

**NOTA TÉCNICA HIDROGEOLÓGICA COMO APOYO A LA
PROTECCIÓN DEL ABASTECIMIENTO A ARENAS DEL REY Y
JÁTAR (GRANADA)**



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

2.1. INFRAESTRUCTURAS

3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

3.1. MARCO HIDROGEOLÓGICO

3.2. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

3.3. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

3.4. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA

3.5. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO

4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

4.1. INVENTARIO DE LOS FOCOS CONTAMINANTES

4.2. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

4.3. SISTEMA DE VIGILANCIA

5. DELIMITACIÓN Y ZONACIÓN DE UN POSIBLE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

5.1. ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS

5.2. ZONA DE MÁXIMAS RESTRICCIONES

5.3. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS

5.4. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD

5.5. POLIGONAL ENVOLVENTE

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1

Fichas de inventario de los puntos de abastecimiento

ANEXO 2

Puntos de agua situados dentro de la poligonal envolvente que el ITGE tiene inventariados



1. INTRODUCCIÓN

La realización de este informe se enmarca en el Convenio de asistencia técnica suscrito entre la Excm. Diputación de Granada y el Instituto Tecnológico Geominero de España.

El marco legal para la realización de perímetros de protección a captaciones de abastecimiento urbano se basa en el artículo 54.3 de la Ley de Aguas y el procedimiento para su inicio se describe en el artículo 173.3 del R.D.P.H. donde se reseña que su delimitación se efectuará a solicitud de la autoridad medioambiental, municipal o cualquier otra en que recaigan competencias sobre la materia.

En los artículos 173.5 y 173.6 del R.D.P.H se describen los condicionamientos que podrán imponerse en el perímetro delimitado con el objeto de impedir la afección a la cantidad o a la calidad de las aguas subterráneas captadas, señalando expresamente los tipos de instalaciones o actividades que podrán ser condicionadas.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO (4)

El municipio de Arenas del Rey tiene una población estable de 1997 habitantes. Cuenta con tres núcleos de población: Fornes con 697 habitantes, Arenas del Rey con 653 habitantes y Játar con 146 habitantes. La demanda base, calculada en función de una dotación de 150 L/hab/día, es de 300 m³/día, lo que representa una demanda anual de 109.336 m³/año. Su distribución por núcleos es de 38.160 m³/año para Fornes, 35.752 m³/año para Arenas del Rey y de 8.000 m³/año para Játar.

En el municipio de Arenas del Rey el abastecimiento urbano se realiza mediante la captación de cuatro manantiales localizados en la unidad hidrogeológica 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras. Concretamente las poblaciones de Arenas del Rey y Játar toman el agua de abastecimiento de dos manantiales asociados a la subunidad de Sierra Tejeda, denominados Manantiales del Nacimiento Gordo (184340005) y Manantial de Doña Ana (184340004) que se localizan en las proximidades del núcleo de Játar. La población de Fornes toma el agua de abastecimiento de una serie de manantiales asociados a la subunidad de Sierra Almijara-Las Guájaras, concretamente al cauce del río Cebollón, localizados en depósitos conglomerático-margosos pliocuaternarios que ocultan el contacto entre los mármoles de la subunidad Almijara-Las Guájaras y la formación Mioceno superior (limos y arenas azules) del valle del río Cacán. Estos manantiales son los denominados Manantiales de La Toba (194310007) y Fuente Colmenar (194310002), con caudal de 3 L/s. En la figura 2 se puede observar un croquis de las instalaciones de abastecimiento.

2.1. INFRAESTRUCTURAS

CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO

Nacimiento Gordo (184340005) C-1



Es la captación de abastecimiento a Játar. Presenta un caudal medio de 102 L/s. Se sitúa a cota 995 msnm. Esta surgencia se utiliza para riegos y abastecimiento urbano, si bien, el núcleo de Játar toma un caudal que oscila entre 4,5 y 10 L/s, lo que supone entre el 7,5% y el 17 % del caudal medio drenado. Corresponde a una de las principales surgencias del acuífero de Sierra Tejeda, junto con los Nacimientos del río Alhama. La rápida respuesta que presenta el acuífero de Sierra Tejeda ante perturbaciones implica que esta surgencia, como ocurre con el resto de las existentes en el área, presenten importantes oscilaciones en el caudal de drenaje como respuesta a episodios de recarga (infiltración agua de lluvia), aunque, incluso en periodos de extrema sequía nunca se aforaron caudales inferiores a los 48 L/s (datos de la CHG). Es decir, que el caudal necesario para abastecimiento está asegurado. La captación se efectúa junto a la surgencia, mediante una tubería de PVC de 125 mm de diámetro que parte de una arqueta y conduce el agua unos 150 m hasta el depósito de regulación D-1. La tubería discurre por el trazado de la acequia de riegos. Los sobrantes son recogidos mediante una acequia de riego.

Manantial de Doña Ana (184340004) C-2

Es la captación de abastecimiento a Arenas del Rey. Corresponde a una pequeña galería donde se observan unas tobas travertínicas en el lugar de la surgencia. Presenta un caudal medio de 21 L/s (datos de la CHG), pero como ocurre con el Nacimiento Gordo y en virtud de las características hidrodinámicas del acuífero de Sierra Tejeda, presenta importantes oscilaciones ante cambios climatológicos, así, en el último periodo de sequía (1992-1995) fueron habituales caudales inferiores a 10 L/s. Desde la captación parte una tubería de PVC de 125 mm de diámetro, de unos 11 km hasta el depósito de regulación D-2, en la que existen dos torres de rotura, para aliviar la presión en la conducción, y una derivación para riegos de 3,5 L/s.

Manantial de la Cañada del Colmenar (194310002) C-3

Es una de las dos captaciones de abastecimiento a Fornes. Se trata de una surgencia de escaso caudal, unos 3 L/s, sobre los depósitos conglomerático-margosos pliocuaternarios que ocultan el contacto entre los mármoles de la Subunidad Almijara-Las Guájaras y la formación miocena del valle del Cacán. Presenta cota de surgencia a 970 m, por lo que, en principio, debe entenderse que no presentan una relación hidrogeológica directa con el segundo punto de captación de abastecimiento a este núcleo.

Manantial de la Toba (194310007) C-4

Se trata de la segunda surgencia de abastecimiento a Fornes, que presenta escaso caudal, unos 3 L/s, situada sobre los depósitos conglomerático-margosos pliocuaternarios que ocultan el contacto entre los mármoles de la subunidad Almijara-Las Guájaras y la formación Mioceno superior (limos y arenas azules) del valle del Cacán. Presentan una cota de surgencia de 900 m, inferior al drenaje que se establece en el cauce del Cebollón (194310013), donde se llegan a drenar en un amplio tramo del río hasta 60-80 L/s. Su existencia se debe, posiblemente, a la descarga oculta que reciben los detriticos procedente del acuífero carbonático de Almijara-Las Guájaras y cuyo flujo se desarrolla a favor de capas conglomeráticas de mayor permeabilidad.

DEPÓSITOS



- D-1. Depósito de abastecimiento de Játar con capacidad para 420 m³.
- D-2. Depósito de abastecimiento de Arenas del Rey con capacidad para 350 m³.
- D-3. Depósito de abastecimiento de Fornes con capacidad para 500 m³.

3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA (4, 1)

Como se ha indicado, las captaciones de abastecimiento a los núcleos de Arenas del Rey se localizan en la unidad hidrogeológica 05.42 Tejada-Almijara-Las Guájaras, estando asociados los manantiales de abastecimiento de Játar y Arenas del Rey a la subunidad de Sierra Tejada, y los manantiales de abastecimiento a la población de Fornes a la subunidad de Sierra Almijara-Las Guájaras. Ambas se describen seguidamente.

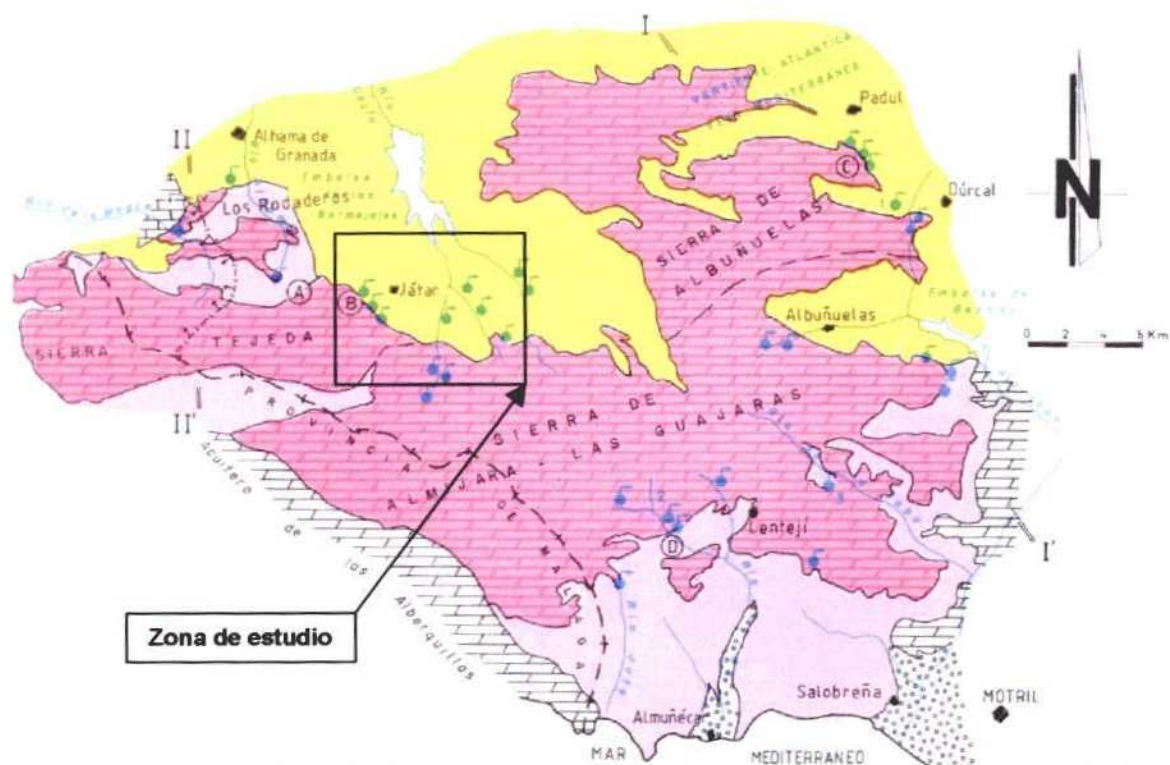


Figura 1. Situación del abastecimiento de Arenas del Rey en el acuífero de Sierra Tejada-Almijara-Las Guájaras (modificado de Diputación Provincial de Granada-ITGE, 1988).

Subunidad de Sierra Tejada

La formación de mármoles que constituyen los afloramientos permeables de Sierra Tejada, se incluye dentro del marco de la unidad geológica de la Tejada, atribuida al manto de la Herradura. Corresponde a la Formación Mármoles de Malas Camas, constituida por una masa carbonatada de más de 1.500 m de espesor, superpuestos mediante un contacto mecanizado a varios tramos de la sucesión metapelítica de esta misma Unidad. El contacto con las matapelitas (esquistos) es de geometría variable. Los tramos metapelíticos de esta Unidad sólo afloran en la vertiente sur de la Sierra Tejada, fuera del área de estudio.

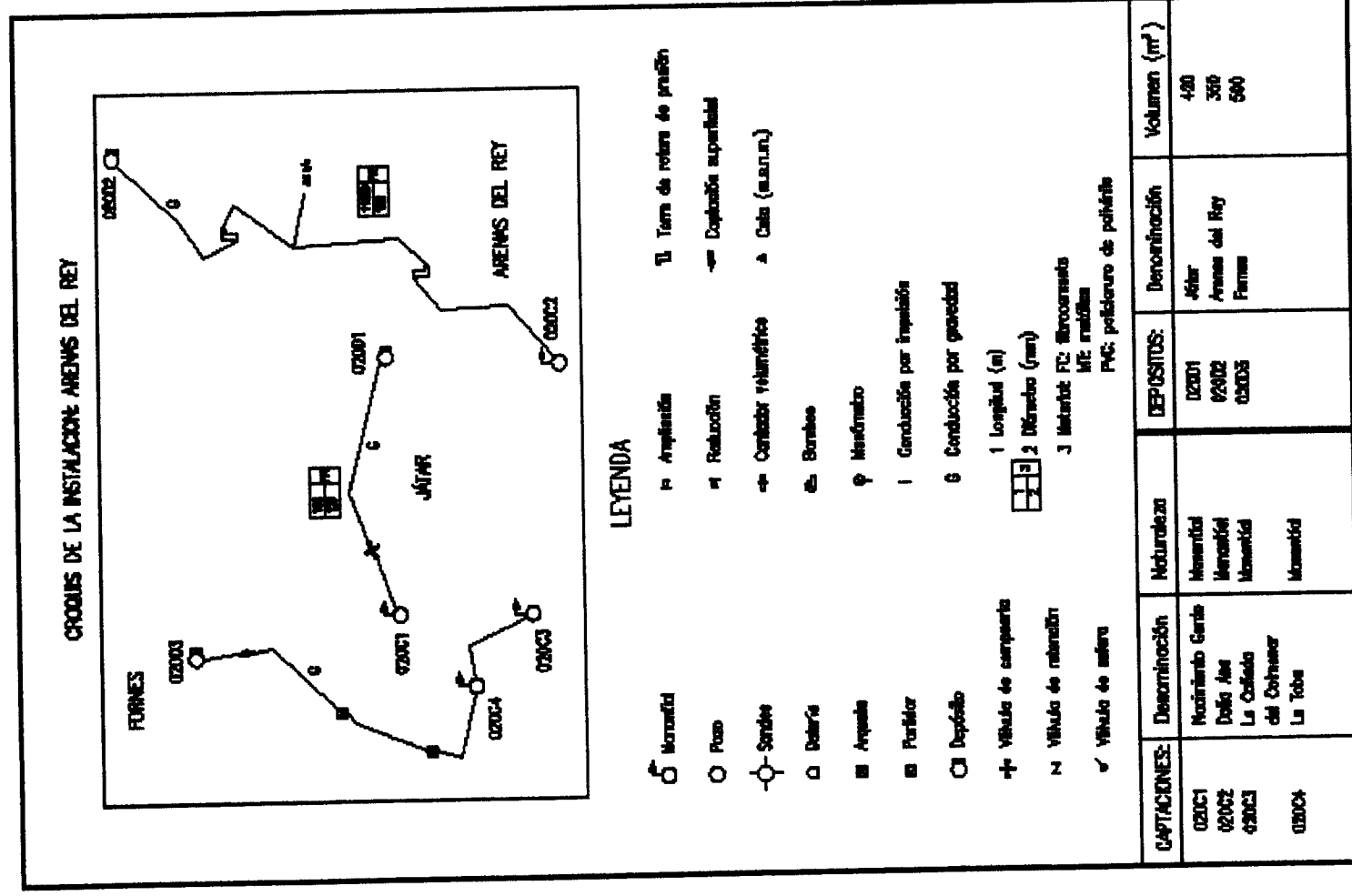


Figura 2. Croquis de las instalaciones de abastecimiento.



Estos mármoles son esencialmente dolomíticos y apenas poseen otro mineral que los carbonatos, micas, menas, tremolita, etc, apareciendo numerosas intercalaciones calcoesquistosas y micaesquistosas. Están intensamente plegados, si bien las etapas sucesivas de plegamiento son anteriores a la inversión del contacto entre esta formación carbonatada y la metapelítica basal.

Subunidad de Sierras de Almirajara-Las Guájaras

A esta subunidad se asocian los materiales de los mantos más altos del conjunto Alpujarride, los de la Herradura, Salobreña y Los Guájaras. El manto de la Herradura está representado por la unidad de Jate, en el borde occidental, y por la de Pinos del Valle, en el borde oriental, constituyendo, en ambos casos, el elemento más bajo de los Alpujarrides incluidos en la subunidad. Estratigráficamente corresponden a un potente conjunto de micaesquistos, con niveles anfibolíticos en la base y de mármoles a techo que anuncian el paso a la formación suprayacente constituida por los denominados "Mármoles del Espartal" y de "Daire" en la unidad de Jate y los "Mármoles del Crucero de Pinos" en la de Pinos del Valle. Estos mármoles son similares a los del manto de Salobreña y Los Guájaras, por lo que la separación entre ambos es complicada.

El manto de Salobreña está representado por la unidad del río Verde en el sector costero. Está constituido por un conjunto basal de micaesquistos muy potente (2.000 m) al que sigue una formación de cuarcitas y micaesquistos "Cuarcitas de Jate", finalizando el conjunto con tramos de micaesquistos de unos 500 m de potencia "Esquistos de Jete", en el que aparecen niveles carbonático a techo, como síntoma de tránsito gradual a la formación suprayacente, constituida por mármoles calizo-dolomíticos "Mármoles del Chaparral" de potencia variable, que ocasionalmente presentan intercalaciones de calcoesquistos. Esta unidad del río Verde se superpone a la Jate, siendo imposible distinguir entre ambas cuando las respectivas formaciones carbonatadas entran en contacto, debido a la similitud litológica entre ellas.

El manto de Los Guájaras está representado por diferentes unidades geológicas que presentan evidentes similitudes litológicas. La unidad de los Guájaras, asociada al sector del río de la Toba, presenta un tramo inferior de micaesquistos sobre el que se apoya la formación carbonatada similar a la del Manto de Salobreña "Mármoles del Chaparral". Otras unidades, como las de "Prados de Lopera", situada al oeste, y "Guindalera", en el sur, están constituidas por esquistos.

Esta subunidad presenta una superficie aflorante de 379 km², para los materiales geológicos de comportamiento acuífero. El acuífero principal lo constituyen los mármoles calizo-dolomíticos de la formación "Mármoles del Chaparral", asociada, fundamentalmente, al manto de Salobreña. Aunque, generalizando, es más correcto indicar que estos mármoles corresponden a las formaciones superiores de los mantos de La Herradura, Salobreña y Los Guájaras de difícil diferenciación geológica, como anteriormente se ha comentado. Desde el punto de vista hidrogeológico, se puede considerar como un único conjunto que constituye una amplia y heterogénea Unidad cuyos límites son, en algunos casos, arbitrarios y su funcionamiento hidrogeológico poco conocido.

3.1.- MARCO HIDROGEOLÓGICO (3)



Los puntos de abastecimiento están asociados a la unidad hidrogeológica 05.42 Tejada-Almijara-Las Guájaras. La unidad hidrogeológica de Tejada-Almijara-Las Guájaras, está constituida por formaciones carbonatadas pertenecientes a diferentes mantos de corrimiento del complejo Alpujárride, formados por calizas, dolomías y mármoles, que conforman un extenso acuífero con alta permeabilidad debida procesos de fisuración y karstificación.

Los tramos inferiores metapelíticos de los distintos mantos, además de constituir el sustrato de impermeable de la unidad hidrogeológica, conforman el límite de la misma en la mayor parte de su contorno, excepto en el sector septentrional, en el que los materiales de la unidad contactan con los depósitos detríticos de las depresiones de Granada, Padul y Las Albuñuelas.

La unidad hidrogeológica está constituida por las subunidades de sierra de Tejada, sierra de Almijara, Alberquillas y Albuñuelas. La sierra de Tejada, situada al oeste, esta perfectamente individualizada, mientras que en el sector central y oriental se sitúa la subunidad de la sierra Almijara, parcialmente desconectada de la más meridional, las Alberquillas y de la más septentrional, de las Albuñuelas.

3.2.- HIDROQUÍMICA DEL SECTOR (2)

La facies hidroquímica más abundante en la unidad es las bicarbonatada cálcica y la bicarbonatada cálcico-magnésica.

Dadas las particulares condiciones que concurren en el manantial de Doña Ana se tomó una muestra para proceder a determinar los contenidos en elementos mayoritarios, especies nitrogenadas y análisis microbiológico. El análisis de mayoritarios indicó un agua de facies bicarbonatada cálcica de baja-media salinidad (350 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que obliga a pensar que la circulación de estas aguas por los materiales terciarios es relativamente rápida, no permitiendo una significativa incorporación de sales. Asimismo, la baja concentración en nitratos (5 ppm NO_3^-) y la ausencia de nitritos, implicaría la escasa influencia de las actividades agrícolas, aunque es evidente la influencia que los retornos de riegos presentan sobre la descarga del manantial de Doña Ana. Por otra parte, la presencia de amoníaco (0,18 ppm) y de coliformes totales (1 Col/100 ml), se explicaría por la utilización de abonos no químicos (estiércol) como causante de esta anomalía hidroquímica.

3.3. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO (1)

La subunidad hidrogeológica de Sierra Tejada comprende unos extensos afloramientos (90 km^2) de mármoles Malas Camas con intercalaciones de calcoesquistos y esquistos. Los bordes impermeables lo constituyen los esquistos del manto de Salobreña, al norte; los esquistos y micaesquistos del manto de Los Guájares, en el borde occidental; los esquistos del manto de la Herradura (al que se asocian los mármoles de Malas Camas que constituyen el acuífero), al sur; y los mármoles de Almijara y los depósitos terciarios de la Depresión de Granada, en el oriental.



La subunidad de Almirajara-Las Guájaras presenta una superficie aflorante de 379 km², para los materiales geológicos de comportamiento acuífero. El acuífero principal lo constituyen los mármoles calizo-dolomíticos de la formación Mármoles del Chaparral, que se asocia al manto de Salobreña. Aunque, generalizando, es más correcto indicar que estos mármoles corresponden a las formaciones superiores de los mantos de La Herradura, Salobreña y Los Guájares de difícil diferenciación geológica, como anteriormente se ha comentado.

Desde el punto de vista hidrogeológico, se puede considerar como un único conjunto que constituye una amplia y heterogénea unidad cuyos límites son, en algunos casos, arbitrarios y su funcionamiento hidrogeológico poco conocido.

El borde occidental coincide con la "Escama de Calixto" constituida por esquistos y cuarzo-micaesquistos, que dificulta la conexión con la subunidad de Alberquillas. En este contacto existen varios manantiales de relativa importancia que aparecen en el cauce del río Torrox (515 msnm) y el de la Vegueta de la Grama (420 msnm), que drenan caudales superiores a los 200 L/s.

El límite meridional, hasta el río Guadalfeo, corresponde al contacto de los mármoles con las formaciones esquistosas basales de los mantos de la Herradura y Salobreña. A este límite cerrado se asocian numerosas surgencias: río de la Miel (590 msnm) con unos 15-20 L/s en estiaje, río Jate (440 msnm) con unos 25 L/s en estiaje, Nacimiento del río Verde (760 msnm) con un caudal medio de 60 L/s, manantiales de Cázulas (420-440 msnm) con un caudal medio de 65 L/s, manantiales de Lenteji (800 msnm) con un caudal de 25 L/s y Fuente Santa (460 msnm) y río de la Toba, que en conjunto drenan un caudal de unos 200 L/s. No son descartable descargas difusas a través de los aluviales.

El límite oriental, desde la desembocadura del río de la Toba hasta Pinos del Valle es más complejo. En superficie este límite está asociado a formaciones esquistosas basales de los mantos de La Herradura y Salobreña, pero en profundidad podrían existir laminaciones de estos esquistos basales propiciando una conexión hidrogeológica con los materiales carbonatados del "manto de Alcázar", que constituye el acuífero principal de la Unidad hidrogeológica de Escalate-Espartinas. En la zona de Pinos del Valle aparecen unos manantiales (Fuente Zaza, Pinos del Valle y Hoya Artera) que en conjunto drenan unos 70 L/s (680-740 msnm). Al río Albuñuelas se asocian numerosos manantiales que drenan unos 70 L/s (820 msnm).

El límite norte, contacto con la subunidad de Albuñuelas, es arbitrario, ya que no se definió en base a criterios geológicos ni hidrogeológicos, si bien, podría existir una divisoria subterránea de dirección oeste-este, pero ni su carácter ni su posición ha podido ser precisada, quedando clara la separación hidrogeológica entre las Sierra de Las Guájaras y Las Albuñuelas en base a esquistos y cuarzo-esquistos de la base del manto de Los Guájares.

El límite noroccidental presenta diversas peculiaridades. Así, el contacto con Sierra Tejeda se establece en base a materiales impermeables basales que desconectan ambas subunidades. Más al este se produce el contacto entre los mármoles y los depósitos terciarios de la Depresión de Granada. Este límite es abierto, existiendo un flujo subterráneo hacia las formaciones detríticas como lo ponen de manifiesto por el aumento de caudal que presentan ciertos cauces existentes en esta zona (Cacín, Cebollón y Grande).



3.4. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA (4)

Se dispone de dos valores de transmisividad en relación con la subunidad de Sierra Tejada, 4 y 165 m²/día. En la subunidad de Almirajara sólo hay una estimación de 2 m²/día de este parámetro. El coeficiente de almacenamiento, 0,5 y 1%, sólo se conoce en algunos sectores de la subunidad de Alberquillas.

Respecto a la piezometría, existe un dato en un sondeo situado a 2 km al Este de los manantiales de Játar, nº IGME 184340020, en el que el nivel piezométrico se sitúa a unos 1.017 m s.n.m., lo que indica un gradiente hidráulico respecto a esos manantiales de un 2%.

3.5.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO (1)

La alimentación de la subunidad de Sierra Tejada procede exclusivamente de la infiltración de las precipitaciones, mientras que la descarga se produce, en el sector norte, hacia la cuenca del Guadalquivir, fundamentalmente a través de los manantiales de Alhama, Játar y otros del extremo NO, a cota ligeramente superior a los 1.000 m (unos 16 hm³/año). También en la vertiente meridional correspondiente a la cuenca del río Vélez, se produce descarga a través de manantiales, entre los que destaca la Fajara (río Bermuza) a cota 420 metros (unos 5 hm³).

En la subunidad de Sierra Tejada los recursos subterráneos se estiman comprendidos entre 26 hm³/año y 33 hm³/año, suponiéndose que el caudal no contabilizado en los manantiales antes citados corresponde a salidas menos localizadas y a aportes subterráneos a otras unidades, fundamentalmente la Depresión de Granada.

La alimentación de la subunidad de Almirajara-Las Guájaras procede exclusivamente de la infiltración de las precipitaciones mientras que la descarga tiene lugar de distinta forma, según el sector. Así, el borde meridional en el contacto con formaciones de baja permeabilidad (manantiales de las cabeceras de los ríos de la Miel, Jate-Fuente Santa, Verde-Cázulas). En el sector oriental se produce la descarga a lo largo del río de la Toba y en los bordes de la unidad (Pinos del Valle, La Zaza, Albuñuelas). Y en el borde norte por los manantiales del río Cacín, fundamentalmente, aunque no se descarga un drenaje incluso importante, a través de los materiales detríticos de la Depresión de Granada.

La separación hidrogeológica de las subunidades de Albuñuelas-Chaparral queda imprecisa, se observa un flujo subterráneo de O a E, por lo que se cree que existe una posible relación hidrogeológica entre ambas subunidades.

El contacto suroccidental con la subunidad de Alberquillas parece que tampoco es estanco, pudiendo producirse un flujo subterráneo hacia esta subunidad.

Los recursos propios de la subunidad Almirajara-Las Guájaras se estiman que están comprendidos entre 70 y 90 hm³/a, aproximadamente.



4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN (2)

4.1. INVENTARIO DE FOCOS CONTAMINANTES (3)

En el área de Játar-Arenas del Rey se asocian, fundamentalmente, a las actividades agrícolas y a las aguas residuales urbanas.

En el área de Fornes los focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas se asocian a la ganadería sin estabular que pueda existir sobre los afloramientos de Almijara-Las Guájaras.

Con relación a las captaciones de abastecimiento de Játar y Arenas del Rey la existencia de zonas de riegos en las proximidades del manantial de Doña Ana constituyen un foco potencial de contaminación. La recarga que reciben los materiales plio-miocenos como consecuencia de los riegos es reflejada por este manantial, ya que el caudal descargado suele crecer en épocas de riegos. Por otra parte, análisis efectuados por el Ayuntamiento en la estación húmeda (marzo) no han mostrado afección en el manantial.

También, hay que apuntar dos detalles: uno las características de los cultivos asociados a huertas y plantaciones de chopos, no es, por tanto, una agricultura intensiva; y otro, el poder autodepurador de la formación limo-arenosa sobre la que se desarrolla la actividad. Ambos aspectos pueden limitar el aporte de contaminantes a la surgencia.

Por otra parte, la propia red de saneamiento de Játar podría constituir un foco de contaminación, ya que a través de los depósitos terciarios se puede producir una percolación de compuestos nocivos hasta alcanzar la surgencia. Si bien, la capacidad de autodepuración de estas formaciones geológicas detríticas (limos, arenas, margas, etc.) constituye un factor limitante de este potencial proceso de degradación en la calidad natural del manantial de Doña Ana.

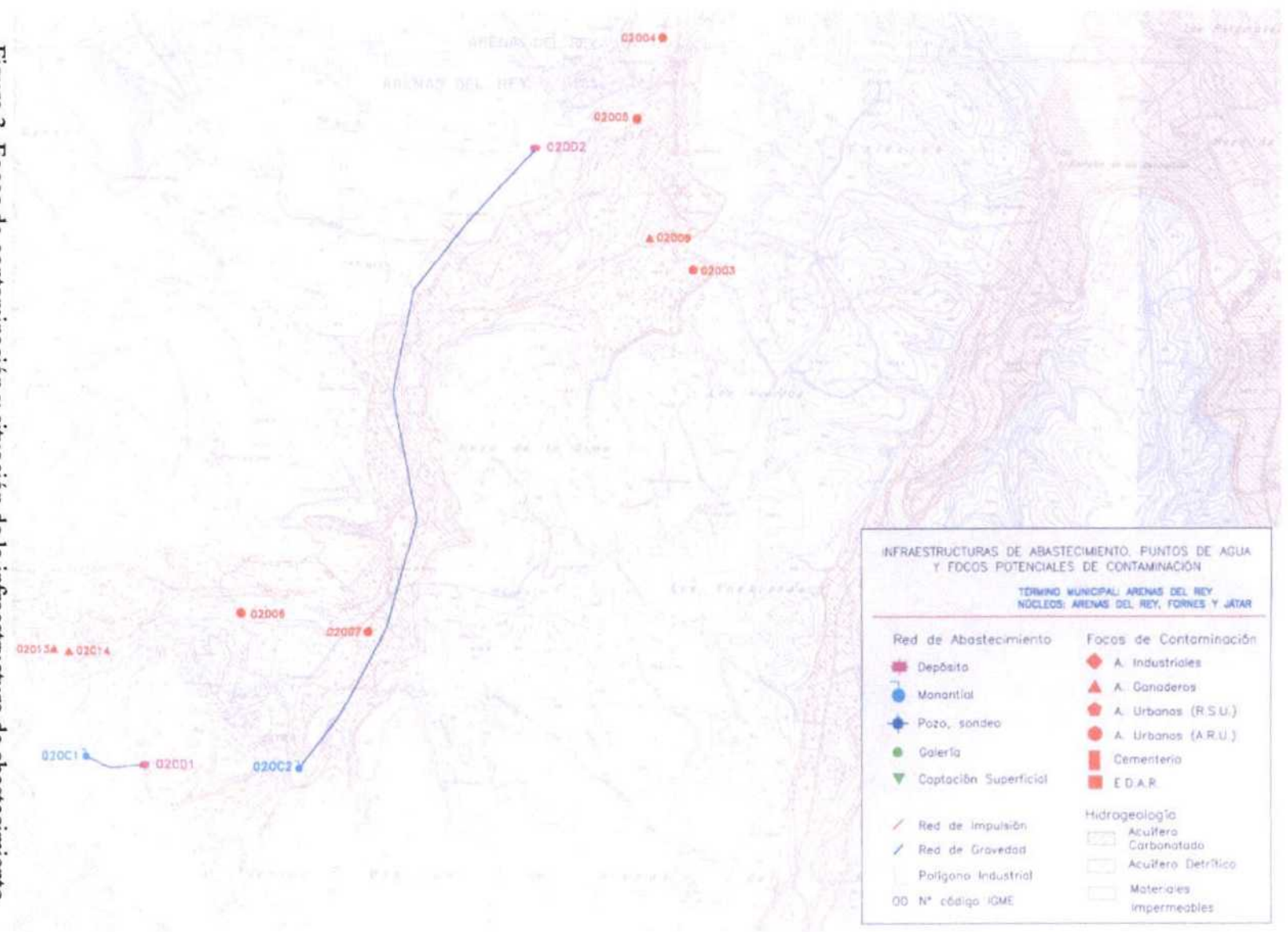
La actividad ganadera estabulada se desarrolla, fundamentalmente, sobre las formaciones plio-miocenas, que responde a acuitardos-acuíferos de limitado interés (captaciones de 2 a 7 L/s).

El vertedero de Játar se ubica sobre los mármoles de Sierra Tejeda pero muy próximo al accidente tectónico anteriormente aludido, por tanto la potencial afección es limitada; además, presenta escasa entidad dicho vertedero. Por otro lado, la potencial afección sobre los manantiales de abastecimiento está condicionada por el propio flujo subterráneo direccional en el acuífero de Sierra Tejeda como por la distancia existente, más de 1.500 m. No obstante, sería interesante conocer las direcciones preferenciales de flujo en este área del acuífero para profundizar en esta problemática. Los focos potenciales de contaminación se pueden observar en la figura 3.

4.2. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN



Figura 3. Focos de contaminación y situación de la infraestructura de abastecimiento.





El acuífero de esta subunidad es muy vulnerable a la contaminación debido a su carácter carbonatado y al gran desarrollo que tienen los fenómenos kársticos. Respecto a los materiales miopliocenos la vulnerabilidad es media, puesto que presentan una menor permeabilidad.

4.3. SISTEMA DE VIGILANCIA

Sobre los afloramientos carbonatados no hay prácticamente actividad potencialmente contaminante alguna por lo que en principio no haría falta sistema de vigilancia alguno, salvo los controles rutinarios de la hidroquímica.

La presencia de una cierta actividad agrícola sobre el terreno miopliocenos que drenan los recursos de la emergencia de Doña Ana y el hecho de que en época de riegos el caudal de dicho punto aumente, hace aconsejable que al menos dos analíticas al año, una de ellas a final de septiembre, aproximadamente, para controlar los posibles efectos de los riegos sobre la hidroquímica del manantial. Se analizará, además de los mayoritarios, la posible presencia de metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas. Por seguridad, se aconseja que se hagan también estas dos analíticas en los Manantiales del Nacimiento Gordo.

Así mismo, en caso de ocurrir cualquier accidente o se produzca cualquier actividad circunstancial potencialmente contaminante en las proximidades de la captación se deberá realizar un seguimiento de la analítica del agua, antes de introducirla en la red, de aquellos parámetros que en cada momento se juzgue necesarios y con la periodicidad que aconsejan las circunstancias.

5. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN

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 1 día)
- Zona II o de restricciones máximas (tiempo de tránsito 60 días)
- Zona III o de restricciones moderadas (tiempo de tránsito de 10 años)

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 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:



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

La distancia desde la captación a un punto con un tiempo de tránsito t (en días) viene dada por la expresión:

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

Donde l es el producto de la velocidad efectiva por el tiempo de tránsito. El signo positivo inicial se utiliza para calcular la distancia aguas arriba de la captación y el signo negativo para calcular la distancia aguas abajo de la captación.

Para el cálculo de las distintas zonas de protección de la captación para abastecimiento a Arenas del Rey, se consideran como datos de partida:

Arenas del Rey	
Espesor del acuífero (m)	200
Porosidad eficaz	0,02
Permeabilidad horizontal (m/día)	10
Caudal de bombeo (L/s)	20
Caudal de bombeo (m ³ /día)	1.728/8.640
Gradiente hidráulico	0,02

Debido a que los valores de T y S conocidos están en sectores alejados de los puntos de abastecimiento y que nos encontramos en una zona de surgencia importante, se estima razonable emplear valores de permeabilidad más altos que los que corresponderían a las transmisividades conocidas; el valor de S empleado, es un valor medio para este tipo de materiales. El Nacimiento Gordo tiene un caudal medio superior a los 100 L/s, que también se tendrá en cuenta para definir las zonas de protección.

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

5.1. ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS

Se considera como el círculo cuyo centro es el sondeo 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 forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas, sin embargo, se puede representar como un círculo por simplicidad, cumpliendo igualmente el objetivo que se persigue, proteger la boca del sondeo y sus proximidades.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para s_I .

	Arenas del Rey	Játar
s_I aguas arriba (m)	22	36
s_I aguas abajo (m)	-3	-16

En el caso de Doña Ana se delimitará mediante una circunferencia de 20 m de radio y de 35 en para Nacimiento Gordo. En ella 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 el sondeo, que se valle la zona definida y se instale un drenaje perimetral.

5.2. ZONA DE MÁXIMAS RESTRICCIONES

Se considera como el espacio (s_{II}) 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 protección inmediata y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para s_{II} .

	Arenas del Rey	Játar
s_{II} aguas arriba (m)	915	960
s_{II} aguas abajo (m)	285	240

En la tabla 1 se incluye una relación de actividades y las limitaciones que se les debe imponer. Se propone que esta zona quede delimitada por una circunferencia de 1.000 m de radio para cada captación y centrada en la misma.

5.3. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS

Limita el área comprendida entre la zona de protección próxima II y la isocrona de 10 años (radio s_{III}). Cuando el límite de la zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para s_{III} .

	Arenas del Rey	Játar
s_{III} aguas arriba (m)	55.000	55.000
s_{III} aguas abajo (m)	18.000	18.000

Debido a que los valores estimados son muy elevados, se opta por delimitar esta zona mediante criterios hidrogeológicos y coincidirá con la poligonal envolvente (figura 4).



En la tabla 1 se incluye la relación de actividades a prohibir, condicionar o permitir en esta zona.

5.4. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD

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

$$R = 1,5 (T t / S)^{1/2}$$

donde

T = transmisividad: 170 m²/día

t = tiempo de bombeo, generalmente se aplicará un tiempo de 120 días

S = coeficiente de almacenamiento: 0,02

Con los datos indicados se obtiene un radio de influencia de 1.500 m de radio alrededor de los manantiales de abastecimiento a Arenas del Rey y Játar. No obstante, la existencia de un sondeo justo en el límite de esta zona que podría explotar caudales superiores a los 100 L/s, según información obtenida de fuentes próximas al Ayuntamiento, podría indicar que las transmisividades de estos materiales son bastante superiores a las utilizadas, lo que aumentaría considerablemente el radio de influencia estimado. Si se tiene en cuenta esta información y por seguridad de los abastecimientos se debería incrementar este radio hasta los 2.000 m, tomando como límite la poligonal envolvente.

5.5. POLIGONAL ENVOLVENTE

Las coordenadas de los vértices y límites de la poligonal que se propone son los siguientes:

	X	Y	Z
A	417100	4088640	1.016
B	422740	4084660	980
C	419820	4084860	1.232
D	416700	4085660	1.668



E	416900	4088800	1.060
----------	---------------	----------------	--------------

Entre el vértice D y el A la poligonal debe considerarse coincidente con el límite del término municipal de Alhama de Granada. En la figura 4 se representan todas las zonas definidas, incluida la poligonal envolvente.

Las restricciones específicas de esta zona se pueden observar en la tabla 1.

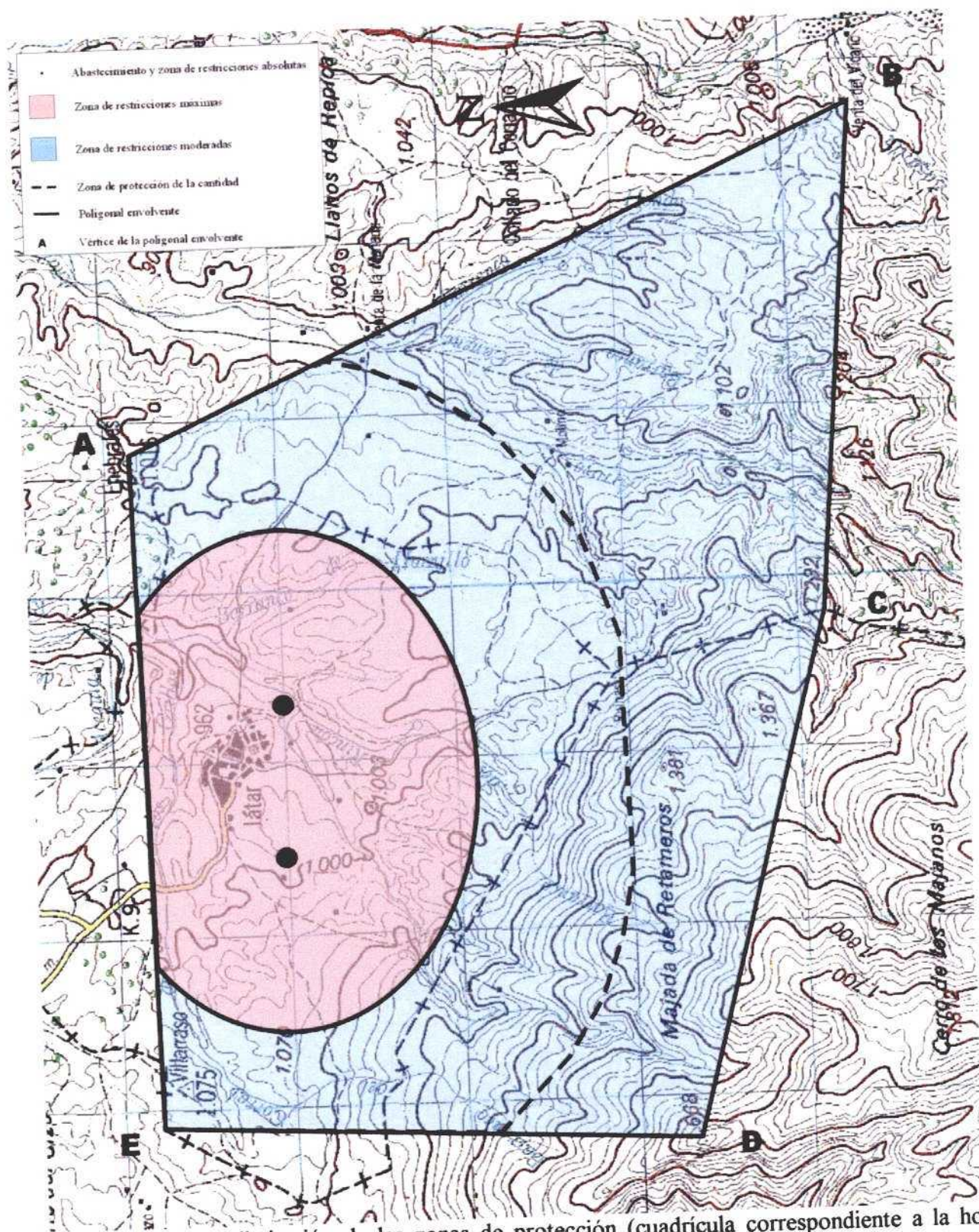


Figura 4. Delimitación de las zonas de protección (cuadrícula correspondiente a la hoja topográfica 1/50.000 de Zafarraya, nº 1.040)



Tabla 1

DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	Z. DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			Z. DE RESTRICCIONES BAJAS		
	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-refugios de ganado		*				*
Silos	*				*	
ACTIVIDADES URBANAS						
Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas 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 industriales	*			*		
Vertidos de residuos líquidos industriales	*				*	
Vertidos de residuos sólidos industriales	*			*		
Almacenamiento de hidrocarburos	*			*		
Depósitos 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	*				*	
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	*				*	



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- * Arenas del Rey se abastece del punto n° ITGE 184340004, manantial de Doña Ana, y Játar del punto 184340005, relacionados con el drenaje de la subunidad de Sierra Tejeda, integrada en la unidad hidrogeológica 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras.
- * Esta subunidad es de carácter carbonatado y los materiales a través de los que surgen el manantial son de edad Mioplioceno, pertenecientes al relleno de la Depresión de Granada.
- * El manantial de Doña Ana podría drenar un caudal medio de 20 L/s, mientras que el Nacimiento Gordo supera los 100 L/s.
- * Los manantiales presentan una composición bicarbonatada cálcica y con una salinidad baja-media (350 $\mu\text{S}/\text{cm}$), apta para su consumo. En una analítica realizada en 1996 se detectó en Doña Ana 1 col/100 ml, debido, probablemente, al uso del estiércol como abono sobre los depósitos miopliocenos.
- * En la actualidad no existen sondeos que exploten los mármoles de la subunidad salvo el situado en el paraje de las Campiñuelas, que podría llegar a extraer 53 L/s, aunque durante la perforación pudieron estar saliendo 115 L/s.
- * Debido al desarrollo de fenómenos kársticos en los carbonatos de la subunidad se debe considerar la misma como muy vulnerable frente a la contaminación.

Fdo: Juan Antonio Luque Espinar
Oficina de Proyectos del ITGE de Granada



BIBLIOGRAFÍA

- (1) ITGE-Diputación de Granada. 1988. Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada.
- (2) ITGE. 1991. Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.
- (3) ITGE-Diputación de Granada. 1995. Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Granada (primera fase).
- (4) ITGE-CHG. 1993. Propuesta de normas de explotación de las unidades hidrogeológicas con afección a embalses de regulación y fuentes de abastecimiento a poblaciones de la cuenca del Guadalquivir. Tomo III. Unidad hidrogeológica 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras.



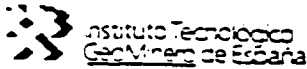
ANEXOS



ANEXO 1



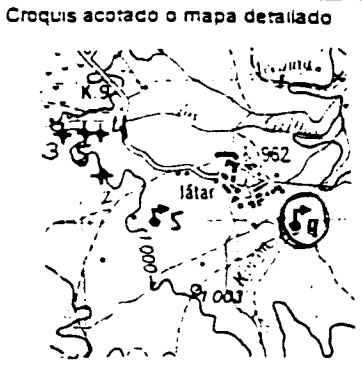
Fichas de inventario



ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS ESTADISTICA

1) N° de registro **184340004**
 N° de puntos descritos **01**
 Hoja topográfica 1/50.000 **de Iscayá**
 Número **1040**

2) **COORDENADAS Lambert**
 X Y
 Huso Sector X UTM Y
30 S 419350 41087950



3) 4) Cuenca hidrográfica **Guadquivir** **015**
 Unidad hidrogeológica
 Sistema acuifero **Aljibes - Los Guajeros**
Serra Tejedo **411231**
 Provincia **Granada** **118**
 Término Municipal **Arcos del Rey** **0210**
 Toponimia **Fte. Doña Ana**

5) Objeto **Prospección de aguas**
 Cota **940.00**
 Referencia topográfica **1:25.000**

5) Naturaleza **Artificial** **3**
 Profundidad de la obra
 Profundidad/Longitud de la obra secundaria

7) Tipo de perforación
 Trabajos aconsejados por
 Año de ejecución Profundidad
 Reprofundizado el año Profundidad final

5) **MOTOR**
 Naturaleza
 Tipo equipo de extracción
 Potencia cv

BOMBA
 Naturaleza
 Capacidad
 Marca y tipo

8) Utilización del agua **Abto**
Arco del Rey **E**
 Cantidad extraída (Dm³)
 Durante días

10) ¿Tiene perímetro de protección? **h** **2**
 Bibliografía del punto acuifero
 Documentos intercalados
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra **Ayto** **4**
 Escala de representación **1:50.000** **3**
 Redes a las que pertenece el punto **P C I G H**

11) Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero
 Año en que se efectuó la modificación

12) **DESCRIPCION DEL CORTE GEOLOGICO**
 N° de litologías descritas

Número de orden	Edad geológica	Litología	Profundidad del techo	Profundidad del muro	Está interconectado	¿Es acuifero?	OBSERVACIONES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

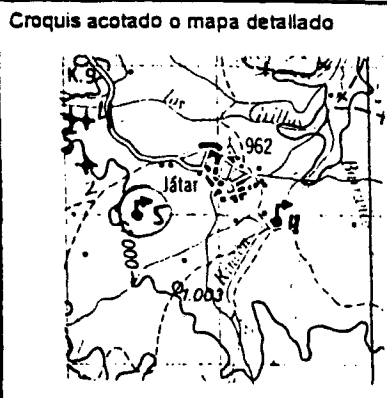
13) Nombre y dirección de propietario **Ayto Seta**
 Nombre y dirección del contratista



ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS ESTADISTICA

1 N° de registro **184340005**
 N° de puntos descritos **01**
 Hoja topográfica 1/50.000 **De la Sierra**
 Número **1040**

2 **COORDENADAS**
 Lambert
 X
 Y
 UTM
 Huso Sector X Y
30 S 418475 41088000



3 4 Cuenca hidrográfica **Guculguivín**
 Unidad hidrogeológica
 Sistema acuífero **Almizcle - Sr. Guapeles**
Sierra Tejeda
 Provincia **Granada**
 Término Municipal **Arenas del Rey**
 Toponimia **Fte. Grande**

5 Objeto **Prospección de aguas**
 Cota **77800**
 Referencia topográfica

6 Naturaleza **Artificial**
 Profundidad de la obra
 Profundidad/Longitud de la obra secundaria

7 Tipo de perforación
 Trabajos aconsejados por
 Año de ejecución Profundidad
 Reprofundizado el año Profundidad final

8 **MOTOR**
 Naturaleza **S.2**
 Tipo equipo de extracción **9**
 Potencia cv

BOMBA
 Naturaleza **S.2**
 Capacidad
 Marca y tipo

9 Utilización del agua **A.570**
S. Jater
 Cantidad extraída (Dm³)
 Durante días

10 ¿Tiene perímetro de protección? **No**
 Bibliografía del punto acuífero
 Documentos intercalados
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra **A.470**
 Escala de representación **1:50.000**
 Redes a las que pertenece el punto

11 Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero
 Año en que se efectuó la modificación

12 **DESCRIPCION DEL CORTE GEOLOGICO**
 N° de litologías descritas

Número de orden	Edad geológica	Litología	Profundidad del techo	Profundidad del muro	Está interconectado	¿Es acuífero?	OBSERVACIONES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

13 Nombre y dirección del propietario **A.470 Sater**
 Nombre y dirección del contratista



ANEXO 2



Puntos de agua situados dentro de la poligonal envolvente que el ITGE tiene inventariados



Puntos de agua que el ITGE tiene inventariados en el interior de la poligonal:

N° de Inventario	Coordenada X	Coordenada Y
1843-4-2	418.463	4.087.998
1843-4-4	419.350	4.087.950
1843-4-5	418.475	4.088.000
1843-4-6	418.658	4.087.688
1843-4-7	419.050	4.087.028
1843-4-13	419.940	4.086.750
1843-4-14	418.125	4.088.350
1843-4-18	420.075	4.086.540
1843-4-19	419.650	4.088.010
1843-4-22	419.281	4.086.307
1843-8-1	419.830	4.085.757
1843-8-2	420.745	4.085.687
1843-8-32	416.575	4.077.350
1843-8-37	419.554	4.086.037