CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MSBT: ES091MSBT104 - SIERRA DEL MONTSIÁ

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	ES091MSBT104	Nombre MSBT	SIERRA DEL MONTSIÁ
Código DH	ES091	Nombre DH	Ebro

Descripción localización:

La MSBT de agua subterránea ES091MSBT104 Sierra de Montsiá, pertenece al Dominio Hidrogeológico Maestrazgo-Catalánides, tiene una superficie de 94 km² íntegramente en la provincia de Tarragona (C.C.A.A Cataluña). Las principales poblaciones son San Carles de la Rápita, Amposta y Ulldecona

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Cataluña	Tarragona	43014	Amposta	15,72	23,20
Cataluña	Tarragona	43068	Godall	63,41	22,96
Cataluña	Tarragona	43156	Ulldecona	16,25	21,99
Cataluña	Tarragona	43062	Freginals	99,99	18,54
Cataluña	Tarragona	43136	Sant Carles de la Ràpita	17,94	9,99
Cataluña	Tarragona	43078	Masdenverge	21,29	3,31
Cataluña	Tarragona	43063	Galera, La	0,08	0,02
Cataluña	Tarragona	43004	Alcanar	0,01	0,01

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

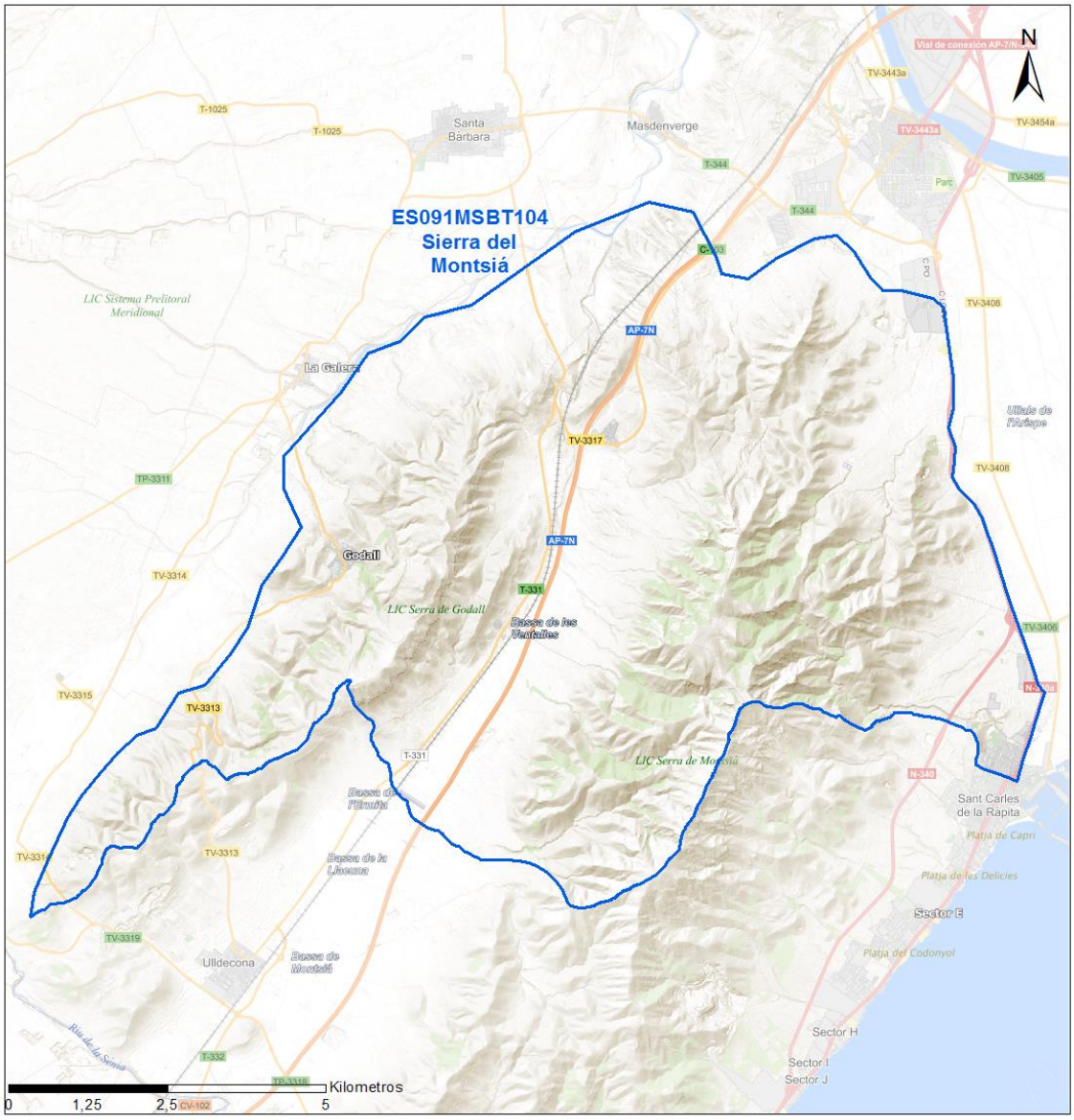
Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	797.486	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.506.275
Longitud (CENTROIDE)	0,51854	Latitud (CENTROIDE)			40,65374
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			755
Altitud mínima (m s.n.m.)	4	Altitud máxima (m s.n.m.)			759
Área total de la MSBT (km²)	94				

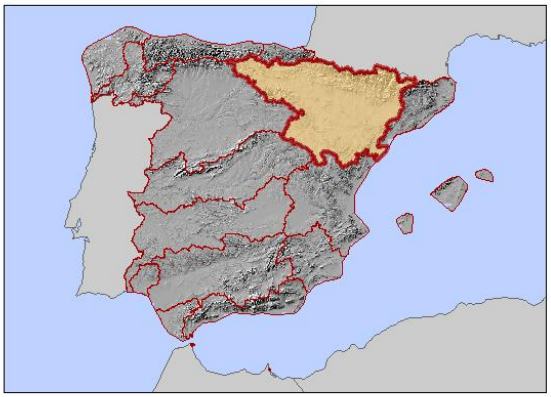
1.3 POBLACIÓN ASENTADA

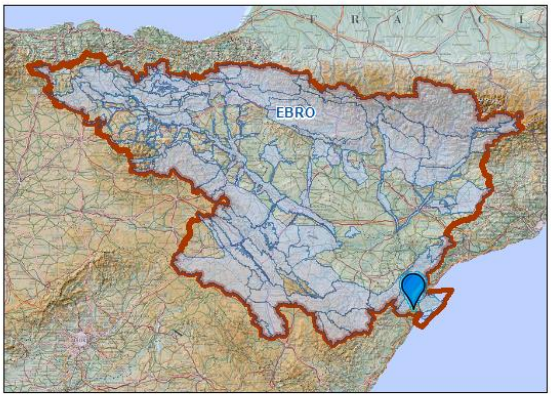
Nº habitantes	7.877	Año	2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

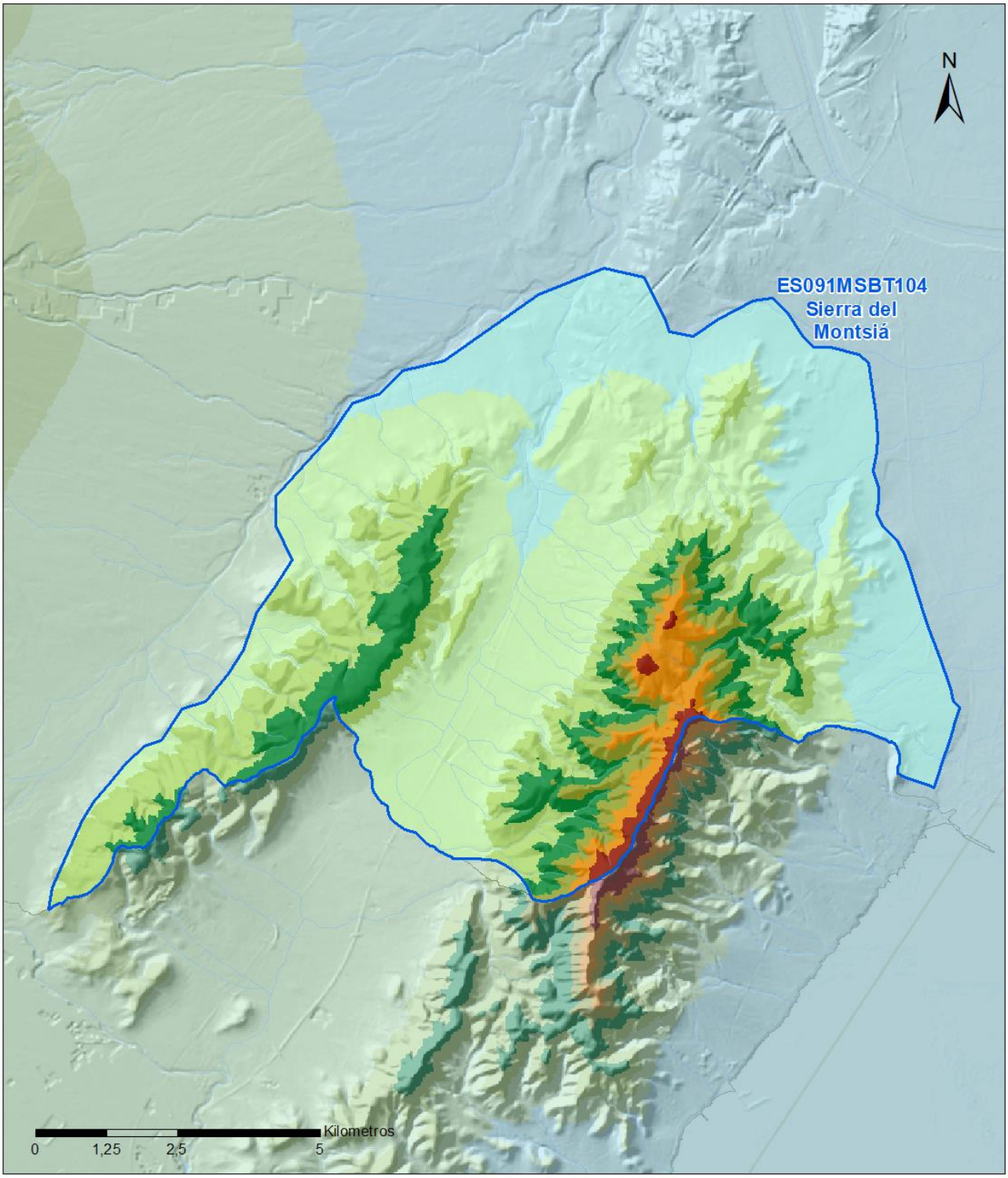
Mapa de localización







Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

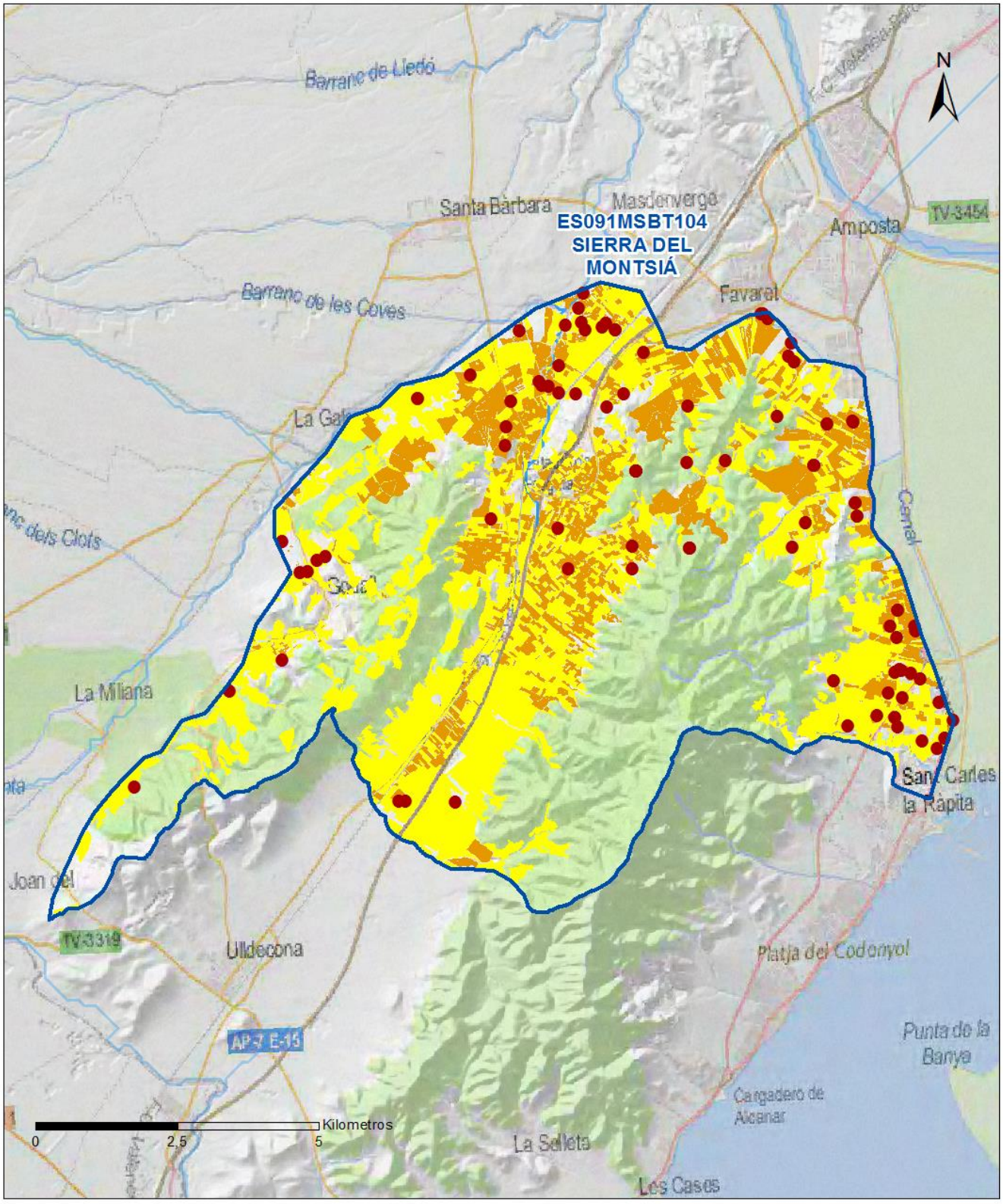
- MSBT
- Red Hidrografica
- 0- 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1,000
- 1,000 - 1,100
- > 1,100

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	1.6	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:
  ES091MSBT104
  SIERRA DEL MONTSIÁ

Tipo de Presión Difusa (significativa):

- 2.10 Otras fuentes difusas. Cabaña Ganadera.
- 2.2 Agricultura: Regadío
- 2.2 Agricultura: Secano

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
NUTR	Contaminación por nutrientes	Comprobado

2.3 RIESGO DE LA MSBT

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

Riesgo de no alcanzar el buen estado químico		RIESGO QUÍMICO
Contaminante		Justificación / Observación
NO_3^-	Nitrato	Masas Afectadas por nitratos (> 50 mg/l en valores medios o máximos en los últimos 4 años en más del 20% masa)

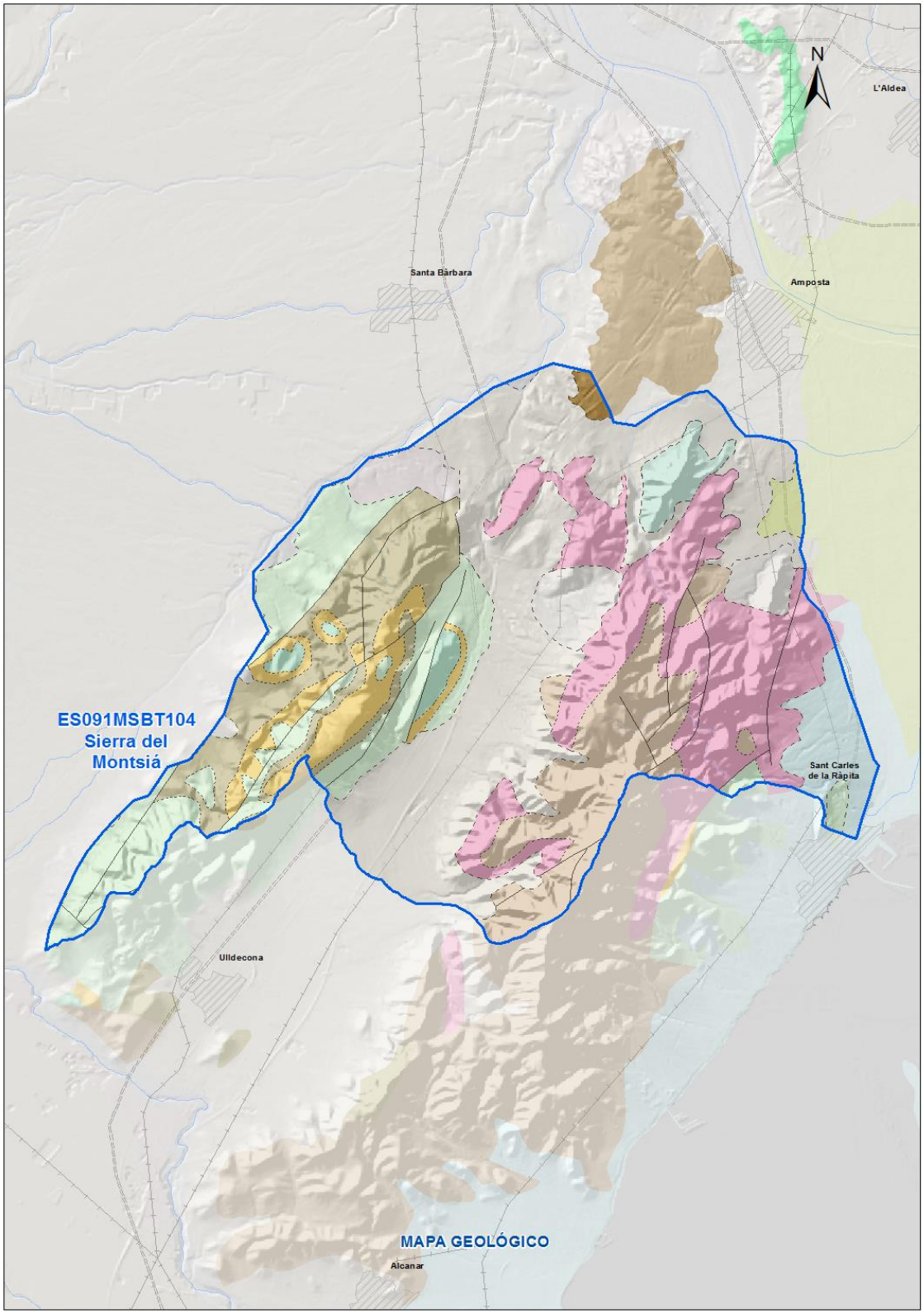
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Catalánides

Ibérica

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
713	Arenas y gravas (Cordones litorales y playas)
712	Limos, arcillas, materia orgánica y sales (Depósitos de estuario, marismas y sedim. Litorales)
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
705	Bloques, cantos, limos y arcillas (Depósitos de ladera, coluviones, morrenas)
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
197	Calizas, dolomías, margas (Dol.Villa de Ves,Caballar;F.Tabladillo,Hontoria;Mgas.Chera)
194	Arenas y arcillas, con lignitos. Fm. Escucha
193	Margas, calizas, calizas bioclásticas y/o arenosas y areniscas
192	Arenas, areniscas y calizas con Toucasias y orbitolinas
185	Arenas, areniscas, arcillas, calizas y margas. Facies Purbeck
169	Calizas, calizas margosas y margas. Facies Weald
152	Areniscas, arenas, calizas arenosas, margas, arcillas y margocalizas

3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Arenas y gravas (Cordones litorales y playas)	Cuaternario	Holoceno	3,29	Detrítica	3,51
Limos, arcillas, materia orgánica y sales (Depósitos de estuario, marismas y sedim. Litorales)	Cuaternario	Holoceno	0,75	Detrítica	0,80
Bloques, cantos, limos y arcillas (Depósitos de ladera, coluviones, morrenas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	3,56	Detrítica	3,79
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	1,64	Detrítica	1,75
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	27,35	Detrítica	29,13
Calizas, dolomías, margas (Dol.Villa de Ves,Caballar;F.Tabladillo,Hontoria;Mgas.Chera)	Cretácico	Superior	1,01	Carbonatada	1,07
Arenas y arcillas, con lignitos. Fm. Escucha	Cretácico	Inferior	4,45	Detrítica	4,74
Margas, calizas, calizas bioclásticas y/o arenosas y areniscas	Cretácico	Inferior	8,83	Carbonatada	9,41
Arenas, areniscas y calizas con Toucasias y orbitolinas	Cretácico	Inferior	12,94	Detrítica	13,79
Arenas, areniscas, arcillas, calizas y margas. Facies Purbeck	Jurásico-Cretácico	Malm-Neocomiense	17,41	Detrítica	18,54
Calizas, calizas margosas y margas. Facies Weald	Cretácico	Inferior	1,78	Carbonatada	1,90
Areniscas, arenas, calizas arenosas, margas, arcillas y margocalizas	Cretácico		10,01	Carbonatada	10,66

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Gravas, arenas, arcillas y limos (piedemonte y terrazas aluviales)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	
Calizas, dolomías y margas	Cretácico	Inferior	200-300
Calizas y dolomías	Jurásico-Cretácico	Malm-Neocomiense	250-300

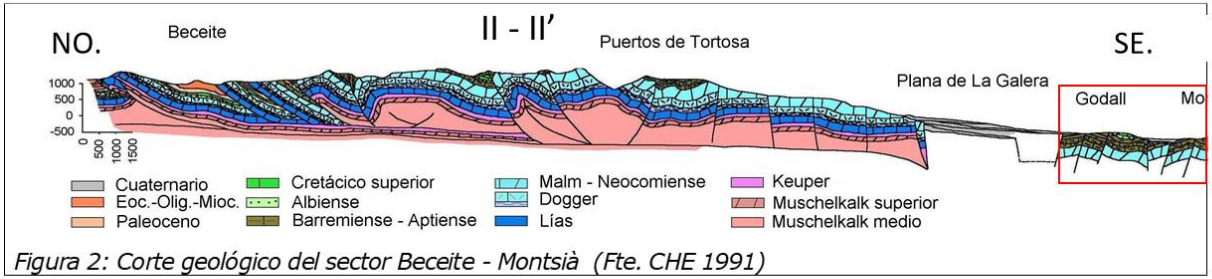
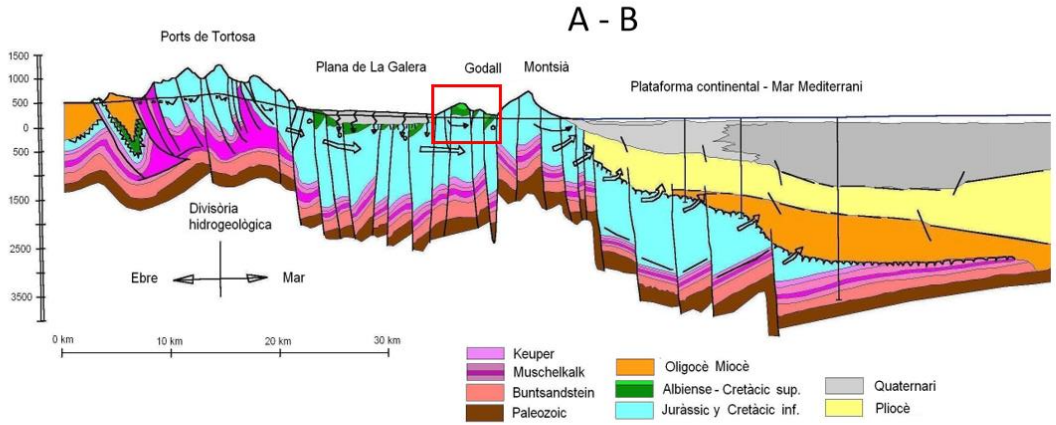
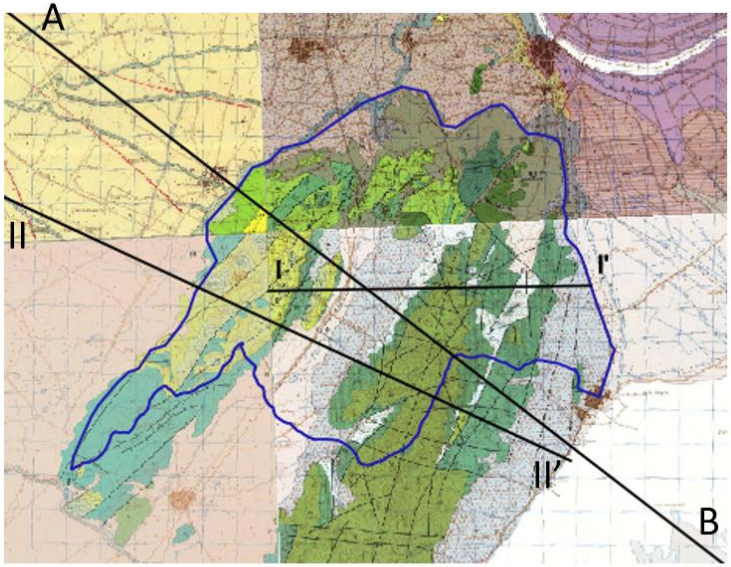
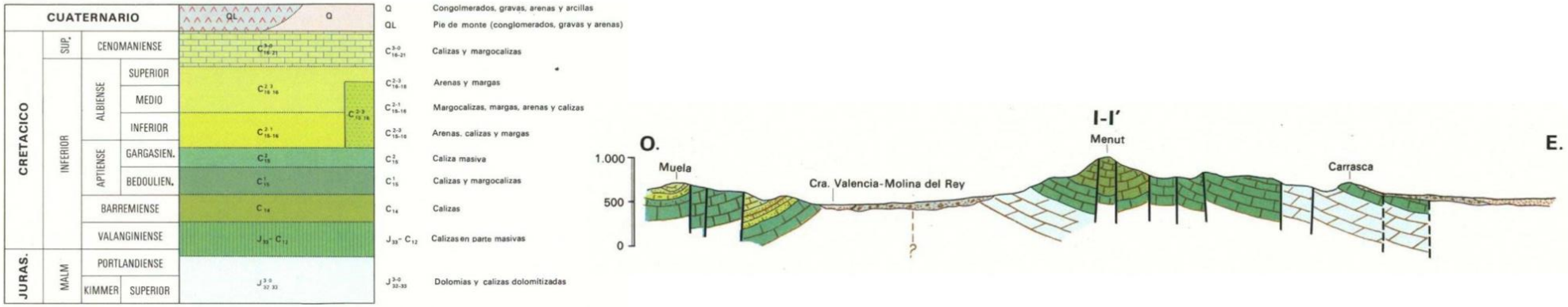


Figura 2: Corte geológico del sector Beceite - Montsià (Fte. CHE 1991)





ES091MSBT104 Sierra de Montsia



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Sierra de Montsiá pertenece al Dominio Hidrogeológico Maestrazgo-Catalánides, se limita a las Sierras prelitorales de Montsiá y Godall, que forman los relieves de la fosa tectónica de Ulldecona.

La masa de agua subterránea se circunscribe a los materiales mesozoicos que afloran en las sierras de Montsiá y Godall y subyace, formando el zócalo de la fosa tectónica de Ulldecona, a los materiales cuaternarios de relleno de cubeta. La estructura interna de la fosa es distensiva con fallas subverticales en dirección E-O a NE-SO, no existen planos de cabalgamiento.

La litología de los materiales mesozoicos aflorantes como bordes límite de la fosa:

- Jurásico Superior-Cretácico Inferior: Arenas, areniscas, arcillas y margas. Facies Purbeck.
- Cretácico Inferior: facies carbonatadas formadas por calizas, margas, calizas bioclásticas (Facies Weald) y facies detríticas formadas por arenas, arcillas con lignitos (Fm.Escucha).

El relleno cuaternario de la fosa no tiene gran relevancia en su espesor y esta constituidos por gravas, arenas, arcillas y limos que forman depósitos de glacis, piedemonte, terrazas medias u altas. La fracción más fina se corresponde con gravas, arenas, limos, arcillas, materia orgánica y sales, que corresponden a depósitos de estuario, marismas y cordones litorales.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	30	30

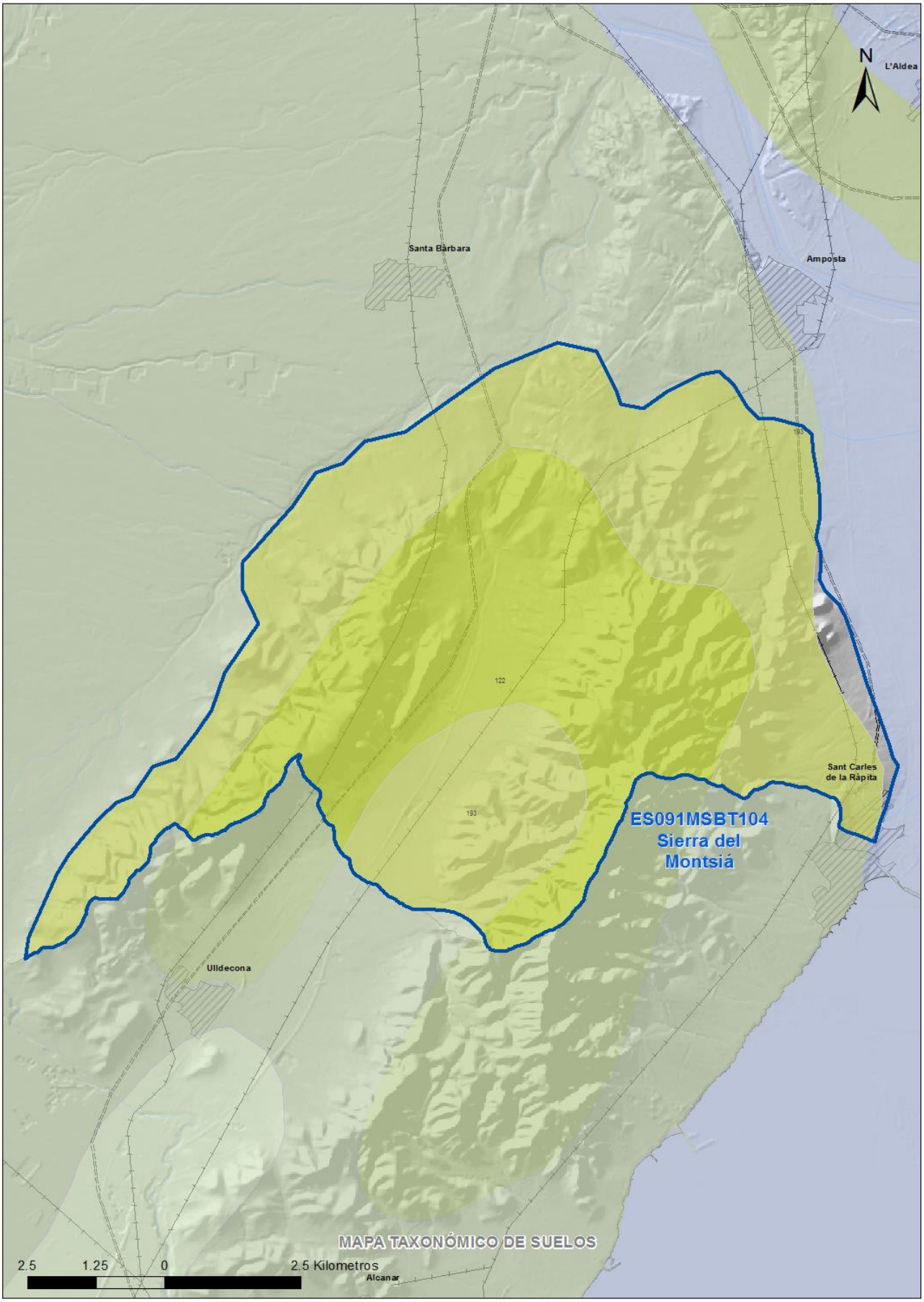
Espesor Medio Z.N.S. (m)	30
Litología Z.N.S.	Bloques, cantos, limos y arcillas

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km²)	% Afloramiento en la MSBT
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	39	41,12
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	53	56,95

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA

MSBT

Red Hidrografica

DDHH

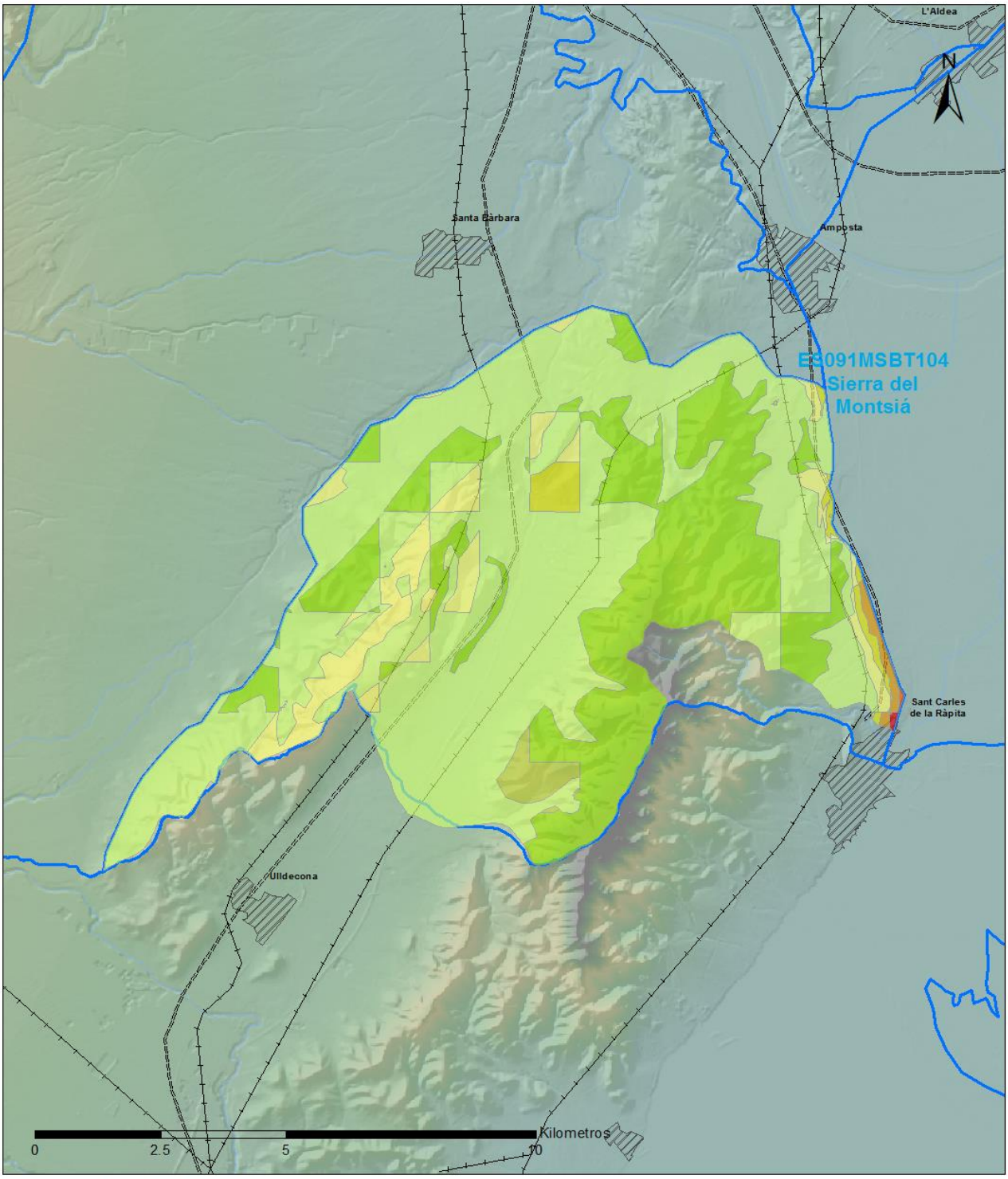
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
122	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeralf, Rhodoxeralf
193	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XEROFLUVENT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Xerorthent

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método	DRASTIC Reducido	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT
2 (Muy Baja)	30 - 44	1,28
3 (Baja)	44 - 58	27,52
4 (Baja)	58 - 72	56,80
5 (Moderada)	72 - 86	6,64
6 (Moderada)	86 - 100	1,58
7 (Alta)	100 - 114	0,54
8 (Alta)	114 - 128	0,04
9 (Muy Alta)	128 - 142	0,05

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

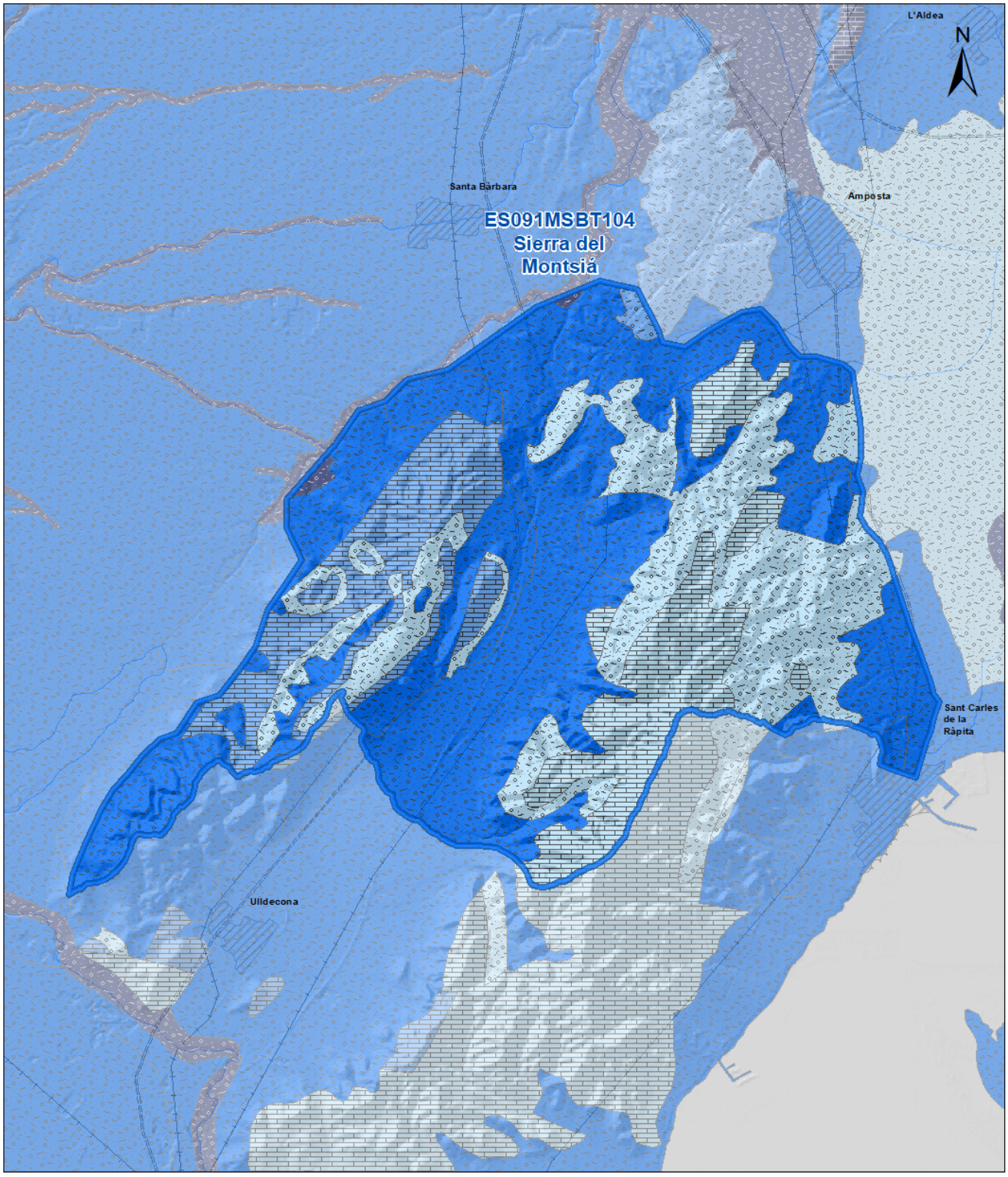
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Abierto	Condicionado	Permeable	MESOZOICO DE LA GALERA
Sur	Abierto	Salida	Umbral piezométrico	Plana de Cenia
Este	Abierto	Salida	Permeable	DELTA DEL EBRO

Descripción límites hidrogeológicos:

En la MSBT Sierra de Montsiá se identifican tres límites abiertos, dos de ellos con flujo de salida hacia las MSBT Delta del Ebro (ES091MSBT105) al este, y el otro al sureste con la MSBT Plana de Cenia (ES080MSBT080-106) perteneciente a la Demarcación Hidrográfica del Júcar. El límite con la MSBT Mesozoico de La Galera (horizonte inferior) (ES091MSBT103) puede ser de entrada o salida, dependiendo del balance en años medios y húmedos puede generarse una divisoria hidrogeológica.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA

MSBT

PERMEABILIDAD

- MUY ALTA, DETRÍTICAS
- ALTA, DETRÍTICAS
- MEDIA, DETRÍTICAS
- MEDIA, CARBONATADAS
- BAJA, DETRÍTICAS
- BAJA, CARBONATADAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km²)
			Sistema	Serie		
Piedemonte costero	Gravas, arenas y limos	Alta	Cuaternario	Holoceno		4
Cuaternario de la Plana de La Galera	Gravas, arenas	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		33
Cretácico superior	calizas dolomias	Alta	Cretácico	Superior	25	10
Cretácico Inf. (Aptiense-Albiense)	Calizas bioclasticas	Alta	Cretácico	Inferior (Aptiense)	60	9
Jurásico	Calizas y dolomías	Baja	Jurásico		200-300	17

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Ac. Cretácico Inferior (Aptiense-Albiense)	76	81,00	Predominantemente libre	140	Fisuración-Intergranular	Cretácico Inferior, Cretácico superior, Cuaternarios de la Plana de Galera, Piedemontes

Descripción general:

En la MSBT Sierra de Montsiá se identifica hasta tres formaciones calcáreas permeables correspondientes a los niveles dolomíticos calcáreos del Mesozoico, principalmente al Cretácico inferior y Jurásico, que pueden conceptualizarse hidrogeológicamente como un único acuífero de permeabilidad (media a alta) secundaria por fisuración y carstificación en régimen hidrogeológico libre. La heterogeneidad y anisotropía tienen su reflejo en la gran variación de sus propiedades hidrodinámicas. Dentro la serie se reconocen tres niveles muy permeables, el Malm-Neocomiense, las calizas de la serie Aptiense y Albiense inferior, separados por un potente tramo muy margoso de baja permeabilidad (Barramiense-Aptiense). De esta forma, el acuífero puede conceptualizarse como un acuífero cárstico multicapa.
Y dos formaciones permeables detríticas: depósitos cuaternarios de relleno de la fosa tectónica Plana de La Galera y formaciones de piedemontes costero. Tienen escasa entidad hidrogeológica y se engloban dentro del acuífero mesozoico.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m²/día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Ac.Cretácico Inferior	Aptiense-Albiense	Ensayo de Bombeo	4.650,00	9.000,00		
Ac.Cretácico Inferior	Inferior indiferenciado	Ensayo de Bombeo	200,00	1,50		

Descripción general:

Los ensayos de bombeo realizados en los pozos que atraviesan la serie del Cretácico inferior arrojan valores de transmisividad variable, mayores hacia la zona costera. Así en las estribaciones occidentales de la sierra de Montsià, en el término de Ulldecona, la transmisividad es de 190 m²/día. En la franja costera, en dos ensayos de bombeo realizados en dos pozos de Alcanar, se estimaron valores de T de 1.528 y 1.574 m²/d respectivamente.
Las formaciones calcáreas del Aptiense–Albiense, ofrecen mayores valores de transmisividad, y muestran la misma tendencia creciente hacia la costa. En Ulldecona se dispone de un valor de transmisividad de 4.650 m²/d, calculada a partir del caudal específico. En Alcanar se dispone de varios ensayos con valores de transmisividad del orden de 9.000 m²/d.

El gradiente piezométrico hacia la vertiente oeste de la sierra de Godall, calculado mediante los registros de los pozos en el año 2003 es de 0,07%. Hacia el este, el gradiente es algo mayor, con un valor medio para el año 2003 del 0,2%.

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

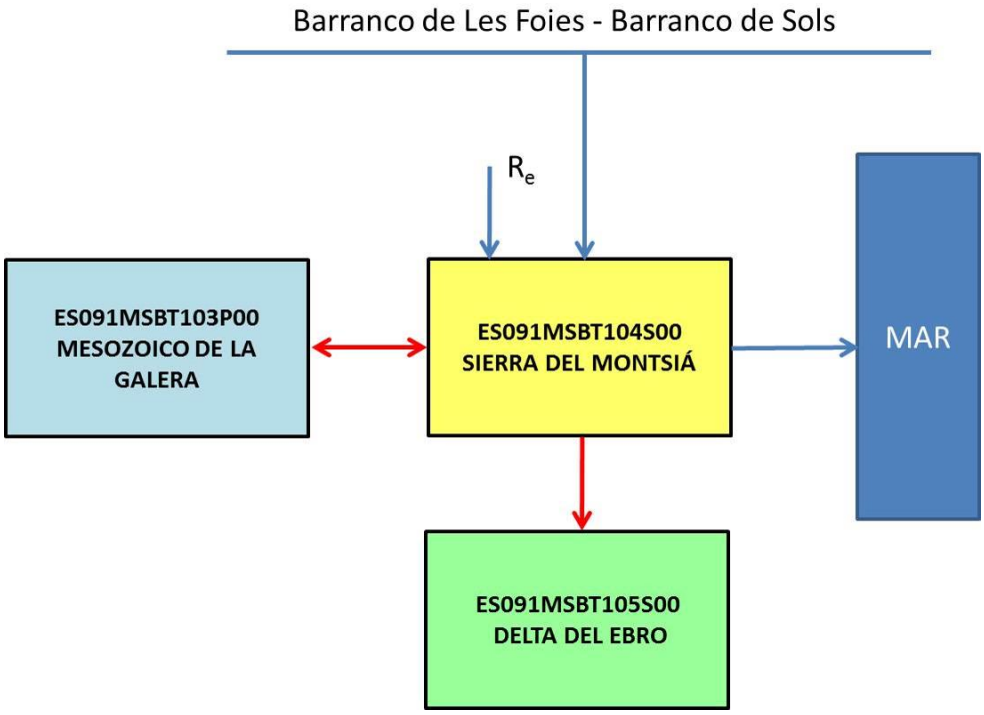
El flujo subterráneo de la MSBT tiene dirección este hacia la costa, parece que sobre la sierra de Godall existe una pequeña divisoria hidrogeológica que provoca un reparto del flujo subterráneo entre el acuífero Regional de La Plana hacia el oeste y el mar hacia el este. En el mapa piezométrico realizado por CHE (1991), se apunta la existencia de esta divisoria. La presencia de esta divisoria hidrogeológica puede, no obstante, ser eventual, en función de la evolución temporal de la recarga sobre los afloramientos de las sierras de Godall y Montsià.
Todo el ámbito de afloramiento del acuífero constituye una zona de recarga local. Además, este sector constituye una zona de tránsito de flujos regionales cuya recarga y descarga tienen lugar más allá de sus límites. La zona de recarga más relevante se identifica con el acuífero Mesozoico de los Puertos de Tortosa. Su descarga natural tiene lugar por transferencia profunda hacia la zona costera y hacia el aluvial actual del Ebro.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT104S00	Sierra del Montsiá

Esquema: ES091MSBT104S00



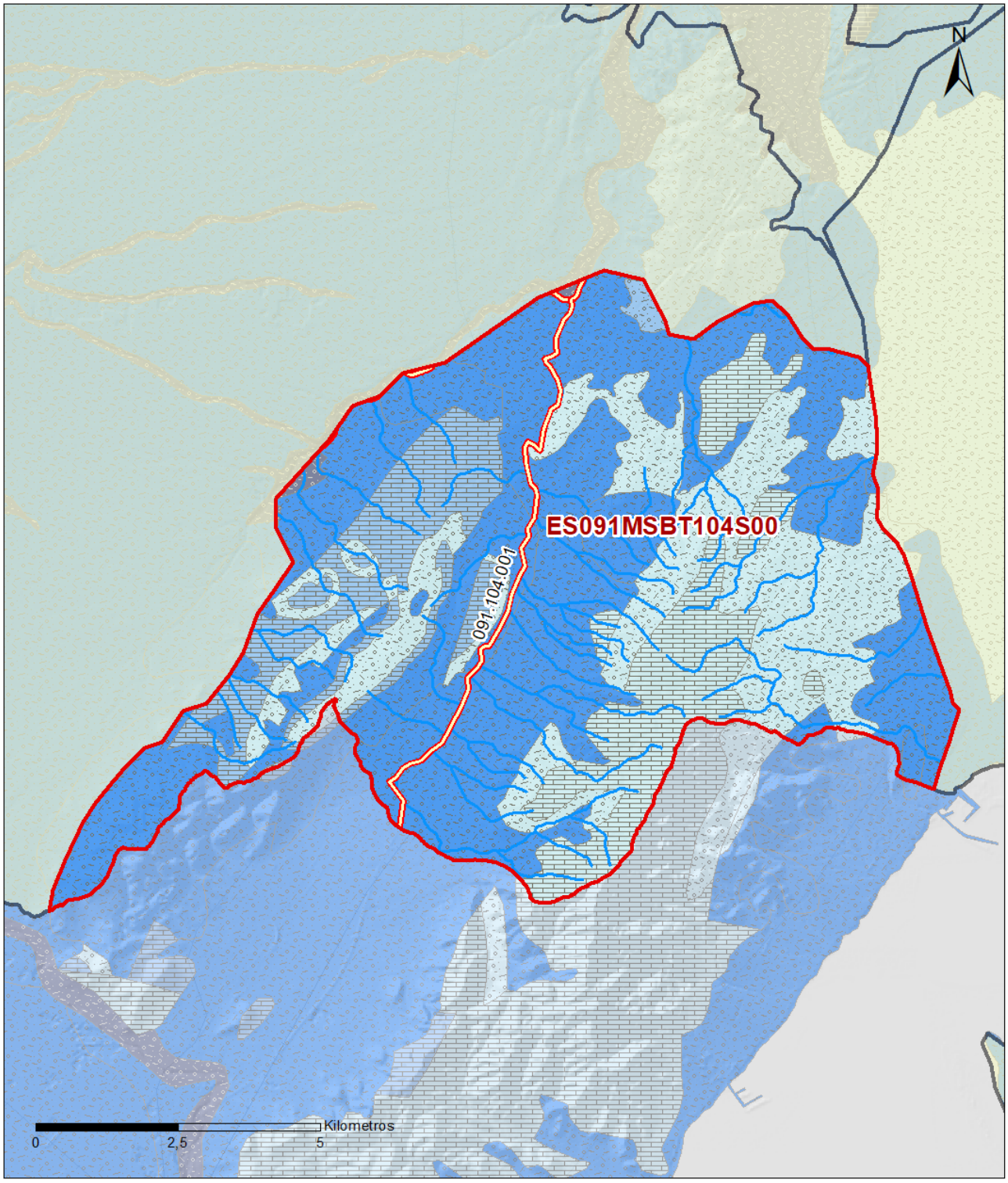
5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT104S00	ES091MSPF0	Sin MSPF asociada	Recarga difusa de cauce al recinto	091.104.001

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. α del manantial (días −1)	Caudal medio (hm³/año)	Rango (hm³/año)	Coeficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT104S00	091.104.001					100	

Relación río/acuífero ES091MSBT104S00



LEYENDA

- Recintos Hidrogeológicos
- MSBT
- Red hidrográfica

Manantiales

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

Relación Río-Acuífero

- Río perdedor con conexión difusa indirecta con efecto ducha

6.- ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

6.1 ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

6.1.1 NOMBRE, DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EDAS

Ver Anexo 1.

6.1.2 RESUMEN DE LOS EDAS

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

6.1.3 MAPA DE EDAS

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

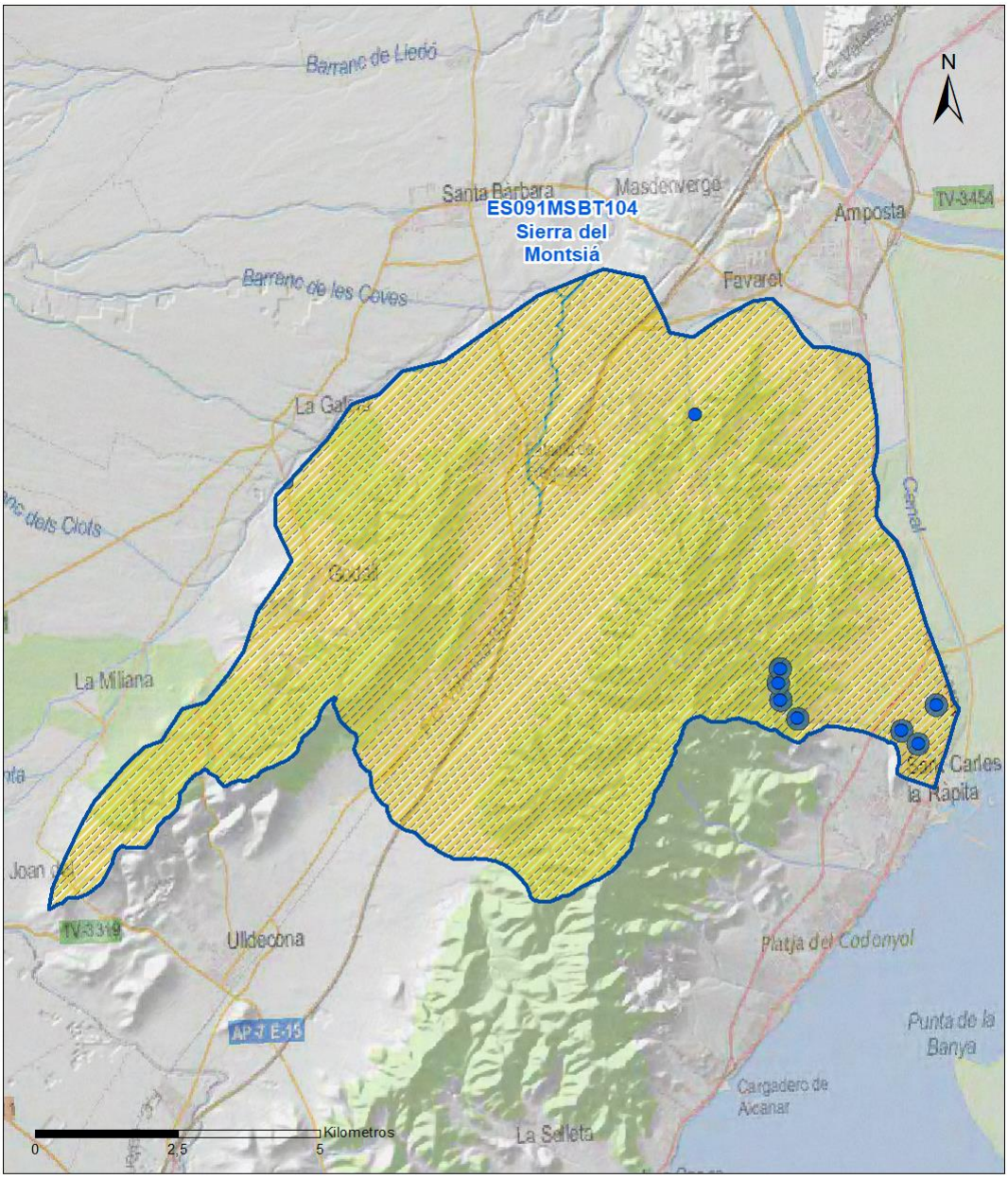
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Tipo de Zona Protegida	Nº	Geometría		Superficie total (km²)	% de la MSBT
		Punto	Polígono		
Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)	8	☑	☐		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	9	☐	☑	1	0,98
Zonas de futura captación de agua para consumo humano		☐	☐		
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	1	☐	☑	94	100,00
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		☐	☐		

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

6.2.2 MAPA DE ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mapa de Zonas protegidas



Leyenda

- Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)
- 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	3,57	**Descargas hacia MSPF**	
Recarga desde MSPF		**Extracciones**	3,02
Transf. lateral otras MSBT	6,90	**Transf. lateral otras MSBT**	
Retornos de riego	3,21		
Otras entradas		**Otras salidas**	
Entradas Totales	13,67	**Salidas Totales**	3,02
Diferencia entradas-salidas (hm³/año) (RA)			10,65

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

7.2. 1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm³/año)	3,97
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm³/año)	1,93
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm³/año)	0,80
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm³/año)	5,63
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,34

7.2. 2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm³/año)	10,47
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm³/año)	3,02
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm³/año)	2,09
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm³/año)	11,58
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,26

“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

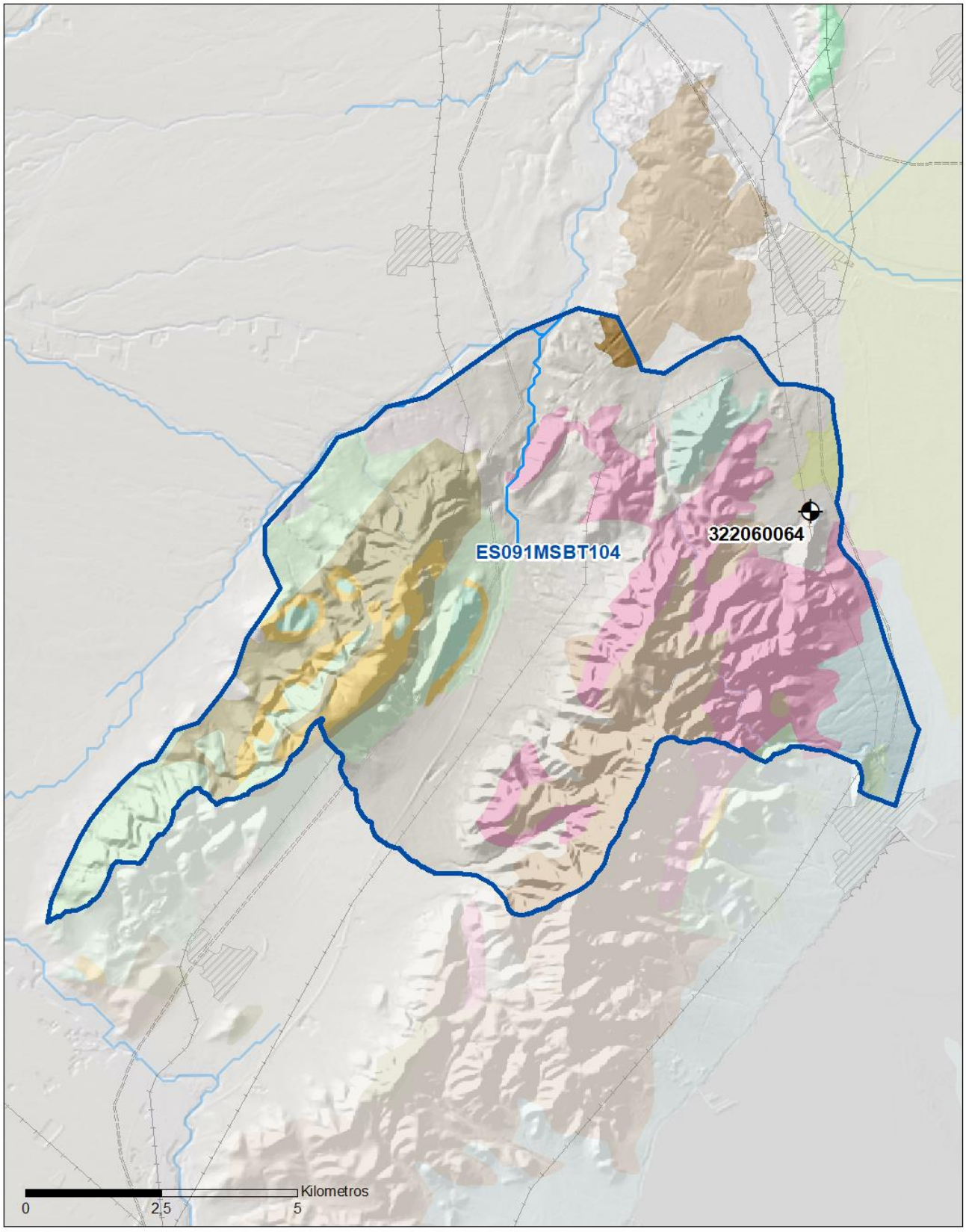
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
322060064	Piezometría	802.386	4.508.151	Barremiense-Aptiense	02/02/1990			145,4	32	☑	☐	☐

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

Observaciones a la evolución general de la piezometría / hidrometría

La MSBT Sierra de Montsiá tiene un único punto de control (IPA_322060064) que controla el nivel permeable del Cretácico Inferior. La medición del nivel piezométrico se inicia en 1990, con una ventana sin datos desde el año 1991 a 2008, posteriormente la frecuencia de medición es más regular. El nivel piezométrico promedio se encuentra en cota 1,4 m.s.n.m, se observa la oscilación estacional del nivel piezométrico alcanzando máximos en los meses de noviembre, marzo y abril. El rango de variación del NP es reducido, con un valor de 2,7 m.

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

Código punto	Año inicio	Año fin	Número de datos	NP Máx. (m s.n.m.)	NP Mín. (m s.n.m.)	NP Medio (m s.n.m.)	Variación de NP	Vel. de variación NP (m/año)	FGP/Acuífero	Seleccionado
322060064	1990	2020	148	3,0	0,4	1,4	2,7	-0,03	Barremiense-Aptiense	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

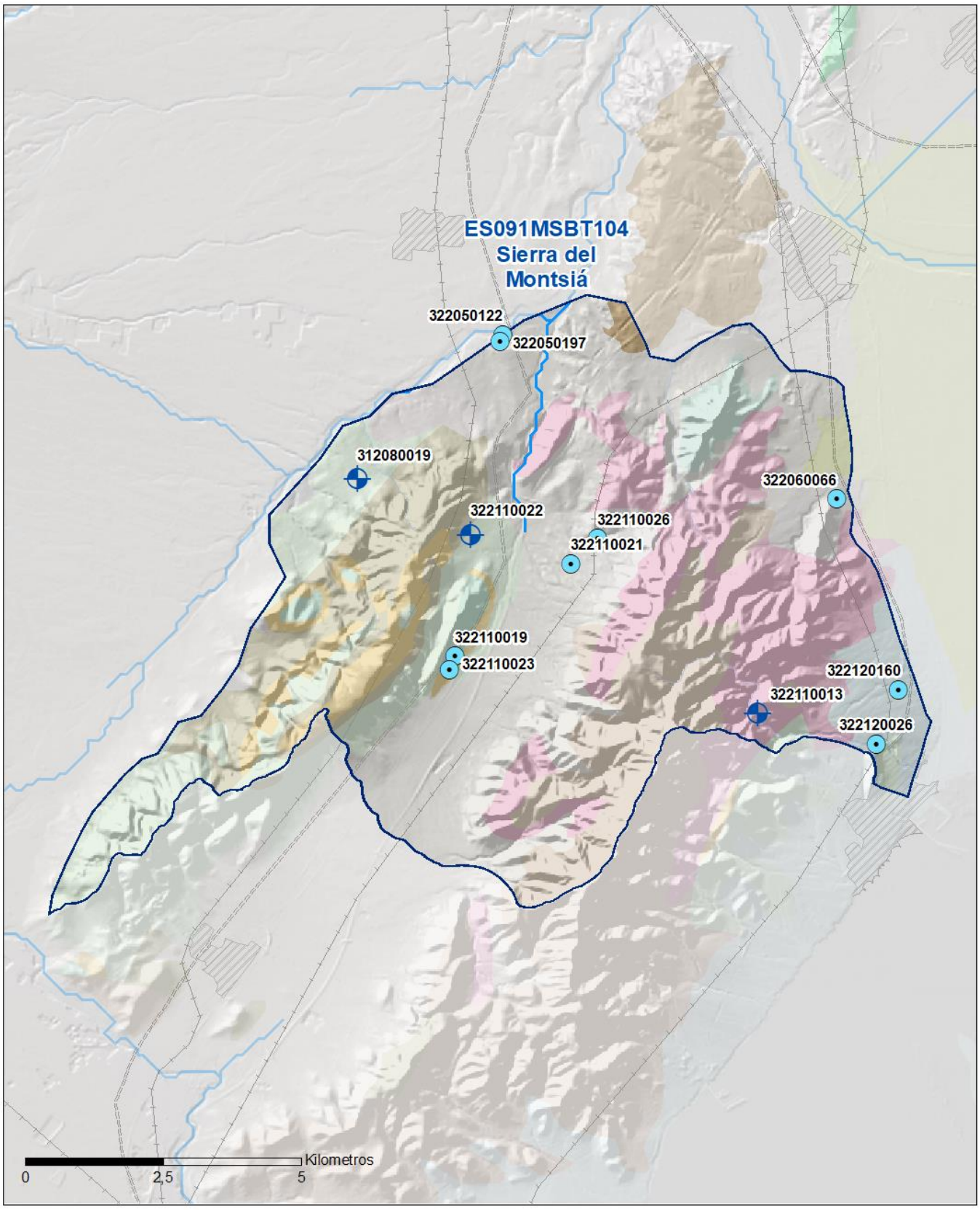
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
312080019	GODALL-3 LES VINYETES; LIGALLO ARBOS. PO:10	793.966	4.508.523	129	220,0	SONDEO		16/08/2011
322050122	POU BERTOMEU GARCIA	796.601	4.511.125	61		POZO		16/10/2013
322050197	QLSub - Pou Josep M. Martorell Prades	796.540	4.511.008	62		POZO		27/11/2012
322060066	LLIGALLO DE FORCHERON	802.635	4.508.161	31	26,2	POZO	Ac. Cretácico Inf (Barremiense - Aptiense)	16/08/2011
322110013	BARRANCO DE SOLITO 2 (CCAA: 43136-0008)	801.204	4.504.289	198	240,0	SONDEO	Ac. Cretácico Inf (Barremiense - Aptiense)	28/08/1997
322110019	LES VENTALLES (PO: 19; PA: 68)	795.734	4.505.314	137	16,0	POZO	Ac.Cretácico superior	20/09/2010
322110021	POU CR POU DELS VILARONS	797.832	4.506.987	134	228,0	POZO	Ac. Cretácico Inf (Barremiense - Aptiense)	10/10/2013
322110022	Bort, 43062-0001	796.012	4.507.516	117		SONDEO		09/06/1997
322110023	43156-0080	795.630	4.505.071	142		POZO		09/06/1997
322110026	LES FENOSES. SONDEO 2	798.308	4.507.440	128	290,0	POZO	Ac. Cretácico Inf (Barremiense - Aptiense)	06/05/2014
322120026	CEMENTERIO	803.355	4.503.724	58	86,5	POZO	Ac. Cretácico Inf (Barremiense - Aptiense)	28/11/2007
322120160	POU KANARS SL	803.751	4.504.702	27	31,0	POZO		21/11/2018

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico		PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
312080019	☑	☐	☐	☐	☐	
322050122	☐	☑	☐	☑	☐	
322050197	☐	☐	☐	☑	☐	
322060066	☑	☐	☐	☐	☐	
322110013	☑	☐	☑	☑	☐	
322110019	☐	☐	☐	☑	☐	
322110021	☑	☐	☐	☑	☐	Regadíos y usos agrarios
322110022	☐	☐	☐	☑	☐	
322110023	☑	☐	☐	☑	☐	
322110026	☑	☐	☐	☐	☐	Regadíos y usos agrarios
322120026	☑	☐	☐	☑	☐	
322120160	☐	☐	☐	☑	☐	

Mapa Red Control



LEYENDA

Red hidrográfica

MSBT

Tipo de Captación

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
322110013	Calizas	Bicarbonatada clorurada cálcica sódica
322110019	Calizas	Bicarbonatada cálcica
322110023	Calizas	Bicarbonatada cálcica
322110026	Calizas	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

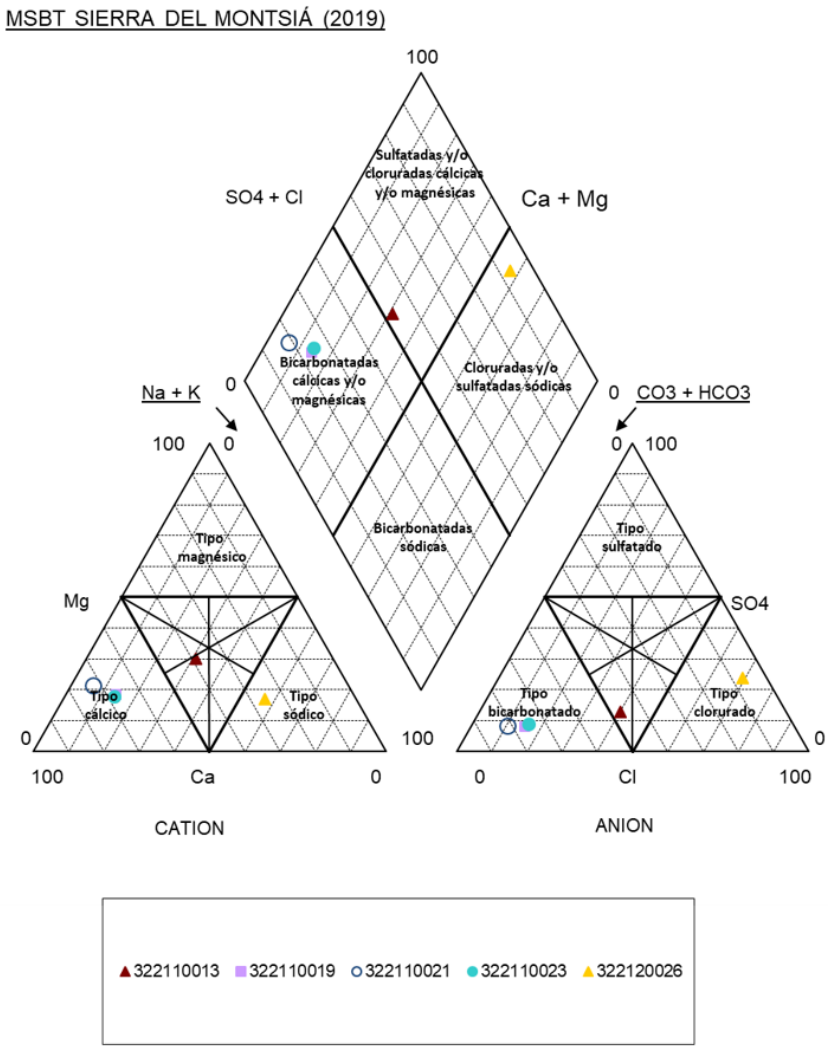


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 322110013

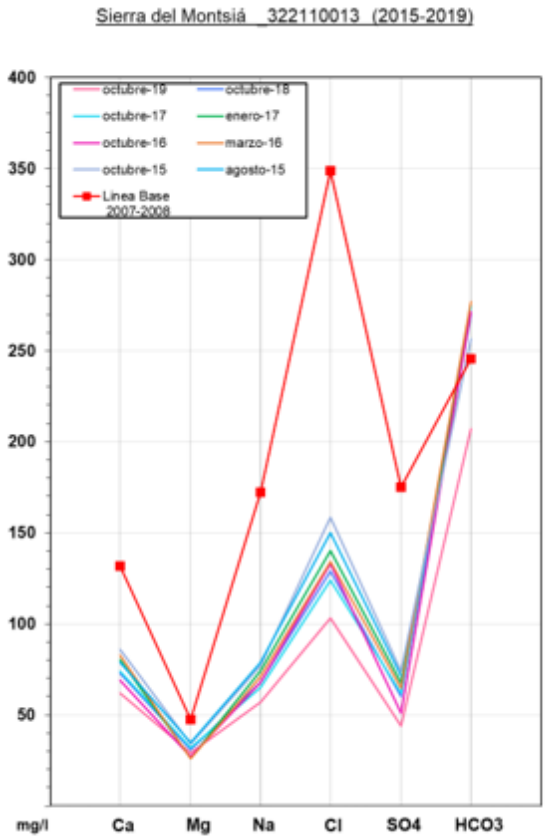


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 322110019

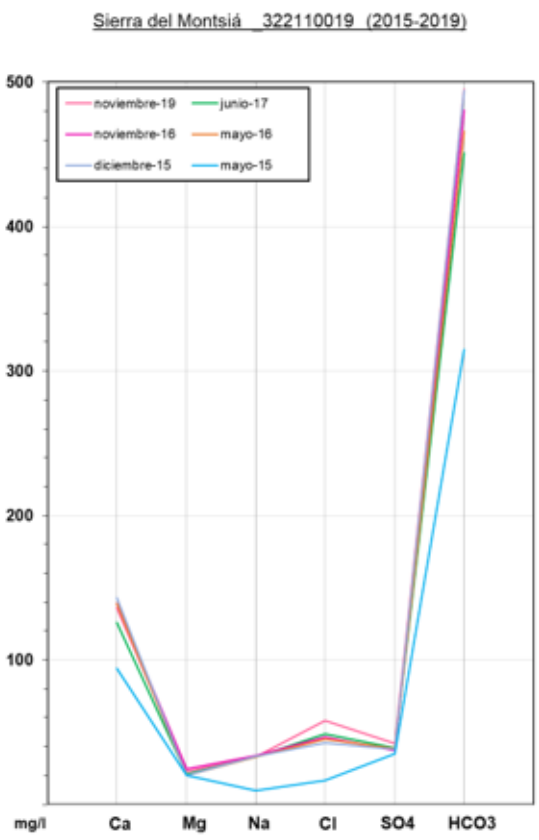


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 322110023

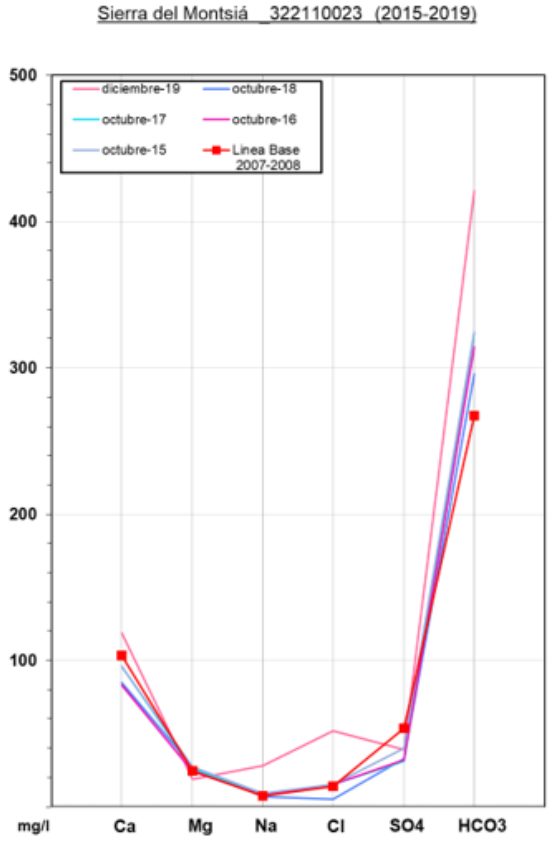
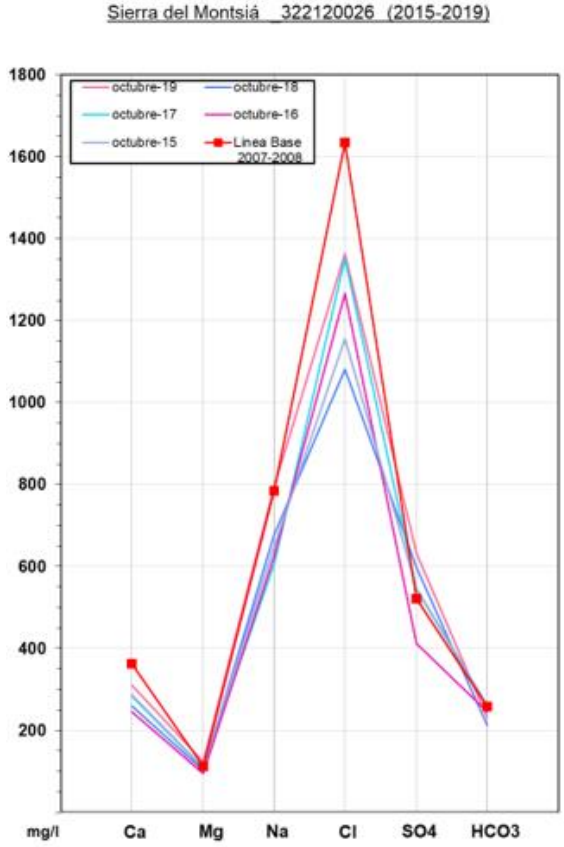


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 322110026



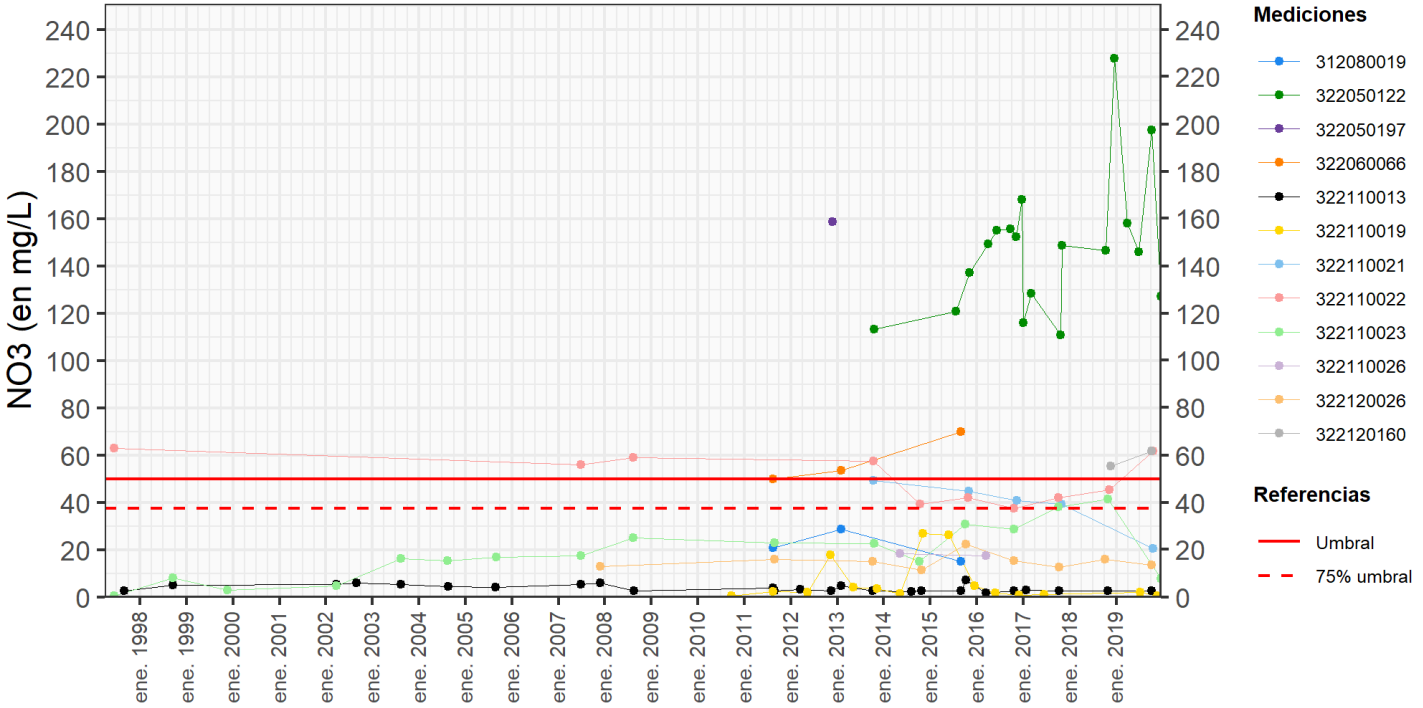
9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

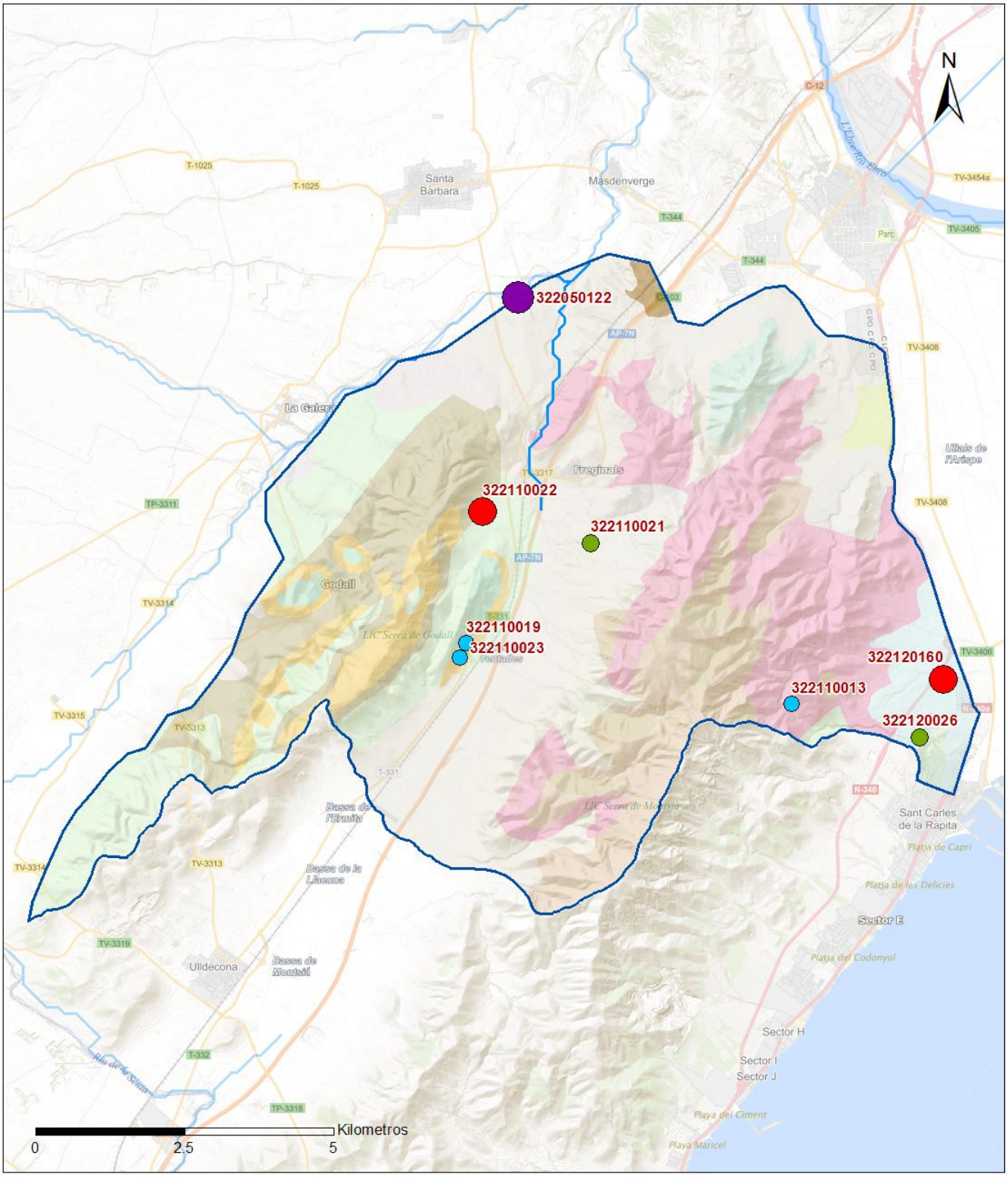
SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº 1	Nitrato (NO_3^-)

Gráficas de Evolución



ES091MSBT104 - NO3 (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

MSBT:
Red hidrográfica
ES091MSBT104
Sierra del Montsiá

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

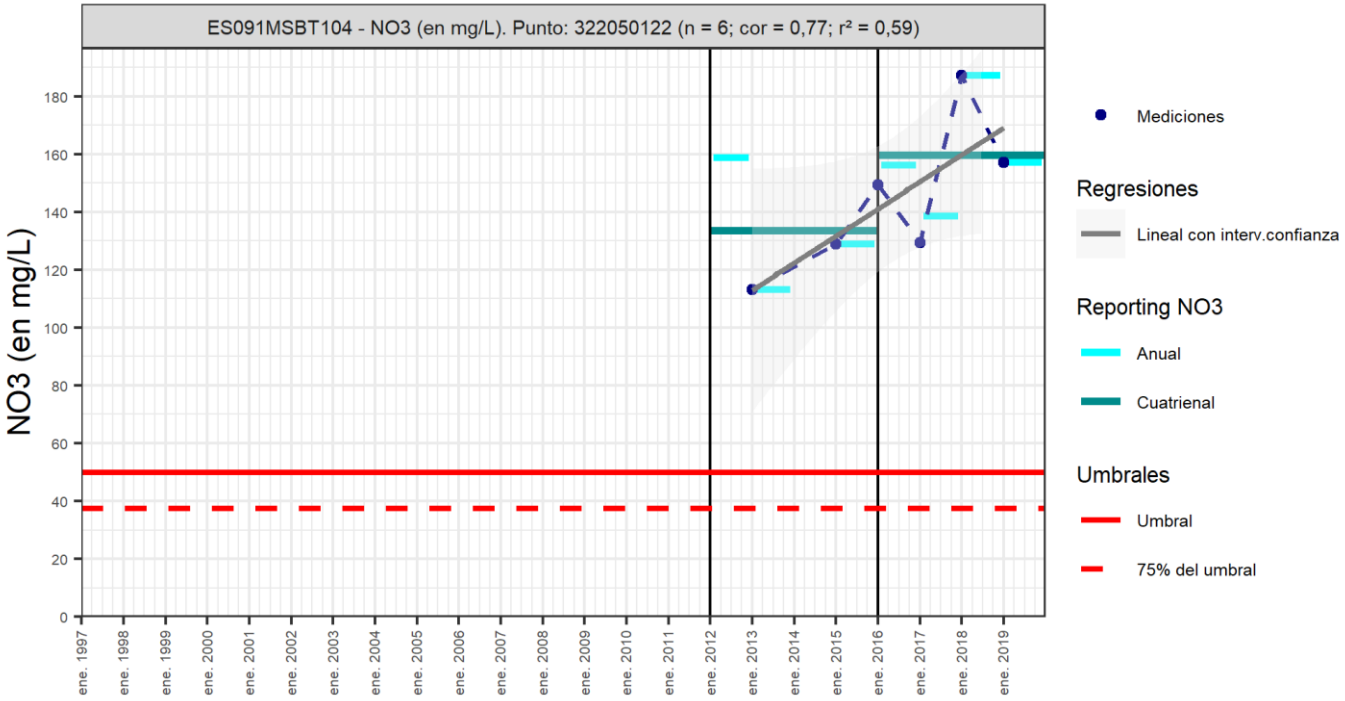
Selección de puntos para evaluación de tendencias

Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitrato son reportados en el informe cuatrienal 2016-2019 y forman parte de la red de nitratos. Se han seleccionado dos puntos (IPA_322110023, IPA_322120026) que cumplen con la serie histórica (mínimo 8 datos anuales) y continuidad temporal para evaluar la tendencia química por el método básico de regresión lineal y avanzado de Test-Mann Kendall. Otros tres puntos (IPA_ 322050122, IPA_322110021, IPA_322110026) han sido seleccionados para el análisis cuatrienal, no cumplen para realizar el análisis estadístico, pero sí pueden ser de interés en el análisis de tendencia entre tercer (2012-2015) y cuarto cuatrienio (2016-2019).

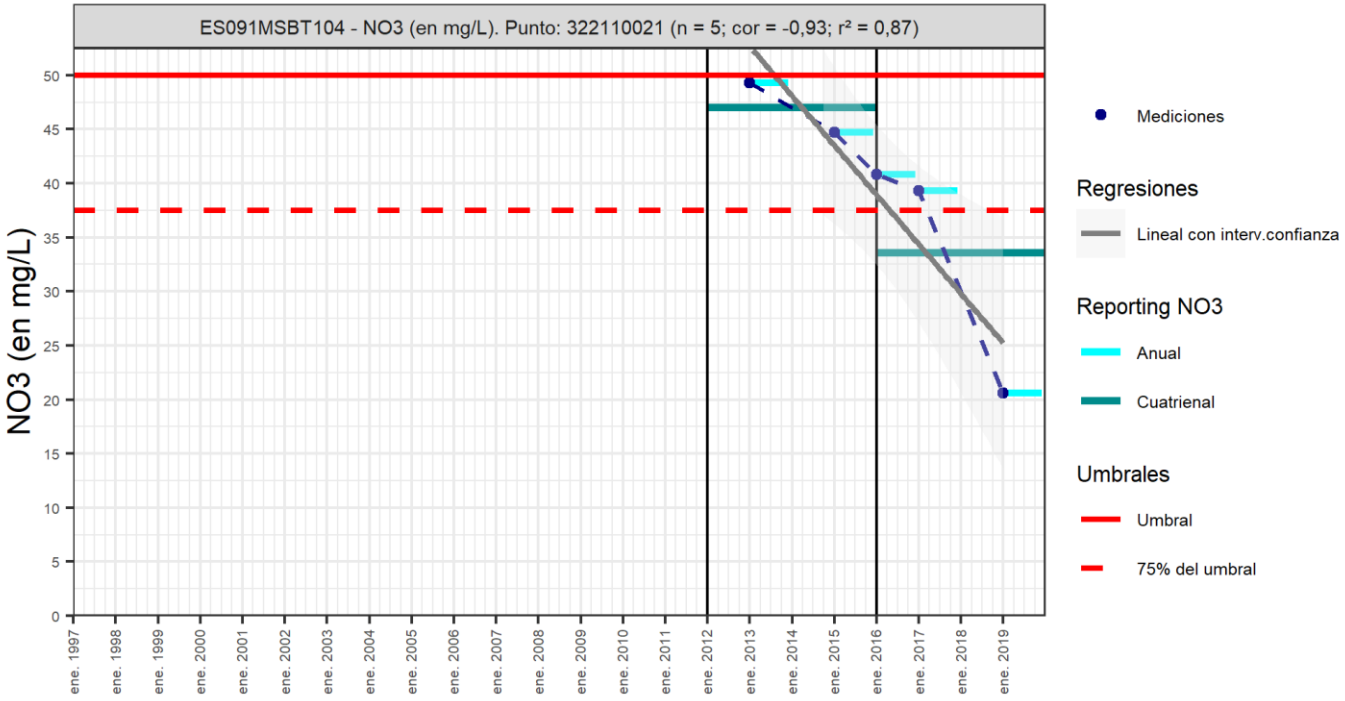
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO_3^-)

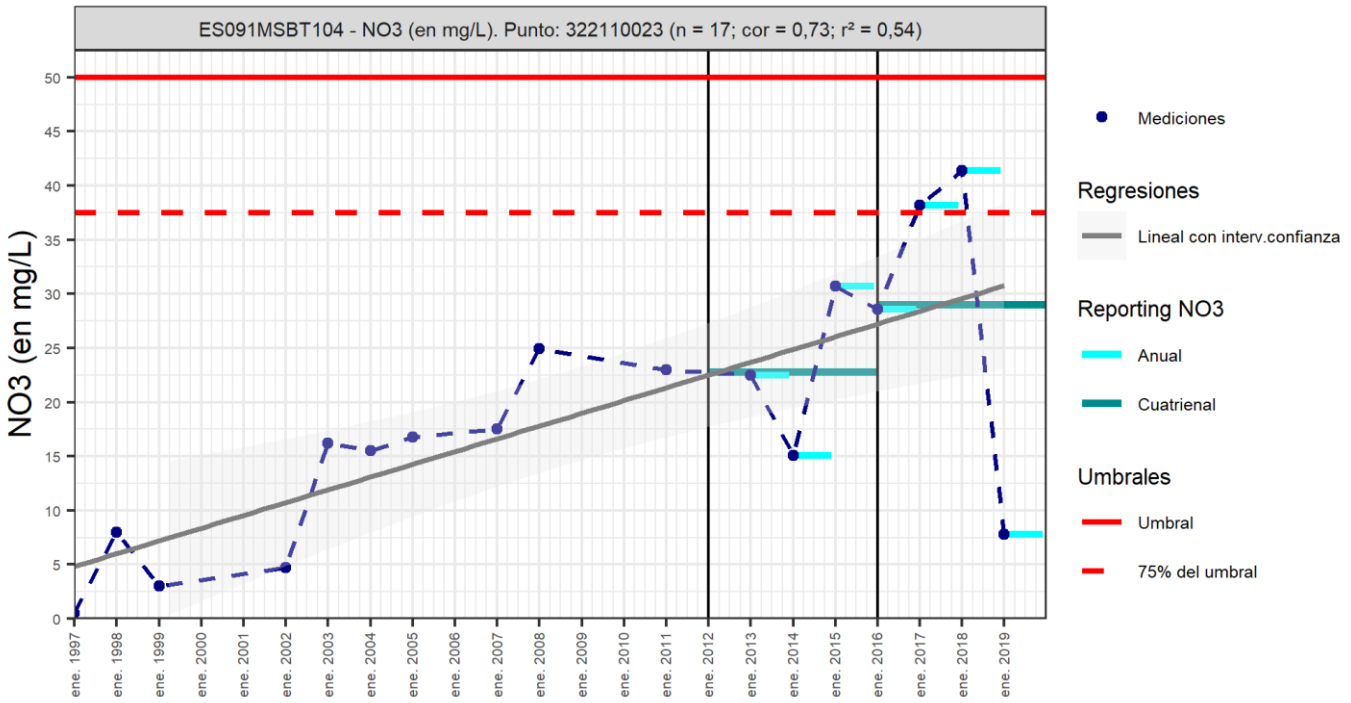
Código Punto 322050122



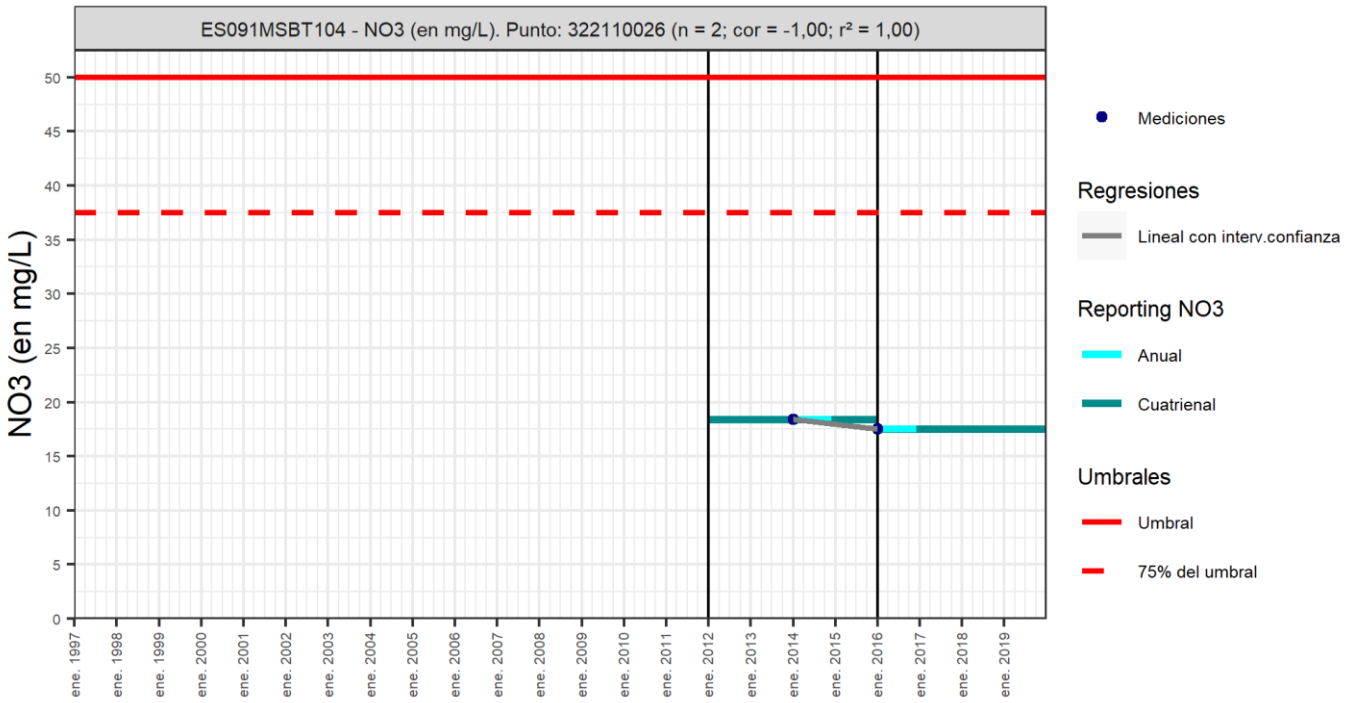
Código Punto 322110021



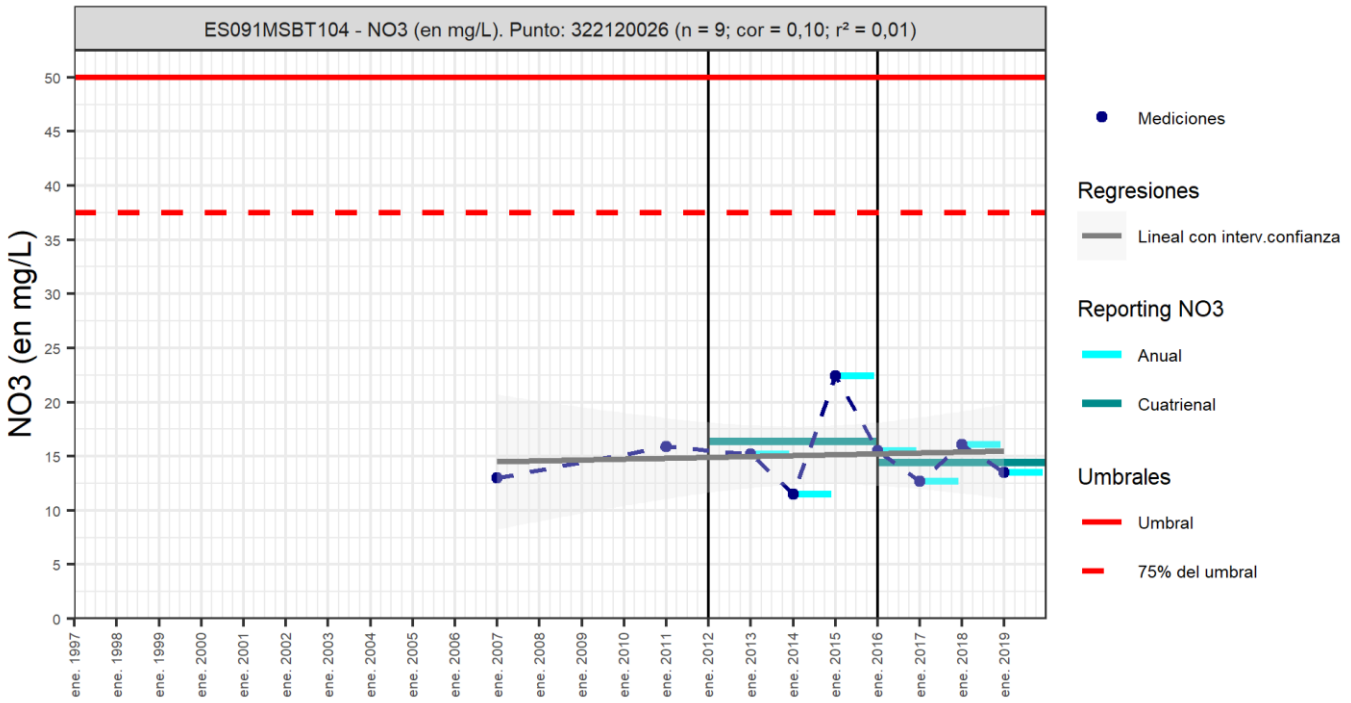
Código Punto 322110023



Código Punto 322110026



Código Punto 322120026



Análisis de tendencias

El análisis de tendencia en la concentración de nitrato se ha realizado en dos puntos de la red control, mediante el método de regresión simple y el estadístico avanzando de Mann –Kendall. A partir de 1997 comienza a medirse la concentración de nitrato en la MSBT, y de forma continuada desde 2011 ampliándose la red de control. Las series históricas en los puntos seleccionados cumplen el mínimo de datos anuales necesarios, 8 datos, y el máximo que son 15 datos.

Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal con valores de R2<0,3 indican una baja correlación y no puede establecerse tendencia (R2>0,5), creciente o decreciente, debido a la heterogeneidad de los datos. El análisis estadístico realizado sobre la serie histórica (min 8 y max.15 datos anuales) no permite identificar tendencia significativa en los puntos seleccionados (IPA_322110023, IPA_322120026), con valor de grado de significación de GS<90% (tendencia dudosa).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019. Las variaciones de un cuatrienio a otro no son muy significativas, sí aumenta 26 mg/L en el punto IPA_322050122, en este último punto el valor máximo en el último cuatrienio es de 159,8 mg/L, en el resto de puntos la concentración de nitrato no supera los 50 mg/L (Norma 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
322050122	mg/L	Histórica	1997	2019	Anual	11					
322110021	mg/L	Histórica	2013	2019	Anual	5					
322110023	mg/L	Histórica	2011	2019	Anual	18	8	7,80	41,40	21,20	37,50
322110026	mg/L	Histórica	2014	2016	Anual	2					
322120026	mg/L	Histórica	2011	2019	Anual	10	8	11,50	22,40	13,00	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
322050122							
322110021							
322110023	0,53570	Ascendente	ALTO	Sin Tendencia	5,36E-01	46,38	MEDIO
322110026							
322120026	0,00921	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	9,02E-01	9,85	MEDIO

Resultado análisis de tendencias Informe Cuatrienal: Nitratos ($NO_3^=$) en mg/L													
Código Punto	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	Valor Min.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC (mg/L)	3º Cuatrienio (2012-2015)	4º Cuatrienio (2016-2019)	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
322050122	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	133,63	159,75	57,50	37,50	133,63	159,75	26,12	Ascendente
322110021	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	33,57	47,00		37,50	47,00	33,57	-13,43	Descendente
322110023	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	22,77	29,00	21,20	37,50	22,77	29,00	6,23	Ascendente
322110026	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	17,50	18,40		37,50	18,40	17,50	-0,90	Descendente
322120026	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	14,45	16,37	13,00	37,50	16,37	14,45	-1,92	Descendente

10.- CONCLUSIONES

La MSBT de agua subterránea ES091MSBT104 Sierra de Montsiá, pertenece al Dominio Hidrogeológico Maestrazgo-Catalánides, tiene una superficie de 94 km² íntegramente en la provincia de Tarragona (C.C.A.A de Cataluña). Las principales poblaciones son San Carles de la Rápita, Amposta y Ulldecona.

La MSBT pertenece al Dominio Hidrogeológico Maestrazgo-Catalánides, que limita a las Sierras prelitorales de Montsiá y Godall, y que forman los relieves de la fosa tectónica de Ulldecona. Se circunscribe a los materiales mesozoicos que afloran en las sierras de Montsiá y Godall y subyace, formando el zócalo de la fosa tectónica de Ulldecona, a los materiales cuaternarios de relleno de cubeta. La estructura interna de la fosa es distensiva con fallas subverticales en dirección E-O a NE-SO, no existen planos de cabalgamiento.

La litología de los materiales mesozoicos aflorantes como bordes límite de la fosa:

- Jurásico Superior-Cretácico Inferior: Arenas, areniscas, arcillas y margas. Facies Purbeck.
- Cretácico Inferior: facies carbonatadas formadas por calizas, margas, calizas bioclásticas (Facies Weald) y facies detríticas formadas por arenas, arcillas con lignitos (Fm.Escucha).

El relleno cuaternario de la fosa no tiene gran relevancia en su espesor y está constituido por gravas, arenas, arcillas y limos que forman depósitos de glacis, piedemonte, terrazas medias y altas. La fracción más fina se compone de gravas, arenas, limos, arcillas, materia orgánica y sales, que corresponden a depósitos de estuario, marismas y cordones litorales.

Las características geológicas, estructurales y edafológicas, le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según DRASTIC reducido (Mín.= Grado 1; Máx.= Grado 10) de muy bajo-bajo al 85,6 %, moderado-alto al 8,8 % de la superficie de la MSBT Sierra de Montsiá.

En la MSBT Sierra de Montsiá se identifican tres límites abiertos, dos de ellos con flujo de salida hacia las MSBT Delta del Ebro (ES091MSBT105) al este, y el otro al sureste con la MSBT Plana de Cenia (ES080MSBT080-106) perteneciente a la Demarcación Hidrográfica del Júcar. El límite con la MSBT Mesozoico de La Galera (horizonte inferior) (ES091MSBT103) puede ser de entrada o salida, dependiendo del balance en años medios y húmedos puede generarse una divisoria hidrogeológica.

En la MSBT Sierra de Montsiá se identifican hasta tres formaciones calcáreas permeables correspondientes a los niveles dolomíticos calcáreos del Mesozoico, principalmente al Cretácico inferior y Jurásico, que pueden conceptualizarse hidrogeológicamente como un único acuífero de permeabilidad (media a alta) secundaria por fisuración y carstificación en régimen hidrogeológico libre. La heterogeneidad y anisotropía tienen su reflejo en la gran variación de sus propiedades hidrodinámicas. Dentro la serie se reconocen tres niveles muy permeables, el Malm-Neocomiense, las calizas de la serie Aptiense y Albiense inferior, separados por un potente tramo muy margoso de baja permeabilidad (Barramiense-Aptiense). De esta forma, el acuífero puede conceptualizarse como un acuífero cárstico multicapa.

Y dos formaciones permeables detríticas: depósitos cuaternarios de relleno de la fosa tectónica Plana de La Galera y formaciones de piedemontes costero. Tienen escasa entidad hidrogeológica y se engloban dentro del acuífero mesozoico.

Los ensayos de bombeo realizados en los pozos que atraviesan la serie del Cretácico inferior arrojan valores de transmisividad variable, mayores hacia la zona costera. Así en las estribaciones occidentales de la sierra de Montsià, en el término de Ulldecona, la transmisividad es de 190 m²/día. En la franja costera, en dos ensayos de bombeo realizados en dos pozos de Alcanar, se estimaron valores de T de 1.528 y 1.574 m²/d respectivamente.

Las formaciones calcáreas del Aptiense–Albiense, ofrecen mayores valores de transmisividad, y muestran la misma tendencia creciente hacia la costa. En Ulldecona se dispone de un valor de transmisividad de 4.650 m²/d, calculada a partir del caudal específico. En Alcanar se dispone de varios ensayos con valores de transmisividad del orden de 9.000 m²/d.
El gradiente piezométrico hacia la vertiente oeste de la sierra de Godall, calculado mediante los registros de los pozos en el año 2003 es de 0,07%. Hacia el Este, el gradiente es algo mayor, con un valor medio para el año 2003 del 0,2%.

El flujo subterráneo de la MSBT tiene dirección este hacia la costa, parece que sobre la sierra de Godall existe una pequeña divisoria hidrogeológica que provoca un reparto del flujo subterráneo entre el acuífero Regional de La Plana hacia el Oeste y el mar hacia el Este. En el mapa piezométrico realizado por CHE (1991), se apunta la existencia de esta divisoria. La presencia de esta divisoria hidrogeológica puede, no obstante, ser eventual, en función de la evolución temporal de la recarga sobre los afloramientos de las sierras de Godall y Montsià.
Todo el ámbito de afloramiento del acuífero constituye una zona de recarga local. Además, este sector constituye una zona de tránsito de flujos regionales cuya recarga y descarga tienen lugar más allá de sus límites. La zona de recarga más relevante se identifica con el acuífero Mesozoico de los Puertos de Tortosa. Su descarga natural tiene lugar por transferencia profunda hacia la zona costera y hacia el aluvial actual del Ebro.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron, para la MSBT Sierra del Montsiá, unos recursos disponibles de 11,6 hm³/año, sobre unos recursos renovables de 10,5 hm³/año. La salida de agua subterránea más importante se corresponde con las

extracciones por bombeo que se estimaron en 3,0 hm³/año, lo que tiene como consecuencia que el índice de explotación de esta masa sea de 0,26.

La MSBT Sierra de Montsiá tiene un único punto de control (IPA_322060064) que controla el nivel permeable del Cretácico Inferior. La medición del nivel piezométrico se inicia en 1990, con una ventana sin datos desde el año 1991 a 2008, posteriormente la frecuencia de medición es más regular. El nivel piezométrico promedio se encuentra en cota 1,4 m.s.n.m, se observa la oscilación estacional del nivel piezométrico alcanzando máximos en los meses de noviembre, marzo y abril. El rango de variación del NP es reducido, con un valor de 2,7 m.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene 12 puntos que controlan el Ac. Cretácico inf. (Barremiense-Aptiense), corresponden a 9 pozos y 3 sondeos. Las características generales fisicoquímicas de la MSBT Sierra de Montsiá corresponden a un agua ligeramente ácida a básica, con un pH entre 6,6 y 9,1. Los valores de conductividad eléctrica varían entre 497 y 5.550 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 1.280 µS/cm, se consideran aguas naturales mineralizadas y dulces (< 2000 µS/cm Custodio y Llamas, 1983). La dureza del agua expresada en mg/L CaCO3 varía entre 233 a 1.283 mg/L y se clasifica por su dureza como muy dura.

Las facies hidrogeoquímicas identificadas en la MSBT son mixtas entre el tipo CaHCO3 y NaCl. La frecuencia de muestreo durante el periodo 2015-2019 fue anual y/o semestral en los puntos seleccionados. Se observan variaciones estacionales o interanuales destacables respecto a la Línea Base 2007-2008 (Diagramas de columnas) en los puntos IPA_322110013 y IPA_322120026, especialmente un descenso de la concentración del cloruro en 200 mg/L en el primer punto, y también disminuye la concentración en el segundo (valor máximo de 1.600 mg/L en 2007-2008).

La masa de agua subterránea está en riesgo químico (NUT) de no alcanzar los objetivos medioambientales por la concentración en nitrato, debido principalmente a la actividad agrícola. La concentración de nitrato en la serie histórica varía en un rango entre 7 y 227 mg/L, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 48,8 mg/L para la MSBT y que no supera el valor de 50 mg/L establecido en la Norma de Calidad. La gráfica de evolución de nitrato, en la que se representa la red de control químico, muestra un único punto (IPA_322050122) con concentraciones elevadas que varían entre 120 y 220 mg/L, en el área norte entre Santa Bárbara y Freginals.

Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitrato son reportados en el informe cuatrienal 2016-2019 y forman parte de la red de nitratos. Se han seleccionado dos puntos (IPA_322110023, IPA_322120026) que cumplen con la serie histórica (mínimo 8 datos anuales) y continuidad temporal para evaluar la tendencia química por el método básico de regresión lineal y avanzado de Test-Mann Kendall. Otros tres puntos (IPA_322050122, IPA_322110021, IPA_322110026) seleccionados para el análisis cuatrienal, no cumplen para realizar el análisis estadístico, pero sí pueden ser de interés en el análisis de tendencia entre el tercer (2012-2015) y cuarto cuatrienio (2016-2019).

A partir de 1997 comienza a medirse la concentración de nitrato en la MSBT, y de forma continuada desde 2011 ampliándose la red de control. Las series históricas en los puntos seleccionados cumplen el mínimo de datos anuales necesarios, 8 datos, y el máximo que son 15 datos.

Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal con valores de $R2<0,3$ indican una baja correlación y no puede establecerse tendencia ($R2>0,5$), creciente o decreciente, debido a la heterogeneidad de los datos. El análisis estadístico realizado sobre la serie histórica (min.8 y max.15 datos anuales) no permite identificar una tendencia significativa en los puntos seleccionados (IPA_322110023, IPA_322120026), con un valor de grado de significación de GS<90% (tendencia dudosa).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019. Las variaciones de un cuatrienio a otro no son muy significativas, sí aumenta 26 mg/L en el punto IPA_322050122, en este último punto el valor máximo en el último cuatrienio es de 159,8 mg/L, en el resto de puntos la concentración de nitrato no supera los 50 mg/L (Norma 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 ES091MSBT104 Sierra del Montsiá:

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.

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 superficie está formada mayoritariamente por carbonatos y por tanto no es necesario realizar estudio de ZNS, pero sí realizar las actividades relacionadas a la vulnerabilidad, habiéndose detectado contaminación difusa por nitrato. 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 Ac. Cretácico Inf. 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, se proponen trabajos para su identificación/validación (incluyendo trabajos de campo), así como trabajos para su caracterización y estimación de sus necesidades ambientales.

Análisis y 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. Se aconseja considerar las MSBT limítrofes para su posible integración.

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. Se aconseja considerar las MSBT limítrofes para su posible integración.

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 2: Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales 2015. Demarcación Hidrográfica del Ebro, Masa de Agua Subterránea: 090.104 Sierra del Montsiá. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.

- IGME, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias masas detríticas y mixtas. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Madrid.

- IGME, DGA (2019). Fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de la demarcación hidrográfica del Ebro para su implementación en el modelo simpa. En: Encomienda de gestión para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre demarcaciones hidrográficas.

MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número 229, Gobierno de España.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

MSBT: ES091MSBT104 - SIERRA DEL MONTSIÁ

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.

MSBT: ES091MSBT104 - SIERRA DEL MONTSIÁ

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 $CaCO_3$
Código Punto	**312080019**						
Valor							
Máx.	18,8	7	705	7,80	<LQ	<LQ	217,0
Mín.	16,7	7	512	6,70	<LQ	<LQ	217,0
P50	17,8	7	663	7,20	<LQ	<LQ	217,0
N reg.	2	3	3	3	2		1
Código Punto	**322050122**						
Valor							
Máx.	17,8	9	844	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	17,1	7	711	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	17,4	8	773	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	6	10				
Código Punto	**322050197**						
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	**322060066**						
Valor							
Máx.	20,5	7	1.992	7,70	0,6	<LQ	225,0
Mín.	17,6	7	1.112	7,10	<LQ	<LQ	225,0
P50	19,0	7	1.353	7,50	0,3	<LQ	225,0
N reg.	2	3	3	3	2		1
Código Punto	**322110013**						
Valor							
Máx.	20,3	8	1.741	8,90	<LQ	607,00	230,0
Mín.	16,0	7	826	5,60	<LQ	273,80	230,0
P50	17,7	7	1.179	7,10	<LQ	489,90	230,0
N reg.	9	12	22	8	6	15	1
Código Punto	**322110019**						
Valor							
Máx.	18,9	7	941	9,30	0,7	<LQ	385,0
Mín.	15,3	7	542	2,70	<LQ	<LQ	385,0
P50	17,0	7	830	5,40	<LQ	<LQ	385,0
N reg.	10	9	13	15	11		1
Código Punto	**322110021**						
Valor							
Máx.	18,9	8	760	<LQ	<LQ	233,70	<LQ
Mín.	17,7	7	498	<LQ	<LQ	233,70	<LQ
P50	18,3	8	709	<LQ	<LQ	233,70	<LQ
N reg.	2	2	4			1	
Código Punto	**322110022**						
Valor							
Máx.	24,3	9	734	<LQ	<LQ	392,90	<LQ
Mín.	24,3	7	623	<LQ	<LQ	328,10	<LQ
P50	24,3	7	685	<LQ	<LQ	377,90	<LQ
N reg.	1	5	7			7	
Código Punto	**322110023**						
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.	19,0	9	922	<LQ	<LQ	479,00	<LQ
Mín.	14,7	7	497	<LQ	<LQ	276,10	<LQ
P50	18,0	8	631	<LQ	<LQ	353,20	<LQ
N reg.	4	6	15			16	
Código Punto	**322110026**						
Valor							
Máx.	18,9	7	583	10,10	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	18,9	7	583	6,30	<LQ	<LQ	<LQ
P50	18,9	7	583	8,20	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	1	1	2	1		
Código Punto	**322120026**						
Valor							
Máx.	21,7	7	5.550	8,80	<LQ	1.283,70	<LQ
Mín.	17,1	7	4.855	8,80	<LQ	1.005,50	<LQ
P50	19,0	7	5.395	8,80	<LQ	1.109,50	<LQ
N reg.	4	2	6	1	1	6	
Código Punto	**322120160**						
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	**312080019**								
Valor									
Máx.	283,0	<LQ	21,30	86,9	28,6	<LQ	<LQ	11,6	1,0
Mín.	270,1	<LQ	12,10	68,0	14,9	<LQ	<LQ	6,6	<LQ
P50	276,6	<LQ	14,20	73,8	20,9	<LQ	<LQ	6,8	0,8
N reg.	2	2	3	3	3	2	2	3	3
Código Punto	**322050122**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	227,9	0,42	1,10	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	110,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	147,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.					18	18	17		
Código Punto	**322050197**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	158,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	158,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	158,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.					1	1	1		
Código Punto	**322060066**								
Valor									
Máx.	282,1	<LQ	300,00	98,8	70,0	<LQ	<LQ	127,0	4,5
Mín.	278,2	<LQ	219,00	89,1	50,0	<LQ	<LQ	108,0	4,1
P50	280,1	<LQ	223,00	92,0	53,5	<LQ	<LQ	117,0	4,3
N reg.	2	2	3	3	3	2	2	3	3
Código Punto	**322110013**								
Valor									
Máx.	282,2	<LQ	365,60	193,3	7,3	0,25	0,50	180,0	5,0
Mín.	207,0	<LQ	103,00	44,0	<LQ	<LQ	<LQ	57,0	1,0
P50	256,4	<LQ	222,00	105,0	2,8	<LQ	<LQ	111,5	2,2
N reg.	25	6	27	26	26	25	16	26	26

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	**322110019**								
Valor									
Máx.	495,0	<LQ	58,00	80,0	27,0	0,02	0,05	35,8	1,6
Mín.	291,6	<LQ	16,50	29,3	<LQ	<LQ	<LQ	9,5	<LQ
P50	451,0	<LQ	48,50	38,4	2,0	<LQ	<LQ	33,0	1,4
N reg.	13	13	14	14	15	14	14	14	14
Código Punto	**322110021**								
Valor									
Máx.	220,0	<LQ	16,00	18,0	49,3	<LQ	<LQ	7,0	<LQ
Mín.	220,0	<LQ	16,00	18,0	20,6	<LQ	<LQ	7,0	<LQ
P50	220,0	<LQ	16,00	18,0	40,8	<LQ	<LQ	7,0	<LQ
N reg.	1		1	1	5	5	5	1	1
Código Punto	**322110022**								
Valor									
Máx.	330,6	<LQ	29,20	49,0	62,9	0,11	<LQ	13,0	1,3
Mín.	245,9	<LQ	20,30	29,0	37,4	<LQ	<LQ	8,0	<LQ
P50	300,1	<LQ	26,30	44,0	50,7	<LQ	<LQ	10,2	1,0
N reg.	8		8	8	10	10	7	8	8
Código Punto	**322110023**								
Valor									
Máx.	421,0	<LQ	70,10	65,0	41,4	0,35	<LQ	31,0	4,0
Mín.	262,6	<LQ	<LQ	30,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,9	<LQ
P50	314,4	<LQ	15,40	43,0	16,8	<LQ	<LQ	8,0	1,0
N reg.	17		17	17	17	16	8	17	17
Código Punto	**322110026**								
Valor									
Máx.	330,6	<LQ	15,90	15,8	18,4	<LQ	<LQ	7,7	0,6
Mín.	264,0	<LQ	15,70	15,7	17,5	<LQ	<LQ	7,6	0,5
P50	297,3	<LQ	15,80	15,8	18,0	<LQ	<LQ	7,7	0,5
N reg.	2	2	2	2	2			2	2
Código Punto	**322120026**								
Valor									
Máx.	262,8	<LQ	1.634,00	633,0	22,4	0,10	<LQ	794,0	26,0
Mín.	212,0	<LQ	983,80	412,0	11,5	<LQ	<LQ	576,0	17,0
P50	249,4	<LQ	1.189,80	537,0	15,2	<LQ	<LQ	626,0	19,0
N reg.	9		9	9	9	9	9	9	9
Código Punto	**322120160**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	61,8	0,30	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	55,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	58,5	0,15	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.					2	2	2		

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	**312080019**								
Valor									
Máx.	96,1	23,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	94,4	20,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	95,3	22,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	3				3			
Código Punto	**322050122**								
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	**322050122**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,20	0,10	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	<LQ
N reg.						18	3		
Código Punto	**322050197**								
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.						1			
Código Punto	**322060066**								
Valor									
Máx.	132,0	46,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	112,0	37,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	114,0	41,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3			
Código Punto	**322110013**								
Valor									
Máx.	165,1	53,0	0,4670	<LQ	<LQ	0,19	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	62,0	26,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	98,8	38,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	26	26	21	22	8	26	7	7	7
Código Punto	**322110019**								
Valor									
Máx.	149,0	24,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	84,7	20,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	136,0	21,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	13	14				14			
Código Punto	**322110021**								
Valor									
Máx.	72,0	13,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	72,0	13,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	72,0	13,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	1	1	1		5			
Código Punto	**322110022**								
Valor									
Máx.	134,0	19,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	103,0	14,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	115,7	16,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8	5	5		10			
Código Punto	**322110023**								
Valor									
Máx.	152,1	27,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,60	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	71,0	19,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	102,6	24,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	17	17	12	12		17	1		
Código Punto	**322110026**								
Valor									
Máx.	106,0	13,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	106,0	13,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	106,0	13,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2				2			

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	**322120026**								
Valor									
Máx.	362,0	123,0	<LQ	1,8000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	246,0	89,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	276,0	107,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9	6	6	1	9			
Código Punto	**322120160**								
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.						2	1		

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