



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

CHILLUÉVAR

CORREO

granada@igme.es

Urb. Alcázar del Genil, 4
Edif. Zulema. Bajo.
18006-Granada
Tel. : 958 18 31 43/46
Fax : 958 122 990



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

- 3.1. Marco geológico
- 3.2. Descripción hidrogeológica
- 3.3. Límites y geometría del acuífero
- 3.4. Hidroquímica del sector
- 3.5. Parámetros hidrodinámicos y piezometría
- 3.6. Funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico

4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

- 4.1. Inventario de focos contaminantes
- 4.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación
- 4.3. Sistema de vigilancia

5. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

- 5.1. Introducción
- 5.2. Zona de restricciones absolutas
- 5.3. Zona de restricciones máximas
- 5.4. Zona de restricciones moderadas
- 5.5. Protección de la cantidad
- 5.6. Poligonal envolvente

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I: Tabla de actividades restringidas

ANEXO II: Ficha de inventario de los puntos de abastecimiento



1. INTRODUCCIÓN

La realización de este estudio se enmarca en el Convenio de asistencia técnica suscrito entre la Excm. Diputación de Jaén y el Instituto Geológico y Minero de España.

La dirección técnica y supervisión de este estudio ha sido llevada a cabo por D. Juan Antonio Luque Espinar (IGME), siendo G&V Aplicaciones Ambientales S.L. la empresa redactora en colaboración con los geólogos D. José Luis García García y D. Manuel Hódar Correa.

El perímetro de protección de captaciones de agua para abastecimiento público es una figura contemplada en la Directiva Marco del Agua (D.M.A.) (2000/60/CE), elaborada por la Unión Europea en 2000 y que está prevista en la legislación española sobre aguas:

- Art. 42, 56 y 97 c del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Art. 172 y 173 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D.P.H.), aprobado por R.D. 849/1986, de 11 de abril.
- Art. 82 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (R.A.P.A.P.H.), aprobado por R.D. 927/1988, de 29 de julio
- Art. 7 y 13 de Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El perímetro de protección aparece también recogido en el artículo 6 de la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. En este artículo se confirma la importancia del perímetro de protección como herramienta útil para evitar la entrada en los acuíferos de sustancias contaminantes que alteren la calidad de las aguas.

La planificación hidrológica en España contempla los perímetros de protección de captaciones de abastecimiento en el Plan Hidrológico Nacional (P.H.N.), así como en los Planes Hidrológicos de cuenca, aprobados mediante R.D. 1664/1998, de 24 de julio.

Según el artículo 173.3 del R.D.P.H., estos perímetros “tienen por finalidad la protección de captaciones de agua para el abastecimiento a poblaciones o zonas de especial interés ecológico, paisajístico, cultural o económico”.

La legislación estatal prevé dos posibilidades a la hora de la determinación del perímetro, ya sea a través de los planes hidrológicos (artículo 42 del texto refundido de la Ley de Aguas) o, en su ausencia, o para completar sus determinaciones, por el Organismo de cuenca (artículo 56.3 del texto refundido de la Ley de Aguas y artículo 173 del R.D.P.H.). El procedimiento se iniciará (artículo 173.3 del R.D.P.H.):



- De oficio en las áreas de actuación del Organismo de cuenca.
- A solicitud de la autoridad medioambiental.
- A solicitud de la autoridad municipal.
- A solicitud de cualquier otra autoridad sobre la que recaigan competencias sobre la materia.

Las actividades que pueden ser restringidas o prohibidas en el área definida por el perímetro de protección están indicadas en el artículo 173.6 del R.D.P.H. Sin embargo, el alcance e importancia de estas limitaciones llegaría a impedir prácticamente el desarrollo de cualquier actividad si se aplicase a toda la extensión del perímetro, por lo que el artículo 173.5 del R.D.P.H. señala respecto a las actividades que podrán imponerse condicionamientos en el ámbito del perímetro a ciertas actividades o instalaciones que puedan afectar a la cantidad o la calidad de las aguas subterráneas. Dichas actividades o instalaciones se relacionarán en el documento de delimitación del perímetro. El sistema más frecuentemente empleado consiste en dividir el perímetro en diversas zonas alrededor de la captación, graduadas de mayor a menor importancia en cuanto a las restricciones de actividad impuestas sobre ellas.



2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

Actualmente para abastecimiento a Chilluévar se utiliza un sondeo denominado Vilchitez, con nº IGME 2136-6-0046. Este manantial drena recursos de la masa de agua 05.01 Sierra de Cazorla.

Para más información, se remite al lector a las memorias municipales de la 3ª Fase del Plan de Control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Jaén.



3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

3.1. Marco geológico

La masa de agua 05.01 Sierra de Cazorla se encuadra en el dominio Prebético Externo dentro de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. Presenta, sobre mapa, una geometría alargada con dirección NNE-SSO, y en ella se diferencian, desde el punto de vista geológico, dos unidades que son las siguientes:

- La Unidad de Beas de Segura, que ocupa la zona más occidental y se superpone mecánicamente a los materiales triásicos de la Cobertera Tabular de la Meseta hacia el norte y el oeste, hacia el sur a las margas blancas del Mioceno de la Depresión del Guadalquivir y hacia el este es limitada por la Unidad de la Sierra de Cazorla que cabalga sobre ella.
- La Unidad de la Sierra de Cazorla, que ocupa la zona más oriental. Su límite occidental coincide con la Unidad de Beas y con las margas blancas del Mioceno superior de la Depresión del Guadalquivir en el sur, cabalgando sobre ambas formaciones. El límite oriental está representado por los materiales triásicos de la Formación Hornos-Siles y la Unidad de la Sierra del Pozo en el sur (Prebético Interno).

El Zócalo Paleozoico está formado básicamente por filitas intensamente plegadas, intruidas por un batolito granítico. Discordantemente sobre el zócalo aparece la cobertera posthercínica, compuesta por materiales triásicos, jurásicos, cretácicos y neógenos. Los materiales cuaternarios, escasamente representados, son de origen aluvial y están constituidos por arenas, limos y conglomerados, discordantes sobre cualquiera de los anteriores.

3.2. Descripción hidrogeológica

Se trata de una masa de agua compuesta por dos subunidades que coinciden con las unidades geológicas de Beas y de Sierra de Cazorla.

- **Subunidad de Beas de Segura** (ITGE, 2000): Tiene 213 km² de extensión y 113 km² de superficie de afloramientos permeables, caracterizada por una alternancia de arcillas y arcillitas con carbonatos jurásicos y formando una secuencia monoclinial buzante al SE. Posiblemente una gran parte de estas alternancias tienen un origen tectónico por superposición de escamas, diferenciándose estructuralmente de las escamas de la unidad geológica de Cazorla por su menor buzamiento. Según la naturaleza litológica, la



disposición estructural, la frecuencia y espesor de estas discontinuidades, en esta Subunidad se han diferenciado dos sectores: Sector de Beas de Segura, debido al predominio de intercalaciones margocartillosas sobre las carbonatadas (60–40 %) y Sector Sierra de las Villas, donde predominan los materiales dolomíticos sobre las intercalaciones margocartillosas.

Los límites occidental y oriental son claros y están definidos por el frente de cabalgamiento sobre los materiales del Mioceno medio de la Depresión del Guadalquivir y el de la Sierra de Cazorla sobre la Subunidad de Beas, respectivamente.

- **Subunidad de Sierra de Cazorla** (ITGE, 2000): Tiene una extensión de 441 km² de los que 280 corresponden a materiales permeables, aproximadamente coincidentes con la unidad geológica del mismo nombre. Se diferencia de la unidad de Beas por presentar una secuencia estratigráfica más compleja que la anterior y unos buzamientos mayores en las escamas. Debido a la complejidad litológica y estructural y las diferentes características hidrogeológicas se diferencian varios sectores con distintos acuíferos:
 - Afloramientos Tabulares del Norte: Es el sector más septentrional de la Unidad y comprende tres acuíferos, uno de ellos, Acuífero Calderón-Alcaraz, presenta afloramientos que han sido incluidos fuera de los límites de la Unidad. Siguiendo hacia el sur se definen los Acuíferos de Oruña y de Carrasco respectivamente.
 - Escamas del Guadalquivir: La denominación se debe a que el conjunto permeable se estructura en un complejo sistema de escamas imbricadas, que superponen los carbonatos de la Formación Chorro sobre las arcillas del Cretácico. El edificio tectónico así definido presenta una directriz general N30E y buzamientos internos de 20 a 40° al este. En función del grado de imbricación, continuidad lateral de tales estructuras, y la localización de los principales puntos de agua, se ha diferenciado los siguientes acuíferos, de muro a techo, Escamas Inferiores, Escamas de Aguascebas y Escamas del Tranco.
 - Escamas de Cazorla: Este sector se estructura en 4 escamas, que duplican la secuencia litológica. En las dos escamas más bajas los buzamientos son suaves hacia el este, mientras que en las dos superiores se definen sendos sinclinales vergentes al oeste. La presencia de materiales de baja permeabilidad en la base de cada lámina tectónica, o entre los tramos acuíferos, hace individualizar el conjunto en varios acuíferos, a saber: Acuífero Béjar, Acuífero Gilillo, Acuífero de la Viñuela y Nacimiento del Guadalquivir.



- Sierra de Quesada: Sector que tiene una afinidad litoestratigráfica con la Unidad de Quesada-Castril, aunque por proximidad geográfica se incluye en esta (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 2001). Se define en este sector el Acuífero de Sierra de Quesada. La litología de la Subunidad se caracteriza por presentar una sucesión de niveles arcillosos, carbonatados y detríticos de edad triásica a cretácica, menos en el acuífero Carrasco que incluye materiales aluviales cuaternarios.

3.3. Límites y geometría del acuífero

La masa de agua 05.01 se encuadra prácticamente en su totalidad en el extremo oriental de la provincia de Jaén, ocupando también una pequeña parte del extremo septentrional de Albacete.

El estilo de la deformación en ambas unidades geológicas no difiere sustancialmente, ya que ambas se integran en la denominada "Región de Escamas", caracterizada por una estructura de fallas inversas, de dirección NNE-SSO y vergencia hacia el oeste, aunque en la región de Alcaraz han sido reconocidas estructuras similares que afectan a materiales equivalentes, pero de una dirección NE-SO, lo que supone una apreciable variación respecto a la dirección próxima a la N-S, de las descritas anteriormente. Hacia el este, en la Hoja de Liétor toman dirección NO-SE con vergencias al norte y sur.

Las superficies de las fallas inversas se pueden continuar longitudinalmente (en una topografía de escarpes verticales por el buzamiento mayor de 45°) incluso a lo largo de 10-15 km, hasta ser interrumpidas por fallas transversales que las desplazan.

La estructura de escamas se resuelve hacia el oeste por un cabalgamiento general del Mesozoico sobre los materiales neógenos del borde oriental de la Depresión del Guadalquivir, de modo que las fallas más occidentales pellizcan a los materiales miocénicos creando alternancias. En la Unidad de Beas se puede plantear la naturaleza estratigráfica de las alternancias en varios niveles en los que el contacto entre arcillas y calizas o dolomías no suele presentar signos de deformación tectónica, e incluso el buzamiento de ambos niveles es muy similar.

Hacia el este, la Unidad de Cazorla limita con la formación Hornos-Siles en un contacto mecánico entre arcillas y margas del Triás y calizas y dolomías del Jurásico inferior. Presenta superficies de fallas inversas muy verticales, aunque su intersección en la topografía sugiere un buzamiento menor. El accidente del Alto Valle del Guadalquivir constituye la divisoria entre la Unidad de Cazorla, el Prebético Externo al este y la Unidad de la Sierra de Segura, Prebético Interno al oeste y, además, constituye una neta frontera con marcado carácter



diferencial en la sedimentación durante el Malm y el Cretácico. La estructura parece corresponder a fenómenos diapíricos originados por la plasticidad de los materiales indicados al ser afectados por esfuerzos tectónicos, aunque probablemente la estructura original fuese antiformal.

3.4. Hidroquímica del sector

Las aguas de la Subunidad de Beas presentan una salinidad variable de media a alta o localmente muy alta, con conductividades comprendidas generalmente entre 500 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, si bien en algunos puntos se superan ampliamente estos valores, llegando hasta 16 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el manantial de los Baños del Saladillo (2136/7/37). Este punto es claramente anómalo en el contexto de la Subunidad, y podría tener relación con materiales salinos asociados a alguna de las fallas inversas que afectan al acuífero, que provocan un enriquecimiento en sodio típico de materiales margo-arcillosos.

Las aguas de la Subunidad de Sierra de Cazorla presentan facies hidroquímicas predominantemente bicarbonatadas, variables de cálcicas a magnésicas, aunque en segundo término puede haber localmente una cierta incidencia de sulfatos o cloruros. Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos, 150 a 465 mg/l de bicarbonatos, inferior a 50 mg/l los sulfatos (aunque excepcionalmente se superan los 200 mg/l), menos de 50 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los cloruros, de 1 a 34 mg/l para el sodio y de 30 a 80 mg/l para el calcio (en ocasiones se llega hasta 145 mg/l).

3.5. Parámetros hidrodinámicos y piezometría

En la Subunidad de Beas de Segura la información disponible se reduce a tres ensayos de bombeo, cuyas interpretaciones arrojan resultados dispares (ITGE, 2000).

En el acuífero Beas de Segura y en concreto en el sondeo Peñolite I (2235/1/63), se ha obtenido una transmisividad de 100 $\text{m}^2/\text{día}$, para 8 l/s de caudal máximo de ensayo. Por su parte, en el acuífero Sierra de las Villas se han calculado transmisividades de 1.135 y 70 m^2/d , en los sondeos 2136/3/2 y 2136/3/3, respectivamente (ITGE, 2000).

En 1994, la DGOH (COPTJA-ITGE, 1997) realizó los sondeos de investigación 2136/6/21 (S-1, El Batanejo), 2136/6/16 (S-2, Estación de bombeo Mogón), 2136/6/17 (S-3), 2136/2/39 (S-4) y 2136/6/20 (S-5, Las Escañellas). En estos sondeos se realizaron ensayos de bombeo cuyos resultados se incluyen en el cuadro adjunto:



SONDEO	NOMBRE	Q (l/s)	Tiempo	Descenso (m)	T (m ² /d)
2136/6/21	S-1, El Batanejo	5	8 h 35 ´	18,90	12
2136/6/16	S-2, Estación de bombeo Mogón	50	23 h	8,30 (*)	1.600
2136/6/17	S-3	10	24 h	23	17
2136/2/39	S-4	48	48 h	12 (*)	Sin calcular
2136/6/20	S-5, Las Escañellas	1,5	24 h	60	Sin calcular

(*) Al comienzo del bombeo era surgente.

En la Subunidad de Sierra de Cazorla se dispone de los ensayos de bombeo efectuados por el IGME (ITGE, 2000) en las captaciones de abastecimiento a algunas poblaciones. Entre estos ensayos están los realizados en el sondeo del Alemán (2136/8/32), en el que con un bombeo de 24 horas y 26 l/s se obtuvo un valor de la transmisividad de 50 m²/día, del coeficiente de almacenamiento de $5,21 \times 10^{-4}$ y una depresión de 140 m, y en el sondeo 2136/7/57, con 24 l/s y 8 horas de bombeo, transmisividad de 19 m²/día, S de $13,09 \times 10^{-3}$ y una depresión de 141,7 m; ambos situados en el acuífero Escamas del Aguascebas (COPTJA-ITGE, 1997). Los demás resultados se muestran en el siguiente cuadro:

ACUÍFERO	SONDEO	NOMBRE	T (m ² /d)	Q (l/s)
Tranco	2235/2/109	El Puerto II	164	10
	2235/2/110	Yegüerizos V	50	15
	2235/5/53	Ab. Beas	35	15
	2235/2/111	Valdemarín	2.000-3.000	40
Béjar	2137/7/8	Abto. Quesada	250	7

Se deduce de estos valores que, en general, la magnitud de la transmisividad en esta subunidad es baja a media, aunque existen casos excepcionales en los que se alcanzan valores del orden de 2.000 a 3.000 m²/día. Esta heterogeneidad es habitual en las formaciones carbonatadas en las que los procesos kársticos han tenido un escaso desarrollo, y la circulación subterránea tiene lugar, preferentemente, a través de discontinuidades menores y, ocasionalmente, por conductos de mayor tamaño (ITGE, 2000).

Según "informe de los trabajos de rehabilitación de los sondeos de Yegüerizos" (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 2001) las transmisividades obtenidas en los ensayos realizados en los sondeos Yegüerizos II (2235/2/80) y Yegüerizos V (2235/2/110) son de entre 102-1.144 m²/día y 652-2.846 m²/día y los coeficientes de almacenamiento de entre $3,5-4,2 \times 10^{-3}$ y $6,5 \times 10^{-4}$.

La complejidad estructural (estructuración en escamas), conjuntamente con la segmentación de los afloramientos carbonatados por niveles arcillomargosos intercalados, induce a que la



piezometría presente bruscos cambios de cota y sin continuidad. Igualmente las direcciones del flujo subterráneo varían sustancialmente de un acuífero a otro.

3.6. Funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico

La alimentación del sistema se produce mayoritariamente por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables, pudiendo existir una transferencia hídrica desde la Masa de agua 05.02 Quesada-Castril (ITGE, 2000).

La descarga se produce principalmente a través de un elevado número de manantiales (más de 500), que surgen a cotas comprendidas entre los 430 y los 1.040 m s.n.m. en el caso de la Subunidad de Beas y entre los 650 y 1250 m s.n.m. en el de la Subunidad de Cazorla y cuyos caudales suelen ser escasos, generalmente inferiores a 10 l/s y mayoritariamente inferiores a 5 l/s. Esta proliferación de manantiales a diferentes cotas es producto de la compleja compartimentación en pequeños sistemas.

Para la elaboración del balance hídrico se han tenido en cuenta principalmente el documento referenciados como (ITGE, 2000) del que se han tomado los valores de superficie permeable y precipitación. En ese documento se utiliza para la evaluación de la recarga el coeficiente de infiltración obtenido en una zona cercana y de similares características a las de la unidad y no en el cálculo de la lluvia útil por las peculiaridades de esta unidad montañosa. La recarga se estima partiendo de la precipitación media caída sobre la superficie de afloramiento aplicando una tasa de infiltración del 33% para litologías carbonatadas y del 20% para detríticas.

Entradas

Subunidad de Beas:

Infiltración del agua de lluvia Sector Beas de Segura	16,0 hm ³ /año
Infiltración del agua de lluvia Sector Sierra de Las Villas	13,5 hm ³ /año
SUBTOTAL	29,5 hm ³ /año

Subunidad de Sierra de Cazorla:

Infiltración del agua de lluvia Ac. Afl. Tabulares del Norte	21,5 hm ³ /año
Infiltración del agua de lluvia Ac. Esc. del Guadalquivir	65,5 hm ³ /año
Infiltración del agua de lluvia Ac. Escamas de Cazorla	19,5 hm ³ /año
Infiltración del agua de lluvia Ac. Sierra de Quesada	2,5 hm ³ /año
Recarga subterránea desde U.H. Quesada-Castril	2,5 hm ³ /año



SUBTOTAL 111,5 hm³/año

TOTAL 141,0 hm³/año

Salidas

Subunidad de Beas:

Manantiales	16,0 hm ³ /año
Bombeo	1,5 hm ³ /año
Drenaje a ríos y subterráneo hacia la U.H. Loma de Úbeda	12,0 hm ³ /año
SUBTOTAL	29,5 hm ³ /año

Subunidad de Sierra de Cazorla:

Manantiales	87,0 hm ³ /año
Manantiales no cuantificados	8,0 hm ³ /año
Bombeo	2,5 hm ³ /año
Drenaje difuso a ríos	14,0 hm ³ /año
SUBTOTAL	111,5 hm ³ /año
TOTAL	141,0 hm³/año



4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

4.1. Inventario de focos contaminantes

No ha sido posible disponer del inventario de focos potenciales de contaminación del municipio de Chilluévar.

Para más información sobre focos potenciales de contaminación, se remite al lector a las memorias municipales del Plan de Control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Jaén.

4.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación

Los acuíferos incluidos en esta masa de agua se pueden considerar muy vulnerables a la contaminación, al tratarse de materiales carbonatados con permeabilidad por fisuración y karstificación (ITGE, 2000).

4.3. Sistema de vigilancia

Aunque ha sido posible determinar la existencia de actividades potencialmente contaminantes, se propone llevar a cabo un seguimiento de la eficiencia del perímetro de protección delimitado que garantice el mantenimiento de la calidad del agua en las captaciones de abastecimiento. Al no existir otras captaciones de interés en el perímetro de protección, se utilizará como único punto de control el propio sondeo de abastecimiento, en el que se realizará anualmente una analítica química y bacteriológica.

Asimismo, en caso de producirse una situación especial que provoque un vertido potencialmente contaminante en las proximidades de la captación, se llevará a cabo una campaña de seguimiento de la calidad del agua, con el análisis de los parámetros que en cada momento se juzgue necesario determinar y con la periodicidad que aconsejen las circunstancias.

5. DELIMITACIÓN Y ZONACIÓN DE UN POSIBLE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

5.1. Introducción

Para la delimitación del perímetro de protección se ha utilizado el criterio del tiempo de tránsito según el método de Wyssling, en el que se distinguen tres áreas de restricciones de uso crecientes con la proximidad a la captación, denominadas:

- Zona I o de restricciones absolutas (tiempo de tránsito de 1 día).
- Zona II o de restricciones máximas (tiempo de tránsito de 50 días).
- Zona III o de restricciones moderadas (tiempo de tránsito de 4 años).

A aplicación de este método precisa el conocimiento una serie de variables como son:

- i : Gradiente hidráulico.
- Q : Caudal de bombeo (m^3/s).
- k : Permeabilidad horizontal (m/s).
- m_c : Porosidad eficaz.
- b : Espesor del acuífero.

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de la llamada zona X_0 , la anchura del frente de llamada (B), el ancho de llamada a la altura de la captación (B') y la velocidad efectiva (V_e) según las expresiones siguientes:

$$X_0 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot b \cdot i \cdot k} \quad ; \quad B = \frac{Q}{k \cdot b \cdot i} \quad ; \quad B' = \frac{B}{2} \quad ; \quad V_e = \frac{k \cdot i}{m_e}$$

Mientras que la distancia desde la captación a un punto con un tiempo de tránsito t (en días, se puede calcular siguiendo la siguiente expresión:

$$S = \frac{\pm l + \sqrt{l(l + 8X_0)}}{2}$$

Siendo l el producto de la velocidad efectiva (V_e) por el tiempo de tránsito. El signo positivo inicial se usa para calcular la distancia aguas arriba de la captación, mientras que el signo negativo se usa para calcular la distancia aguas debajo de la captación.

Para el cálculo de los perímetros de protección de las captaciones de este municipio se ha utilizado la hoja de cálculo propuesta en ITGE (1998), que simplifica las superficies protegidas

de un elipsoide a un trapecio. En esta hoja de cálculo se han considerado los siguientes datos de partida en la captación de Chilluévar:

- Sondeo Vilchitez (2136-6-0046):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	Q_i	14	Ficha IGME
Transmisividad ($m^2/día$)	T	20	Descripción hidrogeológica
Espesor total zonas transmisivas	b	300	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	0,067	Cálculo
Porosidad	m	0,015	Estimación propia
Coefficiente almacenamiento	S	0,012	Estimación propia
Gradiente Hidráulico	i	0,06	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	200	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	501019	
Latitud captación (UTM)	m	4208877	

Con estos valores, los parámetros de partida para definir las zonas de protección de acuerdo con el método de Wyssling son los siguientes:

Chilluévar	2136-6-0046
X_0 o radio de llamada (m)	160
B o ancho de llamada (m)	1008
B^* o ancho de llamada a la altura de la captación (m)	504
V_e o velocidad eficaz (m/día)	0

Según la metodología propuesta, se realiza una zonación dentro del perímetro de protección de la captación objeto de estudio en tres zonas, con restricciones mayores de uso cuanto más próximas a las captaciones.

5.2. Zona de restricciones absolutas

Se considera como el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (s_i) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día. Esta zona tendrá una forma circular u oval dependiendo de las condiciones hidrodinámicas, aunque

sin embargo, se puede representar como un círculo por simplicidad, cumpliendo igualmente el objetivo que se persigue, que es proteger la boca del sondeo y sus proximidades.

Chilluévar	2136-6-0046
S _I aguas arriba (m)	9
S _I aguas abajo (m)	10

Se adoptarán los polígono teórico, si bien ligeramente modificado para adaptarlo a las condiciones reales del terreno. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación, para lo que se recomienda la construcción de una caseta que proteja la captación (en el caso de que no exista), que se valle la zona definida y se instale un drenaje perimetral.

5.3. Zona de restricciones máximas

Se considera la zona de restricciones máximas como el espacio (s_{II}) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 50. Queda por tanto delimitada entre la zona de protección inmediata y la isocrona de 50 días.

Chilluévar	2136-6-0046
S _{II} aguas arriba (m)	75
S _{II} aguas abajo (m)	57

A efectos prácticos, se adoptará el polígono teórico salvo que éste supere los límites establecidos en la poligonal envolvente de la captación. En el Anexo I se incluye la relación de actividades y limitaciones que se deben imponer.

5.4. Zona de restricciones moderadas

Limita el área comprendida entre la zona de protección próxima II y la isocrona de 4 años (radio s_{III}). Cuando el límite de zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con la zona de alimentación.

Chilluévar	2136-6-0046
S _{III} aguas arriba (m)	648
S _{III} aguas abajo (m)	160

Al igual que en caso de la zona de restricciones máximas, a efectos prácticos se adoptará el polígono teórico salvo que éste supere los límites establecidos en la poligonal envolvente de la captación. También en el Anexo I se incluye la relación de actividades y limitaciones que se deben imponer.

5.5. Protección de la cantidad

Se delimita un único perímetro de protección de la cantidad para cada captación, 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 cantidad en sondeos de abastecimiento se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las de los sondeos a proteger, situados a determinadas distancias. Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Donde:

- D: Descenso del nivel piezométrico.
- T: Transmisividad (20 m²/día).
- Q: Caudal (1.210 m³/día).
- t: Tiempo de bombeo (generalmente 120 días).
- r: Distancia al sondeo de captación (de 50 a 1.000 m).
- S: Coeficiente de almacenamiento (0,012).

Con estos datos de partida, se obtiene que el descenso provocado por un sondeo equivalente superará el 10 % del espesor saturado si se encuentra a menos de 250 m de distancia. No obstante, atendiendo a la situación del sondeo (dentro de un parque natural) y la falta de conocimiento de detalle del acuífero, se considera necesario que esta zona coincida con la poligonal envolvente de la captación..

5.6. Poligonal envolvente

Esta poligonal engloba las zonas delimitadas anteriormente. Así, al ser en parte coincidentes. Las coordenadas de los vértices de la misma son los siguientes:



Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
1	500103	4208835	1.000
2	500830	4210559	990
3	502105	4210018	1.210
4	502018	4208325	1.130
5	502021	4207299	1.010
6	500073	4207535	870



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El único punto tratado en el presente documento es el sondeo Vilchitez (2136-6-0046).
- Esta captación explota recursos de la masa de agua 05.01 Sierra de Cazorla.
- No ha sido posible determinar la existencia de focos potenciales de contaminación dentro de la poligonal envolvente propuesta.
- La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación puede considerarse como muy alta debido a la naturaleza carbonatada de éstos y al escaso espesor de suelo.
- La delimitación de las distintas zonas de que constan los perímetros de protección se ha basado fundamentalmente en criterios hidrogeológicos, apoyándose en los cálculos realizados siguiendo el método de Wyssling.
- Las normas de explotación de la unidad contemplan la protección frente a la contaminación de todos los afloramientos permeables de la unidad, por lo que las garantías de protección son mayores.
- Con el fin de garantizar la cantidad y calidad del abastecimiento, algunas de algunas de las zonas de protección se han hecho coincidir con la poligonal envolvente de sus captaciones.



BIBLIOGRAFÍA

- CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (2001). Informe de los trabajos de rehabilitación de los sondeos de Yegüerizos (Jaén).
- COPTJA-ITGE (1997). Informe de los sondeos de investigación y explotación realizados como apoyo al abastecimiento de la Comarca e la Loma de Úbeda.
- IGME (2003). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Mitología y aplicación al territorio.
- ITGE (1998). Estudio de la viabilidad de las captaciones de Agua Natural Teixidó S.L. y delimitación de su perímetro de protección. La Massana, Principado de Andorra (inédito).
- ITGE (2000). Estudio hidrogeológico de las Unidades 05.01, 05.02 y 07.07: Sierra de Cazorla, Quesada-Castril y Segura-Cazorla. (Programa P.A.I.H.).



Anexo I: Tabla de actividades restringidas



DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
	Prohibido	Condicional	Permitido	Prohibido	Condicional	Permitido
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 o refugios de ganado		*				*
Silos	*				*	
Actividades urbanas						
Vertidos superficiales de aguas residuales sobre el terreno	*			*		
Vertidos de aguas residuales urbanas en pozos negros, balsas o fosas sépticas	*			*		
Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	*			*		
Vertidos de residuos sólidos urbanos	*			*		
Cementerios	*			*		
Actividad industrial						
Asentamientos industrial	*			*		
Vertidos de residuos líquidos industriales	*				*	
Vertidos de residuos sólidos industriales	*			*		
Almacenamiento de hidrocarburos	*			*		
Depósitos de productos radioactivos	*			*		
Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	*			*		
Conducciones de líquido industrial	*			*		
Conducciones de hidrocarburos	*			*		
Apertura y explotación de canteras	*				*	
Relleno de canteras o explotaciones	*			*		
Otras						
Campings	*				*	
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	*				*	



ANEXO II: Ficha de inventario del punto de abastecimiento

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

INSTITUTO GEOLÓGICO
Y MINERO DE ESPAÑA

