



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico  
y Minero de España

**PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN  
DE LA CAPTACIÓN PARA ABASTECIMIENTO  
DE FRESNEDA DE LA SIERRA Y RIBAGORDA  
(CUENCA)**

Junio de 2020

## Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Ubicación.....	3
1.2. Situación actual de abastecimiento .....	4
2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS .....	7
2.1. Ámbito estructural .....	7
2.2. Estratigrafía .....	7
3. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS .....	11
4. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN .....	13
4.1. Focos potenciales de contaminación .....	14
4.2. Estimación de la vulnerabilidad .....	16
4.3. Perímetro de protección de la captación .....	20
4.3.1. <i>Perímetro de restricciones absolutas</i> .....	23
4.3.2. <i>Perímetro de restricciones máximas</i> .....	24
4.3.3. <i>Perímetro de restricciones moderadas</i> .....	26
4.3.4. <i>Coordenadas de los perímetros de calidad y actividades a restringir</i> .....	28
4.3.5. <i>Perímetro de protección de la cantidad</i> .....	30
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad de Fresneda de la Sierra y la pedanía de Ribagorda</i>	4
<i>Figura 2. Topográfico (fuente: IGN) y foto aérea (fuente: SigPac) de ubicación de la captación de abastecimiento</i>	5
<i>Figura 3. Reproducción parcial del perfil I-I'. Mapa Geológico serie MAGNA, esc. 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa (la leyenda geológica del perfil coincide con la leyenda del mapa geológico de la figura 5)</i>	7
<i>Figura 4. Mapa geológico de la zona de estudio (fuente: IGME, 1989. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa)</i>	9
<i>Figura 5. Leyenda del mapa geológico de la zona de estudio (fuente: IGME, 1989. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa)</i>	10
<i>Figura 6. MASb de la provincia de Cuenca y ubicación del término municipal de Fresneda de la Sierra (línea roja)</i>	11
<i>Figura 7. Mapa de permeabilidades en la zona de estudio (IGME, 2015)</i>	17
<i>Figura 8. Esquema de la valoración del índice COP</i>	18
<i>Figura 9. Cartografía de la vulnerabilidad en la zona de estudio según el método COP (IGME-DGA, 2009b)</i>	19
<i>Figura 10. Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito</i>	22
<i>Figura 11. Mapa propuesto de restricciones absolutas del perímetro de protección en la captación de Fresneda</i>	24
<i>Figura 12. Zona propuesta de restricciones máximas del perímetro de protección en la captación de Fresneda</i>	25
<i>Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones moderadas</i>	27
<i>Figura 14. Perímetro de protección de cantidad de la captación a Fresneda de la Sierra</i>	31

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Coordenadas de la captación de abastecimiento a Fresneda de la Sierra y los depósitos</i>	5
<i>Tabla 2. Focos potenciales de contaminación detectados</i>	14
<i>Tabla 3. Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito. Método de Wyssling</i>	23
<i>Tabla 4. Dimensiones de la zona de restricciones absolutas. Método de Wyssling</i>	23
<i>Tabla 5. Dimensiones de la zona de restricciones máximas. Método de Wyssling</i>	25
<i>Tabla 6. Dimensiones de la zona de restricciones moderadas. Método de Wyssling</i>	26
<i>Tabla 7. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección</i>	28
<i>Tabla 8. Restricciones con carácter orientativo de las actividades dentro de los perímetros de protección de calidad (modificado Martínez Navarrete y García García, 2003. IGME)</i>	29

## Apéndices

**APÉNDICE I. PLANO DE SITUACIÓN DE LA CAPTACIÓN**

**APÉNDICE II. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN**

**APÉNDICE III. REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

## 1. INTRODUCCIÓN

La Diputación Provincial de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España (en adelante IGME) suscribieron, en 1980, un Convenio - Marco de Asistencia Técnica para “la investigación y evaluación de las aguas subterráneas, conservación y aprovechamiento adecuado de los acuíferos”. Durante los últimos treinta y nueve años, en aplicación de dicho Convenio - Marco, el IGME ha venido colaborando, mediante sucesivos convenios específicos de colaboración con la Diputación Provincial de Cuenca, en la ampliación del conocimiento e investigación del medio hídrico subterráneo y en la utilización racional de dicho recurso.

Como continuación de esta colaboración, ambos organismos han establecido un nuevo Convenio Específico para el conocimiento hidrogeológico, el aprovechamiento y protección del abastecimiento de agua a poblaciones, la investigación del patrimonio geológico-hidrogeológico, para los años 2019-2021, en cuyo marco se emite el presente informe, en el que se establece la propuesta de perímetro de protección de la captación de abastecimiento de los municipios de Fresneda de la Sierra y Ribagorda, cuyas características se desarrollan en los apartados sucesivos.

### 1.1. Ubicación

El municipio de Fresneda de la Sierra se ubica en la franja norte de la provincia de Cuenca (figura 1), concretamente en la comarca de la Serranía Media-Campichuelo y Serranía Baja, situado a 999 m s.n.m. y a unos 42 km de la capital conquense. La superficie de su término municipal es de 32 km<sup>2</sup>, con una población de 48 habitantes (INE, 2019) y una densidad de población igual a 1,5 hab/km<sup>2</sup>.

El término municipal limita al norte con el de Fuertescusa, al noreste con el de Cuenca, al sur y sureste con el término municipal de Castillejo-Sierra, al sur-suroeste con el de Sotorribas y al oeste con el de La Frontera.

Por su parte, Ribagorda es una pedanía perteneciente al municipio de Sotorribas, situada a unos 990 m s.n.m. y localizada en la misma comarca conquense que Fresneda de la Sierra. La superficie correspondiente a la pedanía dentro del término municipal de Sotorribas es de unos 18,35 km<sup>2</sup> y si cuenta con una población de 75 habitantes (INE, 2019), eleva a 3,81 hab/km<sup>2</sup> su densidad de población.

Geográficamente y dentro del término municipal de Sotorribas, la pedanía queda situada en la zona nor-noroeste; las pedanías más cercanas son las de Ribatajada al este y Villaseca al sur. Al oeste limita con los términos municipales de Albalate de las Nogueras y Torralba.

Hidrográficamente la zona de estudio se sitúa en la Cuenca Hidrográfica del río Tajo. El curso de agua más importante es el río Trabaque, situado a unos 2,8 km al sur de Fresneda de la Sierra, alimentado por numerosos arroyos, la mayoría de ellos en su margen derecha.

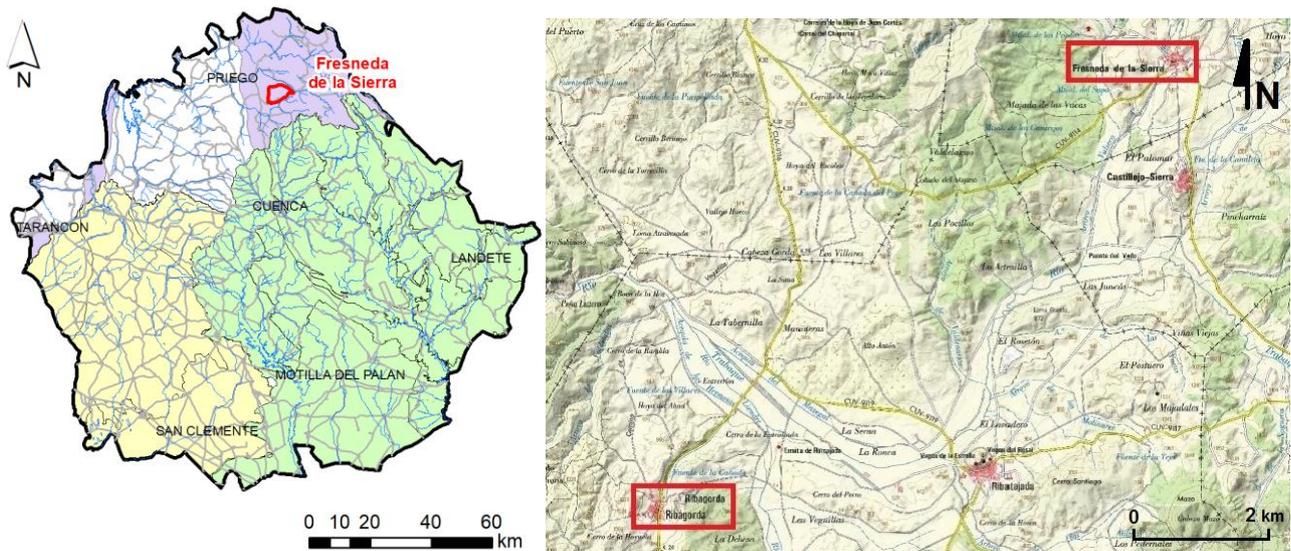


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad de Fresneda de la Sierra y la pedanía de Ribagorda

## 1.2. Situación actual de abastecimiento

Según información facilitada por la Diputación Provincial de Cuenca, el municipio de Fresneda de la Sierra se abastece únicamente de la captación que se localiza al norte del núcleo urbano (Apéndice I), concretamente en la parcela 1 del polígono 502 de Fresneda de la Sierra, en el paraje del arroyo de la Hoz (figura 2).

La captación, asegurada por una arqueta de cemento, está equipada por un contador tras la boca del sondeo del que deriva el agua a un sistema de cloración en la misma arqueta, y la conduce a dos depósitos, con una capacidad de 55 m<sup>3</sup> cada uno, situados a unos 850 m de distancia al sureste de la captación. Uno de estos depósitos suministra directamente al municipio de Fresneda de la Sierra y el depósito restante (construido años después) suministra agua al depósito que se encuentra en Ribagorda y, desde éste, el agua se distribuye a la citada pedanía.

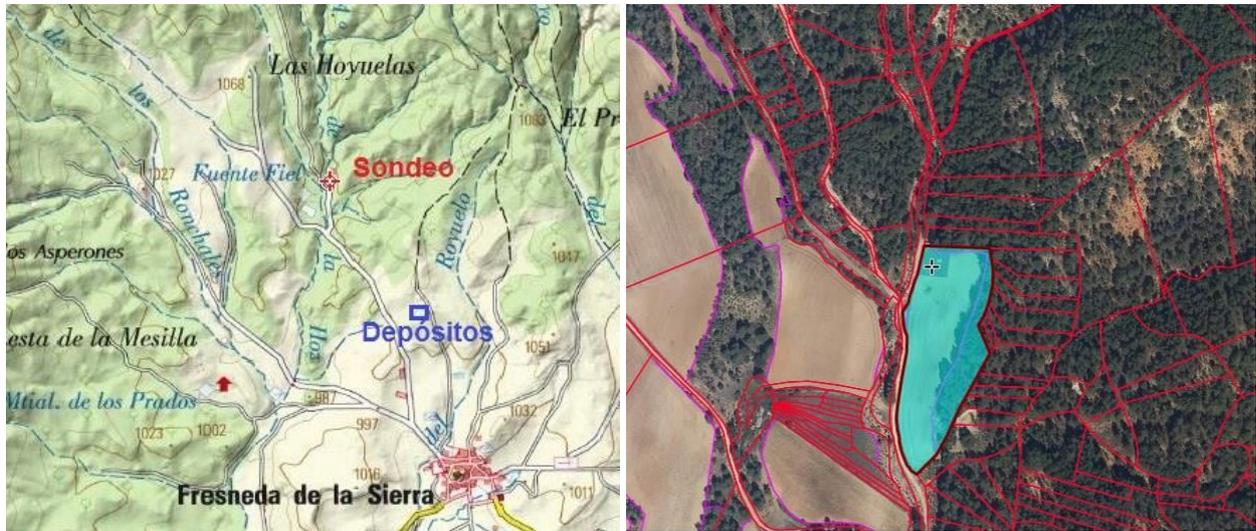


Figura 2. Topográfico (fuente: IGN) y foto aérea (fuente: SigPac) de ubicación de la captación de abastecimiento

Las coordenadas tanto de la captación como de los depósitos se indican en la tabla 1.

SONDEO DE ABASTECIMIENTO	COORDENADAS UTM (ETRS 89) H30			Caudal máximo instantáneo (L/s)
	Nomenclatura	X	Y	
Huerto Fiel	572.102	4.473.037	995,75	4,18
Depósitos de almacenamiento	572.607	4.472.358	1023,65	-

Tabla 1. Coordenadas de la captación de abastecimiento a Fresneda de la Sierra y los depósitos

Fresneda de la Sierra cuenta con una población residente de 48 habitantes (INE, 2019) incrementándose, según información facilitada por el ayuntamiento, hasta los 300 habitantes en época estival o estacional. Por su parte, la pedanía de Ribagorda, que pertenece a la localidad conuense de Sotorribas, cuenta con una población residente de 75 habitantes (INE, 2019), incrementándose hasta los 250 habitantes en época estival. Las dotaciones máximas para uso urbano consideradas en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tajo son de 280 L/hab/día.

Según información facilitada por la Diputación de Cuenca, el volumen de demanda anual para la concesión de aguas subterráneas en las localidades de Fresneda de la Sierra y Ribagorda será de 34.255,2 m<sup>3</sup>/día para la demanda de habitantes y de 11.250,0 m<sup>3</sup>/día para la demanda de ganado (considerando un censo ganadero de 1.500 cabezas de ganado, ovino/caprino, para

cada uno de los núcleos urbanos), lo que conlleva un volumen de demanda anual que asciende a 45.505,2 m<sup>3</sup>/día.

Siendo el caudal máximo instantáneo de la captación igual a 4,18 L/s, para la población estacional el funcionamiento de la bomba será de 16 horas, siendo necesarias 4,5 horas de funcionamiento para obtener el caudal necesario para la demanda de la población estable.

En la visita de campo por un técnico del IGME, se tomaron medidas in situ del agua del depósito que alimenta a Fresneda de la Sierra, agua que ya ha pasado previamente por un sistema de cloración. La conductividad eléctrica ha sido de 620 µS/cm para, la temperatura alcanzó un valor de 16,8 °C el pH fue igual a 8,09.

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

### 2.1. Ámbito estructural

El ámbito regional de la zona objeto de estudio queda enmarcado en el sector occidental de la rama castellana de la Cordillera Ibérica, concretamente está limitado por las estribaciones septentrionales de la sierra de las Majadas, al norte de la Serranía de Cuenca, y por el extremo norte de la sierra de Bascuñana, donde se asienta la pedanía de Ribagorda.

Estructuralmente la zona de estudio pertenece al dominio de la depresión de Mariana, de orientación N-S, constituida fundamentalmente por materiales pertenecientes al Cretácico superior (*facies Garumn*) y el núcleo de la depresión está ocupado por depósitos continentales paleógenos que se apoyan discordantes sobre los materiales cretácicos. Rodeando por la zona norte y este, se encuentran los niveles carbonatados cretácicos y jurásicos, pertenecientes a la zona del borde de la Depresión de Mariana, en cuanto al dominio estructural se refiere.

La figura 3 muestra la disposición de la depresión de Mariana (izquierda del perfil) y los materiales cretácicos y jurásicos plegados y fallados (derecha del perfil).

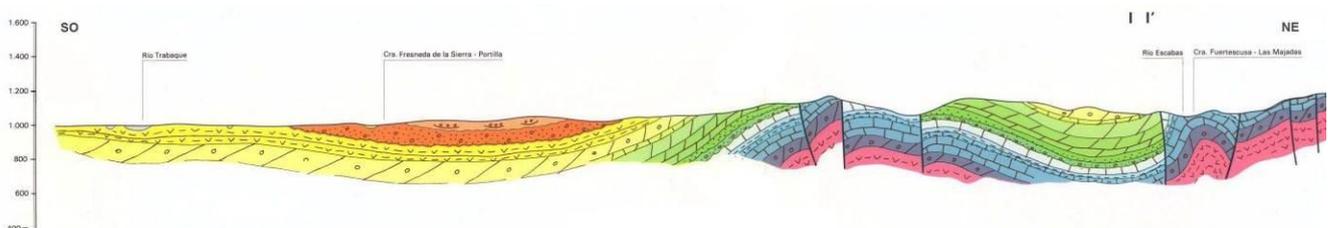


Figura 3. Reproducción parcial del perfil I-I'. Mapa Geológico serie MAGNA, esc. 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa (la leyenda geológica del perfil coincide con la leyenda del mapa geológico de la figura 5)

### 2.2. Estratigrafía

Los materiales más relevantes por sus condiciones geológicas e hidrogeológicas corresponden a depósitos carbonatados mesozoicos, tanto cretácicos como jurásicos, aunque también cabría destacar la presencia de materiales detríticos paleógenos y los sedimentos más recientes (glacis y aluviales).

A unos 5-6 km de la localidad de Fresneda de la Sierra y al norte y oeste de la misma, afloran materiales carbonatados jurásicos con pliegues apretados, constituidos por calizas, dolomías y margas.

Por encima de estos materiales permeables jurásicos y los alrededores de la zona, encontramos niveles aflorantes del Cretácico inferior y superior con pliegues de mayor curvatura que los niveles jurásicos.

De más antiguo a más moderno, se sitúan los materiales asimilables a la tradicional *facies Weald*, datada como Barremiense-Aptiense y constituida por arcillas, areniscas y calizas. Suprayacente se encuentran los depósitos terrígenos de la *Formación Utrillas* (Albiense-Cenomaniense inferior) de tonalidades blancas y amarillentas, que son arenas cuarzo-feldespáticas caoliníferas, con intercalaciones de arcillas plásticas y abundantes costras ferruginosas. En esta zona presenta muy poco espesor y se encuentran, casi siempre muy recubiertas, en las vertientes bajo los resaltes morfológicos originados por los materiales carbonatados cretácicos suprayacentes.

La secuencia cretácica superior se inicia (Cenomaniense-Turoniense inferior) con una alternancia de arcillas y margas verdes y dolomías tableadas cuyo espesor puede alcanzar los 65 m. Se corresponden con las *Formaciones Margas de Chera, Dolomías de Alatoz, Dolomías tableadas de Villa de Vés y Calizas y margas de Casa Medina*.

La siguiente unidad, *Formación Dolomías de la Ciudad Encantada* (Turoniense), es fácilmente reconocible en campo debido al resalte morfológico de las dolomías grises y blanquecinas y calizas dolomíticas con sílex, de color rosado y tonos claros, con potencias medias de 50 m.

Suprayacente, se encuentra la *Formación Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranqueta y la Formación Brechas dolomíticas de Cuenca* (Coniaciense-Campaniense), cuyos afloramientos están ampliamente representados. Están constituidas por dolomías estratificadas y brechas cuya potencia suele oscilar entre 90 y 100 m.

La última unidad perteneciente al Cretácico superior (Campaniense superior) está constituida por la *Formación margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra*, desarrollándose hasta el Paleoceno. Regionalmente está formada por arcillas y margas amarillentas y blanquecinas con intercalaciones discontinuas de yesos. Su espesor puede alcanzar los 115 m.

Apoiados en discordancia sobre la *Formación Villalba de la Sierra* se encuentran las arenas conglomeráticas y arcillas (Eoceno-Oligoceno), las cuales se encuentran en Fresneda de la Sierra. Su espesor puede alcanzar los 60 m y se caracterizan por presentar arcillas anaranjadas y rojizas con intercalaciones de conglomerados cuarcíticos y calizos.

Al sureste de Fresneda de la Sierra aflora una alternancia de conglomerados silíceos, areniscas ocre de grano medio a grueso y arcillas rojas y pardas (Oligoceno) que pueden alcanzar un espesor máximo de 100 m y se atribuye a ambientes fluviales y llanura de inundación.

Por último, los depósitos cuaternarios están ligados, por un lado, a la acción fluvial, son arenas con cantos en los fondos de valle de los arroyos que vierten al río Trabaque y, por otro lado, pequeños afloramientos de cantos y arenas (glacis)

En las figuras 4 y 5 se incluye el marco geológico del entorno del sondeo de Fresneda de la Sierra y la leyenda.

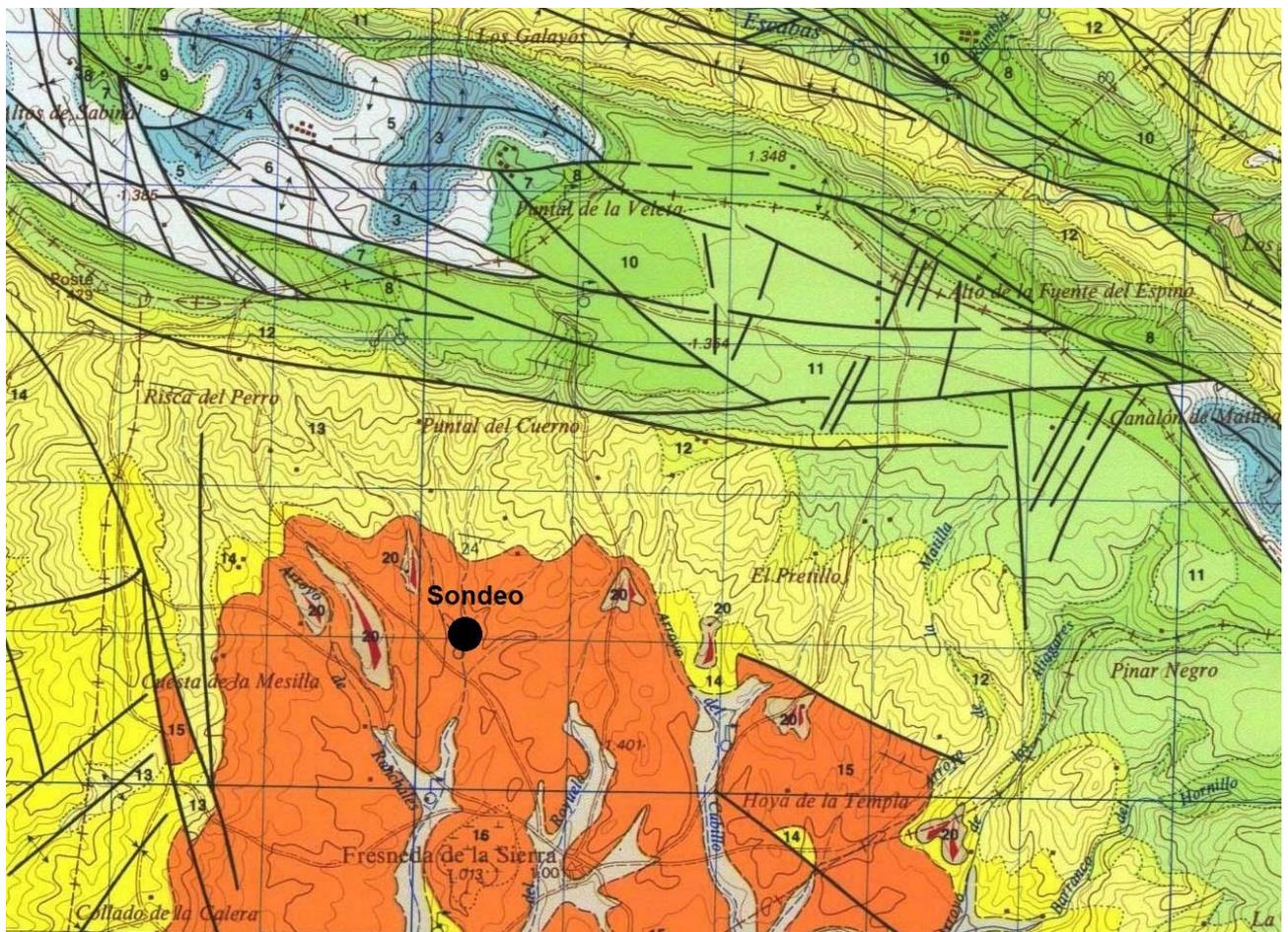


Figura 4. Mapa geológico de la zona de estudio  
(fuente: IGME, 1989. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa)

CUATERNARIO	HOLOCENO		22	23	21	23 Fondo de Valle
	PLEISTOCENO		19	20		22 Arenas con cantos. Aluvial
TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO		18		21 Tobas calcáreas
		OLIGOCENO		17		20 Cantos y arenas. Glacis
		EOCENO		15	16	19 Cantos y arenas. Terrazas
	PALEOGENO	SUPERIOR	F. GARUM	14		18 Conglomerados calcáreos masivos y areniscas.
				13		17 Conglomerados silíceos, areniscas y arcillas rojas
				12		16 Margas y arenas. Calizas a Techo
CRETÁCICO	SUPERIOR	CAMPAÑIENSE	15		15 Arenas conglomeráticas y arcillas	
		SANTONIENSE	13		14 Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra	
		CONIACIENSE	12		13 Fm. Brechas dolomíticas de Cuenca	
		TURONIENSE	11		12 Fm. Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera	
		CENOMANIENSE	10		11 Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada	
	INFERIOR	EN F.W.	ALBIENSE	8	9	10 Fms. Margas de Chera, dolomías de Alatoz, dolomías de Villa de Vés y Fm. margas de Casamedina
			APTIENSE	7		9 F. Weald y Fm. arenas de Vitrillas (indiferenciado)
		EN F.W.	BARREMIENSE	7		8 Fm. Arenas de Vitrillas
			6		7 Facies Weald. Areniscas, arenas arcillas y calizas	
			5		6 Fm. Carbonatada de Chelva	
JURÁSICO	LIAS	TOARCIENSE	4	5	5 Fm. Margas y calizas de Turmiel	
		PLIENSACHIENS.	3	4	4 Fm. Margas del Cerro del Pez y Fm. calizas bioclásticas de Barahona	
			2	3	3 Fm. Calizas y dolomías de Cuevas Labradas	
TRIÁSICO	RETHIENSE		2		2 Dolomías tableadas de Imón y Fm. carniolas de Cortes de Tajuña	
	F. KEUPER		1		1 Facies Keuper. Arcillas y margas. Yesos	

Figura 5. Leyenda del mapa geológico de la zona de estudio  
(fuente: IGME, 1989. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 564 - Fuertescusa)

### 3. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS

La provincia de Cuenca se sitúa sobre tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo; cada una de las cuales queda dividida en distintas Masas de Agua Subterránea (MASb), tal y como se muestra en la figura 6. El núcleo urbano de Fresneda de la Sierra está situado en la demarcación hidrográfica del Tajo, en la MASb 030.003 Tajuña-Montes Universales.

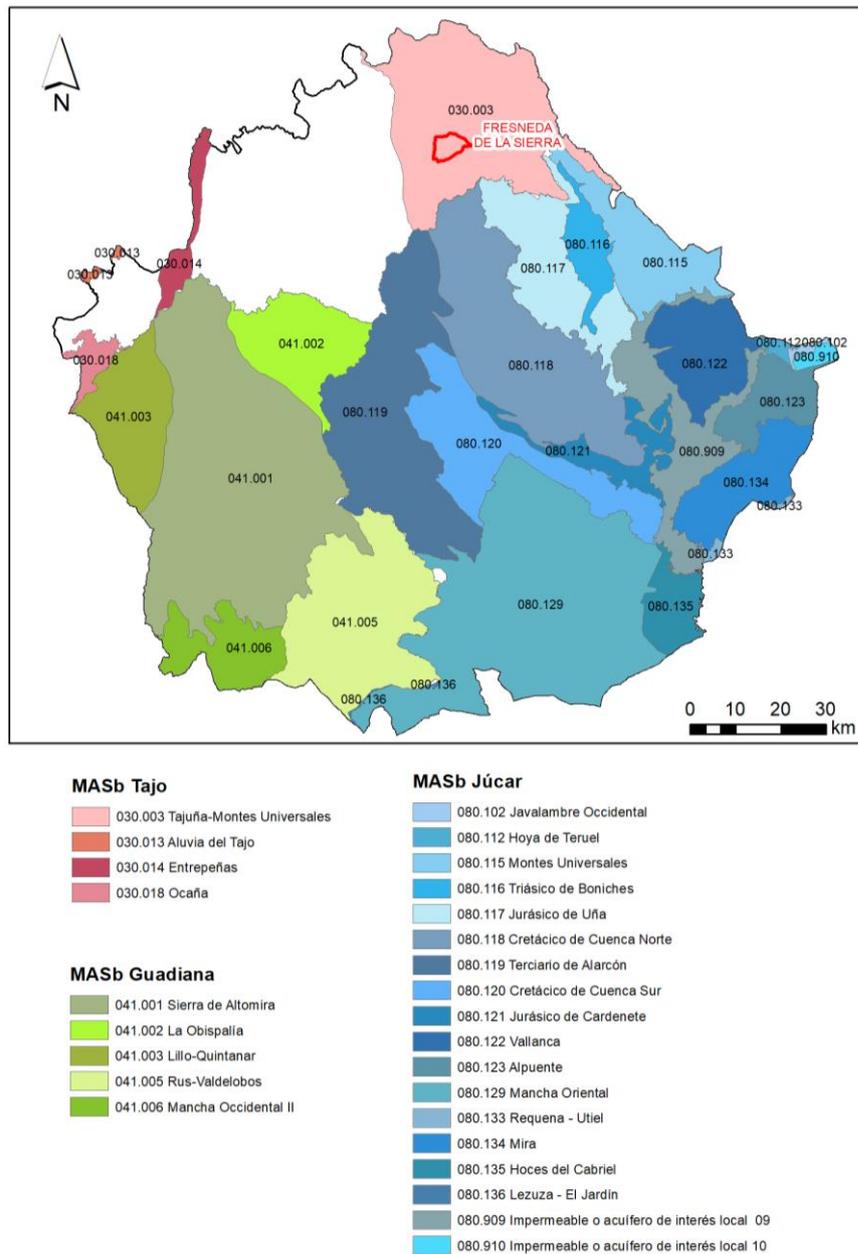


Figura 6. MASb de la provincia de Cuenca y ubicación del término municipal de Fresneda de la Sierra (línea roja)

La MASb de Tajuña-Montes Universales, con una extensión de 3.599,65 km<sup>2</sup> (IGME-DGA, 2009a), se sitúa en la zona oriental de la cuenca del río Tajo; su límite sur coincide con la divisoria hidrográfica del río Tajo, al noreste limita con las poblaciones de Sigüenza, Saelices de la Sal y Cobeta. Hacia el sureste está separada de la MASb de Molina de Aragón por el cauce del río Bullones. El límite norte rodea al embalse de El Atance, el límite oeste se sitúa próximo al embalse de la Tajera y al cauce del río Albalte en la zona suroeste.

En referencia a la calidad de las aguas y según los datos de la Confederación Hidrográfica del Tajo, mayoritariamente presenta unas aguas bicarbonatadas cálcicas-magnésicas.

A escala de MASb, los tramos con mejores características hidrogeológicas, con espesores de entre 250 y 350 m, son los materiales carbonatados, calizas y dolomías, de edad jurásica y cretácica. Su naturaleza y disposición constituyen buenos niveles acuíferos por fracturación y karstificación.

En esta zona la recarga del sistema se debe, fundamentalmente, a la infiltración del agua de lluvia y de los cursos de agua superficial sobre los afloramientos permeables. El drenaje se realiza a través de manantiales y hacia los ríos.

Los materiales cuaternarios aflorantes en la zona se corresponden a depósitos aluviales y glaciales que pueden dar lugar a pequeños niveles acuíferos superficiales (generalmente poco aprovechados).

En el entorno que nos ocupa, se encuentran dos formaciones hidrogeológicas principales: la primera está constituida por los materiales carbonatados cretácicos -el acuífero "Sinclinal de Mariana-Sierra de Bascuñana"- y, la segunda, la formada principalmente por formaciones detríticas terciarias -el acuífero "Depresión de Mariana"- constituidas por alternancias de areniscas, arcillas y limos. Ambos acuíferos se comportan de manera independiente (Martínez, 2019), de tal manera que los sedimentos terciarios obedecen a un comportamiento de acuífero libre o semiconfinado y los materiales cretácicos situados por debajo de éstos, a un comportamiento hidrodinámico confinado.

A nivel regional, el funcionamiento hidrogeológico de los depósitos detríticos terciarios es asimilable al de una gran cuenca sedimentaria, circulando las aguas hacia los cauces principales (Trabaque, Júcar). A nivel local, se pueden definir cuencas más reducidas que drenarán por manantiales de poco caudal, escaso recorrido y cuyo funcionamiento podría asemejarse al de un acuífero libre. En profundidad el resto de los horizontes acuíferos presentarán mayor o menor confinamiento (Martínez, 2019).

#### 4. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población, como la gestión sostenible del recurso agua.

Tal y como se ha indicado anteriormente, el sondeo se ubica sobre los materiales detríticos paleógenos (Eoceno-Oligoceno), tratándose fundamentalmente, de arenas conglomeráticas y arcillas.

Los datos piezométricos consultados, no permiten trazar un mapa de isopiezas, de tal manera que, para los niveles acuíferos más superficiales, las direcciones de flujo predominantes estarán condicionadas, a priori, por la topografía y las cuencas superficiales (Martínez, 2019).

En el presente documento se propone el perímetro de protección en torno a la captación de Fresneda de la Sierra, para proteger tanto la **calidad** como la **cantidad** de agua necesaria para satisfacer la demanda. En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en peligro la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Según información facilitada, el sondeo alcanza los 248 m de profundidad, fue perforado en 1982 por el IRYDA según fuentes municipales para regadío. Se sitúa a 1,6 km al noroeste del núcleo urbano de Fresneda de la Sierra, como se aprecia en el plano del Apéndice I del presente documento. Está encamisado con tubería de chapa metálica de 400 mm de diámetro y la bomba extractora, de 15 CV, se sitúa a 130 m de profundidad desde la superficie.

No se tienen datos de la columna litológica que atravesó el sondeo.

En los apartados siguientes, se analizan los diferentes aspectos que configuran la Propuesta de Perímetro de Protección.

#### 4.1. Focos potenciales de contaminación

Tras la visita realizada por un técnico del IGME a Fresneda de la Sierra el día 9 de junio de 2020, no se aprecian focos potenciales de contaminación de entidad en las inmediaciones de la captación, que pudiesen influenciar negativamente en la calidad del agua de la misma y constituyan, por tanto, un riesgo potencial de contaminación.

Los focos potenciales de contaminación de los alrededores de la zona de estudio son los reflejados en la tabla 2.

FOCO DE CONTAMINACIÓN	COORDENADAS (ETRS 89) H30			Distancia al sondeo (m)	Tipo de Contaminación
	Punto	X	Y		
Granja con ganado ovino	572476	4472026	995	1.100	Difusa. Nitratos, fosfatos, potasio
Punto Limpio	571786	4471336	959	1.750	Variado
Cementerio	573310	4471571	1001	1.900	Fosfatos
Tierras de cultivo de secano	Areal				Difusa. Nitratos, fosfatos, potasio y pesticidas

Tabla 2. Focos potenciales de contaminación detectados

En el entorno inmediato de la captación no se han detectado vertederos incontrolados o escombreras y aguas arriba del sondeo sólo existe monte, terreno forestal y caminos vecinales de acceso al sondeo. Según información facilitada por el ayuntamiento, no se tiene constancia de otras perforaciones.

La parcela donde se ubica el sondeo, según información facilitada por el alcalde del municipio, es de barbecho y en el cultivo de la misma tiene prohibido el vertido de abonos, pesticidas y nitratos por orden municipal.

Cabe destacar que, a 200 metros al suroeste del sondeo, se encuentra el manantial “Fuente Fiel” o “Huerto Fiel” (X: 571948, Y: 4472895, Z: 997), que abastecía al municipio antes de la perforación del sondeo y tras su perforación y acondicionamiento, el abastecimiento era conjunto hasta el año 2000. A partir de esta fecha, el manantial perdía caudal en época estival, por lo que se procedió a la instalación de una nueva red de distribución en la población, junto con la construcción del depósito, y el agua del manantial pasó a ser utilizada como abrevadero y para regadío de las parcelas aguas abajo (ver reportaje fotográfico en Apéndice III). El 9 de junio de 2020, el caudal aproximado del caño que alimenta el abrevadero es de 0,25 L/s. Las

medidas tomadas in situ han proporcionado un valor de 460  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la conductividad eléctrica y 14,7  $^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

Con respecto a los citados focos de contaminación, al encontrarse relativamente alejados del núcleo urbano y aguas abajo de la captación, no deben suponer un problema para la calidad del agua, ya que ésta se capta a profundidades algo superiores (nivel de agua a 106 metros de profundidad en febrero de 2020), además de existir un material de permeabilidad baja a media en los primeros metros desde la superficie, hasta la aparición del acuífero.

El mapa de localización de los distintos focos de contaminación localizados, así como sus correspondientes fotografías, se incluyen en los Apéndices II y III respectivamente.

## 4.2. Estimación de la vulnerabilidad

Como herramienta preventiva frente a la contaminación, tradicionalmente se ha venido trabajado en el desarrollo de metodologías tendentes a evaluar la posible vulnerabilidad de los acuíferos frente a las presiones externas.

Como primera aproximación para caracterizar el medio se aporta el mapa de permeabilidad del término municipal (figura 7), indicando la caracterización de los materiales sobre los que se dispone la captación.

En la MASb 030.003 Tajuña-Montes Universales, existe una cartografía de vulnerabilidad de acuíferos previa, obtenida mediante el empleo del método COP (Vías *et al.*, 2006), elaborada por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA). Este trabajo forma parte de las actividades realizadas en el “Acuerdo para la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas”, firmado por ambos organismos en septiembre de 2007.

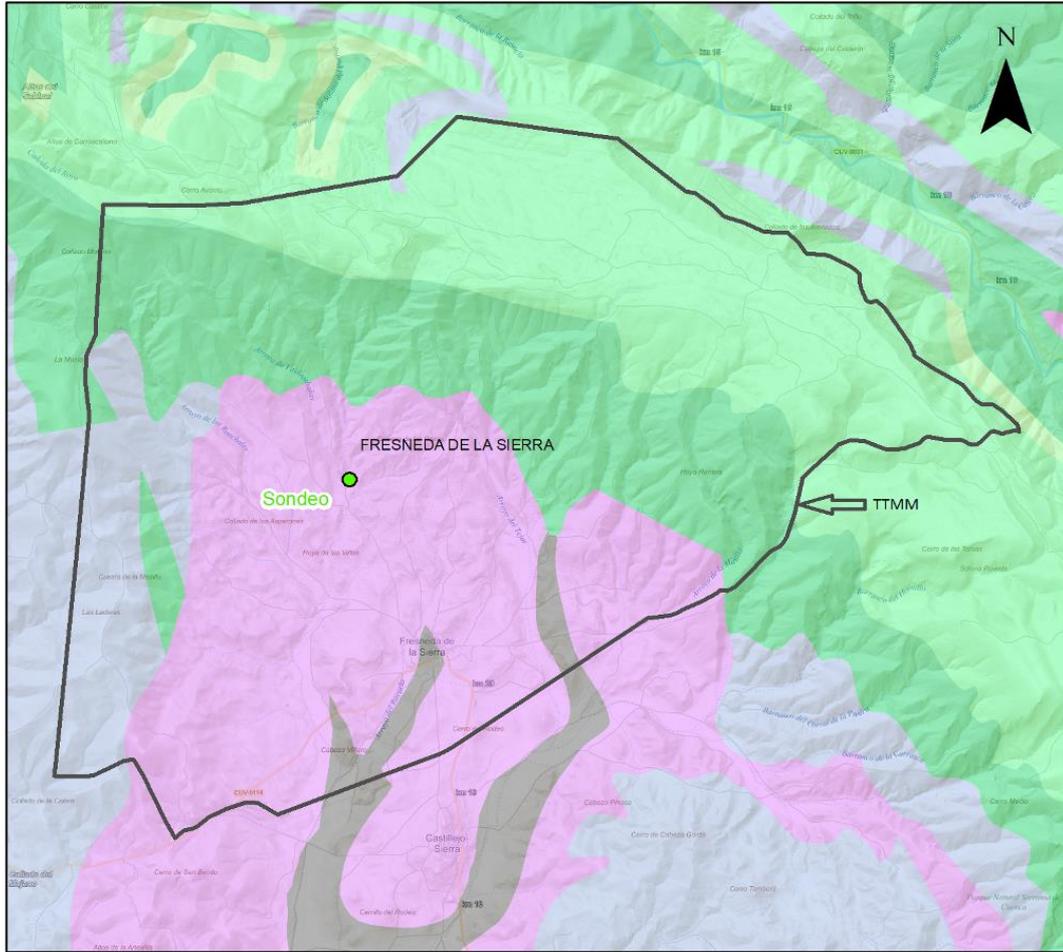
El método COP fue diseñado para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos carbonatados a partir de tres factores:

- concentración de flujo (**C**)
- protección del agua subterránea (**O**)
- precipitación (**P**)

El método COP representa una interpretación integral de la propuesta europea contemplada en la Acción COST 620.

El **factor C** es específico de acuíferos carbonatados y considera dos escenarios posibles, por un lado, diferencia las zonas de infiltración preferencial del acuífero donde la existencia de conductos y velocidades elevadas de flujo provocan un aumento de la vulnerabilidad, y por otro las áreas donde se produce una infiltración difusa sin una concentración significativa de los flujos del agua de recarga.

El **factor O** tiene en cuenta la capacidad de atenuación del contaminante ejercida por la zona no saturada en función de la textura y espesor de suelo, la litología, el espesor de la zona no saturada y el grado de confinamiento del acuífero.



LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD					
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	
CON AGUAS UTILIZABLES	FISURABLES Y SOLUBLES	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
		DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
	POROSAS	DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
		ÍGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD	SOLUBLES	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	<b>E-B</b>	E-MB

Figura 7. Mapa de permeabilidades en la zona de estudio (IGME, 2015)

Para evaluar el **factor P** hay que tener en cuenta tanto la cantidad como la intensidad de las precipitaciones.

El índice COP se calcula mediante el producto de los tres factores. Sus valores varían entre 0 y 15 y se agrupan en cinco clases de vulnerabilidad (Muy Alta, Alta, Moderada, Baja, Muy Baja), de manera que los índices más bajos indican máxima vulnerabilidad (figura 8).

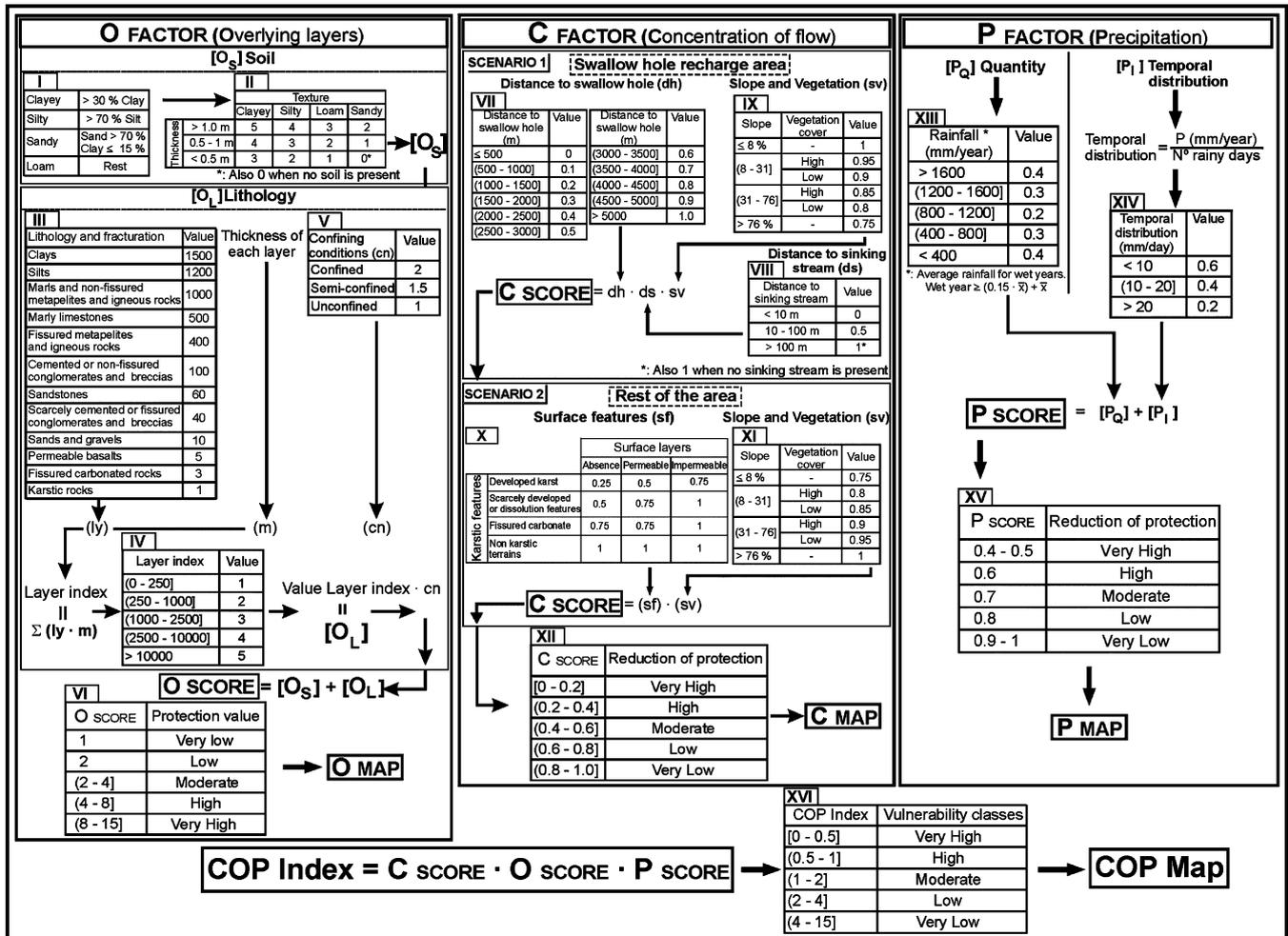


Figura 8. Esquema de la valoración del índice COP

En el presente estudio se ha tomado como válido el citado mapa de vulnerabilidad de la MASb 030.003 Tajuña-Montes Universales elaborado en IGME-DGA (2009b), mediante el método COP, incluido en la figura 9.

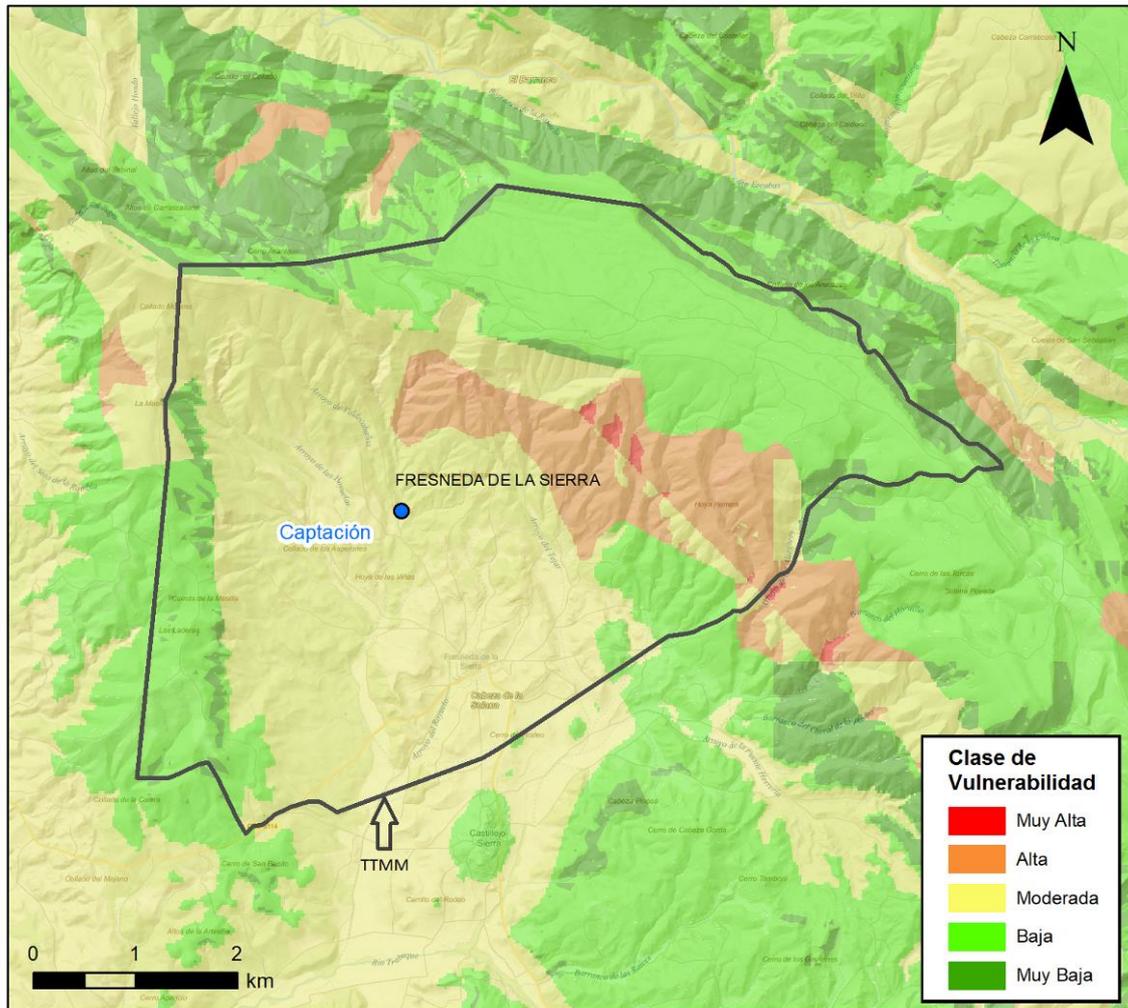


Figura 9. Cartografía de la vulnerabilidad en la zona de estudio según el método COP (IGME-DGA, 2009b)

Los resultados representados en la figura 9 muestran como la captación de abastecimiento a Fresneda de la Sierra y Ribagorda se sitúa en una zona de vulnerabilidad moderada, donde se encuentran materiales terciarios. Cabría destacar la existencia de una franja, de dirección NO-SE, con una vulnerabilidad alta (puntualmente muy alta) a una distancia media de 1,5 km del sondeo de abastecimiento, aguas arriba en su área de alimentación, coincidiendo de forma aproximada con los afloramientos de la *Formación Brechas dolomíticas de Cuenca* (Coniaciense-Campaniense).

Aunque de forma generalizada, tanto el término municipal de Fresneda de la Sierra (perímetro de la figura 9), como el área circundante al mismo, la vulnerabilidad es moderada, baja y muy baja.

### 4.3. Perímetro de protección de la captación

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población como la gestión sostenible del recurso agua.

En el presente documento se proponen los perímetros de protección en torno a la captación utilizada para el abastecimiento de Fresneda de la Sierra y Ribagorda, para proteger tanto la **calidad** como la **cantidad** de agua necesaria para satisfacer la demanda. En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en riesgo la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Para lograr ambos objetivos es recomendable el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, que habrá que establecer para cada caso.

La definición de los perímetros de protección de la captación se basa fundamentalmente en *criterios hidrogeológicos y análisis de vulnerabilidad a la contaminación*, apoyándose además habitualmente en los cálculos realizados siguiendo el **método de Wyssling**, que tiene en cuenta el tiempo de tránsito. Este método permite evaluar el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se quiere proteger.

Como resultado se obtiene una zonación dentro del perímetro de protección de la captación en tres zonas, que contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a la citada captación:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: el criterio de delimitación suele ser un tiempo de tránsito 1 día o un área fija de unos 100 m<sup>2</sup>. Suele estar vallada impidiendo el acceso de personal no autorizado a la captación.
- Zona próxima o de restricciones máximas: se dimensiona generalmente en función de un tiempo de tránsito de 50 días. Protege de la contaminación microbiológica. Puede delimitarse con criterios hidrogeológicos combinado con el análisis de la vulnerabilidad y en algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador del terreno.

- Zona alejada o de restricciones moderadas: el criterio más utilizado para su dimensionado es un tiempo de tránsito de varios años, en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos. Su objetivo es proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia.

La aplicación de métodos hidrogeológicos, exclusivamente, delimitaría el área de alimentación de cada captación, pero no permite su subdivisión en diferentes zonas, como sí lo posibilita el empleo de métodos que consideran el tiempo de tránsito o la combinación de métodos hidrogeológicos con el análisis de la vulnerabilidad, lo que favorece la regulación de actividades en el entorno de la captación.

Con la combinación de ambos métodos, la definición del perímetro de protección permite asegurar que la contaminación será inactivada en el trayecto entre el punto de vertido y el lugar de extracción del agua subterránea y, al mismo tiempo, en el caso de contaminantes de larga persistencia se proporciona un tiempo de reacción que permita el empleo de otras fuentes de abastecimiento alternativas, hasta que el efecto de la posible contaminación se reduce a niveles tolerables.

Este método consiste en el cálculo de la zona de influencia de una captación y búsqueda posterior del tiempo de tránsito deseado. El método es simple y supone que el acuífero se comporta como un acuífero homogéneo (este hecho puede considerarse válido en primera aproximación para una escala de detalle). Por ello en este trabajo no se considera de forma exclusiva, sino como apoyo en la definición de perímetros aplicando criterios hidrogeológicos y el análisis de la vulnerabilidad frente a la contaminación.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

- $i$  = gradiente hidráulico
- $Q$  = caudal de bombeo ( $m^3/s$ )
- $k$  = conductividad hidráulica ( $m/s$ )
- $m_e$  = porosidad eficaz
- $b$  = espesor saturado del acuífero ( $m$ )

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de llamada ( $X_0$ ), la velocidad efectiva ( $V_e$ ) y la distancia ( $S$ ), en metros, recorrida entre un punto y la captación en un determinado tiempo, o tiempo de tránsito ( $t$ ). El procedimiento de cálculo es el siguiente:

- a) Se calcula en primer lugar la zona de llamada. En un acuífero libre, si B (figura 10) es la anchura del frente de llamada:

$$Q = K \cdot B \cdot b \cdot i$$

$$B = \frac{Q}{K \cdot b \cdot i}$$

- b) El radio de llamada ( $X_o$ ) puede obtenerse de la ecuación:

$$X_o = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot b \cdot i}$$

y el ancho del frente de llamada a la altura de la captación:

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2 \cdot K \cdot b \cdot i}$$

- c) La velocidad eficaz  $V_e$  se calcula como:

$$V_e = \frac{K \cdot i}{m_e}$$

- d) Una vez determinada la zona de llamada ha de buscarse en la dirección del flujo la distancia correspondiente al tiempo de tránsito deseado (isocronas).

Se emplean las ecuaciones:

$$S_o = \frac{+l + \sqrt{l \cdot (l + 8 \cdot X_o)}}{2}$$

$$S_u = \frac{-l + \sqrt{l \cdot (l + 8 \cdot X_o)}}{2}$$

Donde:

$$l = V_e \cdot t$$

$t$ : Tiempo de tránsito

$V_e$ : Velocidad eficaz

$S_o$ : Distancia aguas arriba en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito  $t$

$S_u$ : Distancia aguas abajo en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito  $t$



DETERMINACIÓN DE ISOCRONAS (Método de Wyssling)

Figura 10. Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección de abastecimiento a Fresneda de la Sierra y Ribagorda no se dispone de datos hidráulicos precisos, por lo tanto, se emplearán valores medios de origen bibliográfico (Martínez, 2019; IGME, 1981, 1993a, 1993b, 1995, 1996a, 1996b, 2002 y 2013); acordes con la información litológica e hidrogeológica existente, como las columnas litológicas de sondeos, el reconocimiento de campo, etc.

Para la determinación de la propuesta del perímetro de protección de la captación que actualmente abastece de agua a las localidades de Fresneda de la Sierra y Ribagorda, se han considerado los siguientes parámetros:

Fresneda de la Sierra	
Espesor del acuífero (m)	142
Porosidad eficaz	0,02
Permeabilidad horizontal (m/d)	0,35
Caudal de bombeo (L/s)	4,18
Gradiente hidráulico	0,003

Tabla 3. Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito. Método de Wyssling

#### 4.3.1. *Perímetro de restricciones absolutas*

La **zona de restricciones absolutas** tiene como objeto impedir el acceso de personal no autorizado a la captación, así como la realización de cualquier actividad en este recinto, ya que repercutiría directamente en la propia captación.

Los resultados obtenidos según el método de Wyssling son los siguientes:

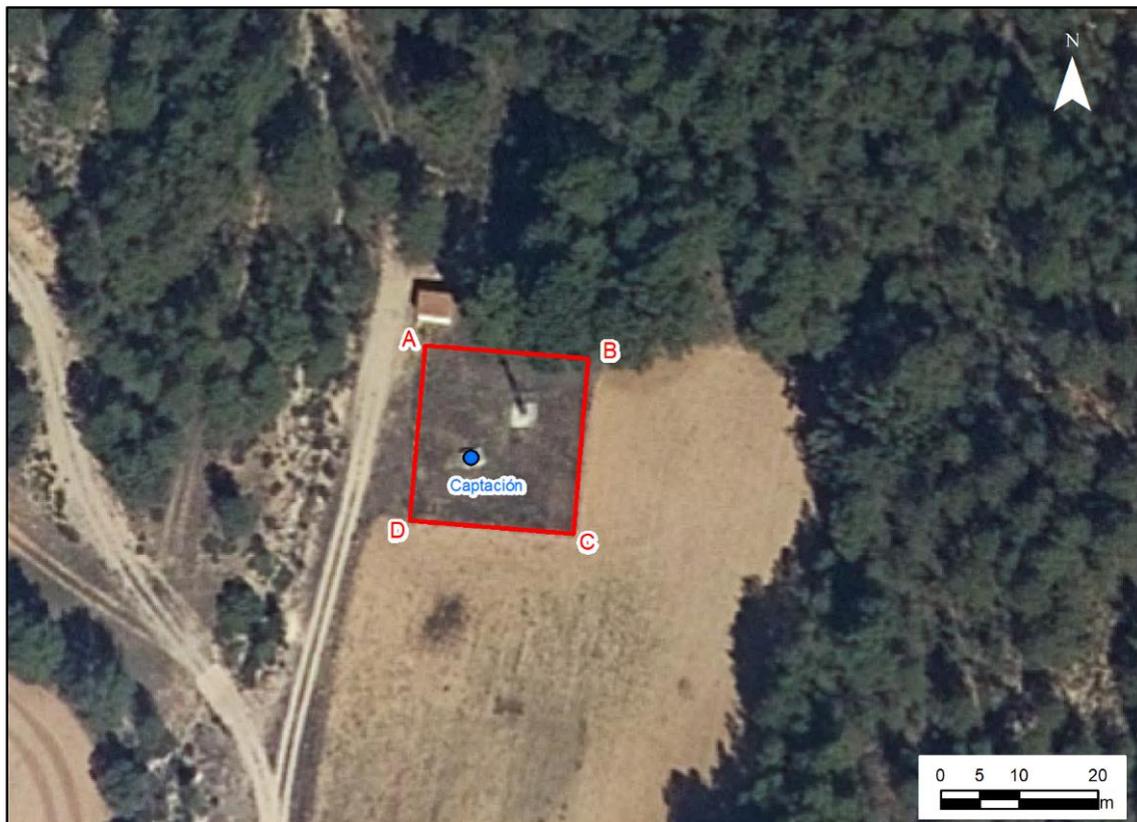
Fresneda de la Sierra	
$S_o$ aguas arriba (m)	6
$S_u$ aguas abajo (m)	6

Tabla 4. Dimensiones de la zona de restricciones absolutas. Método de Wyssling

Por ello, para la fácil definición de la superficie de esta zona y su posterior gestión, será coincidente con la parcela catastral donde se ubica el sondeo en sus límites norte y oeste, extendiéndose de forma equitativa en el límite sur y este, obteniendo una forma cuadrangular de tal manera que resulte fácil su manejo a la hora de definir su superficie y que se ajuste a las peculiaridades del terreno. Este perímetro debería quedar vallado y sus dimensiones serían las

indicadas en la tabla 7 y figura 11. Debido a posibles imprecisiones en la toma de coordenadas, este perímetro es solo orientativo, ya que, como se ha comprobado en campo, la captación cuenta con una arqueta de protección tapada con una chapa metálica y candado, así como con una zona de vallado metálico (reportaje fotográfico, Apéndice III), por lo que no se recomienda ninguna actuación.

En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación.



*Figura 11. Mapa propuesto de restricciones absolutas del perímetro de protección en la captación de Fresneda*

#### *4.3.2. Perímetro de restricciones máximas*

Para determinar la zona de protección próxima se considera como el espacio ( $S$ ) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 50 días. Queda delimitada entre la zona de protección inmediata y la isócrona de 50 días.

Los resultados obtenidos según el método de Wyssling son los siguientes:

Fresneda de la Sierra	
$S_o$ aguas arriba (m)	46
$S_u$ aguas abajo (m)	44

Tabla 5. Dimensiones de la zona de restricciones máximas. Método de Wyssling

Teniendo en cuenta estos valores, por criterios de seguridad y atendiendo a criterios hidrogeológicos dada las características del acuífero y las litologías superiores, se propone proteger el área de una circunferencia de radio igual a 200 metros alrededor de la captación, tal y como puede observarse en la figura 12. Los niveles terciarios suprayacentes a los materiales cretácicos actuarían como protección natural del acuífero y se considera que los materiales de la Zona no saturada suponen una barrera depuradora natural que garantiza la protección del acuífero.

Dentro de este perímetro no queda englobado ningún foco de contaminación de entidad incluyéndose únicamente la parcela catastral del propio sondeo, la cual tiene restringido el vertido de abonos, pesticidas y nitratos por orden municipal.

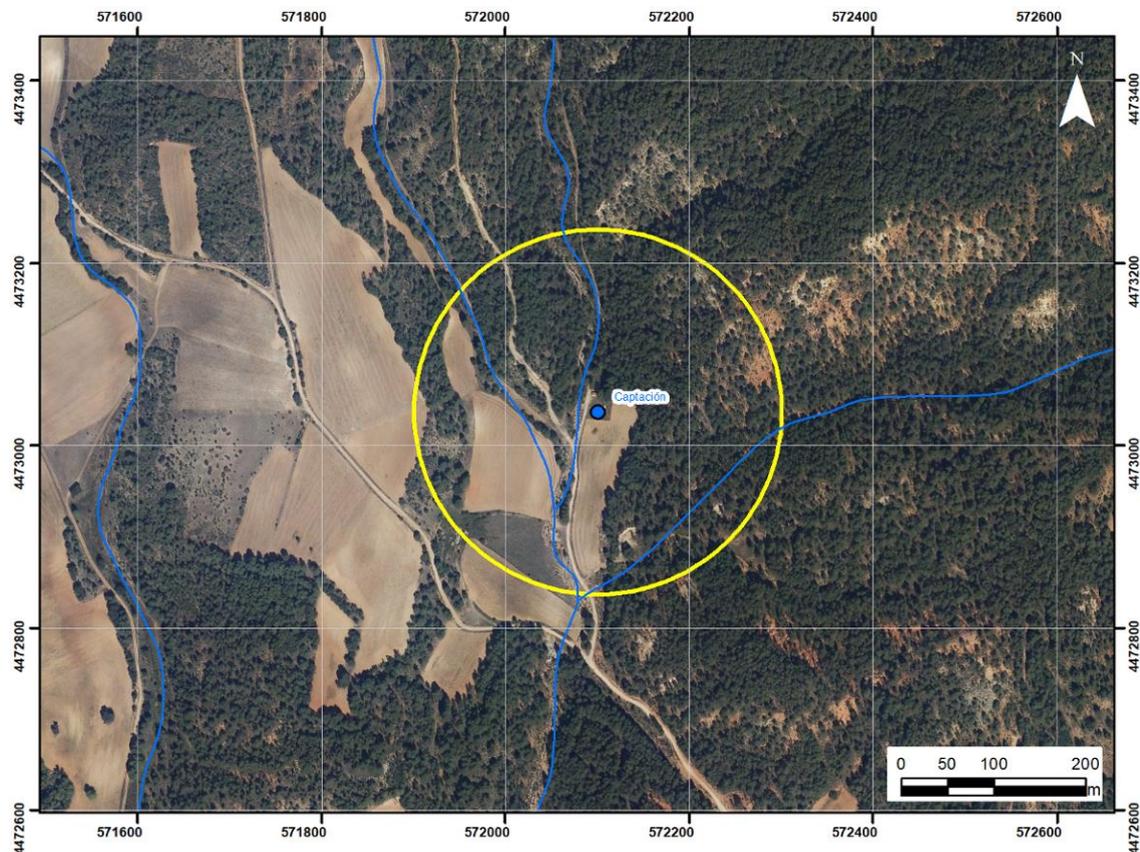


Figura 12. Zona propuesta de restricciones máximas del perímetro de protección en la captación de Fresneda

### 4.3.3. *Perímetro de restricciones moderadas*

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima y la isocrona de 10 años.

Cuando el límite de la zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con el límite de la zona de alimentación.

Los resultados obtenidos según el método de Wyssling son los siguientes:

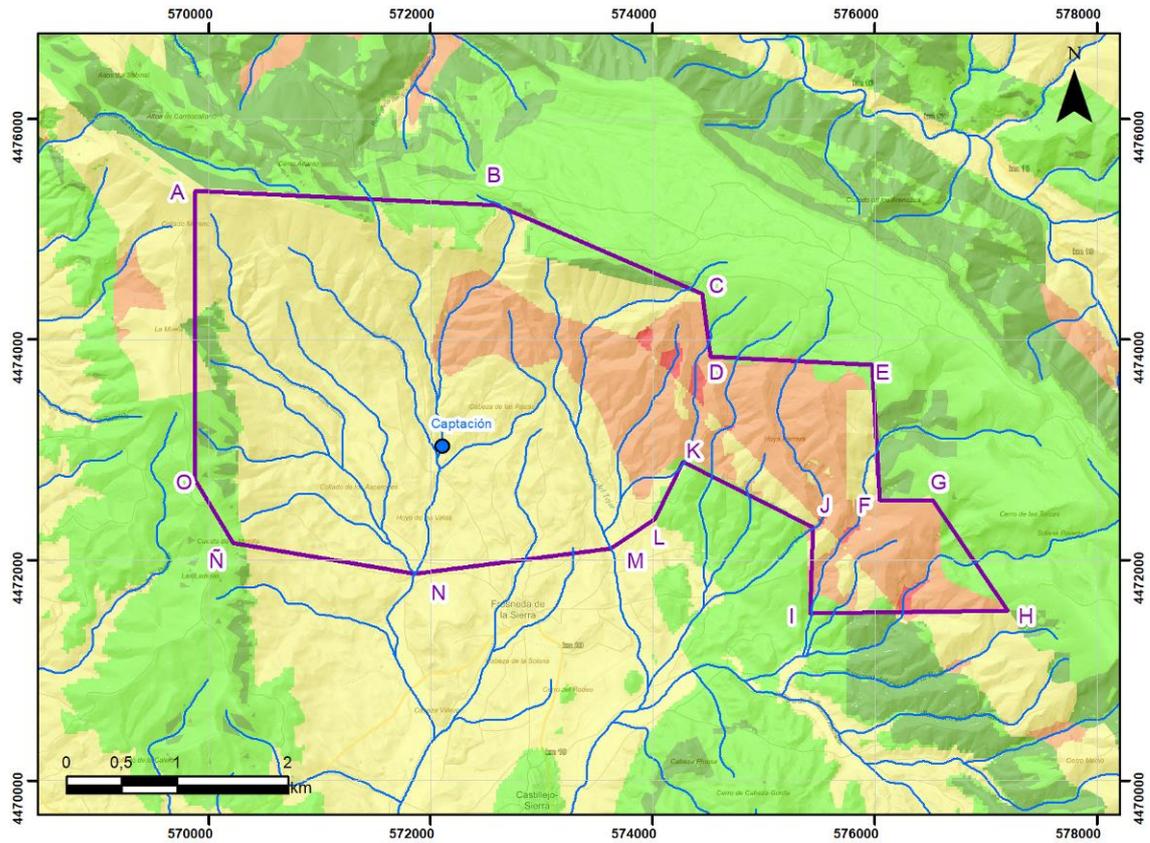
Fresneda de la Sierra	
$S_o$ aguas arriba (m)	493
$S_u$ aguas abajo (m)	300

*Tabla 6. Dimensiones de la zona de restricciones moderadas. Método de Wyssling*

Cabría destacar que con los datos de los que disponemos a la hora de redacción del presente informe, se puede suponer que el sondeo objeto de estudio puede estar explotando diferentes acuíferos en la zona y ante una mayor seguridad de protección del mismo, se propone el siguiente perímetro en la zona de restricciones moderadas. Ahora bien, si la captación explota un acuífero confinado (los materiales jurásicos, por ejemplo), este perímetro quedaría sensiblemente reducido, ya que estaría protegido (confinado) de manera natural y habría que prestar más atención a las restricciones máximas y sobre todo a las restricciones absolutas.

Dicho esto, la delimitación de la zona de protección moderada, al igual que en los casos anteriores, se ha realizado teniendo en cuenta las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, el método de Wyssling y la estimación de la vulnerabilidad. La poligonal delimitada incluye las zonas de vulnerabilidad a la contaminación moderada, alta y muy alta cartografiada dentro del área de alimentación de la captación. Esta superficie tiene una forma aproximadamente semielíptica (salvo una extensión al este), con el eje mayor en la dirección E-O extendiéndose aguas arriba hasta la cuenca hidrográfica concretamente hasta la zona de afloramiento del contacto Cretácico-Jurásico protegiendo el área de alimentación frente a contaminantes de larga persistencia y, aguas abajo hasta la confluencia del arroyo de la Hoz y el arroyo de Los Ronchales, geológicamente sobre los afloramientos cuaternarios. El extremo oeste de la poligonal queda marcado por la zona de vulnerabilidad moderada hasta el límite con las subcuencas hidrográficas de los arroyos citados.

Los límites de la zona quedan reflejados en la figura 13 y las coordenadas de cada vértice vienen indicadas en la tabla 7.



*Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones moderadas*

Por último, cabría destacar que, en las zonas de vulnerabilidad a la contaminación alta y muy alta, situadas al norte y este de la captación y reflejadas en la figura 13 en tonos anaranjados y rojizos, no se ha detectado ningún foco de contaminación en el inventario realizado (Apéndice II).

#### 4.3.4. Coordenadas de los perímetros de calidad y actividades a restringir

En la siguiente tabla se reflejan las coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de la captación de abastecimiento a Fresneda de la Sierra y Ribagorda.

Zona	Punto	COORDENADAS (ETRS 89) H30	
	Vértice	X	Y
Zona de restricciones absolutas	A	572095	4473051
	B	572116	4473049
	C	572114	4473027
	D	572093	4473029
Zona restricciones máximas	Circunferencia de radio igual a 200 m cuyo centro corresponde con las coordenadas de la captación (X: 572101 Y: 4473037)		
Zona restricciones moderadas	A	569874	4475357
	B	572592	4475222
	C	574442	4474422
	D	574517	4473847
	E	575972	4473777
	F	576042	4472546
	G	576517	4472547
	H	577192	4471547
	I	575417	4471522
	J	575442	4472297
	K	574267	4472897
	L	574017	4472371
	M	573630	4472125
	N	571850	4471880
Ñ	570216	4472160	
O	569875	4472730	

Tabla 7. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección

Las restricciones de diversas actividades en el ámbito de los perímetros de protección definidos (zona de restricciones absolutas, zona de restricciones máximas y zona de restricciones moderadas), limitados por las coordenadas reseñadas en la tabla anterior, serán las indicadas con carácter orientativo en la tabla siguiente (tabla 8) para garantizar la calidad del agua de consumo humano, objeto del presente informe.

	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
		Prohibido	Prohib.	Cond.*	Permit.	Prohib.	Cond.*	Permit.
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	Uso de fertilizantes	•	•				•	
	Uso de herbicidas	•	•				•	
	Uso de pesticidas	•	•				•	
	Almacenamiento de estiércol	•	•				•	
	Vertido de restos de animales	•	•				•	
	Ganadería intensiva	•	•				•	
	Ganadería extensiva	•	•					•
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	•	•				•	
	Abrevaderos y refugios de ganado	•	•				•	
	Silos	•	•				•	
ACTIVIDADES URBANAS	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	•	•				•	
	Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas	•	•			•		
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos urbanos	•	•			•		
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Cementerios	•	•				•	
	Asentamientos industriales	•	•				•	
	Vertido de residuos líquidos industriales	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos industriales	•	•			•		
	Almacenamiento de hidrocarburos	•	•				•	
	Depósito de productos radiactivos	•	•			•		
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	•	•			•		
	Conducciones de líquido industrial	•	•			•		
	Conducciones de hidrocarburos	•	•			•		
	Apertura y explotación de canteras	•	•				•	
Relleno de canteras o excavaciones	•	•				•		
OTRAS	Campings	•	•				•	
	Acceso peatonal	•			•			•
	Transporte redes de comunicación	•		•			•	

\* El proyecto de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

Tabla 8. Restricciones con carácter orientativo de las actividades dentro de los perímetros de protección de calidad (modificado Martínez Navarrete y García García, 2003. IGME)

#### 4.3.5. *Perímetro de protección de la cantidad*

Se delimita un sólo perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección de la captación del sondeo se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0.183}{T} Q \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = 50 m<sup>2</sup>/día

Q = Caudal (caudal máximo de la captación a proteger: 4,18 l/s) = 361,1 m<sup>3</sup>/día

t = Tiempo de bombeo (120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1.000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0,001

Con los datos indicados se obtiene que el descenso del nivel piezométrico que provocaría un sondeo que capte los materiales cretácicos y que explote 4,18 l/s durante 120 días continuados, situado a 1.000 m de distancia de la captación sería de 1,49 metros.

En base a los datos calculados, se delimita una zona de protección de la captación con un radio de 1.000 metros al considerarse el descenso producido razonable y perfectamente asumible, puesto que es inferior al 10% del espesor saturado de la captación a proteger.

Su representación cartográfica se puede observar en la figura 14.

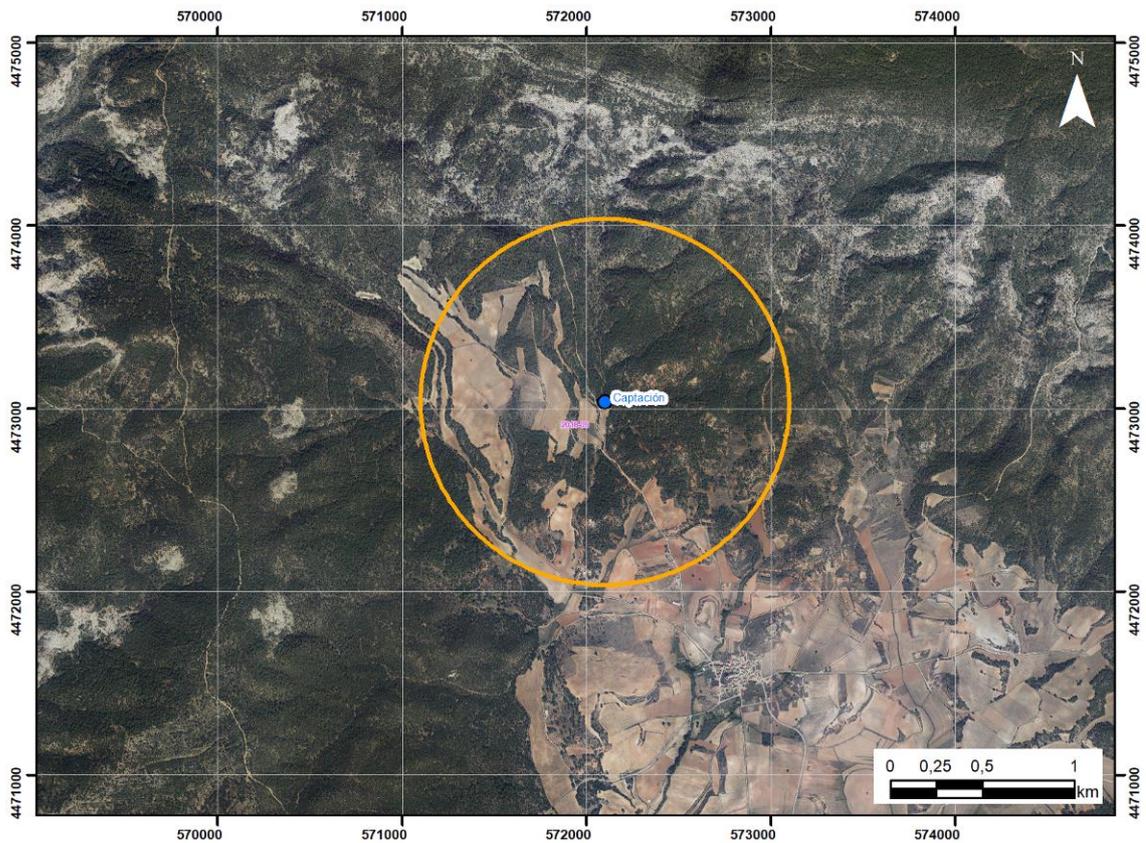


Figura 14. Perímetro de protección de cantidad de la captación a Fresneda de la Sierra

En el caso de propuesta de perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección a la captación de abastecimiento actual. Este control debe repetirse en el caso del perímetro de protección de la cantidad, dentro del cual, todos los sondeos precisarán de dicho estudio hidrogeológico y, si se autoriza, de un adecuado informe final de obras con ensayo de bombeo y adecuación de los sondeos para su medida periódica de niveles piezométricos. Asimismo, será necesario el equipamiento de contadores para determinar y, en su caso, regular el caudal extraído.

Madrid, 17 de junio de 2020

Vº Bº:

Jefa del Proyecto

El autor del informe

Raquel Morales García  
Área de Hidrogeología General y Calidad del Agua  
IGME

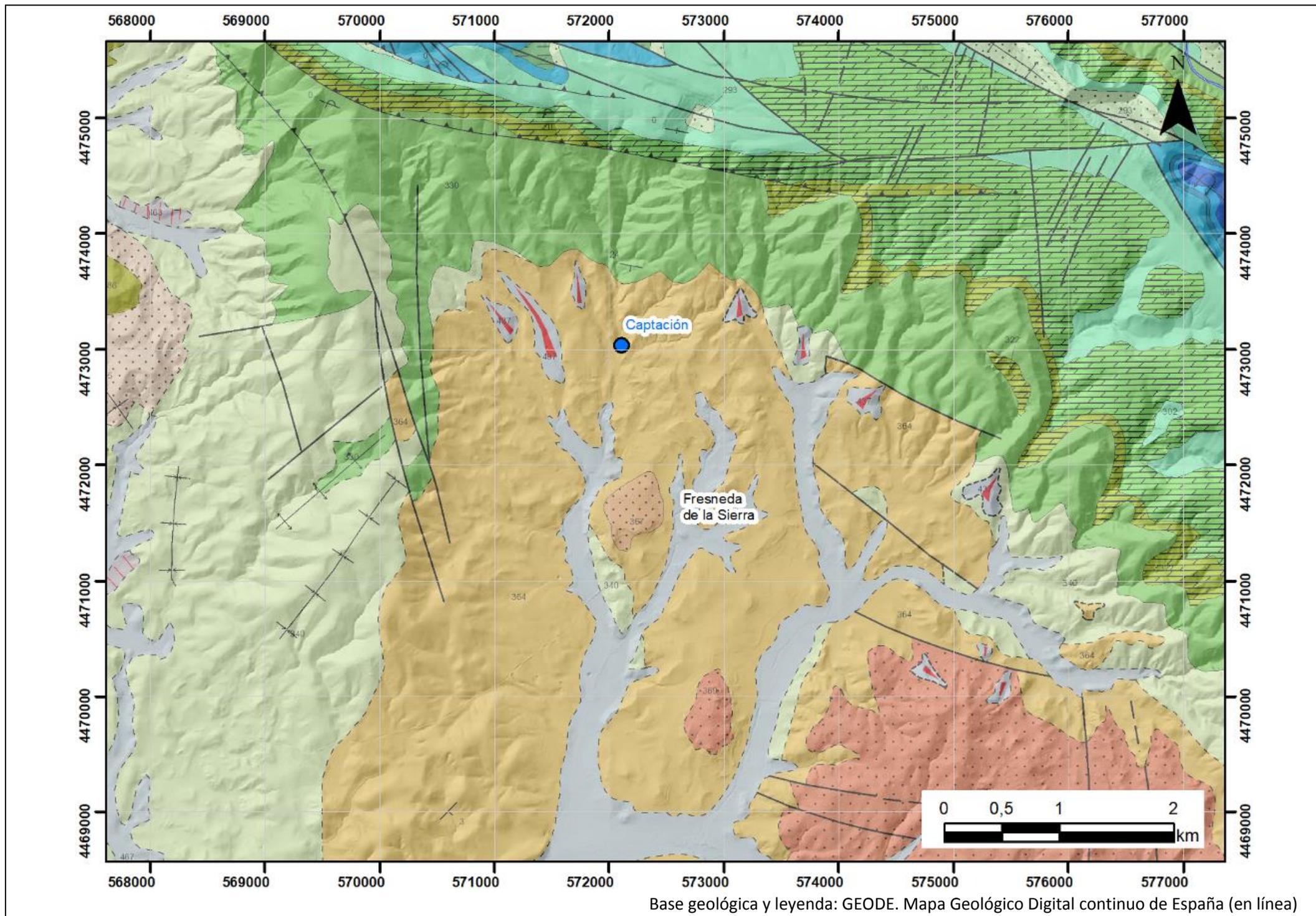
Carlos Camuñas Palencia  
Área de Hidrogeología Aplicada  
IGME

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H.; Petty, R.I. and Hackett, G. 1987. *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings*. United States Environmental Protection Agency. Ada, Oklahoma, EPA 600/2/87/035, 643 pp.
- IGME. 1981. *Informe sobre las posibilidades de resolver mediante aguas subterráneas el abastecimiento de Sotos, Villaseca, Torrecilla, Collados, Ribatajadilla, Ribatajada, Ribagorda y Pajares. Cuenca*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME. Madrid, 140 pp.
- IGME. 1984. Villanueva Martínez, M. e Iglesias López, A. *Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo*. Madrid, 426 pp.
- IGME. 1989. *Mapa geológico de España, serie MAGNA. Hoja 564, Fuertescusa*. Escala 1:50.000. Segunda serie. Primera edición. Mapa y Memoria.
- ITGE. 1993a. *Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento público de agua potable en la localidad de Ribagorda, término municipal de Sotos (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME. Madrid, 19 pp.
- ITGE. 1993b. *Informe final del sondeo perforado para el abastecimiento público de agua potable en la localidad de Ribagorda, término municipal de Sotos (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME. Madrid, 17 pp.
- IGME. 1995. *Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable al municipio de Castillejo-Sierra (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME.
- IGME. 1996a. *Informe final del sondeo para abastecimiento de agua potable al municipio de Castillejo-Sierra (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME.
- IGME. 1996b. *Informe final del sondeo perforado en el término municipal de Torralba (Cuenca) para abastecimiento de agua potable a varias poblaciones*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME.
- IGME. 2002. *Informe final del sondeo para abastecimiento de agua potable a la localidad de Arcos de la Sierra (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME.

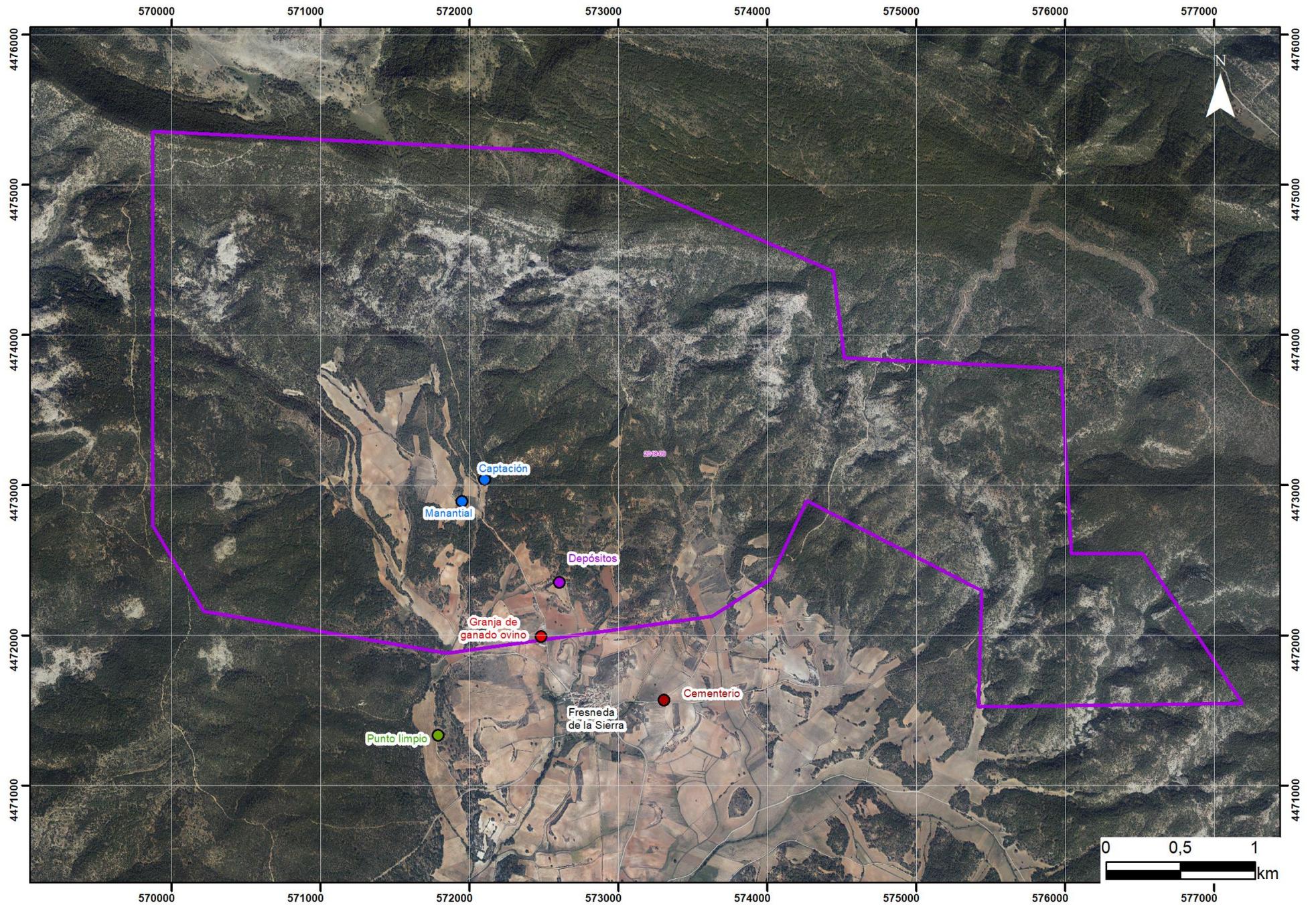
- IGME. 2003. Martínez Navarrete, C. y García García, A. *Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 276 pp.
- IGME-DGA. 2009a. *Actividad 4. Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico*. Demarcación Hidrográfica del Tajo. Acuerdo para la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España del Ministerio de Ciencia e Innovación, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.
- IGME-DGA. 2009b. *Actividad 9. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias. Masas carbonatadas*. Demarcación Hidrográfica del Tajo. Acuerdo para la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME) del Ministerio de Ciencia e Innovación, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.
- IGME. 2013. *Propuesta de perímetro de protección de las captaciones para el abastecimiento de Cañamares (Cuenca)*. Convenio IGME-Diputación de Cuenca. Informe interno. Centro de documentación del IGME.
- IGME. 2015. Mapa de Permeabilidades de España a escala 1:200.000. Servicio WMS 1.3.0. [http://mapas.igme.es/gis/services/Cartografia\\_Tematica/IGME\\_Permeabilidad\\_200/MapServer/WMServer](http://mapas.igme.es/gis/services/Cartografia_Tematica/IGME_Permeabilidad_200/MapServer/WMServer)
- Martínez, M. 2019. Conocimiento hidrogeológico del entorno de la subcomarca del Campo de Ribatajada/Campichuelo (provincia de Cuenca). *Tierra y Tecnología*, 53.
- Vías, J.M., Andreo, B., Perles, M.J., Carrasco, F., Vadillo, I. y Jiménez, P. 2006. Proposed method for groundwater vulnerability zapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. Application in two pilot sites in Southern Spain. *Hydrogeology Journal*, 14, 912-925.

**APÉNDICE I**  
**PLANO DE SITUACIÓN DE LA CAPTACIÓN**



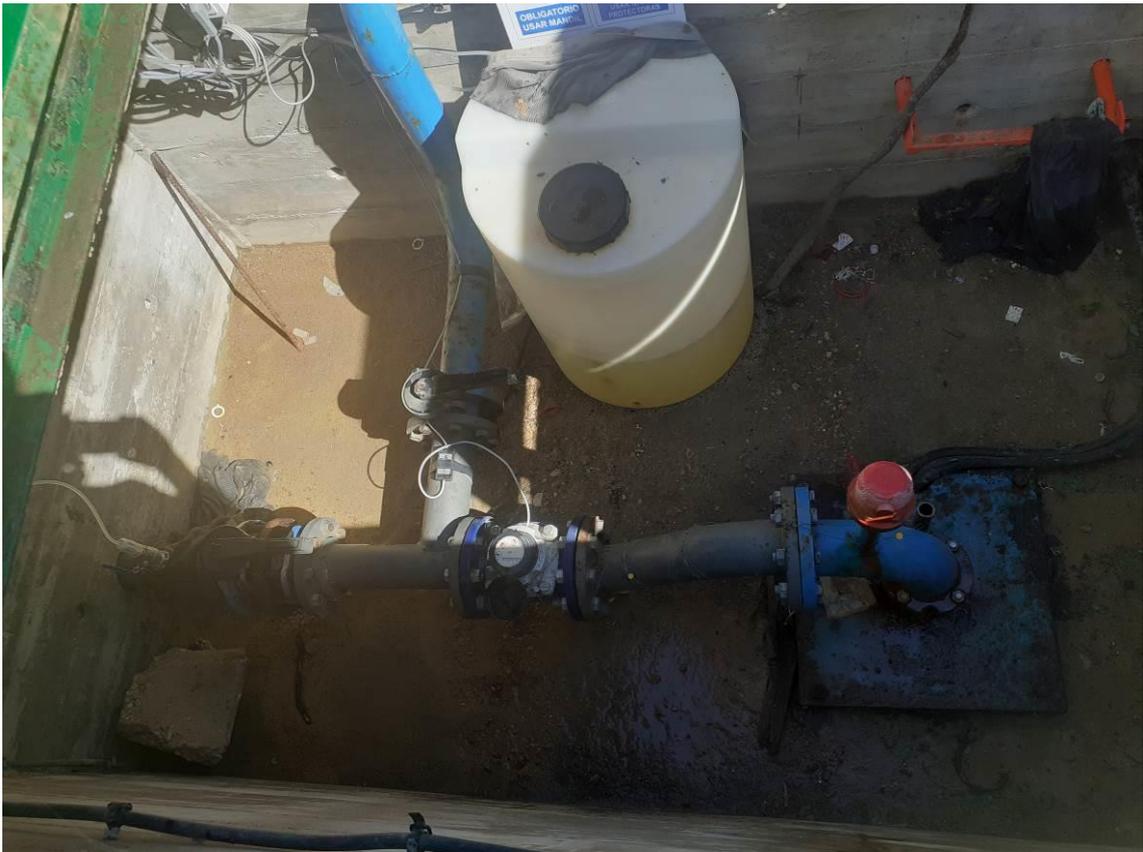
Base geológica y leyenda: GEODE. Mapa Geológico Digital continuo de España (en línea)

**APÉNDICE II**  
**FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN**



Base ortofotográfica: PNOA (en línea)

**APÉNDICE III**  
**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



*Captación de abastecimiento. Arqueta de protección*



*Captación de abastecimiento. Perímetro vallado*



*Manantial Fuente Fiel*



*Manantial Fuente Fiel*



*Parcela catastral aguas abajo del sondeo de abastecimiento*



*Parcelas de cultivo en la zona*



*Emplazamiento de los depósitos al norte de Fresneda de la Sierra*



*Granja de ganado ovino aguas debajo de la captación*



*Emplazamiento del cementerio al este del núcleo urbano*



*Emplazamiento del Punto Limpio al oeste de Fresneda de la Sierra*