

PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LA
CAPTACIÓN “SANTA LUCÍA” DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE A

QUINTANAR DEL REY,

CUENCA

Abril 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. UBICACIÓN	5
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO	6
4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	9
4.1. Estratigrafía	9
4.2. Estructura	11
5. HIDROGEOLOGÍA	11
5.1. Hidrogeología Regional	11
5.2. Hidrogeología Local	13
6. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN	19
6.1. Riesgo de contaminación	20
6.1.1. Focos potenciales de contaminación	20
6.1.2. Estimación de la vulnerabilidad del acuífero	23
6.2. Perímetro de protección de la captación	26
6.2.1. Zona de protección inmediata o de restricciones absolutas	27
6.2.2. Zona de protección próxima o de restricciones máximas	28
6.2.3. Zona de protección alejada o de restricciones moderadas	31
6.2.4. Perímetro de protección de la cantidad	32
6.3. Conclusiones y recomendaciones	33
7. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de situación del municipio de Quintanar del Rey.....	5
Figura 2.	Sondeo Santa Lucía de abastecimiento a Quintanar del Rey.....	6
Figura 3.	Sondeo.....	7
Figura 4.	Depósitos del sondeo Santa Lucía (izq.) y del sondeo Calderones (drcha.)	7
Figura 5.	Elementos del sistema de abastecimiento de Quintanar del Rey sobre MTN E:1/50.000	8
Figura 6.	Mapa geológico de los alrededores de Quintanar del Rey (Tomado de MAGNA 717 Quintanar del Rey y 718 Iniesta). E: 1/50.000	10
Figura 7.	Corte geológico de los alrededores de Quintanar del Rey (Tomado de MAGNA 717 Quintanar del Rey).....	10
Figura 8.	Masas de Agua Subterránea de la Provincia de Cuenca y ubicación del municipio.....	12
Figura 9.	Columna del sondeo Santa Lucía realizada a partir de los datos del informe 1981a	16
Figura 10.	Puntos de agua de los alrededores de la zona de estudio sobre mapa MAGNA 717 E: 1:50.000	18
Figura 11.	Mapa piezométrico de la MASb 080.129. (Obtenido a partir de IGME-DGA, 2009a).....	19
Figura 12.	Focos potenciales de contaminación en los alrededores del sondeo Santa Lucía.....	21
Figura 13.	Focos potenciales de contaminación en los alrededores del sondeo Santa Lucía sobre MTN 1/50.000	22
Figura 14.	Esquema de la valoración del índice COP.....	24
Figura 15.	Cartografía de vulnerabilidad de la zona de estudio según el método COP (obtenido a partir del mapa de vulnerabilidad IGME-DGA, 2009a)	25
Figura 16.	Perímetro de protección óptimo de restricciones absolutas para el sondeo Santa Lucía	27
Figura 17.	Parámetros del método Rehse para el cálculo del poder autodepurador del suelo (tomado de IGME, 2003)	29
Figura 18.	Propuesta de perímetro de protección para la zona próxima del sondeo Santa Lucía	30
Figura 19.	Propuesta de perímetro de protección para la zona alejada o de restricciones moderadas para el sondeo Santa Lucía.....	31
Figura 20.	Propuesta de perímetro de protección de la cantidad del Sondeo Santa Lucía.....	33
Figura 21.	Perímetros de protección propuestos para el sondeo Santa Lucía	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Elementos del sistema de abastecimiento de Quintanar del Rey.....	7
Tabla 2.	Puntos de agua de captación del Cretácico en los alrededores de Quintanar del Rey	14
Tabla 3.	Puntos de agua de captación del acuífero terciario en la zona de estudio	17
Tabla 4.	Propuesta de perímetros de protección del sondeo Santa Lucía.....	34

1. INTRODUCCIÓN

La Diputación Provincial de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España (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 cuarenta años, en aplicación del Convenio - Marco suscrito, 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 y la investigación del patrimonio geológico-hidrogeológico, para los años 2019-2021, en cuyo marco se emite el presente informe.

Su finalidad es realizar una propuesta de perímetro de protección de la captación denominada Santa Lucía, de abastecimiento a la población de Quintanar del Rey, Cuenca.

2. UBICACIÓN

El municipio de Quintanar del Rey se localiza a 80 km al sur de la ciudad de Cuenca, limitando con la provincia de Albacete, en la comarca de La Manchuela, a una altitud de 751 m s.n.m. La superficie que ocupa su término municipal es de 76,2 km² y su situación geográfica se muestra en la figura 1.

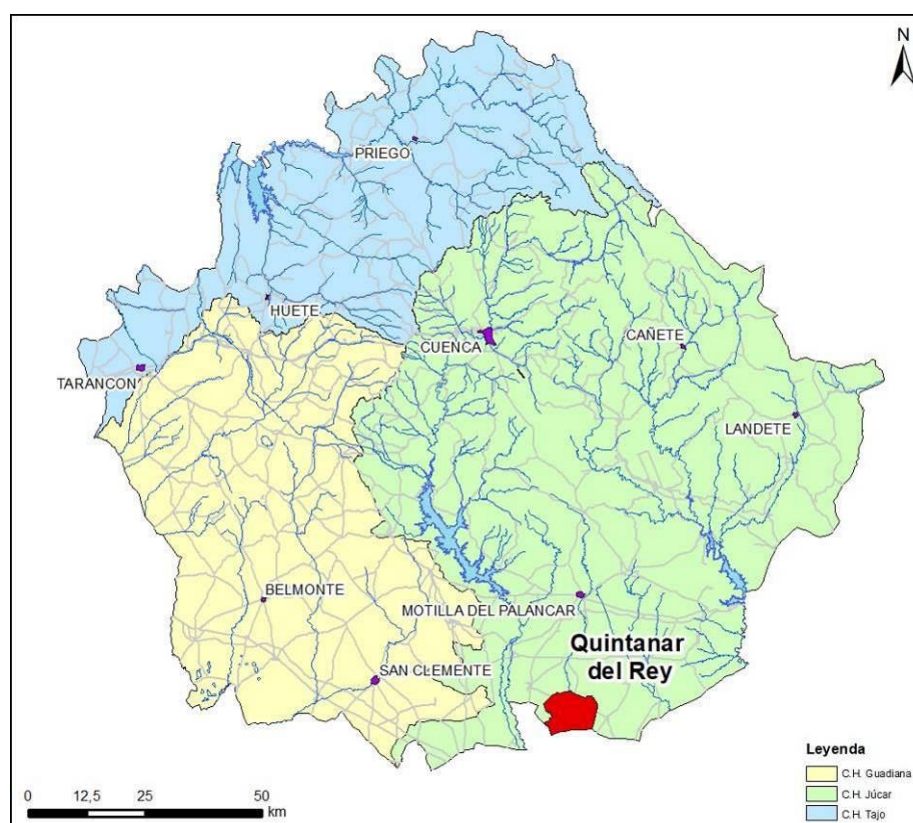


Figura 1. Mapa de situación del municipio de Quintanar del Rey

Hidrográficamente, la zona de estudio se localiza en la Cuenca Hidrográfica del río Júcar (figura 1). El curso de agua más importante de la zona es el río Valdemembra, tributario principal del Júcar, que fluye en sentido N-S por el límite occidental del núcleo urbano de Quintanar del Rey.

El municipio se localiza en las hojas geológicas MAGNA a escala 1:50.000 n° 717 Quintanar del Rey, n° 718 Iniesta y n° 742 La Roda.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

Quintanar del Rey tiene una población actual de 7.586 habitantes (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2019), que se incrementa hasta los 9.000 habitantes de forma estacional (Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales (EIEL), 2018).

El municipio se abastece a partir de 2 captaciones de agua subterránea. La primera de ellas, objeto de este estudio, se sitúa en el núcleo urbano, al oeste del mismo, en la zona denominada Santa Lucía (sondeo Santa Lucía). Presenta una profundidad de 280 m, y aporta un caudal de 80 m³/h (22 L/s) según la información proporcionada por el jefe de servicio de la empresa Aqualia, que gestiona el sistema de abastecimiento de aguas de Quintanar del Rey.



Figura 2. Sondeo Santa Lucía de abastecimiento a Quintanar del Rey

La segunda captación (sondeo Calderones), se ubica a 4 Km al nordeste de la población, en el paraje denominado El Calderón, y tiene una profundidad de 242 m. Según la información proveniente del personal de la empresa Aqualia, se explota con un caudal del 157 m³/h (43,6 L/s), no habiéndose notado variaciones en el nivel piezométrico dinámico en el tiempo.



Figura 3. Sondeo Calderones

El sondeo de Santa Lucía recoge sus aguas y las almacena en dos depósitos comunicados, con capacidades de 1000 m³ y 800 m³, ubicados al norte de la localidad, desde los que se potabiliza y distribuye a la población.

Por su parte, El sondeo Calderones tiene su propio depósito, con una capacidad de 1.500 m³, a partir del cual se distribuye directamente el agua a la población tras su potabilización. La ubicación de los sondeos y depósitos queda reflejada en la tabla 1 y la figura 5.



Figura 4. Depósitos del sondeo Santa Lucía (izq.) y del sondeo Calderones (drcha.)

Elementos del sistema de abastecimiento	Coordenadas UTM H30 ETRS89	
	X	Y
Sondeo Calderones	595727	4358274
Sondeo Santa Lucía	591951	4355050
Depósito Calderones	595563	4358127
Depósitos Santa Lucía	592350	4356703

Tabla 1. Elementos del sistema de abastecimiento de Quintanar del Rey

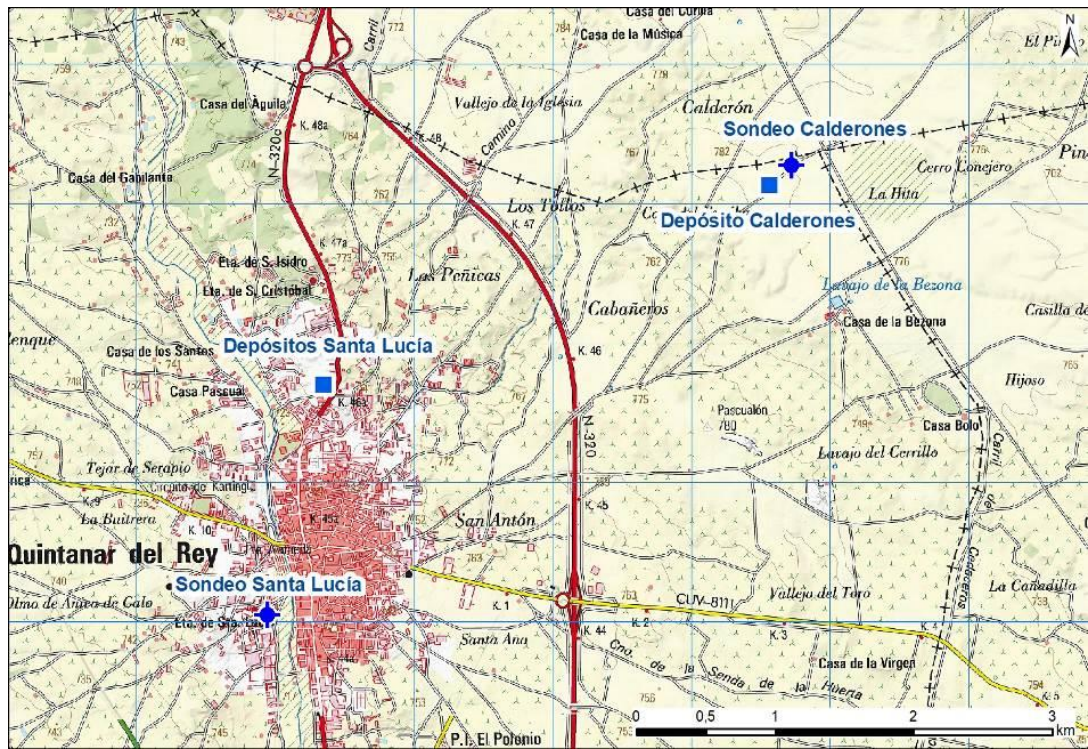


Figura 5. Elementos del sistema de abastecimiento de Quintanar del Rey sobre MTN E:1/50.000

4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

4.1. Estratigrafía

La zona se enmarca en las estribaciones meridionales de la Cordillera Ibérica, en la gran llanura de Albacete-Cuenca. El conjunto de materiales aflorantes se corresponde con depósitos sedimentarios del Terciario y Cuaternario, quedando el Mesozoico enterrado bajo ellos. Se corresponden con los descritos en la hoja geológica MAGNA, a escala 1/50.000, nº 717 Quintanar del Rey (figura 6), que presentan las siguientes características.

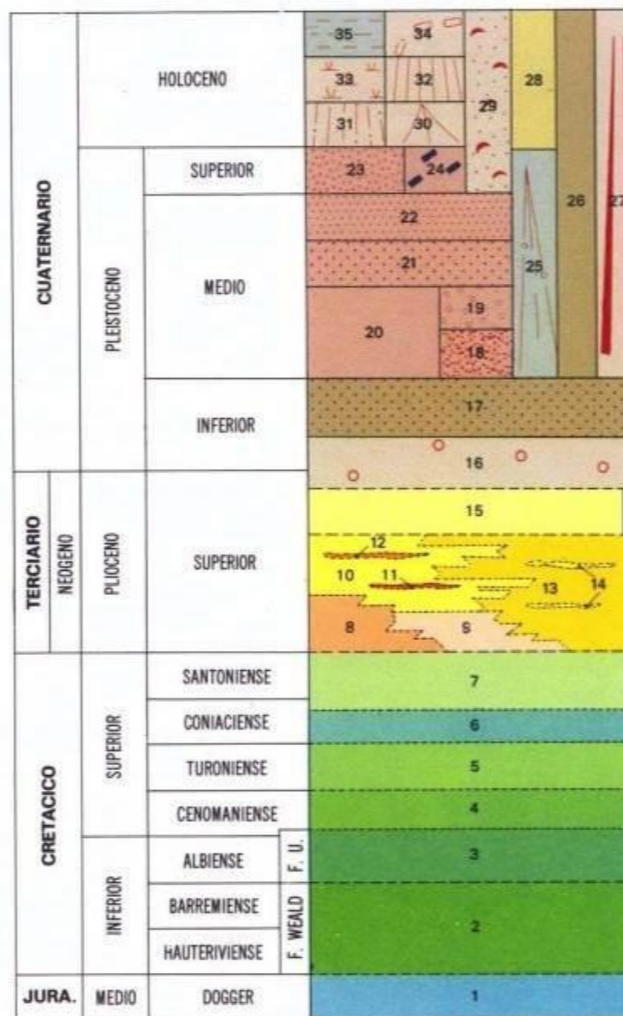
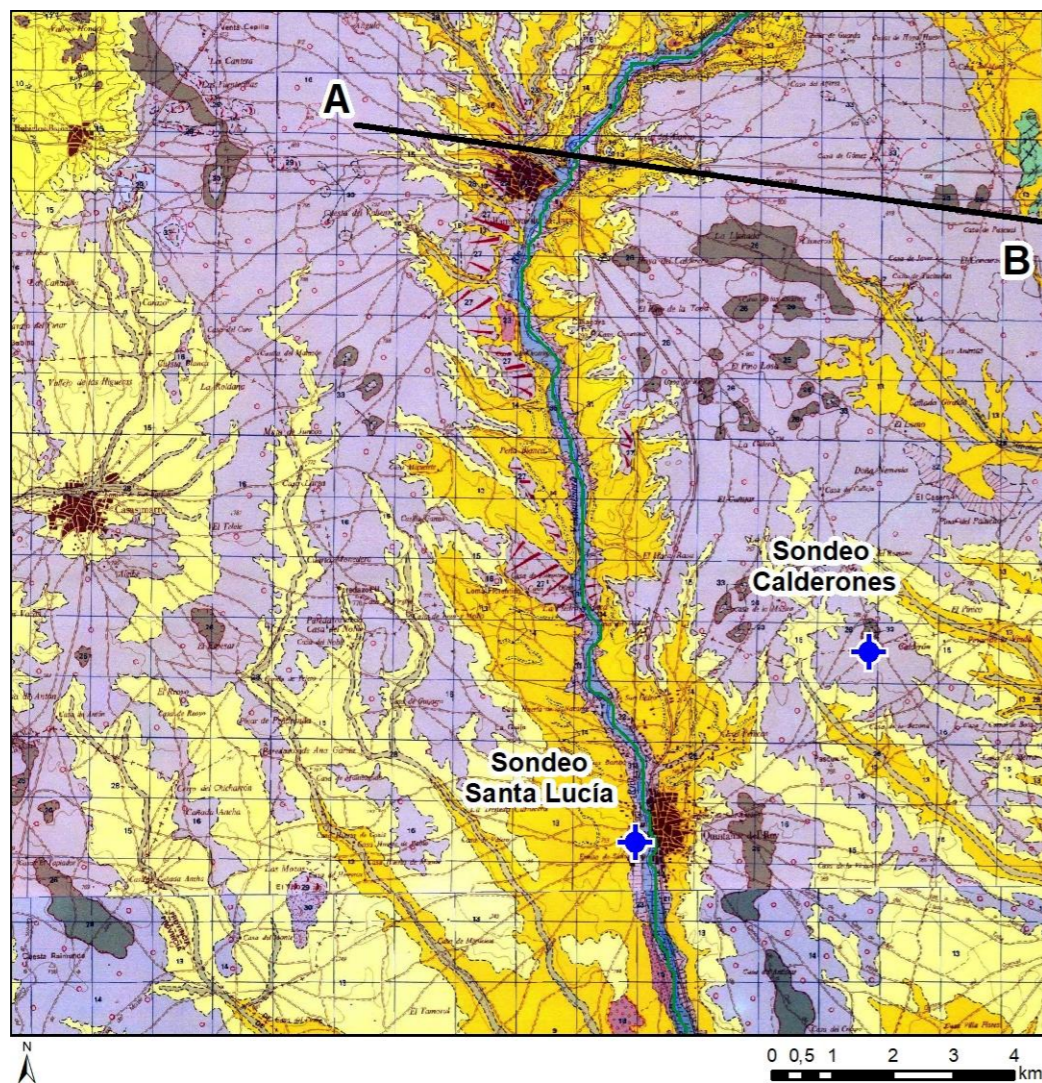
El Cretácico superior está formado por calizas dolomíticas, dolomías y pasadas de dolomías arcillosas que descansan sobre la Formación “Arenas de Utrillas” en su tránsito con el Cretácico inferior.

Dentro del Terciario se observa la presencia de las siguientes formaciones pertenecientes al Plioceno superior:

- Lutitas, arcillas edafizadas, suelos calcimorfos, areniscas y conglomerados (nº 13 de la cartografía MAGNA) en la que se ha distinguido la presencia de niveles de calizas limolítico-arenosas que presentan una gran continuidad lateral (nº 14). Afloran a lo largo del río Valdemembra.
- Gravas y arenas con encostramiento laminar carbonatado a techo (nº 15). Ocasionalmente aparecen limos y arcillas. Constituyen los términos detríticos superiores de la anterior formación.

Por encima se dispone una formación de transición entre el Terciario y el Cuaternario constituida por gravas generalmente silíceas con arcillas rojas y cantos cuarcíticos y calcáreos (nº 16) denominada Aluviones de Casas Ibáñez. La potencia estimada para el conjunto de materiales terciarios en los alrededores de la población de Quintanar del Rey es del orden de los 250 m.

Por último, aparece un conjunto de formaciones del Cuaternario constituido por una serie de formaciones que van desde el Pleistoceno al Holoceno, y que se corresponden con depósitos de glaciares, fondos de dolina, terrazas aluviales, fondos de valle, etc., entre los que cabe destacar el aluvial del río Valdemembra.



- 35 Fangos, arenas y gravas (Llanura aluvial)
- 34 y 24 Gravas y cantos poligénicos, arenas y fangos (Meandros y cauces abandonados)
- 33 Fangos, arcillas con cantos y suelos vérticos (Zonas endorreicas)
- 32 Gravas, arenas y arcillas (Coluviones)
- 31 y 30 Gravas, arenas con cantos y fangos (Conos aluviales y conos coalescentes)
- 29 Arenas (Depósitos eólicos)
- 28 Gravas poligénicas, arenas y arcillas (Fondos de valle)
- 27 Gravas y cantos poligénicos, arenas y lutitas (Glacis)
- 26 Fondos de dolina
- 25 Gravas calcáreas y cuarcíticas, arenas y limos (Abenicos aluviales)
- 20 Gravas y arenas. Sistema aluvial del Río Júcar
- 17, 18, 19, 21, 22, 23 Gravas poligénicas y arenas en ocasiones con encostramientos calcáreos (Terrazas +100-120, +80-100, +50-60, +40-50, +25, +7-10 m.)
- 16 Gravas y arcillas rojas con cantos cuarcíticos y calcáreos (Aluviones de Casas Ibáñez)
- 15 Gravas y arenas con encostramientos carbonatados a techx
- 14 Calizas limolíticas arenosas (Suelos calcimorfos)
- 13 Lutitas, arcillas edafizadas, suelos calcimorfos, areniscas y conglomerados
- 12 Areniscas y/o conglomerados
- 11 Calizas margosas y margas
- 10 Areniscas, conglomerados, suelos calcimorfos y arcillas pardo rojizas
- 9 Brechas lutitas y suelos calcimorfos
- 8 Brechas calco-dolomíticas rojizas
- 7 Calizas, dolomías y brechas calcáreas
- 6 Margas beige, calizas y dolomías
- 5 Dolomías masivas, calizas y calizas dolomíticas con sílex
- 4 Dolomías y arcillas dolomíticas verdes
- 3 Areniscas y arenas cuarzo-feldespáticas caoliníferas lutitas versicolores
- 2 Areniscas, lutitas, margas, calizas pisolíticas, calizas y conglomerados
- 1 Dolomías masivas. Calizas

Figura 6. Mapa geológico de los alrededores de Quintanar del Rey (Tomado de MAGNA 717 Quintanar del Rey y 718 Iniesta). E: 1/50.000

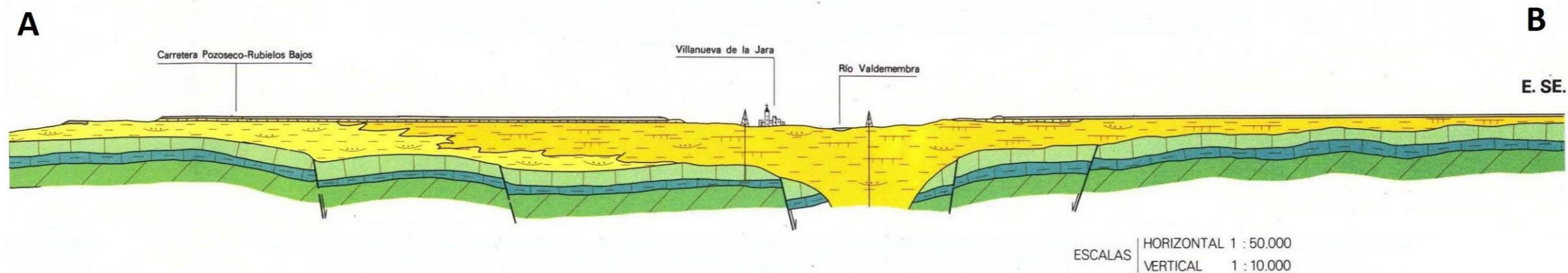


Figura 7. Corte geológico de los alrededores de Quintanar del Rey (Tomado de MAGNA 717 Quintanar del Rey)

4.2. Estructura

Estructuralmente la zona se caracteriza por presentar materiales mesozoicos afectados por la tectónica Alpina, que delimitan una fosa tectónica en dirección aproximada NE-SO (figura 7) que provoca la existencia de una fracturación del mesozoico en bloques.

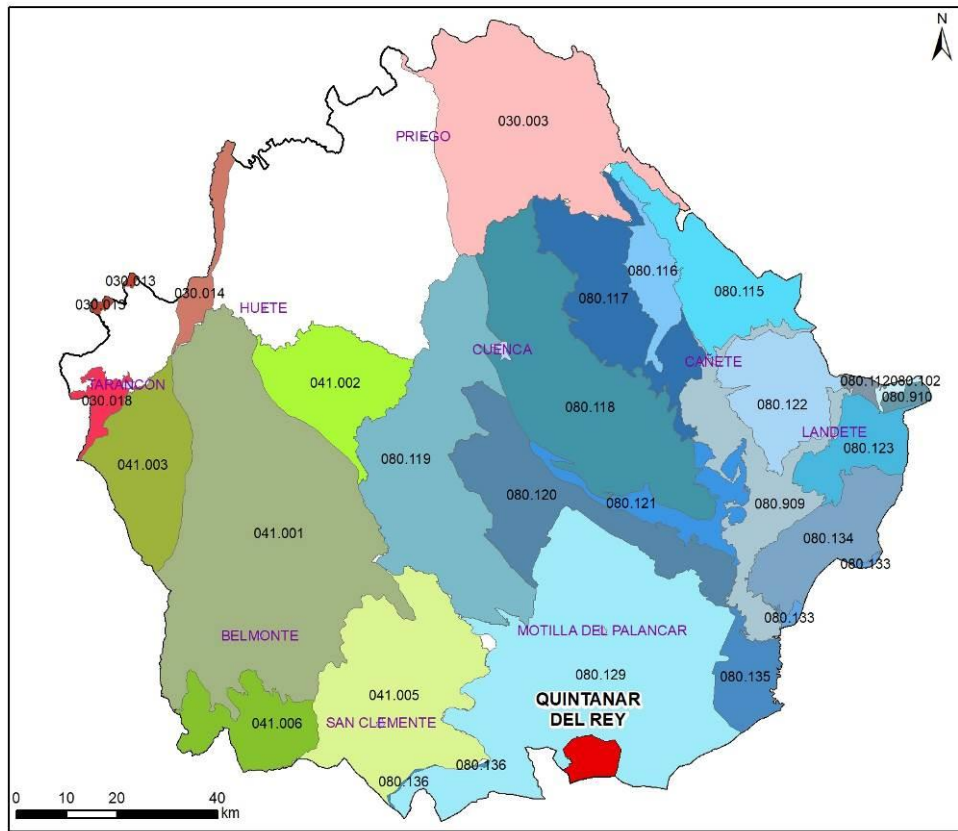
Los depósitos Terciarios y Cuaternarios posttectónicos se disponen subhorizontalmente rellenando la fosa mesozoica.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1. Hidrogeología Regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo, que a su vez quedan divididas en distintas unidades de gestión denominadas masas de agua subterránea (MASb). El municipio de Quintanar del Rey está situado en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, y más concretamente en la masa de agua subterránea definida en el Plan Hidrológico del Júcar 080.129 Mancha Oriental, tal y como se muestra en la figura 8.

Geológicamente la MASb está formada por los siguientes materiales y espesores: arcillas abigarradas y evaporitas (100 a 200 m) y dolomías y calizas del Jurásico inferior (40 a 100 m), arcillas, dolomías, calizas y anhidrita (150 a 350 m) y dolomías y calizas del Jurásico medio (100 a 400 m), dolomías, dolomías arcillosas y margas del Cretácico superior (50 a 150 m), dolomías, calizas y calizas margosas del Cretácico superior (30 a 170 m), calizas y margas lacustres Pontieneses (30 a 150 m), areniscas, arcillas, conglomerados, yesos y brechas calcáreas del Plioceno (20 a 120 m) y gravas, arcillas, limos, arenas, costras calcáreas y cantos poligénicos del Cuaternario (2 a 20 m).



MASb Júcar

MASb Tajo

- 030.003 Tajuña-Montes Universales
- 030.013 Aluvial del Tajo
- 030.014 Entrepeñas
- 030.018 Ocaña

MASb Guadiana

- 041.001 Sierra de Altomira
- 041.002 La Obispalía
- 041.003 Lillo-Quintanar
- 041.005 Rus-Valdelobos
- 041.006 Mancha Occidental II

- 080.136 Lezuza - El Jardín
- 080.102 Javalambre Occidental
- 080.112 Hoya de Teruel
- 080.115 Montes Universales
- 080.116 Triásico de Boniches
- 080.117 Jurásico de Uña
- 080.118 Cretácico de Cuenca Norte
- 080.119 Terciario de Alarcón
- 080.120 Cretácico de Cuenca Sur
- 080.121 Jurásico de Cardenete
- 080.122 Vallanca
- 080.123 Alpuente
- 080.129 Mancha Oriental
- 080.133 Requena - Utiel
- 080.134 Mira
- 080.135 Hoces del Gabriel
- 080.909 Impermeable o acuífero de interés local 09
- 080.910 Impermeable o acuífero de interés local 10

Figura 8. Masas de Agua Subterránea de la Provincia de Cuenca y ubicación del municipio

Respecto a su hidrogeología, la MASb está formada por la superposición de tres acuíferos:

- Un acuífero profundo (nivel Jurásico, Formaciones Chorro-Colleras), formado por dolomías y calizas del Lías-Dogger. Es el más importante y extenso de la masa y prácticamente el único de interés en la zona meridional. Se encuentra confinado por las facies impermeables suprayacentes.
- Un acuífero intermedio (nivel Cretácico, Formación Benejama), constituido por un tramo dolomítico (Turonense) y calizo (Senoniense) en su mayor parte confinado.
- Un acuífero superior (nivel Mioceno, Pontiense). Es el más importante por su situación en zonas de mayor demanda.

La recarga de la MASb se produce a través de la infiltración directa de la precipitación, la infiltración de los ríos Lezuza y Balazote, entradas laterales, retornos de riego y, en menor medida, de retornos urbanos. La descarga se realiza a través del drenaje hacia los ríos Júcar y Cabriel y a través de manantiales

5.2. Hidrogeología Local

Los acuíferos presentes en los alrededores de Quintanar del Rey están formados por los materiales detríticos del Terciario, y carbonatados y detríticos del Mesozoico.

Acuíferos mesozoicos

Los principales acuíferos de la región corresponden con los depósitos calcáreos del Cretácico Superior de la **Formación Benejama** (niveles calcáreos del Senoniense y dolomías del Turonense). También se deben considerar acuíferos de importancia regional a los formados por materiales detríticos “**arenas de Utrillas**”, del tránsito entre Cretácico inferior y superior, y los jurásicos de las **formaciones Chorro-Colleras** (dolomías del Dogger), aunque estos últimos quedan a mucha profundidad en la zona de estudio.

En la tabla 2 y la figura 10 se muestran los puntos de agua de captación del Cretácico en los alrededores de Quintanar del Rey:

Sondeo		Coordenadas ETRS89 Huso 30		Cota* m s.n.m.	Profundidad del sondeo m	Profundidad del agua m	Nivel piezométrico m s.n.m.
nº	Código IGME - IRYDA	UTM X	UTM Y				
1	288880011. Sondeo Santa Lucía	591951	4355050	728	280	77	651
2	242880009 - 717/80	591965	4355132	723	324	65	658
3	242880010	592015	4355157	723	266	70	653
4	Sondeo Abastec. Calderones	595727	4358274	781	242	150	631
5	242880008 - 717/75 **	594269	4362675	792	525	105	687

(*)La cota de sondeos m s.n.m. se ha obtenido del PNOA_MDT05 ETRS89_H30_LIDAR del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

(**) Se ha supuesto que el sondeo con código IGME 242880008 es el sondeo Calera (717/75) del Iryda dadas sus semejanzas

Tabla 2. Puntos de agua de captación del Cretácico en los alrededores de Quintanar del Rey

La mayoría de perforaciones en la zona, como los sondeos de abastecimiento a Quintanar del Rey (Sondeos Calderones y Santa Lucía), o el sondeo de abastecimiento de la vecina localidad de Villanueva de la Jara, captan los niveles carbonatados de la Fm. Benejama del Cretácico Superior, que se presentan muy karstificados y fisurados aportando elevados caudales de explotación. Este acuífero presenta un comportamiento hidrodinámico confinado bajo los materiales detríticos terciarios arcillosos suprayacentes. Su espesor ronda, generalmente, los 40 m, encontrándose su techo en el sondeo de Santa Lucía a 240 m de profundidad (488 m s.n.m.) (figura 9), y a 237 m de profundidad (486 m.s.n.m.) en la antigua captación de abastecimiento de Quintanar, también en Santa Lucía (sondeo 242880009-717/80). El día 11 de noviembre de 2020, durante una visita técnica al municipio por parte de la autora de este informe, se intentó medir el nivel piezométrico del sondeo de Santa Lucía mediante el uso de un compresor. No obstante, parece que el tubo de medición en la actualidad queda por encima del nivel del agua, por lo que no se pudo medir. Según el encargado de las instalaciones, la bomba está ubicada a 104 m de profundidad (624 m s.n.m) y el tubo se sitúa ligeramente por encima de la rejilla de aspiración de la misma, con lo que el nivel dinámico debe situarse ligeramente por encima de la bomba. El personal de Aqualia indica que instalarán una tubería piezométrica mayor para poder medir el nivel del agua en un futuro mediante el compresor.

Unos 11 km al norte de Quintanar del Rey, el sondeo de abastecimiento de Villanueva de la Jara atravesó la formación Benejama a 186 m de profundidad (598 m s.n.m.). Según el informe IGME, 1981b, la transmisividad del acuífero es muy elevada y fue calculada en el ensayo de bombeo, obteniéndose un valor de 288 m²/h (6.900 m²/d), advirtiendo que los datos de la recuperación no son representativos para valorar con fiabilidad el dato.

En el sondeo Calderones, los carbonatos aparecen a 147 m de profundidad (634 m s.n.m), si bien, se indica que el acuífero (presuntamente la Fm. Benejama) se ubica entre 170 y 220 m de profundidad (611 y 561 m

s.n.m. respectivamente) según la testificación geofísica del 20 de octubre de 2020. Su caudal de explotación es de 43,6 L/s y su nivel piezométrico estático se sitúa a 149,85 m (631,15 m s.n.m.). El nivel piezométrico dinámico medido con compresor el día 11 de noviembre de 2020 fue de 160 m de profundidad (621 m s.n.m.).

El caudal de explotación actual de la Fm. Benejama en el sondeo de Santa Lucía se sitúa en torno a los 22 L/s, aunque en el informe IGME, 1982, se cifró en 30 L/s el régimen de explotación continua de este sondeo. El informe IGME, 1981a indica que al perforar los carbonatos de Cretácico superior, entre los 240 y 243 m de profundidad, se interceptó el nivel del agua, que ascendió a los 77,10 m (651 m s.n.m.).

Las variaciones observadas en las profundidades a las que aparece la Formación Benejama en los distintos puntos, dan testimonio de la fisuración y compartimentación del Mesozoico en bloques en esta zona.

Debido a la elevada transmisividad obtenida en el informe IGME, 1981b y su escasa fiabilidad, se ha calculado este parámetro asumiendo una permeabilidad (obtenida de datos bibliográficos) de 50 m/d y un espesor saturado de 50 m (obtenido de la testificación geofísica del sondeo Calderones) con lo que resulta una transmisividad de 2.500 m²/d.

La facies hidroquímica de los acuíferos mesozoicos es, fundamentalmente, bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica.

El nivel piezométrico del acuífero del Cretácico superior (Fm Benejama) en la zona de estudio se sitúa entre 620 y 690 m s.n.m.

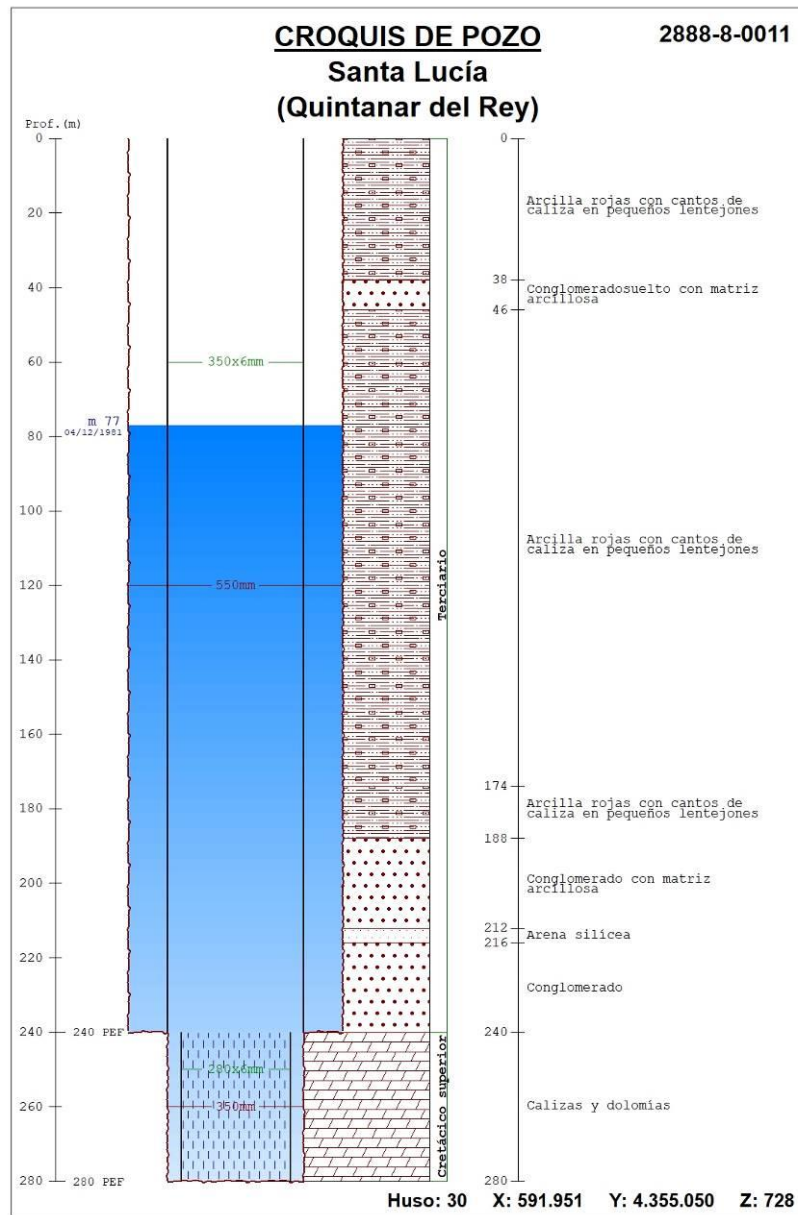


Figura 9. Columna del sondeo Santa Lucía realizada a partir de los datos del informe 1981a

Terciario

La cobertera pliocena presenta algunos niveles de gravas, sobre todo hacia la zona superficial, con un nivel piezométrico próximo a la superficie que en ocasiones es captado para usos particulares. Sin embargo, estos materiales forman acuíferos de interés local que se consideran de escaso interés hidrogeológico debido a sus bajos caudales de explotación y a los problemas de arrastres que suele presentar. Lo mismo ocurre con los acuíferos cuaternarios, generalmente asociados al sistema aluvial del Júcar, aunque pueden cubrir pequeñas demandas de uso local.

En la tabla 3 y la figura 10 quedan reflejados los puntos de agua de captación del Terciario en los alrededores de la zona de estudio:

Sondeo		Coordenadas ETRS89 Huso 30		Cota* m s.n.m.	Profundidad del sondeo m	Profundidad del agua m	Nivel piezométrico m s.n.m.
nº	Código IGME	UTMX	UTM Y				
6	242880002	595985	4357213	776	75	42	734
7	242880007	594689	4357871	763	45	32	731
8	242880003	595404	4359644	785	62	38	747
9	242880004	595404	4359644	785	50	39	746
10	242880005	594838	4360873	788	50	38	750
11	242880006	592899	4362484	795	45	34	761

(*) La cota de sondeos m s.n.m. se ha obtenido del PNOA_MDT05 ETRS89_H30_LIDAR del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Tabla 3. Puntos de agua de captación del acuífero terciario en la zona de estudio

En la zona de estudio los niveles piezométricos del acuífero Terciario se sitúan entre 730 m s.n.m. y 760 m s.n.m.

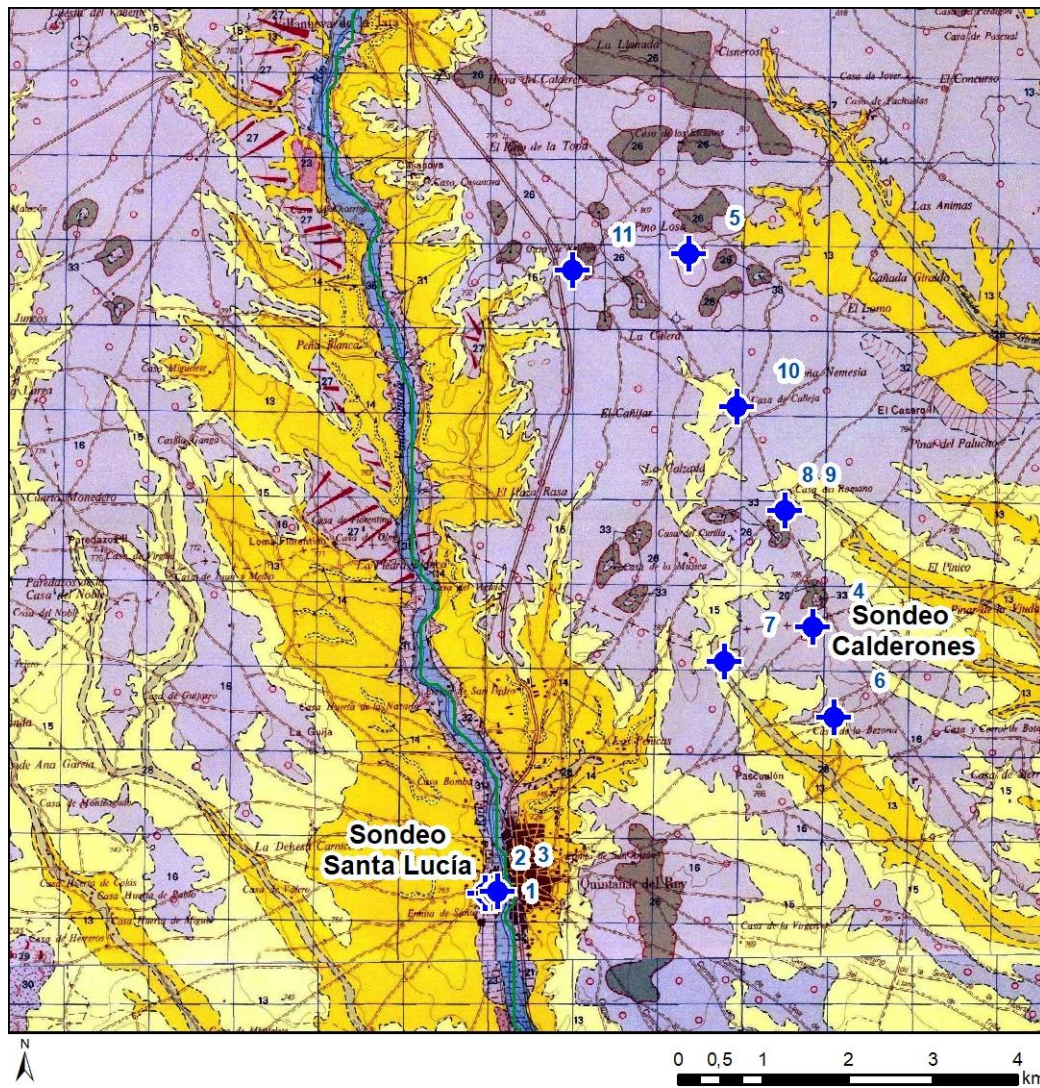


Figura 10. Puntos de agua de los alrededores de la zona de estudio sobre mapa MAGNA 717 E: 1:50.000

6. 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.

Tal y como se ha indicado anteriormente, el sondeo Santa Lucía capta, a 240 m de profundidad, el acuífero de la Fm. Benejama, del Cretácico superior. Este acuífero está constituido por materiales carbonatados con una elevada fisuración y karstificación, y muy elevada transmisividad, y presenta un comportamiento hidrodinámico confinado bajo un paquete de 188 m de materiales terciarios detríticos de baja o muy baja permeabilidad (fundamentalmente arcilloso) y 58 m de materiales detríticos de permeabilidad media-alta.

El nivel piezométrico del sondeo se sitúa en torno a 650 m s.n.m., y soporta un caudal de explotación de 22 L/s.

La piezometría obtenida de la zona no permite trazar un mapa de isopiezas del acuífero, si bien se ha contrastado la información de campo con el mapa piezométrico de España (IGME-DGA, 2009a), observándose que la piezometría en la zona presenta una tendencia de dirección general de flujo aproximada NE-SO (figura 11).

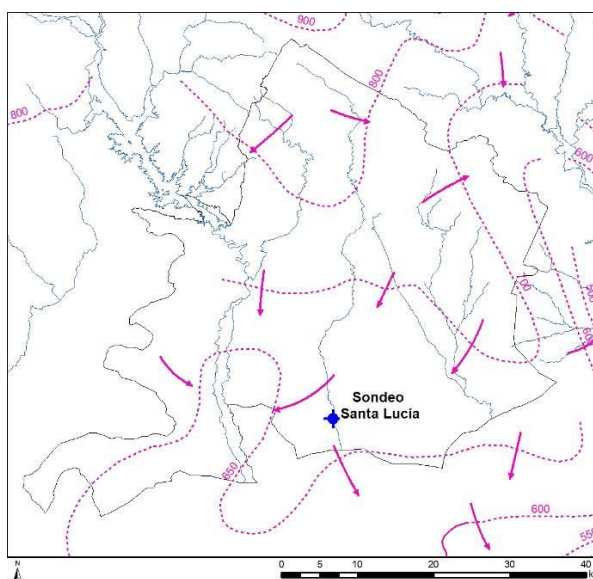


Figura 11. Mapa piezométrico de la MASb 080.129. (Obtenido a partir de IGME-DGA, 2009a)

6.1. Riesgo de contaminación

El riesgo de contaminación de la captación de abastecimiento requiere analizar los focos puntuales de contaminación y la vulnerabilidad del acuífero

6.1.1. Focos potenciales de contaminación

Durante la visita técnica realizada el 11 de noviembre de 2020 para la elaboración de este informe, se observaron diversos focos potenciales de contaminación en los alrededores del sondeo Santa Lucía (figuras 12 y 13), pertenecientes al propio núcleo poblacional en el que se sitúa la captación y sus servicios, o a las granjas situadas en sus alrededores. Entre los focos potenciales de contaminación se encuentran zonas industriales, bodegas, granjas, gasolineras, talleres mecánicos, colectores de aguas residuales, fábricas de compostaje, la depuradora, el cementerio, el punto limpio, etc.

Además, existe un sondeo aguas arriba de la captación, a 1.386 m al norte del sondeo de Santa Lucía (pozo agrícola) que se utiliza puntualmente por los agricultores de la zona. Se desconocen las características constructivas o profundidades de captación del sondeo. Esta captación podría suponer una entrada directa de contaminantes al acuífero en caso de que alcance la profundidad del mismo.

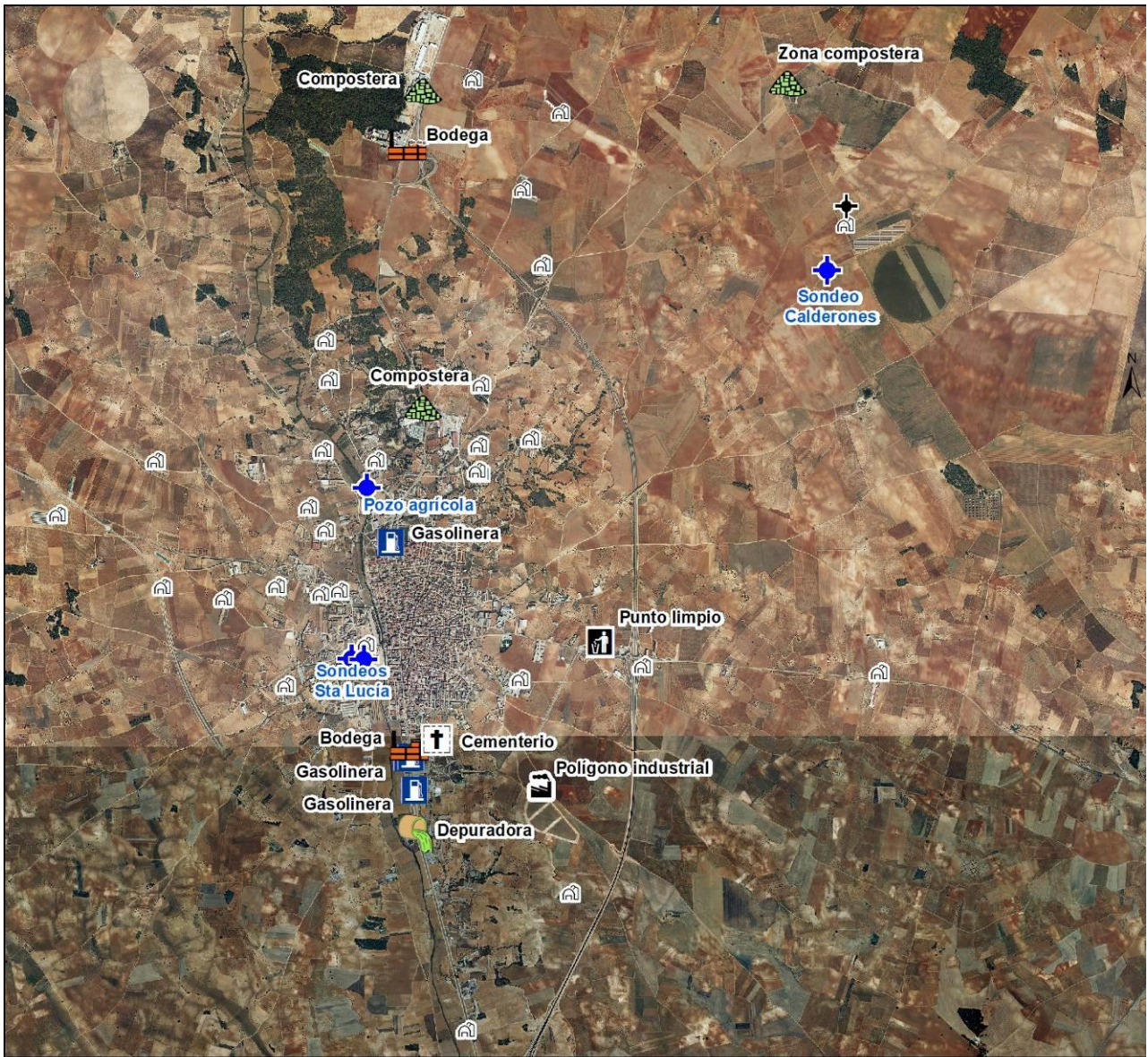


Figura 12. Focos potenciales de contaminación en los alrededores del sondeo Santa Lucía

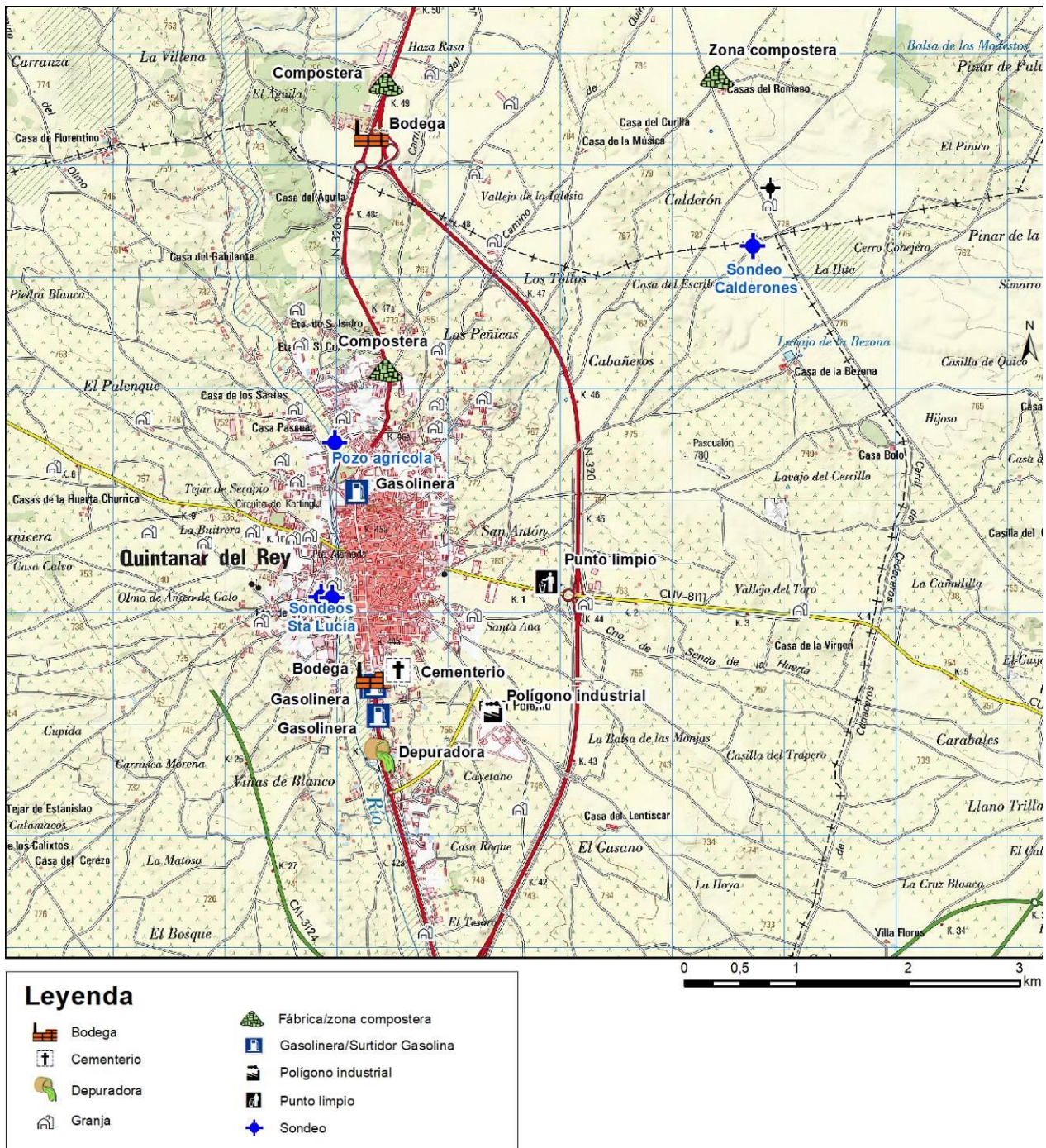


Figura 13. Focos potenciales de contaminación en los alrededores del sondeo Santa Lucía sobre MTN 1/50.000

Hay que considerar que la profundidad de captación y la potencia de materiales de escasa permeabilidad situados por encima del acuífero, ejercen una protección natural sobre las aguas captadas en el sondeo Santa Lucía.

6.1.2. Estimación de la vulnerabilidad del acuífero

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.

En la zona de estudio existe una cartografía de vulnerabilidad de acuíferos previa, obtenida mediante el empleo del método COP. 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 (IGME-DGA, 2009b).

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.

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 14).

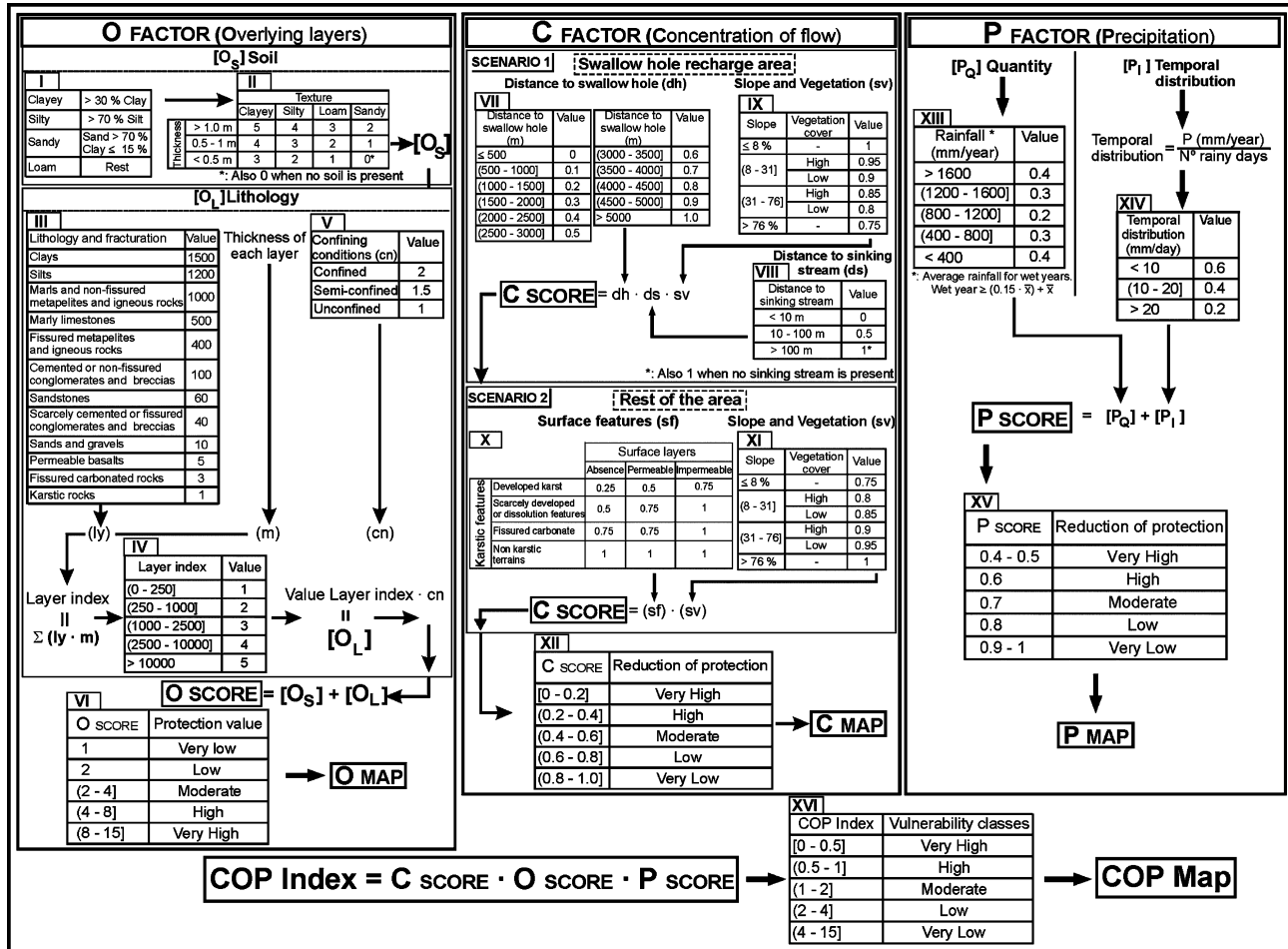


Figura 14. Esquema de la valoración del índice COP

En el presente estudio se ha tomado como válido el citado mapa de vulnerabilidad elaborado en IGME-DGA, 2009a mediante el método COP, incluido en la figura 15.

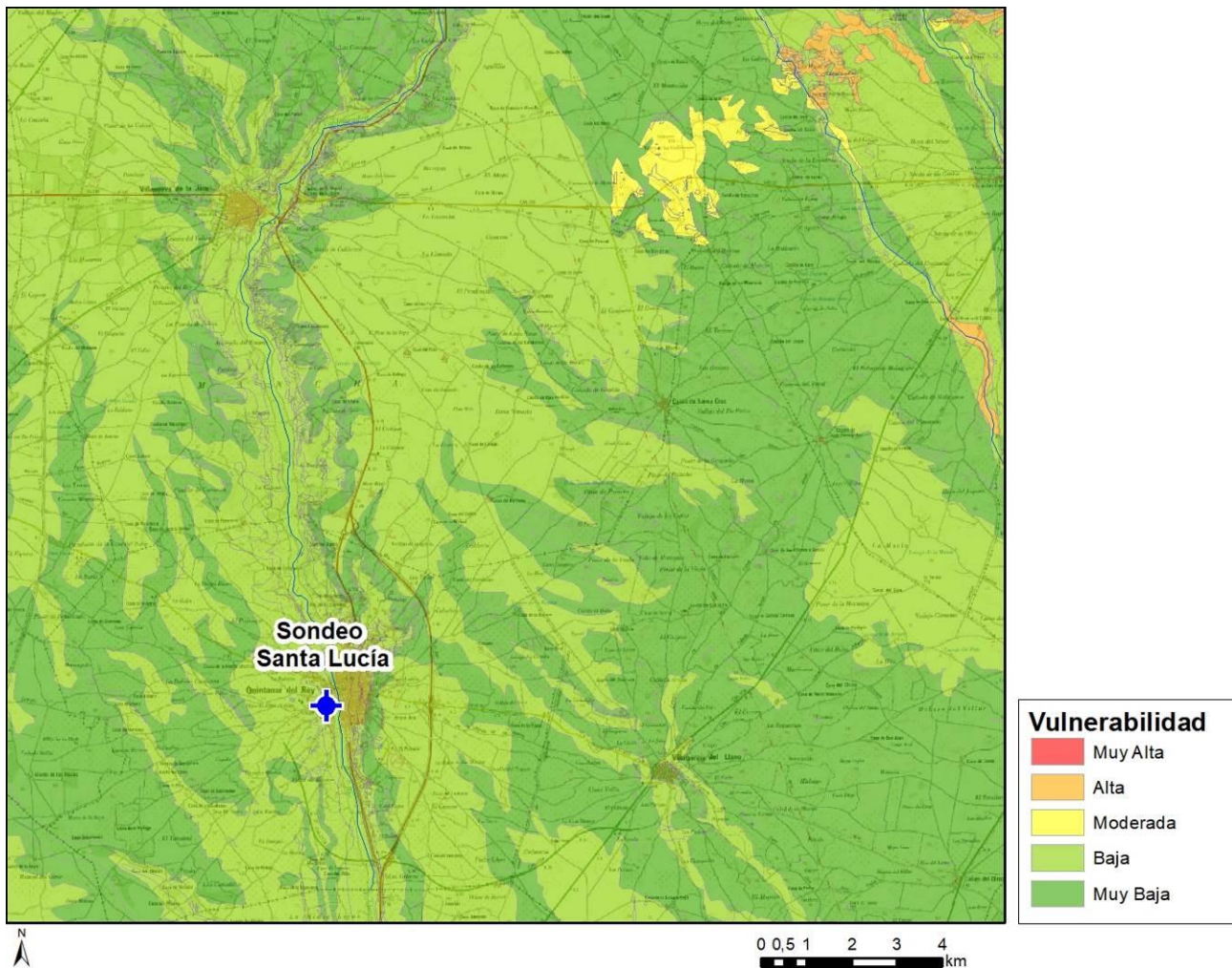


Figura 15. Cartografía de vulnerabilidad de la zona de estudio según el método COP (obtenido a partir del mapa de vulnerabilidad IGME-DGA, 2009a)

Los resultados del método COP muestran que los alrededores del sondeo Santa Lucía de abastecimiento a Quintanar del Rey, se sitúan en una zona de vulnerabilidad baja rodeada de zonas de vulnerabilidad muy baja. Se observa una zona de vulnerabilidad moderada a unos 13 km al noreste de la captación, que pasa a ser alta 5 km más al noreste. En esta zona afloran las calizas cretácicas y forman parte del área de alimentación del acuífero captado por el sondeo Santa Lucía.

6.2. Perímetro de protección de la captación

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.

Habitualmente es recomendable para el diseño de un perímetro de protección de captaciones para abastecimiento urbano la definición de tres zonas de protección:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: el criterio de delimitación suele ser un tiempo de tránsito 1 día o un área fija de entre 100 y 400 m². 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, según el caso, se puede usar 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. Protege la captación frente a contaminantes de larga persistencia.

El hecho de tratarse de un acuífero confinado, con un nivel piezométrico situado alrededor de 100 m de profundidad y techo de la formación acuífera situado a 240 m, implica que la protección del acuífero estará favorecida por la zona no saturada (ZNS), es decir, por los materiales arcillosos terciarios suprayacentes.

Las características hidrogeológicas del acuífero captado y los valores de sus parámetros hidráulicos representativos hacen poco apropiado en este caso el método de Wyssling por lo que las diferentes zonas se definirán en base al análisis hidrogeológico combinado con la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación y el poder autodepurador de los materiales.

6.2.1. Zona de protección inmediata o 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. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación. La zona de restricciones absolutas óptima sería un cerramiento en una circunferencia de al menos 10 m de diámetro alrededor del sondeo.



Figura 16. Perímetro de protección óptimo de restricciones absolutas para el sondeo Santa Lucía

La superficie en la que se ubica el sondeo es un recinto vallado del ayuntamiento de Quintanar del Rey dedicado a actividades deportivas. El sondeo se ubica junto a la valla, limitando con la parcela adyacente. A pesar de no ser el perímetro de protección óptimo para el sondeo, el recinto actual podría considerarse suficiente teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Posible dificultad para realizar un nuevo perímetro vallado alrededor del sondeo dada su situación.
- Ubicación actual del sondeo dentro de una zona vallada y protegido por una arqueta de hormigón tapada con chapa metálica y candado.
- El sondeo cuenta con la protección natural de una zona no saturada de más de 180 m de materiales de escasa permeabilidad sobre el acuífero captado.

No obstante, se recomienda la construcción de una caseta que pudiese mejorar, en la medida de los posible, la protección actual de la boca del sondeo.

6.2.2. Zona de protección próxima o de restricciones máximas

Para determinar esta zona se ha de considerar que, apoyándonos en la descripción geológica e hidrogeológica realizada durante los trabajos de perforación, el acuífero que capta el sondeo de Santa Lucía tiene un comportamiento hidráulico confinado, y que sobre el techo del acuífero existe una capa confinante constituida fundamentalmente por materiales arcillosos de 188 m, que actúa como protección natural del acuífero.

El método de Rehse para el cálculo del poder depurador de los materiales respecto a la contaminación microbiológica, contempla que el poder depurador de un suelo viene dado por:

$$M_x = M_{zns} + M_{zs}$$

Donde M_x es el poder depurador sobre la totalidad del transporte, M_{zns} es el poder depurador en el trayecto vertical (zona no saturada) y M_{zs} es el poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada).

- M_{zns} = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZNS multiplicado por el Índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse.
- M_{zs} = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZS multiplicado por el Índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse.

Poder depurador del suelo en el recubrimiento (Suelo y zona no saturada).

M	Descripción del material	H (m)	$I_p = 1/H$
1	Humus, 5-10 % humus, 5-10% arcilla	1,2	0,8
2	Arcilla sin grietas de desecación, limo-arcilloso. Arena muy arcillosa	2	0,5
3	Limo arcilloso a limo	2,5	0,4
4	Limo, arena poco limosa, arena limosa	3-4,5	0,33-0,22
5	Arena fina a media	6	0,17
6	Arena media a gruesa	10	0,1
7	Arena gruesa	15	0,07
8	Grava con abundante matriz arenosa y limo arcillosa	8	0,13
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	12	0,08
10	Grava fina a media, rica en arena	25	0,04
11	Grava media a gruesa con poca arena	35	0,03
12	Gravas, guijarros	50	0,02

M = Número de clasificación granulométrica
H = Espesor de la capa necesario para la depuración
 I_p = Índice de depuración en la zona no saturada
Arena: Diámetro de grano 2 – 0,063 mm

Limo: Diámetro de grano 0,063 – 0,005 mm
Arcilla: Diámetro de grano < 0,005 mm

Modificado de Rehse, 1977.

Poder depurador del suelo en la zona saturada.

M	Descripción del material	L (m)	$I_A = 1/L$
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	a) 100	0,01
		b) 150	0,007
		c) 170	0,006
		d) 200	0,005
10	Grava fina a media, rica en arena	a) 150	0,007
		b) 200	0,005
		c) 220	0,0045
		d) 250	0,004
11	Grava media a gruesa con poca arena	a) 200	0,005
		b) 250	0,004
		c) 270	0,0037
		d) 300	0,0033
12	Gravas, guijarros	a) 300	0,0033
		b) 340	0,0029
		c) 360	0,0027
		d) 400	0,0025

L = Distancia horizontal necesaria para la depuración (m) d) Velocidad eficaz > 50 m/día
 a) Velocidad eficaz < 3 m/día I_A = Índice de depuración en el acuífero
 b) Velocidad eficaz comprendida entre 3 y 20 m/día
 c) Velocidad eficaz comprendida entre 20 y 50 m/día Modificado de Rehse, 1977.

Figura 17. Parámetros del método Rehse para el cálculo del poder autodepurador del suelo (tomado de IGME, 2003)

Si M_x es mayor o igual a 1 la depuración en la ZNS es completa y, según Rehse, no es necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad ya que se considera que los materiales de la ZNS suponen una barrera depuradora natural que garantiza la protección del acuífero.

Para el caso del sondeo de Santa Lucía, de abastecimiento a Quintanar del Rey, la información de la que se dispone habla de una serie fundamentalmente arcillosa de 188 m de espesor.

Incluso tomado únicamente los primeros 55 metros de arcillas terciarias y multiplicándolo por el índice de depuración de Rehse entre arcillas ($I = 0,5$) y limos arcillosos ($I=0,4$) se obtendría un valor del poder depurador respecto a la contaminación microbiológica de la zona no saturada mucho mayor de 1 (del orden de 20-30), por lo que según Rehse no sería necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad.

No obstante, cualquier sondeo que capte el acuífero de la Fm. Benejama (Cretácico superior) en el radio de influencia del sondeo Santa Lucía podría suponer una potencial entrada directa de contaminantes al acuífero, poniendo en riesgo la calidad del agua del mismo. Por este motivo, se propone un perímetro de protección de 2 km aguas arriba del sondeo en la dirección de flujo subterráneo (figura 18) y 500 m alrededor del mismo, en el cual se maximicen las precauciones respecto a las características constructivas de futuros sondeos de captación del Cretácico, que deberán asegurar el adecuado aislamiento de los niveles acuíferos en toda la columna del sondeo, o cualquier otra obra u actuación que implique una llegada directa

de agua al acuífero. Actualmente, debe prestarse especial atención al pozo utilizado para fines agrícolas, por si pudiese generar una entrada directa de contaminantes al acuífero, aunque se desconoce la profundidad de captación del mismo y por tanto, si alcanza la formación Benejama. Las coordenadas de cada vértice del perímetro propuesto quedan indicadas en la tabla 4.

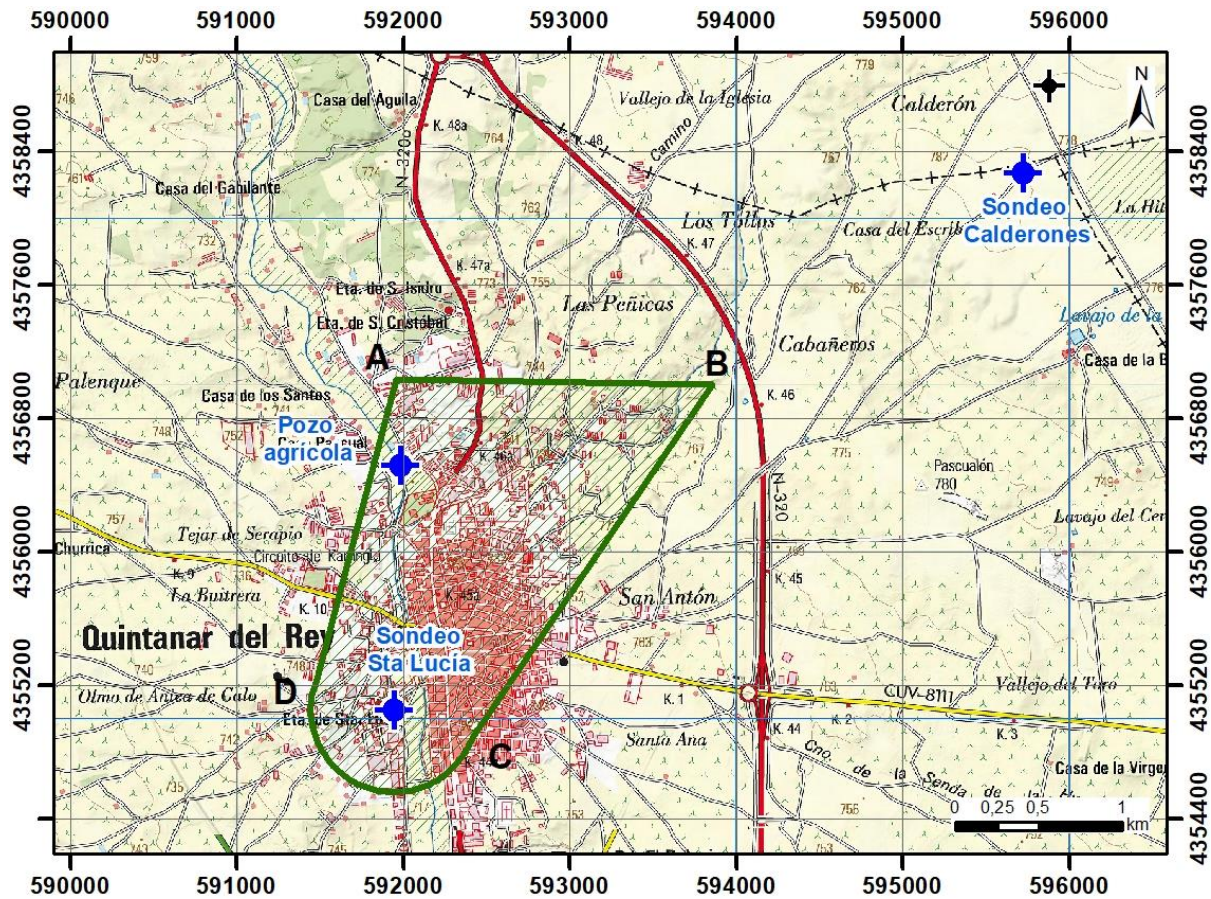


Figura 18. Propuesta de perímetro de protección para la zona próxima del sondeo Santa Lucía

6.2.3. Zona de protección alejada o de restricciones moderadas

Como zona de protección alejada se propone proteger zona más próxima de alimentación del acuífero, es decir, la zona de afloramiento de las calizas cretácicas aguas arriba del sondeo en la dirección del flujo subterráneo. Esta zona se sitúa en la zona de vulnerabilidad moderada ubicada al NNE del sondeo, que, si bien se sitúa a más de 11 km del mismo, se trata de una entrada directa de contaminación al acuífero. Por este motivo, se propone que en la zona se eviten actividades que pudieran convertirse en focos potenciales de contaminación, principalmente aquellas que contengan contaminantes de larga persistencia.

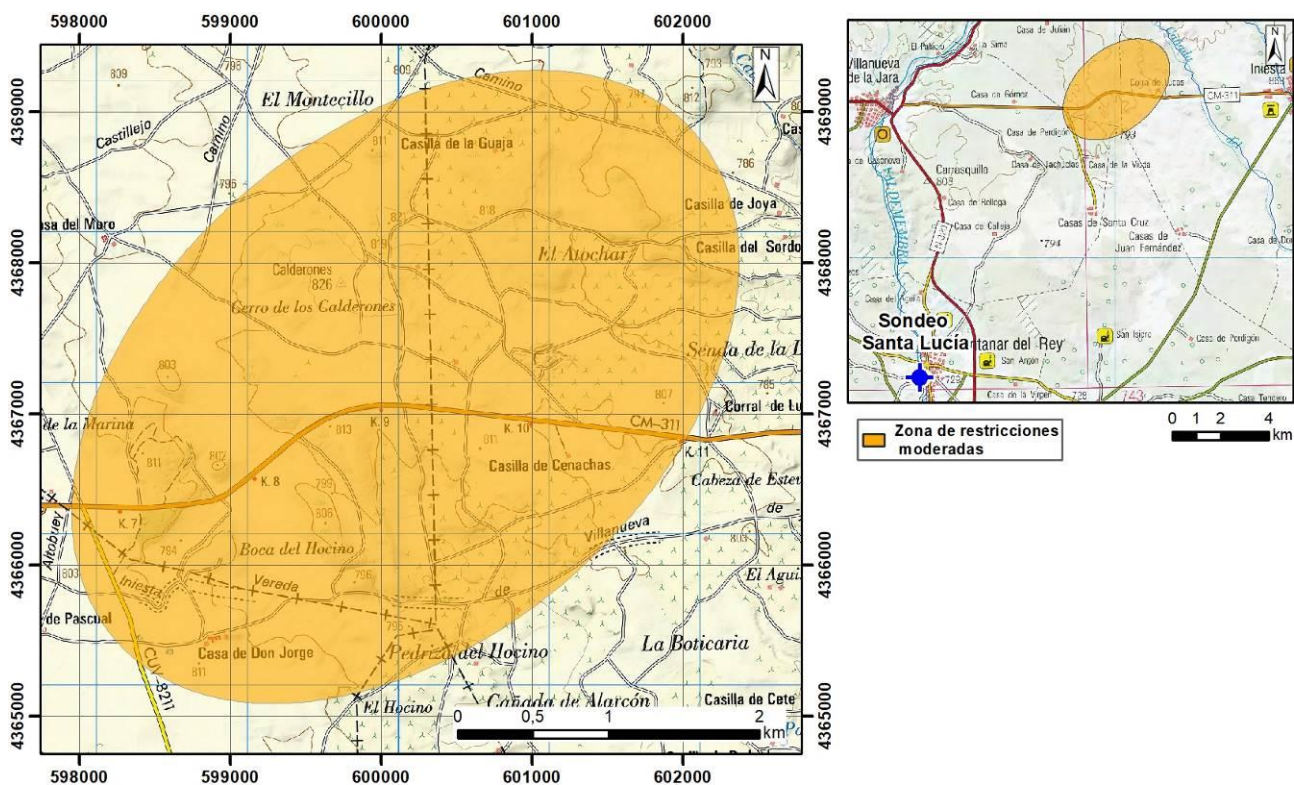


Figura 19. Propuesta de perímetro de protección para la zona alejada o de restricciones moderadas para el sondeo Santa Lucía

6.2.4. Perímetro de protección de la cantidad

El sondeo Santa Lucía se ubica en el propio núcleo urbano de Quintanar del Rey. No se reportan problemas de cantidad del recurso en la localidad, no obstante, se propone un perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección cuantitativa 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 = 2.500 m²/día (para una K= 50 m/d bibliográfica y un espesor saturado de 50 m)

Q = Caudal (caudal máximo de la captación a proteger: 22 L/s) = 1.900 m³/día

t = Tiempo de bombeo= 120 días

r = Distancia al sondeo de captación (500 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0,0001 (valor bibliográfico)

Con los datos indicados se obtiene que el descenso del nivel piezométrico que provocaría un sondeo que explote 22 L/s durante 120 días continuados, situado a 500 m de distancia de la captación sería de 0,61 m. En base a los datos calculados, se delimita una zona de protección de la captación con un radio de 500 metros al considerarse el descenso producido asumible (tan solo un 1,2% del espesor saturado del acuífero, mucho menor al 10% recomendado). Su representación cartográfica se puede observar en la figura 20.

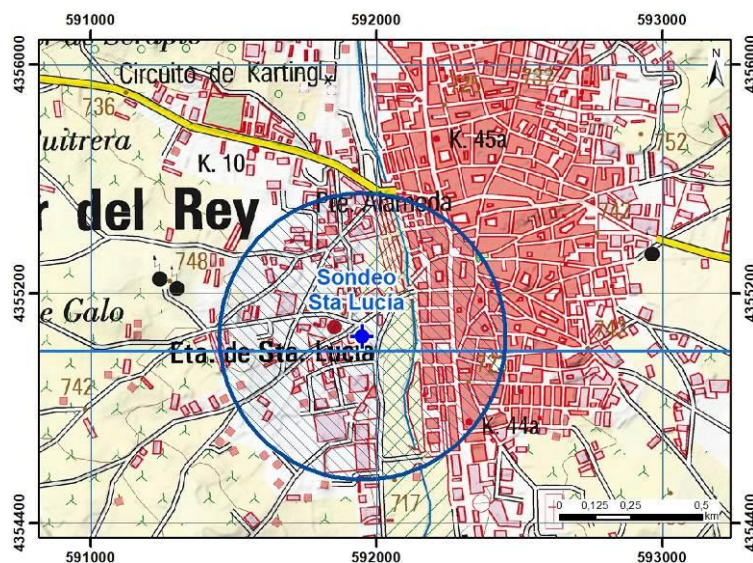


Figura 20. Propuesta de perímetro de protección de la cantidad del Sondeo Santa Lucía

6.3. Conclusiones y recomendaciones

Tal y como se ha indicado anteriormente, el sondeo Santa Lucía de abastecimiento a Quintanar del Rey tiene una profundidad de 280 m. El sondeo está acondicionado con tubería ciega hasta 240 m de profundidad y desde ahí hasta el final está acondicionado con tubería ranurada.

Las litologías perforadas de 0 m a 240 m son detríticas terciarias, fundamentalmente arcillosas en el tramo 0-188 m, y conglomeráticas y arenosas en el tramo 188-240. Estos materiales junto con su potencia hacen que la zona presente una vulnerabilidad a la contaminación baja o muy baja.

A partir de 240 m de profundidad aparecen materiales calcáreos hasta el final del sondeo. El acuífero captado está formado por carbonatos karstificados y fisurados del Cretácico, siendo la más productiva, la zona perteneciente al Cretácico superior (Fm. Benejama). El nivel piezométrico en el sondeo ascendió a 77, 10 m de al perforar esta formación, entre 240 y 243 m de profundidad, quedando de manifiesto el comportamiento confinado del acuífero.

La transmisividad del acuífero es muy elevada, habiéndose calculado en $6.900 \text{ m}^2/\text{d}$, si bien los datos no permiten una aproximación muy fiable de este dato. Se ha calculado una transmisividad del acuífero con datos bibliográficos de permeabilidad, obteniéndose un valor de $2.500 \text{ m}^2/\text{d}$.

Las propuestas de perímetro de protección son las siguientes (figura 21 y tabla 4):

Zona de protección inmediata o restricciones absolutas: La zona óptima de restricciones absolutas es un cerramiento en una circunferencia de la menos 10 m de diámetro alrededor de la captación, sin embargo, debido a las posibles dificultades para realizar dicho cerramiento y considerando la profundidad de captación y la potencia de materiales de escasa permeabilidad que protegen el acuífero, se considera suficiente el recinto actual vallado en el que se encuentra la captación. No obstante, se recomienda la construcción de una caseta que mejore la protección de la boca del sondeo.

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

Zona de protección próxima. Se observa un elevado poder autodepurador del terreno y una baja o muy baja vulnerabilidad del suelo. No obstante, se propone la delimitación de un perímetro de protección de unos 2 km aguas arriba del sondeo en la dirección del flujo subterráneo (NNE-SSO) y 500 m alrededor del sondeo, en el que se maximicen precauciones respecto a sondeos de captación del Cretácico, u otra obra que alcance al acuífero en profundidad, para evitar la entrada de contaminación directa al acuífero.

Zona de protección alejada o de restricciones moderadas. Se propone la protección del área más próxima de alimentación del acuífero frente a contaminantes de larga persistencia.

Perímetro de cantidad. Se considera suficiente un perímetro de una circunferencia de 500 m alrededor del sondeo Santa Lucía para proteger la cantidad de agua en el mismo.

		Coordenadas UTM H30 ETRS89	
		X	Y
Zona inmediata. Restricciones absolutas		Óptima: circunferencia de 10 m de diámetro alrededor del sondeo	
Zonas próxima*	A	591960	4357029
	B	593841	4356997
	C	592411	4354882
	D	591474	4355243
	Entre C y D	Cierra por el sur con una circunferencia de 500 m alrededor del sondeo	
Zona alejada. Restricciones moderadas		Presenta la forma de la zona vulnerable situada a unos 12 km al NNE del sondeo. Consultar figuras 19 y 21	
Cantidad		Circunferencia de 500 m de radio alrededor del sondeo	

Tabla 4. Propuesta de perímetros de protección del sondeo Santa Lucía

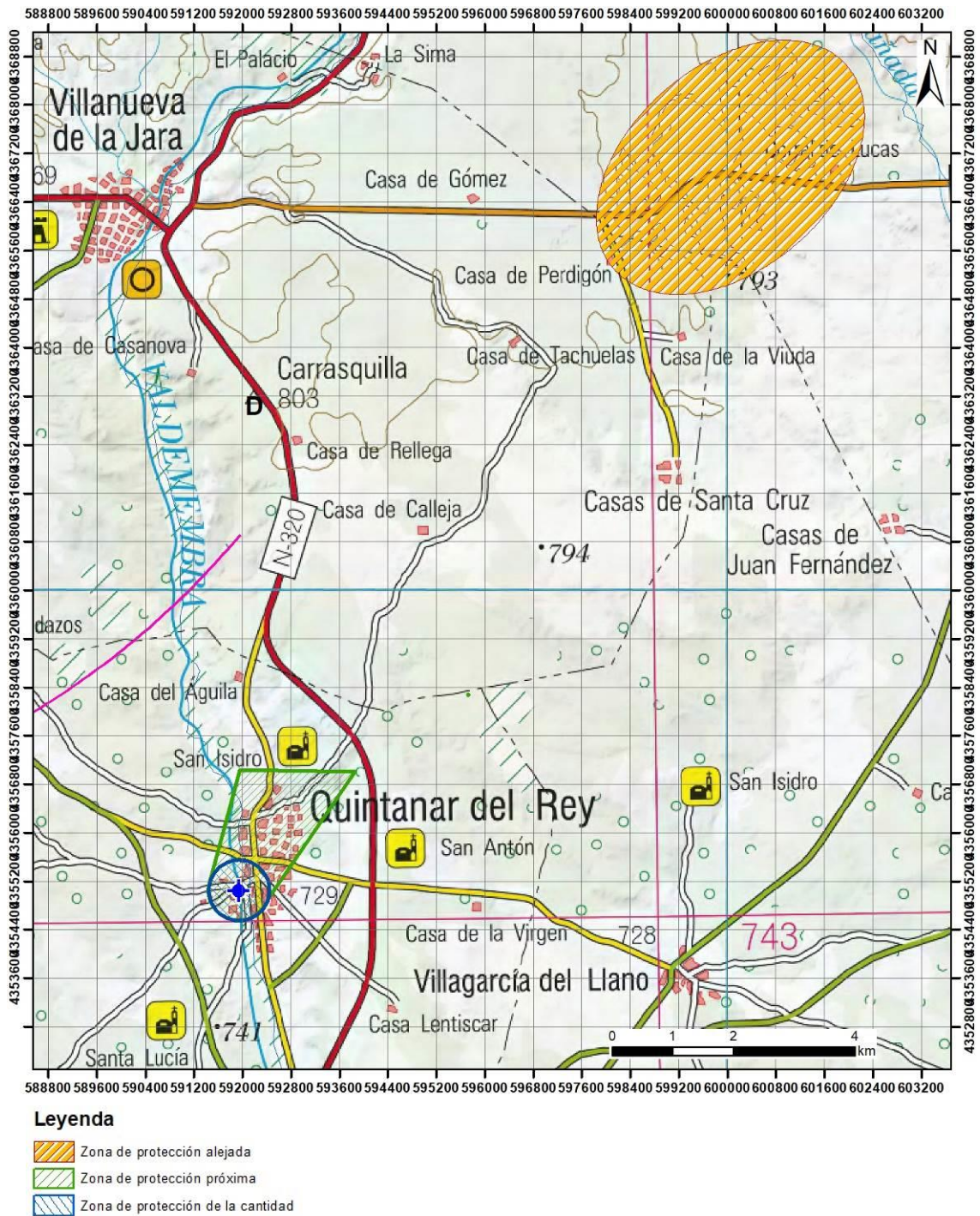


Figura 21. Perímetros de protección propuestos para el sondeo Santa Lucía

7. BIBLIOGRAFÍA

INC, 1972. Informe parcial del sondeo 717-2971

IGME-IRYDA. Columna del sondeo 717/80 “Quintanar del Rey”.

IGME-IRYDA. Columna del sondeo 717/75 “La Calera”.

IGME, 1988. Mapa geológico E 1:50.000 nº 717 (24-28) "Quintanar del Rey".

IGME, 1980. Nota técnica sobre las posibilidades de captación de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano de “Quintanar del Rey” (Cuenca).

IGME, 1981a. Informe final del sondeo “Quintanar del Rey” (Cuenca).

IGME, 1981b. Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en Villanueva de la Jara. Cuenca.

IGME, 1982. Informe sobre el bombeo realizado en Quintanar de Rey. Cuenca.

IGME, 2001. Situación actual de los sistemas de abastecimiento en la provincia de Cuenca. Quintanar del Rey.

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.

IGME, 2009. Propuesta de perímetro de protección para la captación de abastecimiento de agua potable a la localidad de Villanueva de la Jara (Cuenca).

IGME-DGA. 2009a. Actividad 5. Elaboración del mapa piezométrico de España. Demarcación Hidrográfica del Júcar. 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.

IGME-DGA. 2009b. Actividad 9. Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las

masas de agua subterránea intercomunitarias. Masas carbonatadas. Demarcación Hidrográfica del Júcar. 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

IGME-DGA 2009c. Caracterización básica de las masas de agua subterránea de la CHJ. Actividad nº3 de la Encomienda de Gestión de la Dirección General del Agua al IGME, relativa a la realización de trabajos científico técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. MASb: 080.129. Mancha Oriental.

Electroriegos Mahora, S.L-Sondeos Martínez, 2020. Reconocimiento con cámara de vídeo y testificación geofísica del sondeo Calderones, situado en el término municipal de Quintanar del Rey, Cuenca.

IGME, 2020. Propuesta de perímetro de protección de la captación “Los Calderones” de abastecimiento de agua potable a Quintanar del Rey, Cuenca. Diciembre 2020.

En Madrid, abril de 2021

Vº Bº: Jefa del Proyecto

La autora del informe

Raquel Morales García

Ana Castro Quiles

Área de Hidrogeología General
y Calidad del Agua del IGME

Área de Hidrogeología
Aplicada del IGME