



PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
DE LAS CAPTACIONES PARA ABASTECIMIENTO DE
ENGUÍDANOS (CUENCA)

Abril 2009

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Ubicación
- 2.2. Abastecimiento actual

2. PROPUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

- 2.1. Marco hidrogeológico regional
- 2.2. Marco hidrogeológico local
- 2.3. Vulnerabilidad del acuífero
 - 2.3.1. Inventario de focos de contaminación*
 - 2.3.2. Estimación de la vulnerabilidad*
- 2.4. Perímetro de protección de la captación

3. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y la Excm. Diputación Provincial de Cuenca, en abril de 2009 se elabora la propuesta de Perímetro de Protección para las captaciones de abastecimiento de la localidad de Enguídanos.

1.1. Ubicación

Enguídanos es un municipio de la provincia de Cuenca que se encuentra situado entre las regiones conocidas como Serranía Baja y La Manchuela Conquense. Ubicado en el valle del río Cabriel, se encuentra en la cola del pantano de Contreras. Este municipio se encuentra a 734 m sobre el nivel del mar y su término municipal ocupa una superficie de 170 kilómetros cuadrados.

Se encuentra a una distancia de la capital de 85 kilómetros y a una distancia de Valencia de 165 kilómetros.

La etimología del nombre de Enguídanos, que se remonta a la presencia griega en la península, significa “lugar de abundancia de aguas”, como así lo atestiguan las abundantes fuentes y manantiales de la zona.

Posee una población residente estable de 415 habitantes (censo INE 2007) aunque la población estacional en el municipio aumenta considerablemente en los meses de verano.

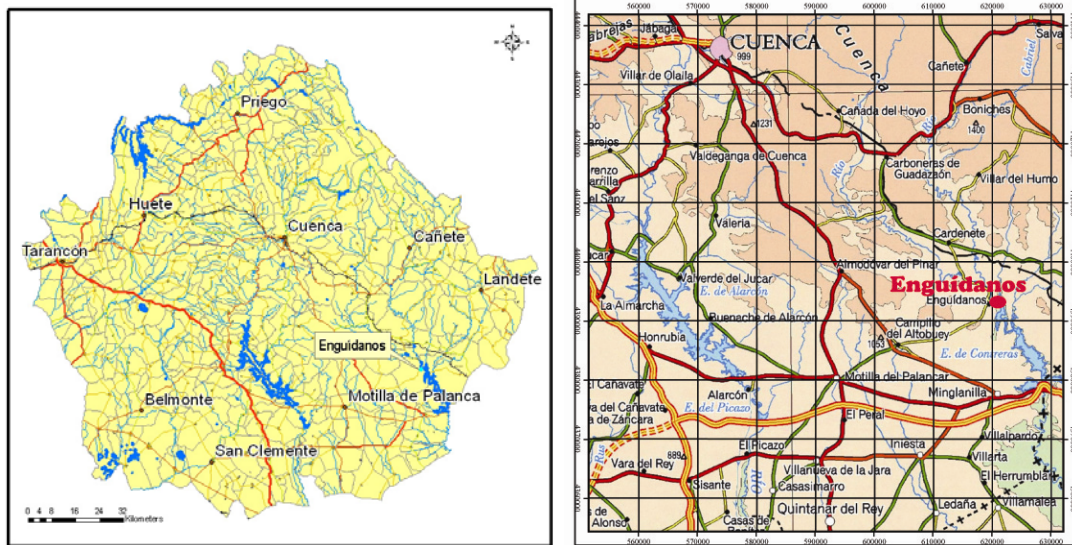


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad de Enguidanos

1.2. Abastecimiento actual de la localidad

El abastecimiento de la población se realiza mediante la captación de dos manantiales, el manantial de Villaescusa, con un caudal aforado de 5 l/s y la fuente de Los Engaños, con un caudal aproximado de 4,5 l/s, suficientes para satisfacer la demanda de agua del pueblo.

Las características de las actuales captaciones se reflejan en la Tabla 1:

CAPTACIÓN	UTM X	UTM Y	Cota (m)	C (μs/cm)	Q (l/s)	Litología
1. Manantial de Villaescusa	617102	4392233	850		5	Drena paredón calizo (dolomías del Turoniense)
2. Fuente de los Engaños	617915	4392561	810		4.5	Mana en las dolomías del Cenomaniense
DEPÓSITOS	UTM_X	UTM_Y				
Depósito 1	619190	4392555	780			

Tabla 1. Características de las actuales captaciones de abastecimiento de Enguñados

Ambas captaciones se encuentran en el paraje llamado la Hoz del Agua, en la Vega de la Zarzuela, distantes del pueblo unos 2km y medio el manantial de Villaescusa y 1700 m la fuente de los Engaños. El agua no necesita ser bombeada y llega por su propio peso al depósito. El Manantial de Villaescusa se ubica en la zona de contacto entre las dolomías del Turoniense y del Cenomaniense. La fuente de los Engaños mana en los materiales dolomíticos del Cenomaniense.

En la Figura 2 se ubica el actual sistema de abastecimiento.

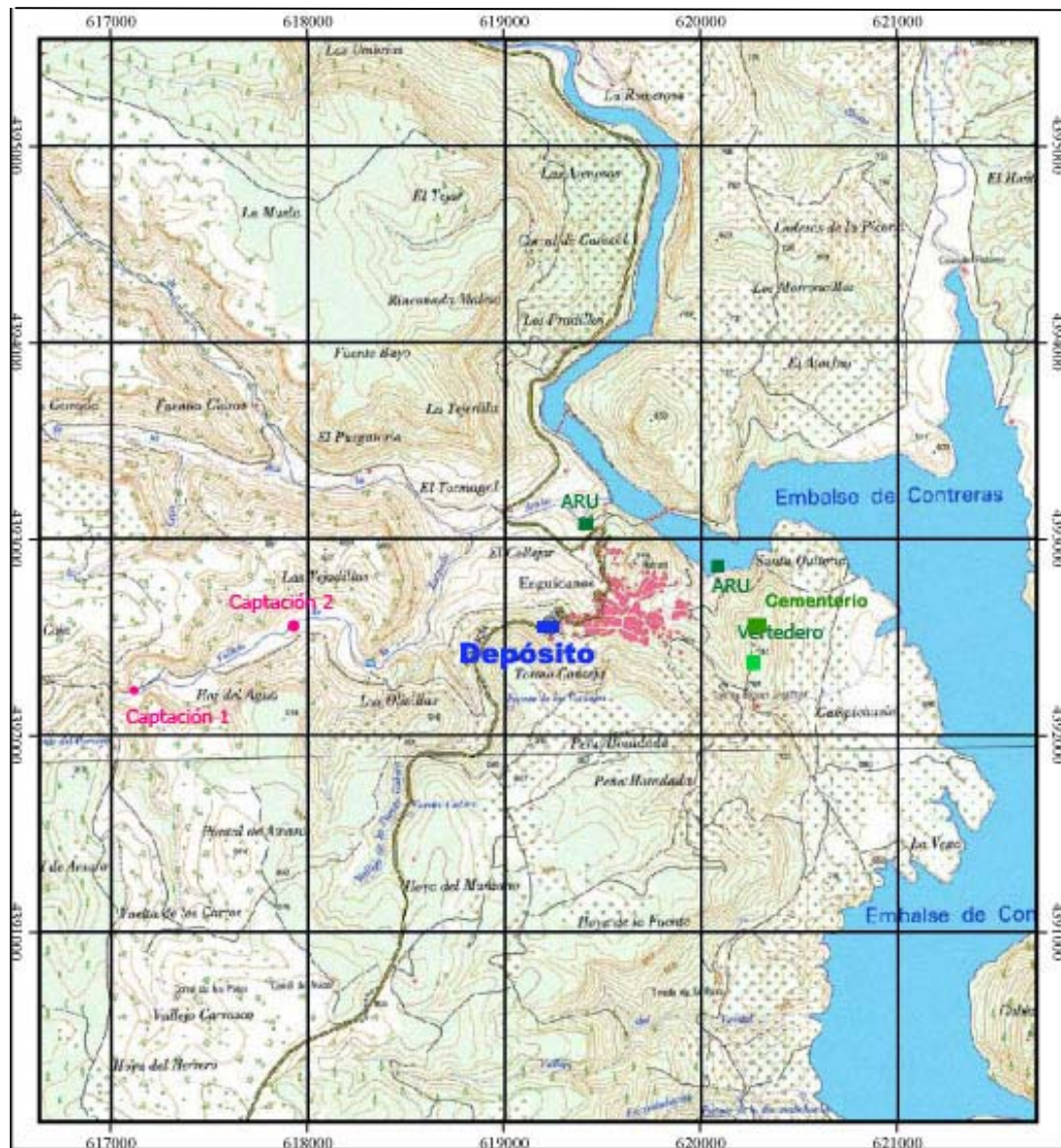


Figura 2. Sistema de abastecimiento de la localidad de Enguadanos y potenciales focos de contaminación.

2. PROPUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

2.1. Marco hidrogeológico regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) tal y como se muestra en la Figura 3.

Regionalmente, la zona considerada en este estudio se enmarca dentro de la Masa de Agua Subterránea **MAS 080.120 “Cretácico de Cuenca Sur”**, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Júcar. Con anterioridad a la nueva delimitación de las masas, ésta se englobaba dentro las MAS 080. 015 “Serranía de Cuenca”. Dicha MAS es de tipo mixto, con un espesor medio de más de 500 m y con litologías variadas correspondientes tanto al Mesozoico como al Terciario (calizas, dolomías, conglomerados, areniscas y detríticos terciarios). Las cotas piezométricas encontradas oscilan entre los 770 y 1400 msnm, teniendo los diferentes acuíferos niveles piezométricos distintos. Los dos ejes que condicionan el flujo subterráneo son los ríos Júcar y Cabriel.

Esta MAS queda ahora subdividida en 5 masas distintas correspondientes a cada uno de los acuíferos que la conforman.

Según el mapa de permeabilidad de la Figura 4, a la zona de estudio le corresponde una **permeabilidad media** por disolución y/o fisuración

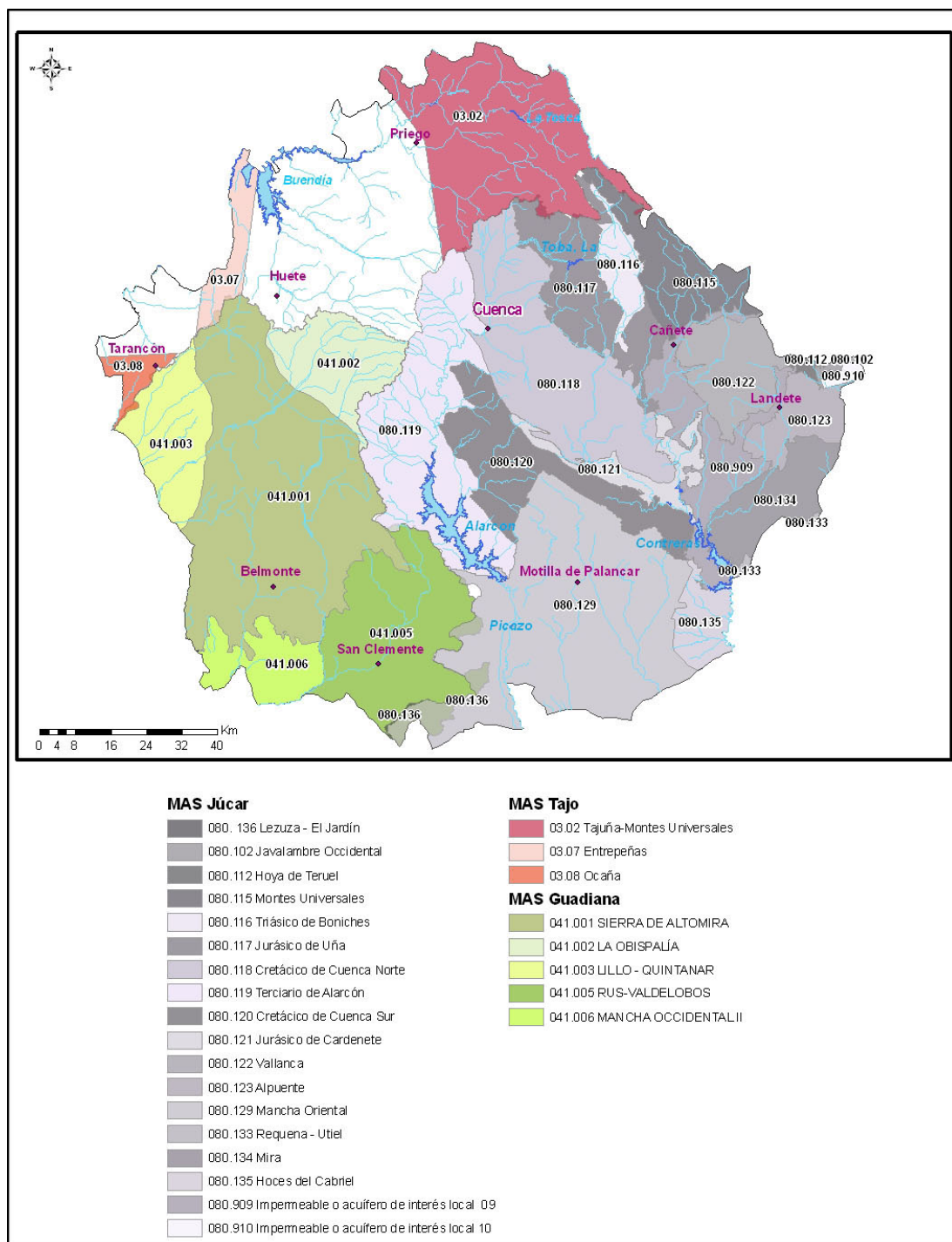
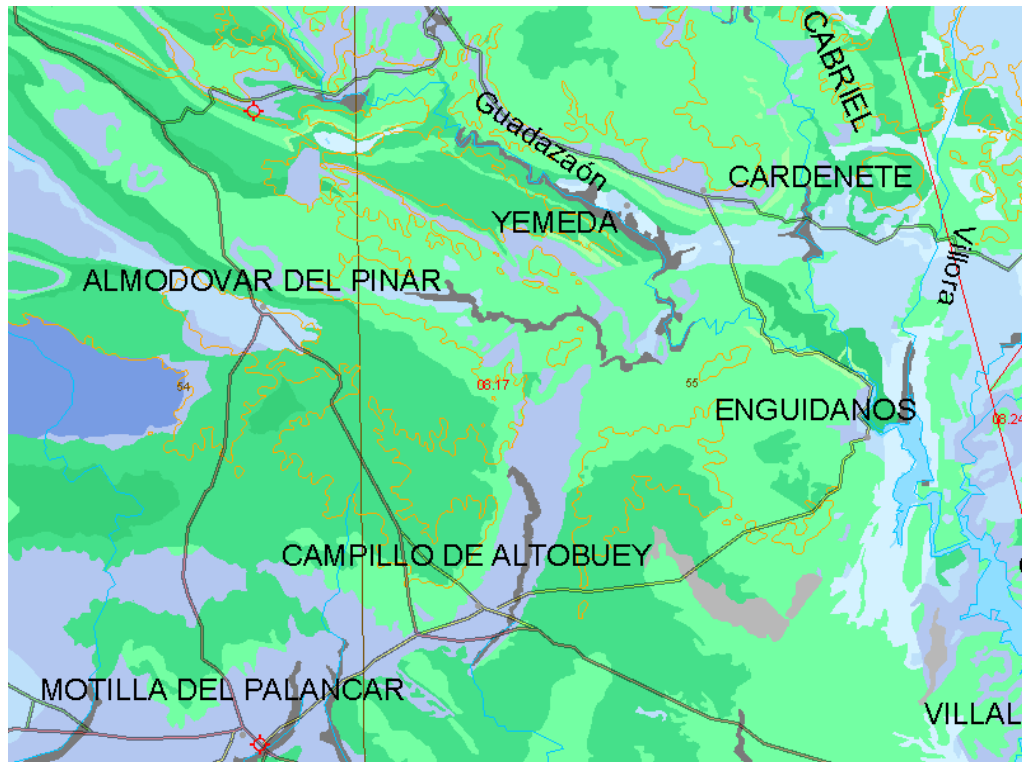


Figura 3. Masas de Agua Subterránea y Unidades Hidrogeológicas de la provincia de Cuenca.



PERMEABILIDAD

PERMEABILIDAD			MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
LITOLOGÍAS							
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
		DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
	POROSAS	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	E-B	E-MB

Figura 4. Mapa de permeabilidad de la zona de estudio.

La facies hidroquímicas de este sistema acuífero es bicarbonatada cálcica, con conductividades que varían entre 331 y 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una concentración media de nitratos de 14 mg/l.

El volumen de agua utilizado al año se calcula que es de unos 46.5 hm³/año, procedente de los bombeos y del aprovechamiento de manantiales. El agua es utilizada para abastecimiento y para regadío.

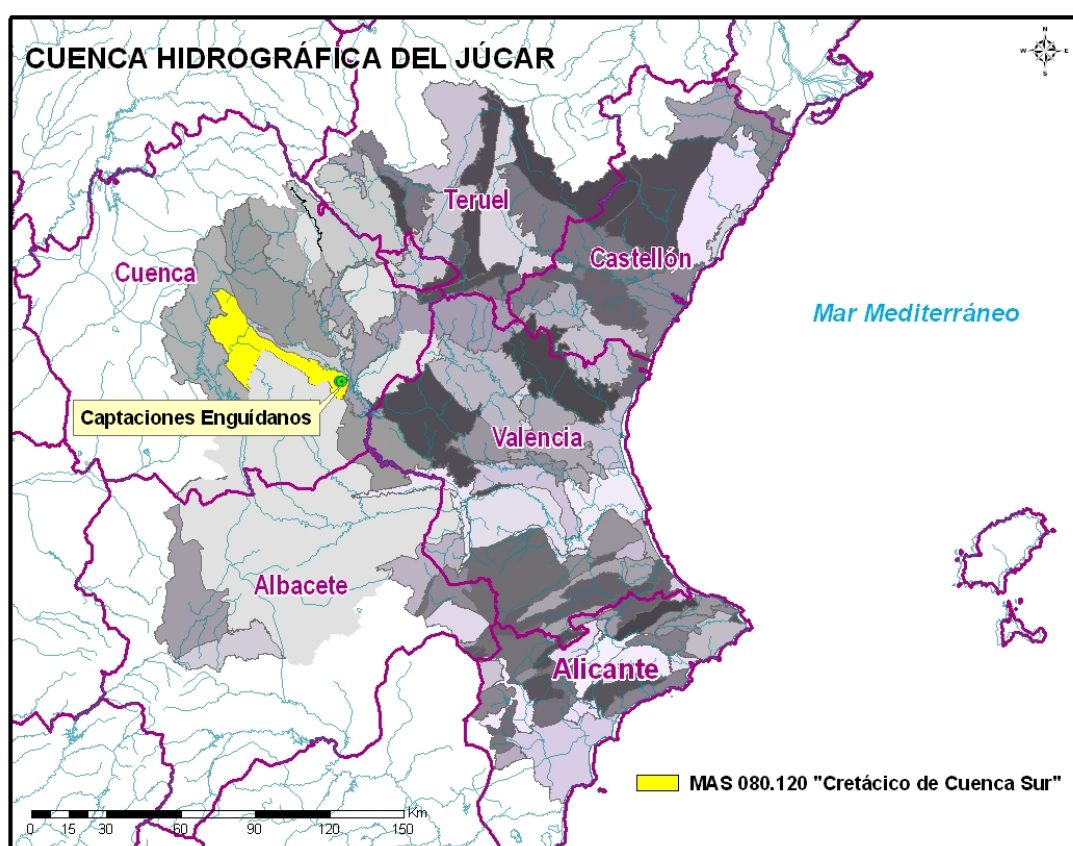


Figura 5. Cuenca hidrográfica del Júcar y delimitación de sus Masas de Agua subterránea. En amarillo la MAS 08.118 “Cretácico de Cuenca Sur”.

2.2. Marco hidrogeológico local

Las dos captaciones de Enguídanos drenan materiales calcáreos del Cretácico Superior, en concreto:

- a) Cenomaniense Medio-Superior. Tiene dos tramos, en cuyo contacto mana la fuente de los Engaños, con un caudal estimado de 4,5 l/s. A muro se trata de aproximadamente 15 m de arcillas verdes. Le siguen un paquete de dolomías blanco amarillentas de unos 60 m de potencia bien estratificadas aunque localmente puedan presentar aspecto masivo. La cota de la fuente es 810 msnm.
- b) Turoniense-Coniaciense: se trata de dolomías parcialmente recristalizadas y de aspecto sacaroides con intercalaciones margosas para el que se ha estimado unos 40 m de espesor. Sobre estos materiales se ubica el manantial de Villaescusa, con un caudal de 5 l/s y cota 850 msnm.

Estos materiales constituyen importantes acuíferos regionales. El fuerte encajamiento de la red hidrográfica provoca que estos acuíferos queden colgados y que las fuentes y manantiales, como en el caso de Enguídanos, sean abundantes y de bastante caudal.

Tanto el Keuper, que aflora en las inmediaciones de Enguídanos, al Este, como las arcillas verdes del Cenomaniense, constituyen el muro de estos acuíferos cretácicos y también jurásicos.

Próximo al pueblo de Enguídanos y discordante sobre los materiales mesozoicos afloran conglomerados de edad Oligocena constituyendo una serie monótona de muy poca extensión. Se trata de conglomerados de cantos de caliza cuyo tamaño varía de 5 a 15 cm. englobados en una matriz arcilloarenosa en la que son abundante los cuarzos bipiramidales heredados del Keuper. La potencia se estima de 40-45 m.

También discordantes, aparecen los materiales detríticos del Vindoboniense (Mioceno) integrados por areniscas y conglomerados muy cementados en la base y que a medida que se asciende en la serie se van haciendo más arcillosos. Su potencia es muy variable dependiendo del relieve que fosiliza. Por ejemplo, se ha llegado a medir 120 m de espesor en el valle del río Mira.

La dirección local del flujo subterráneo es hacia el Este, teniendo como lugar de infiltración de las aguas las muelas calizas situadas al oeste de las captaciones y como línea de drenaje tanto el río Cabriel como el Guadazón.

La naturaleza de las aguas analizadas es bicarbonatada cálcica para ambas captaciones, como se aprecia en la Tabla 2 y el gráfico Piper de la Figura 6.

F_Toma	Muestra	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
22-abr-09	F-Villaescusa	9,0	12,0	316,0	0,0	5,0	3,0	21,0	84,0	0,0	7,70	513
22-abr-09	F-Los Engaños	10,0	11,0	320,0		4,0	4,0	25,0	77,0		7,8	504

Tabla 2. Características físico-químicas de las aguas de las captaciones de Enguadabnos (contenidos en mg/L, Temperatura en °C y conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$).

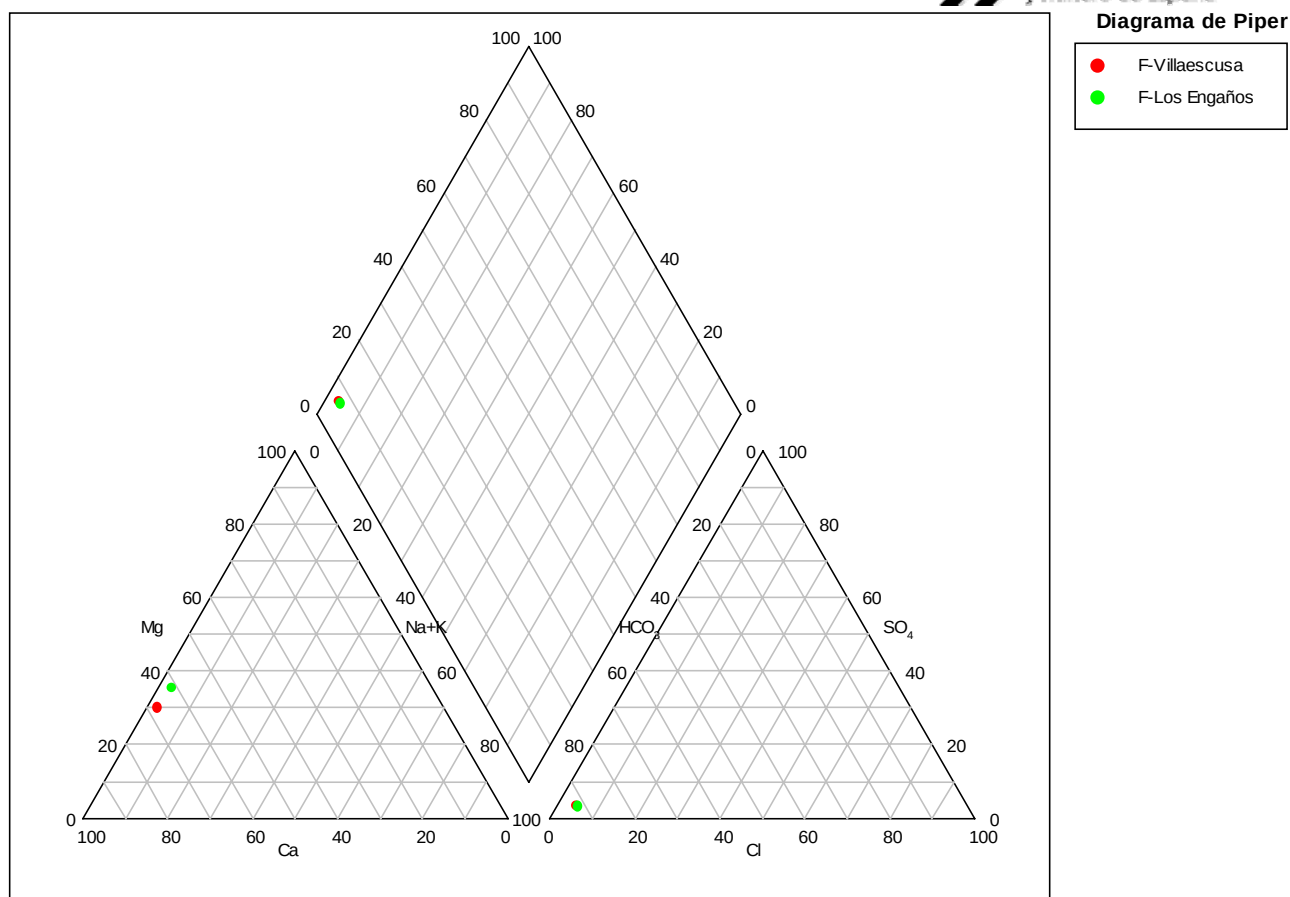


Figura 5. Diagrama de Piper representando características hidroquímicas de los principales puntos de agua del entorno de Aliaguilla.

2.3. Vulnerabilidad del acuífero

2.3.1. Inventario de focos de contaminación

Según la información recabada en la visita de campo realizada por el IGME en Abril del 2009, en el entorno de Enguñados existen cinco focos potenciales de contaminación en las inmediaciones de las captaciones que podrían estar influyendo negativamente en la calidad del agua de las mismas. Estos focos, situados en la Figura 2 quedan reflejados en la siguiente tabla:

Foco contaminante	UTM_X	UTM_Y
Aguas residuales urbanas 1	619393	4393065
Aguas residuales Urbanas 2	620063	4392852
Vertedero	620269	4392359
Cementerio	620294	4392522
Agricultura	areal	

Tabla 2. Potenciales focos de contaminación en el entorno de Enguídanos

Se observa que los principales focos de contaminación se ubican aguas abajo de las captaciones (Figura 2).

2.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

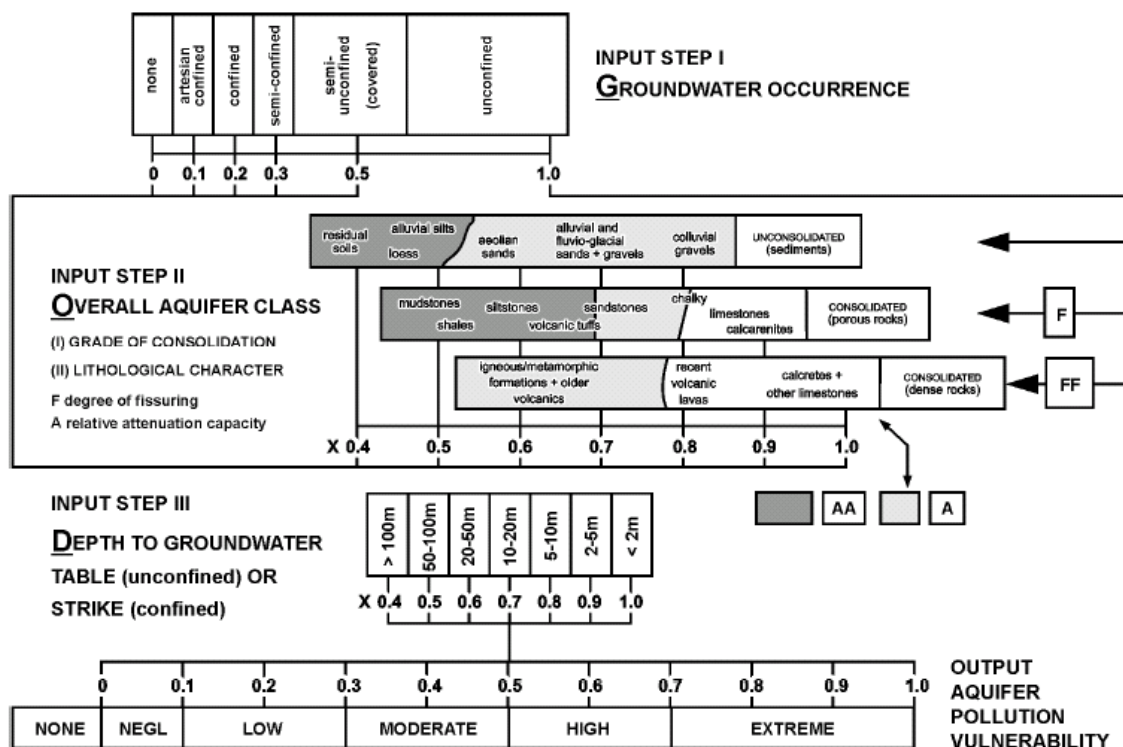
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables (G, O, D) las cuales conforman el acrónimo:

G- tipo de acuífero.

O- litología de cobertura del acuífero

D- profundidad del agua o del acuífero.

En la Figura 7 (Foster e Hirata, 1991) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



GOD empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).
Editorial note: Corrections received from the author
Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

Figura 6. Esquema de la valoración del índice GOD.

Ambas captaciones drenan los materiales calcáreos del Cretácico por medio de fuentes de caudal suficiente para satisfacer la demanda del pueblo. Por tanto se trata de un acuífero libre cuya porosidad se debe a fisuración y solubilidad de la roca.

La zona se ha dividido en celdas de aproximadamente 500m x 500m cada una para las que se calculará independientemente el valor de cada uno de los parámetros GOD.

El tipo de acuífero se va a considerar para cada una de estas celdas en función de la profundidad del nivel piezométrico estimado, de los materiales suprayacentes y de las características generales del flujo subterráneo.

En general, se ha considerado un valor de $G = 1$, correspondiente a un acuífero libre, para aquellas celdas correspondientes a los materiales carbonatados constitutivos de acuífero. Para las celdas en las que los materiales carbonatados del Cretácico Superior están

recubiertos por los materiales detríticos del Terciario, se ha asignado un valor de $G = 0,2$ correspondiente a acuífero confinado. En las celdas en las que afloran los materiales del Cretácico Inferior o los del Keuper, se ha considerado acuífero inexistente ($G = 0$).

En cuanto a la capacidad protectora que ofrecen los materiales que se encuentran por encima del acuífero, ésta variará para cada celda, siendo para los materiales carbonatados del Cretácico Superior limitada habiéndose asignado un valor elevado de $O = 0,9$. Cuando el acuífero se encuentre recubierto por los conglomerados y arcillas del Terciario, se asignará un valor de $O = 0,6$.

La profundidad a la que se encuentra el techo de la formación acuífera variará para cada celda y se ha estimado en función de la cota de las fuentes y de la topografía circundante. El relieve muestra una red muy encajada, por lo que suponemos que la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico será elevada para toda la zona de la amplia muela caliza, habiendo asignado un valor de $D = 0,5$ y $0,6$ y en las zonas más elevadas de $D = 0,4$.

La cartografía de vulnerabilidad mediante este método ofrece cinco zonas diferenciadas en función de los parámetros asignados a cada celda antes descritos.

En las inmediaciones de las captaciones la vulnerabilidad es extrema. Se mantiene alta aproximadamente coincidiendo con los dos valles y siendo moderada para toda la muela caliza que se extiende a un altitud elevada (1000m de media) al oeste de las captaciones. Al este, los materiales calizos constitutivos de acuífero o bien son inexistentes (vulnerabilidad nula) o están recubiertos por conglomerados y arcillas terciarias (vulnerabilidad insignificante).

MAPA DE VULNERABILIDAD

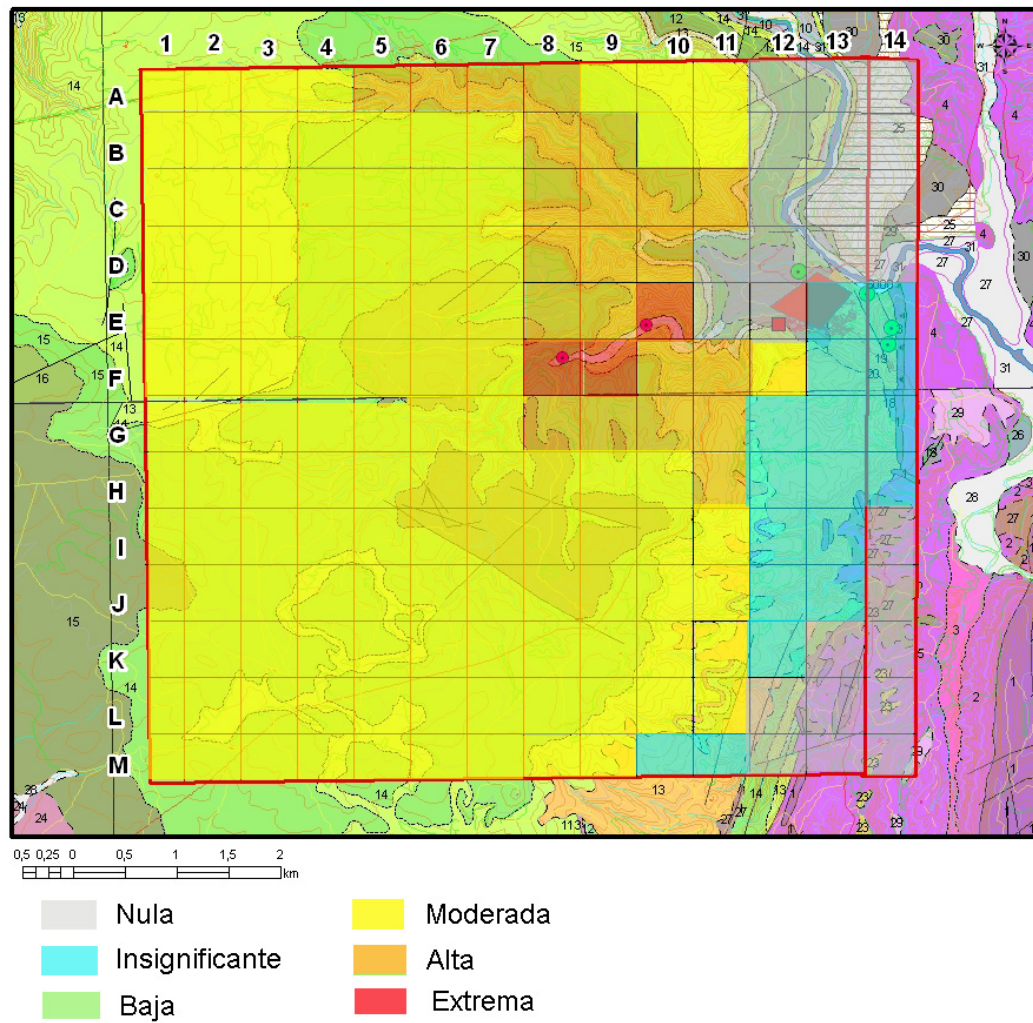


Figura 7. Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD

2.4 Perímetro de protección de las captaciones

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 las captaciones utilizadas para el abastecimiento de Aliaguilla, 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.

Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

En el desarrollo de este proyecto, la definición de los perímetros de protección de las distintas captaciones se basa fundamentalmente en **criterios hidrogeológicos**, apoyándose además, 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 las distintas captaciones en tres zonas las cuales contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a las captaciones:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m². Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- Zona alejada o de restricciones moderadas: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

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.

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, 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.

El método para calcular el tiempo de tránsito aplicado en este caso es el desarrollado por Wyssling, consistente 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.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

i = gradiente hidráulico

Q = caudal de bombeo (m^3/s)

k = permeabilidad horizontal (m/s)

m_e = porosidad eficaz

b = espesor 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).

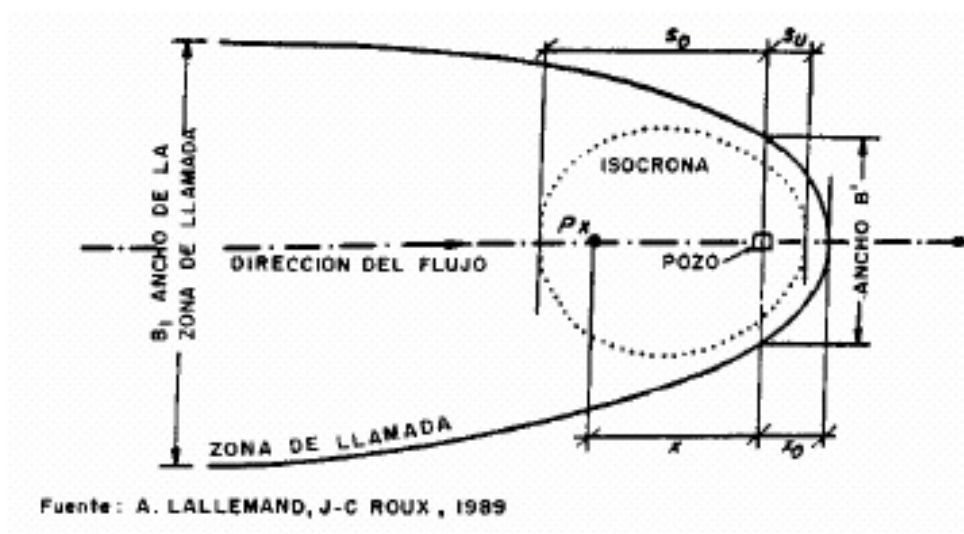


Figura 8. Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Enguñados no se dispone de datos hidráulicos precisos, utilizando valores medios de origen bibliográfico acordes con la información litológica, cartográfica e hidrogeológica existente (columnas litológicas de sondeos, reconocimientos de campo, etc.).

Como espesor del acuífero se ha tomado la potencia de los materiales que drenan cada uno de los manantiales, los cuales se disponen en posición horizontal-subhorizontal en esta zona. Así, para el manantial de Villaescusa el espesor tomado es de 40 m (potencia descrita para las dolomías del Turoniense-Coniaciense). Para la fuente de los Engaños se ha tomado el espesor correspondiente a las dolomías del tramo superior del Cenomaniense (60 m) más el tramo del Turoniense-Coniaciense, con conexión hidráulica, haciendo un total de 100 m de espesor.

El gradiente hidráulico se ha establecido en función de los datos de campo que se disponen.

Como porosidad eficaz se ha tomado el valor proporcionado por Iglesias (1985) para un acuífero calcáreo cretácico en régimen libre.

Se va a realizar el perímetro para las dos captaciones que actualmente abastecen de agua a la localidad de Enguñados.

Enguídanos (Manantial de Villaescusa)	
Espesor del acuífero (m)	40
Porosidad eficaz	0.02
Permeabilidad horizontal (m/día)	1
Permeabilidad horizontal (m/s)	1.574×10^{-5}
Caudal de bombeo (l/s)	5
Caudal de bombeo (m³/s)	0.005
Gradiente hidráulico	0.045
Enguídanos (Fuente de los Engaños)	
Espesor del acuífero (m)	100
Porosidad eficaz	0.02
Permeabilidad horizontal (m/día)	1
Permeabilidad horizontal (m/s)	1.574×10^{-5}
Caudal de bombeo (l/s)	4,5
Caudal de bombeo (m³/s)	0.0045
Gradiente hidráulico	0.045

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

2.4.1 Perímetro de restricciones absolutas

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (sI) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día.

Esta zona tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas. Sin embargo, se va a representar de forma cuadrangular para que resulte más fácil su manejo a la hora de definir la superficie y ajustado a las peculiaridades del terreno. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para s según el método Wyssling.

Enguidanos (Manantial de Villaescusa)	
S0 (aguas arriba)	14
Su (aguas abajo)	12
Enguidanos (Fuente de los Engaños)	
S0 (aguas arriba)	9
Su (aguas abajo)	7

Tabla 4. Valores del radio del perímetro de restricciones absolutas



Figura 9. Fotos de las captaciones para abastecimiento de Enguídanos.

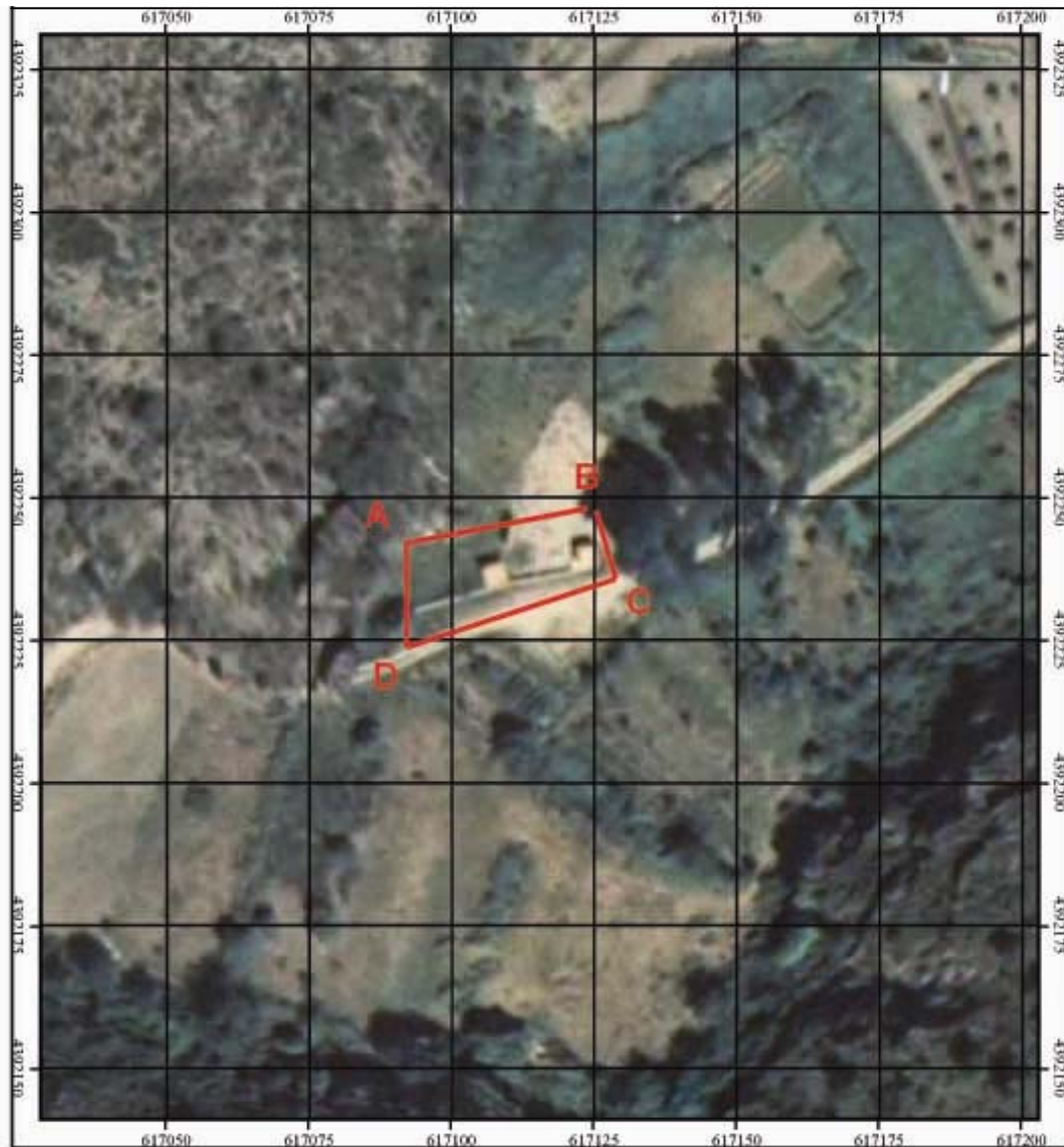


Figura 10. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones absolutas para la captación de Villaescusa.



Figura 11. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones absolutas para la captación de la Fuente de los Engaños.

2.4.2 Perímetro de restricciones máximas

Para determinar **la zona de protección próxima** se considera como el espacio (sII) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protecciones absolutas y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para sII.

Enguídanos (Manantial de Villaescusa)	
S0 (aguas arriba)	190
Su (aguas abajo)	55
Enguídanos (Fuente de los Engaños)	
S0 (aguas arriba)	158
Su (aguas abajo)	23

Tabla 5. Valores del radio del perímetro de restricciones máximas.

Por criterios de seguridad y atendiendo a criterios hidrogeológicos, se delimitará como zona de restricciones máximas, una superficie de forma poligonal con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá 1000 m aguas arriba de la captación y 700 m aguas abajo. En el caso del sondeo, la zona se ha adecuado para proteger todo el afloramiento de los detríticos del Eoceno superior-Oligoceno que explota en profundidad el sondeo. Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 7.



Figura 12. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones máximas.

2.4.3 Perímetro de restricciones moderadas

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima (radio sII) y la isocrona de 10 años (radio sIII). 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.

Enguídanos (Manantial de Villaescusa)	
S0 (aguas arriba)	8288
Su (aguas abajo)	76
Enguídanos (Fuente de los Engaños)	
S0 (aguas arriba)	8240
Su (aguas abajo)	27.5

Tabla 6. Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

Los resultados obtenidos con este método se han adecuado a las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, haciéndolo coincidir con la divisoria de aguas superficiales, aproximadamente.

Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 7 y su representación cartográfica en la Figura 12.

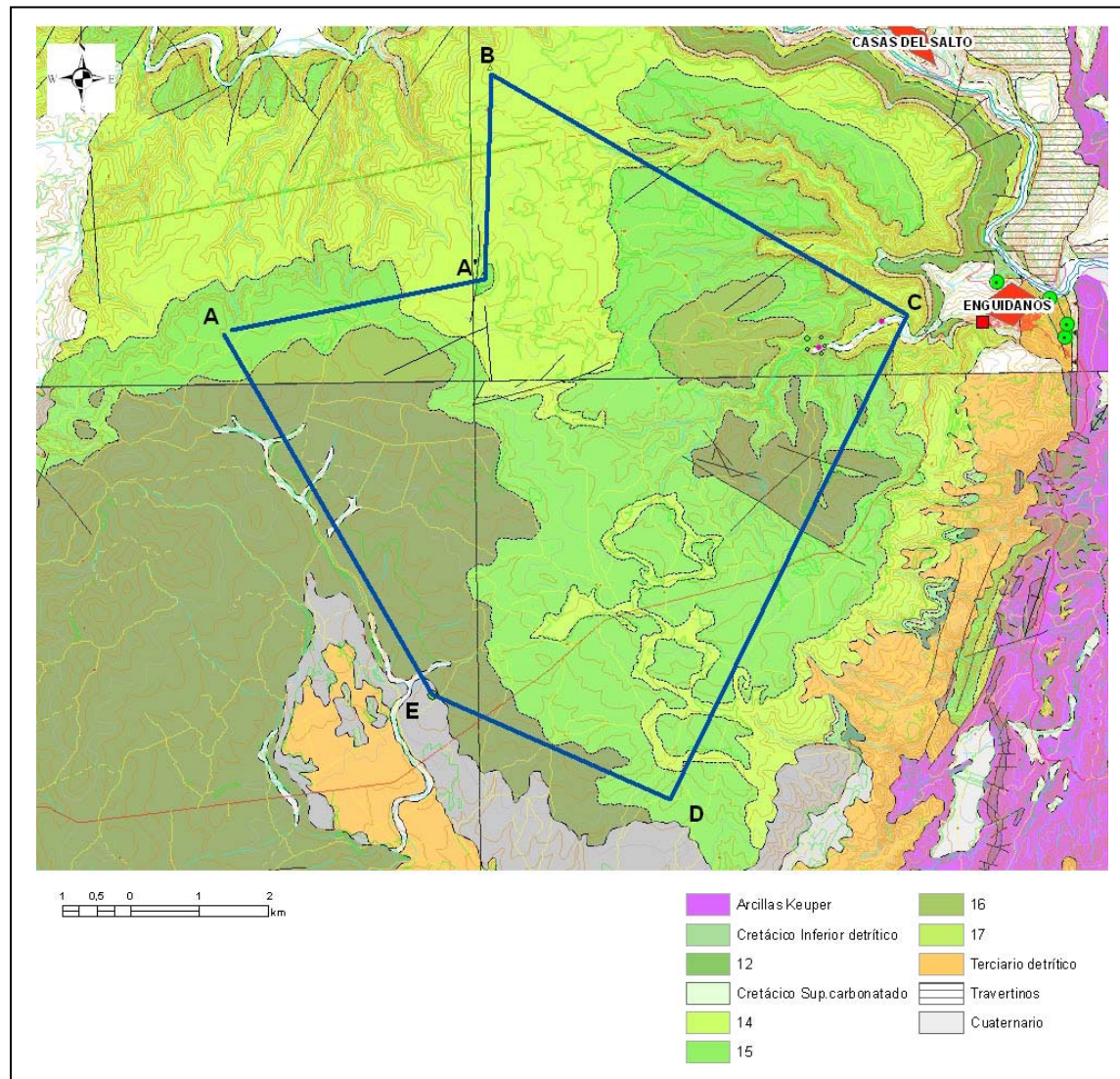


Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones moderadas

2.4.4 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 del sondeo de abastecimiento a Sotos se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, 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 = 100 m²/día

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 5 l/s) = 432 m³/día

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.0001

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 5 y 4,5 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia de cada una de las captaciones. El hipotético descenso obtenido de **1.9 m** para la captación de los Engaños es perfectamente asumible mientras que en el caso del Manantial de Villaescusa y tomando un espesor saturado de 40 m el descenso obtenido de **4 m** que estaría próximo al 10% del espesor saturado por lo que se haría necesario una rigurosa planificación y control de dicha obra que en ningún caso podría superar los 5 l/s de caudal de explotación.

En la Figura 13 se representa gráficamente las distintas zonas de protección de caudal así como los perímetros obtenidos para la zona de protecciones máximas. En la Tabla 8 quedan recogidas las actividades restringidas en cada área.

PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

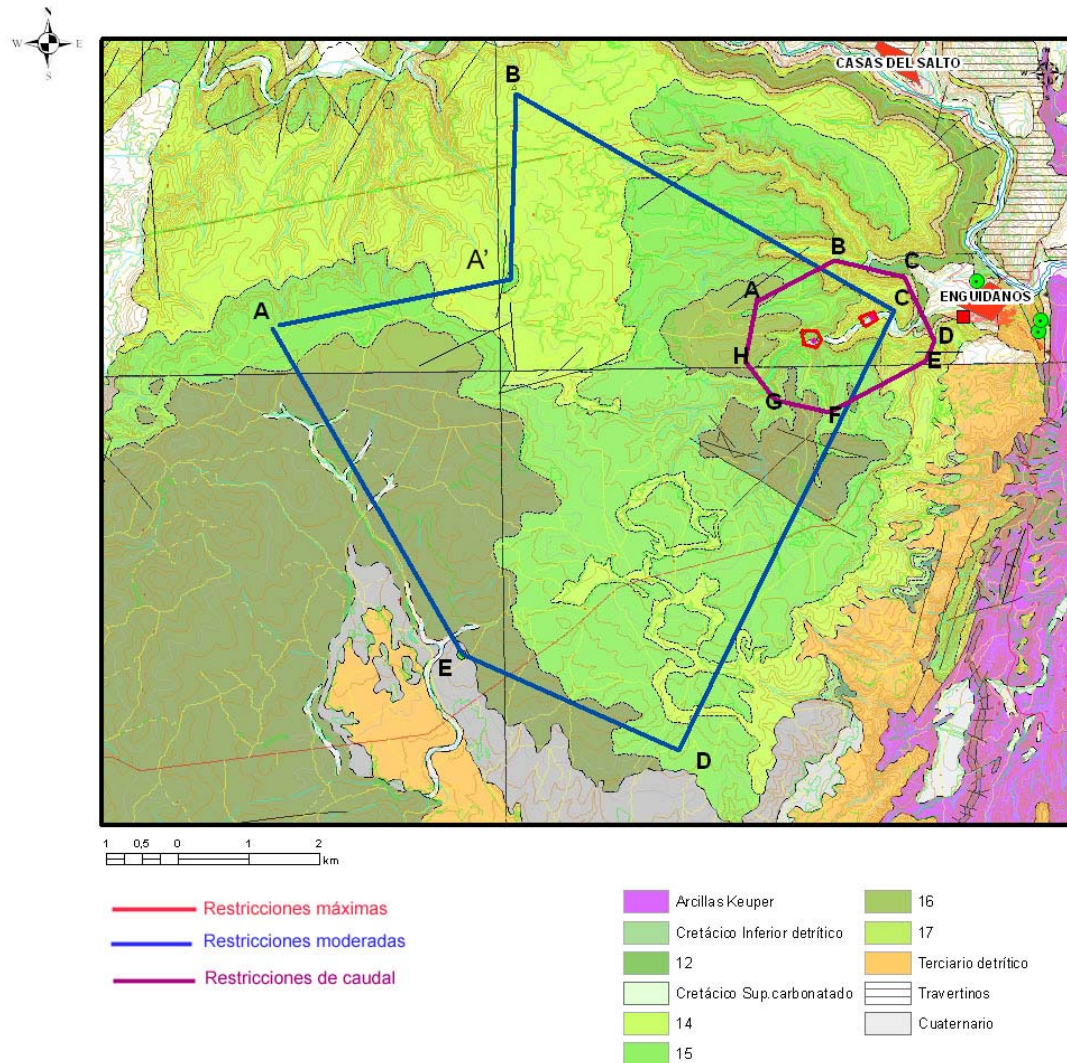


Figura 14. Mapa de la propuesta del perimetro de zona de restricciones máximas y de caudal.

		Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y	z
	Manantial de Villaescusa	A	617094	4392242	850
		B	617127	4392246	850
		C	617128	4392235	850
		D	617097	4392226	850
	Fuente de los Engaños	A	617896	4392554	810
		B	617917	4392569	810
		C	617928	4392554	810
		D	617911	4392543	810
ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	Manantial de Villaescusa	A	616951	4392340	890
		B	617130	4392355	860
		C	617169	4392252	845
		D	617134	4392151	860
		E	616956	4392201	880
	Fuente de los Engaños	A	617737	4392546	820
		B	617942	4392630	810
		C	617983	4392527	810
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	Manantial de Villaescusa y Fuente de los Engaños	A	609515	4392423	1030
		B	612951	4395699	1020
		C	618132	4392637	810
		D	615212	4386440	927
		E	612150	4387776	948
ZONA DE RESTRICCIONES DE CAUDAL	Manantial de Villaescusa y Fuente de los Engaños	A	616305	4392836	960
		B	617395	4393358	790
		C	618350	4393133	810
		D	618783	4392227	810
		E	618654	4391938	870
		F	617299	4391225	940
		G	616538	4391393	930
		H	616105	4391938	975

Tabla 7. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de los sondeos de abastecimiento a Enguídanos.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la Tabla 8.

	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	•	•			•		
	Cementerios	•	•				•	
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	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. Definición de las actividades restringidas o prohibidas dentro del perímetro de protección.

Tras la definición de los correspondientes perímetros de protección, se observa que dentro de los perímetros establecidos no quedan englobados ninguno de los potenciales focos de contaminación.

Con respecto a las actividades agrícolas, en los perímetros de restricciones máximas quedaría prohibida la aplicación de fertilizantes y fitosanitarios a los pequeños huertos y árboles frutales que hay en esta Hoz del agua, para evitar el deterioro de la calidad del agua de las captaciones. En este perímetro, la instalación de granjas estaría también prohibida, tal y como recoge la Tabla 8. Para el caso del perímetro de restricciones moderadas, que abarca fundamentalmente la muela caliza que enmarca la Hoz del Agua, solo algunos árboles frutales podrían constituir, a día de hoy, un potencial foco de contaminación y tendría que controlarse que la aplicación de abonos no afecte a la calidad de las captaciones.

Así mismo, cualquier actividad que se pretenda llevar a cabo dentro de alguno de los perímetros descritos deberán cumplir los requisitos expuestos en la Tabla 8.

Por ejemplo, la apertura de canteras quedará prohibida excepto en el perímetro de restricciones moderadas, en el que quedará supeditado a informe favorable acerca de la no afección de la cantera a la calidad del agua subterránea.

En el caso de la perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. 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 estarán equipados de contadores para determinar que caudal se extrae.

Madrid, octubre de 2010

La autora del informe
Fdo. Esther Alonso Marín

3. BIBLIOGRAFÍA

IGME (1991): Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.

Iglesias, A; Villanueva, M: Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. **IGME (1984).**