

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT067 - DETRÍTICO DE ARNEDO

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 ES091MSBT067 Nombre MSBT DETRÍTICO DE ARNEDO

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea del Detrítico de Arnedo se localiza en la zona central de la cuenca del Ebro, concretamente en el tramo medio de la cuenca del Cidacos, tributario por la margen derecha del río Ebro. Corresponde a la masa de agua más septentrional del Dominio de la Demanda-Cameros localizada en la zona de contacto con los terciarios de la Depresión del Ebro. Administrativamente pertenece en su totalidad a la comunidad autónoma de La Rioja, y comprende las Comarcas de Arnedo y Calahorra, siendo el municipio de Arnedo el de mayor población y actividad económica.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Rioja, La	Rioja, La	26018	Arnedo	54,21	37,22
Rioja, La	Rioja, La	26120	Quel	62,50	27,52
Rioja, La	Rioja, La	26021	Autol	18,99	13,02
Rioja, La	Rioja, La	26119	Préjano	23,82	8,12
Rioja, La	Rioja, La	26072	Herce	34,52	4,78
Rioja, La	Rioja, La	26173	Villarroya	47,15	4,46
Rioja, La	Rioja, La	26017	Arnedillo	9,65	3,75
Rioja, La	Rioja, La	26136	Santa Eulalia Bajera	16,68	1,13
Rioja, La	Rioja, La	26070	Grávalos	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)	575.374	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.670.736
Longitud (CENTROIDE)	-2,08724	Latitud (CENTROIDE)			42,18514
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			743
Altitud mínima (m s.n.m.)	430	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.173
Área total de la MSBT (km ²)	124				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

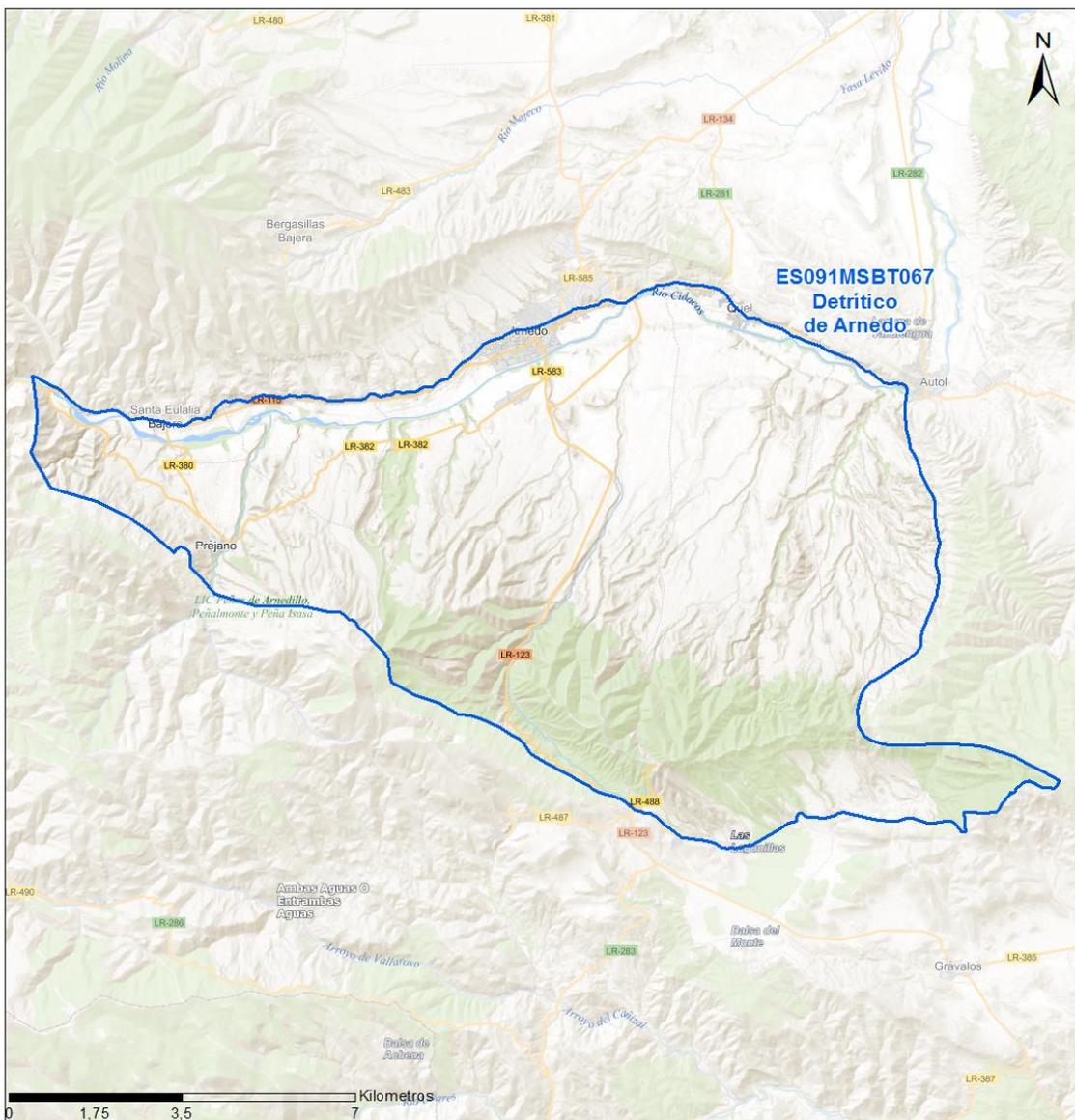
10.436

Año

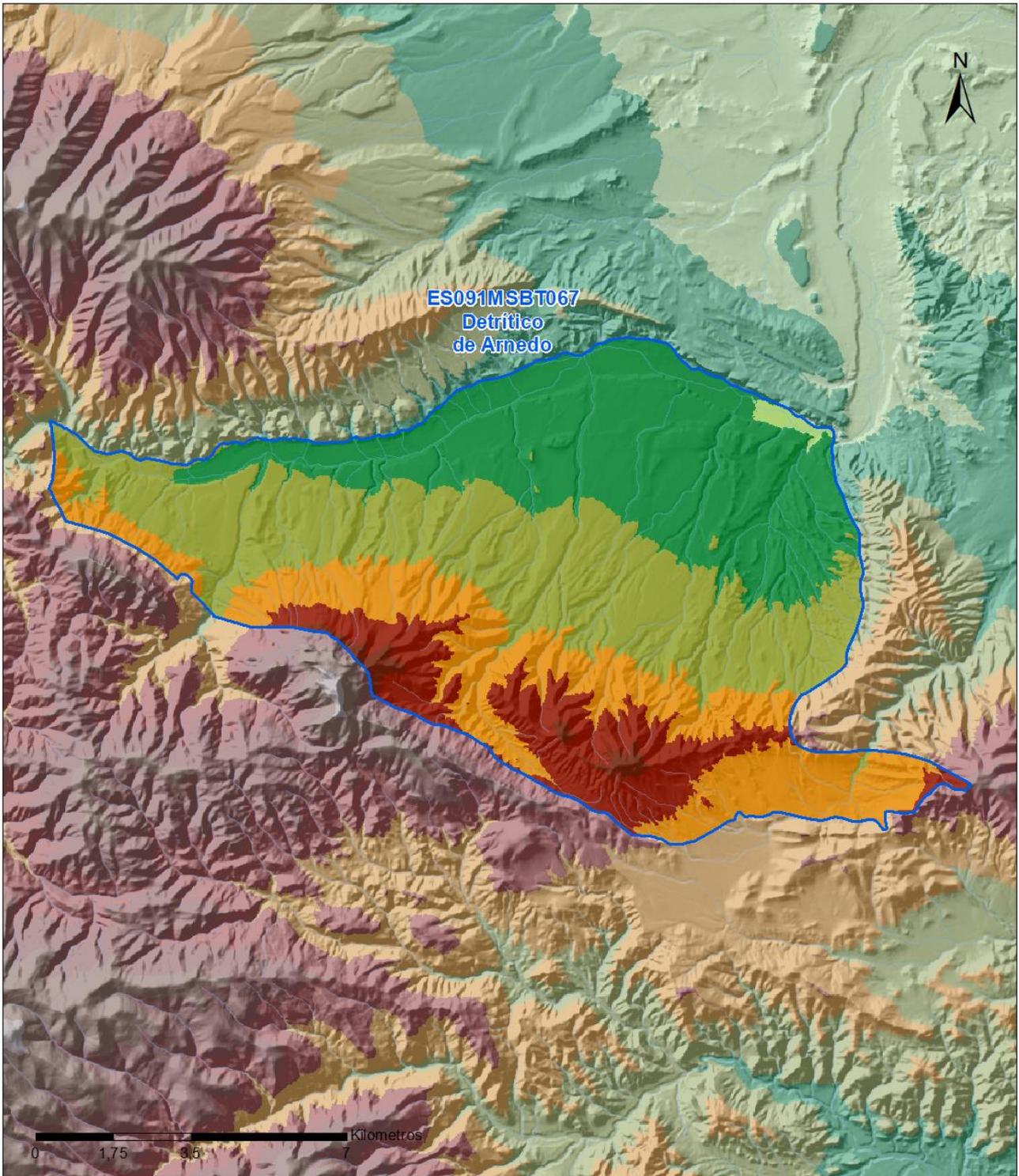
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

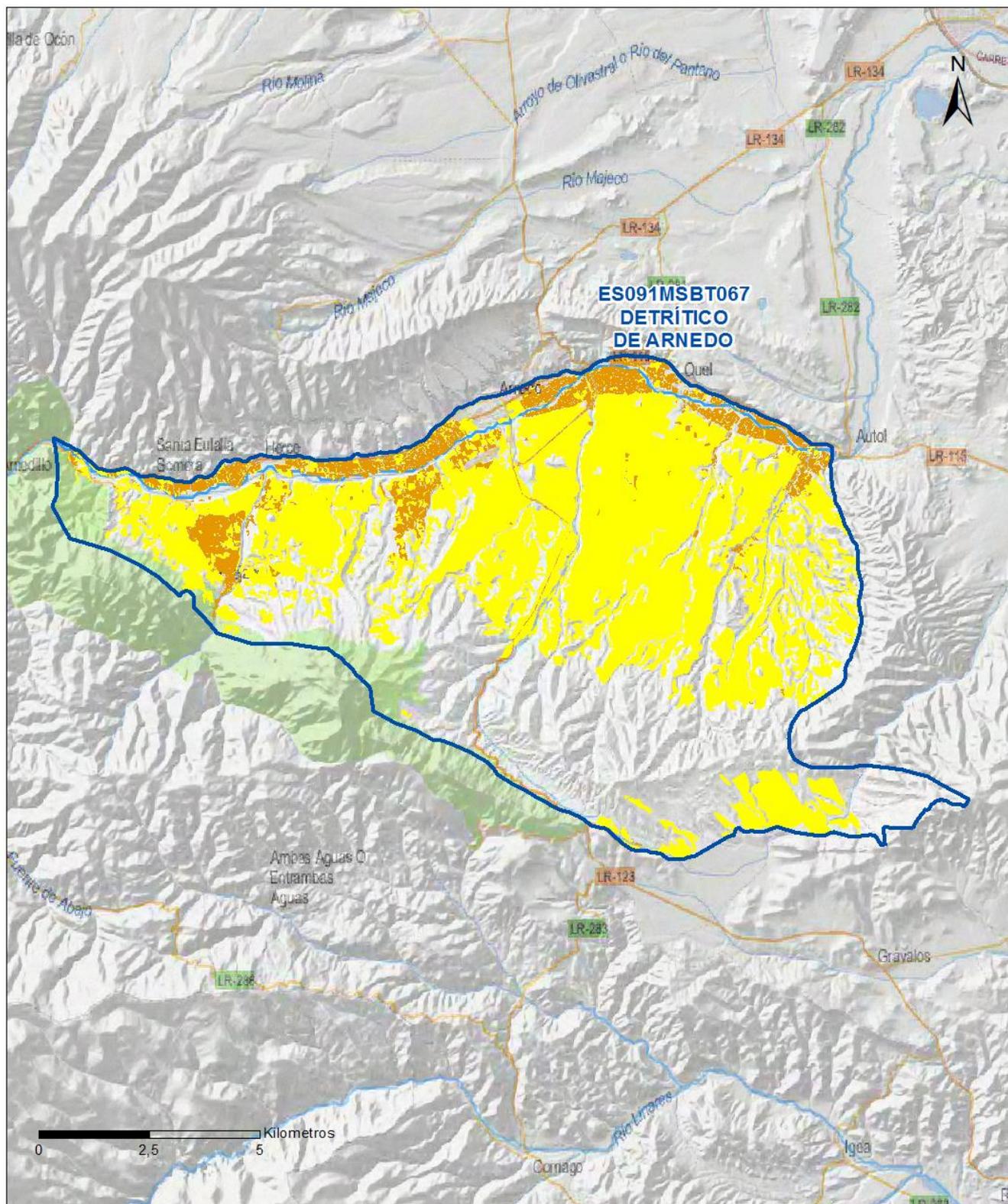


2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.2	Agricultura	<input checked="" type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.4	Transporte	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.8	Minería	<input type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.1	Agricultura	<input checked="" type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.2	Abastecimiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.3	Industria	<input checked="" type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.7	Otros	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuentes difusas



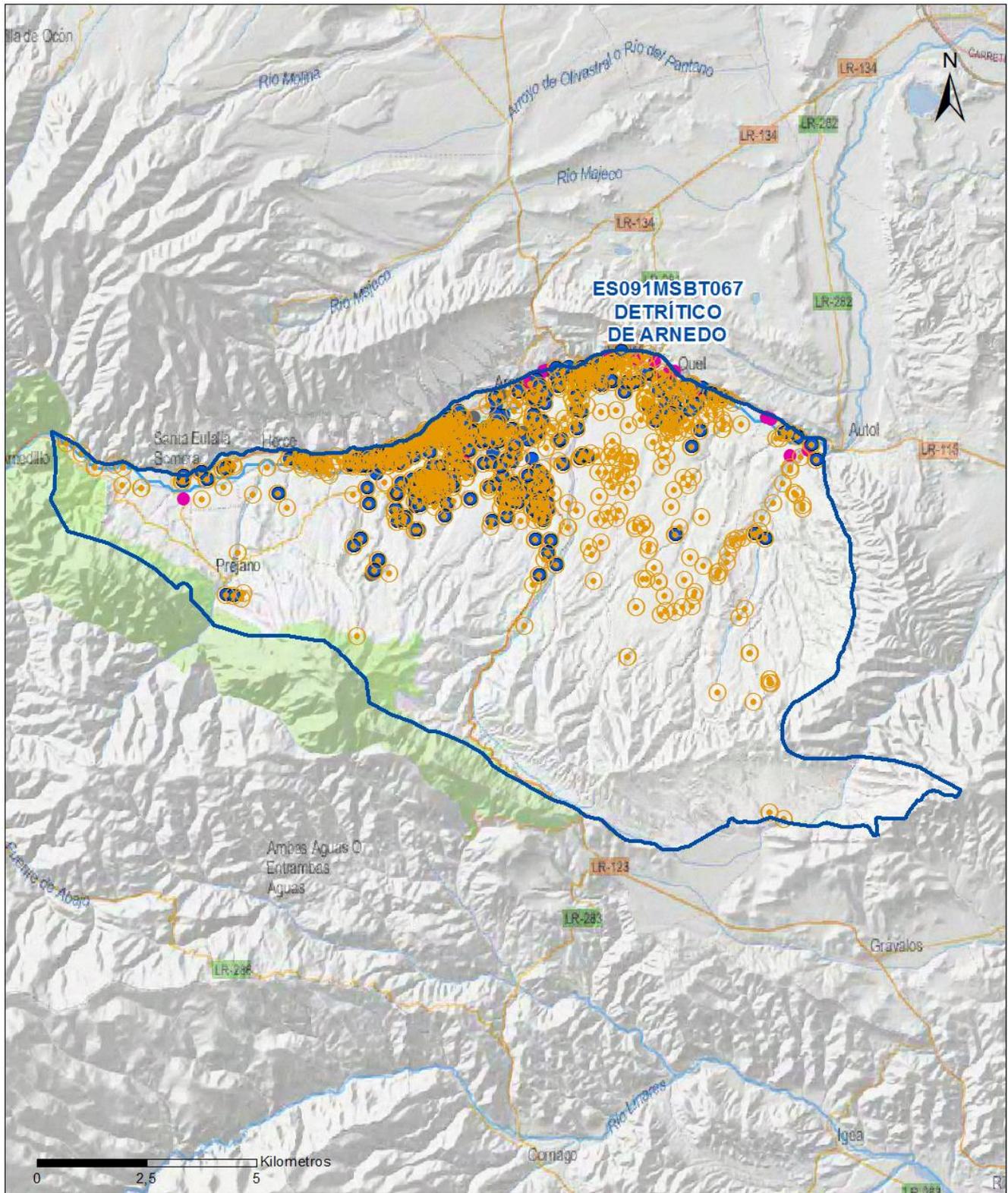
LEYENDA

-  Red hidrográfica
-  MSBT:
ES091MSBT067
DETRÍTICO DE ARNEDO

Tipo de Presión Difusa (significativa):

-  2.2 Agricultura: Regadío
-  2.2 Agricultura: Secano

Extracción / Desvío de agua



LEYENDA

-  Red hidrográfica
-  MSBT:
- ES091MSBT067

Tipo de Presión por Extracción (significativa):

-  3.1 Agricultura
-  3.2 Abastecimiento
-  3.3 Industria
-  3.7 Otros

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
NUTR	Contaminación por nutrientes	Probable
LOWT	Extracciones que exceden el recurso disponible de agua subterránea (disminución del nivel de agua)	Comprobado

2.3 RIESGO DE LA MSBT

Riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo		RIESGO CUANTITATIVO
Motivo	Justificación / Observación	
Descenso piezométrico por extracción	IE > 0,7 / Descensos generalizados o balance desequilibrado	
Riesgo de no alcanzar el buen estado químico		RIESGO QUÍMICO
Contaminante	Justificación / Observación	
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)	

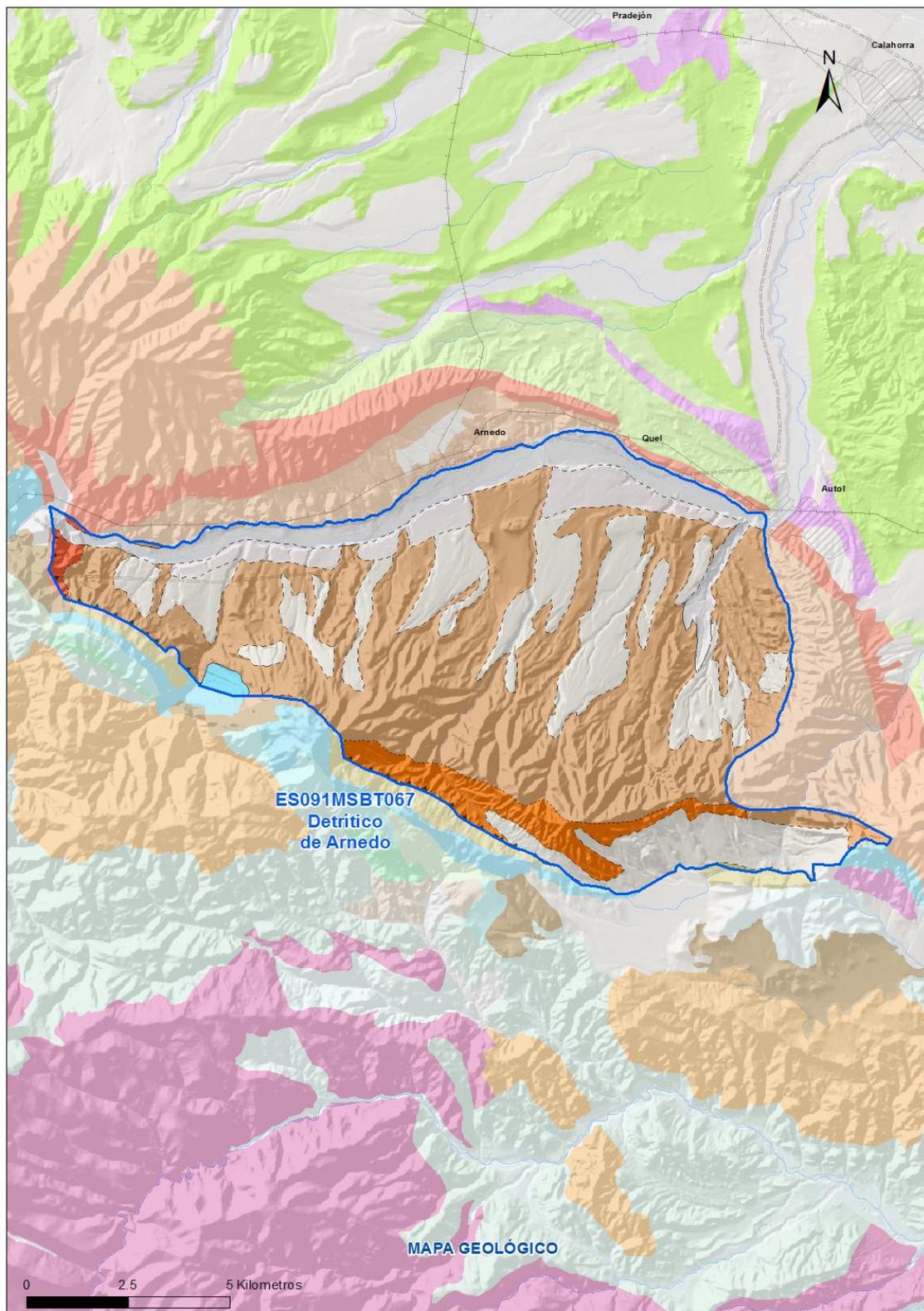
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Ebro

Ibérica

3.2 MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA



Estructuras

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

Contactos y fallas

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

LITOLOGÍAS

Código	Descripción Litología
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
704	Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacia, piedemonte y superficies)
378	Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo
372	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas
359	Conglomerados, areniscas y lutitas
352	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso
351	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)
167	Calizas, dolomías y margas. Facies Purbeck
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carnioles y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)

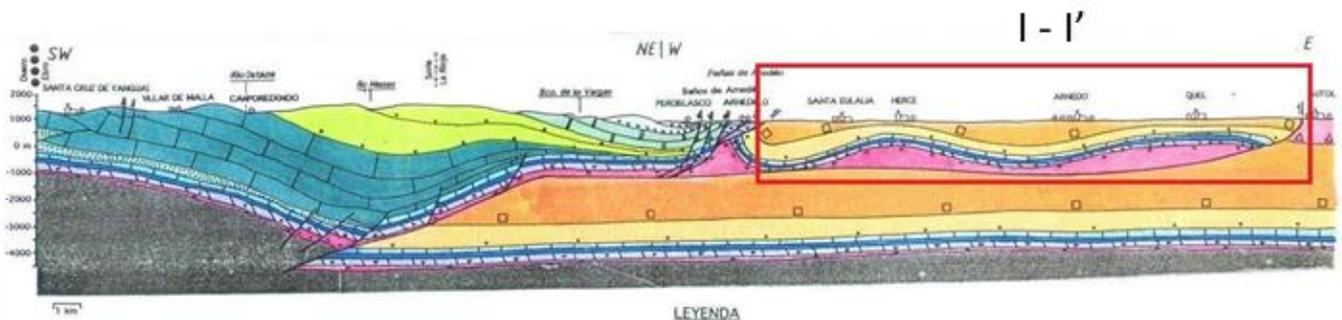
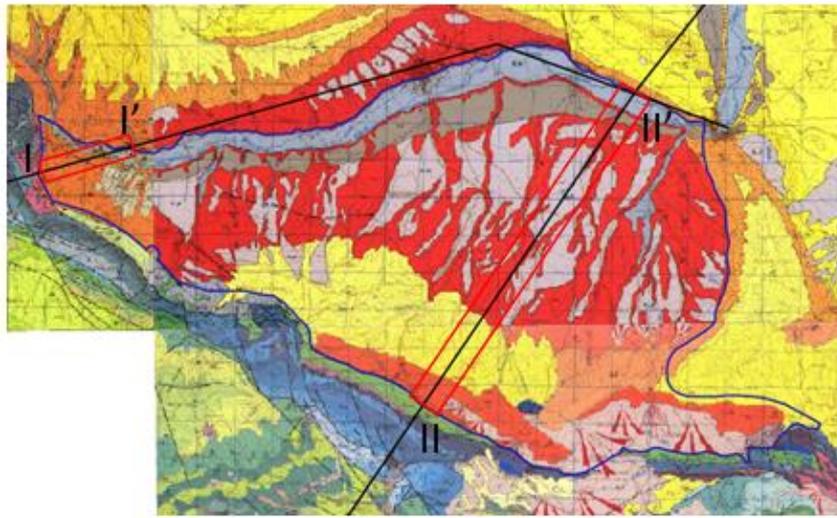
3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

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	11,71	Detrítica	9,42
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	6,78	Detrítica	5,46
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glaciares, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	32,21	Detrítica	25,92
Conglomerados, areniscas y lutitas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	0,76	Detrítica	0,61
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso	Paleógeno	Oligoceno	64,88	Detrítica	52,19
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas	Paleógeno	Eoceno	6,59	Detrítica	5,30
Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)	Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)	Rethiense-Dogger	0,65	Carbonatada	0,52

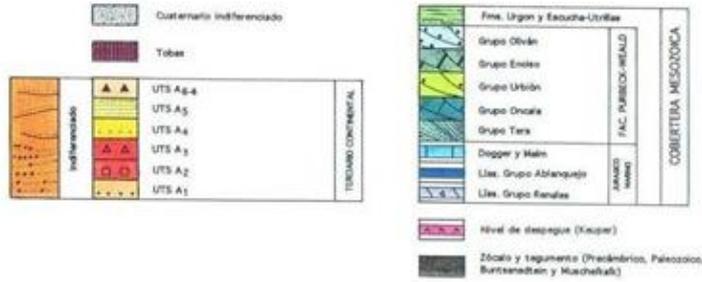
3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m)
	Sistema	Serie	valor menor-mayor
Gravas, arenas y limos (aluviales, terrazas y glaciares)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	1-20
Conglomerados y areniscas	Paleógeno	Oligoceno	800-1500
Areniscas y arcillas	Cretácico	Albiense	0-150
Calizas oolíticas y calciculitas	Jurásico	Dogger-Malm	150-450
Dolomías y calizas	Jurásico	Lias	120-500
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas	Triásico	Keuper	0-500
Dolomías con arcillas	Triásico	Muschelkalk	50-100
Areniscas, limolitas y brechas	Triásico	Buntsandstein	100-120
Cuarcitas y arcillas	Paleozoico		

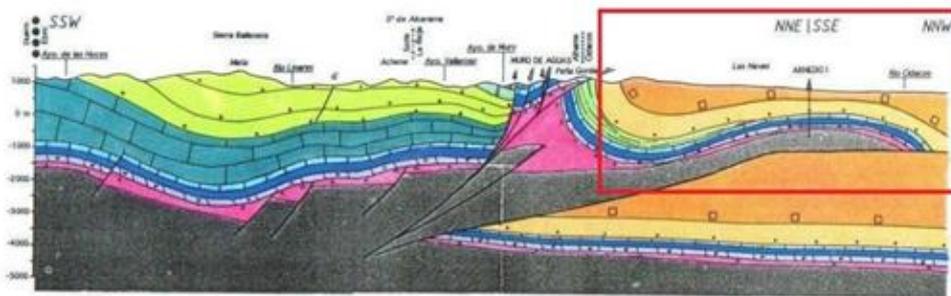
3.5 CORTES GEOLÓGICOS



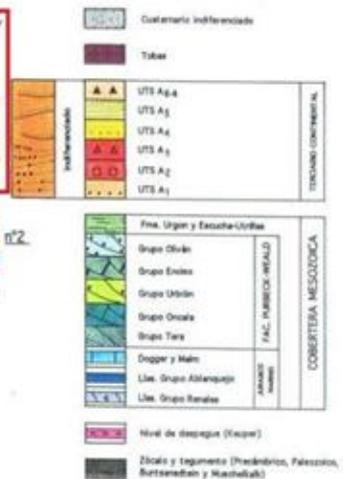
LEYENDA



II - II'



LEYENDA



ES091MSBT067 Detrítico de Arnedo

3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La masa de agua del Detrítico de Arnedo pertenece al dominio de la Demanda-Cameros. Se localiza en la zona de contacto de los materiales mesozoicos de la Cordillera Ibérica con el terciario continental de la Depresión del Ebro. Se identifica con los conglomerados de relleno terciarios de borde de la Sierra de Cameros, situados en la margen derecha del río Cidacos, así como los depósitos de glaciares y aluviales del río Cidacos. Desde el Eoceno superior hasta el Mioceno superior, el desplazamiento hacia el N del cabalgamiento frontal de la sierra de Cameros (cabalgamiento Nordibérico o de Cameros) (Muñoz Jiménez y Casas Sainz 1997), formó una depresión en la zona de borde de sierra (Depresión de Arnedo), que se rellenó en diferentes periodos de aporte/subsidencia a partir de abanicos fluviales procedentes de la serie Wealdica de la Ibérica. Los materiales salinos del Trias (arcillas y yesos del Keuper) actuaron como nivel basal de despegue de este cabalgamiento permitiendo el desplazamiento de entre 20 y 30 km de la unidad de Cameros que se superpuso sobre el Terciario de la Depresión del Ebro. El bloque inferior quedó afectado por estructuras de tipo short-cut que afectaron al zócalo favoreciendo la formación de un anticlinal en los materiales paleógenos de relleno de la Depresión (Casas Sainz, 1993). Esta estructura en profundidad ha podido conocerse gracias a la sismica de reflexión y al sondeo ARNEDO I que alcanzó los 1.576m snm después de atravesar el mesozoico y alcanzar el paleozoico. De este modo, se ha interpretado la existencia de un plano de cabalgamiento en profundidad, en cuyo bloque superior se dispondrían, de base a techo y en posición normal, materiales Paleozoicos, la serie triásica (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper), así como parte de la serie Jurásica y el Terciario continental que aflora en esta masa de agua. La Depresión de Arnedo presenta una geometría en planta en forma de abanico, con el eje meridional marcado por la dirección del frente de cabalgamiento de Cameros (NO-SE). El relleno terciario se dispone en discordancia progresiva con respecto al cabalgamiento y con un marcado buzamiento que a medida que se aleja del borde se acomoda a la suave estructura del anticlinal de Arnedo. El relleno corresponde a conglomerados masivos y arenas rojas Oligocenas que forman un potente paquete de unos 1000 m de potencia en la zona de borde y que presentan una gradación hacia materiales más finos en las zonas alejada al frente de cabalgamiento. Sobre estos conglomerados, al sur de la masa de agua, se disponen otros conglomerados miocenos poco consolidados y, por el resto de la superficie, gravas, arenas y limos de depósitos de glaciares y aluviales.

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

- Paleozoico indeterminado. Sin representación en la superficie de la masa de agua. Se sitúa a más de 1500 m de profundidad, formado por cuarcitas y arcillas. Estas formaciones están asociadas al desplazamiento en profundidad del cabalgamiento de Cameros que superpone estos materiales sobre litologías más modernas del terciario de la cuenca del Ebro.
- Triásico inferior (Buntsandstein). Se compone de areniscas limos y brechas con una potencia de 100 a 120 m sin representación en superficie. Se encuentra a profundidades de más de 1.200 m.
- Triásico medio (Muschelkalk). Presenta potencias por debajo de los 100 m compuesto por calizas tableadas y margas. Sin afloramientos en la masa de agua.
- Triásico superior (Keuper). Se compone de arcillas abigarradas, yesos y margas sin representación en la superficie de la masa de agua. Actúa como nivel de despegue del cabalgamiento de Cameros y su espesor, dada su composición litológica, es muy variado desde pocos metros hasta más de 500 m.
- Jurásico marino. Dentro de esta masa de agua la superficie de afloramiento de las formaciones jurásicas es muy limitada, se puede localizar en las zonas de contacto con la masa de agua de Fitero-Arnedillo. Su potencia es muy variada, con espesores que oscilan entre los 200 y 900 m. El sondeo Arnedo 1, localiza estas formaciones por debajo del detrítico de Arnedo a más 800 m de profundidad, con un espesor cercano a los 200 m. Se compone de dolomías tableadas, carniolas y calizas del Lias (grupo Renales y Ablanquejo) y las series carbontadas del Dogger y Malm.
- Cretácico inferior-superior. Representado por la formación Utrillas, compuesta por una sucesión de areniscas rojas, limolitas y arcillas con espesores máximos no superiores a los 120 m.
- Terciario (Oligoceno). Está representado por una alternancia de conglomerados, areniscas y limos arcillosos de color rojo ladrillo, donde alternan niveles con un mayor contenido en conglomerados con otros de areniscas, formando bancos de entre 5 y 3 m (facies de borde). Estos materiales pueden llegar a alcanzar una potencia cercana a los 1.000 m y corresponden al tramo inferior de la formación Arnedo.
- Cuaternario. Está constituido por depósitos de glaciares, terrazas y aluviales del río Cidacos. Los glaciares poseen una amplia representación en la masa de agua debido a la facilidad de erosión de las formaciones conglomeráticas sobre las que se asientan. Se componen de cantos de caliza y arenisca. Por otro lado, se localizan dos sistemas de terrazas distintas, las más antiguas del Pleistoceno están suspendidas y conectadas a los depósitos de glaciares con los que forman una misma unidad morfológica sin que exista conexión con el aluvial actual. Y finalmente se encuentran las terrazas bajas del Holoceno y la llanura aluvial del río Cidacos compuestos por gravas sueltas, arenas y limos.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	34	34
Espesor Medio Z.N.S. (m)	34	

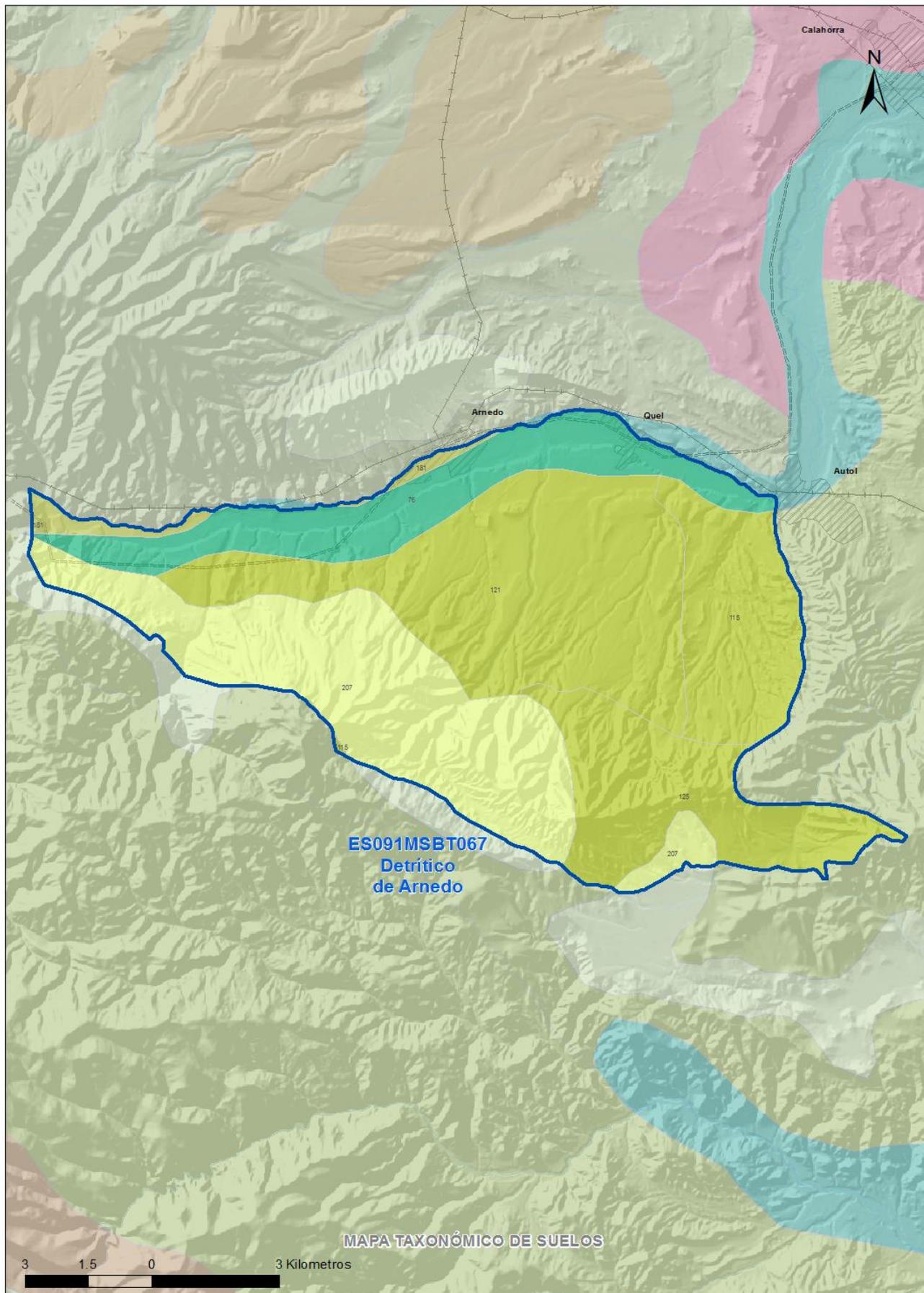
Litología Z.N.S. Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT	18	14,51
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	71	56,73
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	2	1,87
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	33	26,89

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

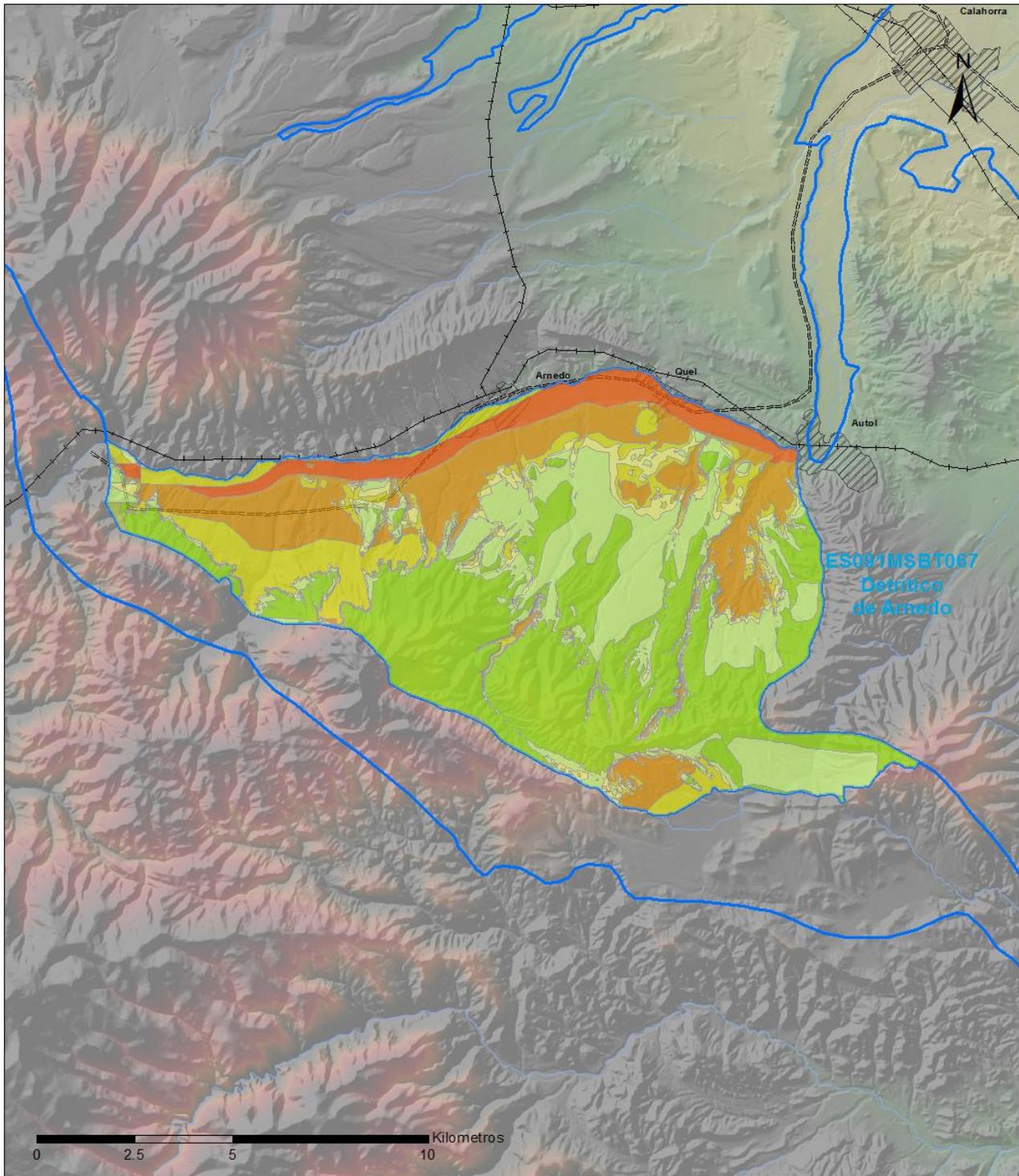
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
76	ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT, XERORTHENT, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
115	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, (Haploxerept), NO INCLUSION2
121	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, HaploxeraIf, NO INCLUSION2
125	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
181	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, HaploxeraIf, NO INCLUSION2
207	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Xerorthent

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT
2 (Muy Baja)	30 - 44	0,20
3 (Baja)	44 - 58	36,21
4 (Baja)	58 - 72	21,93
5 (Moderada)	72 - 86	4,87
6 (Moderada)	86 - 100	12,53
7 (Alta)	100 - 114	17,44
8 (Alta)	114 - 128	6,81

4.5 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA



LEYENDA

Método DRASTIC Reducido

Grado de Vulnerabilidad, Rango de Valores

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

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	FITERO-ARNEDILLO
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	

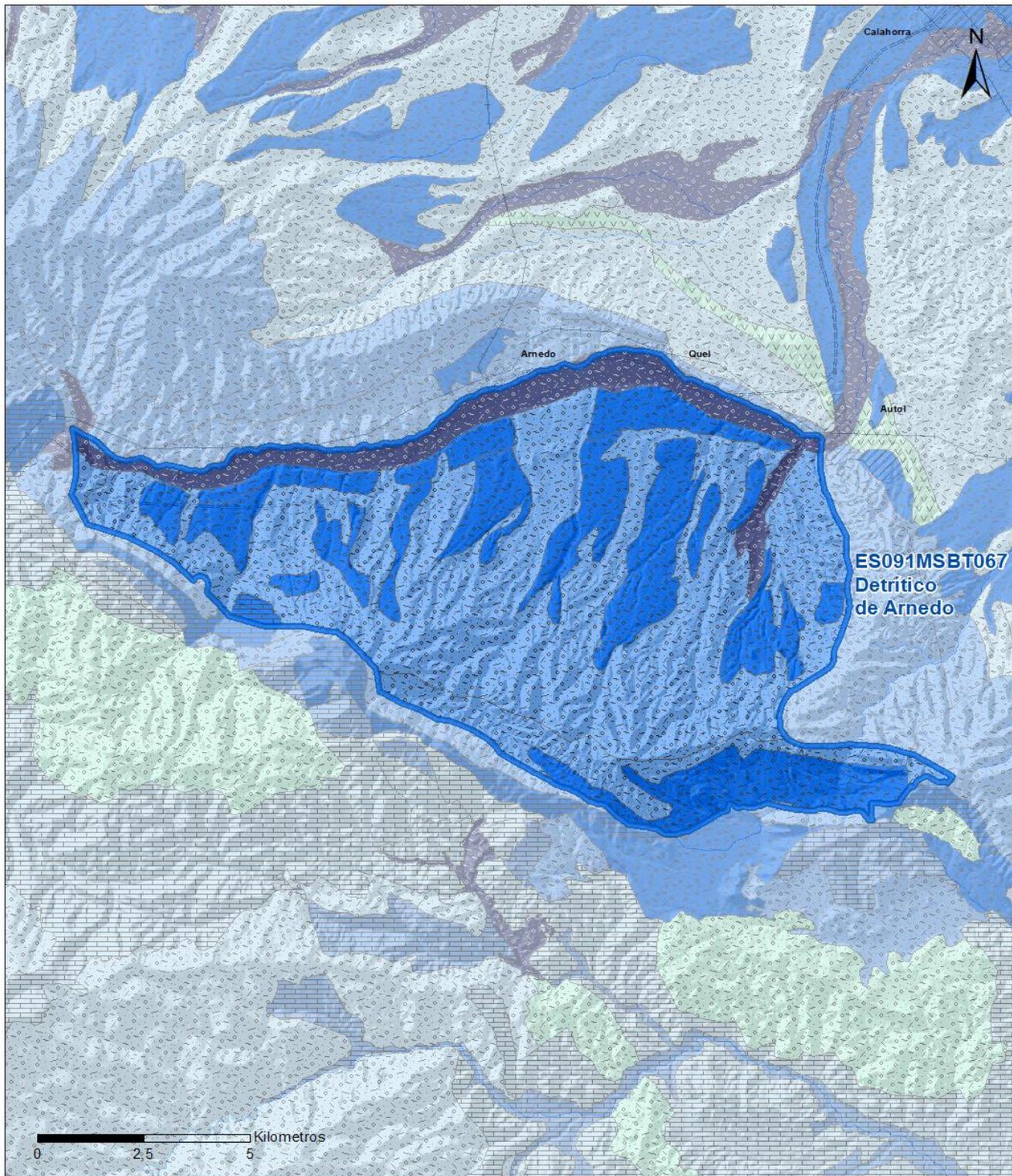
Descripción límites hidrogeológicos:

Existen dos tipos de límites hidrogeológicos en esta masa de agua; un límite de tipo litológico definido por el contacto de los materiales permeables de esta masa de agua con las formaciones de menor permeabilidad del terciario del Ebro y otro de tipo tectónico en la zona de contacto del cabalgamiento del mesozoicos de la masa de agua de Fitero-Arnedillo sobre los detríticos terciarios de relleno de la cuenca del Ebro.

El límite norte de la masa de agua, desde Santa Eulalia hasta Autol, viene definido por la extensión de los depósitos aluviales del río Cidacos, cuyo desarrollo hacia el norte está limitado por los conglomerados y areniscas masivas del terciario de la Sierra de la Hez. Al sur de Autol estos conglomerados masivos continúan hasta alcanzar el cabalgamiento frontal de la Ibérica, marcando el límite noreste-sureste de la masa de agua. Este límite de tipo litológico, es de naturaleza impermeable, sin que haya transferencias relevantes desde esta masa de agua al terciario del Ebro.

El límite sur sigue el contacto del cabalgamiento Nordibérico que se dispone siguiendo un eje ONO-ESE. El cabalgamiento pone en contacto materiales de diferente naturaleza, desde formaciones de permeabilidad muy baja como es el caso de las arcillas y yesos de las facies Keuper, permeabilidades de tipo medio como las areniscas de Utrillas o formaciones de permeabilidad alta como las dolomías y calizas Jurásicas de la formación Cortes de Tajuña. En su conjunto se trata como un límite cerrado.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA

 MSBT

PERMEABILIDAD

 MUY ALTA, DETRÍTICAS
 ALTA, DETRÍTICAS

 ALTA, CARBONATADAS
 MEDIA, DETRÍTICAS

 MEDIA, CARBONATADAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Glacis cuaternarios y terrazas altas	Gravas, arenas, limos y arcillas	Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	10	39
Cuaternario aluvial	Gravas, arenas, limos y arcillas	Muy Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	10	12
Terciario detrítico	Conglomerados y areniscas	Media-Baja	Paleógeno	Oligoceno	1000	73

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Glacis cuaternarios y terrazas altas	39	31,38	Libre	10	Intergranular	Glacis y terrazas altas
Cuaternario aluvial	12	9,42	Libre	10	Intergranular	Aluviales y terrazas actuales
Terciario detrítico	73	58,77	Semiconfinado	1.000	Intergranular	Oligoceno detrítico

Descripción general:

Esta masa de agua solo involucra a tres acuíferos correspondientes a los conglomerados y areniscas de borde de sierra (Oligoceno detrítico) junto con los depósitos cuaternarios del aluvial y terrazas del río Cidacos y los depósitos de glacis.

El acuífero detrítico del Oligoceno se compone de un paquete de cerca de los 1000 m de espesor compuesto por conglomerados y areniscas con una permeabilidad media – baja y una porosidad intergranular. Se trata de un acuífero por lo general libre, sin embargo, en algunos sectores de la masa de agua, los bancos de arenas se comportan como acuíferos confinados bajo paquetes arcillosos.

El acuífero de los aluviales y terrazas actuales del río Cidacos, también es de tipo detrítico y se encuentra en conexión hidráulica con el río Cidacos. Se compone de gravas, arenas, limos y arcillas, materiales sin consolidar que confieren a este acuífero una permeabilidad muy alta. Su espesor oscila entre 5 -15 m.

El acuífero detrítico de los glacis cuaternarios, se compone de cantos de calizas y arenisca unidos por un cemento arcilloso calcáreo poco coherente, con un espesor de 5 a 20 m. Este acuífero está conectado con las terrazas altas, suspendidas del río Cidacos formando una misma unidad, sin que exista un límite claro entre ambos. Tanto las terrazas suspendidas como los glacis están desconectados del río Cidacos.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Terciario Detrítico	Oligoceno Detrítico	Ensayo de bombeo	3,00	300,00	1,00E-02	1,00E-02

Descripción general:

En las proximidades de la localidad de Arnedo se han perforado numerosos sondeos en las litofacies conglomeráticas y arenosas, en alguno de los cuales se llegan a obtener caudales de hasta 30 l/s. No obstante, la media de caudales de explotación oscila entre 1 y 2 l/s, con transmisividades entre 300 m²/día y menos de 10 m²/día.

En el sector comprendido entre Arnedo y Quel son frecuentes los sondeos surgentes de escaso caudal (menor de 2 l/s), que explotan bancos de areniscas confinados entre paquetes arcillosos. Ensayos de bombeo en las zonas del acuífero oligoceno tratado como confinado - semiconfinado se obtienen valores de transmisividad más bajos de 3-4 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,01.

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La principal entrada de agua de la masa de agua del Detrítico de Arnedo, corresponde a la infiltración de las precipitaciones y de los retornos de riego sobre la superficie de afloramiento de los conglomerados oligocenos, los cuaternarios aluviales y depósitos de glacis, así como también del agua almacenada en las riberas en periodos de crecidas y de la infiltración de los barrancos laterales del río Cidacos. También recibe aportes subterráneos procedentes de las formaciones del jurásico marino situadas en profundidad.

Las salidas se producen de forma natural en el río Cidacos que actúa como colector general de la mayor parte de los drenajes subterráneos, por bombeo de numerosos pozos distribuidos a lo largo de toda la superficie de la masa de agua, con una mayor intensidad sobre el aluvial del Cidacos, y por trasferencias subterráneas a otras formaciones permeables. Si bien el acuífero aluvial se encuentra en conexión hidráulica de carácter variable con el río Cidacos, los sistemas de glacis y terrazas altas se encuentran desconectados del mismo, de modo que su descarga se produce a través de pequeños manantiales en las zonas de contacto con materiales de menor permeabilidad o por infiltración en los conglomerados Oligocenos subyacentes.

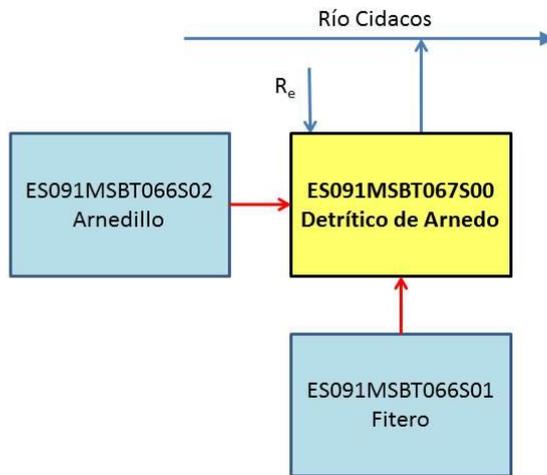
Las descargas del acuífero del Oligoceno se realizan de forma difusa o mediante pequeños manantiales a lo largo del río Cidacos desde la localidad de Quel hasta Autol. Además, este río en el tramo entre Herce-Juncal presenta varios manantiales de carácter pseudo-termal procedentes de flujos profundos del Jurásico Marino. Una parte del flujo general asociado al cabalgamiento (de la masa de agua Fitero-Arnedillo) escapa a la estructura surgente regional, y se canaliza a través del Terciario en el cauce del Cidacos. En este grupo de surgencias destacan: el área de los manantiales de Herce, el área de manantiales El Juncal, y el conjunto de manantiales próximos a la localidad de Autol, estos últimos situados fuera de la masa de agua.

La dirección de flujo del acuífero detrítico, es de sur a norte, desde el frente de cabalgamiento hacia el río Cidacos, principal colector de los aportes subterráneos de la masa de agua.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLOGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT067S00	Detrítico de Arnedo
Esquema: ES091MSBT067S00	

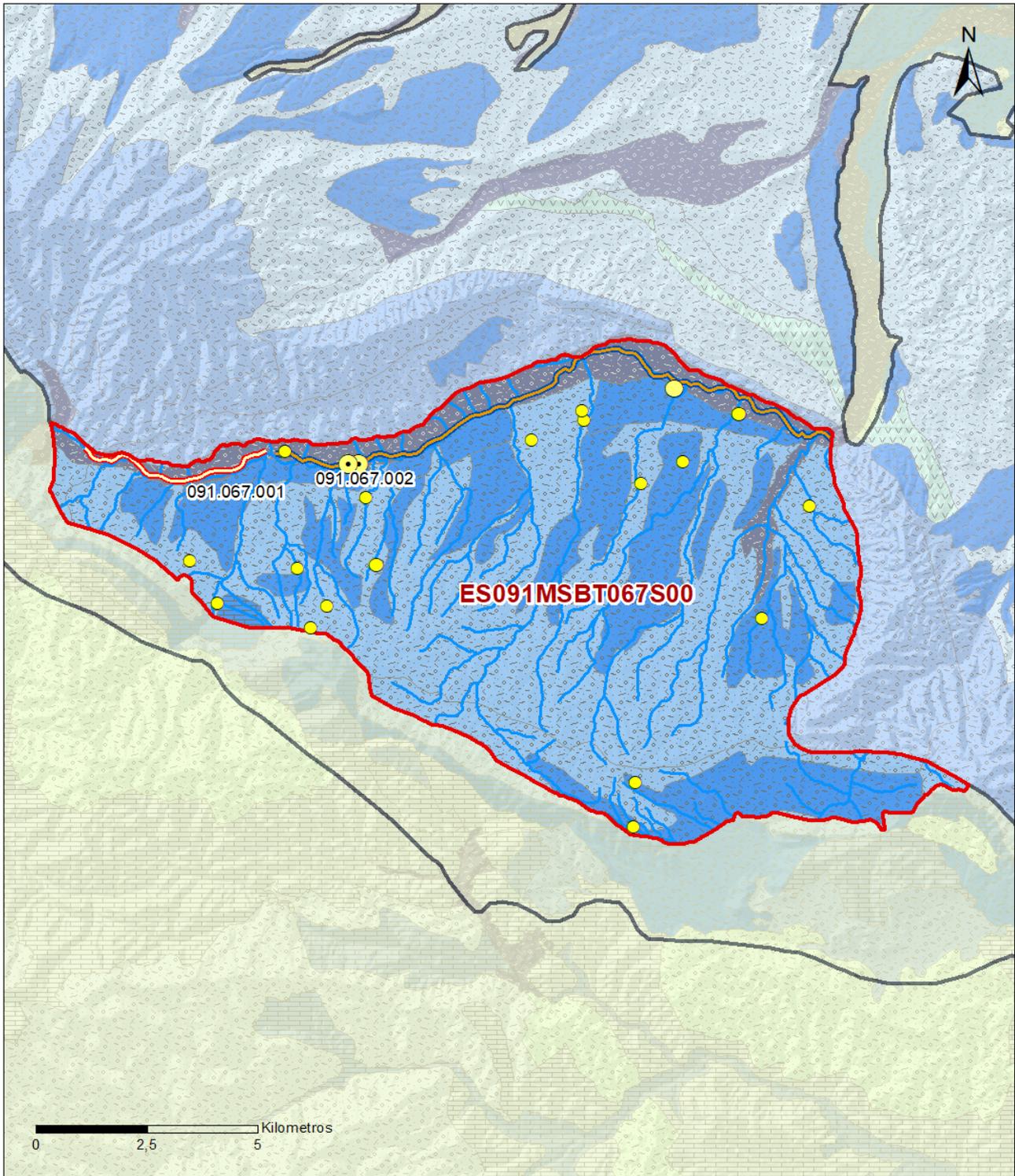


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT067S00	ES091MSPF288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro.	Recarga difusa de cauce al recinto	091.067.001
ES091MSBT067S00	ES091MSPF288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.067.002
ES091MSBT067S00	ES091MSPF288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.067.003

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. α del manantial (días -1)	Caudal medio ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Rango ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT067S00	091.067.001	573				0	
ES091MSBT067S00	091.067.002	548			3,78	75	
ES091MSBT067S00	091.067.003	432			1,26	25	



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
-  Río ganador que recibe la descarga directa del acuífero
-  Río ganador que recibe la descarga indirecta del acuífero (flujo profundo) y a través de manantiales situados en el mismo cauce o en 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

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

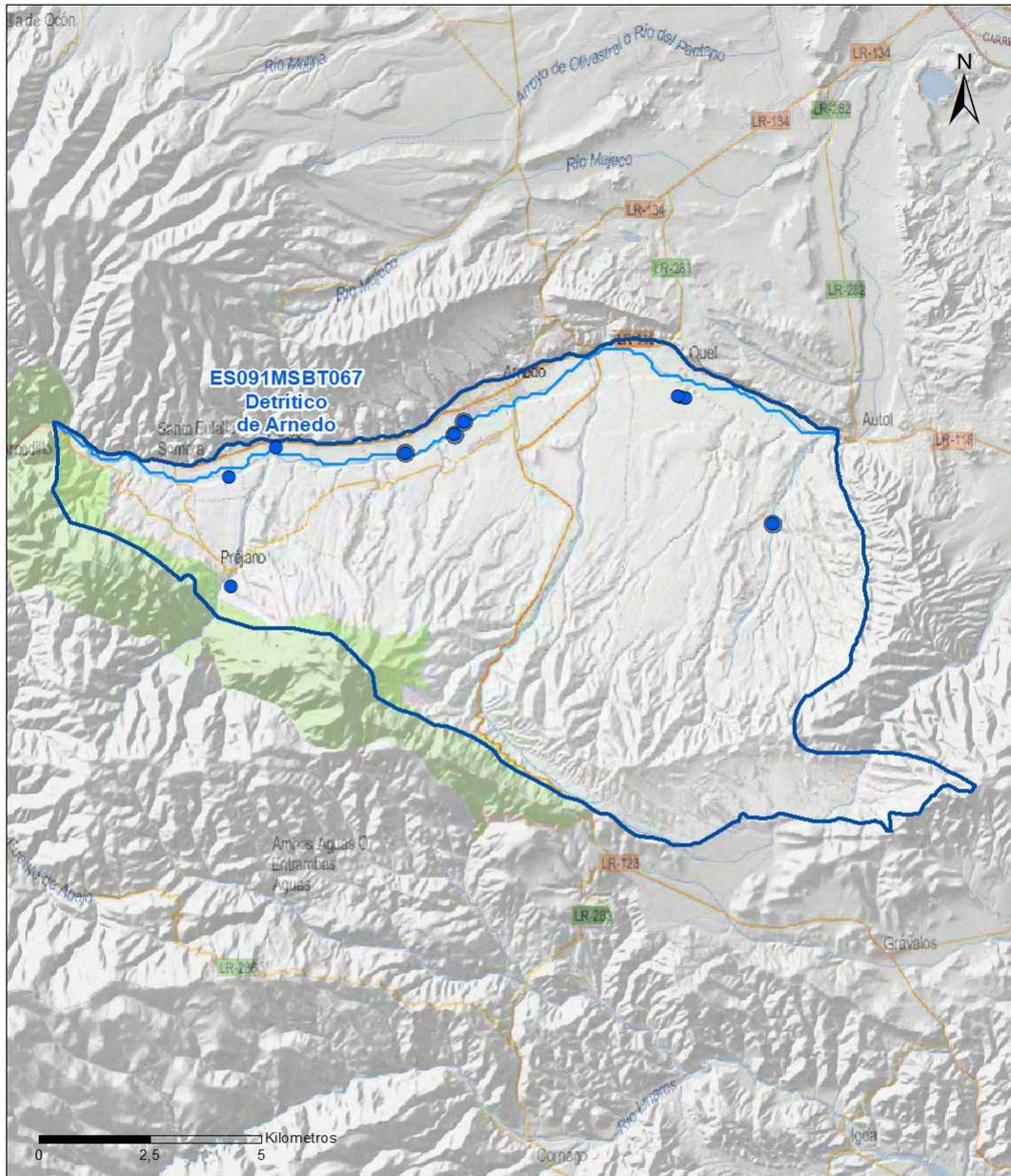
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Tipo de Zona Protegida	Nº	Geometría		Superficie total (km²)	% de la MSBT
		Punto	Polígono		
Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,56
Zonas de futura captación de agua para consumo humano	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,00
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

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

6.2.2 MAPA DE ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mapa de Zonas protegidas



Leyenda

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

7.- EVALUACIÓN DE RECURSOS

7.1 BALANCE HÍDRICO

7.1.1 RÉGIMEN NATURAL (RN)

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

7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm ³ /año)	Componente	Volumen (hm ³ /año)
Infiltración lluvia	2,92	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	5,08
Transf. lateral otras MSBT	1,00	Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,37		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	4,29	Salidas Totales	5,08
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		-0,79	

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

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm ³ /año)	4,57
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	4,83
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	1,00
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	4,82
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	1,00

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	3,92
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	5,08
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	0,78
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	3,51
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	1,45

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

7.3 RECARGA ARTIFICIAL

7.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Esta masa de agua no cuenta con ninguna instalación para la recarga artificial de acuíferos.

7.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RECARGA ARTIFICIAL

8.- PIEZOMETRÍA

8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

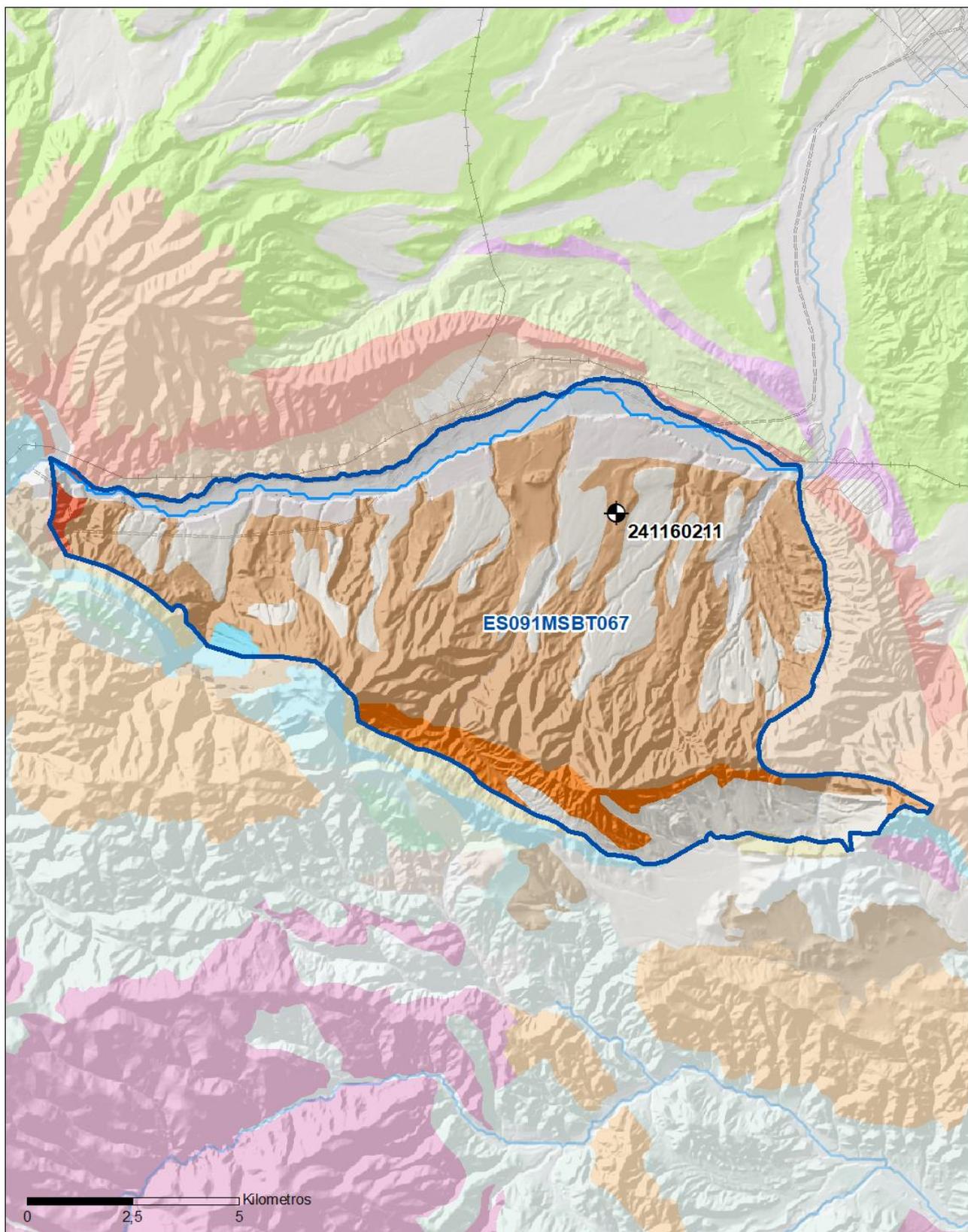
Código punto	Tipo	UTM (ETRS89-H30)		FGP/Acuífero	Inicio muestreo	Nivel de Ref. (m s.n.m.)	Nivel Umbral (m s.n.m.)	Prof. (m)	Cota (m s.n.m.)	Programa de control		
		X	Y							NP	CM	MT
241160211	Piezometría	577.362	4.673.057	Conglomerados Oligocenos	21/07/2010			146,0	566	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

Código punto	Tipo	UTM (ETRS89-H30)		Cota (m s.n.m.)	Prof. (m)	FGP/Acuífero	Plazo de Ejecución	Programa de control		
		X	Y					NP	CM	MT
090.502.003n	Piezómetro	573.334	4.673.572	566	100,0	Conglomerados oligocenos	2022-2024	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.2 MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Localización de puntos de control



LEYENDA

-  MSBT
-  Red hidrográfica

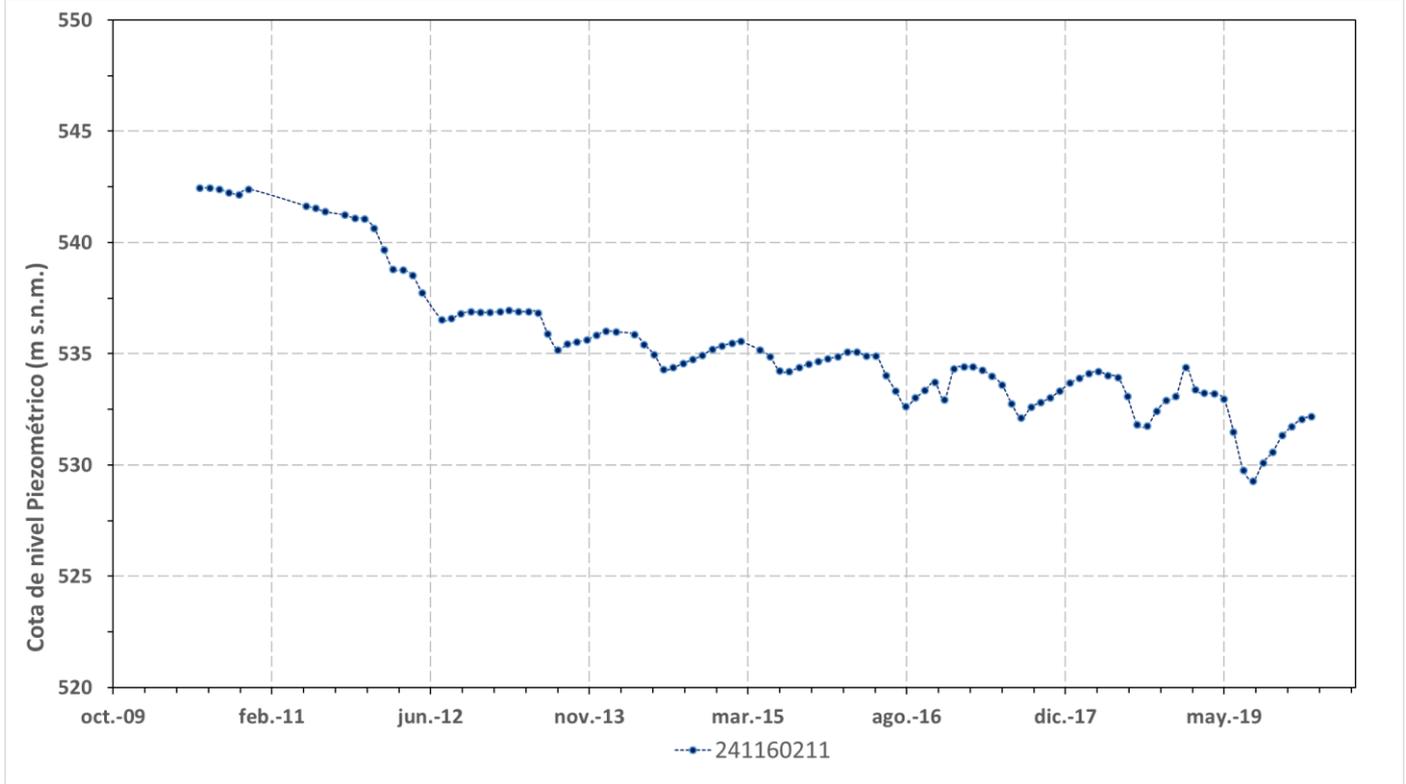
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

-  Piezometría
-  Hidrometría

8.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PIEZOMETRÍA

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

Gráfico de la evolución piezométrica en los puntos de control



Observaciones a la evolución general de la piezometría / hidrometría

La red de control piezométrico en la masa de agua del detrítico de Arnedo tan solo dispone de un punto de control, activo desde el 2010 (IPA_241160211). La lectura en los primeros años hasta septiembre de 2014 se llevó a cabo manualmente con una cadencia mensual. A partir 2014, el piezómetro se incorpora a la red SAIH y pasa a tener lecturas automáticas diarias en los años 2014, 2017 y 2018. Este piezómetro presenta un rango de variación entre los valores máximos y mínimos de 13 m, con un descenso acusado en los primeros años de lectura. Presenta una marcada ciclicidad anual con subida del nivel freático en invierno y descenso en verano, y unas diferencias medias anuales entre máximos y mínimos de 1,6 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
241160211	2010	2020	917	542,5	529,3	534,0	13,2	-1,03	Conglomerados Oligocenos	Sí

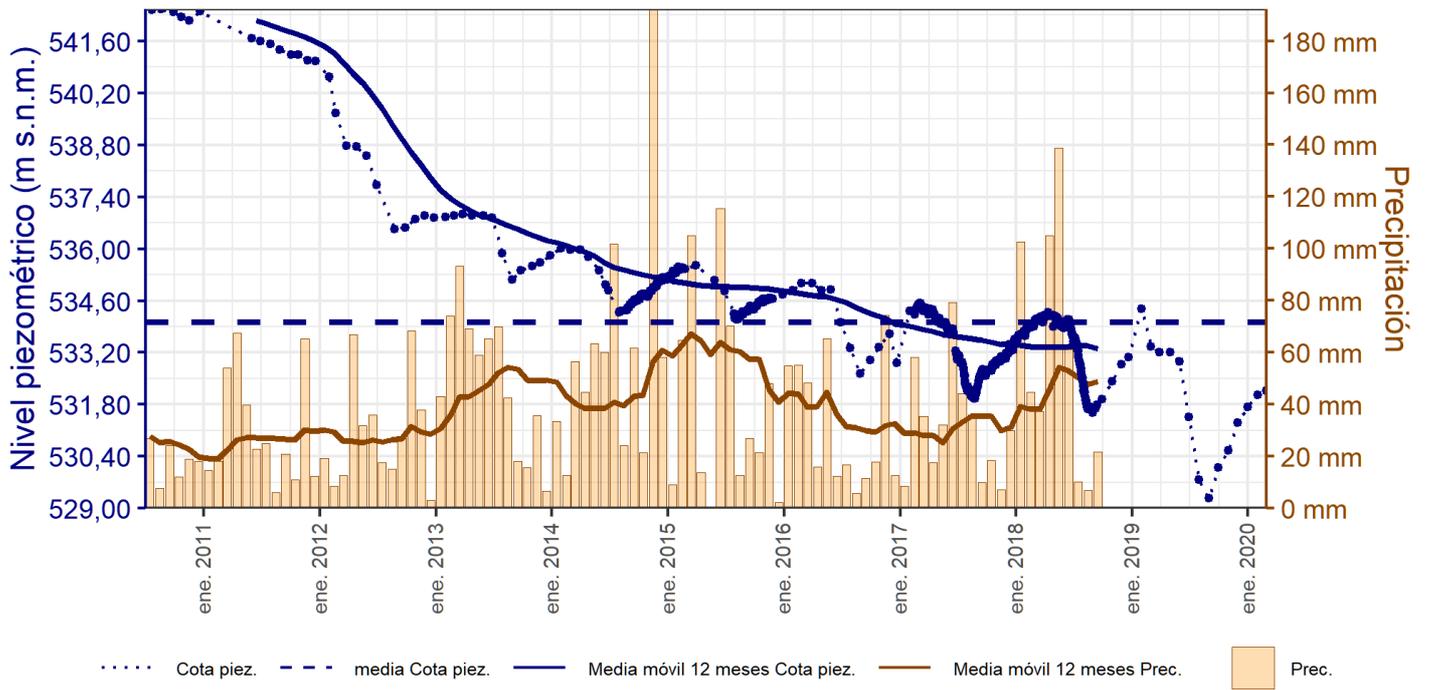
8.4 EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

8.4.1 JUSTIFICACIÓN DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS PARA LA EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

Tras realizar el análisis de tendencias a partir de los valores de cota piezométrica registrados a lo largo de la serie histórica se selecciona el único punto IPA 241160211 de la red de control piezométrico del que dispone la masa de agua del Detrítico de Arnedo que presenta una serie con medidas mensual que va desde 2010 hasta 2020. Para identificar tendencias se tiene en cuenta el valor del grado de significancia obtenido al realizar el análisis estadístico a través del test Mann-Kendall. Se considera que cuando este valor es mayor del 90%, la fiabilidad del resultado obtenido es alta. Este es el resultado que se obtiene en el piezómetro IPA 241160211.

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS PIEZÓMETROS SELECCIONADOS

Evolución temporal de los piezómetros seleccionados



ES091MSBT067 - DETRITICO DE ARNEDO. Piez: 241160211

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS MANANTIALES SELECCIONADOS

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

Código punto	Serie	Año inicio	Año fin	Agreg.	N posible	N test	Piezómetros			Vel. de variación NP (m/año)	Método estadístico			NCF
							NP Máx. (msnm)	NP Mín. (msnm)	NP Medio (msnm)		Test de Mann-Kendall			
											Tendencia	p-value	GS (%)	
241160211	Histórica	2010	2019	Anual	9	9	542,3	531,8	536,0	-1,060	Descendente	0,00E+00	100,00	ALTO
241160211	Reciente	2010	2020	Mensual	92	92	542,5	529,3	535,3		Descendente	0,00E+00	100,00	ALTO

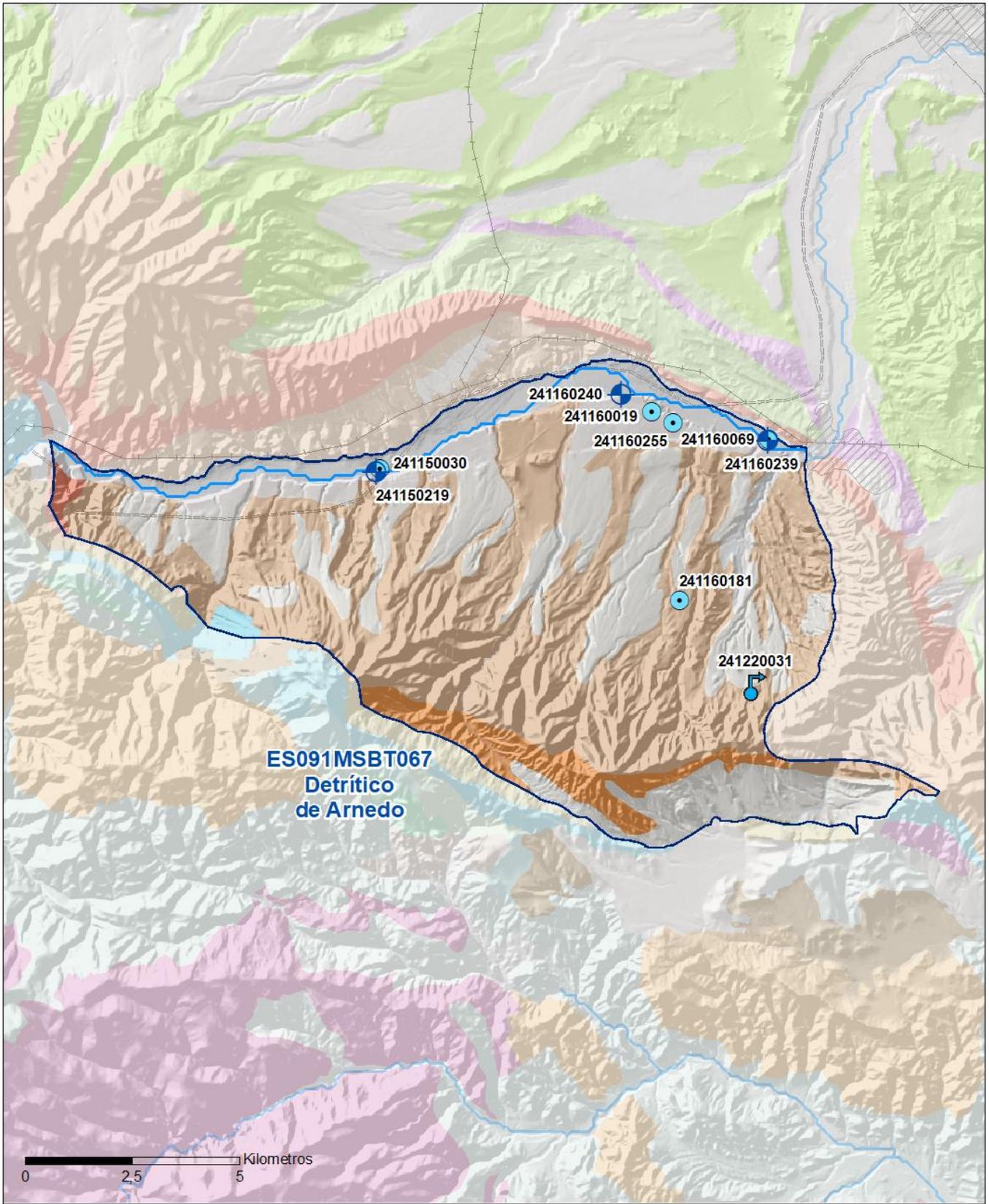
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
241150030	MUNICIPAL DE CIENTA II	571.730	4.673.644	542		POZO	Cuaternario aluvial	14/02/1995
241150219	Sondeos Nitratos Rioja ARNEDO	571.639	4.673.567	541	9,6	SONDEO	Cuaternario aluvial	29/01/2010
241160019	LAS CORONAS	578.046	4.674.984	505	180,0	POZO	Conglomerados Oligocenos	23/01/2007
241160069	EL RASO, POZO CUEVA	580.774	4.674.330	442	6,5	POZO	Cuaternario aluvial	12/12/2007
241160181	JABALINA	578.702	4.670.560	620	100,0	POZO	Conglomerados Oligocenos	13/05/2014
241160239	Sondeos Nitratos Rioja AUTOL	580.756	4.674.314	442	7,0	SONDEO	Cuaternario aluvial	29/01/2010
241160240	Sondeos Nitratos Rioja QUEL	577.333	4.675.386	477	8,2	SONDEO	Cuaternario aluvial	29/01/2010
241160255	ONTAÑÓN	578.552	4.674.726	499	12,0	POZO	Glacis y terrazas altas	06/11/2012
241220031	PRADO - PLANA GRAVALOS	580.469	4.668.555	720		MANANTIAL	Conglomerados oligocenos	23/11/2017

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
241150030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
241150219	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
241160019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
241160069	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
241160181	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Regadíos y usos agrarios
241160239	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
241160240	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
241160255	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
241220031	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Regadíos y usos agrarios

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SONDEO

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

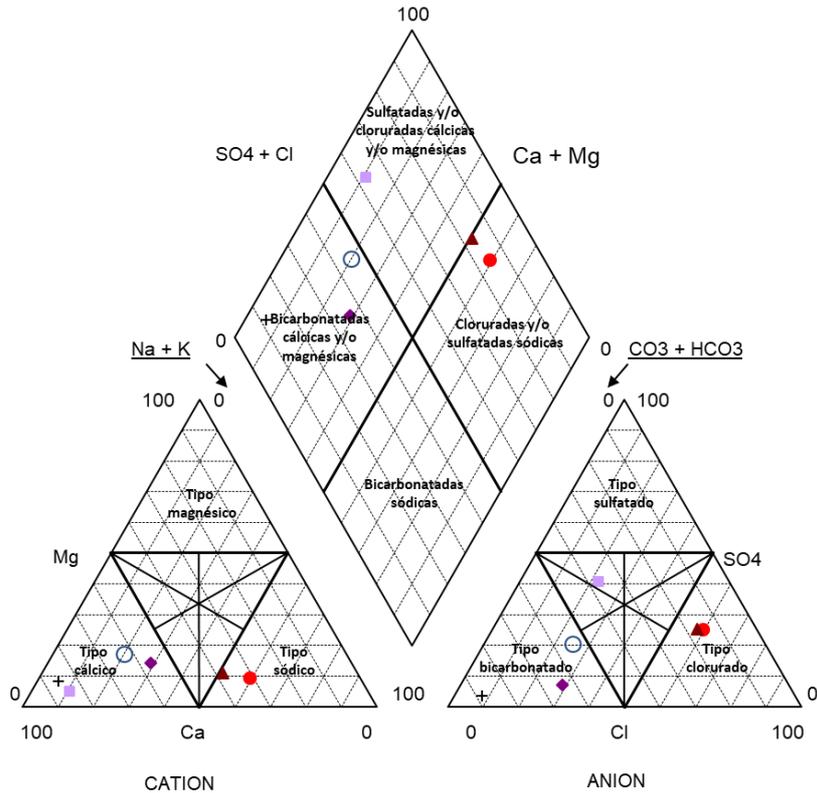
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facies Hidrogeoquímica
241150030	Gravas, arenas, limos y arcillas (cuaternario aluvial)	Clorurada sódica
241160019	Gravas, arenas, limos y arcillas (glacis y terraza alta); Conglomerados y areniscas oligocenos	Bicarbonatada cálcica
241160069	Gravas, arenas, limos y arcillas (cuaternario aluvial)	Clorurada sódica
241160181	Conglomerados y areniscas oligocenos	Sulfatada bicarbonatada cálcica
241160255	Gravas, arenas, limos y arcillas (glacis y terrazas altas)	Bicarbonatada cálcica
241220031	Conglomerados y areniscas oligocenos	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Aluvial Detrítico de Arnedo (2019)



● 241150030(2017)	◆ 241160019(2017)	▲ 241160069
■ 241160181	○ 241160255	+ 241220031

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241150030

Detrítico de Arnedo_241150030 (2015-2017)

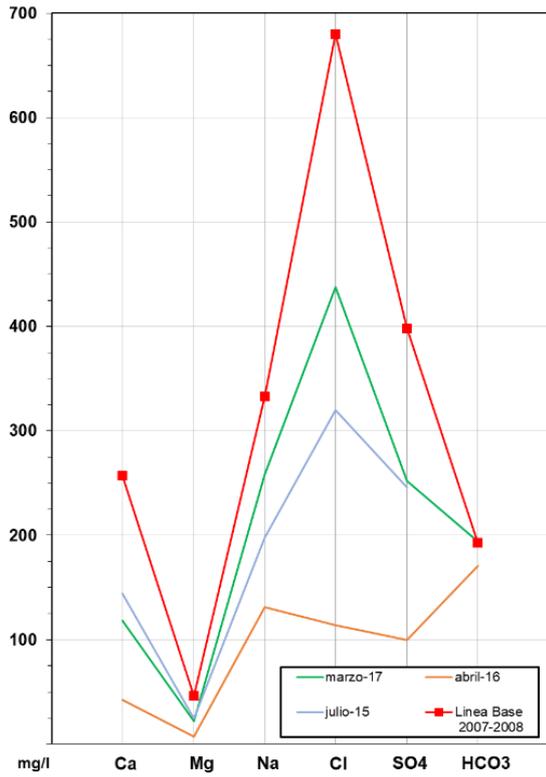


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241160069

Detrítico de Arnedo_241160069 (2015-2019)

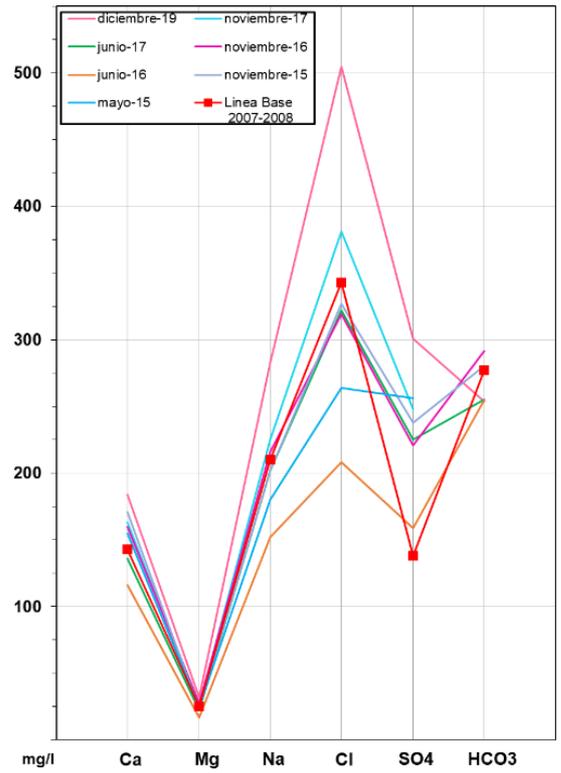


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241160181

Detrítico de Arnedo_241160181 (2016-2019)

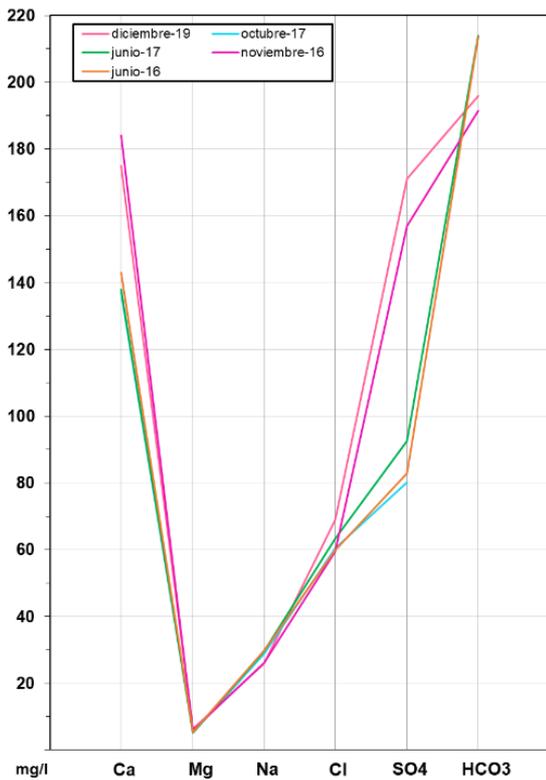
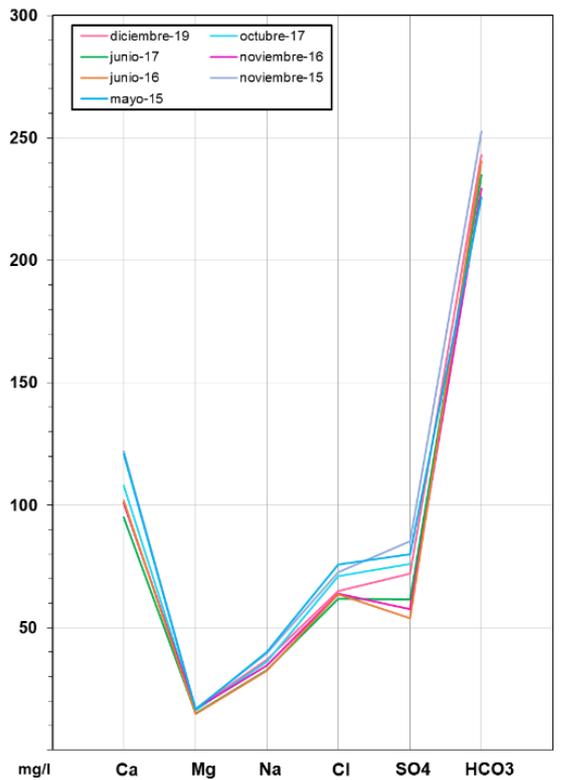


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241160255

Detrítico de Arnedo_241160255 (2015-2019)

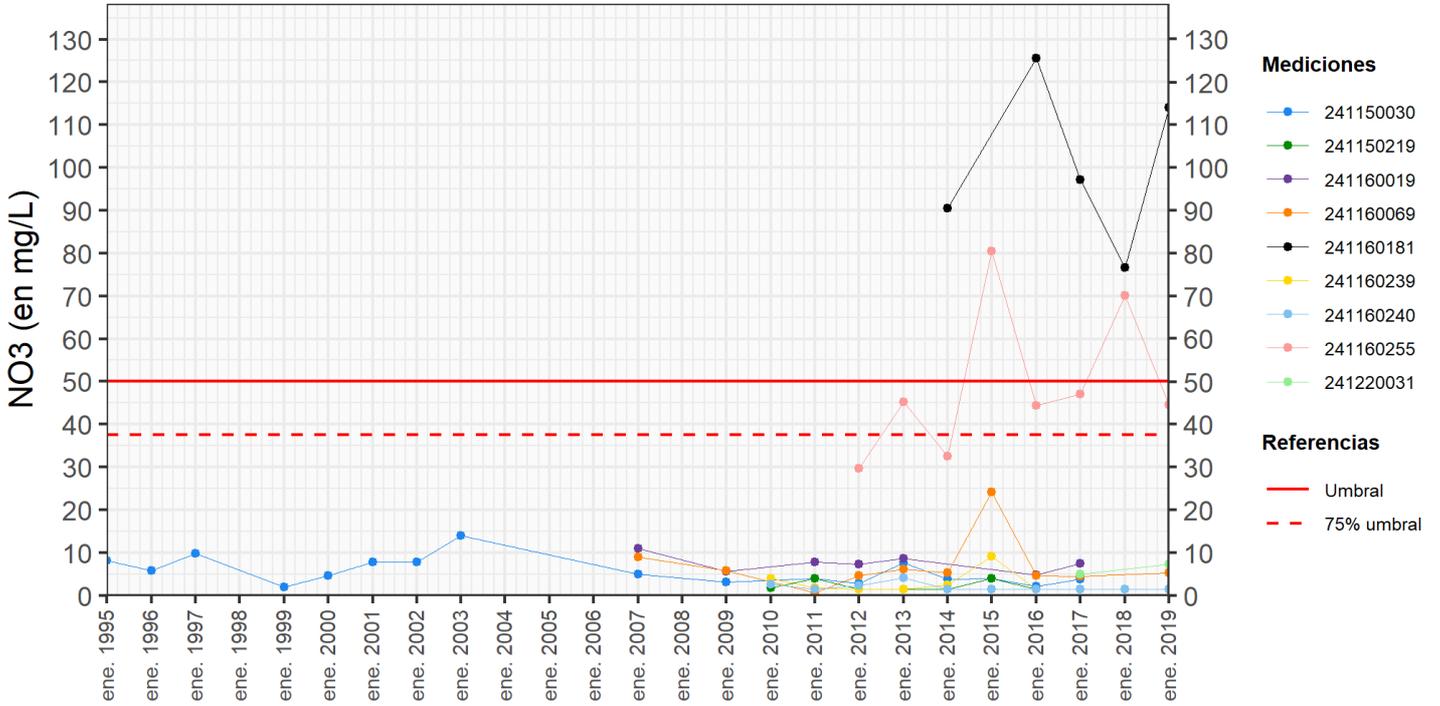


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

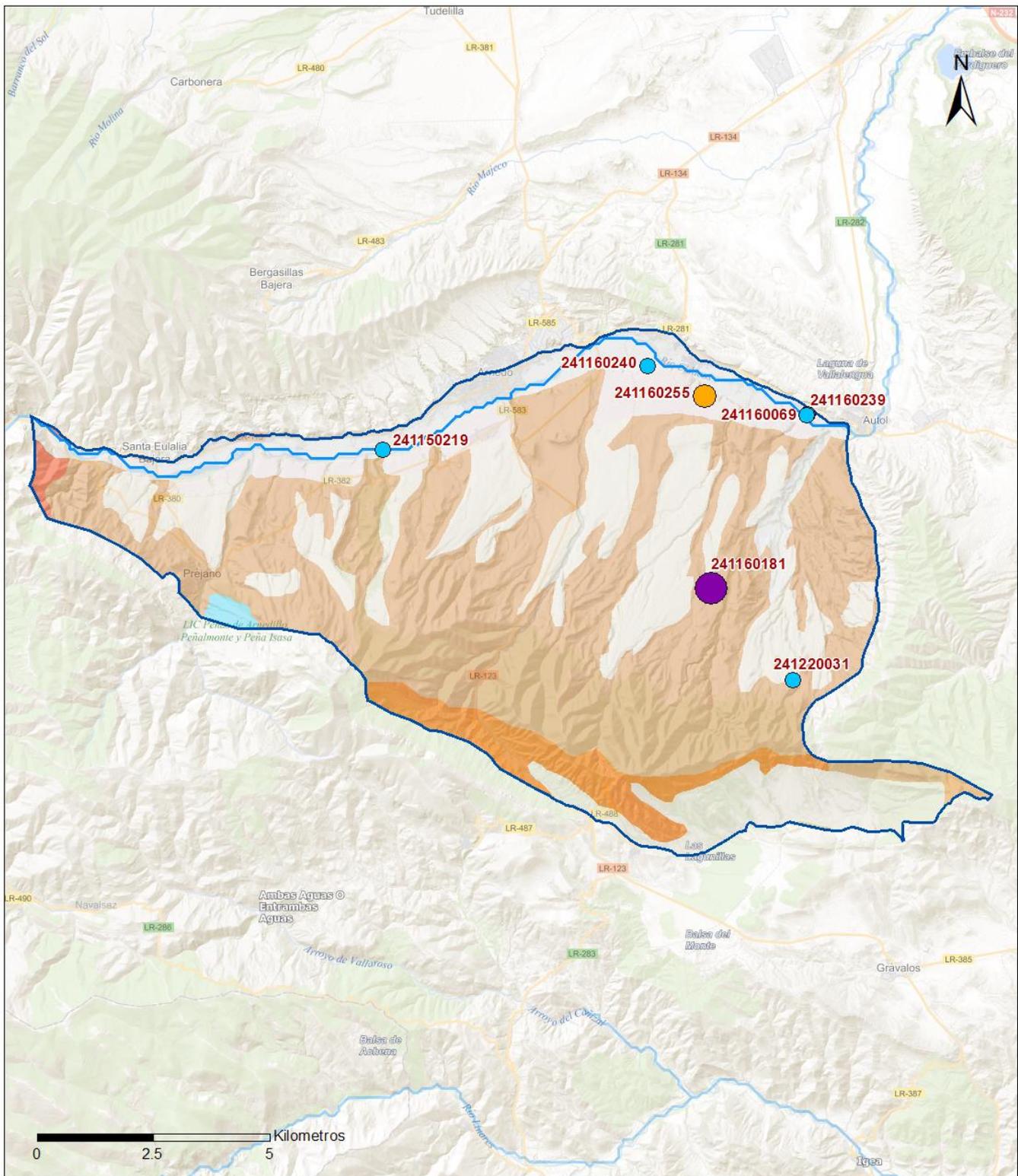
9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº	Nitrato (NO ₃ ⁻)
Gráficas de Evolución		



ES091MSBT067 - NO₃ (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

 MSBT:
 Red hidrográfic
 ES091MSBT067
 Detrítico de Arnedo

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

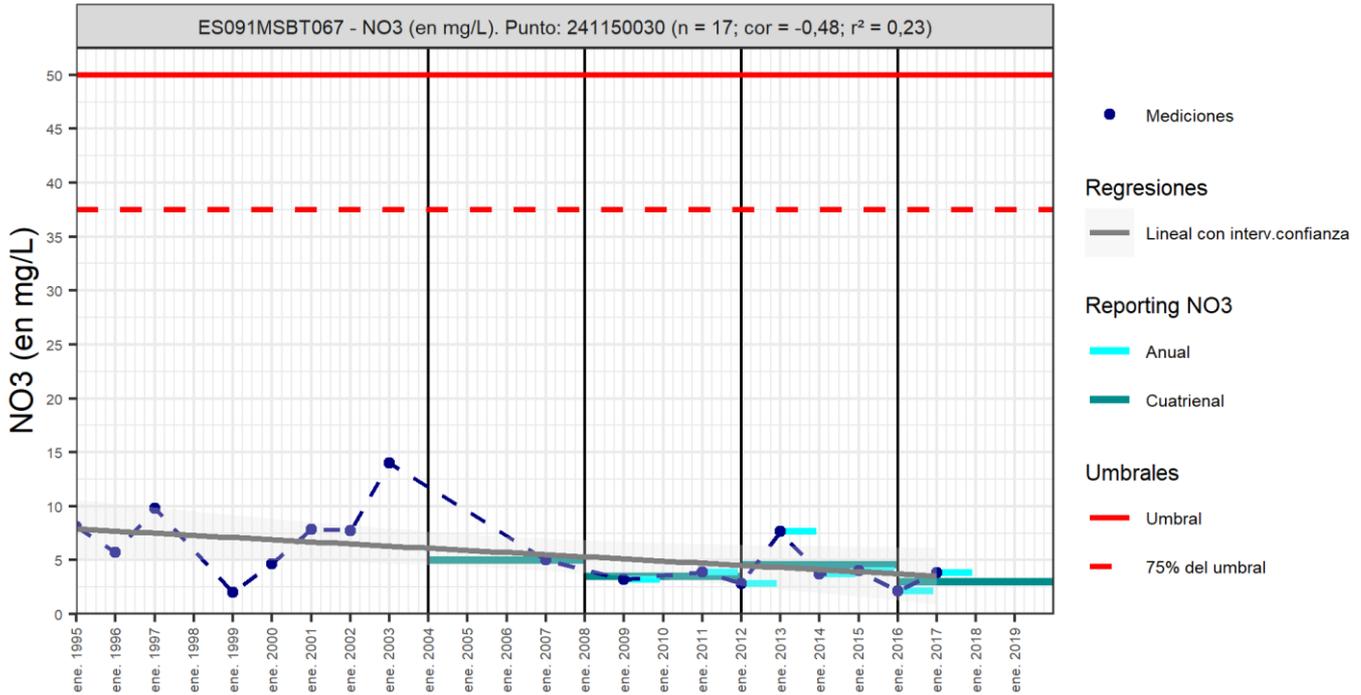
Selección de puntos para evaluación de tendencias

Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitratos corresponden a los reportados en el Informe Cuatrienal 2016-2019 con series de entre 8 y 10 años. Representan la evolución del contenido en nitrato de dos acuíferos distintos: el acuífero cuaternario del aluvial actual y terrazas bajas del río Cidacos (IPA_241150219, IPA_241160240, IPA_241160069, IPA_241160239 y IPA_241150030) y el de los glaciares y terrazas altas del Cidacos (IPA_241160255). Para el análisis por cuatrienios se incluyen además 2 punto de muestreo en el acuífero de los conglomerados oligocenos (IPA_241160019 y IPA_241160181) que presenta medidas en los dos últimos cuatrienios

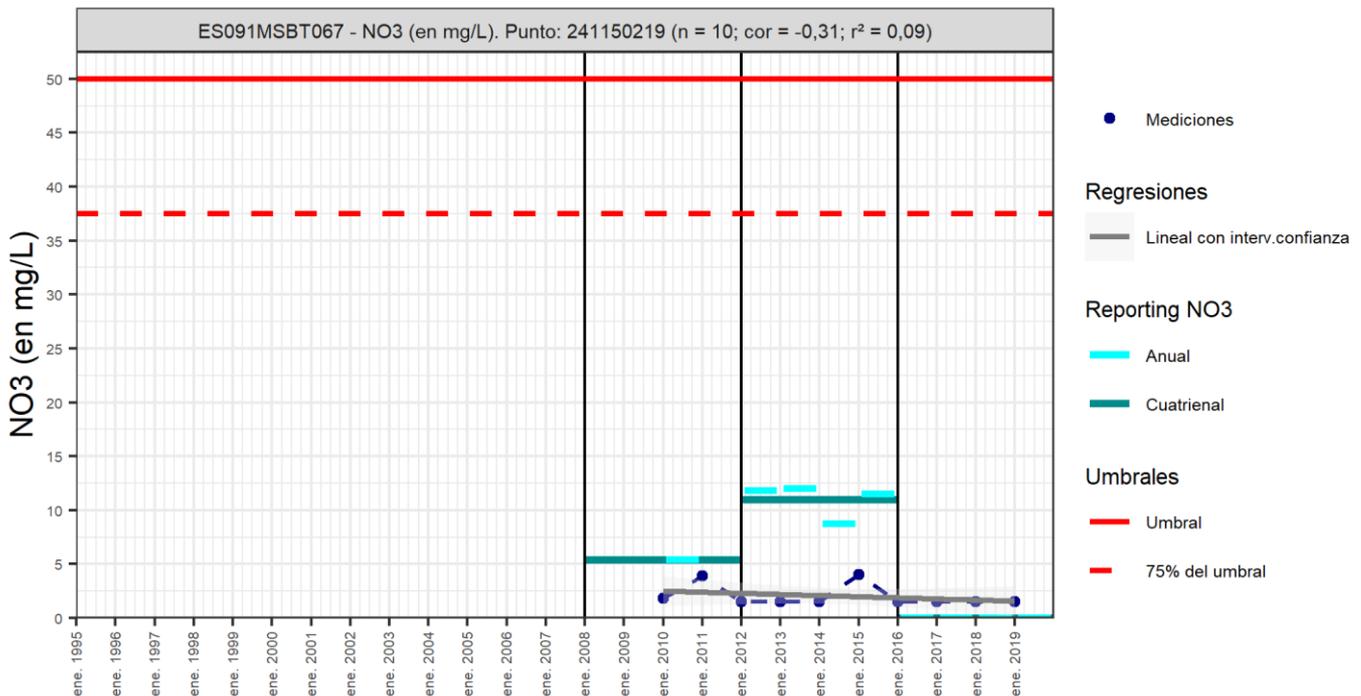
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO₃⁻)

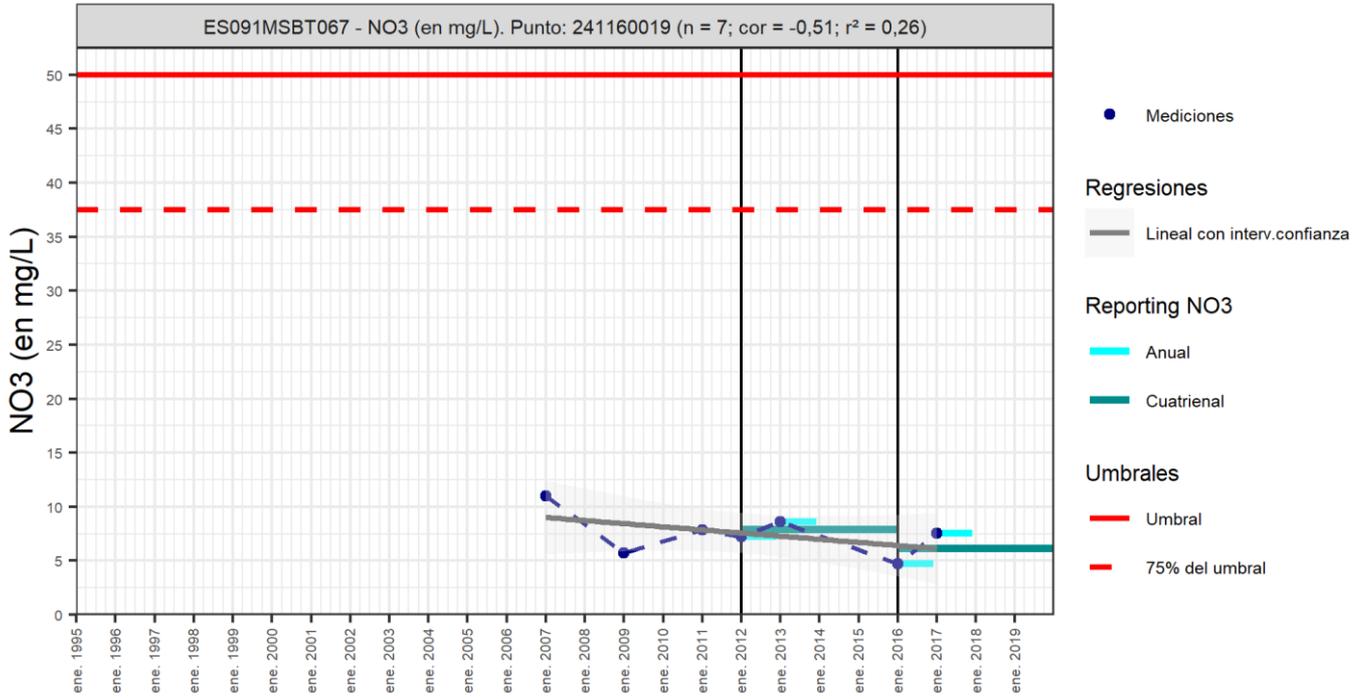
Código Punto 241150030



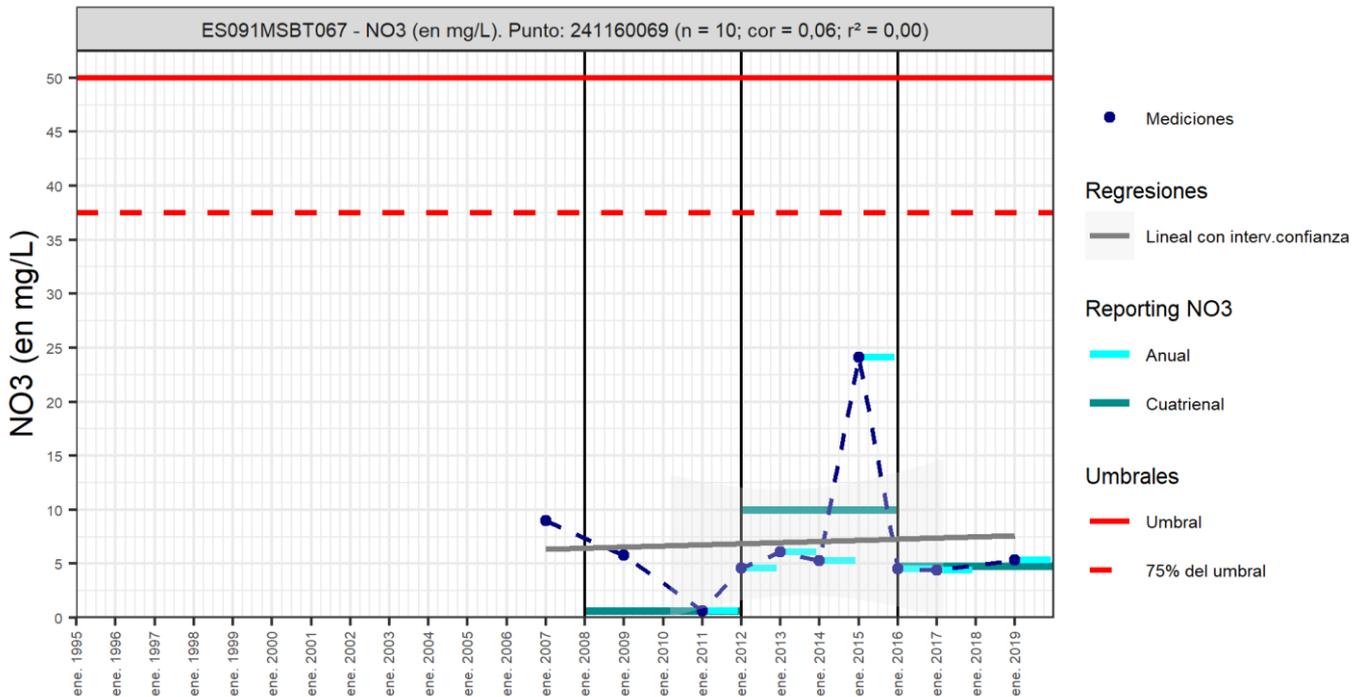
Código Punto 241150219



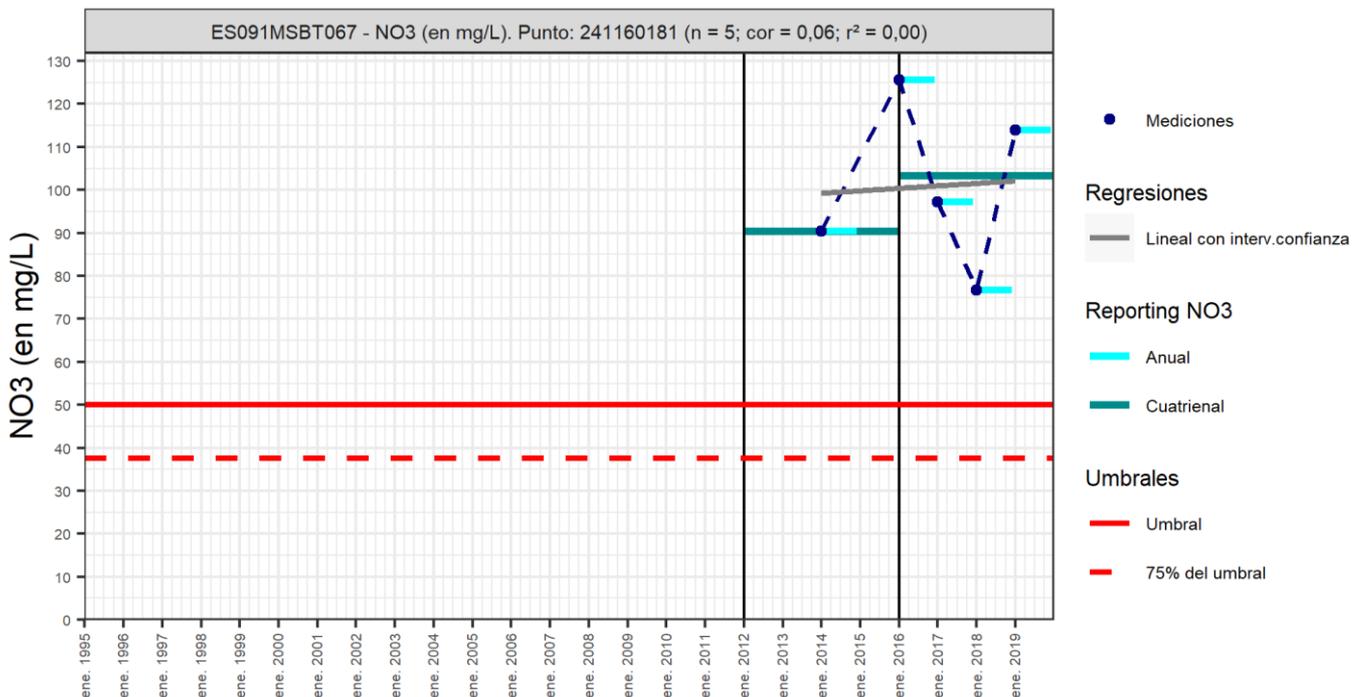
Código Punto 241160019



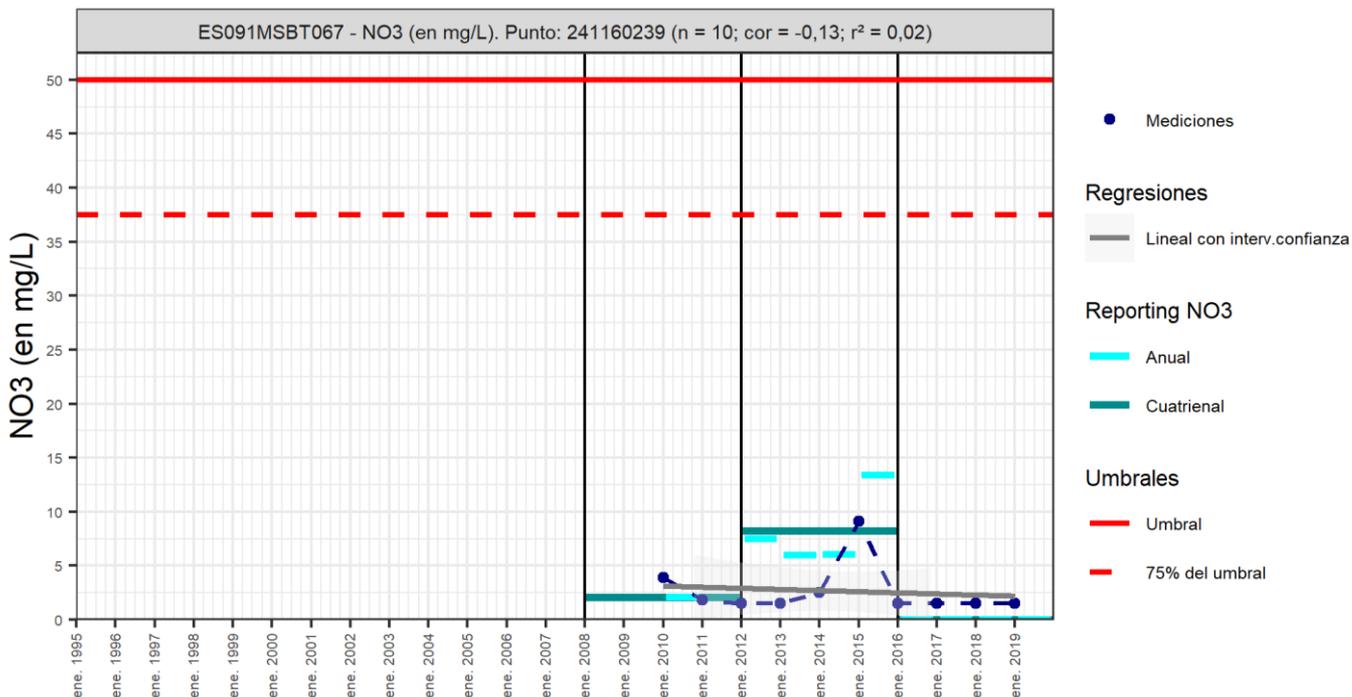
Código Punto 241160069



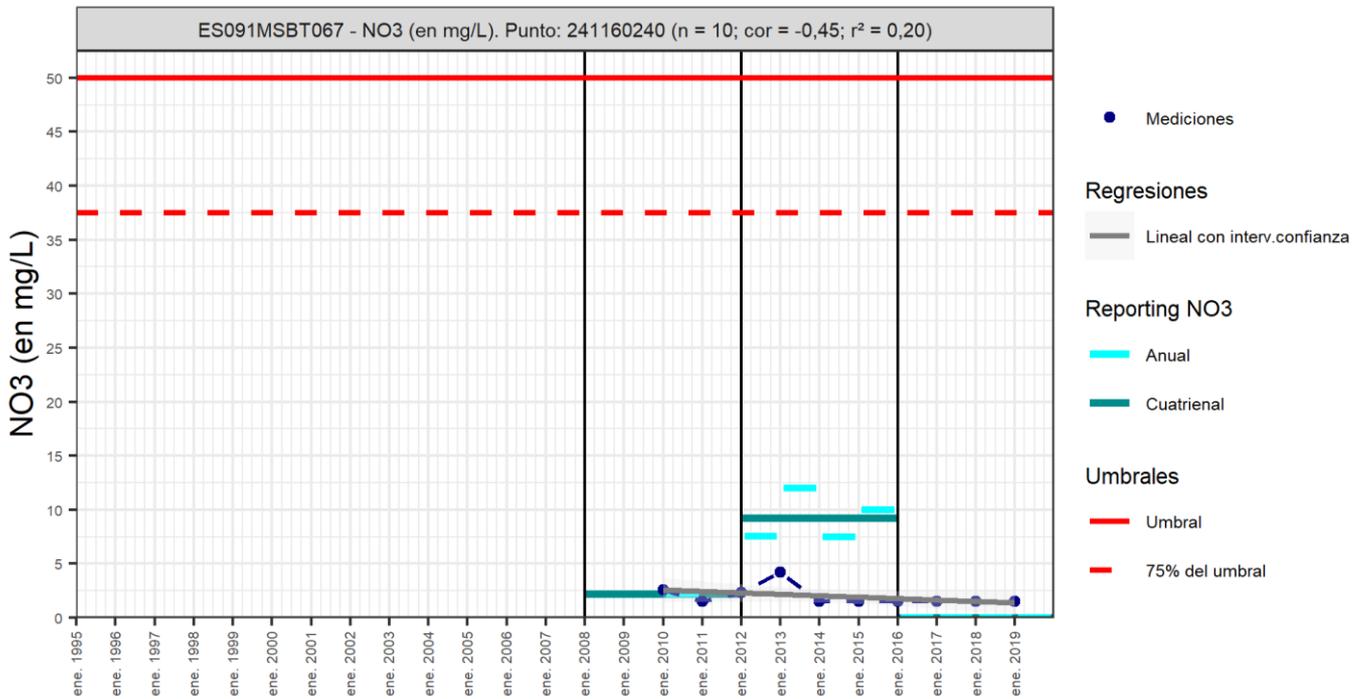
Código Punto 241160181



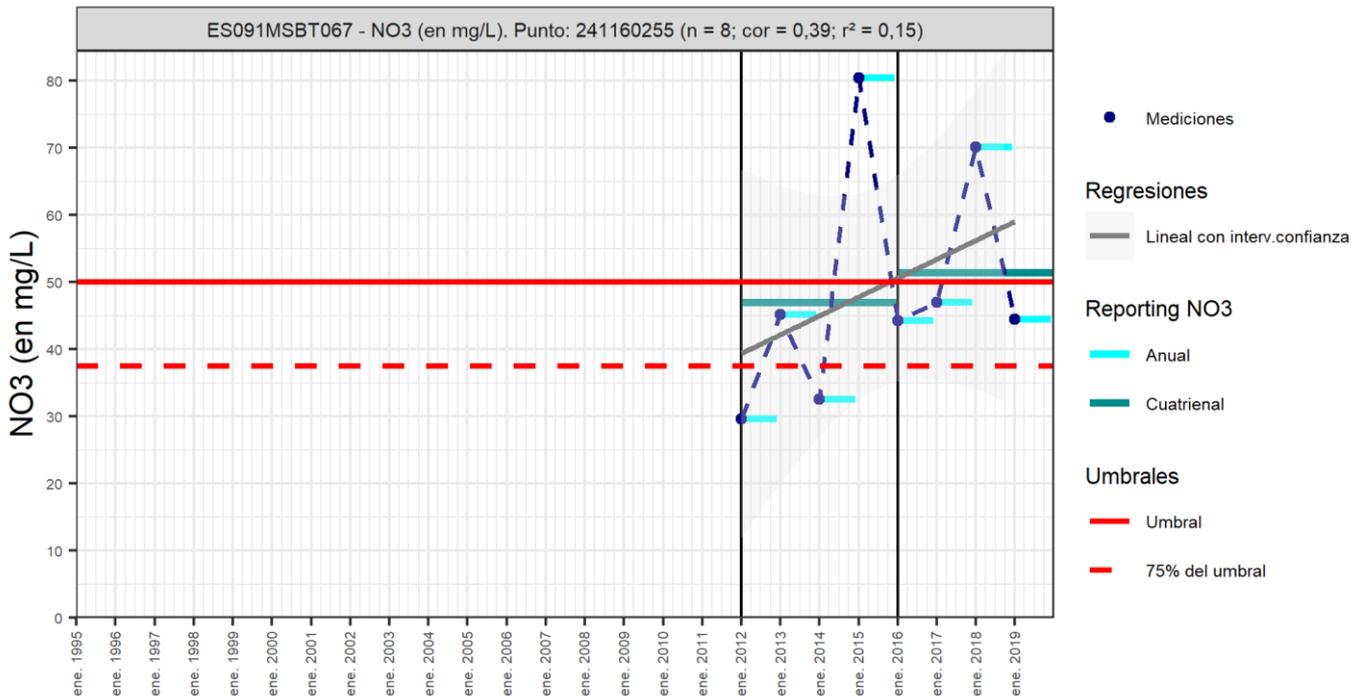
Código Punto 241160239



Código Punto 241160240



Código Punto 241160255



Análisis de tendencias

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 6 puntos seleccionados de la red control de nitratos, mediante el método de regresión simple y el estadístico avanzado de Mann –Kendall, sobre una serie histórica de datos anuales que en la mayoría de los puntos se inicia en 2010 hasta 2019. Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal son poco fiables con valores de $R^2 < 0,3$ debido a la heterogeneidad de los datos, por lo que es necesario el análisis según el test de Mann-Kendall y pendiente de Sen (Sen's Slope). Los datos obtenidos muestran que se produce una disminución en la concentración en los puntos en los puntos IPA_241150030, IPA_241160069, IPA_241160240 y de aumento en el puntos IPA_241160255, pero no puede identificarse una tendencia, creciente o decreciente, que estadísticamente sea significativa ya que el grado de significancia (GS) obtenido en el análisis es $< 90\%$ (tendencia dudosa), excepto en el punto IPA_241160240 que si muestra una tendencia decreciente con un GS del 90,5% (tendencia clasificada como aceptable). Los puntos de control localizados en el acuífero del aluvial del Cidacos, presentan las series más largas, con valores que se mantienen por debajo de los 20 mg/L de nitratos en la mayor parte de la serie analizada. En el análisis por cuatrienios, todos los pozos situados en el aluvial del Cidacos muestran un descenso del contenido en nitrato en el último cuatrienio (2016-2019) con valores que descienden de entre 5 y 11 mg/L con respecto al cuatrienio anterior (2012-2015). Por otro lado, el punto de control IPA_241160255, correspondiente a un pozo de captación de una de las terrazas altas del río Cidacos, muestra en numerosas ocasiones valores que superan la norma de calidad de 50 mg/L de nitrato. En el análisis por cuatrienios muestra un claro incremento, situando el promedio del último cuatrienio (2016-2019) en 51,5 mg/L. Los puntos de control de calidad del acuífero de los conglomerados del Oligoceno, tampoco presentan series suficientemente largas para realizar el análisis de tendencias, pero hay que añadir que uno de los puntos de control (IPA_241160181), localizado en la zona de recarga de este acuífero, presenta los valores más elevados del contenido en nitrato de toda la masa de agua,

con un promedio en el último cuatrienio de 103,4 mg/L y un incremento de 13 mg/L con respecto al cuatrienio anterior. Sin embargo, otro de los pozos de la red de control de 180 m que atraviesa el aluvial y parte de este acuífero (IPA_241160019), presenta en su serie valores más bajos, con un promedio de nitrato en el último cuatrienio por debajo de 10 mg/L, valores que se mantienen más o menos constantes en los últimos años . A su vez el manantial IPA_241220031 también asociado a estas formaciones en el extremo suroccidental de la masa de agua, si bien solo posee datos en el último cuatrienio, el contenido en nitrato se sitúa en todos ellos por debajo de 10 mg/L (Figura 22).

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
241150030	mg/L	Histórica	2007	2017	Anual	17	9	2,20	7,70	5,00	37,50
241150219	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	1,50	4,00		37,50
241160019	mg/L	Histórica	2007	2017	Anual	7	0	4,70	11,00	11,00	37,50
241160069	mg/L	Histórica	2007	2019	Anual	10	10	0,60	24,10	9,00	37,50
241160181	mg/L	Histórica	2014	2019	Anual	5	0	76,70	125,70		37,50
241160239	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	1,50	9,10		37,50
241160240	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	1,50	4,20		37,50
241160255	mg/L	Histórica	2012	2019	Anual	8	8	29,60	80,50		37,50

Resultados del análisis de tendencias							
Código Punto	Método estadístico						
	Regresión Lineal Simple				Test de Mann-Kendall		
	R2	Tendencia	NCF Cualitativa	Tend.	p-value	GS (%)	NCF Cuantitativa
241150030	0,03500	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	6,00E-01	39,80	MEDIO
241150219	0,09500	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	2,20E-01	77,90	MEDIO
241160019							
241160069	0,00400	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	5,90E-01	40,80	MEDIO
241160181							
241160239	0,01700	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	1,90E-01	81,10	MEDIO
241160240	0,20400	Sin Tendencia	MEDIO	Descendente	9,00E-02	90,50	ALTO
241160255	0,15500	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	2,70E-01	73,40	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	4º	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
										Cuatrienio (2012-2015)	Cuatrienio (2016-2019)		
241150030	Histórica	2007	2017	Cuatrienal	4	3,00	5,00	5,00	37,50	4,60	3,00	-1,60	Descendente
241150219	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	0,00	11,00		37,50	11,00	0,00	-11,00	Descendente
241160019	Histórica	2007	2017	Cuatrienal	2	6,10	7,90	11,00	37,50	7,90	6,10	-1,80	Descendente
241160069	Histórica	2007	2019	Cuatrienal	3	0,60	10,00	9,00	37,50	10,00	4,80	-5,30	Descendente
241160181	Histórica	2014	2019	Cuatrienal	2	90,50	103,40		37,50	90,50	103,40	13,00	Ascendente
241160239	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	0,00	8,20		37,50	8,20	0,00	-8,20	Descendente
241160240	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	0,00	9,30		37,50	9,30	0,00	-9,30	Descendente
241160255	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	46,90	51,50		37,50	46,90	51,50	4,50	Ascendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea del Detrítico de Arnedo se localiza en la zona central de la cuenca hidrográfica del Ebro, concretamente en el tramo central de la cuenca del Cidacos, tributario por la margen derecha del río Ebro. Pertenece es su totalidad a la Comunidad Autónoma de La Rioja, a las comarcas de Arnedo y Calahorra.

Geológicamente, se localiza en la zona de contacto de los materiales mesozoicos de la Cordillera Ibérica con el terciario continental de la Depresión del Ebro. Se identifica con los conglomerados de relleno terciarios de borde de la Sierra de Cameros, situados en la margen derecha del río Cidacos, así como los depósitos de glaciares y aluviales del río Cidacos. De muro a techo, la columna tipo de esta masa de agua, corresponde a materiales Paleozoicos, la serie triásica (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper), el Jurásico marino, areniscas del Cretácico superior, el terciario continental constituido por conglomerados y arenas del Oligoceno y finalmente el cuaternario representado por depósitos de glaciares, terrazas y aluvial actual del río Cidacos. Las características geológicas, estructurales y edafológicas, le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según DRASTIC reducido (min=grado 1; Max=grado 10) de bajo a moderado (grados 3-6) al 75,5% de la superficie de la masa de agua.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el límite sur de esta masa de agua es de tipo tectónico, definido por los materiales mesozoicos del frente de cabalgamiento de la masa de agua de Fitero-Arnedillo y el límite norte es de tipo litológico constituido por el contacto entre los materiales permeables de esta masa de agua con los de terciarios de menor permeabilidad de la Depresión del Ebro. Involucra tres formaciones geológicas permeables (FGP): conglomerados y arenas de borde de sierra (FGP-Oligoceno detrítico) con una permeabilidad media-baja y una potencia cercana a los 1000 m; gravas, arenas y arcillas de los glaciares y terrazas altas del Pleistoceno (FGP-Glaciares cuaternarios) con una permeabilidad alta; y gravas, arenas limos y arcillas del cuaternario que constituyen las terrazas y los depósitos aluviales actuales del río Cidacos (FGP-Cuaternario aluvial) con una permeabilidad muy alta. Todos ellos actúan como acuíferos libres salvo en algunos sectores del acuífero de los conglomerados Oligocenos, donde algunos paquetes de arenas están confinados bajo niveles de arcillas y actúan como un acuífero semi-confinado. La recarga principal corresponde a la infiltración de las precipitaciones y retornos de riego, aunque también recibe entradas de agua procedentes del Jurásico marino subyacente. Las salidas se realizan a partir de manantiales o descargas difusas en el río Cidacos (tramo entre Quel y Autol), siendo este río el principal colector de los aportes subterráneos de esta masa de agua. También son reseñables las salidas por bombeo, con una mayor intensidad sobre el aluvial del Cidacos.

Esta masa de agua se encuentra en riegos cuantitativo de no alcanzar los objetivos medioambientales. Sobre esta masa de agua se identifica como presión significativa la extracción de agua para agricultura, industria y abastecimiento. En el tercer ciclo de planificación se ha calculado unos recursos disponibles de 3,5 hm³/año frente a un volumen de extracción de 5,1 hm³/año, lo que eleva el Índice de Explotación (IE) a 1,45. Solo dispone de un punto de control piezométrico activo desde 2010 situado sobre el acuífero del Oligoceno detrítico (IPA-241160211). Este piezómetro presenta una marcada ciclicidad anual con subida del nivel freático en invierno y descenso en verano, y unas diferencias medias anuales entre máximos y mínimos de 1,6 m. En este punto se ha realizado el test de tendencia para la serie histórica con agregación anual y para la serie mensual (2010 a 2019). Los resultados tanto de la serie mensual como anual muestran una tendencia significativa (p-valor=0) del nivel piezométrico, con una pendiente de descenso de 0,078 m/mes (pendiente de Sen). Se trata de una serie de 9 años, donde las primeras medidas corresponden con años de sequía (2010-12), lo que genera un elevado descenso a inicio de la serie que acentúa la pendiente. Un análisis de tendencia posterior a estos años (2012-2020) sigue mostrando descensos significativos, pero con una pendiente menos acusada de 0,056 m/mes.

Dentro de esta masa de agua se identifican dos facies hidroquímicas distintas: las aguas del acuífero del Oligoceno detrítico y de los depósitos de glaciares y terrazas altas, que presentan una composición química bicarbonatada cálcica y una conductividad eléctrica entre 500 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$; y las aguas del aluvial del Cidacos que son más salinas, con una conductividad eléctrica entre 1.500 y 2.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una composición química clorurada sódica. La concentración en mg/l del CaCO₃, calculadas a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg varía entre 55 y 1360 mg/l, lo que indica que son aguas de naturaleza entre levemente dura y muy dura.

Esta masa de agua se encuentra en riego químico de no alcanzar los objetivos medioambientales debido a la contaminación difusa de origen agrícola. Se identifica como presión difusa significativa las actividades relacionadas con la agricultura con un impacto probable sobre la masa de agua de contaminación por nutrientes (NUTR). El contaminante de riesgo asociado a esta contaminación es el nitrato, con concentraciones superiores a 50 mg/L que atañan al acuífero del detrítico Oligoceno (IPA-241160181) y al acuífero que configura los depósitos de glaciares y terrazas altas desconectadas del río (IPA-241160255). Dispone de 9 puntos de control de calidad química, de las cuales 6 se han seleccionado para el análisis de tendencias de nitrato: cinco en el aluvial del Cidacos (IPA-241150219, IPA-241160240, IPA-241160069, IPA-241160239 y IPA-241150030) y uno en la terraza alta del Cidacos (241160255).

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 6 puntos seleccionados de la red control de nitratos, mediante el método de regresión lineal simple y el estadístico avanzando de Mann –Kendall, sobre una serie histórica de datos anuales que en la mayoría de los puntos se inicia en 2010 hasta 2019. Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal son poco fiables con valores de R² < 0,3 debido a la heterogeneidad de los datos, por lo que es necesario el análisis según el test de Mann-Kendall y pendiente de Sen (Sen's Slope). Los datos obtenidos muestran que se produce una disminución en la

concentración en los puntos IPA- 241150030, IPA-241160069, IPA-241160240 y de aumento en el puntos IPA- 241160255, pero no puede identificarse una tendencia, creciente o decreciente, que estadísticamente sea significativa ya que el grado de significancia (GS) obtenido en el análisis es < 90% (tendencia dudosa), excepto en el punto IPA-241160240 que sí muestra una tendencia decreciente con un GS del 90,5% (tendencia clasificada como aceptable).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios muestran una disminución en la mayor parte de los puntos analizados de entre 1 y 11 mg/L, salvo para los puntos de control IPA- 241160181 e IPA-241160255 correspondientes a puntos sobre las terrazas altas y conglomerados Oligocenos donde se produce un aumento de la concentración, de 13,0 y 4,5 mg/L respectivamente.

11.- PLAN DE ACCIÓN

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

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

Actividad	
A01	TRATAMIENTO DE DATOS E INFORMACIÓN DE CARACTERIZACIÓN
	Subactividad/Herramienta
	S01 Recopilación y análisis de antecedentes <input checked="" type="checkbox"/>
	S02 Diseño y creación del sistema de almacenamiento de la información <input checked="" type="checkbox"/>
	S03 Inventario de puntos de agua en gabinete y diseño de campañas de campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S04 Inventario de puntos de agua en campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S05 Recopilación y/o Generación de coberturas y Creación de proyecto SIG y Base de Datos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A02	ESTUDIOS GEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S06 Prospección geofísica (diseño, realización e interpretación) <input type="checkbox"/>
	S07 Realización de sondeos de reconocimiento <input type="checkbox"/>
	S08 Cartografía Geológica <input type="checkbox"/>
	S09 Generación de cortes geológicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S10 Estudios estructurales <input type="checkbox"/>
	S11 Informe geológico <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A03	ESTUDIO DE LA ZONA NO SATURADA
	Subactividad/Herramienta
	S12 Diseño de estrategia de investigación de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S13 Ensayos y recogida de muestras en campo y análisis en laboratorio. Aplicación de métodos de investigación directos. <input checked="" type="checkbox"/>
	S14 Estimación de parámetros de la ZNS a través de métodos indirectos. <input checked="" type="checkbox"/>
	S15 Modelización de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S16 Diseño y creación de un sistema de almacenamiento de la información de los parámetros de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S17 Planteamiento de los estudios de vulnerabilidad <input checked="" type="checkbox"/>
	S18 Métodos de estimación de la vulnerabilidad <input checked="" type="checkbox"/>
	S19 Generación de mapas de vulnerabilidad y análisis de datos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A04	ESTUDIO DE LA PIEZOMETRÍA
	Subactividad/Herramienta
	S20 Diseño de campañas de piezometría e hidrometría <input checked="" type="checkbox"/>
	S21 Realización de campañas de piezometría e hidrometría. Interpretación de resultados (Isopiezas). <input checked="" type="checkbox"/>
	S22 Análisis de series termopluviométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S23 Análisis de tendencias piezométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S24 Situación piezométrica en condiciones naturales <input checked="" type="checkbox"/>
	S25 Informe de situación piezométrica <input checked="" type="checkbox"/>
	S26 Estudio de los flujos profundos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos <input checked="" type="checkbox"/>

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

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

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

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la MSBT Detrítico de Arnedo:

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 del contaminante hasta alcanzar el nivel freático. Se trata de una MSBT en la que se ha identificado contaminación difusa (NO_3) que atañe fundamentalmente al acuífero cuaternario de glaciares y terrazas altas del Cidacos y al de los conglomerados Oligocenos. La realización de estos trabajos va a permitir conocer el volumen y dispersión de estos contaminantes en la ZNS, cuantificar la capacidad de atenuación natural que presenta esta zona, y hacer pronóstico bajo diferentes escenarios de buenas prácticas agrarias como respuesta a la Directiva 91/676/CEE. También se plantea en relación a la ZNS, la realización de estudios de vulnerabilidad detallados a lo largo del Cidacos donde se localiza buena parte de las presiones significativas identificadas dentro de esta masa de agua.

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

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

Estudios de caracterización hidrogeoquímica: se efectuarán analíticas distribuidas y posterior interpretación de datos para la mejora del modelo conceptual en las MSBT. Dado el número y extensión de presiones que soporta esta masa de agua, también se requiere de la realización de "barridos" que permitan detectar impactos previamente no detectados en toda su extensión. Además, como apoyo a los trabajos de planificación hidrológica, se debe desarrollar un sistema estandarizado para la mejora del análisis de tendencias en todas las MSBT, así como su vinculación automatizada con NABIA. Por último, en todas aquellas zonas con carencias de información, se deben efectuar estudios para la determinación de los niveles de fondo.

Estudios de contaminación difusa: la MSBT se encuentra en riesgo químico por contaminación difusa por nitratos que atañe al acuífero cuaternario de glaciares y terrazas altas y al acuífero de los conglomerados oligocenos. Se trata de una contaminación que suele afectar a amplias zonas donde, en ocasiones, resulta difícil determinar su origen y alcance. En este sentido se plantea, como mejora del conocimiento, estudios específicos que permitan determinar la tridimensionalidad de la dinámica de progreso de esta contaminación y su evolución en el tiempo. Para ello se plantean campañas específicas de muestreo, la construcción de puntos de control específicos en caso de ser necesarios, estudios isotópicos y estudios de atenuación natural.

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

Análisis y diagnóstico de las redes de monitoreo: con el fin de mejorar la evaluación del estado de las MSBT e incrementar el nivel de confianza (NCF), se considera imprescindible el análisis y diagnóstico de las redes de muestreo. Estos trabajos permiten conocer el grado de representatividad que tienen tanto los puntos de control, como las propias redes. En base a los resultados de este análisis y diagnóstico de las redes y sus puntos, se podrán efectuar propuestas de mejora para el cumplimiento de los objetivos específicos de cada una de estas redes. En este sentido sería necesario introducir un mayor número de puntos de control de calidad química, fundamentalmente en los acuíferos en los que se ha constatado contaminación y que disponen de pocos puntos de control, como el acuífero Terciario detrítico.

Modelización geológica 3D: Dado el interés y con el objetivo de impulsar la modelización numérica como herramienta para la gestión

del recurso hídrico, se propone como prioritario en esta MSBT la creación y/o mejora del modelo geológico 3D que sirva como base para la generación de modelos de flujo.

Modelización de flujo subterráneo: se plantea abordar la creación de un modelo de flujo subterráneo que permita establecer reglas y escenarios de gestión y evaluar con mayor exactitud los recursos disponibles a medio y largo plazo y frente al cambio climático.

Modelización de transporte de reactivos y solutos: se propone la generación de un modelo de transporte que permita comprender el origen y la causa de las variaciones espaciales y temporales de los elementos contaminantes. Estos modelos van a permitir definir la extensión de la contaminación difusa, así como plantear escenarios para la mejora de la gestión y la ayuda a la toma de decisiones (reducir presiones en zonas concretas, etc.).

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

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

12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casas Sainz, A. M. (1997). Oblique tectonic inversion and basement thrusting in the Cameros Massif (northern Spain). *Geodinámica Acta*, 6: 22-216.
- Coloma P. (1997). Funcionamiento Hidrogeológico de las cuencas riojanas orientales: Iregua, Leza, Cidacos y Alhama. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- CHE (2008). 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.
- DGA (2012). Diagnóstico de las estaciones de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias, construidas y operativas antes del año 2.002. Apoyo Técnico a la Confederación Hidrográfica del Ebro. Memoria y anejos.
- CHE (2019). Documentos iniciales: programa, calendario, estudio general sobre la demarcación y fórmulas de consulta. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Revisión de tercer ciclo de planificación (2021-2027). Memoria y anejos
- DGA (2020). Guía metodológica para la determinación de las necesidades ambientales asociadas a los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas. En: Actuaciones para gestión de las aguas subterráneas y los ecosistemas asociados ante el impacto del cambio climático. Plan PIMA ADAPTA 2017.
- DGA (2020). Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas. Secretaría de estado de medio ambiente, Dirección General del Agua. Versión 2, julio 2020. • IGME y SGE (2004). Geología de España. Madrid.
- IGME, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias masas detríticas y mixtas. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Madrid
- IGME, DGA (2019). Fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de la demarcación hidrográfica del Ebro para su implementación en el modelo simpa. En: Encomienda de gestión para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre demarcaciones hidrográficas.
- MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número229, Gobierno de España.
- Muñoz Jiménez y Casas Sainz (1997). The Rioja Trough (N Spain), tectosedimentary evolution of a symmetric foreland basin. *Basin Research*, 9: 65-85.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT067 - DETRÍTICO DE ARNEDO

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT067 - DETRÍTICO DE ARNEDO

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O ₂ (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	μS/cm	mg/L	mg/L O ₂	mg/L CaCO ₃	mg/L CaCO ₃
Código Punto	241150030						
Valor							
Máx.	20,2	8	2.450	10,50	0,5	<LQ	205,0
Mín.	7,5	7	806	5,10	<LQ	<LQ	128,0
P50	12,3	8	1.423	8,55	<LQ	<LQ	163,5
N reg.	27	27	26	28	6		22
Código Punto	241150219						
Valor							
Máx.	15,6	8	4.270	6,20	<LQ	<LQ	230,0
Mín.	15,6	7	1.188	6,20	<LQ	<LQ	230,0
P50	15,6	7	2.100	6,20	<LQ	<LQ	230,0
N reg.	1	48	63	1			1
Código Punto	241160019						
Valor							
Máx.	19,6	8	591	9,90	<LQ	<LQ	181,0
Mín.	7,5	7	436	7,40	<LQ	<LQ	178,0
P50	16,1	8	482	8,30	<LQ	<LQ	179,5
N reg.	8	7	6	8	7		2
Código Punto	241160069						
Valor							
Máx.	20,4	8	2.056	9,10	0,8	<LQ	233,0
Mín.	10,0	7	996	5,10	<LQ	<LQ	186,0
P50	13,4	8	1.674	6,80	<LQ	<LQ	220,0
N reg.	12	11	14	17	11		3
Código Punto	241160181						
Valor							
Máx.	16,5	8	953	9,60	<LQ	<LQ	173,0
Mín.	13,4	7	712	7,10	<LQ	<LQ	173,0
P50	16,3	7	832	9,20	<LQ	<LQ	173,0
N reg.	6	3	8	9	5		1
Código Punto	241160239						
Valor							
Máx.	16,8	8	3.850	3,40	<LQ	<LQ	188,0
Mín.	16,8	7	161	3,40	<LQ	<LQ	188,0
P50	16,8	7	1.528	3,40	<LQ	<LQ	188,0
N reg.	1	50	66	1			1
Código Punto	241160240						
Valor							
Máx.	12,5	7	3.110	2,60	<LQ	<LQ	304,0
Mín.	12,5	7	506	2,60	<LQ	<LQ	304,0
P50	12,5	7	1.928	2,60	<LQ	<LQ	304,0
N reg.	1	48	64	1			1
Código Punto	241160255						
Valor							
Máx.	16,4	8	943	9,90	<LQ	<LQ	199,0
Mín.	13,8	7	581	5,80	<LQ	<LQ	199,0
P50	15,4	7	721	8,00	<LQ	<LQ	199,0
N reg.	8	7	12	13	9		1
Código Punto	241220031						
Valor							

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O ₂ (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	μS/cm	mg/L	mg/L O ₂	mg/L CaCO ₃	mg/L CaCO ₃
Máx.	16,4	<LQ	606	9,70	<LQ	<LQ	282,0
Mín.	12,4	<LQ	504	9,10	<LQ	<LQ	282,0
P50	14,5	<LQ	582	9,40	<LQ	<LQ	282,0
N reg.	3		3	3	1		1

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

Parámetro	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

Código Punto	241150030								
Valor									
Máx.	250,1	<LQ	684,00	403,0	16,4	<LQ	<LQ	393,0	5,8
Mín.	156,2	<LQ	114,00	94,6	<LQ	<LQ	<LQ	104,0	1,9
P50	195,8	<LQ	320,00	215,0	4,5	<LQ	<LQ	231,0	3,2
N reg.	28	27	29	29	29	8	7	29	29

Código Punto	241150219								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	1.129,00	597,0	30,0	<LQ	<LQ	567,7	20,4
Mín.	<LQ	<LQ	180,00	133,0	<LQ	<LQ	<LQ	153,5	2,2
P50	<LQ	<LQ	457,00	284,0	<LQ	<LQ	<LQ	281,6	4,5
N reg.			69	69	69	1	1	69	69

Código Punto	241160019								
Valor									
Máx.	220,8	<LQ	76,00	67,0	18,0	0,02	<LQ	48,3	12,0
Mín.	174,0	<LQ	39,00	16,3	4,0	<LQ	<LQ	21,0	5,0
P50	213,5	<LQ	54,50	18,5	7,5	<LQ	<LQ	35,2	7,1
N reg.	9	8	9	9	9	8	7	9	9

Código Punto	241160069								
Valor									
Máx.	296,5	<LQ	505,00	301,0	39,0	0,08	0,14	283,0	8,5
Mín.	188,0	<LQ	142,00	121,0	0,6	<LQ	<LQ	99,9	3,6
P50	254,5	<LQ	319,50	212,0	4,6	<LQ	0,07	202,0	6,2
N reg.	14	13	16	16	17	16	15	16	16

Código Punto	241160181								
Valor									
Máx.	215,9	<LQ	69,00	171,0	154,0	0,81	<LQ	31,7	2,8
Mín.	180,0	<LQ	53,50	72,0	76,7	<LQ	<LQ	26,0	2,0
P50	204,8	<LQ	59,80	82,9	97,0	<LQ	<LQ	28,8	2,2
N reg.	6	6	7	7	9	7	7	7	7

Código Punto	241160239								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	1.125,00	500,0	29,5	<LQ	0,11	471,5	9,6
Mín.	<LQ	<LQ	6,30	25,2	<LQ	<LQ	0,11	4,5	<LQ
P50	<LQ	<LQ	273,50	184,5	<LQ	<LQ	0,11	168,6	5,7
N reg.			72	72	72	1	1	72	72

Código Punto	241160240								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	482,00	730,0	15,0	<LQ	<LQ	295,8	13,5
Mín.	<LQ	<LQ	57,30	21,4	<LQ	<LQ	<LQ	5,5	<LQ
P50	<LQ	<LQ	389,50	178,0	<LQ	<LQ	<LQ	235,1	9,0
N reg.			70	70	70	1	1	70	70

Código Punto	241160255								
Valor									
Máx.	252,5	<LQ	75,80	85,3	96,8	0,04	0,05	40,0	7,0
Mín.	194,0	<LQ	50,30	40,8	29,6	<LQ	<LQ	28,1	4,6
P50	234,0	<LQ	63,50	59,4	45,0	<LQ	<LQ	33,1	5,1
N reg.	10	10	11	11	13	11	11	11	11

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	241220031								
Valor									
Máx.	339,0	<LQ	18,00	11,0	8,7	<LQ	<LQ	8,7	0,9
Mín.	339,0	<LQ	14,80	8,7	4,9	<LQ	<LQ	7,8	<LQ
P50	339,0	<LQ	16,40	9,9	6,0	<LQ	<LQ	8,3	0,4
N reg.	1	1	2	2	3	2	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	241150030								
Valor									
Máx.	257,0	73,0	0,5900	0,0070	<LQ	0,18	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	40,1	7,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	114,0	19,8	0,4260	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	29	29	10	10	10	26	6	9	9

Código Punto	241150219								
Valor									
Máx.	426,0	72,4	<LQ						
Mín.	67,5	11,0	<LQ						
P50	148,0	24,9	<LQ						
N reg.	69	69				1			

Código Punto	241160019								
Valor									
Máx.	95,0	10,0	0,3200	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	48,8	8,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	64,8	9,0	0,2180	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9	7	7	7	9	4	6	6

Código Punto	241160069								
Valor									
Máx.	184,0	32,0	0,9000	<LQ	<LQ	0,08	0,01	<LQ	<LQ
Mín.	89,0	13,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	147,5	22,1	0,6810	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	16	16	8	8	8	16	5	7	7

Código Punto	241160181								
Valor									
Máx.	184,0	6,3	<LQ	<LQ	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	133,0	4,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	138,0	5,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	7	7				7			

Código Punto	241160239								
Valor									
Máx.	421,6	64,1	<LQ						
Mín.	16,0	3,7	<LQ						
P50	135,5	21,6	<LQ						
N reg.	72	72				1			

Código Punto	241160240								
Valor									
Máx.	405,2	83,3	<LQ						
Mín.	21,6	2,6	<LQ						
P50	169,2	25,1	<LQ						
N reg.	70	70				1			

Código Punto	241160255								
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	241160255								
Valor									
Máx.	122,0	16,9	0,1540	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	88,4	12,8	0,1540	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	101,0	14,9	0,1540	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	11	11	1	1	1	11	1	1	1
Código Punto	241220031								
Valor									
Máx.	110,0	6,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	105,0	5,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	107,5	6,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2				2			

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