CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MSBT: ES091MSBT083 - SIERRA PALEOZOICA DE ATECA

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	ES091MSBT083	Nombre MSBT	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA
Código DH	ES091	Nombre DH	Ebro

Descripción localización:

La masa de agua de la Sierra Paleozoica de Ateca se localiza en el sector suroccidental de la cuenca del Ebro, dentro de la cuenca del río Jalón, repartida entre sus tributarios el río Manubles, Monegrillo, Jiloca y Piedra.

Se distribuye a lo largo de un eje NO-SE de 92 km de largo por 14 de ancho, que comprende la sierra ibérica de Ateca y parte de la depresión de Calatayud.

Administrativamente pertenece en su mayoría a la Comunidad Autónoma de Aragón, repartida entre las comarcas Zaragozanas de Calatayud, Campo de Daroca y la turolense del Jiloca y una pequeña franja en el extremo E del 7%, que pertenece a la provincia castellanoleonesa de Soria.

Las poblaciones más importantes se localizan en el eje del Jiloca y del Jalón, donde se localizan las poblaciones de Daroca y Ateca con cerca de 2000 habitantes.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Zaragoza	50038	Ateca	67,51	7,63
Aragón	Zaragoza	50183	Munébrega	100,00	5,47
Aragón	Zaragoza	50263	Torrijo de la Cañada	49,12	4,89
Aragón	Zaragoza	50037	Atea	99,90	4,62
Aragón	Zaragoza	50178	Moros	58,25	4,16
Aragón	Zaragoza	50002	Acered	100,00	4,06
Castilla y León	Soria	42076	Deza	25,34	4,00
Aragón	Zaragoza	50195	Orcajo	98,66	3,75
Aragón	Zaragoza	50287	Villalengua	67,59	3,62
Aragón	Zaragoza	50072	Carenas	76,54	3,19
Aragón	Zaragoza	50058	Bubierca	80,04	3,16
Aragón	Zaragoza	50194	Olvés	97,43	2,62
Aragón	Zaragoza	50159	Maluenda	48,99	2,62
Aragón	Zaragoza	50009	Alarba	99,45	2,52
Aragón	Teruel	44047	Burbáguena	46,27	2,41
Aragón	Zaragoza	50075	Castejón de Alarba	100,00	2,34
Aragón	Zaragoza	50201	Paracuellos de Jiloca	55,10	2,33
Aragón	Teruel	44065	Castejón de Tornos	54,24	2,24
Aragón	Zaragoza	50274	Val de San Martín	64,17	2,20
Aragón	Zaragoza	50001	Abanto	25,59	2,18
Aragón	Zaragoza	50076	Castejón de las Armas	99,40	2,15
Aragón	Zaragoza	50094	Daroca	28,26	1,96
Aragón	Zaragoza	50050	Bijuesca	21,41	1,63
Aragón	Zaragoza	50173	Monterde	20,83	1,55
Aragón	Zaragoza	50192	Nuévalos	27,69	1,55
Aragón	Zaragoza	50184	Murero	61,56	1,50
Aragón	Zaragoza	50042	Balconchán	56,60	1,47
Aragón	Zaragoza	50116	Fuentes de Jiloca	39,72	1,45
Aragón	Teruel	44033	Báguena	42,82	1,44
Aragón	Zaragoza	50176	Morata de Jiloca	43,68	1,35
Aragón	Teruel	44207	San Martín del Río	54,59	1,21
Aragón	Teruel	44050	Calamocha	2,72	1,15
Castilla y León	Soria	42148	Quiñonería	21,43	1,10
Aragón	Zaragoza	50273	Valdehorna	100,00	1,06
Aragón	Zaragoza	50253	Terrer	23,52	1,05
Aragón	Zaragoza	50161	Manchones	28,87	1,03
Aragón	Zaragoza	50284	Villafeliche	34,00	1,02

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Zaragoza	50282	Vilueña, La	87,96	1,01
Castilla y León	Soria	42051	Carabantes	42,10	0,92
Aragón	Zaragoza	50174	Montón	34,73	0,82
Aragón	Teruel	44219	Tornos	8,23	0,54
Aragón	Zaragoza	50067	Calatayud	2,33	0,48
Aragón	Zaragoza	50096	Embid de Ariza	8,23	0,45
Aragón	Zaragoza	50277	Valtorres	96,80	0,43
Castilla y León	Soria	42187	Torrubia de Soria	5,42	0,38
Castilla y León	Soria	42063	Cihuela	7,21	0,33
Aragón	Zaragoza	50090	Cubel	4,08	0,32
Castilla y León	Soria	42156	Reznos	7,23	0,20
Aragón	Zaragoza	50289	Villanueva de Jiloca	17,83	0,17
Aragón	Zaragoza	50279	Velilla de Jiloca	10,11	0,14
Aragón	Zaragoza	50271	Used	0,98	0,11
Aragón	Zaragoza	50120	Godojos	1,83	0,04
Aragón	Zaragoza	50020	Alhama de Aragón	0,15	0,01

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

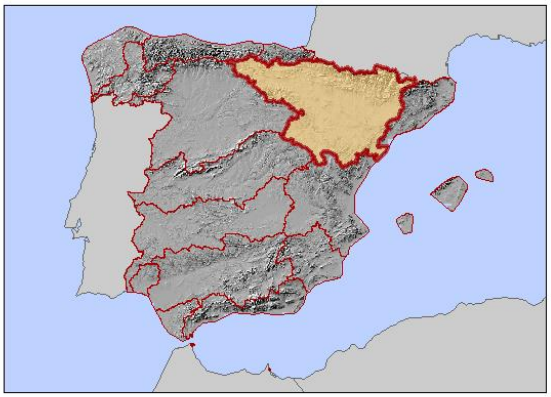
Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	609.742	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.567.118
Longitud (CENTROIDE)	-1,69103	Latitud (CENTROIDE)			41,24822
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			879
Altitud mínima (m s.n.m.)	556	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.435
Área total de la MSBT (km²)	749				

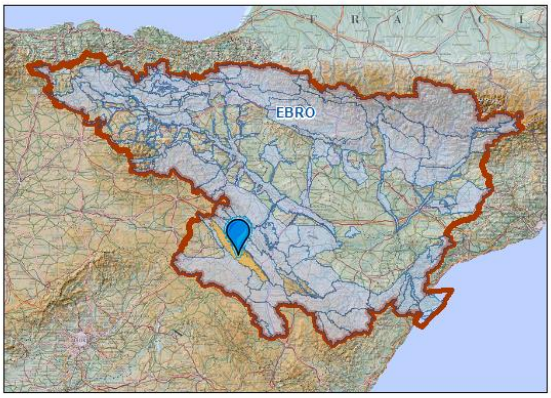
1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes	6.333	Año	2019

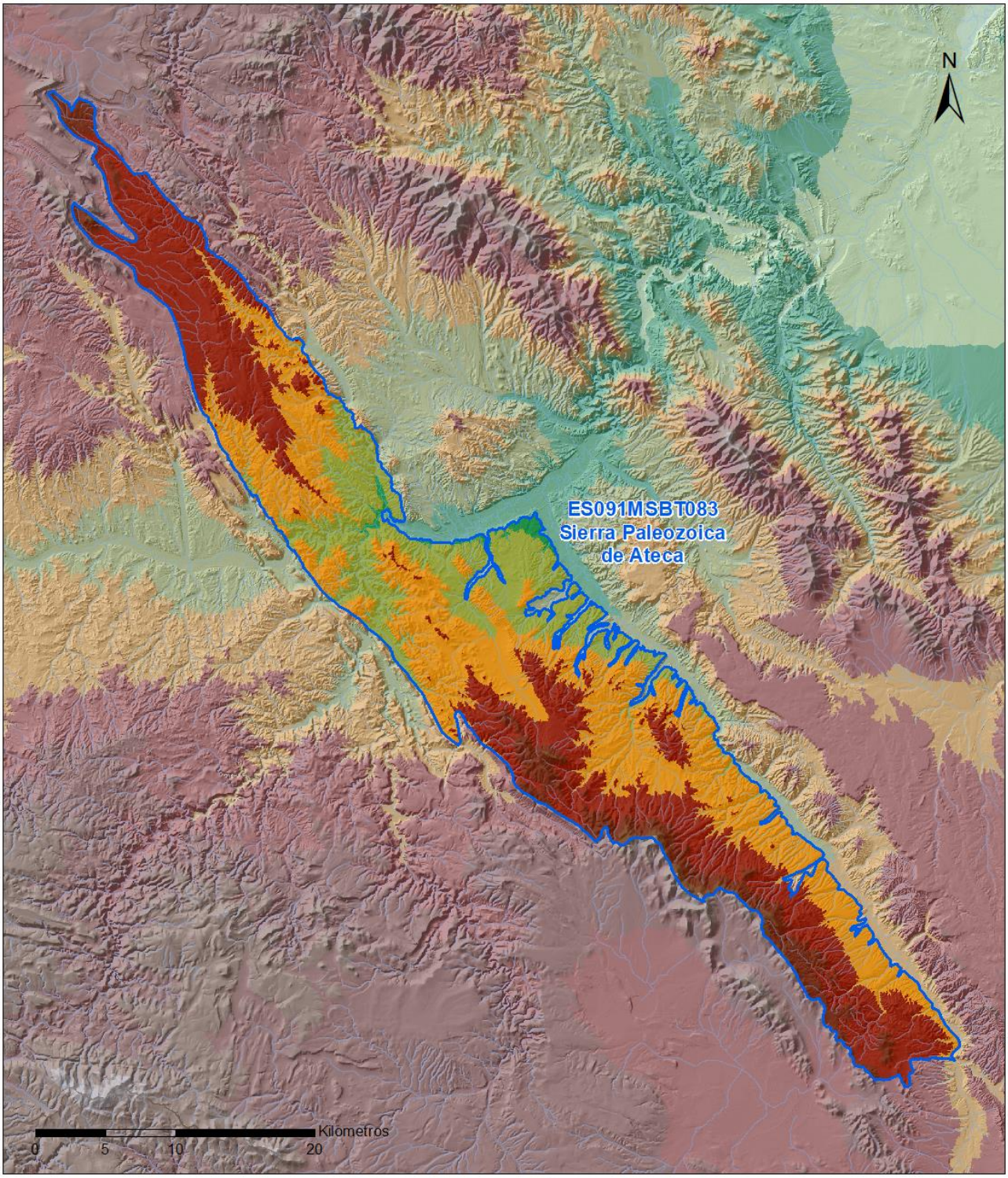
1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización





Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

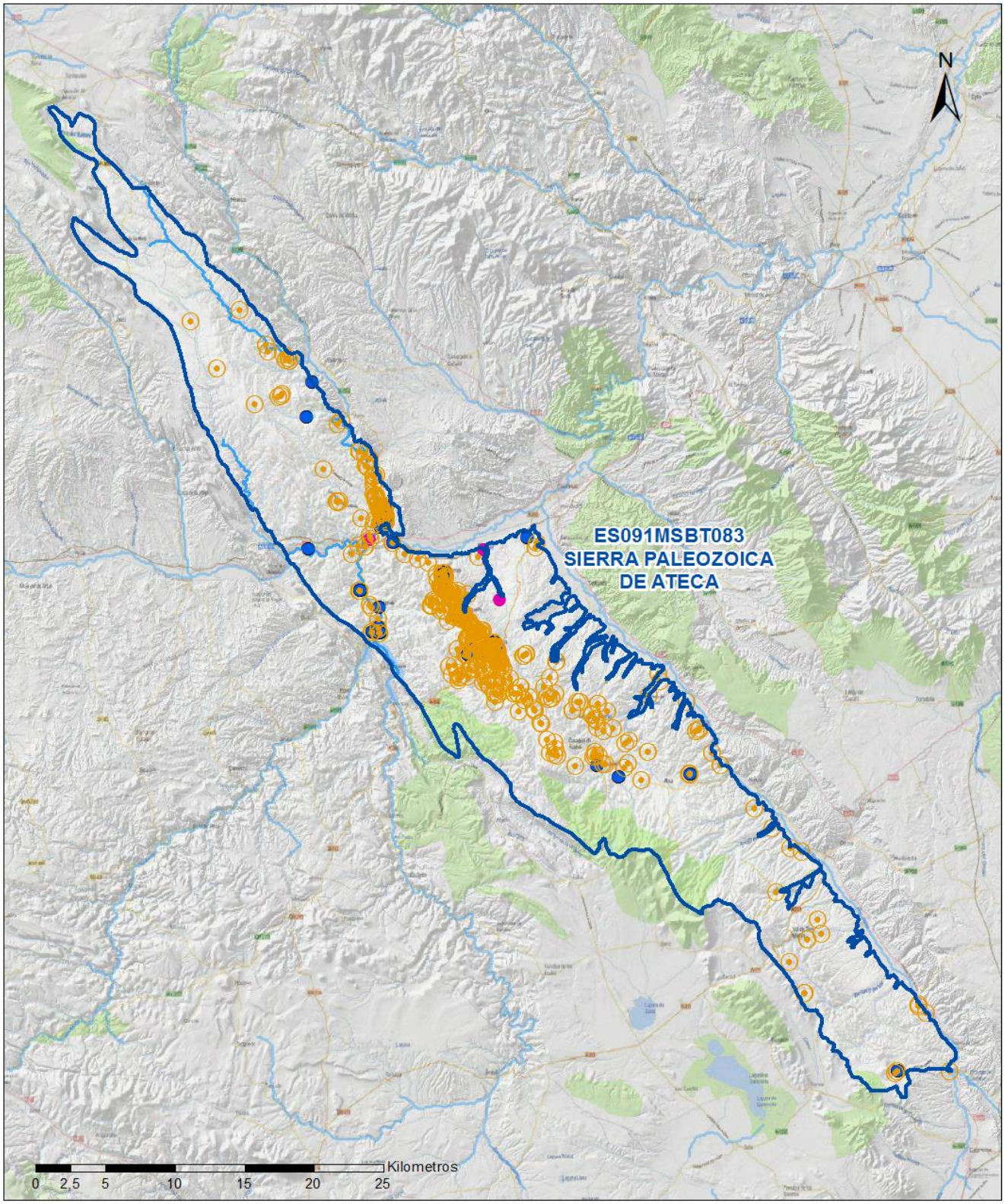
- MSBT
- Red Hidrografica
- 0 - 150
- 150 - 300
- 300 - 450
- 450 - 600
- 600 - 750
- 750 - 900
- 900 - 1,050
- 1,050 - 1,200
- 1,200 - 1,350
- 1,350 - 1,500
- 1,500 - 1,650
- > 1,650

2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	☐
Fuentes puntuales	1.6	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	☑

Extracción / Desvío de agua



LEYENDA

- Red hidrográfica
- MSBT:
  ES091MSBT083

Tipo de Presión por Extracción (significativa):

- 3.1 Agricultura
- 3.2 Abastecimiento
- 3.3 Industria

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
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

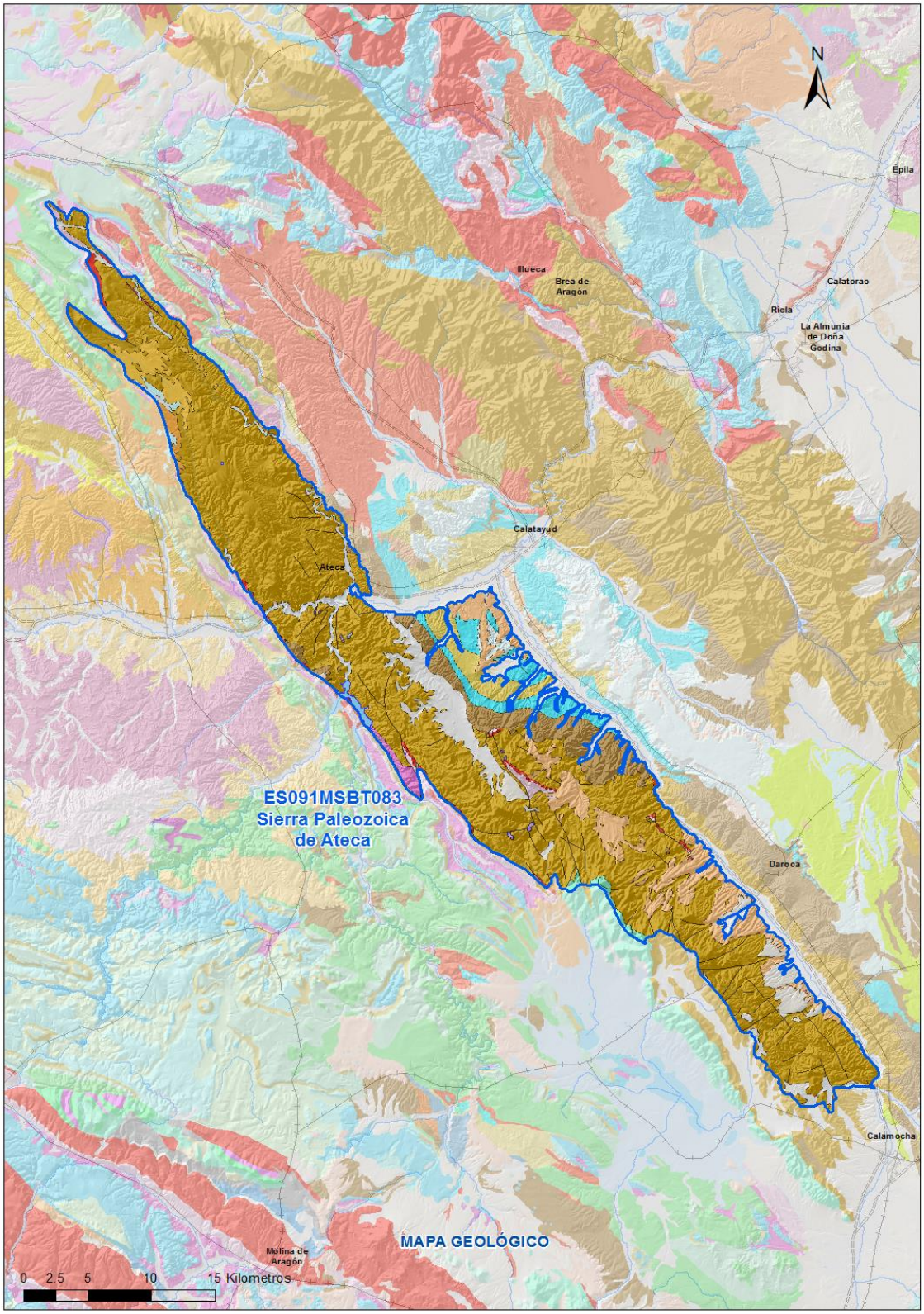
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Duero-Almazán

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
5000	Masa de agua superficial
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)
417	Arcillas y lutitas (a veces, con cantos y yesíferas), areniscas y conglomerados
411	Conglomerados, areniscas y lutitas
410	Calizas, dolomías y margas
408	Margas yesíferas y yesos, con arcillas, arenas y, eventualmente margas, calizas y sílex
407	Calizas, calizas margosas y margas
397	Conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas y lignitos
380	Conglomerados, limos, arenas y lutitas
378	Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo
359	Conglomerados, areniscas y lutitas
339	Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Rañas y otros aluviales finineóg
338	Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas(Calizas del Páramo 2)
337	Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas (Ab.Cantoral,Guardo,Cegoñal,Vidanes)
334	Arcillas rojas, con intercalaciones de areniscas, margas , calizas y costras (F. Tordómar)
323	Lutitas rojas con niv.conglom.,arenis. y costras calcáreas(F.Sta María Campo y U.Detr.Aranda)
201	Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)
137	Dolomías, calizas y margas(F. Muschelkalk)
104	Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa
58	Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)
51	Pizarras oscuras con interc.de aren., cuarc.y sills basált. Piz.Río, Piz.Calymene,Fm.Rodada 2
11	Filones de cuarzo
5	Rocas piroclásticas ("explosivas") paleozoicas
4	Rocas volcánicas y subvolcánicas paleozoicas

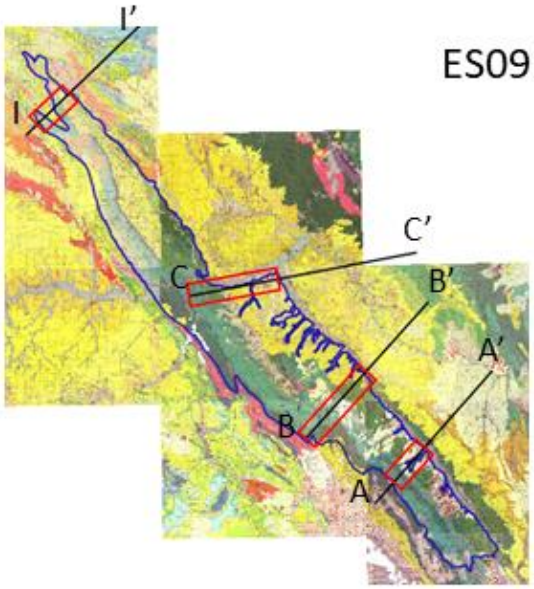
3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

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	47,12	Detrítica	6,29
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	16,15	Detrítica	2,16
Arcillas y lutitas (a veces, con cantos y yesíferas), areniscas y conglomerados	Neógeno-Cuaternario	Mioceno-Pleistoceno	62,89	Detrítica	8,40
Margas yesíferas y yesos, con arcillas, arenas y, eventualmente margas, calizas y sílex	Neógeno	Mioceno	16,52	Evaporítica	2,21
Calizas, calizas margosas y margas	Neógeno	Mioceno	23,21	Carbonatada	3,10
Conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas y lignitos	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	43,30	Detrítica	5,78
Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Rañas y otros aluviales finineóg	Neógeno	Plioceno	13,60	Detrítica	1,82
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)	Triásico		3,83	Detrítica	0,51
Dolomías, calizas y margas(F. Muschelkalk)	Triásico	Medio	5,65	Carbonatada	0,75
Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa	Cámbrico-Ordovícico Inferior		492,05	Meta-Detrítica	65,70
Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)	Pérmico Superior-Triásico Inferior		7,41	Detrítica	0,99
Pizarras oscuras con interc.de aren., cuarc.y sills basált. Piz.Río, Piz.Calymene,Fm.Rodada 2	Ordovícico	Medio	3,94	Meta-Detrítica	0,53

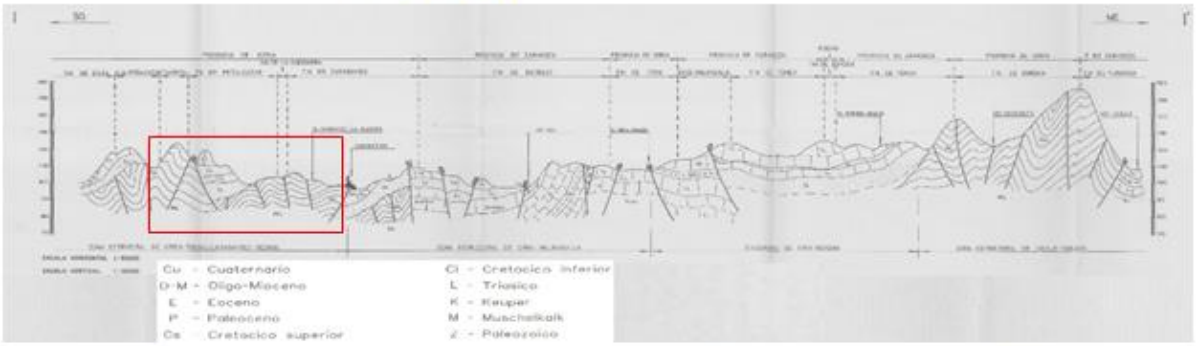
3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

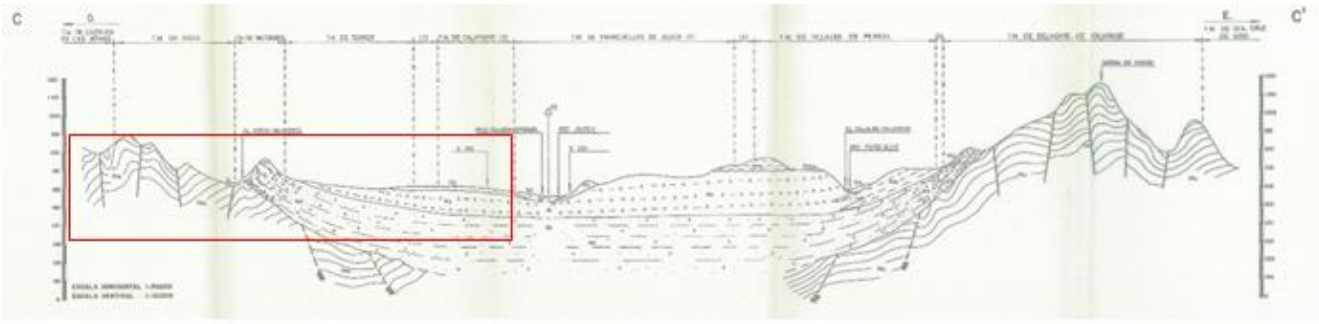
Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa	Cámbrico-Ordovícico Inferior		
Conglomerados, areniscas, lutitas, margas y calizas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	50-250
Gravas, arenas, limos (depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-15

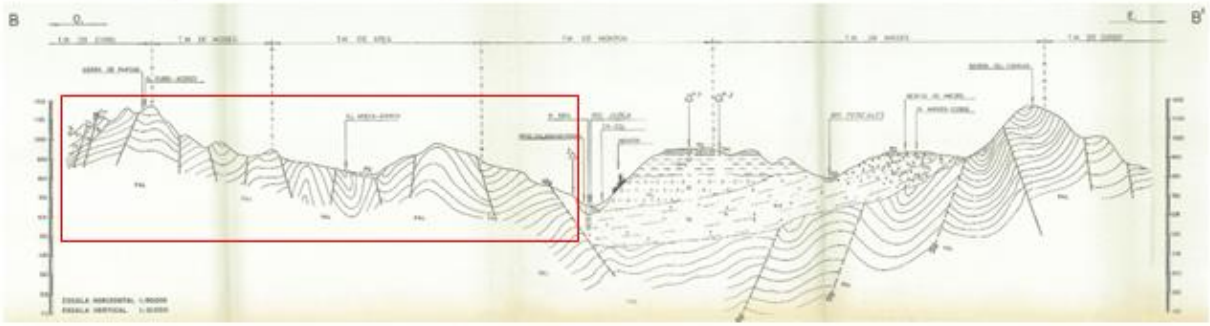
3.5 CORTES GEOLÓGICOS

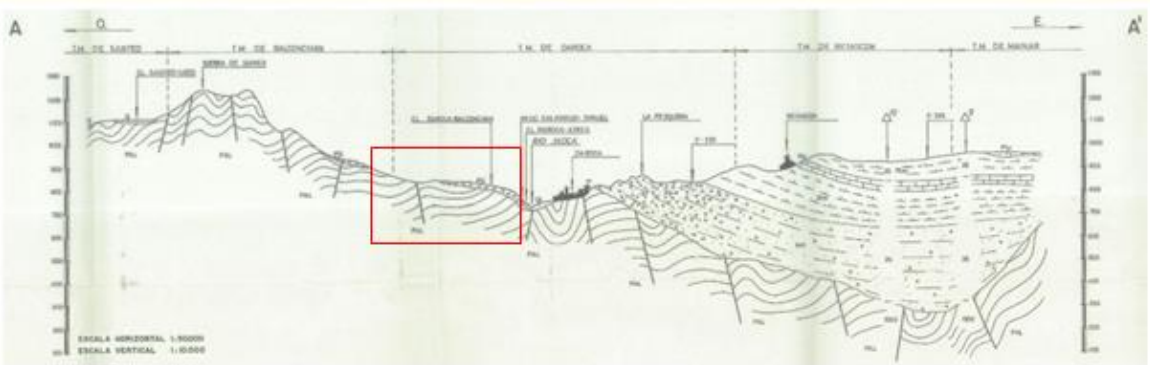


ES091MSBT083 Sierra Paleozoica de Ateca









3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Esta masa de agua se localiza dentro del dominio de la Ibérica y comprende parte de la Depresión de Calatayud, desde el aluvial del río Jiloca hasta la Sierra de Ateca, así como los materiales paleozoicos que configuran esta sierra.

La Sierra de Ateca constituye el núcleo paleozoico de una gran estructura anticlinal con directrices tectónicas de orientación ibérica (NO-SE), afectadas por pliegues apretados, cabalgamientos y fallas inversas muy verticalizadas. Los materiales paleozoicos que afloran corresponden a areniscas, cuarcitas y pizarras que comprenden edades desde el Cámbrico medio al Ordovícico inferior. Por encima de estas formaciones, solo en una pequeña franja NO-SE y en el núcleo de algunos anticlinales también aflora el Triásico (2,26% de la superficie de la masa de agua) definido por las areniscas, conglomerados y lutitas del Buntsandstein, las calizas del Muschelkalk y las arcillas abigarradas y yesos del Keuper.

Los depósitos de relleno de la fosa de Calatayud, al sureste de la masa de agua, están formados por materiales detríticos y carbonatados de edades del Oligoceno al Plioceno. Su superficie de afloramiento es más limitada (14%) y comprende conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas, así como margas yesíferas y yesos con espesores que pueden alcanzar los 250 m.

Finalmente se encuentras los materiales cuaternarios definidos por los aluviales de los principales ríos y los depósitos de glacis. Por extensión destacan los glacis localizados al norte de la sierra de los Pardos y los aluviales del río Jalón.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	4	3

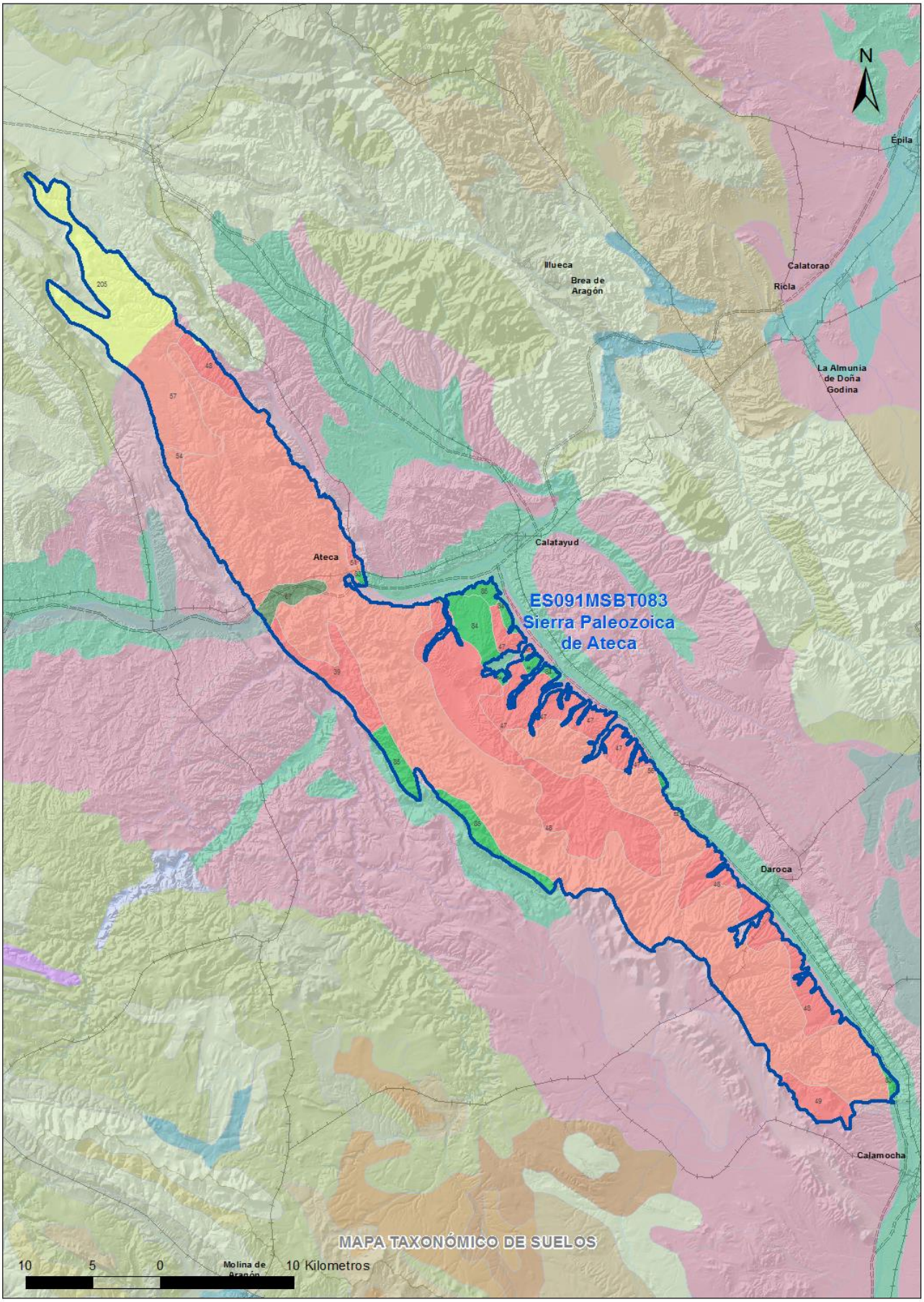
Espesor Medio Z.N.S. (m)	4
Litología Z.N.S.	Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km²)	% Afloramiento en la MSBT
ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID	187	25,02
ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID	464	61,93
ENTISOL, FLUVENT, TORRIFLUVENT	7	0,99
ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT	40	5,31
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	0	0,05
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	50	6,70

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA

MSBT

Red Hidrografica

DDHH

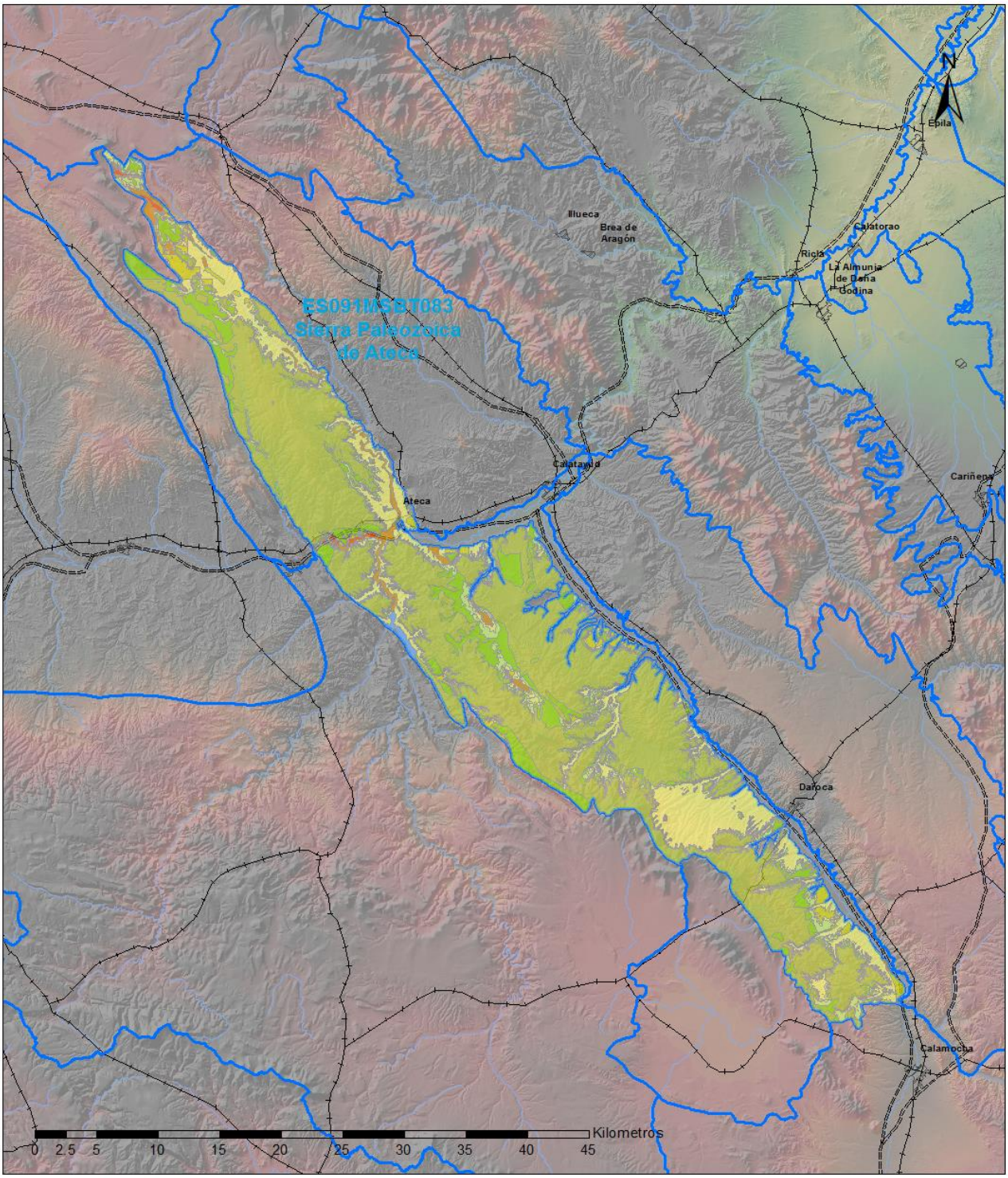
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
39	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, CALCIGYPSID, HAPLOSALID, Haplogypsid, NO INCLUSION2
47	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
48	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
49	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplosalid, NO INCLUSION2
51	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, HAPLOCAMBID, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
54	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
56	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
57	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
67	ENTISOL, FLUVENT, TORRIFLUVENT, TORRIORTHENT, HAPLOCALCID, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
83	ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
84	ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplocalcid, NO INCLUSION2
85	ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplocalcid, Calcigypsid
120	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Haploxerept
205	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeralf, Rhodoxeralf

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT
0	Masas de agua superficial	0,28
1 (Muy Baja)	16 - 30	0,03
2 (Muy Baja)	30 - 44	57,24
3 (Baja)	44 - 58	15,23
4 (Baja)	58 - 72	6,09
5 (Moderada)	72 - 86	16,10
6 (Moderada)	86 - 100	2,76
7 (Alta)	100 - 114	1,90
8 (Alta)	114 - 128	0,34

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

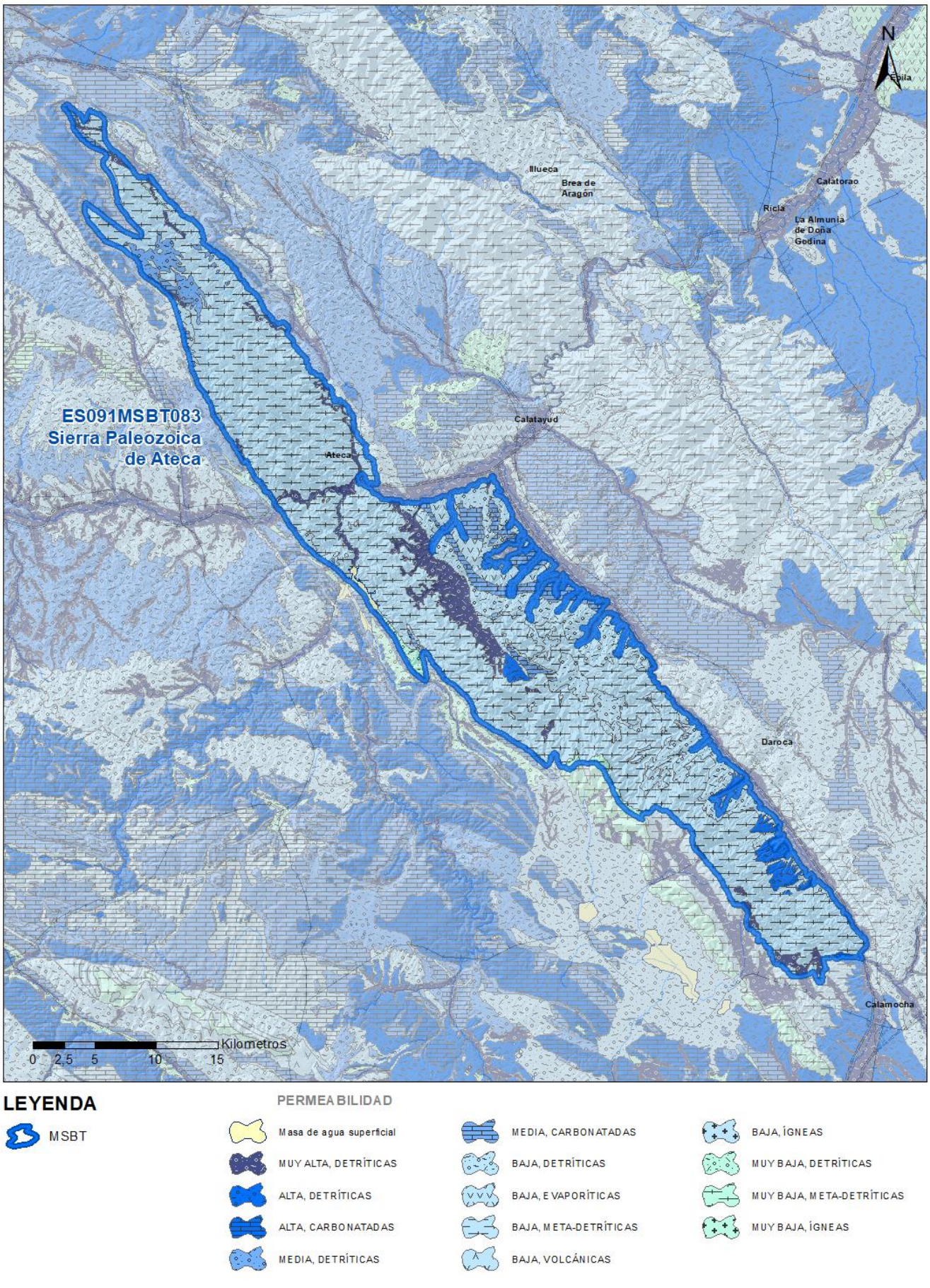
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Sureste	Abierto	Salida	Permeable	ALUVIAL JALÓN-JILOCA
Noreste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	MANUBLES-RIBOTA
Suroeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	GALLOCANTA
Suroeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN
Noroeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	SIERRA DE MIÑANA
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	MONREAL-CALAMOCHA
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	Araviana

Descripción límites hidrogeológicos:

El límite N de la masa de agua está definido por la divisoria de agua entre las cuencas del Ebro y Duero, el NE, por el contacto entre los materiales paleozoicos del umbral de Ateca con los materiales mesozoicos y terciarios de Manubles- Ribota, y el SE por los cuaternarios del aluvial del Jalón-Jiloca. El limite S se establece a partir de la divisoria hidrográfica de la sierra paleozoica de Santa Cruz y finalmente el contacto del paleozoico con los materiales mesozoicos de Sierra Miñana marca el contacto NO y los de los Páramos del Alto Jalón el SO.

Mapa de permeabilidades



5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km²)
			Sistema	Serie		
Paleozoica	Pizarras, areniscas y cuarcitas	Muy Baja	Cámbrico-Ordovícico Inferior	Cámbrico-Ordovícico Inferior		496
Terciaria	Conglomerados y calizas	Media	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	25-100	89
Cuaternaria	Gravas, arenas, limos y arcillas	Muy alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	5-10	63

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Pizarras y cuarcitas Paleozoicas	496	66,23	Libre		Intergranular	Paleozoica
Conglomerados de borde terciarios	89	11,89	Libre	25-100	Intergranular	Terciaria
Aluviales y glacis cuaternarios	63	8,45	Libre	5-10	Intergranular	Cuaternaria

Descripción general:

Prácticamente la totalidad de los afloramientos existentes dentro de esta masa de agua están constituidos por formaciones paleozoicas de baja o muy baja permeabilidad, compuestos por pizarras, areniscas y cuarcitas y por tanto poseen escaso interés hidrogeológico. En algunas zonas estas formaciones se explotan de forma muy localizada para abastecimiento de pequeñas localidades y también para riego (FGP-Paleozoica).

El resto de afloramientos están constituidos por materiales terciarios de la Depresión de Calatayud que presentan por lo general permeabilidad baja (arcillas, margas y yesos), aunque también se encuentran algunos afloramientos de calizas y los conglomerados de borde con una permeabilidad media que actúan como acuíferos (FGP-Terciaria).

Finalmente se encuentra los cuaternarios (FGP-Cuaternaria) que constituyen un conjunto de formaciones detríticas (gravas, arenas, limos y arcillas) asociadas con el aluvial del río Jalón y sus principales afluentes (ríos Piedra, Manubles y Monegrillo) y los depósitos de glacis localizados a los pies de los principales relieves paleozoicos. Se consideran formaciones de permeabilidad alta por porosidad intersticial, y de potencia variable, aunque por lo general se encuentra entre 5 y 10 metros. Esta FGP se sitúa sobre los materiales paleozoicos de muy baja permeabilidad que constituyen el nivel impermeable de base.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m²/día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Pizarras y cuarcitas Paleozoicas	Paleozoica	Ensayo de bombeo	0,23	0,31		

Descripción general:

Dentro de esta masa de agua solo se ha podido localizar un ensayo de bombeo realizado en el piezómetro de la red de control del Ministerio en Munébrega. Este sondeo atraviesa un paquete de 139 m de pizarras y cuarcitas del Ordovícico. Los resultados arrojan uno valores de transmisividad de entre 0,234 y 0,306 m²/día.

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

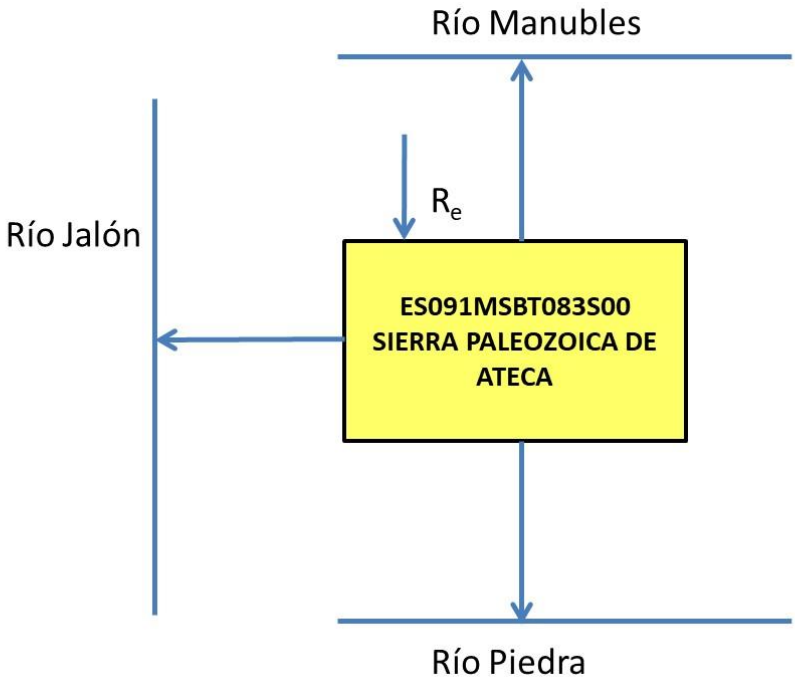
El mecanismo principal de recarga de esta masa de agua es la infiltración de las precipitaciones sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local. Las descargas se realizan a través de manantiales en la red hidrográfica, y también subterráneamente hacia otros materiales colindantes.
A tenor de la baja permeabilidad de la mayor parte de los materiales que la componen, los flujos subterráneos se limitan a la zona de alteración superficial, de carácter local y muy condicionados por la topografía local.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT083S00	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA

Esquema: ES091MSBT083S00



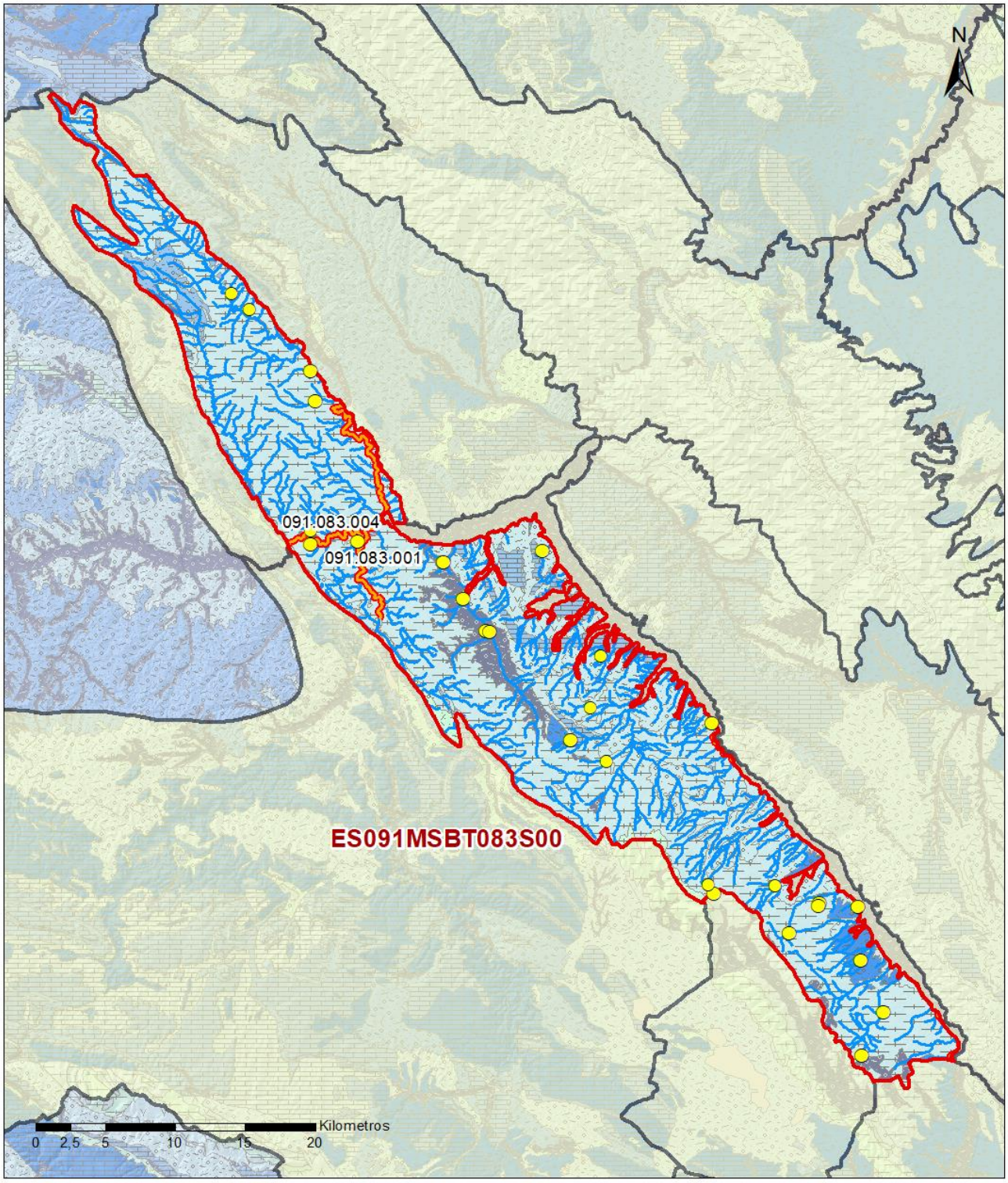
5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT083S00	ES091MSPF107	Río Jalón desde el río Piedra hasta el río Manubles.	Descarga a cauce	091.083.002
ES091MSBT083S00	ES091MSPF314	Río Jalón desde el barranco de Monegrillo hasta el río Piedra.	Descarga a cauce	091.083.001
ES091MSBT083S00	ES091MSPF320	Río Piedra desde la Presa de La Tranquera hasta su desembocadura en el río Jalón.	Descarga a cauce	091.083.004
ES091MSBT083S00	ES091MSPF321	Río Manubles desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Jalón (incluye río Carabán).	Descarga a cauce	091.083.003

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 (hm^3/año)	Rango (hm^3/año)	Coeficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT083S00	091.083.001					27	
ES091MSBT083S00	091.083.002		0,00940			7	
ES091MSBT083S00	091.083.003					40	
ES091MSBT083S00	091.083.004					26	

Relación río/acuífero ES091MSBT083S00



LEYENDA

- Recintos Hidrogeológicos
- MSBT
- Red hidrográfica

Manantiales

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

Relación Río-Acuífero

- Río ganador con conexión difusa directa
- Río perdedor con conexión difusa directa

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

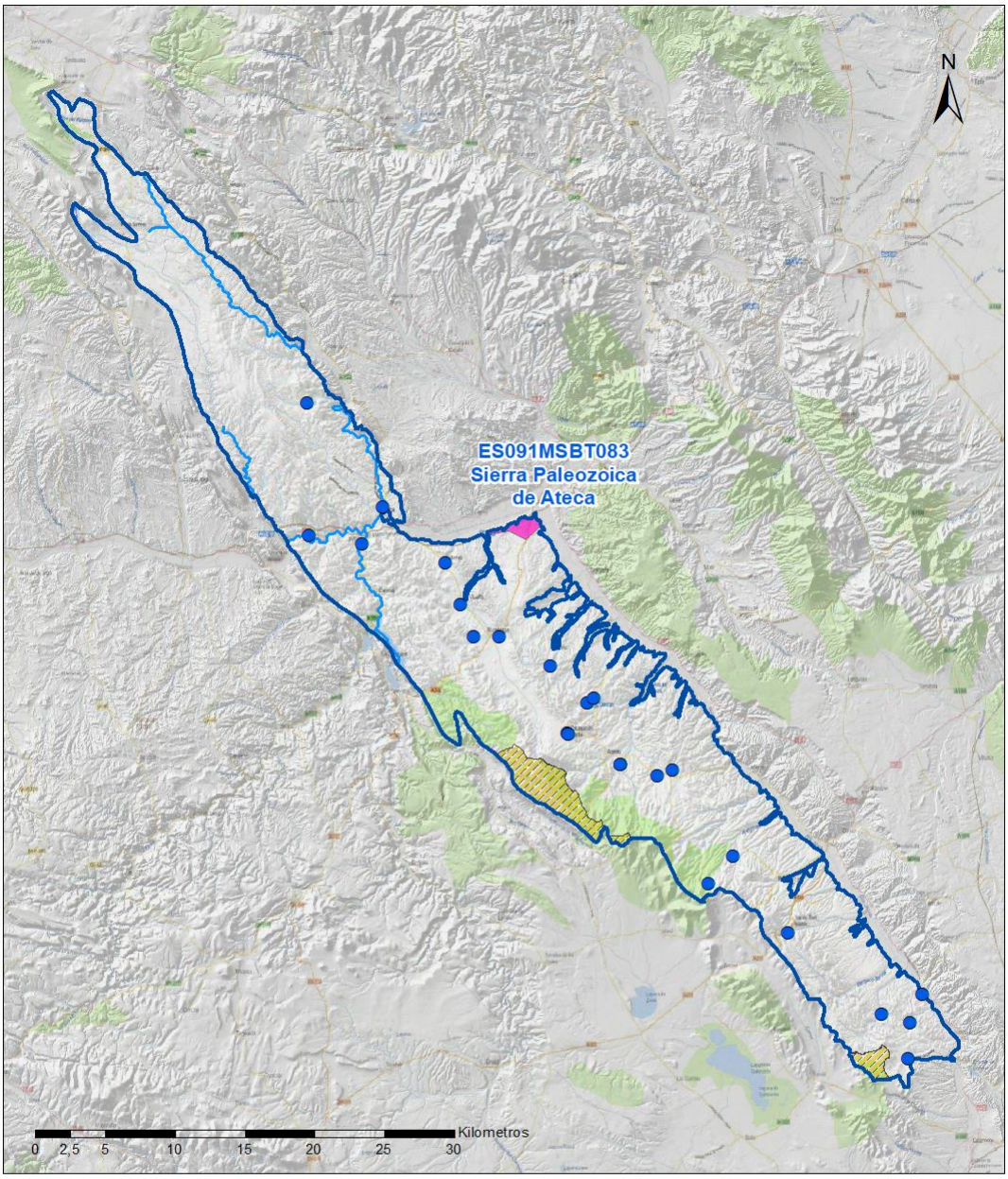
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	24	☑	☐		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	24	☐	☑	1	0,10
Zonas de futura captación de agua para consumo humano	1	☐	☑	1	0,14
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	2	☐	☑	22	2,99
Perímetros de protección de aguas minerales y termales	1	☐	☑	3	0,38

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	1,23	**Descargas hacia MSPF**	
Recarga desde MSPF		**Extracciones**	4,53
Transf. lateral otras MSBT		**Transf. lateral otras MSBT**	
Retornos de riego	0,32		
Otras entradas		**Otras salidas**	
Entradas Totales	1,54	**Salidas Totales**	4,53
Diferencia entradas-salidas (hm³/año) (RA)			-2,99

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

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm³/año)	1,35
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm³/año)	2,83
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm³/año)	0,20
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm³/año)	3,04
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,93

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm³/año)	1,23
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm³/año)	4,53
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm³/año)	0,25
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm³/año)	1,30
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	3,49

"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

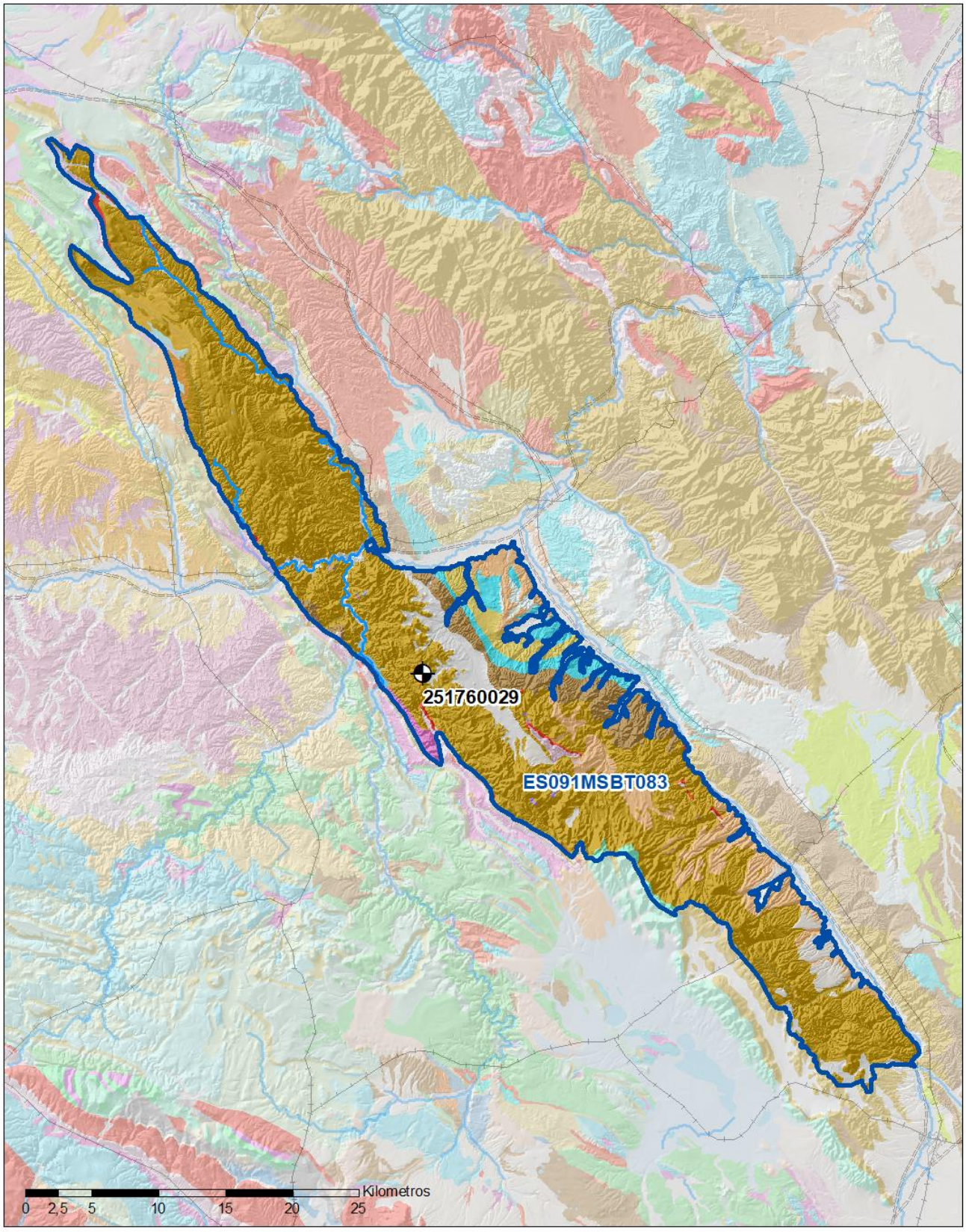
Código punto	Tipo	UTM (ETRS89-H30)		FGP/Acuífero	Inicio muestreo	Nivel de Ref. (m s.n.m.)	Nivel Umbral (m s.n.m.)	Prof. (m)	Cota (m s.n.m.)	Programa de control		
		X	Y							NP	CM	MT
251760029	Piezometría	605.156	4.566.190	Paleozoico	15/04/2010			139,0	838	☑	☐	☐

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
090.605.004b	Piezómetro	608.927	4.566.963	745	250,0	Pizarras y areniscas	2022-2024	☑	☐	☐

8.2 MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Localización de puntos de control



LEYENDA

MSBT

Red hidrográfica

Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

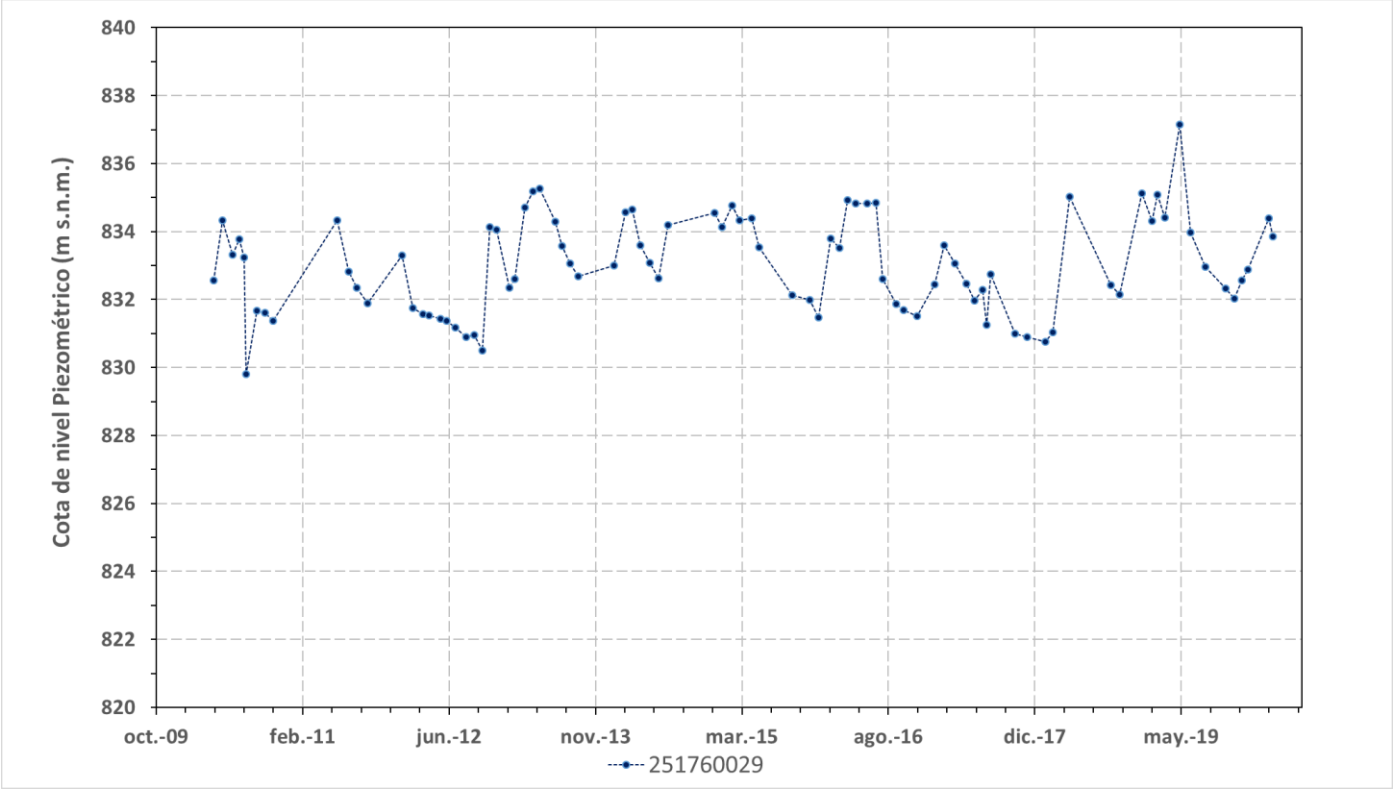
Piezometría

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 masa de agua de la Sierra Paleozoica de Ateca solo dispone de un punto de control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas localizado al NE del embalse de La Tranquera y que atraviesa un paquete de 139 m de pizarras del ordovícico. Presenta medidas mensuales del nivel piezométrico desde octubre de 2010, en los que son muy pocos los años con lecturas mensuales completas.

Posee un rango de variación de 7,35 m con máximos que suelen corresponder con los meses de primavera, sin que se identifique una tendencia general en toda su serie de medidas. Se observan algunos agotamientos del acuífero correspondientes con periodos de sequía, donde se alcanzan los niveles más bajos (octubre 2012 y enero 2018) a la que sucede una posterior recuperación, alcanzando niveles por encima de los definidos a inicio de serie.

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
251760029	2010	2020	88	837,1	829,8	833,0	7,3	0,13	Paleozoico	Sí

8.4 EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

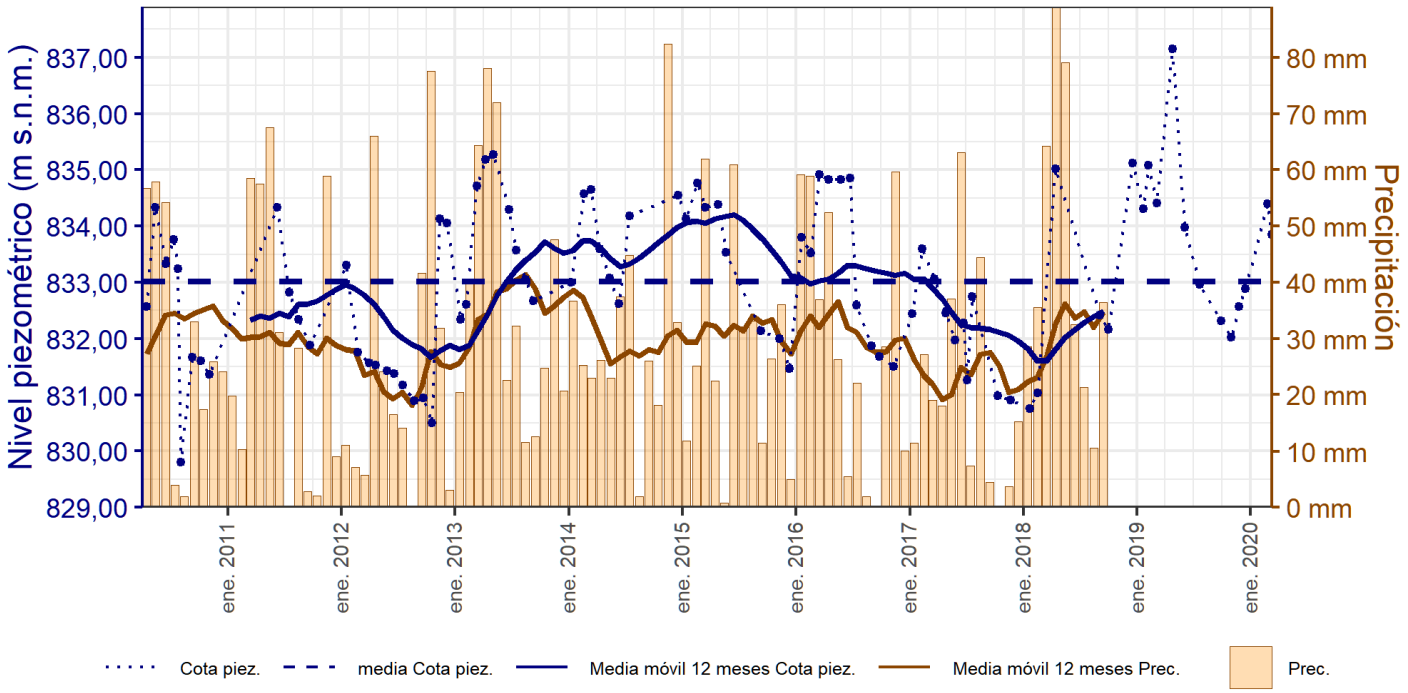
8.4.1 JUSTIFICACIÓN DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS PARA LA EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

Para el análisis de tendencias se selecciona el único punto de control de estado cuantitativo del que dispone esta masa de agua (IPA-251760029). Este piezómetro presenta lecturas mensuales del nivel piezométrico que abarca un periodo de 10 años (2010-2019). La serie de análisis seleccionada, corresponde a las medias anuales desde inicio de las lecturas (2010-2019) y las medidas mensuales de la serie completa (2010-2019).

El método estadístico empleado es el test Mann-Kendall a partir del cual se establece si las tendencias son significativas; cuando el valor del grado de significancia es mayor del 90%, la fiabilidad del resultado obtenido se considera alta. Ambos resultados muestran un grado de significancia por debajo del 90%, lo que indica que no se identifica una tendencia significativa en las series seleccionadas de este piezómetro.

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS PIEZÓMETROS SELECCIONADOS

Evolución temporal de los piezómetros seleccionados



ES091MSBT083 - SIERRA PALEOZOICA DE ATECA. Piez: 251760029

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS MANANTIALES SELECCIONADOS

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

Piezómetros

Código punto	Serie	Año inicio	Año fin	Agreg.	N posible	N test	NP Máx. (msnm)	NP Mín. (msnm)	NP Medio (msnm)	Vel. de variación NP (m/año)	Método estadístico			NCF
											Test de Mann-Kendall			
											Tendencia	p-value	GS (%)	
251760029	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	833,8	831,9	833,0	0,150	**Sin Tendencia**	4,74E-01	52,60	**MEDIO**
251760029	Reciente	2010	2019	Mensual	86	84	837,2	829,8	833,0		**Sin Tendencia**	1,29E-01	87,10	

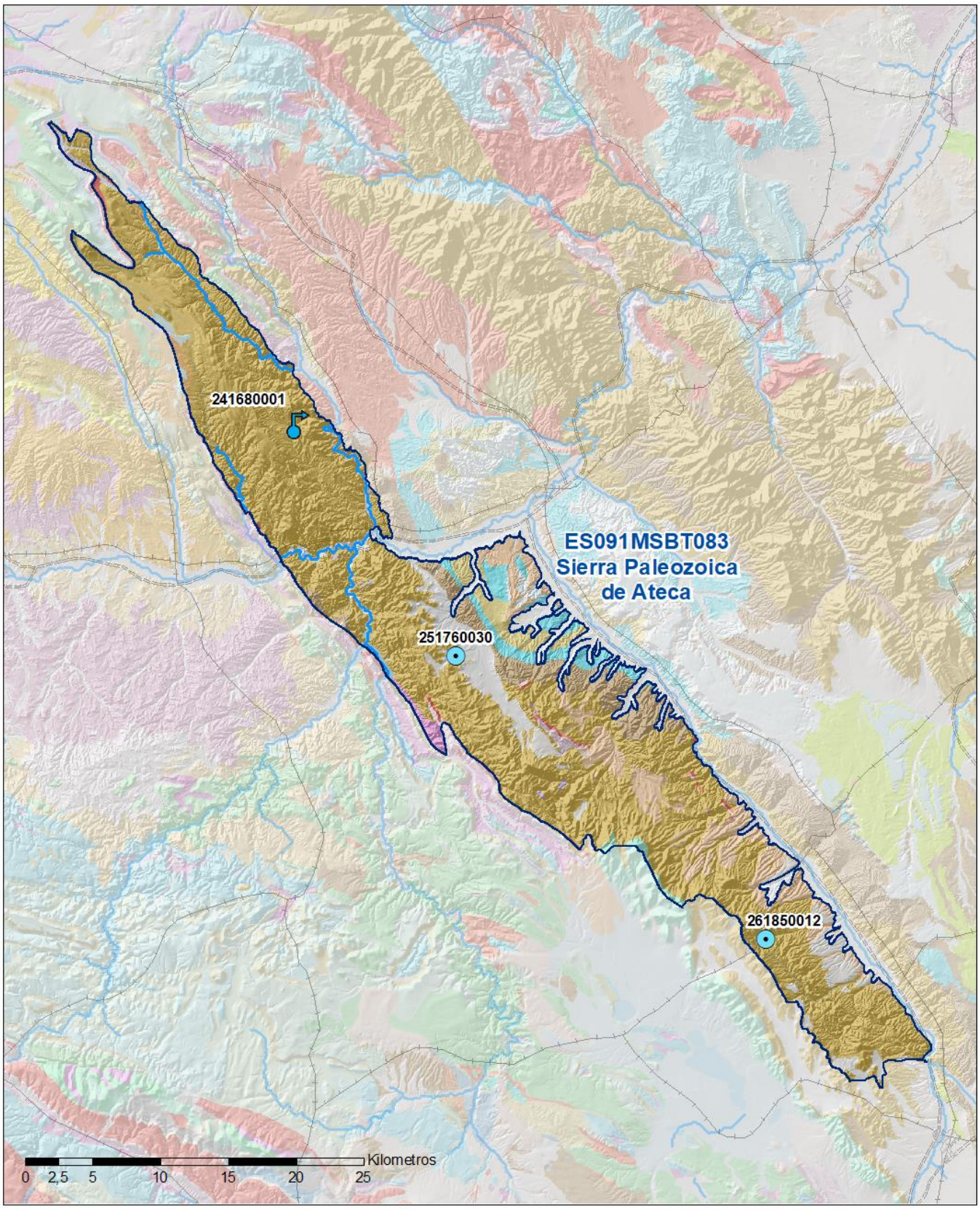
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
241680001	COCANIL	595.510	4.583.875	804		MANANTIAL	Paleozoica	18/10/2007
251760030	POZO NUEVO ABASTECIMIENTO MUNEBREGA. CABEZUELO	607.121	4.566.767	800	130,0	POZO	Paleozoica	06/04/2009
261850012	Fuente La Llana	629.989	4.545.899	996	128,0	POZO	Paleozoica	11/02/2013

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico		PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
241680001	☐	☐	☑	☐	☐	
251760030	☑	☐	☑	☐	☐	
261850012	☑	☐	☐	☐	☐	

Mapa Red Control



LEYENDA

Red hidrográfica

MSBT

Tipo de Captación

MANANTIAL

POZO

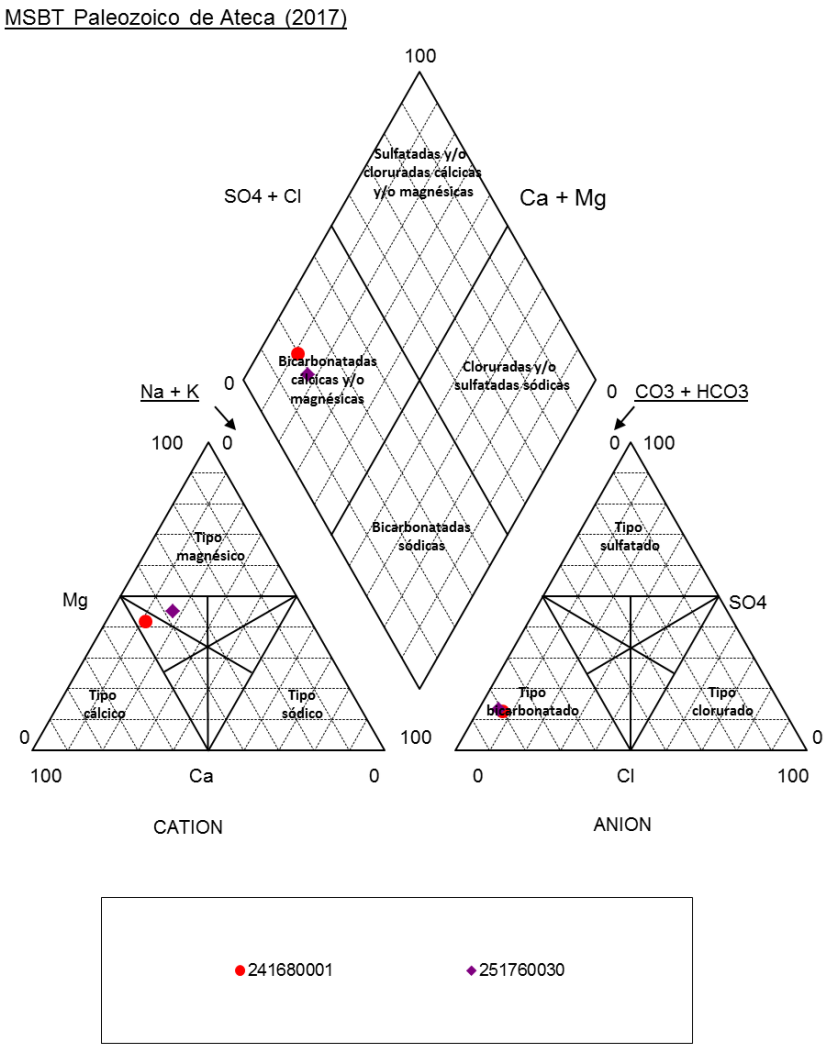
9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facie Hidrogeoquímica
241680001	Pizarras (Paleozoico)	Bicarbonatada cálcico magnésica
251760030	Areniscas (Paleozoico)	Bicarbonatada magnésico cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier



9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua de la Sierra Paleozoica de Ateca se localiza en el sector suroccidental de la cuenca del Ebro, concretamente en la cuenca del río Jalón, tributario por su margen derecha. Con una superficie de 749 km² se distribuye a lo largo de un eje NO-SE de 92 km de largo por 14 de ancho, que comprende la sierra ibérica de Ateca y parte de la depresión de Calatayud. Administrativamente pertenece en su mayoría a la Comunidad Autónoma de Aragón, repartida entre las comarcas Zaragozanas de Calatayud, Campo de Daroca y la turolense del Jiloca y una pequeña franja en el extremo E del 7%, que pertenece a la provincia castellanoleonesa de Soria.

Pertenece al ámbito geoestructural de la Ibérica y comprende los materiales paleozoicos que configuran la Sierra de Ateca y parte de los terciarios del relleno de la Depresión de Calatayud. Estructuralmente, la Sierra de Ateca constituye el núcleo paleozoico de una gran estructura anticlinal con directrices tectónicas de orientación ibérica (NO-SE), afectadas por pliegues apretados, cabalgamientos y fallas inversas muy verticalizadas. Los materiales paleozoicos que afloran corresponden con areniscas, cuarcitas y pizarras que comprenden edades desde el Cámbrico medio al Ordovícico inferior. Por encima de estas formaciones, solo en una pequeña franja NO-SE y en el núcleo de algunos anticlinales también aflora el Triásico definido por las areniscas, conglomerados y lutitas del Buntsandstein, las calizas del Muschelkalk y las arcillas abigarradas y yesos del Keuper. Los depósitos de relleno de la fosa de Calatayud, al sureste de la masa de agua, están formados por materiales detríticos y carbonatados de edades del Oligoceno al Plioceno con espesores que pueden alcanzar los 250 m. Finalmente se encuentras los materiales cuaternarios definidos por los aluviales de los principales ríos y los depósitos de glacis. Las características geológicas, estructurales y edafológicas de esta masa de agua le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según DRASTIC reducido (Min Grado 1; Max Grado 10) de muy bajo a moderado (grados 1-6) a la mayor parte de su superficie (97,46 %). Se trata de una masa de agua muy poco vulnerable a la contaminación, salvo zonas muy limitadas en el entorno de los principales ríos.

Sus límites están definidos por la divisoria hidrográfica entre la cuenca del Ebro y la del Duero al N, la divisoria que marca la sierra Paleozoica de Santa Cruz al S y el resto corresponden a límites de tipo litológico establecidos por el contacto de los Paleozoicos de esta masa de agua con los aluviales del río Jiloca al SE y con los terciarios y mesozoicos de las masas de agua colindantes: Sierra de Miñana al NO, Manubles-Ribota al NE y Páramos de Alto Jalón al SO. Prácticamente la totalidad de los afloramientos existentes dentro de esta masa de agua están constituidos por formaciones paleozoicas de baja o muy baja permeabilidad (pizarras, areniscas y cuarcitas) y por tanto poseen escaso interés hidrogeológico. En algunas zonas estas formaciones se explotan de forma muy localizada para abastecimiento de pequeñas localidades y también para riego (FGP-Paleozoica) mientras que el resto de los afloramientos corresponden con los materiales detríticos y carbonatados Terciarios de la Depresión de Calatayud que presentan por lo general permeabilidad baja (arcillas, margas y yesos), aunque también se encuentran algunos afloramientos de calizas y los conglomerados de borde con una permeabilidad media que actúan como acuíferos (FGP-Terciaria). Finalmente, se encuentra el acuífero que configura los materiales cuaternarios (FGP-Cuaternaria) con poca representatividad en esta masa de agua y que incluye los aluviales asociados a los principales ríos y los depósitos de glacis. Conforman un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial, y una potencia media de entre 5 y 10 metros.

El mecanismo principal de recarga de esta masa de agua es la infiltración de las precipitaciones sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, mientras que las descargas se realizan a través de manantiales en la red hidrográfica, y también subterráneamente hacia otros materiales colindantes. A tenor de la baja permeabilidad de la mayor parte de los materiales que la componen, los flujos subterráneos se limitan a la zona de alteración superficial, de carácter local y muy condicionados por la topografía local.

Esta masa de agua se encuentra en riesgo cuantitativo de no alcanzar los objetivos medioambientales. Dentro de esta masa de agua se identifica como presión significativa la extracción de agua para agricultura (3.1), abastecimiento urbano (3.2), y la industria (3.3), con un impacto comprobado de descenso piezométrico por extracción (LOWT). En el tercer ciclo de planificación, se calcula un volumen de extracción muy elevado de 4,53 hm³/año frente a un recurso disponible bastante más pequeño, de 1,30 hm³/año, de modo que se obtiene como resultado del índice de explotación (IE) un valor elevado de 3,49.

Esta masa de agua solo dispone de un punto de control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas, que atraviesa un paquete de 139 m de pizarras del ordovícico y con registros desde octubre de 2010. Sobre las series anuales y mensuales de medidas piezométricas de este punto de control se ha realizado un análisis de tendencia (2010-2019). El método estadístico empleado corresponde al test no paramétrico de Mann-Kendall a partir del cual se establece si las tendencias son o no significativas en función del grado de significancia (>90% la fiabilidad del resultado se considera alta). Los resultados del análisis de la serie mensual como la anual muestran un grado de significancia por debajo del 90%, lo que indica que no se identifica una tendencia significativa en este punto de control. Este piezómetro posee un rango de variación de 7,35 m con máximos que suelen corresponder con los meses de primavera. Se observan algunos agotamientos del acuífero correspondientes con periodos de sequía, donde se alcanzan los niveles más bajos (octubre 2012 y enero 2018) a la que sucede una posterior recuperación, alcanzando niveles por encima de los definidos a inicio de serie.

Se trata de una masa de agua que por lo general posee muy baja permeabilidad, así como poca capacidad de infiltración y recarga. Las formaciones acuíferas que se explotan son de ámbito geográfico muy local de modo que las posibles afecciones derivadas de su uso tienen una extensión geográfica limitada. La presión extractiva en esta masa se concentra fundamentalmente

en pequeños acuíferos cuaternarios, como el glacis del entorno de Munébrega y sobre los aluviales del Jalón.

En cuanto a las características hidroquímicas, los 3 puntos de control del programa de seguimiento del estado químico de los que dispone esta masa de agua, todos ellos en formaciones paleozoicas, clasifican las aguas subterráneas como dulces de mineralización media con una conductividad eléctrica comprendida entre 300 y 700 µS/cm y una facies química dominante, bicarbonatada cálcica o magnésica. La concentración en mg/L de $CaCO_3$, calculada a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg obtenidos en estos puntos, varía entre 230 y 430 mg/L lo que indica que se trata de aguas de naturaleza dura.

Finamente indicar, que no se identifica ninguna presión significativa de tipo puntual o difusa y que pueda poner en riego químico esta masa de agua, así como tampoco se identifican en las redes de control valores de contaminantes por encima de la norma de calidad. El nitrato, uno de los contaminantes más comunes en la cuenca del Ebro, presenta valores en los puntos de control que disponen de medidas (IPA-241680001 e IPA-251760030) entre 0 y 6 mg/L (2014-2017).

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 MSBT Sierra Paleozoica de Ateca:

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.

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. 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.

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

Relación río acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS: se proponen trabajos de caracterización y estimación de las necesidades ambientales de los diferentes EDAS identificados dentro de esta masa de agua.

Análisis y diagnosis 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 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. En este sentido sería necesario introducir un mayor número de puntos de control piezométrico en los acuíferos cuaternarios del glacis de Munébrega y aluvial del Jalón, donde se encuentra buena parte de la presión extractiva, así como puntos de control químico en los acuíferos terciarios y cuaternarios localizados en el entorno de Munébrega y La Viñuela, y río Monegrillo, donde se localizan las principales zonas agrícolas de la cuenca.

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.

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

El conocimiento adquirido en cada una de las actividades aquí propuestas irá 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

• 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). 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.

• 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, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo huma 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.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

MSBT: ES091MSBT083 - SIERRA PALEOZOICA DE ATECA

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.

MSBT: ES091MSBT083 - SIERRA PALEOZOICA DE ATECA

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	**241680001**						
Valor							
Máx.	19,7	8	697	10,90	<LQ	<LQ	249,0
Mín.	12,0	7	441	5,40	<LQ	<LQ	249,0
P50	15,4	7	617	7,70	<LQ	<LQ	249,0
N reg.	6	6	6	7	6		1
Código Punto	**251760030**						
Valor							
Máx.	18,2	8	888	8,30	0,6	<LQ	427,0
Mín.	14,8	7	666	1,00	<LQ	<LQ	384,0
P50	17,0	7	818	5,50	<LQ	<LQ	420,0
N reg.	7	7	8	8	5		3
Código Punto	**261850012**						
Valor							
Máx.	9,2	7	414	10,20	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	9,2	7	414	10,20	<LQ	<LQ	<LQ
P50	9,2	7	414	10,20	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	1	1	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	**241680001**								
Valor									
Máx.	373,1	<LQ	19,70	44,0	13,5	0,00	<LQ	19,6	1,2
Mín.	300,1	<LQ	13,80	31,0	2,6	<LQ	<LQ	10,0	<LQ
P50	355,0	<LQ	15,00	34,3	6,3	<LQ	<LQ	15,8	0,7
N reg.	7	6	7	7	7	6	5	7	7
Código Punto	**251760030**								
Valor									
Máx.	520,9	<LQ	21,70	63,9	3,7	0,02	<LQ	52,5	3,8
Mín.	402,6	<LQ	17,50	28,8	<LQ	<LQ	<LQ	31,7	2,5
P50	505,2	<LQ	19,30	56,1	0,5	<LQ	<LQ	47,1	3,2
N reg.	7	7	9	9	9	8	6	9	9
Código Punto	**261850012**								
Valor									
Máx.	279,4	<LQ	15,50	24,2	0,3	<LQ	<LQ	14,0	1,4
Mín.	279,4	<LQ	15,50	24,2	0,3	<LQ	<LQ	14,0	1,4
P50	279,4	<LQ	15,50	24,2	0,3	<LQ	<LQ	14,0	1,4
N reg.	1	1	1	1	1			1	1

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	**241680001**								
Valor									
Máx.	78,8	42,4	1,4600	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	44,0	29,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	71,4	33,7	0,1670	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	7	7	7	7	7	7	5	7	7
Código Punto	**251760030**								
Valor									
Máx.	79,0	55,8	2,4000	<LQ	0,0800	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	65,3	43,6	0,5420	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	72,8	51,4	0,8510	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9	9	9	9	9	7	8	8

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	**261850012**								
Valor									
Máx.	46,0	31,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	46,0	31,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	46,0	31,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	1				1			

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