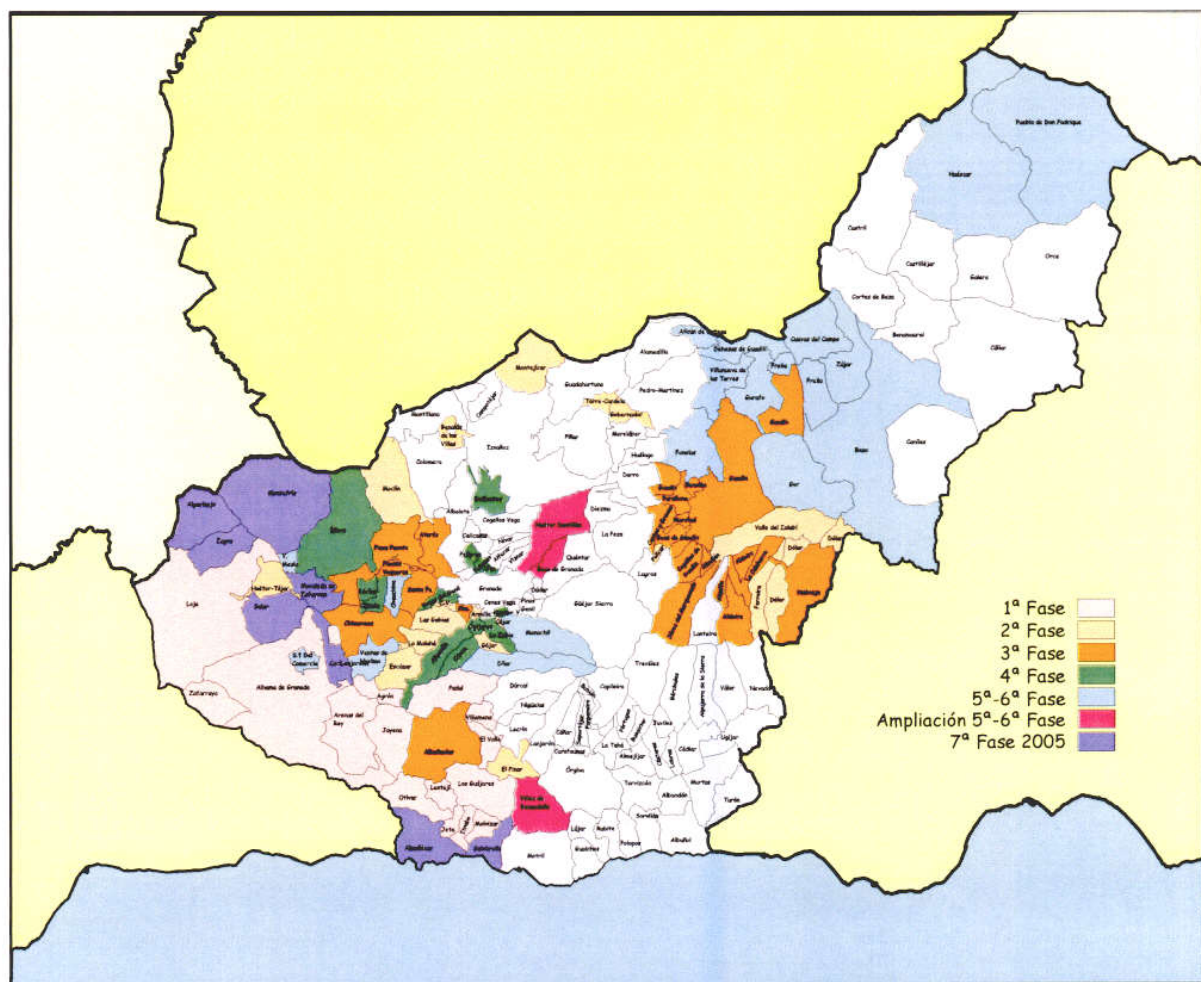


63167  
(I)



# PLAN DE CONTROL DE RECURSOS Y GESTIÓN DE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ABASTECIMIENTOS URBANOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA 7ª FASE 2005



## TOMO I: MEMORIA GENERAL

JULIO 2006



## **Tomo I: MEMORIA**

**Julio de 2006**

El presente proyecto ha sido realizado por García Villegas Aplicaciones Ambientales S.L. en colaboración con José Luis García y Manuel Hódar para la Excma. Diputación Provincial de Granada, dentro del Convenio con el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.).

## ***Dirección Técnica y Supervisión***

### **EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA**

**D. Jesús Beas Torroba** (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

**D<sup>a</sup>. Gema Alcaín Martínez** (Geóloga)

**D. Francisco Serrano Pertíñez** (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

### **INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**D. Juan Antonio López Geta** (Dr. Ingeniero de Minas)

**D. Juan Carlos Rubio Campos** (Dr. Ciencias Geológicas)

**D. Juan Antonio Luque Espinar** (Dr. Ciencias Geológicas)

## ***Equipo Redactor***

**D. Jose Luís García García** (Geólogo)

**D. Manuel Hódar Correa** (Geólogo)

**D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> del Mar Villegas Salmerón** (Geóloga)

**D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Ester Amigo Gallego** (Geóloga)

**D. Fernando García Alcalde** (Ingeniero Superior Informático)

# ÍNDICE

	<b>Pag</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>7</b>
<b>3. ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS</b>	<b>11</b>
3.1. Características generales	12
3.2. Características de las instalaciones	14
3.3. Optimización de las instalaciones	18
3.4. Recomendaciones generales	18
<b>4. RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS</b>	<b>21</b>
4.1. Características generales de los acuíferos	22
4.2. Resumen de los datos de balance de los acuíferos explotados para abastecimiento	41
4.3. Características hidroquímicas de las aguas de abastecimiento	43
4.4. Consideraciones generales sobre alternativas al abastecimiento actual	48
<b>5. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>50</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>56</b>
<b>7. ANEJOS</b>	
I. Estadillo de control para instalaciones municipales	
II. Encuesta de cuantificación de volúmenes de bombeo	
III. Fichas de focos potenciales de contaminación	
IV. Fichas de acondicionamiento de manantiales	
V. Bibliografía consultada	

# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1. - INTRODUCCIÓN

El Plan de Control de Recursos y Gestión de Captaciones de Aguas Subterráneas para Abastecimientos Urbanos de la Provincia de Granada se enmarca en las actividades previstas en el Convenio de Colaboración establecido entre la Diputación de Granada y el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.), como continuación de las labores de asesoramiento realizadas en los últimos 20 años. Con una duración próxima a ocho años, el Plan de Control pretende analizar el estado de funcionamiento de la infraestructura de abastecimiento de los 168 términos municipales de la provincia, y propone mejoras en caso de ser necesarias.

Los datos sobre abastecimientos de agua a la población indican que, sin considerar el área urbana de Granada capital, más del 80% de los núcleos urbanos se abastecen con aguas subterráneas; si bien, en períodos de sequía, este porcentaje es aún mayor. Se hace por tanto necesario proteger estos recursos hídricos en dos líneas fundamentales, asegurar la cantidad y mantener unas condiciones de calidad aceptable para el consumo humano.

En este marco se sitúa el presente proyecto, en cuya 7ª fase interviene como colaboradora la empresa G&V Aplicaciones Ambientales S.L. junto con los técnicos José Luis García García y Manuel Hódar Correa. Abarca ocho municipios, **Algarinejo, Almuñécar, Cacín, Montefrío, Moraleda de Zafayona, Salar, Salobreña y Zagra**, con 16 núcleos, como se indica en la tabla 1:

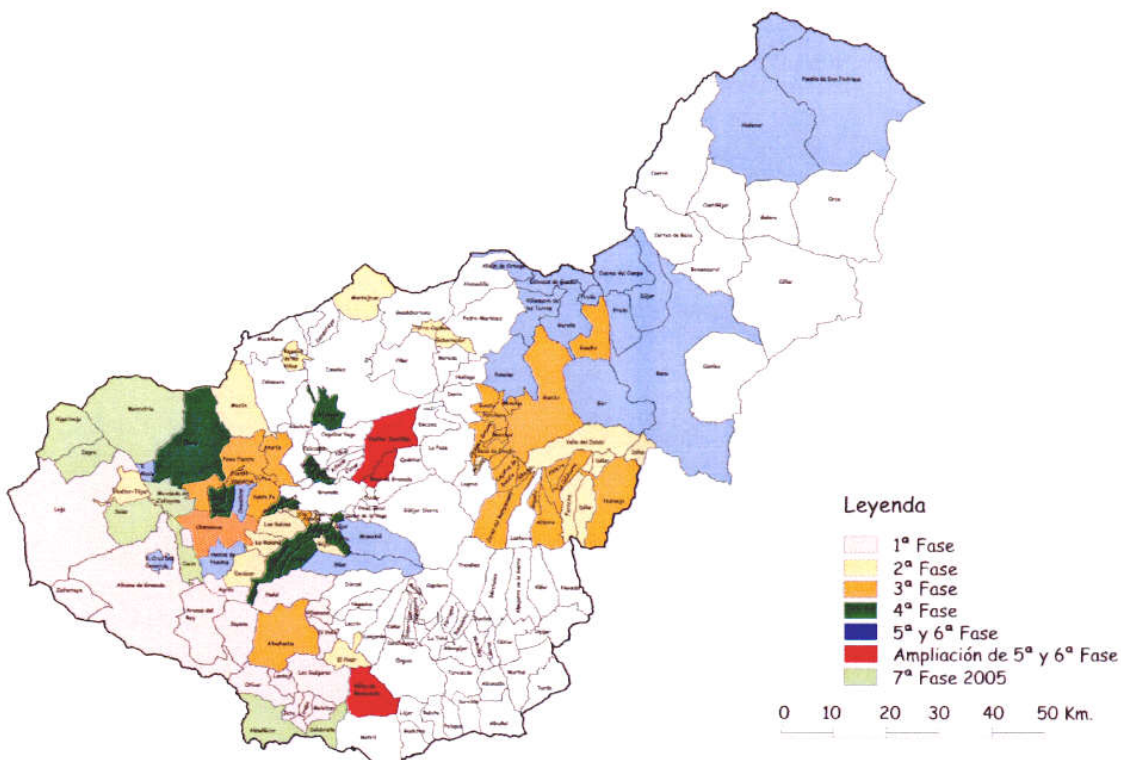
MUNICIPIOS	NÚCLEOS	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
Algarinejo	Algarinejo, Fuentes de Cesna, La Viña	UH 05.37 Albayate – Chanzas
Almuñécar	Almuñécar, La Herradura, Torrecuevas	UH 06.22 Río Verde
Cacín	Cacín, El Turro	UH 05.31 Depresión de Granada
Montefrío	Montefrío, Lojilla	UH 05.34 Madrid – Parapanda UH 05.37 Albayate – Chanzas
Moraleda de Zafayona	Moraleda de Zafayona	
Salar	Salar	UH 05.40 Sierra Gorda – Poljé de Zafarraya
Salobreña	Salobreña, La Caleta, Lobres	UH 06.21 Motril - Salobreña
Zagra	Zagra	UH 05.37 Albayate – Chanzas

**Tabla 1: Núcleos de población y origen de los abastecimientos urbanos.**

El objetivo a cubrir es doble:

- Análisis del estado actual de las captaciones destinadas al abastecimiento de los núcleos urbanos, especialmente en lo referente a los rendimientos de las instalaciones electromecánicas de impulsión de agua; una vez estudiado el sistema de abastecimiento se está en condiciones de definir las posibles mejoras funcionales y estructurales, que conduzcan a una optimización de la instalación de abastecimiento; el acondicionamiento de los manantiales para su control; y la ubicación de posibles captaciones complementarias a las actuales como garantía del suministro.
- Reconocimiento del entorno del acuífero aprovechado, determinando y caracterizando posibles afecciones al mismo.

En la figura 1 se indica el ámbito de trabajo de esta ampliación, así como la evolución de las fases anteriores del plan.



**Figura 1: Evolución del Plan de Control**



## **2. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS**

## 2. - **METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS**

La investigación realizada para cubrir los fines previstos comprende las siguientes actividades:

- **Recopilación y revisión de la documentación bibliográfica existente sobre el área de estudio.** En este sentido destacan los distintos estudios hidrogeológicos realizados en el marco del convenio de colaboración entre la Diputación y el I.G.M.E. en los municipios del sector, así como otros estudios de carácter regional, entre los que cabe mencionar:
  - Plan Hidrológico del Guadalquivir. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 1999.
  - Propuestas de Normas de Explotación de las unidades hidrogeológicas con afección directa a embalses de regulación y fuentes de abastecimiento a poblaciones de la Cuenca del Guadalquivir. Dirección General de Obras Hidráulicas-Instituto Tecnológico Geominero de España. 1995.
  - Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas de la Cuenca del Guadalquivir. Instituto Geológico y Minero de España y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 2001
  - Encuesta de infraestructuras y equipamiento local 1995. Diputación Provincial de Granada. Ministerio de Administraciones Públicas.
  - Plan de saneamiento y abastecimiento de la Vega de Granada. Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Obras Hidráulicas. 1993.
  - Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Granada. Diputación Provincial de Granada-Instituto Tecnológico Geominero de España. 1990.
  - Plan Director de Gestión de Residuos Sólidos de la Provincia de Granada. Diputación Provincial de Granada. 1996.
  - Estudio sobre la depuración de aguas residuales de la Provincia de Granada. Diputación Provincial de Granada-Instituto Tecnológico Geominero de España 1991-1992.

- Plan Director de Depuración de Aguas Residuales Urbanas de la provincia de Granada. Diputación Provincial de Granada-Instituto Tecnológico Geominero de España. 1993.

Por otra parte, se han recopilado las estadísticas necesarias para la cumplimentación de las diferentes fichas a rellenar y para el cálculo de demandas y consumos de agua de la población. Éstas se han basado en las estadísticas municipales sobre el padrón municipal, recopiladas durante la realización de las encuestas, estimaciones de población estacional, realizadas por los Ayuntamientos y contrastadas con los datos del Sistema de Información Geográfica de Municipios de Andalucía (SIMA, 1999), dotaciones estándares a poblaciones y volúmenes anuales consumidos, obtenidos de contador volumétrico y aportados por los ayuntamientos o las entidades gestoras del abastecimiento, o deducidos de los volúmenes captados en las diferentes fuentes de suministro municipal.

Para el tratamiento de la información sobre puntos de agua y evaluación de extracciones, se han consultado los datos del I.G.M.E. y del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir.

- **Realización de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo**, con objeto de estimar el rendimiento de las instalaciones de elevación de agua conectadas a la red de distribución de energía eléctrica, y determinar la relación entre el consumo eléctrico y el volumen de agua bombeado, se han realizado tres encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo, siguiendo para ello las directrices marcadas para este tipo de trabajos por el I.G.M.E.
- **Revisión y actualización del inventario de puntos acuíferos**. Se ha realizado una ficha en puntos de nuevo inventario, habiéndose revisado más de 100 puntos ya inventariados.
- **Análisis de posibles focos de contaminación**. Se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales de contaminación existentes en los tres municipios considerados y en el entorno de las captaciones de abastecimiento, evaluándose la afección potencial sobre la calidad de las aguas subterráneas y las captaciones de abastecimiento.
- **Análisis químicos de las aguas utilizadas para abastecimiento urbano**. La caracterización físico-química de las aguas de abastecimiento se ha establecido a partir del análisis de las aguas de abastecimiento de las diferentes fuentes de suministro, realizados por la Delegación Provincial de la Consejería de Sanidad o por laboratorios contratados al efecto. Complementariamente se han analizado 13 muestras de agua procedentes de captaciones de abastecimiento que a priori se han considerado con

potencial de estar contaminadas o que explotan recursos de interés para abordar alternativas al abastecimiento de las poblaciones estudiadas.

- **Reconocimiento hidrogeológico del entorno y estimación de la extracción de aguas en el sector de acuífero en que se ubican las captaciones de abastecimiento.** Se pretende conocer el estado de explotación del mismo y señalar posibles alternativas para situar sondeos de explotación preventivos.
- **Estudio económico del precio del agua.** A partir de los datos obtenidos en la realización de las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo y conociendo los consumos eléctricos mensuales correspondientes a un año, se ha realizado un estudio económico de las elevaciones de agua, estableciéndose unas recomendaciones referentes tanto a la explotación, la instalación eléctrica y de impulsión, como al tipo de contrato óptimo para la energía eléctrica, de manera que se consigan ahorros significativos en los costes asociados al abastecimiento.
- **Elaboración de una base de datos.** Comprende los datos referenciados e interrelacionados de los municipios estudiados, las fichas de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo, los focos potenciales de contaminación y la optimización de instalaciones, permitiendo con ello, y a través de los datos que se obtengan en futuros estudios, realizar el seguimiento de los condicionantes principales, pudiendo verificar la evolución en el tiempo del parámetro que se estime oportuno de manera ágil y eficaz.
- **Análisis de datos y Memoria Final.** Aparte de los anejos y mapas, la Memoria se ha estructurado en dos partes. Una **Memoria General** en la que se recogen los aspectos relativos a metodologías, descripción de trabajos realizados, exposición global de datos y conclusiones generales; y una memoria de municipios que expone y recopila la información recogida y analizada, y las conclusiones y recomendaciones para cada uno de los municipios.

**3. ESTADO ACTUAL DE LOS  
ABASTECIMIENTOS URBANOS**

### 3. - ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS

Con objeto de evaluar el estado en que se encuentran las distintas captaciones utilizadas para abastecimiento urbano, se ha procedido a estudiar el sistema de abastecimiento de cada municipio, revisando y localizando depósitos de regulación y redes de abastecimiento en alta, comprobando el estado general de los distintos elementos de los equipos para elevación de agua y realizando un test a estas instalaciones utilizando el método de cuantificación de volúmenes de bombeo desarrollado por el I.G.M.E.

El método utilizado, aplicable a captaciones con equipos de elevación conectados a la red general de distribución de energía eléctrica, ha permitido evaluar el rendimiento de las instalaciones y el volumen total bombeado por las mismas.

A través de las encuestas de cuantificación se obtienen los parámetros hidráulicos y eléctricos de funcionamiento de la impulsión. Con los consumos extraídos de los recibos de electricidad, que orientan sobre la demanda real, se estiman los volúmenes bombeados. Dichos parámetros y los volúmenes diarios bombeados sirven de punto de partida en la elaboración de los distintos supuestos a considerar para valorar las posibilidades de mejora y optimización de cada instalación de bombeo.

#### 3.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES

En el cuadro siguiente se muestran las principales características de los abastecimientos de los núcleos urbanos estudiados en esta 7ª fase del Plan de Control, que totalizan una población estable de 57.653 habitantes según padrón municipal de 2005, con un incremento estacional de 1.300 habitantes a los que se suman 173.000 en Almuñécar y los 28.000 en Salobreña, ambos municipios con un potente sector turístico. La demanda base se ha estimado para una dotación teórica de 250 l/hab/día, según recomendaciones del Plan Hidrológico. El consumo base se ha deducido de las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo y de contador volumétrico

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2005	DEMANDA (m <sup>3</sup> /día)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /día)	% déficit	DEPÓSITO m <sup>3</sup>	ABASTECIMIENTO
Algarinejo	4.264	1.066	-		1.394	6 sondeos y 3 manantiales
Almuñécar	27.000	6.750	13.150*	95	23.502	7 sondeos, 1 manantial y 2 tomas superficiales
Cacín	725	181	-		379	4 tomas superficiales, 1 manantial y 1 sondeo
Montefrío	6.500	1.200**	1.620**	35	1.360	2 manantiales y 3 sondeos

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2005	DEMANDA (m <sup>3</sup> /día)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /día)	% déficit	DEPÓSITO m <sup>3</sup>	ABASTECIMIENTO
Moraleda de Zafayona	3.200	825	-		1.400	2 tomas superficiales
Salar	2.800	750	1.625	116	2.070	1 manantial y 1 sondeo
Salobreña	12.000	3.000	3.780*	26	3.800 + 10.000	4 sondeos y una toma superficial
Zagra	1.164	304	300		670	1 manantial y 1 sondeo
<b>totales</b>	<b>57.653</b>	<b>14.076</b>			<b>45.575</b>	

**Tabla 2: Características generales del abastecimiento urbano.**

\* Consumo medio incluyendo el periodo estival

\*\* Demanda y consumo de Montefrío, con 4.800 habitantes

Como se observa en el cuadro, el consumo base sólo se puede considerar como excesivo en Salar, si bien la particular situación de este municipio es ampliamente comentada en su memoria municipal. En Salobreña y Almuñécar el consumo real es también muy elevado respecto al teórico, pero es debido al fuerte incremento estacional de la población en estos municipios. Zagra tiene un consumo real totalmente ajustado al teórico, mientras que en Montefrío este ajuste sólo puede ser calificado como aceptable. En Algarinejo, Cacín y Moraleda de Zafayona, debido a las características de la red, es imposible conocer el consumo real de agua.

El origen del suministro urbano de cada municipio varía en función de sus características particulares.

MUNICIPIOS	Sondeo l/s	Manantial l/s	Cap. Sup. l/s	% sub	% man	% sup
Algarinejo	?	?	0			0
Almuñécar	37,3	10,5	104,3	24,5	6,9	68,6
Cacín	?	?	?			
Montefrío*	12	7	0	63,2	36,8	0
Moraleda de Zafayona	0	0	?	0	0	100
Salar	3,5	12,7	0	21,6	78,4	0
Salobreña	50,7	0	0,7	98,6	0	1,4
Zagra	2,4	1	0	70,6	29,4	0

**Tabla 3: Origen del suministro urbano.**

\* Sólo se considera el consumo de Montefrío, con 4.800 habitantes

### 3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

Los sistemas de abastecimiento se basan en la mayor parte de los municipios en la utilización de aguas de distintas procedencias, pues sólo Moraleda de Zafayona depende exclusivamente de captaciones superficiales. Salobreña depende también casi en exclusiva de recursos subterráneos, si bien está previsto que el aporte de agua desde captaciones superficiales aumente significativamente en el futuro. El resto de municipios utiliza agua procedente de captaciones superficiales, sondeos y manantiales en proporciones variables.

<b>NATURALEZA</b>	<b>Número de captaciones</b>
Sondeos	22
Manantiales o galerías	9
Captaciones superficiales	9
Sondeos en ejecución/sin equipar	2

**Tabla 4: Tipos de captaciones para abastecimiento urbano.**

La mayoría de las instalaciones de bombeo están automatizadas, de modo que se activan mediante sondas en el depósito distribuidor cuando los niveles bajan hasta un mínimo. En otros casos se accionan manualmente, manteniéndolas en marcha cierto número de horas al día según la apreciación del encargado municipal, o disponen de reloj que activa el funcionamiento de la impulsión durante cierto número de horas, graduado regularmente atendiendo a las previsiones del responsable municipal.

Salvo en casos concretos, como la captación C-1 de Montefrío, los sondeos reconocidos no disponen de tubo piezométrico, elemento imprescindible para poder llevar un control de los niveles estáticos y dinámicos de los sondeos de abastecimiento.

Las elevaciones de agua han sido estudiadas mediante las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo realizadas al efecto. Han sido objeto de chequeo todas aquellas captaciones de suministro urbano y titularidad públicas que cuentan con instalación eléctrica, en las que se puede determinar experimentalmente la relación entre los consumos de energía y los volúmenes bombeados, cumplimentándose a este fin la correspondiente encuesta para cuantificación de volúmenes de bombeo.

Para el cálculo de los volúmenes de agua bombeados y el coste de impulsión de éstos, se han tenido en consideración los recibos de electricidad de un año completo (incluyendo I.V.A., 16%), con datos que, según el municipio considerado, corresponden a los años 2004, 2005 y 2006.



MUNICIPIO	Nº Inv.	Alt. Man.	Q	P Activa	E	Rdto	Consumo	Horas	Vol. Elev	Fact.	Coste medio anual	
	IGME	mtr	l/sg	kW	m <sup>3</sup> /kWh	%	kW/año	h/año	m <sup>3</sup> /año	€/año	€/m <sup>3</sup>	€/kWh
Algarinejo	184110008	50	15	14,2	3,79	51,7	42.435	2980	160.914	5.121,6	0,032	0,084
	174140001	105	2,2	9	0,88	23,8	28.216	?	64.935	6149	0,095	0,084
	184110034	80	3	4	2,69	58,6	12.900	3210	34.675	1.316,9	0,04	0,084
	174080033	100	20	25,2	2,86	78	?	?	?	?	?	0,084
Salar	184220005	62	26	28,6	3,28	55,4	145.000	2782	400.000	12600	0,03	0,084
Zagra	184110032	280	8	72,5	0,4	30,3	193.240	2667	76.813	13.369	0,17	0,084

Tabla 5: Resumen de datos en instalaciones de bombeo.

El análisis de los equipos de elevación de agua conectados a la red general de distribución de energía eléctrica, mediante encuestas para cuantificación de volúmenes de bombeo, muestra como estas instalaciones funcionan como media 2910 horas, lo que supone unas 8 horas/día, elevando en conjunto unos 0,74 hm<sup>3</sup>/año.

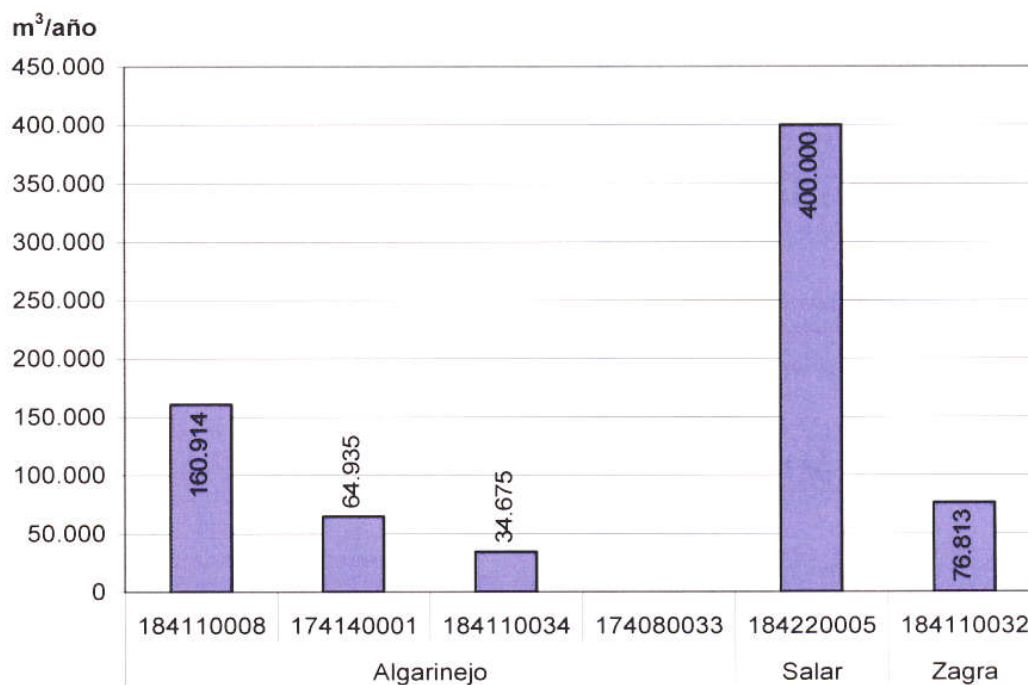
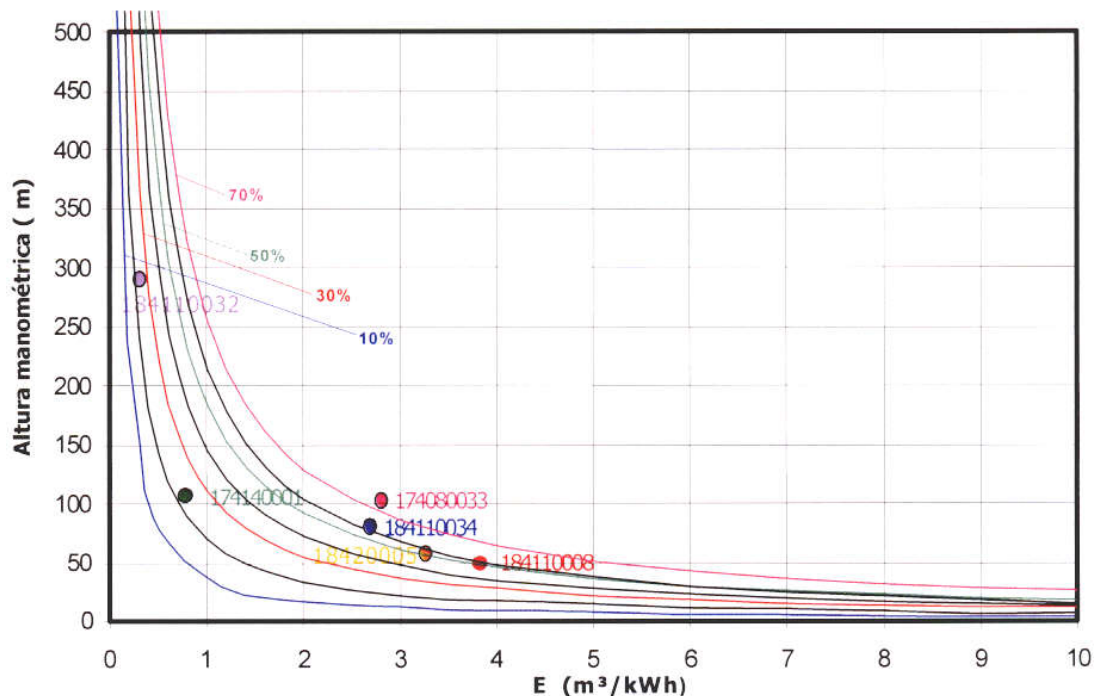


Figura 2: Volumen de agua elevada anualmente.

Como refleja la figura 2, los volúmenes bombeados son consonantes con las poblaciones a las que abastecen excepto en el caso de Salar, donde el consumo de agua es notablemente elevado.

El caudal de explotación oscila entre 2,2 y 26 l/s, mientras que las alturas manométricas oscilan entre 50 y 280 m.

En la figura 3 se representan las seis instalaciones analizadas, situándose en ordenadas la altura manométrica y en abscisas la relación E entre el volumen bombeado y el consumo eléctrico. Los datos han quedado distribuidos en varias curvas de isorrendimientos (del 10% al 70%), observándose como todas las instalaciones presentan un rendimiento superior al 40%, lo que indica un correcto funcionamiento.



**Figura 3: Relación entre E, altura de impulsión y rendimiento de las instalaciones estudiadas.**

La relación E, entre el volumen de agua bombeado y la energía eléctrica consumida para realizar el trabajo, oscilan entre 0,4 m³/kWh y 3,79 m³/kWh, mientras que los rendimientos apreciados en las instalaciones oscilan entre el óptimo funcionamiento de la captación C-9 de Algarinejo, con un 78 %, y el deficiente de la captación C-2 de este mismo municipio, con sólo un 24 %.

Más representativo que la gestión económica del agua es el coste unitario del metro cúbico de agua elevado. La distribución municipal de este parámetro se representa en el histograma de la figura 4. En esta figura se observa como en Zagra el coste económico de la elevación es muy elevado, debido fundamentalmente a que es necesario elevar 280 m el agua. La captación C-2 de Algarinejo tiene también un coste de explotación elevado, en

este caso debido a su poco adecuado diseño. En las otras tres captaciones en las que se ha podido determinar el coste de explotación, éste resulta ser muy bueno en función de las características de las instalaciones.

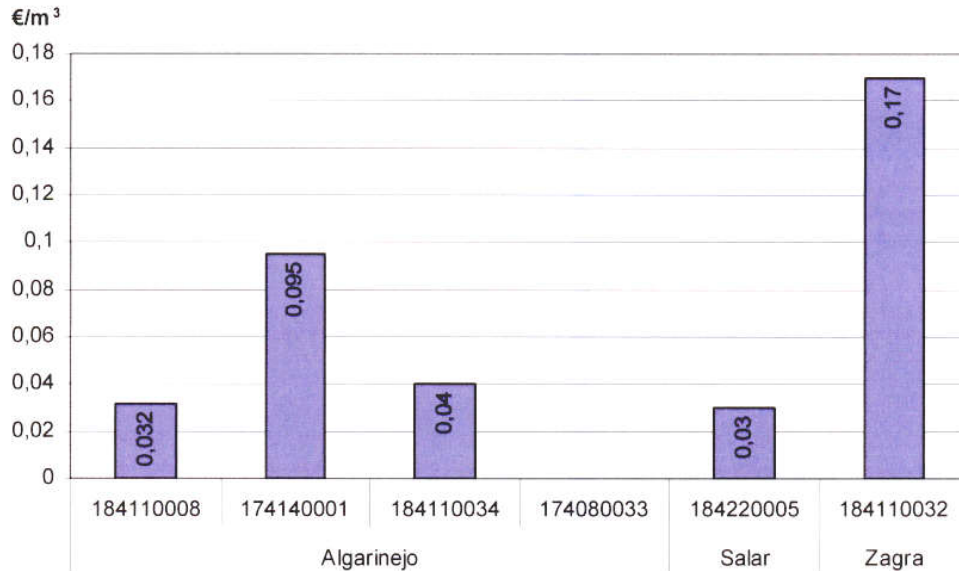


Figura 4: Coste eléctrico del agua elevada en €/m³.

En la figura 5 se ha representado el diagrama de distribución de las instalaciones chequeadas respecto a los costes unitarios, indicando también la media de ambos parámetros. Por un lado, las instalaciones cercanas al eje de abscisas serían indicativas de una "gestión eléctrica adecuada" (valores bajos del kWh), mientras que, al contrario, los más alejados del eje lo serían de una "mala gestión eléctrica". Por otra parte, las instalaciones cercanas al eje de ordenadas representan un bajo coste de elevación de agua y un alto coste las más alejadas.

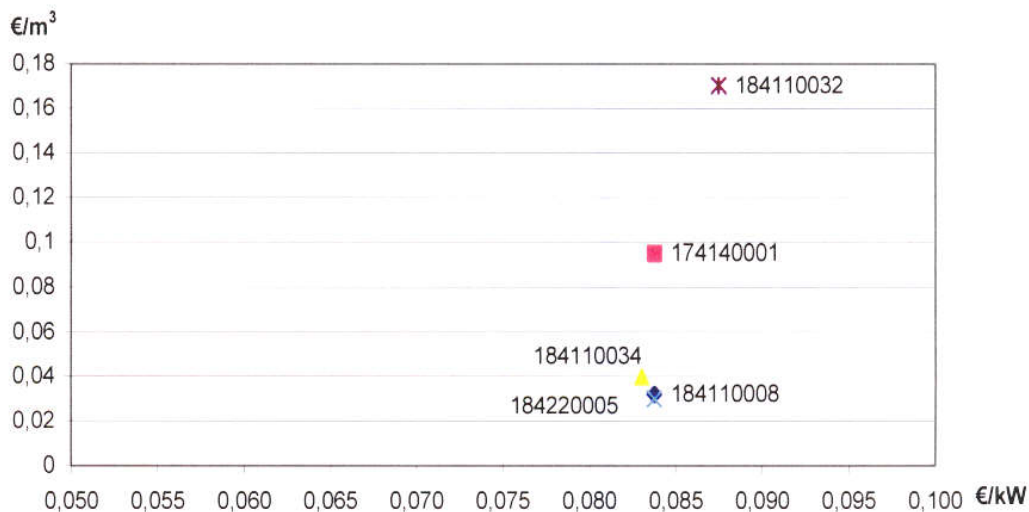


Figura 5: Relación entre el gasto unitario del agua y el eléctrico.



Todas las circunstancias relativas a las características de las instalaciones comentadas de forma general en este epígrafe serán objeto de detallada explicación en el texto del municipio correspondiente, así como las alternativas propuestas para una mejor explotación del sistema de abastecimiento.

### **3.3. - OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES**

En este apartado se analizan las circunstancias que condicionan el funcionamiento y el coste de cada instalación eléctrica, y se definen unas directrices básicas a seguir, buscando siempre abaratar significativamente la explotación.

Dado que el mercado del suministro eléctrico ha sido liberalizado, no existen tarifas de obligado cumplimiento, por lo que hace inútil este apartado, pues en cada caso se debe tratar mediante una negociación particular entre consumidor y compañía eléctrica.

Lo que sí se puede incidir es en la adecuada instalación desde el punto de vista de rendimiento y del consumo de energía reactiva, esto se incluye en el apartado siguiente.

### **3.4. - RECOMENDACIONES GENERALES**

La puesta en marcha del Plan de Control, siguiendo la filosofía del mismo resumida en la introducción de esta Memoria, debe servir de punto de partida para el seguimiento y mejora de los abastecimientos urbanos.

Hay que señalar, por una parte, que en muchas ocasiones los propios ayuntamientos carecen de información exacta sobre las características de las instalaciones de abastecimiento. Por otra parte, y no menos importante, el control de las explotaciones se realiza de forma parcial y esporádica, y se restringe a medidas eventuales del nivel piezométrico, lecturas del contador y, más raramente, medida de los caudales aprovechados.

En primer lugar, se ha observado que no en todos los municipios estudiados existe control de los volúmenes de agua que entran en los depósitos reguladores de abastecimiento, ya sean impulsados o por gravedad. En este sentido, las encuestas para cuantificación de volúmenes de bombeo, ya empleadas en buen número de instalaciones municipales de la provincia, suponen una herramienta de gran utilidad para llevar a cabo este control que se complementaría con el seguimiento periódico de los contadores de energía y verificaciones de los factores que intervienen en la encuesta.

Por otro lado, y también con carácter periódico, es necesario medir la evolución de los niveles piezométricos, tanto estático como dinámico, y de los caudales de bombeo. Para ello se recomienda la instalación de elementos que permitan realizar estas medidas,

principalmente tuberías piezométricas en los sondeos que, como se ha indicado anteriormente, son prácticamente inexistentes. Por lo que respecta al caudal, para su medida, cuando no sea posible el aforo volumétrico con garantías en el depósito, sería necesario acondicionar secciones para instalar caudalímetros.

Para el control de las instalaciones, además de las visitas periódicas de técnicos especializados, es de suma importancia la colaboración del personal municipal. A tal fin, se ha diseñado un estadillo, que se adjunta al final de este epígrafe, en el que se recogen algunos parámetros, relativamente fáciles de medir, a cumplimentar por el encargado de cada instalación.

Por lo que respecta al estado de las instalaciones, sería muy recomendable realizar un chequeo detallado de las mismas, con la finalidad de acotar con más precisión las posibles anomalías, algunas de ellas observadas en el Plan de Control, y proponer soluciones para su optimización.

De las instalaciones analizadas, la que mejores condiciones presenta es la captación C-9 de Algarinejo, con un rendimiento del 78 %, si bien no ha sido posible calcular el precio de elevación por metro cúbico. Las instalaciones de las captaciones C-1 y C-3 Algarinejo y la de Salar presentan un peor rendimiento, aunque no deja de ser aceptable; en los tres casos, el coste de elevación por metro cúbico está en torno a 3 céntimos, precio que puede ser considerado como bueno.

Las dos captaciones restantes, la C-2 de Algarinejo y la de Zagra presentan un rendimiento mucho más bajo y un coste de explotación mucho mayor. El caso de Zagra, con un 30 % de rendimiento y 0,17 € por metro cúbico elevado es explicable por la gran diferencia entre la cota el agua y la cota máxima de elevación, a lo que se une un inadecuado diseño de la tubería, con fuertes pérdidas de carga. El de la captación C-2 de Algarinejo con un rendimiento medio del 23 % y casi 0,1 € por metro cúbico elevado es debido al poco inadecuado diseño de los equipos de bombeo.

En la tabla 6 se resumen las recomendaciones sobre la infraestructura de las instalaciones que se describen de forma más detallada en los informes municipales.

Hay que señalar que han sido objeto de análisis, exclusivamente, las instalaciones en la red en alta, es decir, hasta los depósitos de distribución, no entrando en valoraciones sobre el estado de las redes de distribución en baja. El grado de deterioro de éstas conlleva, con bastante frecuencia, importantes pérdidas, en parte causa de la necesidad de mayores dotaciones para satisfacer la demanda, como puede deducirse del cuadro 10 en el apartado 4.4.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>MEJORAS</b>
Algarinejo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión entre las secciones primera-segunda y quinta</li> <li>- Perforar un nuevo sondeo en las proximidades de la captación C-1</li> <li>- Estudio hidráulico para mejorar los rendimientos en C-2</li> <li>- Aumentar la capacidad de depósito en 300 m<sup>3</sup> en Algarinejo y 120 en Fuentes de Cesna</li> </ul>
Almuñécar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión con el canal de la presa de Béznar</li> <li>- Doblar la capacidad de almacenamiento</li> </ul>
Cacín	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abandono de C-3 y C-4</li> <li>- Abandono o corrección de las captaciones C-2, C-5 y C-6</li> <li>- Recuperación de la depuradora de Cacín</li> <li>- Nuevo depósito en Cacín con capacidad de al menos 250 m<sup>3</sup></li> </ul>
Montefrío	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevo sondeo que sustituya a C-1</li> <li>- Reparación de la depuradora de Montefrío</li> <li>- Renovación de la red de distribución</li> <li>- Nuevo depósito de al menos 700 m<sup>3</sup></li> </ul>
Moraleda de Zafayona	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de C-2 sólo en caso de emergencia</li> <li>- Nuevo depósito de la menos 500 m<sup>3</sup> en los Regadíos de Moraleda</li> </ul>
Salar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio detallado de la red de distribución del municipio</li> <li>- Renovación de la tubería entre D-1 y D-2</li> <li>- Conexión entre D-1 y D-3</li> </ul>
Salobreña	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión de la red de Lobres a la Balsa de Molvízar</li> <li>- Apertura de la depuradora de Los Palmares</li> </ul>
Zagra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perforación de un nuevo sondeo que sustituya a C-2</li> </ul>

**Tabla 6: Resumen de recomendaciones para la mejora de las infraestructuras.**

**4. RECURSOS DISPONIBLES Y  
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

#### 4. RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En este epígrafe se hace un análisis de las características generales de los acuíferos utilizados, así como de los recursos disponibles, tanto en cantidad como en calidad y, por último, se hacen una serie de consideraciones y recomendaciones de cara al planteamiento de posibles alternativas al abastecimiento.

##### 4.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ACUÍFEROS

Los acuíferos utilizados o con posibilidad de aprovechamiento para abastecimiento urbano de los núcleos de población objeto de esta 7ª fase del Plan de Control son los indicados en la tabla 7.

MUNICIPIOS	NÚCLEOS	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
Algarinejo	Algarinejo, Fuentes de Cesna, La Viña	UH 05.37 Albayate – Chanzas
Almuñécar	Almuñécar, La Herradura, Torrecuevas	UH 06.22 Río Verde
Cacín	Cacín, El Turro	UH 05.31 Depresión de Granada
Montefrío	Montefrío, Lojilla	UH 05.34 Madrid – Parapanda UH 05.37 Albayate – Chanzas
Moraleda de Zafayona	Moraleda de Zafayona	
Salar	Salar	UH 05.40 Sierra Gorda – Poljé de Zafarraya
Salobreña	Salobreña, La Caleta, Lobres	UH 06.21 Motril - Salobreña
Zagra	Zagra	UH 05.37 Albayate – Chanzas

**Tabla 7: Unidades Hidrogeológicas aprovechadas.**

##### **UH 05.37 Albayate – Chanzas** (IGME, 1983; ITGE-DIPUTACIÓN DE GRANADA, 1990)

La unidad hidrogeológica de Albayate – Chanzas, de 315 km<sup>2</sup> de extensión, es carbonatada, con elevada permeabilidad secundaria por fisuración y karstificación, si bien existen también pequeños acuíferos detríticos de permeabilidad primaria que funcionan como acuíferos libres. La superficie permeable global es de unos 70 km<sup>2</sup>, de los que sólo 1,2 km<sup>2</sup> corresponden a los afloramientos detríticos.



Los límites de los acuíferos carbonatados son en general las margas yesíferas del Trías, que constituyen el sustrato impermeable y el límite lateral estanco en el flanco occidental de la unidad, y que la desconecta de la U.H. 05.36 (Rute – Horconera).

Se distinguen fundamentalmente cuatro subunidades:

- Subunidad de Albayate – Sierra del Espino: Tiene una superficie de afloramientos permeables del 53 km<sup>2</sup>, con un espesor medio de 250 m de calizas gris – azuladas y dolomías del Lías. La estructura geológica corresponde a un doble anticlinal, por lo que es posible una conexión hidráulica entre las dos sierras.
- Subunidad de Chanzas – Ojete – Iznájar: Posee una superficie de afloramientos permeables de 13 km<sup>2</sup> con un espesor que puede llegar a los 300 m. El acuífero está formado por dolomías y calizas grises de edad liásica que afloran en el núcleo del anticlinal de la sierra de Las Chanzas, con una base impermeable formada por margas y arcillas triásicas. El Lías superior, con facies de margocalizas, calizas margosas y margas, presenta acuíferos localmente explotables, aunque con rendimientos reducidos, en torno a 2 l/s.

La sierra de Las Chanzas está dividida en dos por una importante fractura axial en la que se ha intruido material impermeable del Trías. De esta manera, el sector meridional descarga por el manantial de La Viña (1841-1-0015), situado a cota de 700 m, mientras que el sector septentrional no tiene puntos de descarga suficientemente representativos, por lo que se supone una conexión subterránea entre ambos.

El acuífero de la sierra de Ojete tiene una superficie aflorante de 3 km<sup>2</sup> con un espesor de materiales que puede superar los 45 m. Está surcado por el río Pesquera, hacia el que se descarga mediante salidas de carácter difuso.

- Loma del Santísimo: Es de pequeña entidad, y actúa de forma independiente del resto de unidades. La superficie permeable que aflora es de 4,8 km<sup>2</sup>, con una potencia que puede superar los 300 m.
- Acuíferos del Mioceno: Son pequeños afloramientos de calcarenitas, de estructura tabular, apoyados sobre diferentes materiales margosos que configuran un pequeño acuífero de 1,2 km<sup>2</sup> de extensión y un espesor de unos 70 – 100 m. El flujo tiene un sentido NE – SW, con una disposición que favorece la aparición de numerosos manantiales.

En cuanto a su funcionamiento hidrogeológico, los principales acuíferos están constituidos por las dolomías y calizas de Jurásico inferior. Éstas funcionan como acuíferos libres,

aunque la presencia de series carbonatadas margosas superpuestas hace que los niveles más productivos queden confinados en algunas zonas. El acuífero de las calcarenitas miocenas del cerro del Alcornocal se encuentra colgado, con descargas a muro y escaso volumen de reservas.

La recarga natural se produce exclusivamente por infiltración directa del agua lluvia caída sobre los afloramientos permeables.

La descarga del acuífero se efectúa esencialmente por manantiales y de forma difusa hacia los ríos Pesquera y Almedinilla.

Debido a la compartimentación en subunidades y a la existencia de acuíferos colgados, el nivel freático tiene una amplia variación, entre los 760 y 440 m. Existen también algunos manantiales a cotas que superan los 850 m, que corresponden a acuíferos colgados y desconectados.

No existen datos sobre las reservas de agua explotables en los acuíferos que componen la unidad ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle.

#### **UH 06.22 Río Verde (VV.AA., 2002)**

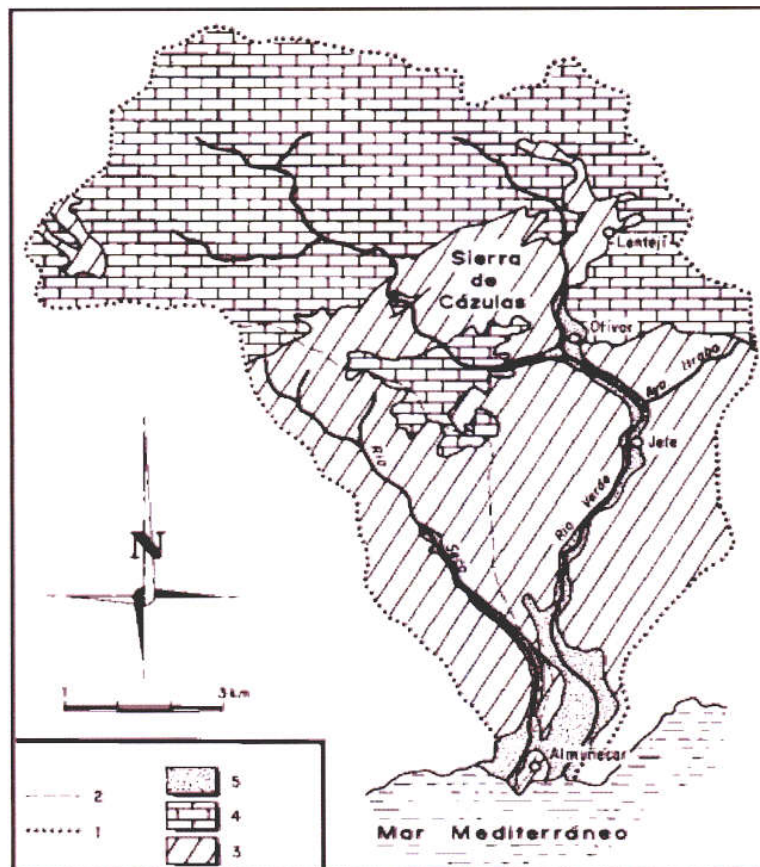
El acuífero detrítico de los ríos Verde y Seco probablemente fue el primero en ser explotado, pues ya se encuentran signos de aprovechamiento de las aguas subterráneas durante la Edad Antigua, concretamente la galería de Las Angosturas pudo ser realizada por los fenicios que fundaron la ciudad de Sexi (Almuñécar).

Este sistema ha sido objeto de numerosos estudios entre los que destacan las Tesis Doctorales de Benavente (1982) y Calvache (1991). El Instituto Geológico y Minero también ha llevado a cabo una investigación continuada que se refleja en varios informes (IGME 1983; 1985; ITGE, 1989; 1992; 1997; 2000). A su vez, la Confederación Hidrográfica del Sur ha aportado interesantes datos en varios informes (CHSE, 1983; 1988; 1995).

Probablemente este es el acuífero más explotado de todos los costeros en Granada y el que presenta signos más evidentes de intrusión marina desde los años 80. En la vega de Almuñécar fue donde se inició la reconversión de la agricultura que ocurrió en toda la costa de Granada, comenzando a producir frutas tropicales de mayor rendimiento económico.

El acuífero está formado por los materiales depositados por los ríos Verde y Seco. El río Seco drena una cuenca pequeña (21 km<sup>2</sup>) y, por lo tanto, sus aportes son escasos. El río Verde, en cambio, drena una cuenca cinco veces mayor (105 km<sup>2</sup>) y además es alimentado

por una serie de manantiales que permiten que el río Verde presente un determinado caudal durante todo el año en casi todo su recorrido. Así, en la estación de aforos de Cázulas se registraron caudales que variaban entre los 310 y los 830 l/s para el período 1968-1976 (Benavente, 1982), presentando los caudales máximos en enero y los mínimos en octubre. A la altura de la población de Jete se encuentra la galería de Las Angosturas y una serie de derivaciones para riego que provocan que el cauce, a partir de este punto, discorra prácticamente seco a lo largo de todo el año, excepto cuando hay abundantes precipitaciones. La recarga del río al acuífero se pone de manifiesto debido a que, en una serie de aforos realizados a lo largo del río, el caudal va disminuyendo progresivamente.



**Cuenca de los ríos Seco y Verde**

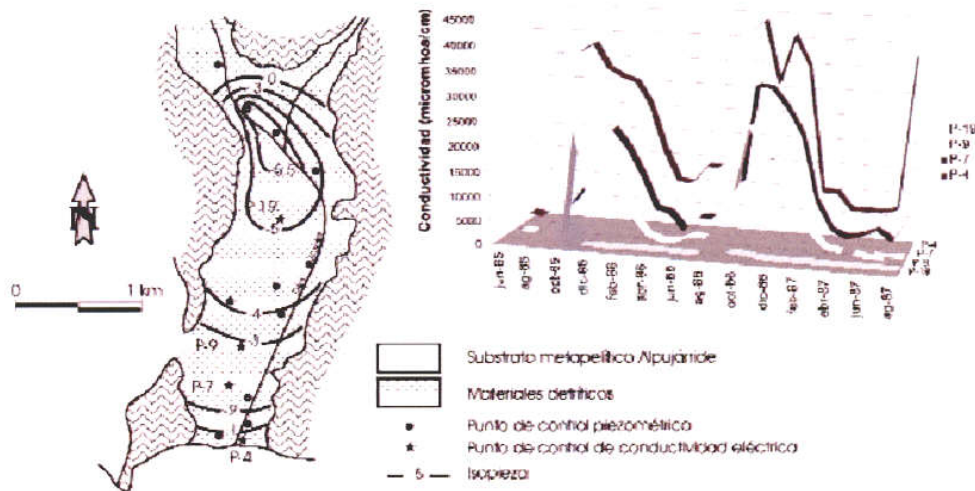
El acuífero ocupa una superficie total (Verde y Seco) de unos 5 km<sup>2</sup> y su forma es alargada con una franja estrecha de unos 400 m de anchura a lo largo de todo el curso del río y una zona más ancha de unos 1000 m en la denominada vega de Almuñécar. El espesor, al igual que ocurre en los otros acuíferos, es máximo (70 m) en el sector costero y disminuye hacia la zona estrecha y elongada donde se tienen espesores de unos 20 m.

En la cuenca vertiente a este acuífero se encuentran materiales metapelíticos en el sector más próximo a la costa, con intercalaciones de cuarcitas que son las responsables de que la sección del acuífero se estreche en algunas zonas. En el sector alto de la cuenca, aparece el tramo superior compuesto por mármoles alpujárrides que van a jugar un papel muy importantes en la alimentación del acuífero detrítico.

Diversos estudios han puesto de manifiesto la heterogeneidad de los materiales que componen los depósitos aluviales. Así, IGME (1985), tras una campaña geoelectrónica determina la superposición de niveles de distinta permeabilidad en la vertical, hecho corroborado por las columnas de sondeos realizados por la CASE (Calvache y Benavente, 1988). Fernández-Rubio (1972) determina la existencia de paleocanales con predominio de la fracción más gruesa.

Los valores de transmisividades para este acuífero son extraordinariamente altos, con máximos de 30.000-35.000 m<sup>2</sup>/día (Benavente, 1982; Calvache y Pulido-Bosch, 1990) y conductividades hidráulicas de hasta 800 m/día. El coeficiente de almacenamiento puede oscilar entre un 4% (Calvache, 1991) y un 15-20% (Calvache y Benavente, 1988).

Los niveles piezométricos han mostrado, en general, un descenso progresivo hasta 1996, momento de fuertes precipitaciones que reflejaron una recuperación importante de los mismos.



**Mapa piezométrico (Calvache, 1991)**

Aparte de esta tendencia al descenso generalizado, cabe reseñar el diferente aspecto del plano de isopiezas para las distintas épocas del año. En la época de aguas altas la distribución es normal, con un descenso progresivo de los niveles hacia el borde costero y, durante el estiaje, en cambio, aparece un gran cono de depresión en la zona más alta de la



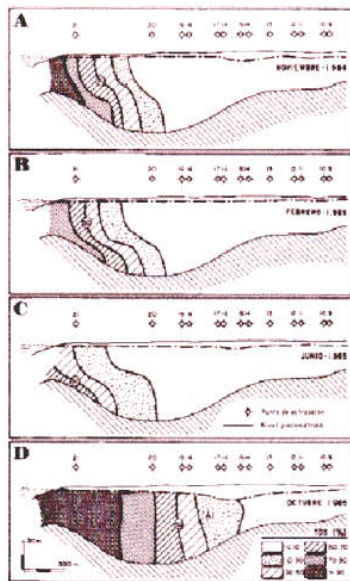
vega de Almuñécar, en el que se llegan a alcanzar cotas negativas de hasta - 5,5 m en agosto de 1988 (Calvache, 1991) debido a las intensos bombeos que ocurren durante esta época del año.

Los datos del balance hídrico que se exponen a continuación proceden del último trabajo realizado en la zona por la Confederación Hidrográfica del Sur de España (CHSE, 1997). Las entradas al sistema se producen principalmente por la escorrentía superficial que ocurre sobre los materiales impermeables de la cuenca de drenaje (2 – 4 hm<sup>3</sup>/año), por la infiltración directa a partir de las precipitaciones sobre la superficie del acuífero (0,2 – 0,4 hm<sup>3</sup>/año) y, por último, a partir de los excedentes del agua utilizada para el riego de los cultivos (2 – 4 hm<sup>3</sup>/año). En lo referente al río, éste contribuirá a la recarga aguas arriba de la galería de Las Angosturas (6 – 10 hm<sup>3</sup>/año), pero a partir de este punto el cauce va normalmente seco y excepto en algunas ocasiones en las que ocurren lluvias torrenciales, no habrá alimentación del río al acuífero. Las salidas se producen mediante extracciones en pozos y sondeos (10 – 16 hm<sup>3</sup>/año) y se utilizan tanto para riego como para abastecimiento de las poblaciones próximas. También existe salida de agua subterránea al mar (1 – 3 hm<sup>3</sup>/año). En este acuífero hay un aprovechamiento completo de los recursos pues, de los 10 – 18 hm<sup>3</sup>/año que alimentan al acuífero, se explotan 10 – 16 hm<sup>3</sup>/año. En teoría no exceden de las entradas, el problema es que la máxima explotación del sistema ocurre durante los períodos de mínima recarga produciendo una sobreexplotación estacional (Calvache y Pulido-Bosch, 1989).

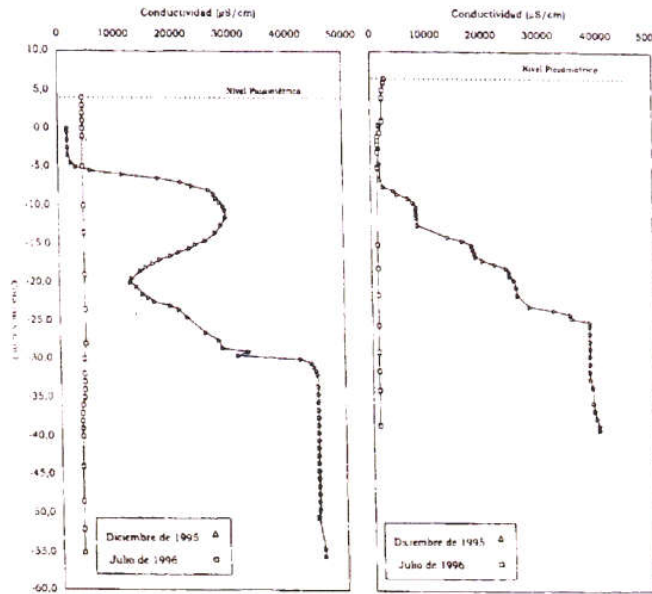
Las extracciones se concentran especialmente en los meses de verano ya que el caudal de agua necesario para el riego de los cultivos de estas áreas y abastecimiento a la ciudad de Almuñécar, aumenta notablemente respecto a los meses de invierno. Si a esta circunstancia se le une la escasa recarga durante el estiaje, se tiene que en verano se producirá un descenso brusco del nivel freático con inversión de gradientes, que permitirá la entrada de agua salada en el acuífero. Con la llegada de la época de recarga y debido a la alta conductividad hidráulica que caracteriza a este acuífero, tiene lugar un lavado de las sales procedentes de la intrusión marina. Este proceso puesto de manifiesto desde hace años, ha ido empeorando progresivamente, pues se constata que cada año el remanente de sal que queda en el material poroso es más elevado.

El proceso de intrusión marina en este acuífero presenta ciertas particularidades interesantes de destacar. Es un proceso de un dinamismo extraordinario que no se repite en otros acuíferos. Lo mismo que durante el estiaje la afección del agua salada llega hasta 3 km tierra adentro en dos meses indicando un espesor de la zona de mezcla muy grande, durante el invierno se retrae rápidamente hacia el borde costero también presentando un espesor mínimo (Calvache, 1991; Calvache y Pulido-Bosch, 1991). También se observa que la intrusión marina no es un proceso homogéneo en todo el acuífero sino que existen entradas diferenciales según un modelo digital (CHSE, 1997), en el que en los sectores de

mayor permeabilidad habrá una afección mayor que en los de menor. En este caso, en los paleocanales de muy elevada permeabilidad, se producirá la mayor entrada de agua salada y también el lavado más efectivo posterior.



Ev. intrusión (Calvache, 1991)



Heterogeneidad de la intrusión (CHSE, 1997)

#### UH 05.31 Depresión de Granada (CASTILLO MARTÍN, 1985; CHG-ITGE, 1993)

La Unidad Hidrogeológica "Depresión de Granada" se extiende, de este a oeste, desde la ciudad de Granada hasta Huétor Tájar, localizándose en ambas márgenes del río Genil, y entre las poblaciones de Dílar - Alhama de Granada, por el sur, y de Nívar - Valderrubio por el norte. La poligonal que engloba la unidad ocupa una superficie de 1400 km<sup>2</sup>; de éstos, que la superficie total de afloramientos detríticos de alta permeabilidad es de 326 km<sup>2</sup>, mientras que los afloramientos carbonatados ocupan una superficie de 13 km<sup>2</sup>.

Se trata por tanto de una unidad hidrogeológica en general detrítica y permeable por porosidad intergranular, si bien existen horizontes acuíferos carbonatados y calcareníticos permeables por fisuración-karstificación o mixta. Se pueden diferenciar dos subunidades hidrogeológicas:

- **Subunidad de la Vega de Granada:** Se trata de un acuífero libre por porosidad intergranular que ocupa una superficie de unos 200 km<sup>2</sup>. Se diferencian dos sectores según su comportamiento hidráulico:
  - La Vega Baja: El acuífero está constituido por el aluvial del Holoceno, con 150 km<sup>2</sup> de superficie, que presenta unas altas transmisividades. Se localiza en el área



central a lo largo del eje del Río Genil. Sus bordes son cerrados de naturaleza impermeable, salvo los comprendidos entre los Baños de Sierra Elvira y Pinos Puente que son abiertos de tipo carbonatado, los constituidos por la Formación Alhambra, de carácter semipermeable en Jun y Huétor Vega y los que constituyen la Formación Zubia, de carácter permeable entre Huétor Vega y Otura. En cuanto al sustrato es de naturaleza limo-arcillosa y de carácter impermeable. El espesor saturado es de 250 m en la franja central bajo el río y que desciende hasta 50 m hacia los bordes.

- **La Vega Alta:** Se localiza entre los núcleos urbanos de Pulianas, Albolote y Granada, incluyendo también la Formación Zubia en el extremo suroriental. Ocupa una superficie total de 50 km<sup>2</sup> y, a diferencia de la Vega Baja, presenta menores transmisividades, comportándose como un acuífero-acuitado. El confinamiento hidráulico de algunos niveles acuíferos puede dar lugar a captaciones surgentes. La Formación Zubia, por su parte, presenta espesores de hasta 160 m y un comportamiento como acuífero mermado por la presencia de niveles conglomeráticos cementados en algunos puntos. Ambos presentan conexión hidráulica con el acuífero de la Vega Baja.

La variación del gradiente hidráulico indica que la circulación general tiene una dirección aproximada Este – Oeste, con valores que oscilan entre el 0,12 y el 1,5 %. La transmisividad es muy variable según sectores, entre 900 y 9.000 m<sup>2</sup>/día; el valor medio estimado es de 4.000 m<sup>2</sup>/día, disminuyendo rápidamente hacia los bordes debido a la pérdida de permeabilidad y de espesor saturado. Finalmente, el coeficiente de almacenamiento y la porosidad eficaz se han estimado únicamente en el sector de la Vega Baja, donde se consideran valores del 5-10 % y el 6% respectivamente.

- **Subunidad del Mioplioceno:** Ocupa aproximadamente unos 800 km<sup>2</sup> de superficie. El predominio de materiales poco permeables y la desconexión de los afloramientos no permite considerar al conjunto como un único acuífero en sentido estricto aunque, sin embargo, existen materiales de interés acuífero local. Estos materiales son los siguientes:
  - **Aluvial y terrazas del Río Genil:** Se encuentra en los sectores de Villanueva de Mesía, Huétor Tájar y Vega de Tocón, con un comportamiento que está estrechamente ligado al funcionamiento de los cauces superficiales. En la Vega de Tocón y Vega de Huétor Tájar - Villanueva de Mesía el espesor conocido del aluvial es de 56 y 20-25 m, con superficies de afloramiento de 4 y 20 km<sup>2</sup> respectivamente.

- Materiales del Mioplioceno: Están representados por conglomerados, areniscas, calcarenitas y calizas de "Páramos", si bien sólo las calcarenitas tortonienses y las calizas de "Páramos" parecen presentar buenas condiciones hidráulicas. El conjunto funciona como un acuitardo multicapa con una circulación restringida a los tramos más conglomeráticos. Su espesor es variable, pudiendo alcanzar 300 m, y no presenta un nivel piezométrico único, por lo que su funcionamiento se desconoce en detalle. Las calizas de "Páramos" presentan afloramientos poco continuos y constituyen un nivel acuífero de relativa importancia en aquellos sectores en que se encuentra alimentado por las formaciones del Plio-Cuaternario. Se caracteriza por poseer unas buenas condiciones acuíferas, aunque su potencial hidráulico no se ha determinado aún. El sector más favorable se encuentra comprendido entre Huétor Tájar - El Turro y el límite meridional de la unidad en este sector.
- Conglomerados, arenas y limos del Plio-Cuaternario: En general se comportan como un acuitardo. El predominio de la fracción conglomerática permite asignar al acuífero una permeabilidad media – baja, como es el caso de la formación Alhambra. El nivel piezométrico de dicha formación no es único ni libre y responde a un dispositivo multicapa. En algunos sectores el confinamiento hidráulico de los niveles transmisivos más profundos puede dar lugar a aguas surgentes.

Se desconocen los parámetros hidráulicos de los distintos niveles. En el aluvial de la Vega de Tocón se considera que la transmisividad es del orden de 400 m<sup>2</sup>/día, mientras que los coeficientes de almacenamiento pueden ser del orden del 1% o inferiores, aunque no se dispone de datos reales.

En cuanto al funcionamiento hidrogeológico y la piezometría, varía según la subunidad tratada:

- **Subunidad de la Vega de Granada**: Tiene un funcionamiento y piezometría ampliamente estudiado. Las entradas al sistema se producen fundamentalmente en el sector oriental de la unidad y tienen lugar a través de:
  - Infiltración directa del agua de lluvia caída sobre la superficie permeable.
  - Infiltración de las aguas de escorrentía de la cuenca del Alto Genil, en especial desde de sus principales cauces (Genil, Dílar y Monachil).
  - Infiltración a través de la red de acequias de regadío sin revestir.
  - Retorno de las aguas de regadío.
  - Aportaciones laterales de borde procedentes de escorrentía de materiales menos permeables miopliocenos y entradas ocultas desde el sistema carbonatado de Sierra Elvira entre otros.



Las salidas se producen en la mitad occidental mediante:

- Drenaje natural a ríos, canales de riego y a través de manantiales ("barras o madres"). El principal eje de drenaje lo constituye el Río Genil a partir del Puente de los Vados. También son importantes las descargas hacia el Río Cubillas.
- Bombeos con destino a regadíos y abastecimientos a núcleos urbanos e industriales.

En los mapas de isopiezas existentes se observa que la circulación general en todo el acuífero es de dirección Este – Oeste, desde las zonas de alimentación hacia las zonas de descarga. Los ejes preferentes de circulación se localizan bajo los cauces de los ríos Monachil, Genil y Cubillas como consecuencia de la mayor transmisividad de los materiales. Con relación a los bordes que limitan el acuífero, destaca la ausencia de alimentación en todo el borde Sur, a excepción del área de Santa Fe y en todo el borde Norte a excepción del sector de Baños de Sierra Elvira-Albolote. En el resto de los bordes existe alimentación tanto de tipo superficial como ligada a aportaciones subterráneas.

- **Subunidad del Mioplioceno:** Su funcionamiento es poco conocido. Su interés como acuífero y, por tanto, el mayor o menor conocimiento de su funcionamiento se limita a determinados tramos. En conjunto, se compone de niveles de escaso espesor, desconectados entre sí, de permeabilidad moderada que están confinados o semiconfinados en muchos casos.

Las entradas al sistema se realizan fundamentalmente por:

- Infiltración del agua de lluvia.
- Aportaciones laterales procedentes de las sierras carbonatadas de su entorno.
- Retorno de regadíos.

Las salidas del sistema tienen lugar mediante:

- Drenaje natural a la red fluvial del Río Genil.
- Bombeos (poco numerosos).

El conocimiento de la piezometría se restringe a los siguientes sectores:

- Aluvial de la Vega de Tocón: Los niveles piezométricos se sitúan a una profundidad comprendida entre 5-7 m. Los caudales de explotación son del orden de los 7-10 l/s y los descensos previsibles de 10-20 m.

- Aluvial de Huétor Tájar – Villanueva de Mesía: Se encuentra en conexión hidráulica con el Río Genil. El nivel piezométrico se encuentra a 4 m de la superficie.

En cuanto al balance hídrico, el acuífero de la Vega de Granada ha sufrido importantes cambios en su balance hídrico en los últimos años. Los más notables se deben a la alteración del ciclo hidrológico (construcción de embalses), por los cambios en los sistemas y prácticas de riego, y por el efecto causado por la sequía de la primera mitad de los 90. Sus recursos se estiman en entre 180 y 230 hm<sup>3</sup>/año:

- **Subunidad de la Vega de Granada:**

- Entradas:

Externas (escorrentía superficial, retornos de regadío y entradas laterales ocultas).....	202 hm <sup>3</sup> /año
Propias (Lluvia Útil).....	30 hm <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	232 hm <sup>3</sup> /año

- Salidas:

Explotación por bombeos.....	40 hm <sup>3</sup> /año
Salidas por emergencias.....	188 hm <sup>3</sup> /año
Salidas subterráneas.....	4 hm <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	232 hm <sup>3</sup> /año

- **Subunidad del Mioplioceno:**

El Mioplioceno de la Depresión de Granada posee unos recursos propios de al menos 50 hm<sup>3</sup>/año. Se supone, no obstante, la existencia de otros recursos externos, procedentes en su mayoría de flujos laterales y verticales ocultos. La descarga se produce de forma mayoritariamente oculta, existiendo muy pocas emergencias de entidad, casi todas ellas de carácter difuso (salidas a cauces y ríos). Las extracciones por bombeo se incrementaron durante la sequía de los noventa, si bien no se dispone de datos suficientes para su estimación.

**U.H 05.34 Madrid – Parapanda** (DGOH, 1995; DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA-ITGE, 2002; IGME, 1981 y1983; ITGE-DIPUTACIÓN DE GRANADA, 1990)

La unidad hidrogeológica 05.34 se sitúa en el sector central de las Cordilleras Béticas, en la zona de contacto entre las Zonas Externas y las Zonas Internas, estando integrada por distintas subunidades hidrogeológicas que pertenecen a dominios litoestratigráficos diferentes. La Subunidad de Sierra de Obéilar presenta la serie del Subbético Interno, las

Subunidades de Madrid y Parapanda pertenecen a la unidad autóctona de Parapanda – Hacho de Loja (Subbético Interno Septentrional), mientras que los afloramientos permeables jurásicos de Sierra Pelada - Sierra de la Ermita y Montefrío, pertenecen al Subbético Medio. Por último y como acuíferos de interés local, se señala la existencia de un conjunto de afloramientos postorogénicos, litológicamente formados por calcarenitas del Mioceno superior, que afloran en las proximidades de la localidad de Montefrío.

Según el esquema geológico descrito en el apartado anterior, la estructura general de la unidad origina la existencia de diversas subunidades hidrogeológicas dispersas y desconectadas entre sí, que se definen a continuación:

- Subunidad Sierra de Parapanda: Esta subunidad está formada por calizas y dolomías del Lías presentando, estos materiales una potencia superior a los 650 m. Está limitada al este por las mismas margas cretácicas sobre las que cabalga, que así mismo impiden la conexión hidráulica con la Sierra de Madrid. Al oeste, limita con materiales de carácter impermeable del Jurásico y al sur, con sedimentos cuaternarios que confinan una mínima parte de la subunidad, siendo el resto de carácter libre. La extensión de afloramientos permeables es de unos 16 km<sup>2</sup>.
- Subunidad Sierra de Madrid: Coincide con la sierra del mismo nombre y se presenta al noreste de la población de Íllora. Esta formada por los mismos materiales que la Sierra de Parapanda. La subunidad de Sierra de Madrid cabalga sobre los materiales impermeables de naturaleza margosa del Cretácico y del Terciario, estando también confinada al sur por efecto de los recubrimientos cuaternarios y pliocuaternarios y, presentando carácter de acuífero libre en el resto. Esta subunidad presenta una extensión de afloramientos permeables de 8 km<sup>2</sup>.
- Subunidad Sierra de Obéilar: Comprende el promontorio del mismo nombre, presentando una superficie de unos 3 km<sup>2</sup>. Esta subunidad, a diferencia de las dos anteriores, está formada por calizas y dolomías del Subbético Interno y se encuentra mucho más compartimentada, quedando los bloques de materiales permeables aislados sobre un sustrato impermeable formado por materiales del Cretácico y del Triásico, de forma que cada uno puede constituir un acuífero independiente. Al igual que las otras dos subunidades el comportamiento hidráulico es de acuífero libre aunque en algunos sectores puede quedar semiconfinado por los niveles detríticos cuaternarios y pliocuaternarios.
- Subunidad Sierra de la Ermita – Sierra Pelada – Montefrío: Estos afloramientos calizos jurásicos presentan un conjunto de pliegues en relevo, de dirección ONO-ESE, a lo largo de cuyos ejes anticlinales afloran materiales permeables del Jurásico inferior formando relieves como los de Sierra de la Ermita y Sierra Pelada.

El afloramiento carbonatado de Sierra de la Ermita está constituido por las calizas pisolíticas y oolíticas del Lías inferior-medio, que aquí adquieren una extensión de 4,5 km<sup>2</sup> y que muy probablemente están conectadas con el afloramiento de Sierra Pelada situado inmediatamente al sur y de forma paralela y en el que la superficie de materiales aflorantes permeables es de 5,5 km<sup>2</sup>. En ambas sierras la serie es perfectamente concordante y todos sus límites se encuentran sellados por materiales margosos y margocalizos del Lías medio – superior.

Los afloramientos liásicos anteriormente descritos pudieran estar conectados con la estructura que permite el asomo de los mismos materiales en las partidas del Hachuelo y del Bañuelo de Montefrío, dado que de otra forma no podría explicarse el caudal de drenaje del manantial del Bañuelo (1841/3/15), próximo a los 200 l/s, si bien esta última medida puede ser un valor puntual de escasa representatividad.

Se trata por tanto, de una subunidad a la que se presupone una importante extensión lateral y en la que pudieran existir desconexiones como consecuencia de la existencia de umbrales hidrogeológicos producidos por la presencia de materiales triásicos en facies Keuper en los núcleos de los anticlinales.

- Subunidad Areniscas de Montefrío: Los afloramientos de estos materiales que se observan en las inmediaciones de la localidad de Montefrío forman dos acuíferos con un funcionamiento hidráulico independiente y que se han denominado como los acuíferos de Peña de los Gitanos (el más oriental) y acuífero de Montefrío, (sobre el que se asienta la localidad). El primero aflora en unos 3 km<sup>2</sup>, presentando las areniscas un espesor que pasa de 10 m en su margen septentrional a 50 m en la meridional. El acuífero de Montefrío, con una superficie de 4,5 km<sup>2</sup> con un espesor variable que alcanza como máximo los 100 m. Ambos acuíferos presentan carácter libre y se encuentran colgados sobre los materiales impermeables de edad anterior.

En cuanto a su funcionamiento hidrogeológico y piezometría, las distintas subunidades que integran esta unidad hidrogeológica tienen en común su alimentación, exclusivamente a partir de la infiltración procedente del agua de lluvia:

- La subunidad de la Sierra de Parapanda, presenta como principal punto de descarga al manantial de Alomartes (1841/4/10) situado en la margen meridional, con un caudal medio de drenaje de 134 l/s y una cota de surgencia de 605 m s.n.m. El análisis del hidrograma de este manantial evidencia el marcado carácter kárstico del embalse subterráneo, registrándose amplias oscilaciones interanuales de caudal. En la margen noroccidental de la subunidad también existe otra zona de drenaje situada a una cota del orden de 1100 m s.n.m. Se considera por lo tanto, que el flujo subterráneo se establece en el sector septentrional hacia el norte y en el meridional

hacia el sur, siendo probable que la divisoria de aguas subterráneas coincida con la línea de máximas alturas de la sierra.

- La subunidad de Sierra de Madrid presenta un funcionamiento hidrogeológico similar al de Sierra de Parapanda, ya que sus principales surgencias se sitúan en la margen meridional y septentrional de la subunidad, existiendo aquí cierta componente de flujo en dirección N-S. Así, en el sector meridional la piezometría se ubica a unos 750 m s.n.m, mientras que hacia el Norte se sitúa primero a 860 m s.n.m., después a 940 m s.n.m. y finalmente a 1100 m s.n.m. Estas variaciones en la cota de drenaje de los distintos materiales implican cierto grado de compartimentación de la subunidad.
- Respecto a la subunidad de la Sierra de Obéilar, la inexistencia de surgencias en los límites de los distintos bloques que la forman, indicaría que el drenaje de los mismos se realiza de forma diferida hacia los arroyos Charcón – Escózar, tributarios del Genil por su margen derecha.
- Para la subunidad Sierra de la Ermita - Sierra Pelada - Montefrío se señala como principal punto de descarga, el manantial del Cortijo del Bañuelo (1841/3/15) para el que se dispone de una medida puntual de caudal próxima a los 200 l/s, estando situado en el punto más bajo del contacto entre los materiales permeables del Lías y los materiales margosos, a 800 m s.n.m.
- Dadas las características geométricas de los materiales que forman la Subunidad Areniscas de Montefrío sus descargas se producen por diferentes manantiales situados en sus bordes. De esta forma, para esta subunidad y la anterior, los niveles piezométricos se sitúan a cotas próximas a los 900 m s.n.m.

No existen datos sobre reservas de agua explotables en las subunidades que componen la unidad de Madrid – Parapanda, ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle de las mismas. En el caso de las subunidades asociadas los materiales del Subbético Interno y al Subbético Medio, la elevada compartimentación de los afloramientos permeables en la primera y el desconocimiento de los límites de la segunda hacen aventurado el cálculo de las reservas. En las areniscas de Montefrío, la estructura tabular y colgada de los acuíferos y su reducido tamaño, hace que los recursos se canalicen rápidamente hacia las surgencias no existiendo un almacenamiento de relevancia.

**UH 05.40 Sierra Gorda – Polje de Zafarraya** (DGOH, 1988 y 1995, DGOH-ITGE, 1993, ITGE-JUNTA DE ANDALUCÍA, 2000)

La unidad hidrogeológica de Sierra Gorda – Polje de Zafarraya es fundamentalmente carbonatada, permeable por fisuración-karstificación y de carácter libre, aunque puede

presentar sectores confinados bajo sedimentos cretácicos y terciarios en su sector nororiental.

Dentro de la unidad se distinguen tres formaciones permeables con características de acuífero, que son las dolomías y calizas dolomíticas del Trías superior- Lías medio, las calizas con sílex del Lías superior- Dogger y los materiales detríticos del Poljé de Zafarraya.

Se pueden distinguir dos subunidades claramente independientes, por un lado la Subunidad de Gibalto y, por otro, la Subunidad de Sierra Gorda:

- Subunidad de Gibalto: Se trata de un acuífero totalmente independiente del resto de los afloramientos permeables de la unidad, constituido por los relieves montañosos de la Sierra de Gibalto, situados en la divisoria de las cuencas del Guadalquivir y Sur. Está constituido por materiales carbonatados y volcánicos jurásicos de unos 200 m de espesor que tienen una complicada estructura. Los afloramientos permeables ocupan una extensión aproximada de 11 km<sup>2</sup>.
- Subunidad de Sierra Gorda: Corresponde al resto del gran macizo kárstico de la unidad constituido por la Sierra de Alhama y Sierra Gorda, y que incluye la cuenca endorreica de Zafarraya. En ella se distinguen 5 sectores acuíferos con un funcionamiento diferenciado, aunque en la mayor parte no independiente:
  - o Sector de Sierra Gorda Occidental: Corresponde a la zona occidental de la estructura anticlinorial de la sierra. Está constituido por dolomías y calizas dolomíticas jurásicas con un espesor superior a 1.000 m, que afloran en una extensión de 93 km<sup>2</sup>.
  - o Sector de Sierra Gorda Oriental: Corresponde a la zona oriental de la sierra situada al este del sector anterior, extendiéndose de forma alargada entre Loja y el Llano de Zafarraya. Está constituido por dolomías y calizas dolomíticas jurásicas con un espesor superior a 1.000 m, que afloran en una extensión de 135 km<sup>2</sup>.
  - o Sector Torrecilla-Los Revuelos: Se trata de un acuífero constituido por materiales jurásicos del Complejo Maláguide: dolomías, calizas con sílex y calizas oolíticas, que afloran en una extensión de 25 km<sup>2</sup> en el extremo suroriental de la unidad.
  - o Sector de Sierra Alhama: Corresponde al relieve montañoso del mismo nombre que se extiende de forma alargada, en dirección E-W, al sur del sector de Sierra

Gorda Occidental. El acuífero está constituido por dolomías y calizas dolomíticas liásicas del Subbético Interno que afloran en una extensión de 35 km<sup>2</sup>.

- Detrítico de Zafarraya: El acuífero corresponde a los depósitos detríticos que rellenan el Polje de Zafarraya, que constituyen un acuífero multicapa. El nivel acuífero principal está constituido por los depósitos aluviales (limos y gravas) que ligados al Arroyo de la Madre ocupan la zona superficial de la depresión; existen también otros niveles acuíferos constituidos por los tramos conglomeráticos de los rellenos post-orogénicos del polje, que tienen un espesor del orden de 200 m. Los materiales permeables ocupan una superficie de 21 km<sup>2</sup>.

En cuanto a su funcionamiento hidrogeológico, las entradas de la unidad se producen fundamentalmente por infiltración directa del agua de lluvia y de la escorrentía de algunos cauces superficiales (Arroyo de la Madre), y en menor medida por retornos de riego, mientras que las principales salidas se producen a través de manantiales, por bombeos (principalmente en el sector Torrecilla-Los Revuelos) y mediante salidas subterráneas ocultas hacia cauces y otras formaciones acuíferas adyacentes. El funcionamiento específico de cada sector es el siguiente:

- Subunidad de Gibalto: La alimentación de la unidad se produce exclusivamente por infiltración del agua de lluvia y su descarga se realiza a través de los manantiales de Fuente Lana en la Cuenca Sur y El Cortijo (1742/4/5). El nivel piezométrico viene impuesto por la cota de estos manantiales (790 y 800 m respectivamente).
- Subunidad de Sierra Gorda. Su alimentación procede de la infiltración de las precipitaciones sobre sus afloramientos permeables y por infiltración de la escorrentía superficial del Arroyo de la Madre. El funcionamiento hidráulico varía en función de los diferentes sectores acuíferos:
  - Sierra Gorda Occidental: La recarga procede de la infiltración del agua de lluvia y de la infiltración de la escorrentía superficial del Arroyo de la Madre en los sumideros del área noroccidental del Polje de Zafarraya. La dirección de flujo es N-S y las descargas se producen fundamentalmente en el sector de Río Frío. Las cotas piezométricas vienen definidas por los puntos de descarga; así, en el sector de río Frío se encuentran entre 500 y 600 m, mientras que hacia el sur, los niveles se sitúan a una cota mucho más elevada, 730-780 m, y con grandes oscilaciones.
  - Sector de Sierra Gorda Oriental: La recarga procede de la infiltración del agua de lluvia y de aportes subterráneos procedentes del sector Torrecilla-Los

- Revuelos. La descarga natural de la unidad se produce a través de diversos manantiales y sondeos. El sentido de flujo es N-S, con niveles piezométricos impuestos por la cota de surgencia los manantiales de los sectores de Loja y el Salar, situados entre los 445 y 560 m s.n.m.
- Sector Torrecilla-Los Revuelos: La alimentación de este sector procede de la infiltración del agua de lluvia y por la infiltración del Arroyo de la Madre entre La Alcaicería y Pilas de Algaida. Se encuentra intensamente explotado por numerosos sondeos, produciéndose también descargas de forma subterránea hacia la subunidad de Sierra Gorda Oriental. La oscilación piezométrica es muy grande, condicionada en parte por su intensa explotación durante la época de riego.
  - Sector de Sierra Alhama: La alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia y en menor medida por precolación a través de los sumideros del Polje de Zafarraya. La descarga natural del acuífero se produce fundamentalmente a través de los manantiales de Guaro (1743/4/5) aunque pudiera existir también una cierta descarga subterránea hacia el sector occidental de Sierra Gorda. Su nivel piezométrico viene impuesto por la cota de surgencia del manantial de Guaro (703 m s.n.m.).
  - Detrítico de Zafarraya: La alimentación del acuífero proviene de la infiltración del agua de lluvia y de las aguas del Arroyo de la Madre, y por retornos de riego. Las descargas se producen por extracciones de los más de 400 pozos existentes, muchos de ellos con drenes y por descargas subterráneas hacia el sector de Sierra Alhama. El acuífero tiene el nivel piezométrico muy próximo a la superficie y presenta fluctuaciones de escasa magnitud influidas por la pluviometría, la recarga del Arroyo de la Madre y los retornos de regadíos.

#### **UH 06.21 Motril Salobreña**

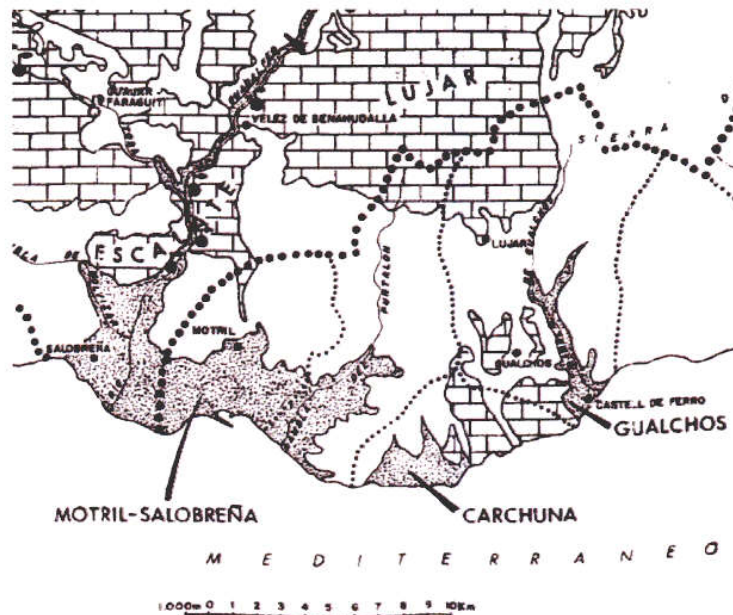
El acuífero de Motril – Salobreña es el más importante de toda la costa granadina tanto por su extensión (42 km<sup>2</sup>) como por sus recursos (próximos a 50 hm<sup>3</sup>/año). Probablemente, por este motivo, también es el que presenta aguas de mejor calidad, sin haber mostrado hasta la actualidad procesos de intrusión marina.

Este sistema ha sido objeto de numerosos estudios entre los que destacan las Tesis de Licenciatura de Castillo (1975), Calvache (1981) y Soto (1998) y la Tesis Doctoral de Benavente (1982). El Instituto Geológico y Minero también ha llevado a cabo una investigación continuada que se refleja en varios informes como son IGME (1985; 1988; 1989; 1991). A su vez, la Confederación Hidrográfica del Sur de España ha aportado



interesantes datos en varios informes (CHSE, 1983; 1988; 1995; 1996; CHSE-IRYDA, 1984).

La morfología de este acuífero es un tanto anómala si se compara con el resto, pues en el borde costero se ensancha hasta alcanzar longitudes superiores a los 10 km. Esto se debe a que hay dos cursos fluviales que alimentan al acuífero; el más importante, el río Guadalfeo, que nace en las cumbres de Sierra Nevada y de caudal permanente, y la rambla del Puntalón que proviene de la Sierra de Lújar y de caudal esporádico. El espesor varía entre un mínimo de 20 m en la cabecera y un máximo de 200 m en la zona de la desembocadura. En la cuenca del río Guadalfeo, de 1295 km<sup>2</sup>, se encuentran materiales nevado – filábrides de carácter prácticamente impermeable y materiales alpujárrides en los que se reconocen metapelitas en un tramo inferior y otros tramos carbonatados superpuestos a los anteriores, que constituyen los relieves montañosos que limitan la cuenca como son las sierras de Albuñuelas, Guájaras y Lújar. También aparecen pequeños afloramientos en el borde costero como el que se encuentra justo en el enclave de Salobreña.



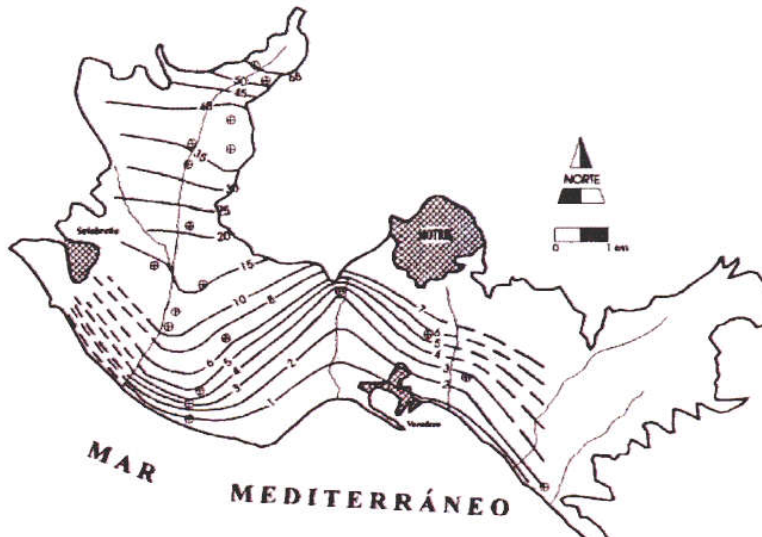
**Situación del acuífero de Motril-Salobreña**

El río Guadalfeo es el que presenta un flujo mayor y más regular de todos los que aparecen en el área de estudio. La relación río – acuífero es muy importante. A lo largo de gran parte de su curso el río es perdedor, produciéndose una infiltración muy importante hacia el acuífero. En otros, como ocurre en la desembocadura el acuífero, aporta agua al río. Así, en el estiaje, momento en el que el río va seco en el sector más bajo, en la desembocadura puede presentar caudales de hasta 2-3 m<sup>3</sup>/s. Las aguas del río Guadalfeo se derivan en dos azudes, Vélez y Lobres, donde se recogen aguas para abastecer a un número importante

de núcleos de población como son Motril, Salobreña, Torrenueva, Carchuna, Calahonda y Castell de Ferro. También se deriva agua del río para la utilización en el riego de grandes extensiones de cultivos (5700 *ha*) de árboles tropicales, hortalizas y la cada vez menos abundante caña de azúcar. El tipo de riego que se lleva a cabo en la vega es todavía por inundación que, junto con las pérdidas que se producen en la densa red de acequias que atraviesan la vega, constituyen una importante recarga en el acuífero detrítico.

Los valores de transmisividad del acuífero varían mucho en función del sector y el autor. Los valores más elevados se encuentran en la zona próxima al azud de Lobres, donde se han estimado unos 10.000 m<sup>2</sup>/día (Castillo, 1975) y permeabilidades de 200 m/día. Hacia el borde costero los valores descienden (4.000 m<sup>2</sup>/día) y más aún hacia el sector oriental, próximo a la rambla del Puntalón (700 m<sup>2</sup>/día, Castillo, 1975). Según ITGE (1991b) los valores de transmisividad oscilan entre 1.200 y 4.800 m<sup>2</sup>/día. El coeficiente de almacenamiento presenta valores que oscilan entre 0,05 (Castillo, 1975) y 0,17 (ITGE, 1991b).

La distribución de isopiezas pone de manifiesto que el funcionamiento natural del acuífero detrítico está poco alterado. Sólo aparecen en sectores muy concretos, como en las proximidades del puerto de Motril (Soto, 1998), pequeñas depresiones que interrumpen la tendencia general descendente hacia el borde costero. Otro dato que se extrae del plano de isopiezas es que la descarga principal del acuífero se realiza siguiendo el antiguo curso o curso natural del río Guadalfeo que se encuentra desplazado hacia el este respecto del trazado actual. El gradiente hidráulico es mucho mayor en el sector del río Guadalfeo con valores del 0,8 % y disminuye hacia el sector oriental (0,3%) donde la descarga es también menor (Pulido-Bosch y Rubio, 1988).



Mapa de isopiezas de la zona

El balance hídrico indica que el sistema Motril-Salobreña es excedentario pues los recursos cubren las necesidades actuales de la zona. La mayor recarga del acuífero procede de la infiltración excedente del riego (16,9 hm<sup>3</sup>/año), le sigue el flujo que procede de la cabecera del acuífero (15,5 hm<sup>3</sup>/año, aunque en un trabajo reciente de García-Aróstegui *et al.*, 2001, lo reduce a tan sólo 4 hm<sup>3</sup>/año) y la percolación desde el río Guadalfeo y otros cursos superficiales (12,9 hm<sup>3</sup>/año). La menor alimentación correspondería a las entradas laterales subterráneas procedentes de los acuíferos carbonatados que bordean el sistema (2 hm<sup>3</sup>/año). Las salidas se distribuyen exclusivamente entre las salidas al mar (30 hm<sup>3</sup>/año) y los bombeos que se producen por toda la superficie del acuífero (17,5 hm<sup>3</sup>/año) y que se emplean fundamentalmente para abastecimiento de las industrias existentes en el sector, poblaciones y riego durante el estiaje. Por lo tanto, de los 47,5 hm<sup>3</sup> que se tienen como media en los tres años de referencia, solamente se explotan 17,5 hm<sup>3</sup>. El resto, tras cumplir su función de mantener en equilibrio el contacto agua dulce-agua salada, se pierde por el borde costero.

Con la entrada en funcionamiento de la presa de Rules, que regulará los recursos superficiales y parte de los subterráneos que discurren por río Guadalfeo y su aluvial, es probable que las óptimas condiciones de este acuífero se deterioren bastante.

#### 4.2. – RESUMEN DE DATOS DE BALANCE DE LOS ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO

Los datos de balance que se indican en la tabla 8 se han recopilado de estudios previos, y no pretenden dar valores absolutos, sino órdenes de magnitud, y por lo tanto una aproximación al volumen de recursos hídricos disponibles.

Unidad Hidrogeológica	Superficie (km <sup>2</sup> )	Recursos totales (hm <sup>3</sup> /año)	Salidas naturales (hm <sup>3</sup> /año)	Bombeos (m <sup>3</sup> /año)
05.37 Albayate - Chanzas	315	90-100	-	-
06.22 Río Verde	125	10-18	0-2	10-16
05.31 Depresión de Granada	1400	232+50	192+?	40+?
05.34 Madrid - Parapanda	45	90-100	?	?
05.40 Sierra Gorda – Polje Zafarraya	320	135	122,7	12,3
06.21 Motril - Salobreña	42	50	32,5	17,5

Tabla 8: Balances hídricos de los acuíferos explotados.



### 4.3. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO

Con objeto de conocer las características químicas del agua y su calidad para utilización en abastecimiento, se han recopilado los análisis químicos de las aguas de abastecimiento procedentes de las diferentes fuentes de suministro realizados por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía o por laboratorios contratados al efecto por el propio ayuntamiento o efectuados por las empresas adjudicatarias de los servicios de abastecimiento y/o el control químico de los mismos, así como los análisis realizados para la obtención del registro sanitario en las captaciones más recientes. Para complementar esta información se han tomando siete muestras de las captaciones más representativas de los abastecimientos urbanos analizados.

Los análisis han sido realizados en el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe (Granada), de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, y sus resultados se adjuntan en las fichas municipales. Las características más significativas de las muestras se resumen en la tabla 9.

nº	184110008	174140001	184110034	184110031	174080033
T.M.	Algarinejo	Algarinejo	Algarinejo	Algarinejo	Algarinejo
Identificación	012C1	012C2	012C4	012C5	012C9
Toponimia	P. Algarinejo	Ftes Cesna	La Viña	Zarz. Baja	Bco. Raso
Amonio	1	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
Bicarbonatos	183	154	149,0	139	305
Boro	<2	<0,2	<0,2	<0,2	0,9
Calcio	38,0	52,0	54,0	43,0	36,0
Carbonatos	5,0	5,0	7,0	5,0	5,0
Cloruros	11,0	16,0	18,0	11,0	64,0
Conductividad	316,0	289,0	412,0	259,0	903,0
Fluoruros	1,4	0,50	0,5	<0,5	1,70
Magnesio	22,0	6,0	24	9,0	36,0
Nitratos	7,0	15,0	<5	15,0	28,0
Nitritos	0,1	0,1	0,08	0,1	0,1
pH a 20 °C	8,1	7,9	8	7,8	7,8
Potasio	0,8	1,0	0,6	0,7	2,6
RSeco 110°C	209	185	233,0	179	346
Sodio	6,0	4,5	7,6	2,4	120,0
Sulfatos	20,0	7,0	80,0	12,0	135,0

nº		194430104	194470009	194430055	194410032
T.M.	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar
Identificación	017C1	017C2	017C3	017C6	017C7
Toponimia	C. Cota 100	Bco. Ítrabo	Cno. Motril	Angosturas	Cantarrián I
Amonio	0	0	0	0	0
Bicarbonatos					
Boro					

nº		194430104	194470009	194430055	194410032
T.M.	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar	Almuñécar
Identificación	017C1	017C2	017C3	017C6	017C7
Toponimia	C. Cota 100	Bco. Ítrabo	Cno. Motril	Angosturas	Cantarriján I
Calcio	70	50	72	64	66
Carbonatos					
Cloruros					
Conductividad	708,00	584,00	739,00	567,00	602,00
Fluoruros		0,34	0,29		
Magnesio	28,00	58,00	41,00	47,00	38,00
Nitratos	4,40	13,50	16,30	11,30	7,40
Nitritos	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
pH a 20 °C	8,10	7,40	7,40	7,50	7,50
Potasio					
RSeco 110°C					
Sodio					
Sulfatos		74,0	105,4		

nº	194450017	194410034	184280003	184130018	
T.M.	Almuñécar	Almuñécar	Cacín	Montefrío	Mor. Zafy
Identificación	017C8	017C9	034C2	135C3	138C1
Toponimia	Cantarr. III	Cantarr. IV	Sondeo	Parapanda	C. Bermej
Amonio	0	0,01	1,20	<0,5	0
Bicarbonatos			261,00	193,00	212,00
Boro			<0,2	<0,2	<0,2
Calcio	96	80	59,00	46,00	59,00
Carbonatos			7,0	7,0	7,0
Cloruros			96,0	11,0	39,0
Conductividad	1112,00	586,00	996,0	304,0	625,0
Fluoruros	0,32		4,0	0,7	0,9
Magnesio	50,00	38,00	63,0	16,0	46,0
Nitratos	30,70	13,80	<5	12,0	<5
Nitritos	0,01	0,00	0,1	0,4	0,1
pH a 20 °C	7,20	7,40	8,0	8,1	8,1
Potasio			5,6	<0,5	2,2
RSeco 110°C			250,0	214,0	299,0
Sodio			90,0	2,3	16,0
Sulfatos	163,2		223,0	5,0	120,0

nº		184220005	184260018		
T.M.	Mor. Zafy	Salar	Salar	Salobreña	Salobreña
Identificación	138C2	171C1	171C2	173C1-2-3	173C4-5
Toponimia	C. Cacín	Fte Membrill	P. Salcedo	El Sotillo	P. Lobres
Amonio	0,90	0,50	0,50	0,00	0,00
Bicarbonatos	215,00	237,00	181,00		
Boro	<0,2	<0,2	<0,2		
Calcio	80,00	43,00	46,00	80,00	112,00
Carbonatos	5,0	7,0	7,0		
Cloruros	32,0	97,0	50,0		

nº		184220005	184260018		
T.M.	<b>Mor. Zafy</b>	<b>Salar</b>	<b>Salar</b>	<b>Salobreña</b>	<b>Salobreña</b>
Identificación	<b>138C2</b>	<b>171C1</b>	<b>171C2</b>	<b>173C1-2-3</b>	<b>173C4-5</b>
Toponimia	<b>C. Cacín</b>	<b>Fte Membrill</b>	<b>P. Salcedo</b>	<b>El Sotillo</b>	<b>P. Lobres</b>
<b>Conductividad</b>	998,0	800,0	541,0	727	933
<b>Fluoruros</b>	0,8	1,1	0,8	0,25	0,43
<b>Magnesio</b>	83,0	54,0	32,0	40	40
<b>Nitratos</b>	<5	7,0	10,0	11	33
<b>Nitritos</b>	0,1	0,1	0,1	0,00	0,00
<b>pH a 20 °C</b>	7,8	8,0	7,9	7,8	7,4
<b>Potasio</b>	5,0	2,7	1,8		
<b>RSeco 110°C</b>	207,0	488,0	293,0		
<b>Sodio</b>	30,0	52,0	26,0		
<b>Sulfatos</b>	345,0	93,0	63,0	87,3	121,0

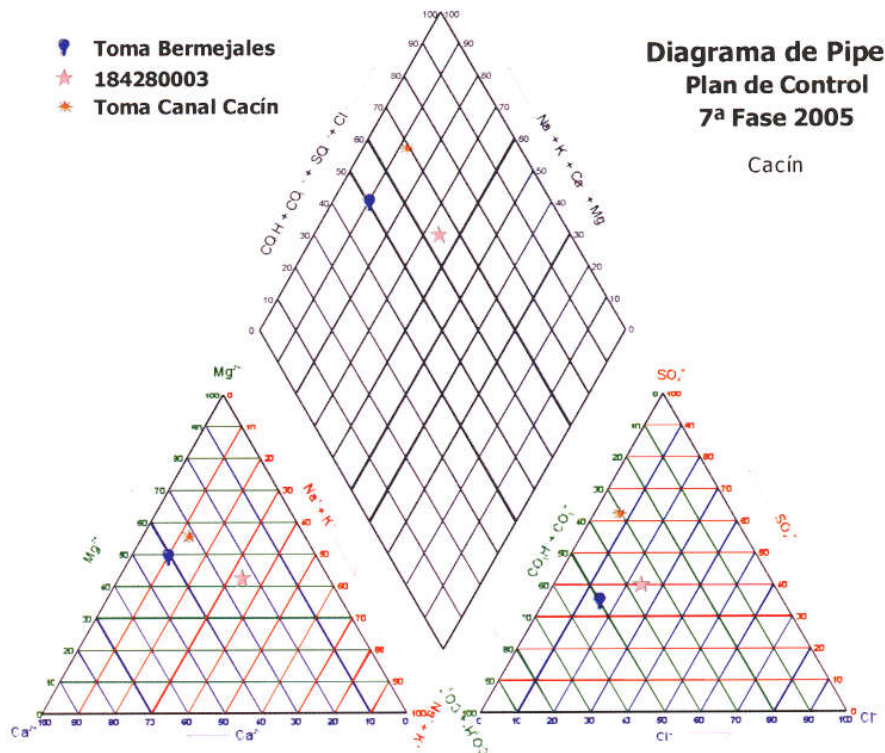
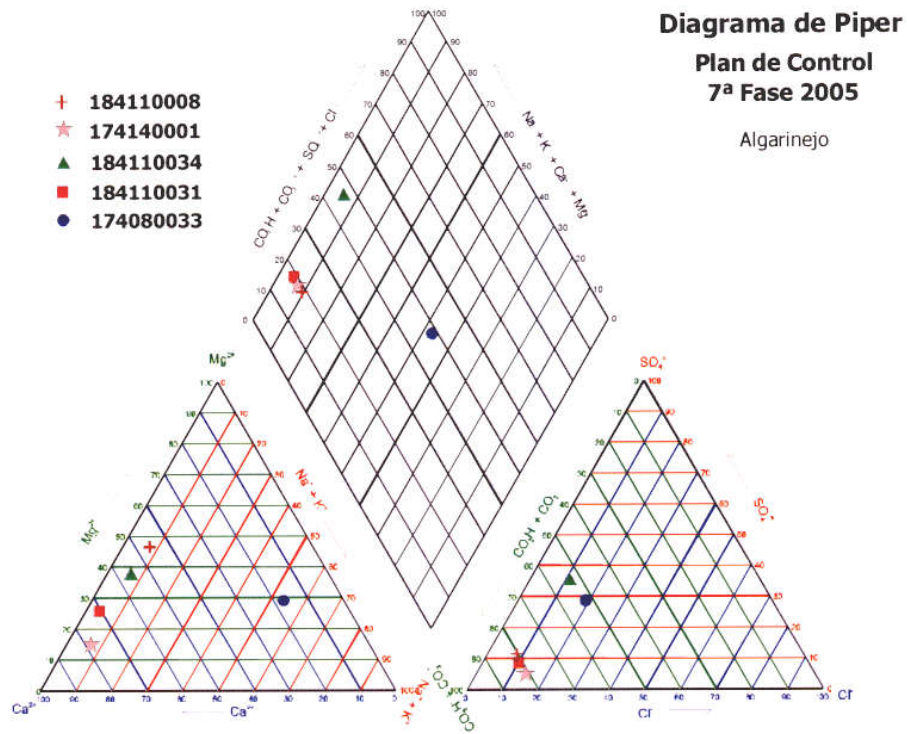
nº	184110002	184110032
T.M.	<b>Zagra</b>	<b>Zagra</b>
Identificación	<b>913C1</b>	<b>913C2</b>
Toponimia	<b>Las Pilas</b>	<b>Herrerías</b>
<b>Amonio</b>	<0,5	<0,5
<b>Bicarbonatos</b>	195,00	256
<b>Boro</b>	<0,2	<0,2
<b>Calcio</b>	34,0	46,0
<b>Carbonatos</b>	5,0	5,0
<b>Cloruros</b>	18,0	12,0
<b>Conductividad</b>	341,0	625,0
<b>Fluoruros</b>	0,7	0,9
<b>Magnesio</b>	21,0	57,0
<b>Nitratos</b>	20,0	<5
<b>Nitritos</b>	0,1	0,1
<b>pH a 20 °C</b>	7,8	7,7
<b>Potasio</b>	0,7	0,7
<b>RSeco 110°C</b>	239,0	257,0
<b>Sodio</b>	7,8	4,7
<b>Sulfatos</b>	5,0	108,0

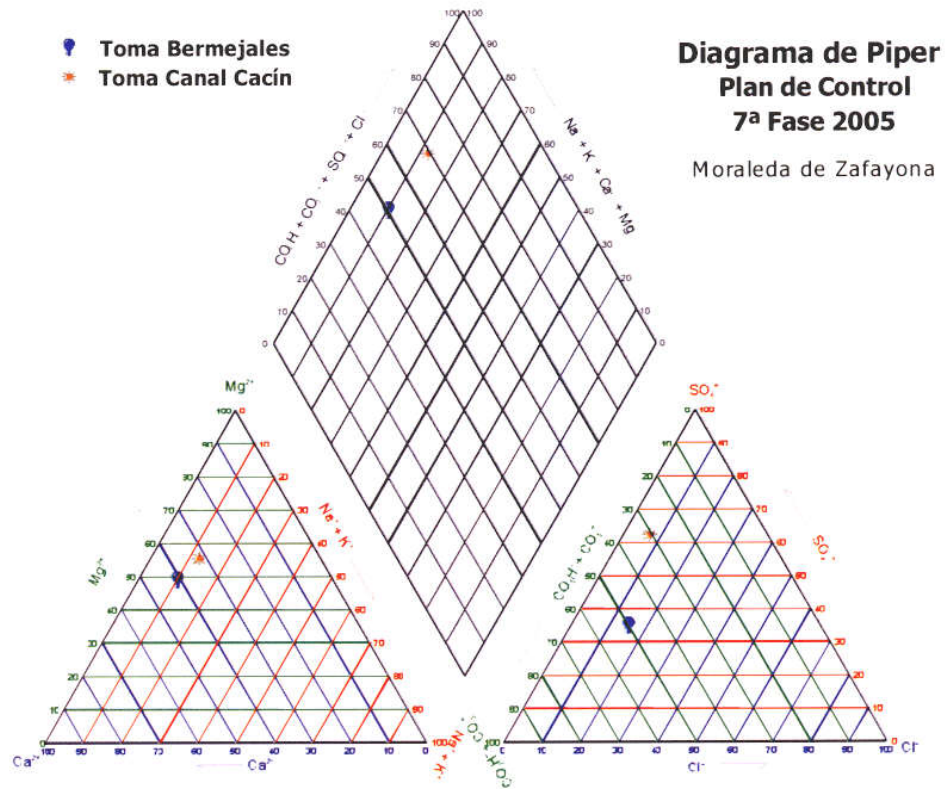
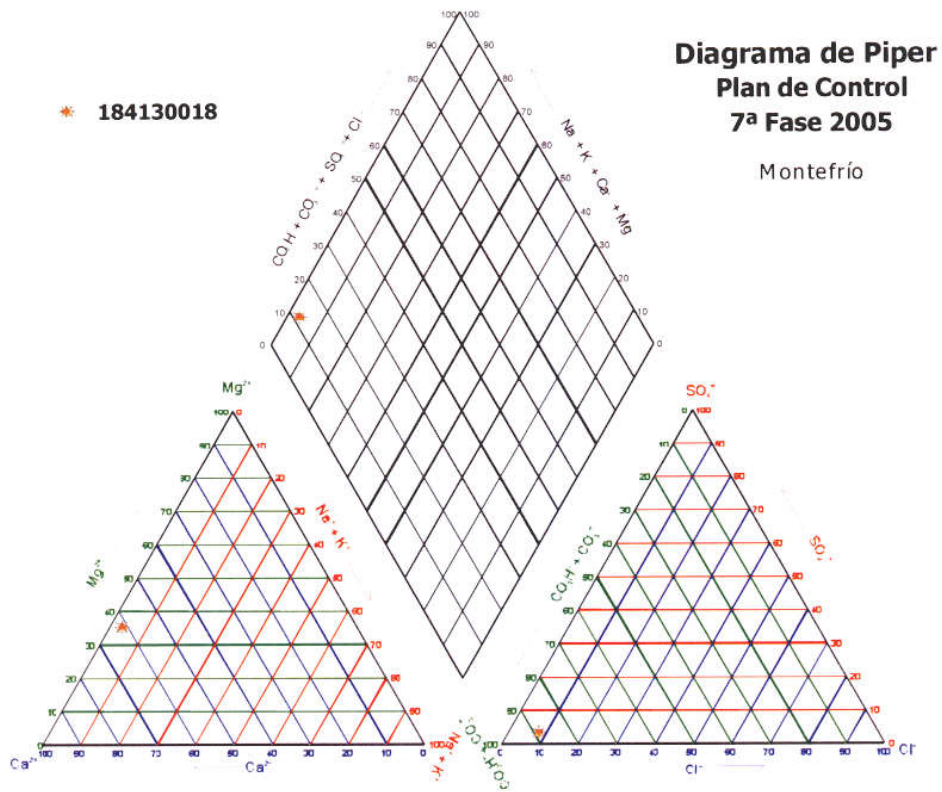
**Tabla 9: Resumen de características hidroquímicas.**

Las características químicas del agua son en general de buenas a muy buenas, con residuos secos que no superan los 500 mg/l. La composición del agua es en casi todos los casos bicarbonatada, con una composición cationica que varía según el origen del agua.

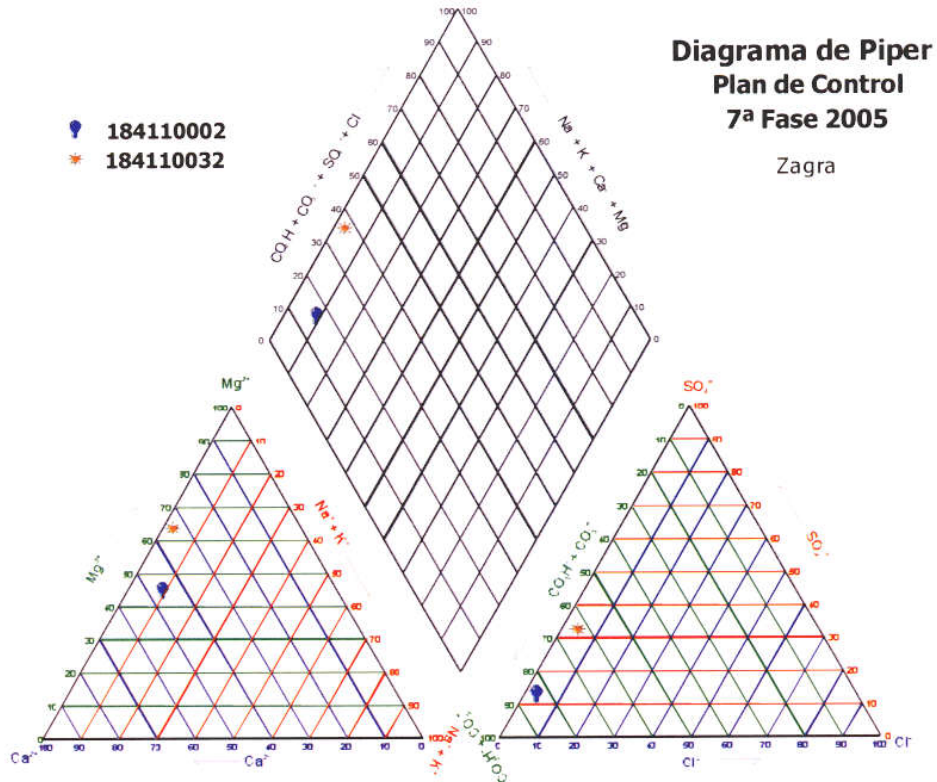
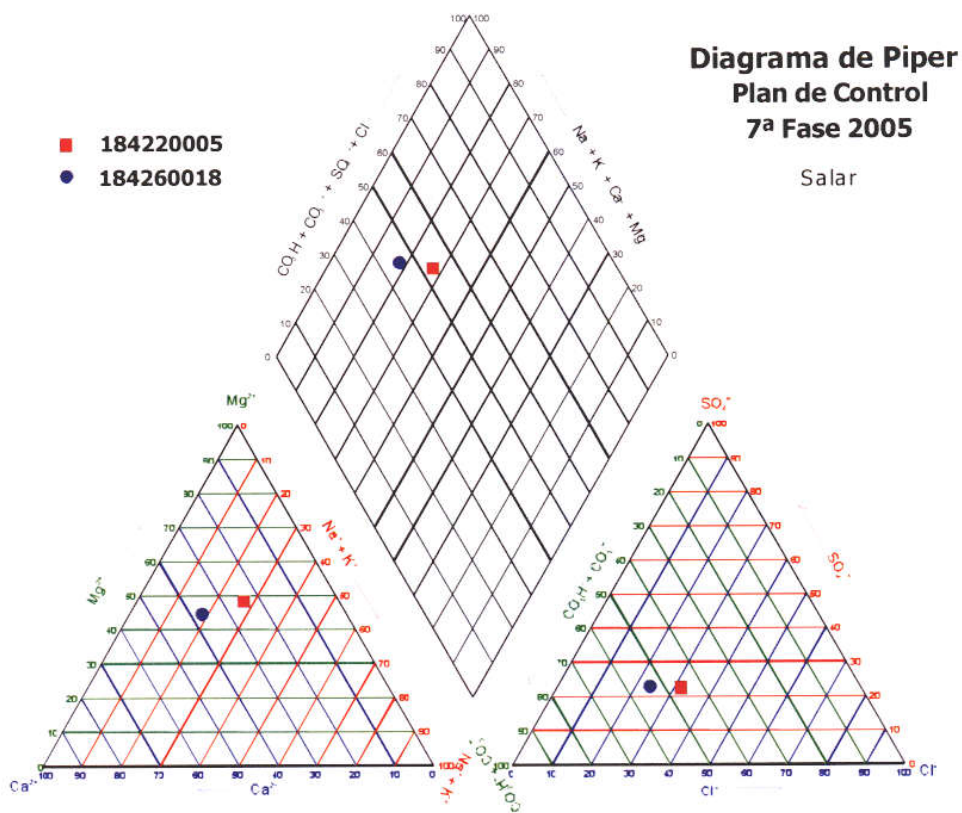
No obstante, se han localizado problemas puntuales de mala calidad química, especialmente en el agua de las canalizaciones de Cacín y los Bermejales, aunque también en las captaciones C-9 y C-4 de Algarinejo, C-2 de Cacín, C-2 y C-3 de Montefrío y C-4 y C-5 de Salobreña, todos ellos debido al alto valor de algún ión en concreto. También se han detectado problemas puntuales de calidad bacteriológica en el agua de abastecimiento de Almuñécar

En los diagramas de Piper de la figura 7 se muestra la composición hidroquímica de las muestras.









**Figura 7: Diagramas de Piper.**

#### 4.4.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL

En la tabla 10 se recogen las principales características de los abastecimientos a municipios estudiados, que totalizan una población 57.653 habitantes (incluida la población en diseminado), según revisiones municipales del padrón del año 2005. En las siguientes columnas del cuadro número 10 se indica, en m<sup>3</sup>/día, el volumen bombeado, deducido en la mayoría de los casos de las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo, y la demanda real, considerando como tal el volumen bombeado más el caudal medio aportado por gravedad. Se indican de igual manera, en litros por habitante y día, las dotaciones real y teórica, tomada esta última de aplicar una dotación de cálculo de 250 l/hab/día.

NÚCLEOS	Población 2005	Volumen bombeado (m <sup>3</sup> /día)	Demanda real (m <sup>3</sup> /día)	Dotaciones (l/hab/día)		Origen de la dotación	
				Real	Teórica	% Sondeos	% Man. + capt. superf.
Algarinejo	2.400	441	441	184	250	100	0
Fuentes de Cesna	800	178	178	223	250	0	100
La Viña	500	317	317	633	250	100	0
Almuñécar (mun)	27.000	3.227	13.14 4	486	250	24, 5	75,5
Cacín	425	¿?	¿?	¿?	250		
El Turro	325	¿?	¿?	¿?	250		
Montefrío	4.800	933	1.502	313	250	62	38
Lojilla	500	¿?	¿?	¿?	250		
Moraleta de Zafayona (mun)	3.200	¿?	¿?	¿?	250		100
Salar	2800	1.096	1.399	500	250	22	78
Salobreña – La Caleta	11.000	4090	4090	371	250	100	0
Lobres	1.000	288,5	353	353	250	82	18

Tabla 10: Dotaciones para abastecimiento.

Como se puede observar, el consumo real por habitante más elevado se localiza en La Viña, si bien resulta poco significativo debido a la escasa población de esta pedanía de Algarinejo. También es muy elevado el consumo por habitante en Salar, donde las causas parecen hallarse en el mal estado de la red de distribución de la localidad. En Almuñécar y Salobreña, puede parecer relativamente elevado, pues en esta estimación no se ha tenido

en cuenta la gran población estacional que se concentra en estos núcleos turísticos. En el resto de núcleos, el consumo real por habitante oscila entre 184 y 353 l/día, valores aceptables e incluso habituales en este tipo de poblaciones.

En cuanto al origen del abastecimiento, en Algarinejo, La Viña y Salobreña es exclusivamente desde sondeos, mientras que en Fuentes de Cesna es exclusivamente desde manantiales y Moraleda de Zafayona exclusivamente desde captaciones superficiales. En Cacín no es posible conocer la proporción de cada procedencia aunque, dadas las condiciones la red, la procedencia desde el canal de Los Bermejales debe ser claramente mayoritaria. En el resto de núcleos, las procedencias son variables.

En el resumen correspondiente de cada municipio se indica el estado del sector de acuífero explotado por las captaciones de agua subterránea en cuanto a la cantidad y calidad de sus recursos. Cuando es necesario, se sugieren posibles zonas para la ubicación de sondeos alternativos y/o complementarios al abastecimiento actual, ya sea con fines preventivos o para paliar problemas actuales o previsibles a corto plazo, si bien estas posibles alternativas deben ser avaladas mediante estudios hidrogeológicos suficientemente detallados.

Dadas las condiciones del abastecimiento urbano en los tres municipios, sólo se proponen abastecimientos alternativos en Almuñécar y Salobreña, donde las captaciones son especialmente vulnerables a la contaminación tanto química como bacteriológica. El uso de los recursos superficiales de la presa de Béznar solucionaría cualquier problema que se pudiera generar en las otras captaciones. También la situación de Lojilla debe ser estudiada con el fin de proponer una fuente alternativa de abastecimiento.

## **5. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN**

## 5. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

La localización de las actividades que pueden constituir focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas es importante para preservar la calidad química de los recursos explotados para abastecimiento a las poblaciones, principal fuente de suministro de los abastecimientos estudiados. En este sentido se busca delimitar claramente la incidencia de las actividades potencialmente contaminantes localizadas en los municipios incluidos en esta fase del Plan de Control o fuera de éste en el entorno de captaciones de abastecimiento municipal, analizando su situación respecto al acuífero y las captaciones de abastecimiento urbano y la tipología de los vertidos potencialmente contaminantes, para proceder a una mejor ordenación de estas actividades, de tal manera que no se presenten problemas de calidad en las captaciones municipales.

Para ello se ha identificado en cada municipio la localización de los focos potenciales de contaminación, puntos de vertido de aguas residuales urbanas, vertederos de residuos sólidos urbanos e inertes, cementerios, granjas y actividades industriales con vertidos potencialmente contaminantes, indicando, en estas últimas, su localización en el núcleo urbano o en suelo industrial. Asimismo, se han localizado las estaciones depuradoras de aguas residuales existentes en cada municipio, indicando su estado de funcionamiento.

De las unidades hidrogeológicas estudiadas, las que presentan mayor vulnerabilidad en general a la contaminación son la 06.21 Motril – Salobreña, 06.22 Río Verde y 05.31 Depresión de Granada debido al carácter fundamentalmente detrítico de estas unidades y al gran número de actividades y población que se asienta sobre ellas.

Los acuíferos carbonatados de las unidades hidrogeológicas 05.40 Sierra Gorda – Polje de Zafarraya, 05.37 Albayate – Chanzas y 05.34 Madrid - Parapanda son muy sensibles a todo tipo de actividad contaminante ya que, dada la naturaleza de estos acuíferos, presentan un escaso poder autodepurador, además de presentar una gran rapidez de transmisión de los posibles contaminantes. Sin embargo, la afección potencial sobre estos acuíferos será relativamente baja, dada la escasa importancia de las actividades que se llevan a cabo en estas zonas; no obstante, la presencia puntual de ciertas actividades hace que la afección potencial sobre algunas captaciones de abastecimiento sea especialmente elevada.

De los acuíferos estudiados, sólo los detríticos son receptores de vertidos de origen industrial de cierta importancia, pudiendo afectar éstos muy significativamente a las captaciones de Salobreña y Almuñécar. En cuanto a focos puntuales, son destacables los situados junto a los manantiales de Fuentes de Cesna y Salar y junto al sondeo se Zagra.

En la tabla 11 se recogen los principales focos que, deducidos del estudio detallado realizado sobre el terreno y plasmado en las fichas de focos potenciales de contaminación, pueden suponer un factor de riesgo potencial para las captaciones de abastecimiento público.

Igualmente se ha estimado el grado de dicha posibilidad de afección desde insignificante hasta elevada, debiendo, en cualquier caso, concretarse con estudios de detalle.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>CAPTACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA</b>	<b>FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN</b>
Algarinejo	C-1	- Carpintería - Carpintería metálica - Almazara - Taller automóviles - Gasolinera - Cementerio - Vertedero RSU - Vertido ARU	Insignificante
	C-2	- Almazara - Establo ganadero	Muy elevada
Almuñécar	C-2, C-3, C-4, C-5, C-6	- Actividad agrícola	Media – Alta
	Todas	- Taller automóviles - Carpintería metálica - Carpintería madera - Actividad industrial - Estación de servicio - Alm. Mat. construcción - Cementerio - EDAR - Vertedero RSU - Planta transferencia	Muy baja – Nula
Cacín	Todas	- Canteras - Carpintería metálica - Carpintería - Vertederos RSU - Cementerios	Insignificante
	C-5	- Vertido ARU Cacín - Granja cerdos	Elevada
Montefrío	Todas	- Almazaras - Áreas industriales - Alm. Mat. Construcción - Taller de automóviles - Fábrica quesos - Vertido ARU - Cementerio	Insignificante

Montefrío	C-1	- Vertedero RSU	Elevada
	C-2 y C-3	- Fosas sépticas	Elevada
Moraleda de Zafayona	C-1 y C-2	- Todas	Insignificante
Salar	C-1 y C-2	- Almazara - Taller automóviles - Alm. Mat. Construcción - Vertido ARU - Cementerio - Vertedero RSU	Insignificante
	C-1	- Granja avícola abandonada	Elevada
Salobreña	Todas	- Tratamiento caña	Insignificante
		- Actividad agrícola - Rellenos antrópicos	Media – Alta
	C-1, C-2, C-3	- Polígono Industrial - Estación de servicio - Taller de automóviles - Panadería	Baja – Media
	C-4, C-5	- Destilería - Fábrica de morteros	Baja – Media
Zagra	C-1, C-2	- Almazara - Carpintería - Alm. Mat. Construcción - Cementerio - Vertido ARU - Vertedero RSU	Insignificante
	C-1	- Almazara - Actividad agrícola	Media
	C-2	- Establo ganadero	Elevada

**Tabla 11: Resumen de focos potenciales de contaminación.**

Sólo Almuñécar y Salobreña disponen de depuradoras de aguas residuales que funcionen correctamente, por lo que no representan un foco potencial de contaminación de las aguas subterráneas; en ambos casos, tras la depuración, las aguas son vertidas al mar. En Montefrío y Cacín, existen depuradoras, pero se encuentran en estado de abandono. El resto de núcleos vierten sus aguas sin depurar a distintos, por lo que en estos casos la potencialidad de la afección si es muy elevada, aunque no se ha detectado ningún caso en el que pueda serla sobre captaciones de abastecimiento.



En la mayoría de los casos, los vertidos procedentes de actividades industriales se producen en la red de saneamiento, por lo que son tratados junto con las aguas residuales urbanas. A pesar de esto, la existencia de vertidos accidentales puede afectar muy significativamente a las captaciones de abastecimiento, especialmente en los municipios de Almuñécar y Salobreña y, en menor medida, de Cacán

Los residuos sólidos urbanos de los distintos municipios son gestionados de forma conjunta con los del resto de la provincia, asociándose los focos de contaminación a los antiguos vertederos municipales. Con la puesta en funcionamiento del Plan Director de Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Granada se han clausurado o se clausurarán los vertederos municipales, realizándose el tratamiento de RSU de Algarinejo, Cacán, Montefrío, Moraleda de Zafayona, Salar y Zagra en la Planta de Recuperación y Compostaje de Alhendín, mientras que los de Almuñécar y Salobreña se tratan en la planta situada en Vélez de Benaudalla. Esto ha minimizado el impacto de los vertederos municipales que aún no han sido sellados, si bien sigue siendo elevado todavía en Montefrío. En ninguno del resto de municipios, los vertederos de RSU tienen relevancia en cuanto a su posible afección sobre la calidad de las aguas de abastecimiento, atendiendo a su situación y las características de los materiales sobre los que se sitúan.

La actividad ganadera también actúa como un importante agente contaminante. Destaca un corral ganadero situado junto a la captación C-2 de Zagra, otro situado junto a las captaciones C-2 y C-3 de Algarinejo y una granja avícola abandonada junto a la captación C-1 de Salar. El resto de granjas son en general de pequeño tamaño, no siendo focos potenciales de contaminación de importancia. Es necesario tener en cuenta la actividad de pastoreo que se lleva a cabo aguas arriba de las captaciones C-2 y C-3 de Montefrío, así como todas aquellas situadas en acuíferos carbonatados, pues la naturaleza de los materiales aflorantes hace que esta actividad pueda afectar a las captaciones de abastecimiento.

Las fuentes potenciales de contaminación de origen agrícola son especialmente significativas en el caso de acuíferos de naturaleza detrítica, ya que los componentes de los fertilizantes inorgánicos en exceso (que no absorben las plantas) y otros productos, se acumulan en los sustratos superiores, percolando hasta niveles inferiores con los riegos o la llegada de las lluvias. Esta situación es especialmente significativa en Almuñécar y Salobreña, donde las captaciones de abastecimiento se encuentran mayoritariamente en zonas de intensa actividad agrícola, si bien este tipo de afección también es posible en la captación C-2 de Zagra.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones del estudio se extractan en la tabla 12. En los informes municipales se hace un tratamiento más extenso sobre estos particulares.

En el cuadro se indican:

- Datos de población, relativa a los padrones municipales del 2005, junto con las estimaciones municipales de población estacional que se añade a la de hecho, normalmente, en época estival.
- La capacidad de los depósitos en metros cúbicos. Se destacan en negrita con las capacidades inferiores a la óptima teórica en más del 25%, considerando como óptima la demanda punta de 1,5 días.
- Se resumen las recomendaciones para la optimización de captaciones.
- La limitación de recursos para satisfacer la demanda desde el punto de vista de la cantidad y de la calidad.
- Los focos de contaminación que potencialmente suponen más riesgo para captaciones de abastecimiento público.
- Las alternativas de abastecimiento consideradas en los casos que pueden ser más necesarias.

Por último, con las observaciones realizadas, se propone en la tabla 13 la relación de las tareas necesarias más evidentes detectadas durante la realización de este estudio, valorando mediante la asignación de un orden de prioridad las posibles actuaciones y justificando la graduación propuesta.

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			Cantidad	Calidad	Origen	Afección	
<b>Algarinejo</b>	4.264	400	<b>660+140+300+294</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión entre secciones 1-2 y 5</li> <li>- Nuevo sondeo que sustituya a C-1</li> <li>- Limpieza focos en Ftes. Cesna</li> <li>- Cambio transformador Ftes. Cesna</li> <li>- Estudio rendimiento Ftes Cesna</li> <li>- Estudio problemas precipitados</li> <li>- Aumento depósitos 300 +120 m<sup>3</sup></li> <li>- Polígono protección para C-9</li> </ul>	No existe	Problemas puntuales de calidad química en C-1 y C-9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almazara</li> <li>- Establo ganadero</li> </ul>	Muy elevada sobre C-2	No se proponen
<b>Almuñécar</b>	27.000	173.000	<b>23.502</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Duplicar capacidad depósitos</li> <li>- Mejora calidad bacteriológica C-6</li> <li>- Toma de presa de Béznar</li> <li>- Estudio detallado en el acuífero de La Almijara</li> </ul>	Hasta el momento no se han producido, si bien no están garantizados	Problemas de calidad química y bacteriológica en casi la totalidad de las captaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taller automóviles</li> <li>- Carp. metálica</li> <li>- Carpintería madera</li> <li>- Actividad industrial</li> <li>- Estación de servicio</li> <li>- Alm. Mat. Const.</li> <li>- Cementerio</li> <li>- EDAR</li> <li>- Vertedero RSU</li> <li>- Planta Transf.</li> </ul>	Baja sobre todas	Explotación del acuífero de La Almijara y de la presa de Béznar
<b>Cacín</b>	725	100	<b>125 + 254</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abandono de C-3 y C-4</li> <li>- Abandono de C-2 o depuradora específica</li> <li>- Uso de C-5 en caso de emergencia o depuradora específica.</li> <li>- Recuperación de la depuradora de Cacín</li> <li>- Abandono de C-6 o depuración</li> <li>- Nuevo depósito en Cacín de 250 m<sup>3</sup> mínimo</li> <li>- Ósmosis inversa para C-1</li> </ul>	No existe	Todas las captaciones tienen una calidad química deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertido ARU Cacín</li> <li>- Granja cerdos</li> </ul>	Elevada sobre C-5	No se proponen
<b>Montefrío</b>	6.500	500	<b>1.000+90+270</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevo sondeo que sustituya a C-1</li> <li>- Nuevo depósito de 700 m<sup>3</sup> min.</li> <li>- Desmantelamiento del vertedero</li> <li>- Polígono de 3 km para C-1</li> <li>- Control de pozos ciegos en C-2 y C-3</li> <li>- Renovación de conducciones</li> <li>- Reparación de depuradora</li> <li>- Mechinales en C-4</li> <li>- Estudio hidrogeológico en Lojilla</li> </ul>	No existe	C-2 y C-3 presenta problemas puntuales de nitritos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertedero RSU</li> <li>- Fosas sépticas</li> </ul>	Elevada sobre C-1  Elevada sobre C-2 y C-3	Estudio para nueva captación en Lojilla

<b>Moraleda de Zafayona</b>	3.200	100	1400	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de C-2 sólo en caso de emergencia</li> <li>- Nuevo depósito de 500 m<sup>3</sup> en Regadíos de Moraleda</li> <li>- Sistema de ósmosis inversa para C-1</li> </ul>	No existe	La calidad de C-2 es mala, mientras que la de C-1 es sólo aceptable			No se proponen
<b>Salar</b>	2.800	200	2.070	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio detallado de la red de distribución</li> <li>- Limpieza de granja avícola junto a C-1</li> <li>- Renovación de la conducción de D-1 a D-2</li> <li>- Conexión de D-1 y D-3</li> </ul>	No existe	No existe	- Granja avícola abandonada	Elevada sobre C-1	No se proponen
<b>Salobreña</b>	12.000	18.000	13.800	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control exhaustivo de calidad química y bacteriológica de las aguas</li> <li>- Conducción de la Balsa de Molvizar a Lobres</li> <li>- Puesta en funcionamiento de la depuradora de Los Palmares</li> <li>- Abastecimiento de la presa de Rules</li> </ul>	No existe	Las captaciones tienen una calidad química mejorable y problemas bacteriológicos puntuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polígono Industrial</li> <li>- Estación de servicio</li> <li>- Taller automóviles</li> <li>- Panadería</li> </ul>	Baja – Media sobre C-1, C-2 y C-3	Abastecimiento de la presa de Béznar
						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destilería</li> <li>- Fábrica de morteros</li> </ul>	Baja – Media sobre C-4 y C-5		
<b>Zagra</b>	1.164	50	670	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traslado del foco 12239</li> <li>- Limpieza del corral ganadero situado junto a C-2</li> <li>- Estudio y posible emplazamiento de nuevo sondeo en el acuífero drenado por C-1</li> <li>- Cambio de material en la conducción C-2 – D-2</li> <li>- Nuevos sondeo en las inmediaciones del actual</li> </ul>	No existe	No existe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establo ganadero</li> </ul>	Alta sobre C-2	Mayor explotación del acuífero drenado por C-1
						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almazara</li> <li>- Actividad agrícola</li> </ul>	Media sobre C-1		

**Tabla 12: Conclusiones y recomendaciones**

MUNICIPIO	ACTUACIÓN	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
Algarinejo	- Conexión entre secciones 1-2 y 5	II	2
	- Nuevo sondeo que sustituya a C-1	II	2
	- Limpieza focos de contaminación en Fuentes de Cesna	I	1
	- Cambio del transformador de Fuentes Cesna	II	1,2
	- Estudio del rendimiento del grupo elevador de Fuentes de Cesna	I	2
	- Estudio de los problemas de precipitados en Algarinejo y Fuentes de Cesna	II	2
	- Aumento del volumen de depósitos en 300 (Algarinejo) +120 (Fuentes de Cesna) m <sup>3</sup>	III	2
	- Polígono protección para C-9	III	1
Almuñécar	- Duplicar la capacidad los depósitos	II	2
	- Mejora la calidad bacteriológica de la captación C-6	I	1
	- Toma de presa de Béznar	III	3
	- Estudio detallado en el acuífero de La Almjara	III	3
Cacín	- Abandono de C-3 y C-4	I	1
	- Abandono de C-2 o instalación de una depuradora específica	I (II)	1
	- Uso de C-5 sólo en caso de emergencia o instalación de una depuradora específica.	I (II)	1
	- Recuperación de la depuradora de Cacín	I	1
	- Abandono de C-6 o depuración de las aguas de esta captación	I (II)	1
	- Nuevo depósito en Cacín de 250 m <sup>3</sup> como mínimo	I	2
	- Instalación de un sistema de ósmosis inversa para C-1	III	1
Montefrío	- Perforación de un nuevo sondeo que sustituya a C-1	I	3
	- Construcción de un nuevo depósito de al menos 700 m <sup>3</sup>	I	2
	- Desmantelamiento del vertedero situado junto a C-1	I	1
	- Polígono de protección de al menos 3 km para C-1	II	1
	- Control de pozos ciegos en C-2 y C-3	I	1
	- Renovación de conducciones	III	2
	- Reparación de la depuradora	I	1
	- Instalación de mechinales en C-4	II	1
	- Estudio hidrogeológico en Lojilla	III	1

<b>Moraleda de Zafayona</b>	- Uso de C-2 sólo en caso de emergencia	I	1
	- Nuevo depósito de 500 m <sup>3</sup> en Regadíos de Moraleda en caso de que esta zona se legalice	III	2
	- Instalación de un sistema de ósmosis inversa para C-1	III	1
<b>Salar</b>	- Estudio detallado de la red de distribución	I	2
	- Limpieza de la granja avícola situada junto a C-1	I	1
	- Renovación de la conducción entre D-1 y D-2	II	2
	- Conexión de D-1 y D-3	II	2
<b>Salobreña</b>	- Control exhaustivo de la calidad química y bacteriológica de las aguas	I	1
	- Conducción de la Balsa de Molvizar a Lobres	I	1,2
	- Puesta en funcionamiento de la depuradora de Los Palmares	II	1
	- Abastecimiento de la presa de Rules	III	1,3
<b>Zagra</b>	- Traslado del foco 12239	II	1
	- Limpieza del corral ganadero situado junto a C-2	I	1
	- Estudio y posible emplazamiento de nuevo sondeo en el acuífero drenado por C-1	II	2,3
	- Cambio de material en la conducción entre C-2 y D-2	III	2
	- Nuevos sondeo en las inmediaciones del actual si no se puede explotar el acuífero de C-1	III	2

**Tabla 13: Prioridad de futuras actuaciones**

Justificación de la prioridad:

- 1 Problemas de calidad de recursos utilizados
- 2 Necesidad de mejoras en las instalaciones. Optimización.
- 3 Problemas de cantidad de recursos utilizados

Prioridades de las actuaciones

- I A corto plazo
- II A medio plazo
- III A largo plazo



## **7. ANEJOS**



## II. ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO

### ESQUEMA METODOLÓGICO

El esquema metodológico se basa en la determinación de cada uno de los parámetros necesarios para deducir los volúmenes de extracción, rendimientos de la captación y coste energético del agua. De forma gráfica un esquema simplificado del proceso se refleja en la figura 1.

La cuantificación de las extracciones en función de los consumos energéticos de una captación parte de considerar que, si no existe una modificación de las características de la instalación para un mismo nivel dinámico en el sondeo, la relación entre ambos parámetros permanece constante a lo largo del tiempo. Ello implica considerar como despreciables los efectos de arranque y parada de la electrobomba sobre dicha relación, al igual que el desgaste de la misma.

Las condiciones del nivel dinámico se pueden generalizar y simplificar, considerando a escala anual dos condiciones: una en niveles altos y otra en estiaje con niveles bajos, estimando un período de tiempo para cada hipótesis.

Por tanto, **para el cálculo de las extracciones en función del consumo energético, es suficiente determinar con cierta precisión la relación "E" entre el volumen extraído y la energía eléctrica consumida, para las condiciones del nivel dinámico del período de cálculo.**

Para **establecer la relación "E"**, de forma práctica, se precisa determinar el **caudal de extracción** y la **potencia activa de la instalación**. Para esta última es necesario conocer la **constante K del contador** y la **velocidad de giro del disco del mismo**.

El **rendimiento total de la instalación** de la captación se define, de forma teórica, como el producto de los rendimientos de cada uno de los elementos que intervienen: motor, bomba, transformador y resto de elementos eléctricos. **De forma práctica, el rendimiento total de la instalación se calcula en función de tres parámetros: caudal, altura manométrica y potencia activa de la instalación.** Éstos son de suma importancia para la aplicación del método y su medición o cálculo deberán realizarse de la forma más precisa posible.

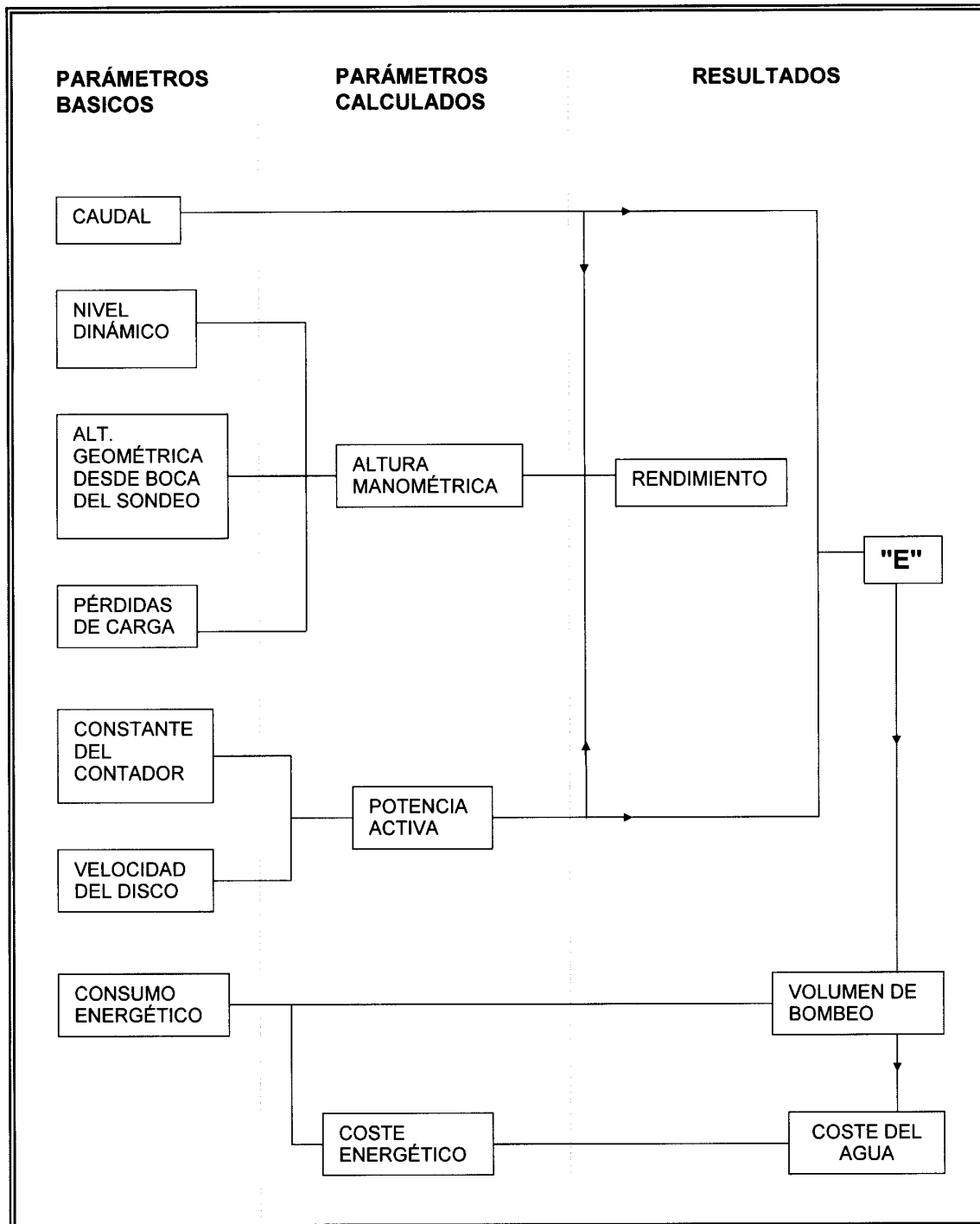


Figura 1. Esquema metodológico.

A partir del rendimiento total, estimando los rendimientos del transformador y de los elementos eléctricos, se puede deducir el rendimiento del grupo motobomba.

El **volumen de agua bombeada** en un período de tiempo dado es el resultado de multiplicar la relación E por el consumo eléctrico en dicho período.

**El coste energético real del agua de una captación** es la relación entre el pago realizado a la compañía eléctrica suministradora (debido a la potencia contratada, al consumo en kWh y a los recargos/bonificaciones por discriminación horaria y por reactiva) en un determinado período de tiempo y el volumen de agua extraído en ese mismo período, expresado en €/m<sup>3</sup>.

La reducción del coste del agua se basa en el análisis de los rendimientos y su posible mejora, así como en la adopción de una tarifa contratada y de unos tiempos de bombeo apropiados a las características de la instalación.

### DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

#### CAUDAL DE EXPLOTACIÓN

**Dada la importancia de este parámetro es necesario determinarlo con la mayor exactitud posible** mediante los diferentes métodos de aforo existentes: molinete, volumétricos, por ultrasonidos, electromagnéticos, etc.

En muchos casos el único método posible es el volumétrico que se realiza en el depósito o en alguna arqueta intermedia de la conducción, para lo cual es necesario medir con precisión las dimensiones del depósito y registrar en éste el tiempo de llenado de un volumen suficientemente representativo teniendo cerradas las válvulas de salida. También es posible aforar volumétricamente en un recipiente cuya capacidad es conocida. Un método que comienza a usarse son los caudalímetros de ultrasonidos que no precisan actuación alguna en la tubería y su precisión es bastante buena. Actualmente es frecuente encontrar instalaciones que poseen contadores volumétricos colocados en la conducción.

En los casos en que se deba recurrir a la medida en el depósito habrán de tenerse en cuenta las posibles fugas, tomas o derivaciones existentes en la conducción.

#### ALTURA MANOMÉTRICA

**Es la altura total que debe vencer una bomba para elevar el caudal de explotación a través de una conducción desde un nivel inferior a otro superior.** Este parámetro es fundamental para establecer las condiciones actuales de las instalaciones, así como posibles actuaciones futuras. Su valor se obtendrá por la suma de los tres parámetros básicos siguientes:

- **Altura geométrica** desde la embocadura del sondeo hasta el punto más alto de la conducción, normalmente es el punto de vertido del agua.

- **Pérdidas de carga** a lo largo de la conducción.
- **Profundidad del nivel dinámico.** Su valor es variable en función del régimen pluviométrico, las extracciones realizadas en la captación o más ampliamente en el acuífero y las obturaciones de la superficie por la que fluye el agua a la captación. **Este parámetro es el de mayor incidencia en el cálculo de la altura manométrica.**

Cuando las oscilaciones del nivel son de escasa cuantía, el régimen de explotación puede considerarse homogéneo y la electrobomba tendrá un punto o zona de funcionamiento constante. Si las oscilaciones toman valores considerables se producen variaciones de la altura manométrica de elevación y de los caudales de extracción que pueden ser importantes, con lo que se dificulta la cuantificación de los volúmenes bombeados. La forma correcta de salvar el problema consiste en hacer un seguimiento continuo de niveles y caudales; si bien, una aproximación puede ser el tomar un valor fijo del nivel dinámico en estiaje y otro en época de lluvias, estimando los diferentes niveles a lo largo del año a partir de datos de piezómetros próximos o de precipitaciones de lluvia.

- **Altura geométrica.** La obtención de este parámetro mediante altímetros, planos o levantamientos topográficos no presenta dificultad y los errores, aún en los casos más desfavorables, no suelen tener una influencia decisiva sobre la fiabilidad de los resultados.
- **Pérdidas de carga.** Se producen en la conducción debido al rozamiento del agua con las paredes de la misma o al paso del agua por válvulas y accesorios. **Las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud de conducción,** que debe tomarse desde la profundidad de aspiración de la electrobomba hasta el punto de vertido, considerando los tramos de conducción en los que varía, bien el material, el diámetro o ambos.

Por otra parte, **cada uno de los accesorios que existen en la conducción (válvulas, codos, curvas, ensanchamientos, estrechamientos y otros) generan unas pérdidas de carga adicionales,** que comúnmente **se suelen expresar en metros de longitud equivalente de tubería recta,** para un cierto diámetro.

Se puede realizar el cálculo conjunto de la altura geométrica desde la boca del sondeo y las pérdidas de carga en la conducción exterior, midiendo la **presión en un punto próximo al codo de salida del sondeo y antes de las válvulas.** La presión, traducida a metros, proporciona la suma de los dos valores citados. Si a este valor se le suma la profundidad del nivel dinámico y las pérdidas originadas en la tubería del sondeo contadas desde la profundidad de aspiración se tiene nuevamente la altura manométrica total. Esta medición con manómetro tiene una especial importancia en los casos en que existen válvulas de

compuerta o de cierre estranguladas, ya que es difícil el cálculo teórico de las pérdidas, a veces muy elevadas y de gran influencia en los resultados

## POTENCIA ACTIVA

**La potencia activa es la consumida por el conjunto de las instalaciones (electrobomba, transformador, cuadro de maniobra, cables de baja tensión, etc.) para realizar el trabajo de impulsión del agua.** Para su medida se puede utilizar el contador de energía activa.

El valor de la **potencia activa calculada debe ser del orden de magnitud de la potencia de la electrobomba** existente expresada en kW **y de la potencia contratada** que figura en el recibo eléctrico.

Cabe puntualizar que además de la potencia activa, se consume también una **potencia reactiva**, que es la que se pierde en las líneas de corriente y redes de distribución de energía. Este consumo, medido en un contador independiente, depende de la instalación eléctrica e incide en el coste energético como un recargo o bonificación al consumidor. Su aplicación por las compañías eléctricas se dirige a inducir al usuario a la mejora de sus instalaciones.

## CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético de las instalaciones electromecánicas existentes en una captación se recoge en el recibo de las Compañías de Electricidad. En él se recogen los datos de dos lecturas consecutivas del contador de energía activa, sus fechas de medida y el consumo en el período situado entre ambas, al igual que para el contador de reactiva.

Si el contador es de tarifa múltiple (valle-llano-punta), se especifican para cada tipo sus lecturas y consumos.

En el recibo también se indica, si es que existe, el factor corrector por el que hay que multiplicar la diferencia de lecturas para obtener el consumo.

## RESULTADOS A OBTENER

### RENDIMIENTO

El rendimiento total de una instalación de captación es el producto de los rendimientos de cada uno de los elementos que la componen. En él se incluye **el rendimiento de la bomba, del motor, del transformador y de los cables de baja tensión.** En la práctica, sus valores óptimos suelen oscilar:



- Rendimiento de la bomba (del 65 al 75 %, dependiendo de su estado de conservación y de su situación en la curva característica).
- Rendimiento del motor (del 85 al 90 %).
- Rendimiento del transformador (del 95 al 97 %).
- Rendimiento del resto de los elementos eléctricos (del 95 al 99%, dependiendo fundamentalmente de la longitud de los cables de conexión).

Es habitual hablar del rendimiento del grupo motobomba, que se suele situar entre el 55 y el 68 %. En conjunto el rendimiento total es del orden del 50 al 65 %.

El cálculo exacto de estos rendimientos por separado es complejo, sin embargo, a partir de los parámetros calculados anteriormente puede obtenerse el valor del rendimiento total de la instalación.

El rendimiento es de gran importancia pues es indicativo de si la instalación está funcionando correctamente. Un rendimiento inadecuado suele tener el origen en una mala adaptación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica, al no funcionar dentro de la zona de curva característica para la que se obtienen rendimientos óptimos. Los rendimientos del motor y de la bomba son los que más suelen afectar al rendimiento total.

#### RELACIÓN "E"

**Esta relación expresa el volumen de agua extraída por cada unidad de energía que consume la instalación ( $m^3/kWh$ ).**

Para calcular la relación "E" (volumen extraído/energía consumida) es necesario medir el caudal de bombeo y el consumo energético por unidad de tiempo. Teniendo en cuenta la forma de registro de los contadores de energía, para medir directamente y con precisión el consumo energético por unidad de tiempo, es necesario realizar un ensayo con una duración suficiente que permita visualizar y definir en dicho contador el consumo energético. El valor de "E" se determina así, a partir de las características del contador de energía eléctrica y de la instalación, midiendo el caudal de bombeo (por el método de aforo más adecuado a las características de la captación) y la potencia activa del grupo motobomba conectado al contador.

#### VOLUMEN DE BOMBEO

**El volumen total extraído de una captación se calcula multiplicando el consumo total de energía activa en el período estudiado por el valor de la relación "E".El**

**tiempo total de bombeo en un lapso dado se obtiene de dividir el consumo de energía en el mismo entre la potencia activa que absorbe la instalación.** Con este resultado se pueden calcular tiempos medios de funcionamiento, incluso de forma mensual cuando se disponga de los recibos.

#### COSTE ENERGÉTICO DEL AGUA

Para evaluar el coste energético del agua es necesario disponer al menos de un recibo de la compañía de electricidad y de los **datos de consumo energético en el período que se pretende estudiar**. Además, la información que se puede extraer es importante y afecta no sólo a los costes, siendo indispensable para calcular la potencia activa cuando el factor corrector no aparece expresado en el contador de electricidad. El recibo también incluye los datos del contrato con la compañía eléctrica: potencia y tarifa contratada. Aplicando las tarifas eléctricas, publicadas anualmente en el B.O.E., a la información mencionada se obtiene el importe total adeudado.

Para el cálculo del coste del agua y su optimización, interesa conocer las tarifas aplicadas y los importes desglosados que están recogidas en el recibo. Los bloques básicos que conforman la facturación son:

- Término de potencia: término fijo, función de la potencia contratada.
- Término de energía: función del consumo energético en el período de facturación.
- Complemento por discriminación horaria: cuando existe tarifa múltiple se aplicará un recargo o bonificación según la energía consumida en cada uno de los períodos horarios.
- Complemento por reactiva: se constituye mediante un recargo o descuento porcentual sobre el total de la facturación básica, función del consumo de energía reactiva que se ha producido en el período de facturación.

El primer bloque se aplicará siempre, el segundo cuando exista consumo de energía y los dos restantes dependerán del tipo de tarifa y discriminación horaria contratada. El resto de la facturación lo compondrá el posible equipo de medida alquilado que pueda existir y el IVA.

En cuanto a las tarifas cabe comentar que existen dos tipos básicos, las de baja tensión (suministros efectuados a tensiones no superiores a 1000 voltios) y las de alta tensión (superiores a 1000 voltios), aplicándose en el escalón de tensión que corresponda en cada caso. Cada uno de estos tipos se subdivide según períodos de utilización (corto, medio o largo) y usos. Estas tarifas se aprueban anualmente por Real Decreto y pueden ser consultadas por cualquier usuario. Con la información de consumos y la aplicación de las tarifas se obtienen los costes eléctricos.

**La relación entre el volumen extraído, deducido del consumo energético y el importe adeudado por todos los conceptos, descontando el IVA, permite obtener el precio del m<sup>3</sup> de agua extraído.**

Para este cálculo se utilizan varios recibos, preferentemente los correspondientes a un año completo, con lo que se obtienen los costes medios anuales, los máximos y los mínimos

## II. FICHAS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

El análisis de posibles focos de contaminación ha constituido uno de los aspectos más importantes de este trabajo. Para ello se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales existentes en los términos municipales considerados y principalmente en el entorno de las captaciones de abastecimiento público.

Esta información se ha recopilado y presentado en fichas cuyas particularidades se describen a continuación.

Cada ficha consta de siete apartados principales, esto es, datos generales, actividades industriales, ganaderas, agrícolas, urbanas, resumen y abastecimientos urbanos, junto con una tabla de valoración del impacto potencial a las aguas subterráneas y un mapa de situación de cada uno de los elementos inventariados.

### DATOS GENERALES

En este apartado se indican el nombre y los diferentes núcleos de población que constituyen el municipio así como los datos de superficie, población (residente fija y estacional) y la densidad de población.

### ACTIVIDADES INDUSTRIALES

En primer lugar se enumeran y describen someramente las diferentes actividades industriales en el municipio. En esta descripción se indican el número de industrias de cada tipo, la potencia contratada (en el caso de utilizar la energía eléctrica) y el número de empleados.

En cuanto a los residuos, éstos se dividen en sólidos y líquidos. En ambos casos se atiende a su procedencia y características. Para los sólidos, el tipo de gestión que se lleva a cabo se indica con una letra según la tabla siguiente:

<b>Letra</b>	<b>Tipo de gestión</b>
A	Se eliminan en vertedero controlado
B	Se eliminan en vertedero incontrolado con otros residuos
C	Se amontonan sobre el terreno
D	Recogidos por el servicio municipal de basuras
E	Se acumulan en el recinto y eliminados por empresa de gestión
F	Otra modalidad
G	Se utiliza como subproducto

En el caso de los residuos líquidos industriales, junto con su descripción y el caudal de vertido en l/s, se indica la gestión con una letra como se expone en la siguiente tabla:

<b>Letra</b>	<b>Tipo de gestión</b>
A	Se vierten a cauces públicos sin depurar
B	Se vierten a una acequia o canalización
C	Se vierten a la red de saneamiento
D	Se vierten sobre el terreno, zanjas, pozos, fosas sépticas
E	En balsas acondicionadas (impermeabilizadas)
F	Otra modalidad

Por último, en la tabla de análisis de la afección potencial a las aguas subterráneas se hace una descripción somera de la afección potencial para cada actividad.

#### ACTIVIDADES GANADERAS

Las actividades ganaderas se dividen según el tipo de ganado (bovino, ovino...) indicándose el número de cabezas y de granjas. En base a estos datos se calcula la carga contaminante total en kg de N, DBO5 y PO5 al año, así como la población equivalente en número de habitantes.

Para este apartado se han tenido en cuenta los datos del censo ganadero del año 1999 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Junto a cada tabla se incluye una valoración general de la afección potencial a las aguas subterráneas.

#### ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

En la correspondiente tabla se relacionan los diferentes cultivos diferenciándose el número de hectáreas de secano y regadío, en función de las cuales se calcula el N utilizado como abono (en kg/año). Además, se incluyen otros productos utilizados en las labores agrícolas como pesticidas, fungicidas, etc., y una valoración de la afección potencial a las aguas subterráneas, haciendo especial hincapié en las captaciones de abastecimiento al municipio.

#### ACTIVIDADES URBANAS

Los residuos procedentes de la actividad urbana se han dividido en sólidos y líquidos. En ambos casos se incluye el organismo o empresa que se encarga de su gestión; también se determina la producción media anual en Tm para los sólidos y el volumen de aguas residuales urbanas en m<sup>3</sup> para los residuos líquidos.

En la tabla correspondiente a los residuos sólidos se indica el nombre del vertedero, los núcleos a los que corresponde, su tipología (controlado, incontrolado, etc.) y una valoración sobre la posible afección a las aguas subterráneas.

Igualmente, para los residuos líquidos se presenta una tabla con el nombre de los puntos de vertido, su procedencia, el tratamiento a que son sometidos y una valoración de iguales características que en el caso de los sólidos.

#### HOJA RESUMEN

En la hoja resumen se presenta un cuadro en el que se describe brevemente cada tipo de actividad (industrial, ganadera, agrícola y urbana) asignándole una valoración de la afección potencial a las aguas subterráneas, cuya leyenda se aclara en la tabla siguiente, y la unidad hidrogeológica afectada.

<b>Letra</b>	<b>Valoración</b>
E	Elevado
M	Medio
B	Bajo
I	Insignificante

#### ABASTECIMIENTOS URBANOS

En este apartado se enumeran los puntos de abastecimiento indicando su naturaleza, caudal en l/s, los núcleos a los que abastece y el número del inventario del I.G.M.E.

#### TABLAS DE VALORACIÓN DE IMPACTO POTENCIAL A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En esta tabla se resumen los focos potenciales de contaminación con la numeración adoptada en el MAPA DE SITUACIÓN, la descripción de la actividad desarrollada y la unidad hidrogeológica afectada de la que se indica su tipología (detrítico, carbonatado, etc...) junto con el nivel piezométrico. Finalmente se indica una estimación cualitativa, en función de la profundidad del nivel piezométrico y de las características de la zona no saturada, de la capacidad de autodepuración de ésta y una valoración potencial del impacto. La leyenda utilizada para estas dos últimas características se presenta en las tablas siguientes:

<b>Letra</b>	<b>Capacidad de Autodepuración</b>	<b>Letra</b>	<b>Valoración del impacto</b>
N	Nula	I	Insignificante
B	Baja	B	Bajo
S	Significativa	M	Medio
E	Elevada	E	Elevado

#### **IV. FICHAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MANANTIALES**

Para la elaboración de las fichas de acondicionamiento de manantiales se han usado los datos de las fichas de inventario del I.G.M.E. y aquellos tomados en las correspondientes visitas. Estos datos se han estructurado como se describe a continuación.

Las fichas se han ordenado por el número de inventario del IGME. Se incluye en páginas siguientes el índice de las captaciones consideradas.

Constan de tres partes bien diferenciadas:

##### DATOS ADMINISTRATIVOS

Se incluyen, junto al mapa de situación a escala 1:50.000, el nombre del manantial, el número del inventario, el número de la Hoja del Mapa del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000, las coordenadas U.T.M. y la cota calculada sobre mapa.

Un segundo grupo de datos en este apartado lo componen la Cuenca Hidrográfica y Subcuenca, la unidad hidrogeológica a la que pertenece el punto (con la notación del I.G.M.E.), el término municipal y la toponimia del lugar junto con una descripción del acceso al manantial.

##### DATOS HIDROGEOLÓGICOS

Éstos son la utilización del agua, las poblaciones abastecidas y tanto el caudal medio de drenaje de la surgencia como el que se usa para abastecimiento. Se acompaña de una descripción de la misma desde el punto de vista hidrogeológico y de un esquema general de funcionamiento (corte).

##### SECCIONES PROPUESTAS

Compuesta por un croquis de las secciones propuestas y una descripción del estado actual y del acondicionamiento necesario.



## V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

En esta 7ª Fase 2005 del Plan de Control se han consultado distintos estudios hidrogeológicos de carácter local y general, así como información sectorial aportada por diferentes organismo públicos.

### INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL Y SECTORIAL

- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E ITGE (1990). Atlas Hidrogeológico 1:200000 de la provincia de Granada.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E ITGE (1996). Plan director de gestión de residuos sólidos de la provincia de Granada.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E ITGE (1991-92). Estudio sobre la depuración de aguas residuales de la provincia de Granada.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E ITGE (1993). Plan director de depuración de aguas residuales urbanas de la provincia de Granada.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E ITGE (1994). Estudio sobre la evaluación del impacto de los vertederos incontrolados en la provincia de Granada.
- Diputación Provincial de Granada y Ministerio de Administraciones Públicas (1995). Encuesta de infraestructuras y equipamiento local.
- Fichas del IGME de los sondeos de abastecimiento.
- GRUPO ENDESA. (2000). Tarifas eléctricas 2000, establecidas según el RD 2066/99 de 30 de Diciembre.
- IGME (1980). Mapa Geológico de España Escala 1:200000. Hoja de Granada-Málaga.
- IGME (1982). Mapa Geológico de España Escala 1:200000. Hoja de Baza.
- IGME, DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA E INGEMISA (1990). Estudio sobre la depuración de aguas residuales de la provincia de Granada.
- IGME Y EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA (2003). Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Granada, 5ª-6ª Fase.
- ITGE Y JUNTA DE ANDALUCÍA (1998). Atlas Hidrogeológico de Andalucía Escala 1:400000.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (1993). Clasificación nacional de actividades económicas, CNAE 93.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, DELEGACIÓN DE LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA. CÁMARA AGRARIA (1999). Censo Agrario y Censo Ganadero.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, CONSEJERÍA DE SALUD (1999). Análisis de las aguas de abastecimiento urbano.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y AYUNTAMIENTOS (1999). Superficie de suelo industrial y censo de actividades industriales.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR (1999). Plan Hidrológico del Guadalquivir.

### INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE CARÁCTER LOCAL

#### Algarinejo:

- IGME (1970). Mapa Geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 77, Jaén.
- IGME (1980a). Mapa Geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 83, Granada – Málaga.
- IGME (1980b). Proyecto de sondeo para la mejora del abastecimiento de agua a Algarinejo (Granada).
- IGME (1982). Informe final del sondeo de Algarinejo.
- IGME (1983). Proyecto de investigación hidrogeológica infraestructural de los sistemas acuíferos 30 y 31. Cuenca Alta del Guadalquivir.
- IGME (1984). Informe hidrogeológico del sector del arroyo de Las Ramiras; T.M. de Algarinejo (Granada)
- IGME (1988). Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua a las cortijadas de la Cruz de San Sebastián, La Chaleca, Doña Juana, Las Pilas y La Tosquilla. Algarinejo (Granada).
- IGME (1991a). Nota técnica sobre el bombeo de ensayo realizado en el sondeo de abastecimiento a la pedanía de la Cruz de San Sebastián (Algarinejo, Granada).
- IGME (1991b). Nota técnica en relación con el sondeo para abastecimiento a Las Ramiras, Algarinejo.
- IGME (1996). Ensayo de bombeo en Algarinejo.
- IGME (varias fechas). Archivo y base de datos de inventario de puntos de agua.
- ITGE-DIPUTACIÓN DE GRANADA (1990). Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada.

#### Almuñécar:

- IGME (1981). Mapa Geológico de España. Hoja 1.055, Motril.
- IGME (1984a). Estudio hidrogeológico en el término municipal de Almuñécar (Granada) para abastecimiento a La Herradura.
- IGME (1984b). Nota técnica para la ejecución de un sondeo en el término municipal de Almuñécar (Granada) para abastecimiento a La Herradura.
- IGME (1992). Acuífero costero de Almuñécar. Síntesis de los estudios realizados, situación actual y perspectivas futuras.
- ITGE (1999a). Inventario de focos potenciales de contaminación en relación con las unidades hidrogeológicas de Padul – La Peza, Albuñol, Almuñécar, Baza – Caniles, Sierra de Baza, Castell de Ferro, Motril – Salobreña y Jabalcón. Plan de integración de

los recursos hídricos subterráneos en el abastecimiento urbano en Andalucía. Tomo I y II.

- ITGE (1999b). Estudios para el aprovechamiento y control de los acuíferos de la cuenca del río Verde de Almuñécar.
- VV.AA. (2002). Aportaciones al conocimiento de los acuíferos andaluces. Libro homenaje a D. Manuel del Valle Cardenete.

#### Cacín:

- Castillo Martín, A. (1985). Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Tesis doctoral. Universidad de Granada
- CHG-ITGE (1993). Propuesta de normas de explotación de las unidades hidrogeológicas afectadas por el Decreto 735/1971. Unidad Hidrogeológica 05.32 (Depresión de Granada).
- IGME (1988). Mapa geológico de España. Hoja 1.025, Loja.
- ITGE (1992). Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en el sondeo para abastecimiento a la localidad de Cacín (Granada).
- ITGE (1993). Estudio sobre las posibilidades de aprovechamiento de las aguas subterráneas como apoyo o mejora de los abastecimientos relacionados con el canal de Cacín.

#### Montefrío:

- DGOH (1995). Normas de Explotación de las Unidades Hidrogeológicas con afección directa a los embalses de regulación y fuentes de abastecimiento a poblaciones de la Cuenca del Guadalquivir. Unidad hidrogeológica 05.34 Madrid-Parapanda.
- Diputación Provincial de Granada – ITGE (2002). Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas de la provincia de Granada (4º Fase)
- IGME (1970). Mapa Geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 77, Jaén.
- IGME (1980). Mapa Geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 83, Granada – Málaga.
- IGME (1981). Proyecto de investigación hidrogeológica infraestructural de los sistemas acuíferos del Alto Guadalquivir para la mejora de abastecimientos urbanos. Montefrío (Granada).
- IGME (1983). Proyecto de investigación hidrogeológica infraestructural de los sistemas acuíferos 30 y 31. Cuenca Alta del Guadalquivir.
- IGME (1988). Mapa Geológico de España. Hoja 1008, Montefrío.
- IGME (2001). Nota técnica sobre los trabajos de perforación y bombeo de ensayo realizados para el abastecimiento con aguas subterráneas de varios núcleos de población dispersos en el sector de la sierra de Las Chanzas localizados en el término municipal de Montefrío (Granada).

- ITGE (1992). Mapa Geológico de España. Hoja 990, Alcalá la Real.
- ITGE (1999). Estudio hidrogeológico en el borde oriental de Sierra de Chanzas. Término municipal de Montefrío (Granada).
- ITGE, DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE GRANADA (sin fecha). Redacción de los estudios de localización de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos. Sector 6: Montefrío, Íllora, Moclín y Algarinejo.
- ITGE-DIPUTACIÓN DE GRANADA (1990). Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada.
- IGME (varias fechas). Archivo y base de datos de inventario de puntos de agua.

#### Moraleda de Zafayona:

- Castillo Martín, A. (1985). Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Tesis doctoral. Universidad de Granada
- CHG-ITGE (1993). Propuesta de normas de explotación de las unidades hidrogeológicas afectadas por el Decreto 735/1971. Unidad Hidrogeológica 05.32 (Depresión de Granada).
- IGME (1988a). Mapa Geológico de España. Hoja 1.008 (Montefrío).
- IGME (1988b). Mapa geológico de España. Hoja 1.025 (Loja)
- IGME (2001). Estudio hidrogeológico como apoyo al abastecimiento de Moraleda de Zafayona (Granada).
- IGME (Sin fecha). Nota técnica previa sobre el sondeo de investigación propuesto para mejora del abastecimiento a Moraleda de Zafayona (Granada).

#### Salar:

- DGOH (1988). Estudio 01/88. Estudio hidrogeológico de la problemática hídrica del Llano de Zafarraya (Granada). Propuesta para la ordenación de sus recursos.
- DGOH (1995). Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas con afección directa a los embalses de regulación y fuentes de abastecimiento a poblaciones de la Cuenca del Guadalquivir. Unidad hidrogeológica 05.40. Sierra Gorda y Zafarraya.
- DGOH-ITGE (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. Unidad Hidrogeológica nº 00.09 (40 y 41). Sierra Gorda y Polje de Zafarraya.
- IGME (1984). Informe final del sondeo Arroyo de Salar (Cortijo Salcedo).
- IGME (1986). Informe sobre el sondeo de reconocimiento realizado al sur del pueblo de Salar.
- IGME (1988a). Mapa Geológico de España. Hoja 1.008 (Montefrío).
- IGME (1988b). Mapa geológico de España. Hoja 1.025 (Loja)
- IGME (2001). Norma de explotación de la unidad hidrogeológica 05.40 (Sierra Gorda – Polje de Zafarraya).

- IGME-Junta de Andalucía (2000). "Plan de integración de los recursos hídricos subterráneos en el abastecimiento urbano. Estudio hidrogeológico de probabilidades de mejora de los abastecimientos urbanos del norte de la provincia de Málaga".

#### Salobreña:

- IGME (1981). Mapa Geológico de España. Hoja 1.055, Motril.
- IGME (1984). Estudio hidrogeológico en el término municipal de Almuñécar (Granada) para abastecimiento a La Herradura.
- IGME (sin fecha). Actualización del conocimiento hidrogeológico de la unidad 06.21 Motril – Salobreña y modelización matemática del acuífero. Memoria y apéndices.
- ITGE (1999). Inventario de focos potenciales de contaminación en relación con las unidades hidrogeológicas de Padul – La Peza, Albuñol, Almuñécar, Baza – Caniles, Sierra de Baza, Castell de Ferro, Motril – Salobreña y Jabalcón. Plan de integración de los recursos hídricos subterráneos en el abastecimiento urbano en Andalucía. Tomo I y II.
- VV.AA. (2002). Aportaciones al conocimiento de los acuíferos andaluces. Libro homenaje a D. Manuel del Valle Cardenete.

#### Zagra:

- IGME (1983a). Informe final del sondeo para abastecimiento a Ventorros de San José y Zagra (Loja, Granada).
- IGME (1983b). Abastecimiento a Zagra.
- IGME (1983c). Proyecto de investigación hidrogeológica infraestructural de los sistemas acuíferos 30 y 31. Cuenca Alta del Guadalquivir.
- IGME (1985). Nota técnica para el proyecto de bombeo de abastecimiento a Zagra (Alternativa A-2 del informe de abastecimiento de noviembre de 1983).
- IGME (1986a). Informe del sondeo para abastecimiento a Zagra.
- IGME (1986b). Informe sobre el desarrollo por acidificación y pruebas de bombeo del sondeo de abastecimiento a Zagra (Granada)
- IGME (1987a). Nota sobre la reprofundización del sondeo de Zagra.
- IGME (1987b). Informe sobre el aforo realizado en el sondeo para abastecimiento a Zagra (Granada).
- IGME (1988). Nota sobre el aforo realizado en el sondeo para abastecimiento a Zagra (Granada).
- ITGE-DIPUTACIÓN DE GRANADA (1990). Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada.