



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

CÁRCHELES

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

BILIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I: Tabla de ordenación de actividades

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 Torres (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 Cabra de Santo Cristo se usan las siguientes captaciones:

- Fuente de La Parrilla, con nº IGME 1939-3-0002
- Sondeo Parrilla III, con nº IGME 1939-3-0014
- Sondeo barranco La Parrilla, con nº IGME 1939-3-0019

Todas las captaciones explotan recursos de la masa de agua 05.66 Grajales – Pandera – Cárcel.

Para más información, se remite al lector a las memorias municipales de la 2ª 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

Los materiales que constituyen la masa de agua 05.66 Grajales – Pandera – Carchel, se asignan a la Zona Subbética en el dominio del Subbético Externo.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen en esta unidad son las siguientes (ITGE, 1991 a y b):

- Triásico: Está constituido básicamente por arcillas y margas abigarradas con yeso entre las que pueden aparecer paquetes de dolomías tableadas negras o rocas subvolcánicas tipo ofitas.
- Lías inferior: Formado por calizas y sobre todo dolomías masivas que pueden alcanzar potencias superiores a los 700 metros.
- Lías-Dogger: Sobre las calizas y dolomías de la base del Jurásico se sitúa una secuencia rítmica de estratos margosos y margocalizos cuya potencia es variable, oscilando entre 80 metros en el corte del Salto de la Yegua, a cerca de 300 metros al este del pico Grajales.
- Dogger-Malm: Está constituido por calizas nodulosas, oolíticas y con sílex con espesores variables entre 50 y 200 metros.
- Cretácico inferior: Pertenece a las unidades intermedias y está formado por margocalizas, margas, calizas y areniscas.
- Mioceno: En el sector oriental de la unidad está constituido por la unidad olistostrómica Inferior (Mioceno inferior), que consiste mayoritariamente en una masa de elementos de procedencia triásica que engloba materiales de diverso tamaño y litología de edades comprendidas entre el Jurásico y el Mioceno inferior. En el entorno de Los Cárcheles aparece un conjunto constituido por calcarenitas, conglomerados y areniscas del Mioceno inferior con espesores comprendidos entre 150 y 300 metros. Por último el sector noroccidental de la unidad se encuentra recubierto por margas grises y blancas del Mioceno medio que pueden alcanzar potencias superiores a los 150 metros.
- Cuaternario: Aparece representado por derrubios de ladera constituidos por cantos sueltos con matriz arcillo-limosa y por materiales de origen aluvial con espesores poco significativos.



3.2. Descripción hidrogeológica

Dentro de la unidad se distinguen tres formaciones permeables con características de acuífero, que son las dolomías y calizas del Lías inferior, las calizas tableadas, nodulosas y oolíticas del Dogger, y las calcarenitas miocenas. Además cabe mencionar el aluvial del río Jaén donde hay una concentración de pozos excavados. La superficie total de afloramientos de materiales permeables asciende a 82,8 km² (DGOH, 1999).

En función de la litología de los materiales permeables y de su funcionamiento hidrogeológico pueden diferenciarse dos subunidades:

- Subunidad de Grajales-Pandera: Está formada, básicamente, por dos paquetes carbonatados, uno de calizas y dolomías del Lías inferior y otro de calizas nodulosas, oolíticas y con sílex del Malm. El primero alcanza potencias máximas del orden de 700 m, mientras que el segundo varía de 50 a cerca de 200 m (IGME, 1986). Entre ambos se localiza una serie de margas y margocalizas de carácter impermeable que los desconectan, aunque localmente puede existir continuidad como consecuencia de las fracturas que las afectan.

La base impermeable del acuífero, constituida por materiales triásicos (arcillas y margas), dispuestos sobre margas y margocalizas cretácicas, está afectada por fracturas y flexuras que han propiciado la creación de umbrales, así como fosas. Uno de estos umbrales se sitúa en el borde oriental de la Sierra de la Pandera a cotas superiores a la del nivel piezométrico, lo que ha condicionado la existencia de un sector con funcionamiento hidráulico independiente del resto de la unidad.

Su superficie de afloramientos permeables es de 74,4 km² (DGOH, 1999) de los que el sector de Sierra de la Pandera ocuparía de 13 a 15 km² (IGME, 1986).

- Subunidad de Carchel (IGME, 1986): La denominación alude al acuífero existente entre las localidades de Carchel y Carchelejo, constituido por calizas detríticas, conglomerados y areniscas de edad Oligoceno-Mioceno inferior.

Se dispone en discordancia angular sobre margas y margocalizas cretácicas de la unidad Grajales – Pandera, que actúan como impermeable basal, aunque muy localmente contacta con las calizas del Dogger-Malm de esa misma unidad sin que exista relación hidrogeológica entre ambas. El conjunto se encuentra basculado hacia el este, donde se localizan los sectores de menor cota.

Su potencia oscila entre 150 y 300 m, y la extensión de sus afloramientos permeables es de 4,4 km² (DGOH, 1999).

3.2. Límites y geometría del acuífero

La masa de agua de Grajales – Pandera – Carchel se ubica al sureste de la ciudad de Jaén y está constituida por las sierras que le dan nombre. En esta unidad se incluye, además, la de Carchel, situada entre las sierras de Pandera y Grajales, en las estribaciones orientales de las mismas, y entre las localidades de Carchel y Carchelejo.

La estructura interna (IGME, 1986) viene condicionada por un sinclinal de dirección de eje N150E, en cuyo núcleo llegan a aflorar materiales cretácicos, y por una falla inversa localizada en la zona central, que superpone las dolomías liásicas al Cretácico anteriormente mencionado.

El conjunto es una masa alóctona, en cuya base frecuentemente se localizan afloramientos de margas y arcillas triásicas, que se dispone sobre margas y margocalizas cretácicas de las Unidades Intermedias. Su sector noroccidental se encuentra cubierto por materiales impermeables del Mioceno medio, pertenecientes a la Depresión del Guadalquivir, mientras que el borde oriental lo está por una importante masa alóctona triásica y por varios afloramientos detríticos del Oligoceno superior-Mioceno inferior.

Se trata de una masa de agua carbonatada permeable por fisuración-karstificación, fundamentalmente libre aunque pudiera presentar confinamiento, en su borde noroccidental, bajo los sedimentos impermeables que la limitan.

3.4. Hidroquímica del sector

En la Subunidad de Grajales – Pandera las aguas presentan composiciones bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas, poco concentradas en sales y aptas para consumo humano. La relativamente elevada concentración de sulfatos podría explicarse por la presencia de materiales evaporíticos triásicos a muro de la unidad.

La Subunidad de Carchel presenta composiciones bicarbonatadas cálcicas de baja salinidad y aptas para el consumo humano, desde el punto de vista de su calidad química.

3.5. Parámetros hidrodinámicos y piezometría

En 1984 se realizó un ensayo de bombeo en el sondeo nº 1938/5/34 (Peñas de Castro III), en el que se bombeó a un caudal de 60 l/s durante 19 horas, obteniéndose una transmisividad de 23.700 m²/día (IGME, 1984). Por otra parte también existen datos de pruebas de bombeo realizadas en los sondeos del Caserío de la Merced (nº 1938/6/22,23 y 26). En el primero de los sondeos construidos se bombearon caudales superiores a 50 l/s con depresiones

ligeramente superiores a 0,5 metros, lo que pone de manifiesto los altos valores de transmisividad existentes en este sector del acuífero (GONZALEZ HERNANDO et al, 1995).

En la subunidad de Carchel existen datos de un ensayo de bombeo, realizado en 1996, en el sondeo n° 1939/3/19 en el que se obtuvieron transmisividades en torno a los 200 m²/día (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES, 1995).

La piezometría de la Subunidad de Grajales – Pandera viene definida en su mayor parte por las surgencias de los manantiales de Río Frío, a cota 940 m y por los de Mingo, a cota 510 m. En las proximidades de estos últimos, los sondeos de Peñas de Castro presentan un nivel piezométrico en estiaje similar (500 m). En las proximidades de los manantiales de Río Frío se localizan un conjunto de manantiales a cotas de 1.300-1.500 m (IGME, 1985), entre los que destaca el manantial 1939/1/24, por su carácter minero-medicinal, situado a 1.080 m (GONZALEZ HERNANDO et al, 1995).

Es probable una compartimentación de la unidad en el sector occidental, Sierra de la Pandera, que debe estar desconectado del resto por contactos mecánicos, como parecen justificar los manantiales localizados a las cotas anormalmente altas mencionadas (GONZALEZ HERNANDO et al, 1995). En el resto de la unidad la circulación subterránea se realiza en dirección norte, hacia los manantiales del Mingo y los sondeos de explotación.

La Subunidad de Carchel presenta niveles piezométricos a cotas de 790-800 m según las surgencias 1939/3/9 y 13 y a 970 m según sondeo 1939/3/14 y el manantial de la Parrilla. La dirección de circulación subterránea es hacia el este.

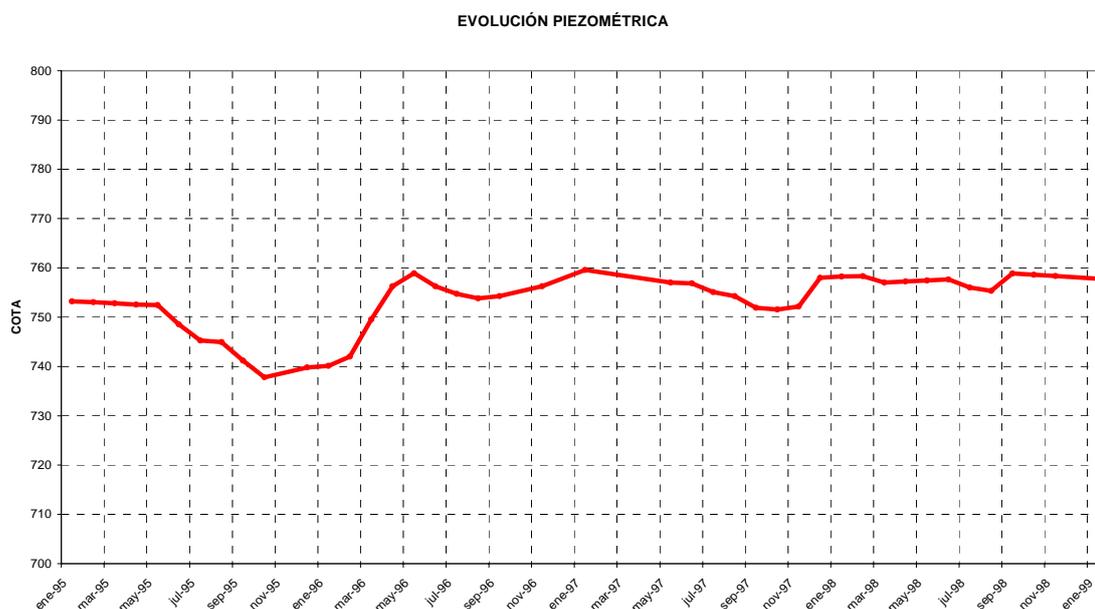


Fig 1. Evolución piezométrica de la UH 05.66 (Sector Cárchel)



En el gráfico del piezómetro 1939/3/28, representativo de la Subunidad de Carchel, puede observarse la evolución del nivel piezométrico en este acuífero desde 1995 hasta 1999. En el año 1995, el más seco de los años 90, se observa un descenso en el nivel entre enero y octubre del orden de 15 metros. A partir de octubre hay una recuperación de más de 20 metros como consecuencia de las abundantes lluvias que se inician en noviembre de 1995. A partir de aquí la cota de nivel se mantiene estable con las oscilaciones normales debidas a los estiajes. La respuesta del nivel a las precipitaciones es muy rápida, como corresponde a un acuífero de modestas dimensiones como este.

No existen datos sobre reservas de agua explotables acumuladas en los acuíferos que componen la unidad, ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle. Si se considera para el sector del Mingo una superficie de acuífero saturada de al menos 40 km² en 100 metros de espesor y se aplica un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se obtiene la cifra de 80 hm³ de reservas potencialmente explotables, cifra que puede considerarse como una estimación orientativa de la potencialidad del embalse subterráneo, si bien la totalidad de reservas existentes puede superar, en este sector, los 200 hm³.

3.6. Funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico

En la Subunidad de Grajales – Pandera la alimentación se produce por infiltración directa de las precipitaciones y por recarga a partir de las pérdidas del embalse del Quiebrajano y del propio río en cabecera.

Las salidas se centralizan en los manantiales del Río Frío (1939/1/1) y en los de Mingo (1938/5/18, 19 y 20), con caudales medios de 127 y 600 l/s respectivamente obtenidos por el IGME durante el periodo de control 1981/82-1985/86 (IGME, 1986). En DGOH (1999) se realiza una nueva estimación de caudales medios en ambos manantiales, para el periodo 1992-1998 en el manantial de Mingo, y de 1985-1998 para el de Río Frío, siendo los caudales obtenidos de 590 l/s y 54 l/s respectivamente. Llama la atención el dato correspondiente a la media del manantial de Río Frío, del orden de la mitad de la calculada en el periodo anterior, siendo por el contrario del mismo orden la correspondiente a Mingo. Esto se debe a que el cálculo de la media de caudal en Río Frío en DGOH (1999) se ha realizado considerando los datos medidos por la red hidrométrica del IGME, que contempla exclusivamente los sobrantes, pero no el caudal derivado del manantial para el abastecimiento de los Villares y de Jaén capital, que en años medios es superior a 50 l/s.

Otras salidas se realizan en los sondeos de Peñas de Castro (nº 1938/5/30, 31, 34 y 43), junto a los sondeos del Caserío de la Merced (nº 1938/6/22, 23 y 26). En estos últimos las extracciones sólo se producen en épocas de sequía como apoyo a los caudales aportados por el embalse del Quiebrajano.



En cuanto a la Subunidad de Carchel las entradas se producen por infiltración del agua de lluvia y las salidas se realizan por bombeo en los sondeos de abastecimiento a Carchel y Carchelejo y en menor medida de forma natural a través de manantiales de la Parrilla (1939/3/2) y Santa Lucía (1939/3/9).

Los datos de balance que se incluyen a continuación proceden en su mayor parte IGME (1986), que es el más completo, pues contempla el tratamiento climático a escala regional. La actualización realizada en DGOH (1999) estima la lluvia útil utilizando solamente una estación situada en Jaén, por lo que resulta más incompleto, al no tener en cuenta los cambios de la precipitación altitudinales y latitudinales.

Por otra parte, la gran variabilidad que reflejan los datos de extracciones por bombeo, es debida a la existencia de baterías de sondeos como la del Caserío de la Merced que sólo entran en funcionamiento cuando el suministro desde el embalse del Quiebrajano es escaso, lo que suele ocurrir en años secos.

Entradas:

Subunidad de Grajales-Pandera:

Sector de Mingo	
Infiltración de agua de lluvia (35% de la precipitación total)	16,5 hm ³ /año
Pérdidas en el embalse y río Quiebrajano	4 hm ³ /año
Sector de la Pandera	
Infiltración de agua de lluvia	3,5 hm ³ /año

Subunidad de Carchel:

Infiltración de agua de lluvia	0,5 hm ³ /año
TOTAL	24,5 hm ³ /año

Salidas:

Subunidad de Grajales-Pandera:

Sector Mingo	
Salidas por manantiales	18,5 hm ³ /año
Extracciones por bombeos	2-10 hm ³ /año



Sector de la Pandera	
Salidas por manantiales	3,5 hm ³ /año
Subunidad de Cárcchel:	
Salidas por manantiales	0,35 hm ³ /año
Extracciones por bombeos	0,15 hm ³ /año
TOTAL	24,5 hm ³ /año



4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

4.1. Inventario de focos contaminantes

El municipio de Cárcheles presenta una importante actividad agrícola e industrial.

De las actividades industriales destaca la existencia de dos almazaras con una balsa de alpechín y una planta embotelladora, así como dos industrias cárnicas y otra dedicada a la fabricación de detergentes. Todas las actividades se encuentran en los núcleos urbanos de Cárchel o Carchelejo o en sus proximidades y fundamentalmente sobre terrenos detríticos, por lo que la afección potencial sobre las aguas subterráneas puede llegar a ser importante. Sin embargo, todas ellas se encuentran en áreas ajenas a los acuíferos explotados por las captaciones de abastecimiento, por lo que la afección potencial sobre éstas será insignificante.

La actividad agrícola, desarrollada a lo largo de todo el término municipal, corresponde fundamentalmente al cultivo del olivo, con más de 2.300 ha cultivadas. La afección potencial de estas actividades sobre la calidad de los recursos subterráneos es de carácter difuso, derivada de las labores de abonado y tratamientos fitosanitarios. En cuanto a la afección potencial sobre las captaciones de abastecimiento, esta afección no parece que pueda llegar a ser significativa debido a la escasa existencia de cultivos en las áreas próximas a las captaciones.

Para más información sobre focos potenciales de contaminación, se remite al lector a las memorias municipales de la 2ª Fase 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

La masa de agua 05.66 Grajales – Pandera presenta un riesgo potencialmente muy alto de contaminación en relación con las características propias de permeabilidad de los materiales carbonatados y a la ausencia en general de suelo que autodepura posibles vertidos contaminantes.

4.3. Sistema de vigilancia

Aunque no se ha detectado 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. Para ello, se han seleccionado una serie de puntos de agua en los que llevar a cabo un



muestreo de aguas subterráneas, con la realización de análisis periódicos de parámetros de interés, acordes con el tipo de contaminación potencial que se podría generar.

A continuación se especifican los puntos de control propuestos, parámetros a determinar y frecuencia de análisis:

Nº IGME	Determinaciones	Frecuencia
1939/3/0027	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual
1939/3/0023	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual
1939/3/0003	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual

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 las captaciones de Cárcheles:

- Fuente de La Parrilla (1939-3-0002):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	Q_i	2	Ficha IGME
Transmisividad ($m^2/día$)	T	200	Descripción hidrogeológica
Espesor total zonas transmisivas	b	100	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	2	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia
Coefficiente almacenamiento	S	0,01	Descripción hidrogeológica
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	135	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	442361	
Latitud captación (UTM)	m	4166603	

- Sondeo Parrilla III (1939-3-0014):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	Q_i	7	Ficha IGME
Transmisividad ($m^2/día$)	T	200	Descripción hidrogeológica
Espesor total zonas transmisivas	b	35	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	5,71	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia
Coefficiente almacenamiento	S	0,01	Descripción hidrogeológica
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	90	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	442823	
Latitud captación (UTM)	m	4166774	

- Sondeo barranco La Parrilla (1939-3-0019):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	Q_i	8	Ficha IGME
Transmisividad ($m^2/día$)	T	200	Descripción hidrogeológica
Espesor total zonas transmisivas	b	60	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	3,33	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Coefficiente almacenamiento	S	0,01	Descripción hidrogeológica
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	90	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	443543	
Latitud captación (UTM)	m	4166943	

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

Cárcheles	1939-9-0002	1939-9-0014	1939-9-0019
X ₀ o radio de llamada (m)	14	48	55
B o ancho de llamada (m)	86	302	346
B` o ancho de llamada a la altura de la captación (m)	43	151	173
V _e o velocidad eficaz (m/día)	2	6	3

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 se puede representar como un círculo por simplicidad, cumpliendo igualmente el objetivo que se persigue, que es proteger la captación y sus proximidades.

Cárcheles	1939-9-0002	1939-9-0014	1939-9-0019
S _i aguas arriba (m)	9	27	21
S _i aguas abajo (m)	6	20	17

En las tres captaciones se adoptará un polígono de forma elipsoidal, coincidente con las longitudes teóricas obtenidas aguas arriba y abajo de la captación. 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.

Cárcheles	1939-9-0002	1939-9-0014	1939-9-0019
S_{II} aguas arriba (m)	133	392	263
S_{II} aguas abajo (m)	14	48	54

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.

Cárcheles	1939-9-0002	1939-9-0014	1939-9-0019
S_{III} aguas arriba (m)	2986	8.570	5.103
S_{III} aguas abajo (m)	14	48	55

Al igual que en 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. En este caso, se adoptará un área única debido al solapamiento de la zona de restricciones moderadas de las tres captaciones. 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.

- Fuente de La Parrilla (1939-3-0002):

Para la protección de la cantidad de la captación de abastecimiento en manantiales se define un perímetro en función del radio de influencia R:

$$R = 1,5 \left(\frac{Tt}{S} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- T: Transmisividad (200 m²/día).
- t: Tiempo de bombeo (generalmente 120 días).
- S: Coeficiente de almacenamiento (0,01).

Con los datos indicados, se obtiene un radio de influencia de 2.324 m.

- Sondeo Parrilla III (1939-3-0014):

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 (200 m²/día).
- Q: Caudal (605 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 (0,01).

Con estos datos de partida, se obtiene que el descenso provocado por un sondeo que explote 7 l/s durante 120 días continuados provocará un descenso de 52,7 cm encontrándose a 50 m de distancia.

- Sondeo barranco La Parrilla (1939-3-0019):

Para este sondeo se usa la misma ecuación que en el caso del sondeo Parrilla III pero usando los siguientes datos de partida:

- D: Descenso del nivel piezométrico.
- T: Transmisividad (200 m²/día).
- Q: Caudal (691 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 (0,01).

Con estos datos de partida, se obtiene que el descenso provocado por un sondeo situado a 50 m de distancia que explote 8 l/s durante 120 días continuados provocará un descenso del 3,5 % del espesor saturado en la captación a proteger.

En las tres captaciones, con objeto de obtener mayores garantías de abastecimiento y atendiendo al escaso tamaño del acuífero que se está explotando, se recomienda que la zona de protección de la cantidad coincida con la poligonal envolvente de las captaciones.

5.6. Poligonal envolvente

Esta poligonal engloba las zonas delimitadas anteriormente. Así, las coordenadas de los vértices de la misma son los siguientes:

Esta poligonal engloba las zonas delimitadas anteriormente. Así, al ser captaciones próximas y con zonas de protección coincidentes, se define una única área para las tres captaciones. Las coordenadas de los vértices de la misma son los siguientes:

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
1	443998	4167040	800
2	443374	4165711	850
3	442527	4166439	950
4	441303	4166599	1.020
5	439825	4166277	1.130



Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
6	439624	4167450	1.195
7	440042	4168145	1.230
8	442001	4168158	1.140
9	443465	4167445	870



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los puntos tratados en el presente documento son la fuente de La Parrilla (1939-3-0002) y los sondeos Parrilla III (1939-3-0014) y del barranco La Parrilla (1939-3-0019)
- Todas las captaciones explotan recursos de la masa de agua 05.66 Grajales – Pandera – Cárcel.
- No se ha detectado la existencia de focos de contaminación que puedan afectar a la calidad de las aguas en ninguna de las tres las captaciones.
- 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 ambas unidades contemplan la protección frente a la contaminación de todos los afloramientos permeables de la unidad, por lo que las garantías de protección son mayores.
- Algunas de las zonas de protección han sido modificadas para ser adaptadas a las condiciones reales del acuífero explotado.



BIBLIOGRAFÍA

- CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1996). Ensayo de bombeo del sondeo IV. Proyecto de Cárcheles: mejora del abastecimiento de Carchel y Carchelejo. Término municipal de Cárcheles (Jaén).
- DGOH (1999). Actualización del inventario de recursos subterráneos en la cuenca alta del río Guadalbullón y del río Torres.
- GONZÁLEZ HERNANDO, L.; RUÍZ FERNÁNDEZ DE LA LOPA, V. (1995). El abastecimiento de emergencia a Jaén Capital. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Volumen XXI, 127-136.
- IGME (1984). Informe final del sondeo para abastecimiento a Jaén (Peñas de Castro III).
- IGME (1985). Proyecto de investigación hidrogeológica en las provincias de Sevilla, Huelva, Cádiz, Jaén, Granada, Córdoba, Cáceres y Badajoz. Abastecimiento a Los Villares, Jaén.
- IGME (1986). Proyecto de investigación para la mejora del abastecimiento de agua a los núcleos urbanos del sector suroccidental de la provincia de Jaén. Tomo II y IV.
- IGME (2003). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Mitología y aplicación al territorio.
- ITGE (1991a). Memoria y mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja de Jaén nº 19-38 (947).
- ITGE (1991b). Memoria y mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja de Valdepeñas de Jaén nº 19-39 (969).
- 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 (inérito).



Anexo I: Tabla de actividades restringidas

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

INSTITUTO GEOLÓGICO
Y MINERO DE ESPAÑA



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

