

62799

I

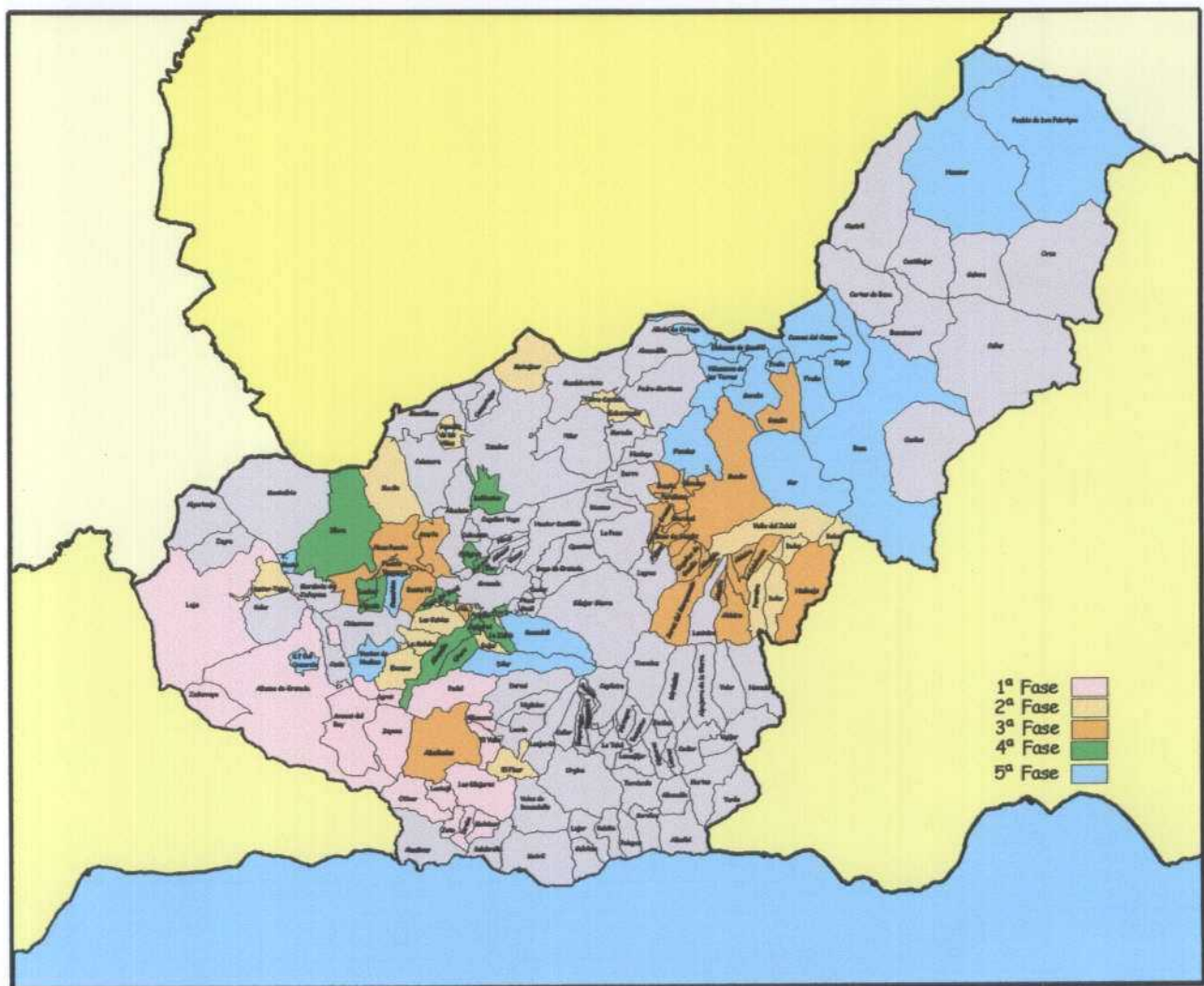


DIPUTACIÓN DE GRANADA
ÁREA DE MEDIO AMBIENTE
Y A. METROPOLITANA



INSTITUTO GEOLÓGICO
Y MINERO DE ESPAÑA

PLAN DE CONTROL DE RECURSOS Y GESTIÓN DE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA ABASTECIMIENTOS URBANOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA (5ª y 6ª FASE)



TOMO I : MEMORIA

Diciembre 2.003



INFORME	Identificación H.3: Plan de Control (Provincia de Granada)
	Fecha: 2003
TÍTULO PLAN DE CONTROL DE RECURSOS Y GESTIÓN DE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ABASTECIMIENTOS URBANOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA (5ª Y 6ª FASES)	
PROYECTO Aplicación de técnicas hidrogeológicas para la incorporación del territorio de medidas preventivas de la contaminación y/o de la explotación inadecuada de acuíferos. Nº de Sicoan 2002018.	
RESUMEN En el marco del Convenio de Colaboración establecido entre el IGME y la Diputación Provincial de Granada, se viene desarrollando una serie de planes de control de los recursos hídricos subterráneos a efectos de aportar, entre otros aspectos, las bases técnicas necesarias para la posible delimitación futura de una serie de perímetros de protección de los abastecimientos urbanos (sondeos, pozos y manantiales). Así, los informes contienen la información básica sobre geología, hidroquímica, geometría del acuífero, parámetros hidrodinámicos, balance, funcionamiento hidrogeológico, vulnerabilidad, inventario de focos de contaminación y la delimitación y zonación de un posible perímetro de protección. * continuar al dorso en caso necesario	
Revisión Nombre: Juan Antonio López Geta Unidad: Hidrogeología y Aguas Subterráneas Fecha: 2003	Autor: Diputación de Granada, IGME, GV Aplicaciones Ambientales y José Luis García. Responsable: Juan Carlos Rubio Campos

CORREO ELECTRÓNICO

granada@igme.es

Urb. Alcázar del Genil, 4
Edif. Zulema. Bajo.
18006-Granada
Tel. : 958 183143
Fax : 958 122 990

- Tomo I: MEMORIA -

(Noviembre 2003)

El presente proyecto ha sido realizado por García Villegas Aplicaciones Ambientales S.L. en colaboración con José Luis García, Francisca Fernández y Manuel Hódar para la Excm. 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^a. Gema Alcaín Martínez** (Geólogo)
- D. Francisco Serrano Pertíñez** (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

- D. Juan Antonio López Geta** (Ingeniero de Minas)
- D. Juan Carlos Rubio Campos** (Dr. Ciencias Geológicas)
- D. Juan Antonio Luque Espinar** (Dr. Ciencias Geológicas)

Equipo Redactor

- D. José Luis García García** (Geólogo)
- D^a. Remedios García Robles** (Bióloga, Ingeniero Técnico Agrícola)
- D^a. Francisca Fernández Chacón** (Geóloga)
- D. Manuel Hódar Correa** (Geólogo)
- D. Fernando García Alcalde** (Asesor Informático)

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. - <u>INTRODUCCIÓN</u>	5
2. - <u>METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS</u>	9
3. - <u>ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS</u>	13
3.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES	15
3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES	17
3.3. - OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES	24
3.4. - RECOMENDACIONES GENERALES	27
4. - <u>RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS</u>	31
4.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ACUÍFEROS	32
4.2. - RESUMEN DE DATOS DE BALANCE DE LOS ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO	39
4.3. - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO	40
4.4. - CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL	44
5. - <u>FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN</u>	50

6. – <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	56
7. - <u>ANEJOS</u>	64
7.1. – ESTADILLO DE CONTROL PARA INSTALACIONES MUNICIPALES	65
7.2. – ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO	66
7.3. – FICHAS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	74
7.4. – FICHAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MANANTIALES	78
7.5. – BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	80

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 dentro de 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 los abastecimientos de los 168 términos municipales de la provincia.

Los datos existentes 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 periodos 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 5ª y 6ª fase interviene como colaboradora la empresa G&V Aplicaciones Ambientales S.L. junto con los técnicos José Luis García García, Francisca Fernández Chacón y Manuel Hódar Correa. Abarca 18 municipios: **Alicún de Ortega, Baza, Chauchina, Cuevas del Campo, Dehesas de Guadix, Dilar, Fonelas, Freila, Gor, Gorafe, Huéscar, Monachil, Puebla de Don Fadrique, Santa Cruz del Comercio, Ventas de Huelma, Villanueva de las Torres, Villanueva de Mesía y Zújar**, que comprenden 18 núcleos.

En la figura 1 se indica el ámbito de trabajo de esta 5ª y 6ª fase del Plan.

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 que aprovechan, determinando y caracterizando posibles afecciones al mismo, con el fin de establecer unas recomendaciones de explotación y de protección, que servirán más adelante para definir perímetros de protección respecto a la calidad del agua o al volumen máximo recomendable a extraer en cada unidad hidrogeológica.

En el cuadro adjunto se señalan las unidades hidrogeológicas aprovechadas para el abastecimiento de los núcleos analizados.

CUADRO 1.- ORIGEN DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS

MUNICIPIOS	NÚCLEOS	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
Alicún de Ortega	Alicún de Ortega	UH 5.13: El Mencal
Baza	Baza, Baúl	UH 5.09: Baza-Caniles UH 5.11: Sierra de Baza
Chauchina	Chauchina	UH 5.32: Depresión de Granada
Cuevas de campo	Cuevas del Campo	Captación superficial
Dehesas de Guadix	Dehesas de Guadix	UH 5.13: El Mencal
Dílar	Dílar	UH 5.31: Padul-La Peza
Fonelas	Fonelas	UH 5.11: Sierra de Baza
Freila	Freila	UH 5.11: Sierra de Baza
Gor	Gor, Las Viñas, Rambla de Valdiquín, Las Juntas, Cenascuras	UH 5.11: Sierra de Baza
Gorafe	Gorafe	UH 5.11: Sierra de Baza
Huésкар	Huésкар, San Clemente	UH 5.02: Quesada-Castril UH 5.03: Duda-La Sagra UH 5.04: Huésкар-Puebla de Don Fadrique
Monachil	Monachil, Barrio de Monachil, Pradollano	UH 5.31: Padul- La Peza UH 5.32: Depresión de Granada Acuíferos cuarcíticos fracturados
Puebla de Don Fadrique	Puebla de Don Fadrique, Almaciles	UH 5.04: Huésкар-Puebla de Don Fadrique
Santa Cruz del Comercio	Santa Cruz del Comercio, Valenzuela	UH 5.42: Tejeda-Almijara-Los Guajares
Ventas de Huelma	Ventas de Huelma	UH 5.42: Tejeda-Almijara-Los Guajares
Villanueva de las Torres	Villanueva de las Torres	UH 5.13: El Mencal
Villanueva de Mesía	Villanueva de Mesía	UH 5.32: Depresión de Granada
Zújar	Zújar	UH 5.11: Sierra de Baza

El ámbito objeto de esta 5ª y 6ª fase comprende dos municipios que se abastecen mediante captaciones superficiales, Cuevas del Campo y Villanueva de Mesía, el primero de forma exclusiva y el segundo cuenta con un sondeo de apoyo en periodos de sequía que capta el acuífero de la Depresión de Granada. Dada la situación de estos municipios se desestima el buscar fuentes alternativas debido a que en el caso de Cuevas del Campo el agua es de excelente calidad y de bajo coste, y en el caso de Villanueva de Mesía, debido a su situación geológica, ya que los sondeos hasta ahora realizados han aportado agua de peor calidad.

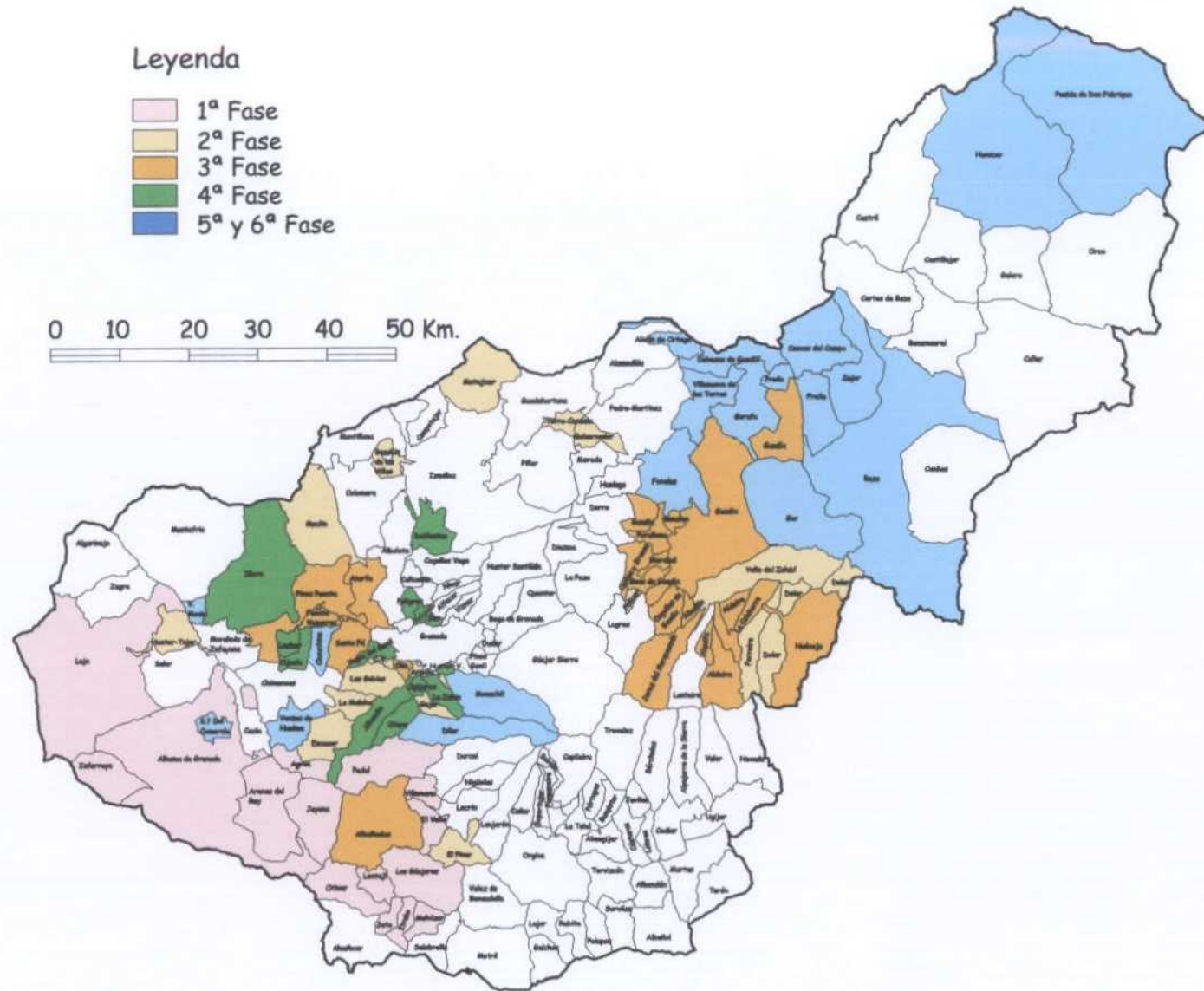


Figura 1: Evolución del Plan de Control

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 locales realizados en el marco del convenio de colaboración entre la Diputación y el I.G.M.E. en la mayor parte de 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 Geológico y Minero de España. 1995.
 - Encuesta de infraestructuras y equipamiento local 1995. Diputación provincial de Granada. Ministerio para las 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 Geológico y Minero de España. 1988.
 - 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 Geológico y Minero de España 1991-1992.
 - Plan Director de Depuración de Aguas Residuales Urbanas de la provincia de Granada. Diputación Provincial de Granada-Instituto Geológico y Minero 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, que se han basado en las estadísticas municipales sobre el padrón municipal, recopiladas durante la realización de las encuestas, estimaciones sobre población estacional que realizan 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 20 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 han realizado 30 fichas en puntos de nuevo inventario, habiéndose revisado más de 230 puntos ya inventariados.

- **Análisis de posibles focos de contaminación.** Se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales de contaminación existentes en los 18 municipios considerados y en el entorno de las captaciones de abastecimiento a los municipios del ámbito de esta 5ª y 6ª fase del plan, evaluándose su afección sobre la calidad de las aguas subterráneas y sobre las captaciones de abastecimientos.

- **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 laboratorios contratados al efecto, Complementariamente se han analizado 38 muestras de agua procedentes de captaciones de abastecimiento que a priori se han considerado con riesgo potencial de contaminación 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 la situación de 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, o el 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 y los focos potenciales de contaminación, así como 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, y 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 la 5ª fase del Plan de Control, que totalizan una población estable de 53.327 habitantes, (no se considera la población de Pradollano) según padrón municipal del 2003, con un incremento estacional de 20.000 habitantes. 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

CUADRO 2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ABASTECIMIENTO URBANO

MUNICIPIOS	POBLACIÓN 2003	DEMANDA (m3/día)	CONSUMO (m3/día)	% deficit	DEPÓSITO m3	ABASTECIMIENTO
Alicún de Ortega	693	170	274	161,2%	500	1 sondeo y 2 manantiales
Baza	21500	10500	8767	83,5%	9600	3 sondeos y 1 manantial
Chauchina	4793	1200	1200	100,0%	1117	1 sondeo
Cuevas del campo	2300	575	958	166,6%	1230	Captación Superficial
Dehesas de Guadix	641	160	356	222,5%	900	1 sondeo y 1 manantial
Dílar	1500	375	950	253,3%	585	2 manantiales
Fonelas	1150	315	332	105,4%	375	1 sondeo
Freila	1000	250	630	252,0%	675	2 sondeos
Gor	1200	300	255	85,0%	590	
Gorafe	600	150	329	219,3%	330	1 sondeo
Huéscar	8054	2015	3561	176,7%	2660	1 sondeo y 5 manantiales
Monachil Bajo	6000	1500	2574	171,6%	4880	2 sondeos y 14 manantiales
Monachil Pradollano	25000	8500	4300	50,6%	9400	
Puebla de Don Fadrique	2643	660	630	95,5%	1060	1 sondeo
Santa Cruz del Comercio	570	150	150	100,0%	670	1 manantial
Ventas de Huelma	683	170	336	197,6%	205	1 sondeo
Villanueva de las Torres	890	222	438	197,3%	680	2 sondeos
Villanueva de Mesía	2043	510	547	107,3%	1600	1 capt.sup., 1 sond.y 2 man.
Zújar	2800	700	770	110,0%	925	1 sondeo y 1 manantial
totales	84060	28422	27357	96,3%	37982	

Como se observa en el cuadro, el consumo base es superior a la demanda en más del doble en Dehesas de Guadix, Dílar, Freila y Gorafe, y existe un déficit muy significativo en Pradollano, valor para año medio.

El origen del suministro se muestra en tabla adjunta

MUNICIPIOS	Sondeo l/s	Manantial l/s	Superficial	% sub	% man	% sup
Alicún de Ortega	10	1	0	91%	9%	0%
Baza	60	50	0	55%	45%	0%
Chauchina	14	0	0	56%	0%	0%
Cuevas del campo	0	0	11	0%	0%	100%
Dehesas de Guadix	4,2	0,2	0	95%	5%	0%
Dílar	0	11	0	0%	100%	0%
Fonelas	3,8	0	0	100%	0%	0%
Freila	3,8	0	0	100%	0%	0%
Gor	4,4	0,2	0	96%	4%	0%
Gorafe	3,8	0	0	100%	0%	0%
Huéscar	8,8	32,2	0	21%	79%	0%
Monachil Bajo	2	29,4	0	5%	68%	0%
Monachil Pradollano	0	38	12	0%	100%	32%
Puebla de Don Fadrique	7,8	0	0	100%	0%	0%
Santa Cruz del Comercio	0	1,7	0	0%	100%	0%
Ventas de Huelma	3,9	0	0	100%	0%	0%
Villanueva de las Torres	5	0	0	53%	0%	0%
Villanueva de Mesía	0,8	1	4,5	44%	56%	250%
Zújar	2	7	0	22%	78%	0%
totales	134,3	171,7	27,5	44%	56%	9%

3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

En general los sistemas de abastecimiento de los núcleos estudiados se fundamentan en la extracción de aguas de sondeos o pozos necesitando, por tanto, la impulsión de agua. Los recursos subterráneos son en algunos casos complementados o sustituidos con captaciones superficiales, que aunque de difícil regulación, garantizan un caudal con costes mínimos para el abastecimiento, este es el caso de Cuevas del Campo y Villanueva de Mesía, los cuales cubren la totalidad de la demanda de abastecimiento con aguas superficiales, que captan del Embalse de la Bolera y del Embalse de los Bermejales respectivamente.

CUADRO 3.- TIPOS DE CAPTACIONES EMPLEADAS PARA ABASTECIMIENTO URBANO

NATURALEZA	Número de captaciones
Sondeos	20
Pozos	1
Manantiales	30
Galerías	4
Captaciones superficiales	3
Sondeos en ejecución/sin equipar	1

La mayoría de las instalaciones de bombeo están automatizadas, de modo que se activan mediante sondas en el depósito distribuidor cuando sus niveles bajan hasta un mínimo para garantizar el abastecimiento. 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 y experiencia del encargado municipal.

La practica totalidad de 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 a través de 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 volúmenes bombeados y el coste de impulsión de estos se han tenido en consideración los recibos de electricidad de un año completo (incluyendo I.V.A., 16%), con datos de los años 2001 y 2002 en la mayoría de estos. En algunos casos no ha sido posible disponer de todos los recibos, por lo que ha sido necesario extrapolar los datos de otros meses de consumos aparentemente similares para completar el consumo de un año.

CUADRO 4.- RESUMEN DE DATOS EN INSTALACIONES DE BOMBEO

MUNICIPIO	Nº Inventario	Alt. Man.	Caudal	P Activa	E	Rendimiento	Consumo	Horas	Vol.Elevado	Facturación	Coste medioanual	
	IGME	(metros)	(l/sg)	(kW)	(m ³ /kWh)	(%)	(kW/año)	(h/año)	(m ³ /año)	(€/año)	€/m ³	€/kWh
Alicún de Ortega	213910007	80	10	18,8	1,92	42	22112	1179	42455	2359	0,0556	0,1067
Baza	224010022	170	30	91,9	1,18	54	753188	8195	1131024	78868	0,0697	0,1047
	224010040	170	80	220,6	1,31	61	620865	2815	810601	62304	0,0769	0,1004
Dehesas de Guadix	213910037	95	15	25,0	2,16	56	62070	2483	134071	6769	0,0505	0,1091
Fonelas	204081000	100	9	28,0	1,16	32	103957	3713	120293	8024	0,0667	0,0772
Freila	213980019	125	5	20,0	0,9	31	92340	4617	83106	10817	0,1302	0,1171
Gorafe	214020012	80	7	11,1	2,27	49	50941	4585	115534	3713	0,0321	0,0729
Huéscar	223840020	120	43	163,5	0,95	31	291471	1783	275962	23444	0,0850	0,0804
Monachil	194240058	286	10	68,0	0,53	41	66960	985	35449	9130	0,2575	0,1363
	194240061	218	8	27,7	1,04	62						0,0765
Puebla de Don Fadrique	233720032	140	10	35,0	1,03	39	226216	6463	232679	19783	0,0850	0,0875
Ventas de Huelma	194160001	190	32	111,7	1,03	53	458290	4103	472641	35811	0,0758	0,0781
Villanueva de las Torres	213960003	52	9	17,1	1,89	27	82100	4789	155169	8524	0,0549	0,1038
Villanueva de Mesía	184175000	150	4	18,2	0,79	32						

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 vienen funcionando como media 45708 horas/año, lo que supone unas 10,4 horas/día, elevando en conjunto cerca de 3.6 hm³/año.

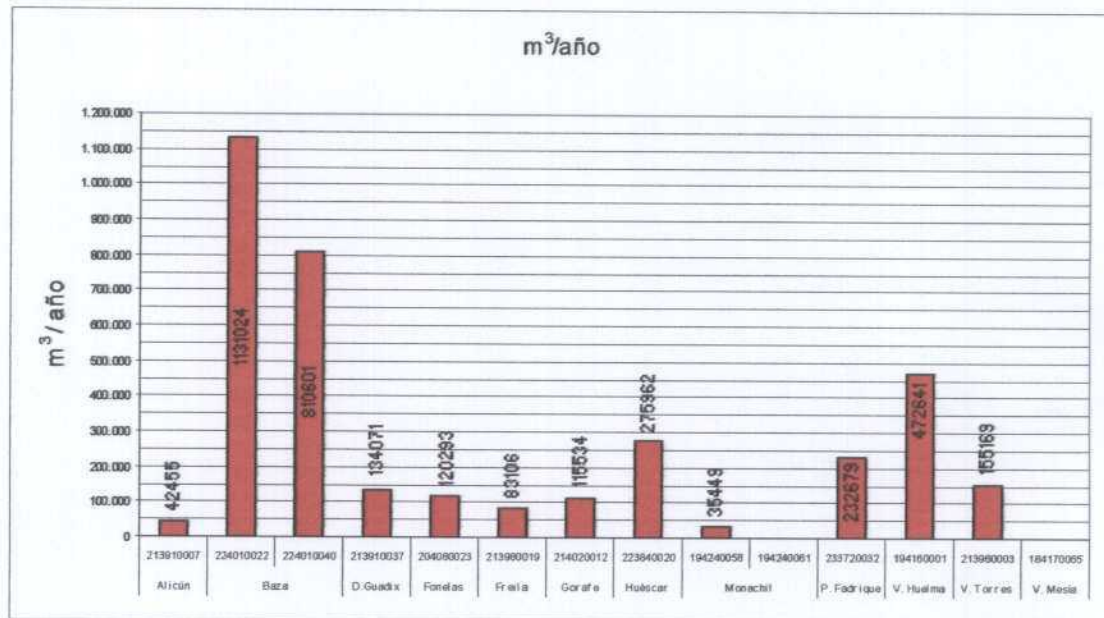


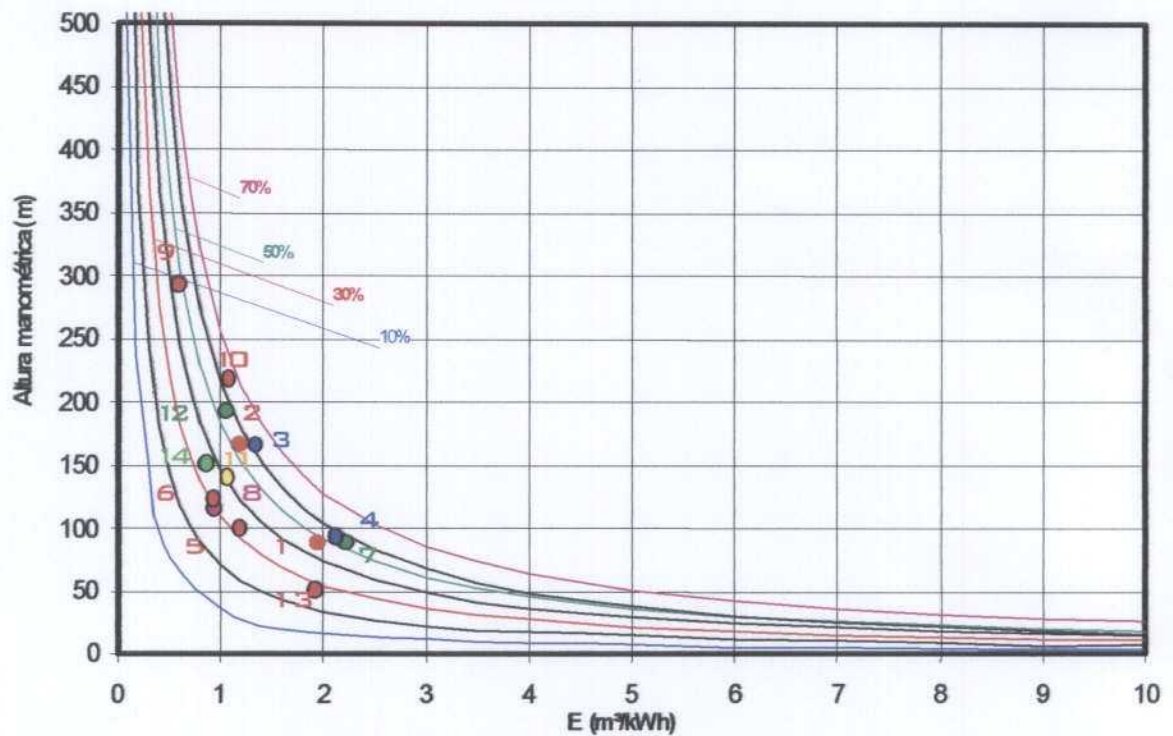
Figura 2. - Volumen de agua elevada anualmente en captaciones de agua subterránea

Como refleja la figura 2, la distribución de volúmenes bombeados por municipio es muy variable, existiendo municipios con un consumo muy alto, caso de Baza, que sobrepasan los 2 hm³/año, y otros con un consumo muy bajo. Hay que tener en cuenta en Ventas de Huelma que se trata del consumo de toda la Comunidad del Temple, lo que sin duda modifica los resultados obtenidos.

El caudal de explotación oscila entre 80 y 4 l/s, con una media de 20 l/s, y las alturas manométricas oscilan entre 286 y 52 m, con un valor medio de aproximadamente 140 m.

En la figura 3 se representan las 14 instalaciones analizadas, situándose en ordenada 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 hay 5 instalaciones con rendimientos inferiores al 40% que aparentemente presentan anomalías en su funcionamiento. Estos casos se tratan particularmente en los informes municipales. Así mismo, se observa que 9 instalaciones presentan rendimientos superiores al 40%, lo que representa el 64% de las analizadas, destacando de este grupo las identificadas con los nº 2, 3, y 10, con altura manométrica cercana a los 200 m, éstas corresponden a los sondeos de abastecimiento a las poblaciones de Baza y Monachil.

La relación E, entre el volumen de agua bombeado y la energía eléctrica consumida para realizar el trabajo, toma valores entre 0,52 y 2.27 m³/kWh, siendo la media de 1,3 m³/kWh.



21391 0007	22401 0022	22401 0040	21391 0037	20408 0023	21398 0019	21402 0012	22384 0020	19424 0058	19424 0061	23372 0032	19416 0001	2139 60003	18417 0065
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Alojín de Ortega	Baza	Baza	Dehesas de Guedix	Fonelas	Frella	Gorafe	Huésкар	Monachil	Monachil	Puebla de Don Fadrique	Ventanas de Huelma	Villanueva Torres	Villanueva Mesía

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

Los rendimientos apreciados en las instalaciones oscilan entre el 62%, como máximo, y el 27%, como mínimo, presentando en conjunto un valor medio del 44%. Un total de cinco captaciones presentan rendimientos inferiores al 40%, que se consideran inadecuados. Su origen suele ser una mala adaptación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica. En algunos casos, el problema ya ha sido resuelto.

Otras 6 captaciones presentan rendimientos superiores al 50%, que se consideran buenos y de estas sólo 2 presentan rendimiento próximo al 65% que se puede considerar optimo. Para las 3 captaciones restantes el rendimiento se considera aceptable.

Más representativo de 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. Hay que insistir que se hace referencia al coste eléctrico del agua impulsada en las instalaciones de bombeo.

Así, en la figura 4, indicativa de una posible "mala gestión eléctrica" y/o un alto coste de elevación de agua, destaca sobre todos el municipio de Monachil, con cerca de $0,26 \text{ €/m}^3$, pero esto es debido a la gran elevación, 286 m, que se precisa, el responsable de aguas es consciente del problema y solo lo utiliza en casos de extrema necesidad. El resto de los municipios, aunque también muy variables, oscilan entre los $0,032 \text{ €/m}^3$ de Gorafe y los $0,085 \text{ €/m}^3$ de Huescar o Puebla de don Fadrique, el dato de Freila es con otra situación anterior, si bien, el valor medio corresponde a $0,087 \text{ €/m}^3$.

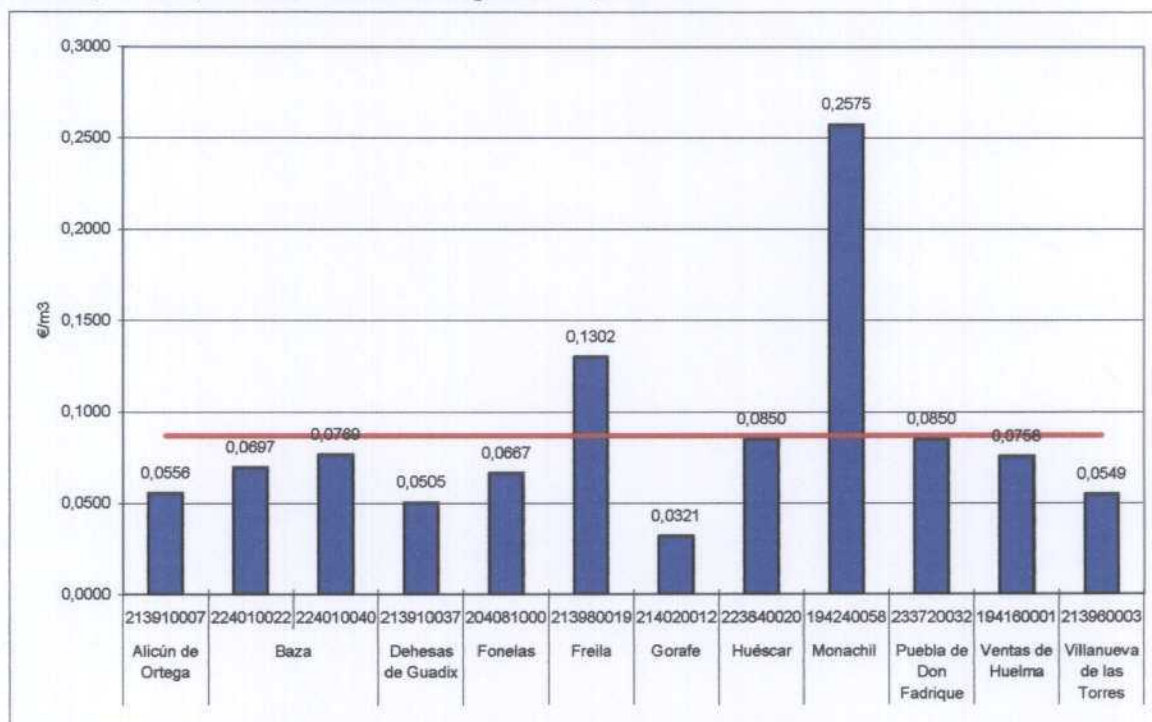
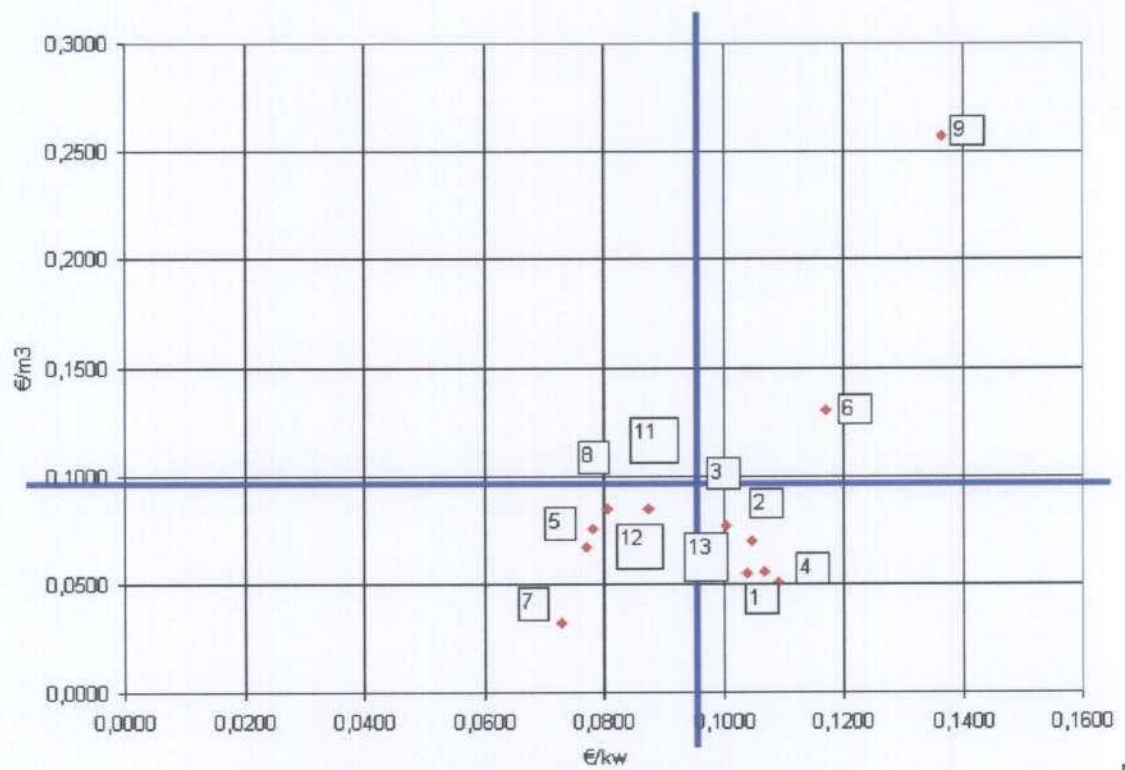


Figura 4. - Coste eléctrico del agua elevada €/m^3

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. En este último caso se situarían las instalaciones de los sondeos de Freila, que ya ha sido resuelto y el de Monachil respectivamente, más alejados de la media. 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.

El concepto de "mala gestión eléctrica" es necesario tomarlo con ciertas reservas, ya que en algunos casos es posible que sea debido a imponderables. 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.



213910007	224010022	224010040	213910037
1	2	3	4
204081000	213980019	214020012	223840020
5	6	7	8
194240058	233720032	194160001	213960003
9	11	12	13

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

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 si se puede incidir es en la adecuada instalación desde el punto de vista de rendimiento y de un excesivo 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. Mas excepcionalmente se realiza un continuado seguimiento de las instalaciones con los medios disponibles, manifiesta en alguno de los sondeos analizados por el cambio del régimen de explotación, lo que refleja menores consumos eléctricos, que no se han podido observar en el periodo anual reflejado en las encuestas.

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 sea 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.

Se han observado con frecuencia rendimientos anómalos en las instalaciones, en gran parte debidos a un sobredimensionamiento de los equipos de bombeo, ya que en muchos casos se necesita una válvula de regulación de caudal para evitar descensos importantes en el nivel de agua. La consecuencia de estas instalaciones se refleja en los bajos rendimientos, en un mayor consumo eléctrico y, por tanto, en el incremento del coste del m³ de agua bombeada.

Las instalaciones eléctricas asociadas a impulsiones, presentan en su mayoría, una potencia contratada por debajo de la potencia activa real del equipo de bombeo. En los casos en que no hay máxímetro instalado esto redundaría en un menor valor del término de potencia facturado, pero en instalaciones con máxímetro, en que sus registros superan el 105% de la potencia contratada, se factura el valor registrado por el máxímetro más el doble de la diferencia entre el valor registrado por el máxímetro y el valor correspondiente al 105% de la potencia contratada, por lo que hay que se debería contratar una potencia acorde a la potencia activa real.

Las instalaciones eléctricas estudiadas presentan normalmente consumos de energía reactiva elevados, que suponen recargos significativos por complemento de reactiva. En algunos casos se ha corregido el factor de potencia con la instalación de los condensadores adecuados, consiguiendo un ahorro importante al incrementarse el factor de potencia. La instalación de estos condensadores no supone una inversión elevada y permiten la obtención de un ahorro anual importante.

En el cuadro 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 ha 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, cuyo grado de deterioro 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.

CUADRO 6.- RESUMEN DE RECOMENDACIONES PARA MEJORA DE LAS INFRAESTRUCTURAS

MUNICIPIO	MEJORAS
Alicún de Ortega	<ul style="list-style-type: none"> • Abandonar los abastecimientos C-2 y C-3. • Realizar una conducción para abastecer al depósito D-1 desde el sondeo C-1. • Instalar un sistema de cloración automático y fiable. • Cambiar la tarifa eléctrica. • Realizar una nueva conducción desde el pantano de La Bolera
Baza	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de depósito en al menos 3000 m³. • Realizar un estudio sobre la conducción que va desde el manantial C-4 al depósito C-1 y prever a reparación y/o sustitución de dicha conducción. • Ejecutar un nuevo sondeo. • Instalar un piezómetro en el manantial de las Siete Fuentes, C-4. • Evitar infiltraciones indeseadas en el manantial de las Siete Fuentes, C-4. • Prohibir las actividades ganaderas aguas arriba del manantial C-5 y evacuar los residuos acumulados en esta zona. • Construir un depósito de al meno 100 m³ de capacidad en las cercanías del depósito D-3. • Realizar un sondeo en las cercanías del depósito D-3, previo informe hidrogeológico de detalle.
Chauchina	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una toma directa desde el sondeo de abastecimiento al depósito actual. • Incrementar la capacidad de regulación en al menos 700 m³. • Mejorar la calidad química del agua.
Cuevas del Campo	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m³. • Realizar una nueva conducción desde la presa de La Bolera
Dehesas de Guadix	<ul style="list-style-type: none"> • Abandonar los abastecimientos C-1 y C-2. • Mejorar el sistema de cloración. • Realizar una nueva conducción desde el pantano de La Bolera

Dilar	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 1000 m³. • Aumentar los recursos hídricos actuales de cara al previsible aumento de población.
Fonelas	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m³. • Abandonar el sondeo de abastecimiento C-1. • Instalar condensadores sondeo C-3 para mejorar cosφ.
Freila	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilar el buen funcionamiento del sistema de cloración del depósito D-1.
Gor	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m³. • Poner en marcha el sondeo C-7. • Realizar una nueva conducción entre el Cerro Negro y Molino Blanco.
Gorafe	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m³. • Realizar un segundo sondeo de abastecimiento. • Cambiar la tarifa de 4.0 a 1.1 en el sondeo C-1. • Valorar la instalación de un transformador en las cercanías del sondeo C-1. • Instalar un clorador automático.
Huéscar	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 3000 m³. • Realizar una investigación que determine la situación del pozo actual. • Abandonar los manantiales C-3 y C-4.
Monachil	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una tubería nueva que capte todos los recursos de los manantiales C-5, C-6 y C-7. • Realizar un estudio hidrológico para construir un sondeo que regule los recursos de los manantiales C-5, C-6 y C-7. • Abandonar los sondeos C-4 y C-8. • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 2000 m³, con un estudio previo de su ubicación. • Realizar un estudio geológico a escala 1:10000 de la cuenca del río Monachil aguas arriba de la estación. • Realizar un estudio hidrogeológico sobre la zona anteriormente mencionada, con el fin de realizar una serie de sondeos. • Incrementar el volumen de los depósitos, en caso de que el estudio hidrogeológico resulte negativo, hasta llegar a 30000 m³.

Puebla de Don Fadrique	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 200 m³. • Realizar un estudio hidrogeológico en el paraje "Las Porcunas" con el objetivo de sustituir al sondeo C-1. • Mejorar el sistema de cloración
Santa Cruz del Comercio	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una nueva conducción que aporte más caudal e independice ésta del abastecimiento del Balneario de Alhama. • Realizar un sondeo en las cercanías del SEV 2.
Ventas de Huelma	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m³. • Instalar condensadores con el fin de disminuir el consumo de energía reactiva. • Realizar un sondeo piezométrico en las cercanías del sondeo C-1 e instalarlo con limnógrafo.
Villanueva de las Torres	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar condensadores que mejoren el cosφ. • Mejorar el control horario del bombeo. • Realizar una nueva conducción desde la presa de la Bolera.
Villanueva de Mesía	<ul style="list-style-type: none"> • Usar para abastecimiento sólo la conducción desde la presa de los Bermejales, usando las otras captaciones sólo en caso de emergencia.
Zújar	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m³. • Instalar una depuradora por intercambio de iones, con la intención de sustituir el ión flúor por adición de fosfatos. • Realizar un estudio hidrogeológico en la zona del Cerro los Morrones en caso de que se desee localizar un punto de abastecimiento sin exceso de flúor.

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 5ª fase del Plan de Control son los indicados en el cuadro 7.

Clasificados por su tipología, por una parte están los acuíferos de naturaleza carbonatada, con permeabilidad por fisuración, como son los grandes afloramientos marmóreos al pie de Sierra Nevada de las unidades 05-31 Padul-La Peza , UH 5.42: Tejeda-Almijara-Los Guajares, y 05-11 Baza, y el rosario de afloramientos calizo-dolomíticos dispersos en el sector noroccidental de la provincia, entre los que se hallan la unidad UH 5.13: El Mescal UH ,5.02: Quesada-Castril,UH 5.03: Duda-La Sagra,UH 5.04: Huéscar-Puebla de Don Fadrique, y por otra parte, están los grandes acuíferos de naturaleza detrítica, con permeabilidad por porosidad intergranular, ligados a las depresiones internas UH 5.09: Baza-Caniles y 05-32 Depresión de Granada.

CUADRO 7.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS APROVECHADAS

MUNICIPIOS	NÚCLEOS	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
Alicún de Ortega	Alicún de Ortega	UH 5.13: El Mencal
Baza	Baza, Baúl	UH 5.09: Baza-Caniles UH 5.11: Sierra de Baza
Chauchina	Chauchina	UH 5.32: Depresión de Granada
Cuevas de campo	Cuevas del Campo	Captación superficial
Dehesas de Guadix	Dehesas de Guadix	UH 5.13: El Mencal
Dílar	Dílar	UH 5.31: Padul-La Peza
Fonelas	Fonelas	UH 5.11: Sierra de Baza
Freila	Freila	UH 5.11: Sierra de Baza
Gor	Gor, Las Viñas, Rambla de Valdiquín, Las Juntas, Cenascuras	UH 5.11: Sierra de Baza
Gorafe	Gorafe	UH 5.11: Sierra de Baza
Huéscar	Huéscar, San Clemente	UH 5.02: Quesada-Castril UH 5.03: Duda-La Sagra UH 5.04: Huéscar-Puebla de Don Fadrique
Monachil	Monachil, Barrio de Monachil, Pradolano	UH 5.31: Padul- La Peza UH 5.32: Depresión de Granada Acuíferos cuarcíticos fracturados
Puebla de Don Fadrique	Puebla de Don Fadrique, Almaciles	UH 5.04: Huéscar-Puebla de Don Fadrique
Santa Cruz del Comercio	Santa Cruz del Comercio, Valenzuela	UH 5.42: Tejada-Almijara-Los Guajares
Ventas de Huelma	Ventas de Huelma	UH 5.42: Tejada-Almijara-Los Guajares
Villanueva de las Torres	Villanueva de las Torres	UH 5.13: El Mencal
Villanueva de Mesía	Villanueva de Mesía	UH 5.32: Depresión de Granada
Zújar	Zújar	UH 5.11: Sierra de Baza

U.H. 05.31 SIERRAS DE PADUL-LA PEZA

Localizada en las estribaciones occidentales del macizo de Sierra Nevada, sobre el dominio Alpujarride, se superpone tectónicamente a los materiales del complejo Nevado-Filábride del núcleo de Sierra Nevada que configuran el sustrato regional. Los materiales acuíferos son calizas, dolomías y mármoles triásicos, alterados y fracturados por procesos tectónicos y karstificados en ciertos sectores, con espesores de varios centenares de metros. La gran complejidad estructural de esta unidad se refleja en una hidrogeología, caracterizada por acuíferos de geometría e interrelaciones igualmente complejas. La superposición de unidades tectónicas que incluyen materiales carbonatados de carácter acuífero y materiales de baja permeabilidad (formación metapelítica de la

base) origina contactos de carácter muy diverso que se traducen en conexiones o desconexiones hidráulicas, condicionando el funcionamiento hidrogeológico de esta unidad.

A pesar de la complejidad hidrogeológica de esta unidad, parece que dentro de ella se pueden diferenciar dos grandes conjuntos cuyo límite coincide aproximadamente con el río Huenes: la Subunidad de Padul, al Sur y La Peza, al Norte.

La **Subunidad del Padul** está comprendida entre los cauces de los ríos Torrente y Huenes. Sobre ella se sitúa la divisoria entre las cuencas del Guadalquivir y Sur. Ocupa una superficie de unos 87 km² de materiales permeables, de los que unos 50 vierten a la cuenca del Guadalfeo (Sur). Los materiales que definen el acuífero son calizas, dolomías y mármoles alpujárrides, a veces muy brechificados, en contacto con formaciones metapelíticas basales de baja permeabilidad. Los límites meridional, hacia la Depresión del Padul, y occidental, hacia la de Granada, son abiertos y se produce una descarga subterránea especialmente significativa en el Padul.

Su alimentación se produce directamente por infiltración de lluvia, unos 21 hm³/año, y recargas laterales y desde cursos fluviales muy poco conocidas. La descarga se produce principalmente hacia la Depresión de Padul, del orden de 20 hm³/año, y en menor cuantía y de forma poco conocida hacia los cauces de los ríos Huenes, Dílar, Dúrcal y Torrente. Al ser la cifra de la descarga lateral de una magnitud similar a la recarga, la justificación del drenaje a los cauces citados debe fundamentarse en una alimentación en los mismos cursos en cotas más elevadas. Los bombeos son poco significativos (1 hm³/año).

En el borde de esta Subunidad se localizan los manantiales de la Mancomunidad de aguas del río Dílar (194280002 y 194280063) y de la Mancomunidad de aguas del río Monachil "Las Azuelas" (20421-014), los sondeos y manantiales de Monachil bajo, incluidas en esta 5ª fase del Plan de Control.

El volumen máximo de explotación de esta Unidad se establece en el 70% de sus recursos, lo que representa un total de 63 hm³/año, desglosados en 14 hm³/año para la Subunidad de Padul y 49 hm³/año para la Subunidad de La Peza.

U.H. 05.42 ACUÍFERO DE SIERRA TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS

La formación de mármoles que constituyen los afloramientos permeables de Sierra Tejeda se incluye dentro del marco de la Unidad geológica de la Tejeda, atribuida al manto de la Herradura, y corresponde a la formación *mármoles de Malas Camas*, masa carbonatada de más de 1.500 m de espesor superpuesta, mediante un contacto mecanizado, a varios tramos de la sucesión metapelítica de esta misma Unidad. El contacto con las metapelitas (esquistos) es de geometría variable.

Los tramos metapelíticos de esta Unidad sólo afloran en la vertiente sur de la Sierra Tejeda, fuera del área de estudio.

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

La Unidad hidrogeológica tiene una extensión de 91,5 km² (Fm. de Malas Camas) formada por mármoles con intercalaciones de calcoesquistos y esquistos. Los bordes impermeables los constituyen los esquistos del manto de Salobreña, al norte; los esquistos y micaesquistos del manto de Los Guájares, en el occidental; los esquistos del manto de la Herradura (al que se asocian los mármoles de Malas Camas que constituyen el acuífero), al sur; y los mármoles de Almirajara y los depósitos terciarios de la Depresión de Granada, en el oriental.

La transmisividad media del acuífero carbonatado es de 170 m²/día y el caudal específico medio de 5 a 10 l/s/m. sondeos situados en el borde noroccidental (entre los afloramientos de Salares y La Alcaicería) ofrecen valores de transmisividad de 5 a 50 m²/día, con caudales de explotación de 2 a 30 l/s y caudales específicos de 0,02 a 0,71 l/s/m.

La recarga de los mármoles de Malas Camas se produce por infiltración de agua de lluvia en un volumen anual de 35 hm³. La descarga se desarrolla a favor de manantiales, de forma que los cauces de la Cuenca Sur reciben 12 hm³/año (manantiales de la Fajara y Nícar, caudales que oscilan entre 20 y 700 l/s), mientras a cauces de la cuenca del Guadalquivir aportan 23 hm³/año (manantiales del Nacimiento del río Alhama -260 l/s- y de Játar -102 l/s-).

En los últimos años se han ejecutado numerosas captaciones (sondeos) en los mármoles de Sierra Tejeda, que se asocian al borde noroccidental (Cerro Pimiento-Robledal) y en las proximidades de los Nacimiento del río Alhama (Cjo. Nacimientos-Villarraso). En este último sector se han efectuado captaciones con caudales superiores a los 115 l/s.

En este acuífero se abastece Santa Cruz del Comercio y Ventas de Huelma.

05-11 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA SIERRA DE BAZA.

Los materiales que se van a encontrar en esta zona son los pertenecientes al Complejo Alpujarride. Su estructura interna es compleja y está constituido por varios mantos de corrimiento superpuestos. Según Delgado (1982) el Complejo Alpujarride en la Sierra de Baza está constituido por cuatro mantos de corrimiento que, de inferior a superior, se denominan Santa Bárbara, Quintana, Blanquizares y Hernán Valle. Desde el punto de vista estratigráfico cada uno de los mantos consta de una formación inferior esencialmente metapelítica, compuesta por filitas con algunas intercalaciones de cuarcitas, de naturaleza impermeable, de edad Permo-Wesfalense; y una formación superior calizo-dolomítica, permeable, de edad Trías medio y superior. Esta estructura geológica, de geometría bastante compleja, descansa cabalgante sobre los materiales metamórficos del Complejo Nevado-Filábride, que constituyen el límite meridional impermeable del conjunto alpujarride. Los restantes límites son de naturaleza permeables y corresponden a los materiales plio-cuaternarios de la Hoya de Baza al Este, y de la depresión de Guadix al Oeste.

En la Sierra de Baza existe un distrito minero de flúor y plomo, aunque con escasa importancia económica, esencialmente compuesta de forma mayoritaria por mineralizaciones de fluorita-(galena), y por mineralizaciones de fluorita-barita-galena-(esfarelita). Se han diferenciado dos tipos de mineralizaciones filonianas: unas, representadas por removilizaciones "in situ", a pequeña escala, de tipo estratiforme y estratoligado ocurridas en las últimas etapas de deformación alpina; y otras, formadas con anterioridad a la orogenia alpina y directamente relacionadas con una tectónica intratriásica de carácter aparentemente distensivo (Torres-Ruiz y Delgado 1984).

El manto en el que, se localizan los 3 sondeos y manantial de abastecimiento de Baza y los sondeos de Freila, es en la Unidad Blanquizaes. Esta unidad es fácilmente distinguible de las demás debido a que a parte del nivel de filitas basal, la formación carbonatada está constituida por mármoles y dolomías, estas últimas intensamente recristalizadas y fracturadas, llegando en muchos puntos a ser kakiritas. Afloran en toda la zona Norte de la Sierra de Baza y, en menor extensión en la zona central de la Sierra de Gor. La base de esta unidad no aparece clara en todos los puntos.

Como rasgo estructural general, cabe señalar la existencia de un gran anticlinorio, de dirección NNE-SSE y con un núcleo en el que afloran materiales esquistosos nevado-filábrides, que permite individualizar dos grandes sectores acuíferos: sector occidental y sector oriental (IGME-CHG, 2002). El flujo subterráneo se produce en sentido Oeste en el sector occidental, cuya principal descarga corresponde a los manantiales de Hernán Valle, San Torcuato y Fuente del Alamillo (cota 1.150), con un caudal conjunto de 30 l/s. A ello hay que sumar las descargas subterráneas de este sector hacia la Unidad Hidrogeológica de Guadix-Marquesado, cifradas en 2 hm³/año.

Por su parte, el sector oriental, con flujos en sentido Este y Norte, es el que alimenta de forma subterránea el acuífero detrítico de Baza-Caniles, por lo que la descarga se realiza en algunas zonas por manantiales situados a cierta distancia de los afloramientos de dolomías alpujárrides. Tal es el caso de los manantiales de Siete Fuentes y San Juan (cota 920) situados en las proximidades de Baza, con caudales medios de 150-200 l/s y 50-70 l/s, respectivamente. No olvidar los 2 hm³/año que se extraen de los sondeos Atalaya.

En otras zonas más al Norte, en el entorno de Zújar, los manantiales están asociados a afloramientos de carbonatos alpujárrides, (Fuente Grande, a cota 840-860, con caudal medio de 80-90 l/s). También se considera relacionado con este acuífero la surgencia termal de los Baños de Zújar, en la ladera Norte del Jabalcón (cota 620m y caudal medio de 180 l/s).

Además, en el sector central del acuífero se encuentran los manantiales del Nacimiento del Río Gor (1.800 m) y Cerro Negro (cota 1.550 m), con una descarga conjunta de más de 2 Hm³/año.

Las diferencias en los niveles piezométricos de estos grupos de manantiales reflejan el importante grado de compartimentación del acuífero carbonatado, condicionado por la presencia de niveles impermeables que corresponden a los tramos esquistosos de los diferentes mantos.

En la zona septentrional de esta unidad se han estimado valores medios de transmisividad entre 1000-2000 m²/día, en sondeos que atraviesan el manto de Blanquizaes (IGME-CHG, 2002). En el borde nororiental se obtiene una

transmisividad de $950 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento de $3 \cdot 10^{-4}$ (Hidalgo, 1993).

El balance hídrico de esta unidad hidrogeológica aparece actualizado en IGME (2002), donde se cifran en $50 \text{ hm}^3/\text{año}$ los recursos medios de la Sierra de Baza. Las descargas visibles por manantiales y las extracciones por bombeo se estiman en $2 \text{ hm}^3/\text{año}$ para el sector occidental y $19 \text{ hm}^3/\text{año}$ para el sector oriental. Los $29 \text{ hm}^3/\text{año}$ restantes corresponden a las descargas ocultas hacia otras unidades limítrofes: $2,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ hacia el acuífero de Guadix, $7 \text{ hm}^3/\text{año}$ hacia el Plio-Cuaternario del borde N y $9,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ hacia el acuífero detrítico de Baza-Caniles.

05-13 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA EL MENCAL.

Esta unidad se sitúa en la provincia de Granada, a unos 30 Km al norte de Guadix e incluye los términos municipales de Pedro Martínez, Fonelas, Alicún de Ortega, Guadix, Gorafe, Dehesas de Guadix, Alamedilla y Villanueva de las Torres.

Los materiales que se van a encontrar, en términos generales, en esta Unidad Hidrogeológica, son los pertenecientes al Subbético medio en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, rodeados por materiales postorogénicos del relleno de la depresión de Guadix-Baza. La unidad está constituida por pequeños afloramientos carbonatados y por los depósitos aluviales cuaternarios del río Guadahortuna. El sustrato impermeable lo forma el Triásico representado por lutitas y arcillas yesíferas, con presencia de rocas volcánicas. El muro de los depósitos aluviales lo forman las margas del Terciario.

Según este con este contexto, se diferencian las siguientes subunidades hidrogeológicas:

- 1) Subunidad del aluvial del Río Alicún (se le denomina río Alicún a la parte del río Guadahortuna que pasa por Alicún de Ortega) y sus afluentes, con superficie de unos 11 km^2 y espesores máximos de 30 metros.
- 2) Subunidad del Cerro de Alicún, de $1,2 \text{ km}^2$ de superficie y potencia superior a 20 metros
- 3) Subunidad del Romeral, paquete calizo de unos $3,5 \text{ km}^2$ de superficie, que llega a tener un pequeño contacto con el aluvial cuaternario de los ríos Fardes y Gor.
- 4) Subunidad de la Peña del Fraile, pequeño afloramiento calizo de $0,6 \text{ km}^2$, que se hunde hacia el Este, ocultándose bajo las areniscas y lutitas del Plioceno-Pleistoceno.
- 5) Subunidad de Baños de Alicún, de $0,4 \text{ km}^2$ de extensión.
- 6) Subunidad del Cerro de los Praditos, de unos $2,5 \text{ km}^2$ de extensión.
- 7) Subunidad del Mencal. Con estructura en forma de domo, presenta una superficie del afloramiento permeable de $8,7 \text{ km}^2$.
- 8) Materiales Postorogénicos: Están compuestos por los materiales sedimentarios más recientes que rellenan la Depresión de Guadix-Baza y que abarcan desde el Tuoliense hasta el Holoceno. Estos materiales no se encuentran deformados únicamente se aprecia una estructura tabular con suaves buzamientos hacia el NO o SE en los tramos pliocuaternarios, estratigráficamente más bajos.

- a. Formación Guadix: Corresponde a la zona marginal de la cuenca y a medios claramente continentales. La forman conglomerados y arenas de colores rojos, con predominio hacia el Plioceno. Evolucionan lateralmente hacia el S a la Formación Gorafe-Huélogo.
- b. Formación Gorafe-Huélogo: Está constituida por dos tramos de edad Plioceno-Pleistoceno inferior y es de carácter lacustre. El tramo más bajo lo componen margas y arcillas blancas, grises y rosadas, con ocasionales lentejones de espesor métrico de conglomerados y más escasamente de areniscas, calizas y yesos. El tramo superior está formado por calizas bioclásticas lacustres de color blanco-amarillento, parcialmente dolomitizadas, con intercalaciones de gravas, arenas, limos y arcillas fundamentalmente. Ambos tramos se disponen según un cambio de facies, tanto lateral como vertical, ocupado el segundo una posición más interna en la cuenca.
- c. Nivel de colmatación de la cuenca: Se dispone de forma ligeramente discordante sobre el Pleistoceno de las formaciones Guadix y Gorafe-Huélogo, y lo forman conglomerados, arenas, limos, arcillas y costras calcáreas. La potencia del conjunto es de unos escasos metros y la edad Pleistoceno superior. Sobre éste se depositan glaciares y abanicos aluviales antiguos, formando un conjunto con litología semejante al nivel de colmatación.
- d. Aluvial del río Fardes y Arroyo de Gor: Los depósitos más recientes están constituidos por terrazas aluviales y rellenos de cauces, con litología conglomerática y arenoso-limosa, correspondientes a la red fluvial actual del valle del río Fardes y ramblas afluentes, como el Arroyo de Gor. En general, se trata de depósitos de escasa potencia, con algunas decenas de metros de espesor como máximo.

Hidrogeología

Se distinguen dos conjuntos de interés hidrogeológico; por un lado los materiales carbonatados del Lías y por otro los depósitos aluviales del río Fardes y arroyos afluentes. El resto de materiales aflorantes, si exceptuamos algunos tramos conglomeráticos de la Formación Guadix pueden considerarse impermeables. En este grupo se incluyen la formación triásica, toda la serie cretácica-paleógena y la mayor parte de las formaciones de Guadix y Gorafe-Huélogo.

1. Rocas Carbonatadas del Lías: Existen tres afloramientos de entidad: Serreta-Pico del Romeral-Los Cocones, Peña del Fraile y Cerro de la Raja.

Serreta-Pico del Romeral-Los Cocones: Se trata de un acuífero aislado de unos 6 km² de extensión, superpuesto mecánicamente a las margas eocenas. No se observa en el mismo, ningún punto de descarga importante ni se detectan descargas ocultas. Puede considerarse un acuífero colgado, por lo que carece por completo de interés

La Peña del Fraile: es poco conocida hidrogeológicamente. En este afloramiento no se observan puntos de descarga, si bien, la conexión con el río Fardes parece que es segura.

El Cerro de la Raja posee una extensión de 0,4 km² y en el mismo aparecen las surgencias del Balneario de Alicún, a favor de una fractura NE-SO. Las aguas drenadas por estas surgencias presentan una salinidad muy elevada.

2. **Acuíferos Aluviales:** Están compuestos por materiales detríticos gruesos muy permeables, con rendimientos aceptables. El aluvial de río Fardes presenta un quimismo en sus aguas subterráneas que se caracteriza por su elevada salinidad, fundamentalmente aguas abajo de las surgencias del Balneario de Alicún, donde presenta conductividades que pueden superar los 2.500 µS/cm. El aluvial del río Gor carece de sección y extensión como para pensar que los recursos que explota el pozo C-1 procedan en su totalidad de este acuífero. Su calidad química es aceptable y contrasta con la mala calidad química que posee el sondeo C-2, situado a escasos 100 m eso sí en el acuífero aluvial del río Fardes. Esto nos indica que los recursos que explota el pozo C-1 procede en parte del drenaje de las margocalizas y calizas cretácicas encajantes de este acuífero.

05-02 U.H. QUESADA-CASTRIL

Esta unidad afecta en su extremo septentrional a los cursos altos del Guadalquivir y Guadalimar. El extremo meridional, corresponde a la cuenca del Guadiana Menor de la que son tributarios los ríos Ceal, Guadalentín y Castril que se nutren de la descarga de los acuíferos.

La unidad se asienta en el dominio del Prebético Interno, caracterizado por una potente serie mesozoica. Los afloramientos corresponden al Cretácico Superior en el que predominan los materiales carbonatados. Especialmente relevantes a efectos de las aguas subterráneas, son los pisos del Cenomaniense-Turoniense, que cuentan con un importante paquete de dolomías, y el Senoniense, en el que los materiales más característicos son calizas muy karstificadas. El conjunto está afectado con importantes pliegues y cortados por fallas normales e inversas que condicionan la geometría de los acuíferos. Sobre estos materiales aparecen también calizas terciarias del Eoceno e incluso del Mioceno, conectadas a las anteriores en algunos casos.

En el conjunto de la unidad, se han identificado las siguientes subunidades, de las cuales solo hablaremos de la subunidad que se ve afectada en este estudio:

- Subunidad de la Sierra de Segura.
- Subunidad del Pinar Negro.
- Subunidad de la Sierra del Pozo.
- Subunidad de la Sierra de Castril.
- Subunidad de la Sierra Seca: Corresponde a un gran pliegue anticlinal asimétrico, en cuyo flanco oriental aflora una potente serie cretácica, que puede sobrepasar los 100 m de potencia, lo que hace pensar en un importante volumen de reservas, aunque no hay estudios suficientemente detallados que permitan precisar sobre el tema. La extensión de los afloramientos permeables alcanza los 63 km².

Por el momento no hay explotación significativa de los recursos de la unidad. Algunos manantiales se utilizan para abastecimiento urbano, como es el caso del denominado Manantial el Guardal, que abastece, como ya se ha comentado en apartados anteriores, a pedanías como Duda-La Parra, Canal de San Clemente, y a los municipios de Castillejar y Benamaurel.

Cualquier actuación sobre esta unidad o acuífero debe contemplar el carácter de suministro medioambiental a los Parques Naturales en que esta unidad se encuentra enclavada.

Las aguas de esta unidad tienen facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas o magnésico-cálcicas, y en general, una baja mineralización. Los acuíferos son, sin embargo, muy vulnerables a la contaminación debido al carácter carbonatado y al gran desarrollo de fenómenos kársticos.

05-03 U.H. DUDA-LA SAGRA.

Este acuífero o unidad está enmarcada dentro de los términos municipales de Puebla de Don Fadrique, Huéscar, Castril, y Castillejar. Incluye en un disposición NE-SW, las Sierras de la Sagra, Moncayo, Duda y el Cubo.

Con una superficie de afloramientos permeables de unos 50 km², la Unidad se sitúa en el frente del Subbético con una serie jurásica de dolomías, calizas oolíticas y margocalizas que cabalga hacia el noroeste sobre el Prebético. La superficie de despegue está formada por arcillas del triás y por la Unidad Tectónica Miocena (nivel de margas y areniscas tectonizadas que incluyen masas olitostromicas de materiales diversos de edad Triásico a Mioceno). (libro homenaje M. Valle).

La alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los propios afloramientos. La descarga se efectúa por numerosas surgencias (Manantial los Agujeros, la Fuensanta, la Laguna, el Morteruelo,...), situadas generalmente en los bordes de las subunidades, así como por la descarga directa a los ríos Guardal y Raigadas.

Las estimaciones sobre el balance hídrico aportan unos 7 Hm³/año para el total de la unidad, que pueden repartirse en 2,85 Hm³/año para Sierra de Duda-Loma del Perro, 2,85 Hm³/año para Sierra del Moncayo y 1,30 Hm³/año para Sierra de la Sagra.

Los valores de transmisividad están comprendidos entre 850 y 8.500 m²/día (DGOH, 1995).

Las aguas son de buena calidad, con facies bicarbonatada cálcica, con contenidos salinos del orden de 300 mg/l, habiéndose medido excepcionalmente 1.000 mg/l.

Por tratarse de materiales carbonatados, muy permeables por fisuración-karstificación, presentan un alto riesgo de contaminación. Puede existir un riesgo de alteración natural de la calidad de esta agua debido a la existencia de sectores en los que se produce contacto con los yesos y sales del Triás (Keuper).

05-04 U.H. HUÉSCAR-PUEBLA DE DON FADRIQUE

Situada inmediatamente al este de la anterior, está formada por las Sierras Carbonatadas de Montilla, Jureña, Encantada y Alcantín, que se corresponden con materiales calizo-

dolomíticos de la serie jurásica dispuestos en sinclinal (con una potencia para el lías de 300-550m); y también por el denominado Llano de los Campos de la Puebla y adyacentes de Huéscar y Puebla, formado por arenas, gravas y conglomerados Pliocuaternarios con una potencia de 30 y 150 m.

Presenta una superficie permeable de unos 170 km², un coeficiente de almacenamiento entre 10⁻⁴ y 10⁻², una permeabilidad entre 69 y 86 m/d y una transmisividad entre 43.200 y 4.320 m/d (FAO-IGME, 1970)

Desde el punto de vista hidrogeológico, la UH está constituida por dos subunidades:

- 1) Huéscar-Puebla: acuífero carbonatado permeable por fisuración-karstificación
- 2) Subunidad detrítica-pliocuaternaria (zona del llano), cuya permeabilidad por porosidad intergranular es muy variable, según el contenido de arcilla.

La profundidad del agua en casi todo el Llano de la Puebla se sitúa próxima a 40 m, mientras que en la zona de Huéscar los niveles se sitúan a profundidades entre 30 y 50 m. Mencionar que la piezometría ha seguido una evolución acorde con la precipitación, de manera que durante los años 1969 a 1974, periodo que puede ser considerado como húmedo, suben los niveles generales, en tanto que a partir de 1974 y hasta 1987, con precipitaciones inferiores a media, se asiste a un descenso que, en algunos casos, puede llegar hasta 10 m.

La alimentación se realiza, por una parte, por infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los materiales carbonatados y recubrimientos detríticos pliocuaternarios y, por otra parte, por infiltración de la escorrentía superficial producida en los materiales que constituyen la cuenca endorreica que vierte hacia los Campos de la Puebla. Se estiman unas entradas teóricas al sistema del orden de 30 a 44 hm³/año, de las cuales, 24 a 28 hm³/año son debidas a la infiltración directa y 6 a 16 hm³/año a la infiltración de las escorrentías de la cuenca endorreica.

Las salidas visibles del acuífero tienen lugar, bien de manera natural a través de los manantiales (Fuencaliente, Parpacén,...) o mediante extracciones por bombeo. Se desconocen las salidas que con toda probabilidad se producirán por escorrentía subterránea hacia los sectores circundantes. En la actualidad, las salidas visibles de la UH se evalúan en 20,5 hm³/año, correspondiendo 16,4 hm³/año a salidas naturales más 4 hm³/año a las extracciones por bombeo, de los cuales 1,11 hm³/año se utilizan para el abastecimiento y es resto a la agricultura. Estas cifras suponen un porcentaje entre el 46% y el 68% de las entradas supuestas totales del sistema, lo que permite concluir que sus recursos están poco explotados.

En cuanto a la calidad de las aguas, la facies predominante es bicarbonatada cálcico-magnésica, aumentando la concentración de sales de Norte (salinidad menor de 250 mg/l) a Sur, en relación con la dirección del flujo, haciéndose sulfatadas las aguas.

La totalidad de la unidad presenta un alto riesgo a la contaminación por el grado de fisuración y karstificación de los materiales carbonatados, como por la porosidad primaria de los materiales detríticos. Es preocupante la situación de vertederos incontrolados, como el situado aprovechando el canal de Carlos III que se está rellenando actualmente.

05-09 U.H.ACUÍFERO BAZA-CANILES

La unidad hidrogeológica Baza-Caniles está situada en una de las cuencas intramontañosas neógenas que se disponen a lo largo del contacto entre las Zonas Internas y Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, la depresión de Guadix-Baza, concretamente la Hoya de Baza, constituida por los depósitos de edad Neógeno-Cuaternario.

El límite Sur del acuífero corresponde a los micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride, que deben configurar buena parte del sustrato impermeable de la cuenca; los límites E y W corresponden a la Sierra de Baza y Sierra de las Estancias (Complejo Alpujárride), que descargan subterráneamente hacia el acuífero detrítico y constituyen una de las principales recargas de este sistema.

Los depósitos que constituyen el relleno de la depresión han sido estudiados por numerosos autores (Vera, 1970; Peña, 1985; Goy et al., 1989; Guerra-Merchán, 1992)⁽⁷⁾. La base de la secuencia sedimentaria corresponde a conglomerados, arenas y margas marinas de edad Tortoniense Superior. Sobre ellos se disponen la Formación Guadix y la Formación Baza.

Formación Guadix: está constituida principalmente por conglomerados (con cantos de esquistos, mármoles, calizas y dolomías), que hacia el S de Caniles pasan a facies arenosas que llegan a ser predominantes en el sector meridional. Se han interpretado como depósitos aluviales, pudiéndose reconocer distintos conjuntos litológicos, que a grosso modo constituyen los diferentes cuerpos sedimentarios de los abanicos aluviales que rellenan la cuenca. Esta formación hacia el sector de Baza, se sitúa próxima al sustrato de la cuenca, estando cubierta por materiales del "Nivel de Colmatación" y hacia el centro de la cuenca están cortados y relacionados con materiales algo más recientes, por contactos mecánicos normales. En general este conjunto está constituido por conglomerados bastante cementados, alimentados exclusivamente por cantos carbonatados muy angulosos procedentes del Complejo Alpujárride de la Sierra de Baza.

Formación Baza: recubre la formación Guadix y configura, en conjunto, un límite impermeable debido a que está constituida por margas, margocalizas, yesos y, en menor medida, por lutitas con intercalaciones de arena y niveles de lignito. (Guerra-Merchán, 1992), señala que la formación Baza cambia de facies con la formación Guadix en todas direcciones hacia los bordes de la cuenca y diferencia en ella 3 miembros:

- Miembro calizo-margoso.
- Miembro margoso-limoso.
- Miembro margoso-arenoso.

Sobre los materiales pliocenos, se encuentran los materiales Cuaternarios. Según Vera (1970) distingue de forma general entre el Cuaternario antiguo (depósitos antes de individualizarse la red fluvial actual) y Cuaternario reciente. Atribuye al cuaternario

antiguo un tramo de brechas y conglomerados que constituyen el “nivel de colmatación” de la cuenca, con costras de exudación; hacia el interior de la cuenca pasan progresivamente a una superficie topográfica característica de un glacis. En el Cuaternario reciente se distinguen 4 tipos de materiales: glacis reciente, formado en relación con la red fluvial actual; depósitos aluviales ligados a los cauces actuales y formado por arena y grava; trabertinos y derrubios y depósitos de pie de monte, acumulados en bordes de laderas escarpadas. De los Cuaternarios, son las terrazas aluviales y los rellenos de los cauces actuales los que presentan mayor interés hidrogeológico.

En este sistema detrítico de Baza-Caniles se distinguen dos subunidades hidrogeológicas: el acuífero Mio-Plioceno (constituido por las arenas tortonienses y la Formación Guadix) y el acuífero Cuaternario (Delgado-Pastor et al, 1989, IGME-CHG, 2002)

El acuífero Mio-Plioceno presenta su máxima potencia en la zona meridional de la cuenca (más de 500 m de espesor), y disminuye hacia los bordes y el límite con la Formación Baza. Su transmisividad varía entre 170 y 300 m²/día en los conglomerados y entre 900 y 1700 m²/día en las arenas, en tanto que el coeficiente de almacenamiento es del orden de 10⁻²-10⁻³ (ITGE 2000). El flujo subterráneo presenta un sentido general S-N, con tendencia SSW-NNE en el borde de la Sierra de Baza. La descarga se produce a través de surgencias, principalmente localizadas en el límite entre la Formación Guadix y la Formación Baza (Manantial Siete Fuentes, Manantial de la Fuente de San Juan y Manantial de Zalema) aunque estrechamente ligadas a los afloramientos carbonatados alpujárrides. La geometría de este acuífero es compleja, dado que el origen de estos materiales está ligado al desarrollo de varias fases sucesivas de abanicos aluviales, afectados, además, por procesos neotectónicos recientes. Ello da lugar a importantes variaciones del espesor del acuífero y de la granulometría de los sedimentos, de modo que en algunos sectores los niveles más permeables se encuentran confinados bajo depósitos distales de grano fino (“acuífero confinado superior”). Hacia el centro de la cuenca, son las margas y evaporitas de la Formación Baza, con más de 200 m de potencia, las que confinan el acuífero Mio-Plioceno (“acuífero confinado profundo”). En ambos casos, el acuífero presenta condiciones artesianas (Hidalgo et al., 1995).

El acuífero Cuaternario está constituido por depósitos de terrazas aluviales y presenta un espesor medio de 20 m. Se encuentra en conexión hidráulica tanto con la Formación Guadix como con la Formación Baza.

Tras la realización de análisis de contenido en isótopos estables (oxígeno 18 y deuterio) de las aguas (Peña, J. A., 1985), se deduce que la recarga procede de la Sierra de Baza y Sierra de las Estancias, y pone de manifiesto la existencia de diferentes mecanismos de infiltración en ambos sectores. Estos estudios también han puesto de manifiesto que la recarga efectiva de los acuíferos se debe principalmente a las precipitaciones de otoño e invierno.

Según la actualización del balance hídrico de este sistema (ITGE 2000), los recursos medios del acuífero de Baza-Caniles se estiman en 34 hm³/año, de los que 10 hm³/año corresponden a los aportes subterráneos del sector oriental de la Sierra de Baza, 1,5 hm³/año a la infiltración de la descarga de los manantiales del sector suroriental de dicha unidad, 15 hm³/año a la infiltración de la escorrentía desde el borde nevado-filábride y 7,5 hm³/año a la infiltración de la precipitación. La principal descarga del sistema corresponde a las salidas por manantiales y galerías (18,5 hm³/año), junto con las descargas subterráneas a través de los ríos Gállego, Golopón y Valcabra (8,5 hm³/año)

U.H. 05.32 DEPRESIÓN DE GRANADA

La mayor parte de esta Unidad se ubica en la depresión intramontañosa de Granada, a ambos márgenes del río Genil y su prolongación hacia el Noreste y Oeste a través de los valles de los ríos Cubillas y Genil, respectivamente. Tiene una superficie total de 1.000 km² que se extiende entre las localidades de Cenes de la Vega, al Este, y Huétor-Tájar, al Oeste; y entre las poblaciones de Dílar-Alhama de Granada, por el Sur, y de Piñar-Valderrubio por el Norte.

Esta formada por materiales neógeno-cuaternarios del relleno postorogénico de la Depresión, con litologías variables desde las fracciones conglomeráticas a las arcillosas. Cuenta con unos recursos totales de 280 hm³/año. Las extracciones en el conjunto de la Unidad son de 47,15 hm³/año, básicamente destinadas a abastecimiento y regadío, deduciéndose de ambas cifras que la Unidad es excedentaria.

A grandes rasgos, se diferencian dos sectores según la representatividad e interés hidrogeológico de los distintos términos litológico, el sector suroriental o Subunidad de la Vega en sentido estricto y resto de la Unidad que constituye la Subunidad detrítica miopliocena.

La **Subunidad de la Vega** es la más importante, con una superficie de 200 km² que se extiende a ambos márgenes del río Genil. En ésta se encuentran ampliamente representados materiales del Cuaternario reciente (Pleistoceno-Holoceno): gravas, arenas y arcillas aluviales, con frecuentes intercalaciones arcillosas y niveles conglomeráticos hacia los bordes. Presenta potencias superiores a los 300 m bajo el cauce del río Genil, y de 50 m en los bordes, sobre un sustrato de naturaleza limo-arcillosa. Los cambios de facies son continuos, tanto en la vertical como en la horizontal. Presenta altas transmisividades en el área central, a lo largo del eje del río Genil, que hacia los bordes se hacen menores por la presencia de niveles de conglomerados cementados. Las facies hidroquímicas son mayoritariamente bicarbonatadas-cálcicas, pasando a sulfatadas-cálcicas en amplios sectores del acuífero por la presencia de materiales evaporíticos.

Las entradas se producen fundamentalmente en el sector oriental: por infiltración de las aguas de escorrentía de la cuenca del Alto Genil y los retornos de riego; por aportaciones laterales de borde procedentes de escorrentías de materiales miopliocenos menos permeables y entradas ocultas del sistema carbonatado de Sierra Elvira; y en tercer lugar por infiltración directa del agua de lluvia. El total de entradas se puede estimar en 232 hm³/año, aunque hay autores que establecen una cifra inferior. Las extracciones medias en la Subunidad se estiman en 44,47 hm³/año, distribuidas en 13,6 para abastecimiento, 22,5 para riegos y 8 para la industria. El volumen máximo de explotación para esta Subunidad se establece en el 162 hm³/año. (Fuente: Propuesta de Normas de Explotación de la U.H. 05.32, Depresión de Granada IGME 1993)

Si bien, la Unidad es excedentaria, localmente se detectan ligeros descensos piezométricos en un área comprendida entre Santa Fe-Atarfe-Bobadilla-La Zubia, donde se concentra el mayor volumen de extracciones por bombeo. Otro sector en el que se pueden producir problemas de calidad por la proximidad a la superficie de un sustrato evaporítico es el de Vega de Láchar-Aeropuerto-Romilla.

De esta Subunidad se abastecen, por lo que respecta a la 5ª-6ª Fase del Plan de Control, los núcleos de Monachil y Chauchina

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

Los datos de balance que se indican en cuadro 8 se han recopilado de estudios previos, fundamentalmente de las Propuestas de Normas de Explotación de la Cuenca del Guadalquivir (1993), y no pretenden dar valores absolutos, sino órdenes de magnitud, y por lo tanto una aproximación al volumen de recursos hídricos disponibles.

CUADRO 8.- BALANCES DE ACUÍFEROS EXPLOTADOS

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA (SECTOR EXPLOTADO)	SUPERF. (km²)	RECURSOS TOTALES (hm³/año)	SALIDAS NATURALES (hm³/año)	BOMBEOS (hm³/año)
05.02 Quesada-Castril	315	130	-	-
05.03 Duda-La Sagra	50	7	-	-
05.04. Huéscar-Puebla de Don Fadrique	570	30	16,4	4
05.09 Baza-Caniles	125	21 - 26	16 - 20	
05.11 Sierra de Baza	272	35	15	1
05.13 El Mencal	28	11,7	2,7	2
05.65 S. de Padul	87	21	>20	1
05.31 S. de La Peza	213	71	-	-
5.32 Depresión de Granada	200	184-232	152-200	44
5.42 Sierra Tejeda- Almijara	720	190	-	-

4.3. - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO

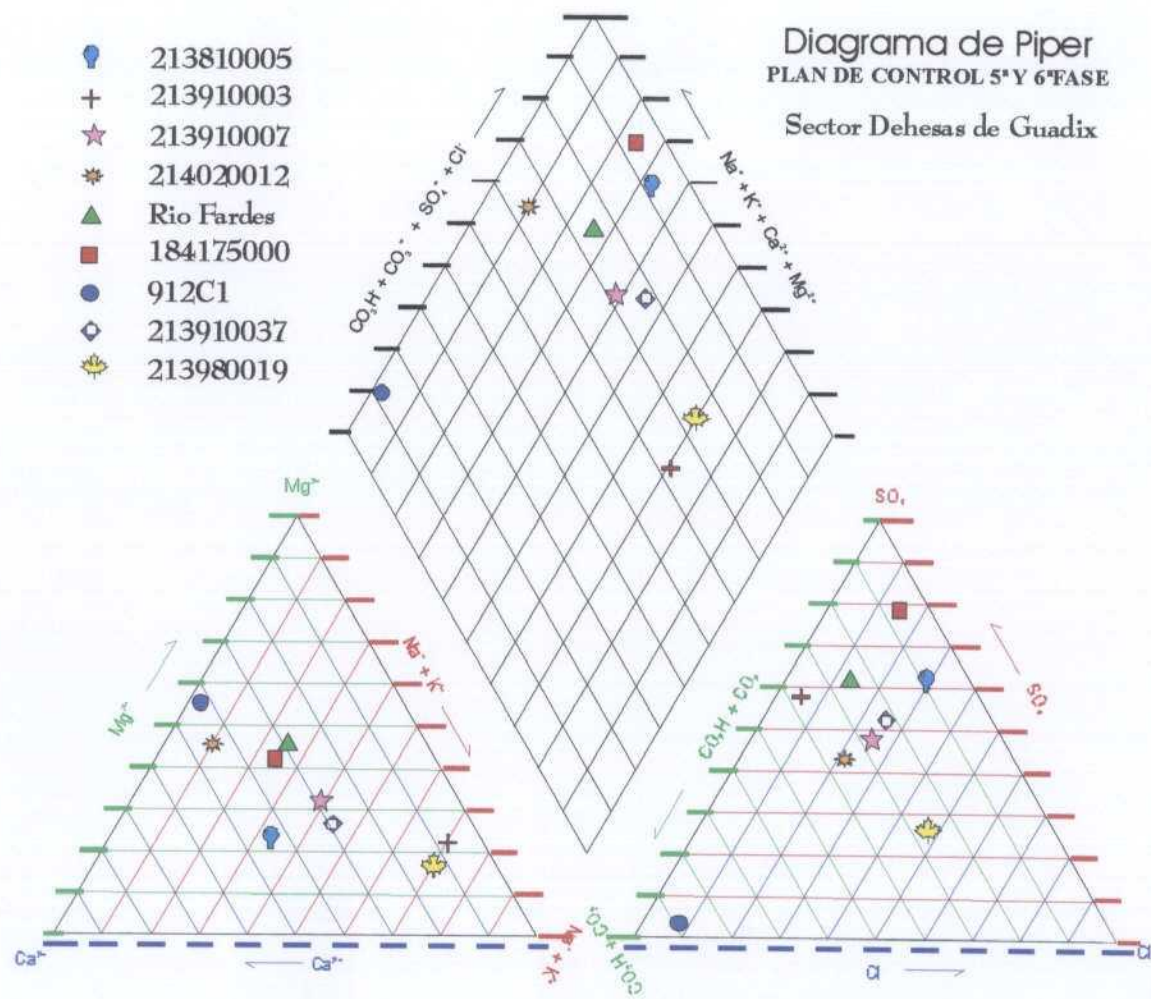
Con objeto de conocer las características químicas del agua y su calidad para utilización en abastecimiento, se han recopilado los análisis químicos de las aguas de abastecimiento procedentes de las diferentes fuentes de suministro realizados por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía o por 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 tomado 36 muestras de las captaciones más representativas de los abastecimientos urbanos analizados, con especial atención en aquellas en las que se ha detectado posibilidad de contaminación.

Los análisis han sido realizados en el Laboratorio Agroalimentario Atarfe de 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 el cuadro 9.

En el diagrama de Piper de la figura 6^a, 6^b, 6^c y 6^d se muestran las facies hidroquímicas de las muestras.

CUADRO 9.- RESUMEN CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

IONES mg/l																
MUESTRA	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	Carbonatos	Nitratos	Nitritos	Fluoruros	Boro	Amonio	Residuo Seco a 110 °C	Conductividad	pH a 20 °C
184175000	113	32	53	2	58	131	390	<3	50	<0,05		<0,2	0	711	851	7,9
184175000	108	81	88	6	78	625	49	6	8	<0,05		0,20	0	1066	1236	8,0
184330004	21	26	1	1	14	<5	178	5	<5	<0,05		<0,2	0	224	258	8,4
194160001	13	60	19	4	23	65	273	6	6	<0,05		<0,2	0	324	519	8,3
194240054	51	24	1	1	11	61	171	5	<5	<0,05		<0,2	0	323	380	8,2
194240058	208	75	6	1	18	655	183	<3	<5	<0,05		<0,2	0	1214	1169	8,0
194240061	10	44	3	1	18	5	203	8	17	<0,05		<0,2	0	107	345	8,4
204081000	44	41	295	9	323	227	305	<3	<5	<0,05		0,60	0	1006	1534	7,9
204210010	20	34	1	<0,5	14	16	188	7	<5	<0,05		<0,2	0	331	313	8,4
204221000	2	2	1	1	<10	2	15	<3	<5	<0,05		<0,2	0	59	21	7,1
204261000	3	2	1	1	<10	2	22	<3	<5	<0,05		<0,2	0	21	23	7,4
213810005	301	112	240	12	355	1070	183	<3	<5	<0,05		0,60	0	2300	2520	7,6
213910003	24	41	230	10	32	415	317	12	<5	<0,05		1,20	0	864	1126	8,4
213910007	108	71	160	7	147	420	293	6	37	<0,05		0,40	0	1072	1413	7,9
213910037	180	100	300	11	284	759	390	<3	38	<0,05		0,40	0	1875	2250	7,6
213980010	47	48	4	1	11	43	310	<3	6	<0,05	0,90	<0,2	0	385	532	7,9
213980010	56	44	4	1	25	40	281	6	5	<0,05		<0,2	0	405	521	8,2
213980019	119	53	8	2	12	265	300	<3	<5	<0,05	1,30	<0,2	0	737	848	7,6
214020012	100	63	24	4	85	230	244	<3	<5	<0,05		<0,2	0	748	903	7,9
214070018	16	64	27	1	35	30	288	6	37	<0,05		<0,2	0	423	593	8,3
214080008	63	38	3	1	<10	123	222	<3	5	<0,05	0,80	<0,2	0	416	518	7,7
223740009	54	7	1	1	<10	2	210	<3	<5	<0,05		<0,2	0	195	294	7,6
223740011	43	17	5	1	<10	33	168	<3	7	0,08		<0,2	0	240	308	7,9
223740015	40	12	2	<0,5	<10	10	159	<3	<5	0,16		<0,2	0	187	247	7,9
223760011	46	11	2	1	<10	2	188	<3	<5	0,06		<0,2	0	195	263	7,8
223840032	47	18	9	1	14	37	166	<3	19	<0,05		<0,2	0	279	366	7,6
223950007	66	56	4	1	<10	184	251	<3	5	0,07	1,60	<0,2	0	532	645	7,7
224010002	42	23	2	1	<10	30	190	<3	<5	<0,05	0,50	<0,2	0	253	332	8,0
224010022	35	24	2	1	<10	3	210	4	<5	0,07	<0,5	<0,2	0	218	306	7,9
224010040	84	49	4	1	<10	198	217	<3	<5	0,06	0,50	<0,2	0	549	655	7,8
224050001	42	15	6	1	18	9	183	<3	<5	<0,05		<0,2	0	201	1169	8,0
224140017	48	21	3	1	18	19	200	4	7	<0,05		<0,2	0	211	349	8,1
224140026	43	25	2	1	14	12	220	6	6	<0,05		<0,2	0	215	346	8,1
233720032	78	20	8	2	14	84	227	<3	12	0,10		50,20	0	381	491	7,6
912C1	34	28	1	1	<10	4	232	<3	<5	<0,2		<0,2	0	234	318	8,0
Rio Fardes	92	90	88	6	87	460	244	<3	6	<0,05		0,20	0	1027	1202	7,90



- ▲ 233720032
- 223840032
- 223740009
- ◊ 223740015
- ☀ 223740011
- ⊙ 223760011

Diagrama de Piper
PLAN DE CONTROL 5ª Y 6ª FASE

Sector Huescar

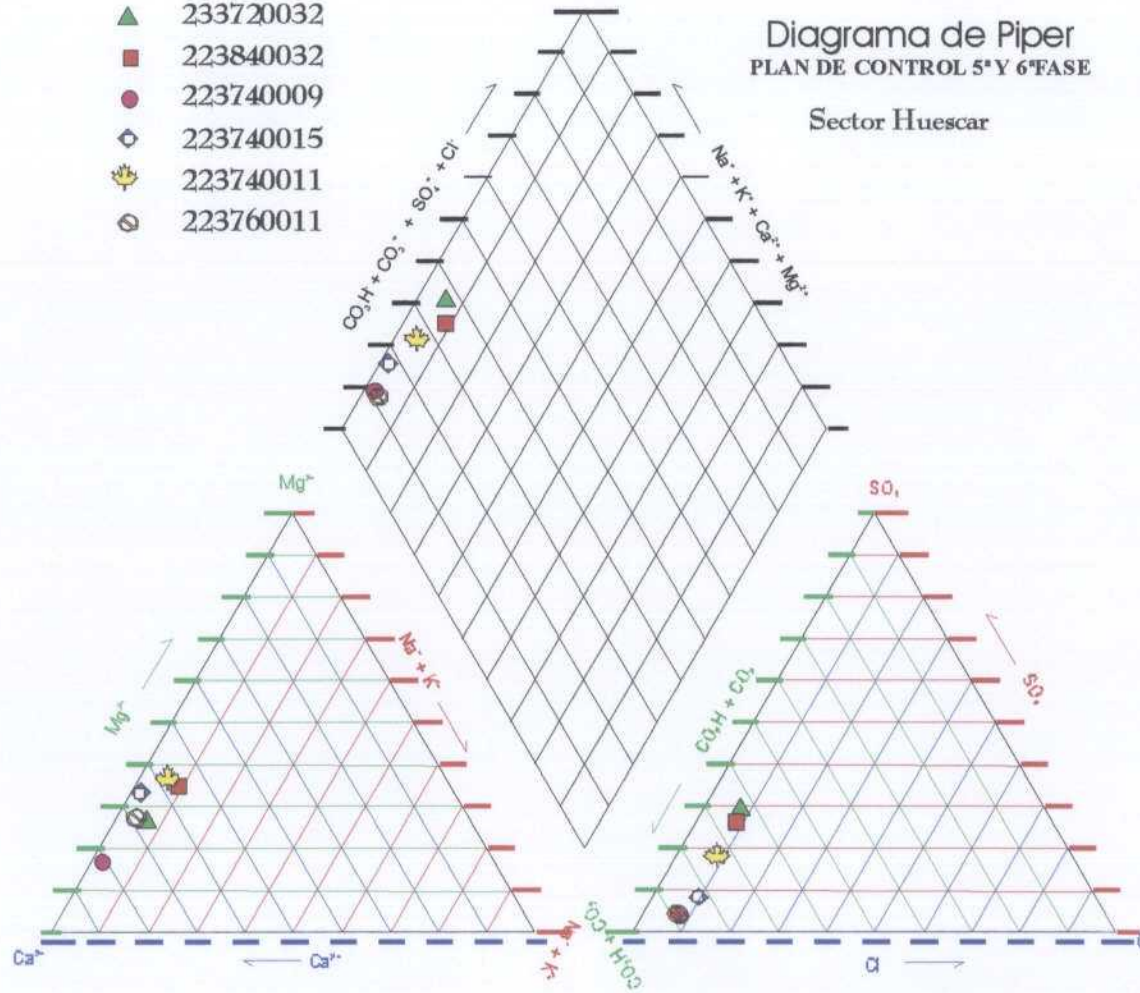
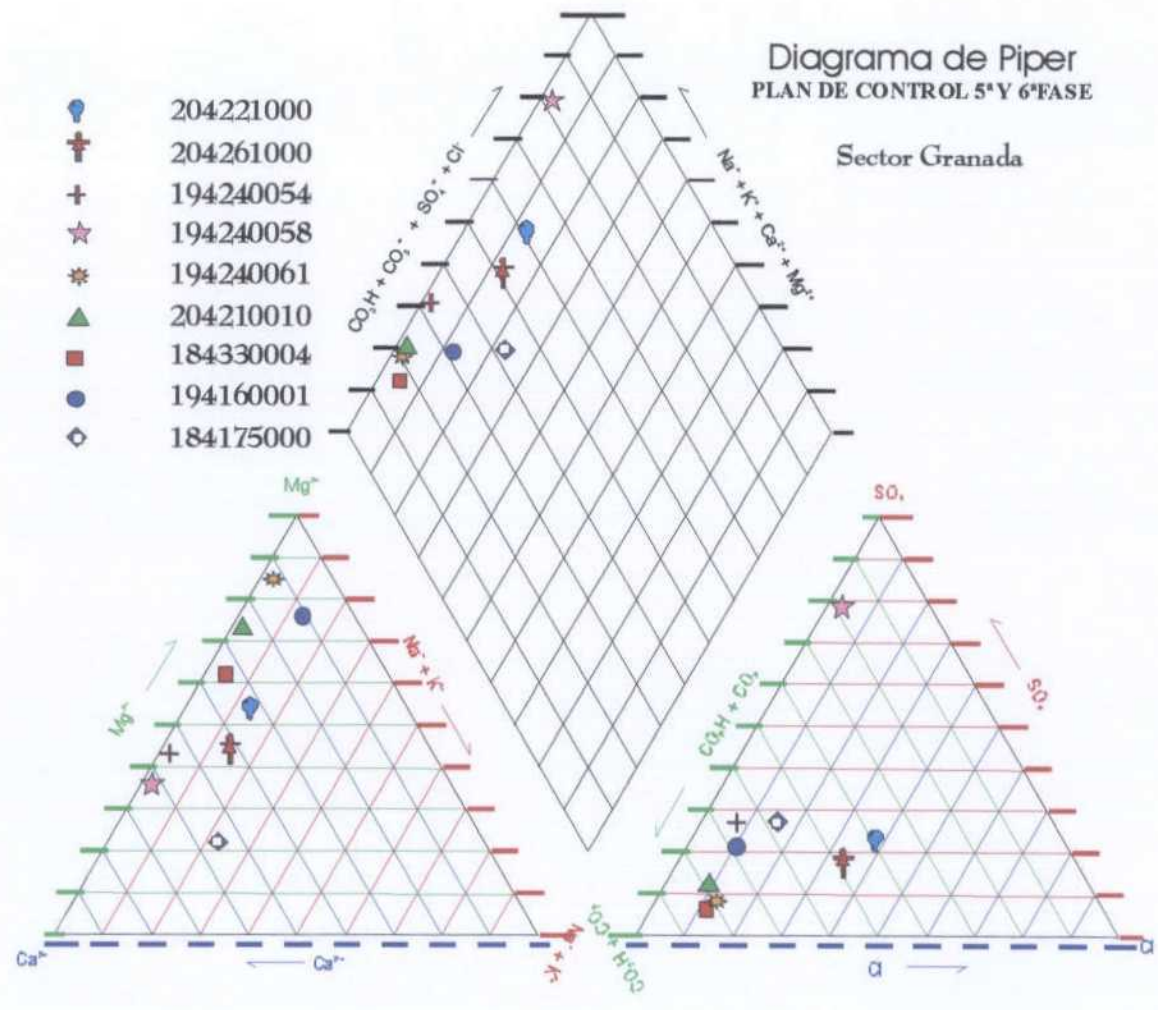
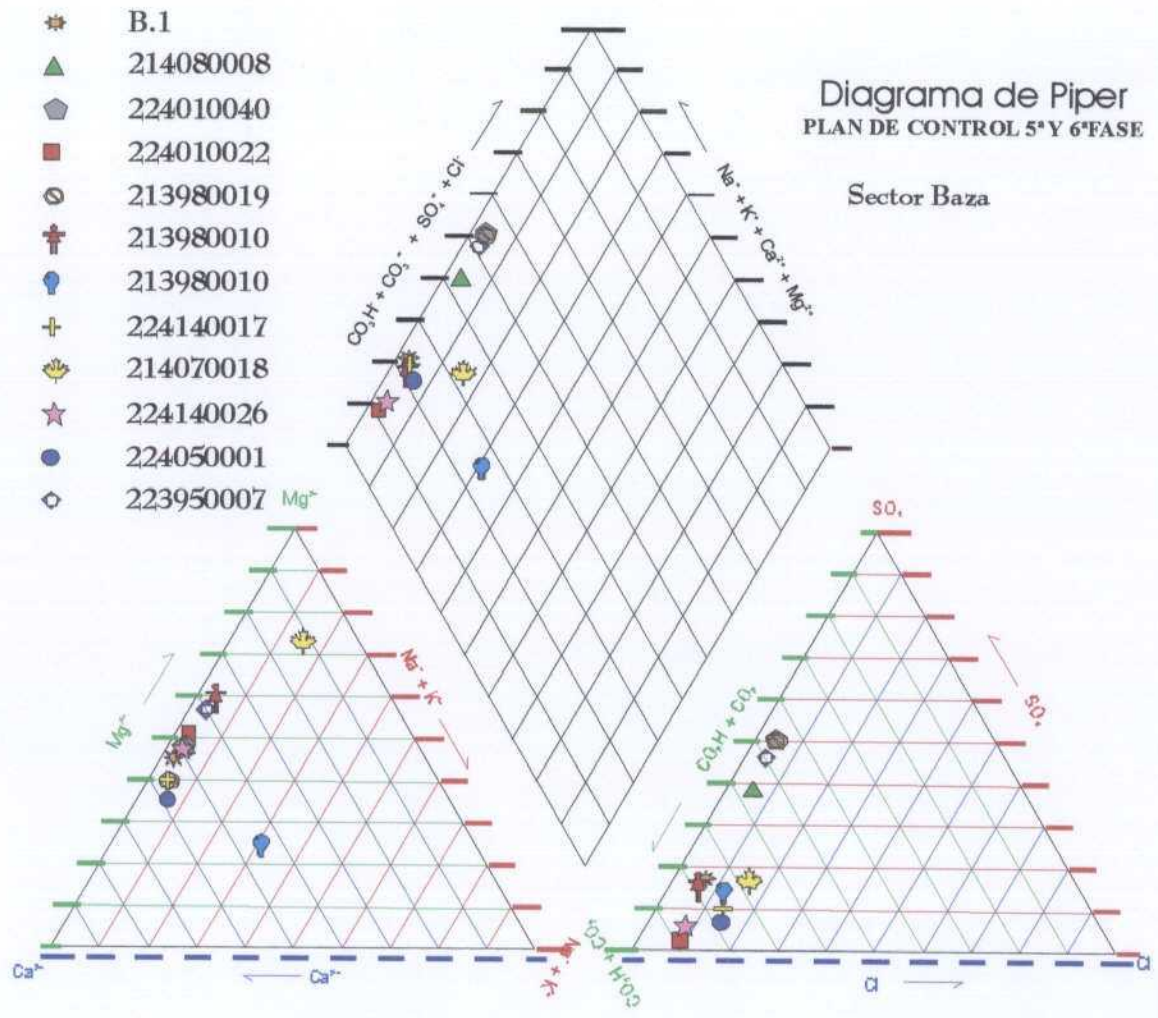


fig.6^b





En general las conductividades registradas presentan valores superiores al nivel guía (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20° C), aunque siempre por debajo del valor límite, oscilando entre 2520 de Dehesas de Guadix, y 21 agua prácticamente destilada de Pradollano, (Monachil), con un valor medio de 699.

En general todas las aguas son de facies bicarbonatadas cálcicas de buena calidad para el consumo.

El sector de Dehesas de Guadix, Villanueva de las Torres, Alicún de Ortega y Fonelas presenta mala calidad química por enriquecimiento de sales, procedentes de las facies Trias Keuper y aguas antiguas en la Formación Guadix

El sector de Huéscar presenta una alineación de puntos que parece indicar un proceso común entre ellas. Un estudio mas profundo de este fenómeno seria muy recomendable.

4.4.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL

En el cuadro 10 se extraen las principales características de los abastecimientos a los núcleos urbanos estudiados en esta 5ª-6ª fase del Plan de Control, que totalizan una población de 61.260 habitantes, según revisiones municipales del padrón del año 2003. En las siguientes columnas del cuadro se indica, en m³/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.

Como puede observarse en el cuadro 10, excepto en Puebla de Don Fadrique y Gorafe, las dotaciones reales son superiores a las teóricas entre un 20 y un 80%, llegando incluso a duplicarla, como ocurre en Ventas de Huelma. La explicación de este hecho puede deberse, por una parte, a pérdidas en la red que pueden llegar a ser cuantiosas y, por otra, a la importancia de la urbanización de baja densidad, con amplias zonas verdes que incrementan la demanda y de la población estacional en los municipios analizados, que llegan a duplicar la dotación teórica en el período estacional.

Respecto al origen del abastecimiento de agua, la mayor parte de la población abastecida, 56.890 habitantes (93% de la población total de los municipios estudiados), depende de las aguas subterráneas. Esta dependencia es en algunos municipios testimonial, como son los casos de Gor, Monachil y Villanueva de Mesía, que no llegan al 10% de agua proveniente de sondeos. En el extremo contrario se sitúan Chauchina, Dehesas de Guadix, Fonelas, Freila, Gorafe, Ventas de Huelma y Villanueva de las Torres, cuyos abastecimientos provienen íntegramente de sondeos. Los acuíferos aprovechados para el suministro se indican en los epígrafes precedentes y su situación respecto a la Unidad hidrogeológica se indica en la memoria de cada municipio.

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. En todos los en los que 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.

Las posibles alternativas a los abastecimientos actuales que se planteen deben ser avaladas mediante estudios hidrogeológicos suficientemente detallados.

Los problemas de cantidad de agua en estos últimos años húmedos han perdido peso y lo han ganado los de calidad, principalmente a causa del lavado de sustancias retenidas en la zona no saturada de los acuíferos.

CUADRO 10.- DOTACIONES PARA ABASTECIMIENTO

NÚCLEOS	Población	Volumen bombeado (m3/día)	Demanda Real (m3/día)	Dotaciones (l/hab/día)		Origen de la dotación	
				Real	Teórica	% Sondeos	% Manantiales o capt. Superf.
Alicún de Ortega	693	116,4	274,0	380	250	42,5%	57,5%
Baza	21500	5232,9	6301,4	367	250	83,0%	17,0%
Chauchina	4793				250	100%	
Cuevas del Campo	2300	0,0	958,9	410	250	0%	100%
Dehesas de Guadix	641	367,1	367,1	464	250	100%	0%
Dílar	1500				250	0%	100%
Fonelas	1150	328,8	328,8	330	250	100%	0%
Freila	1000	328,8	328,8		250	100%	0%
Gor	1200	2,0	411,0	213	250	0,5%	99,5%
Gorafe	600	328,8	328,8	528	250	100%	0%
Huéscar	8054	756,2	3561,6	376	250	21,2%	78,8%
Monachil	6200	182,2	5479,5	429	250	3,3%	96,7%
Puebla de Don Fadrique	2643	630,1	630,1	221	250	100%	0%
Santa Cruz de Comercio	570	0,0			250	0%	100%
Ventas de Huelma	683	336,3	336,3	492	250	100%	0%
Villanueva de las Torres	890	438,4	438,4	355	250	100%	0%
Villanueva de Mesía	2043	71,2	547,9		250	13,0%	87,0%
Zújar	2800				250		

Las alternativas a los abastecimientos actuales son en algunos municipios de difícil búsqueda en el ámbito municipal debido a problemas de calidad. Este es el caso de Alicún de Ortega, Dehesas de Guadix y Villanueva de las Torres, en los que se propone una captación de agua superficial desde la presa de La Bolera, aprovechando la conducción de Cuevas del Campo. Es también el caso de Fonelas y Chauchina, los cuales están en vías de solución por medio de captaciones superficiales

En el cuadro 11 se resumen las consideraciones sobre alternativas de abastecimiento indicadas en los respectivos informes municipales.

CUADRO 11.- RESUMEN ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO

MUNICIPIO	ALTERNATIVAS
Alicún de Ortega	<ul style="list-style-type: none"> • Conducción desde la presa de La Bolera.
Baza	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Chauchina	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión a la red de la vega (Aguasvira)
Cuevas del Campo	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Dehesas de Guadix	<ul style="list-style-type: none"> • Conducción desde la presa de La Bolera.
Dilar	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de un sondeo en los parajes "Santa María" y "Poca Leña".
Fonelas	<ul style="list-style-type: none"> • Conducción desde la presa de Francisco Abellán.
Freila	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Gor	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Gorafe	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un nuevo sondeo según lo indicado en el Estudio hidrogeológico puntual en el término municipal de Gorafe (Granada) para la mejora del abastecimiento urbano. (IGME, 1999).
Huéscar	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Monachil	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Puebla de Don Fadrique	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un nuevo sondeo en el paraje de "Las Porcunas".
Santa Cruz del Comercio	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un nuevo sondeo en las cercanías del SEV 2.
Ventas de Huelma	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Villanueva de las Torres	<ul style="list-style-type: none"> • Conducción desde la presa de La Bolera.
Villanueva de Mesía	<ul style="list-style-type: none"> • No se proponen
Zújar	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un sondeo en el paraje del Cerro los Morrones.

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 5ª-6ª 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 contaminantes emitidos en sus vertidos, 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 han 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 tendrán una afección potencial más alta serán la UH 5-32 Depresión de Granada, la UH 5-09 Baza-Caniles y, en menor medida, la UH 5-04 Huéscar-Puebla de Don Fadrique. Esto se debe básicamente a la importancia de los municipios situados en estas zonas, como Baza, Huéscar o Chauchina. Dentro de estas unidades se diferencian a grandes rasgos, zonas de alto riesgo o vulnerabilidad alta, y zonas relativamente protegidas debido a las características de los acuíferos. En este sentido, resulta especialmente vulnerable el acuífero aluvial del río Genil, entre el Puente de los Vados y el Cortijo del Zahorí (Santa Fé), mientras que el acuífero de Baza resulta ser una zona protegida dada la profundidad del nivel piezométrico y las características del terreno.

Puntualmente los acuíferos de la Vega de Granada, Baza y Huéscar son receptores de vertidos industriales generados por la concentración de actividades o pequeñas industrias en suelo industrial, sin infraestructura de depuración, y cuyos vertidos son evacuados directamente desde la red de saneamiento del polígono industrial al medio o al saneamiento municipal. Estos vertidos también afectan a otros acuíferos, aunque en menor medida.

Los acuíferos carbonatados son especialmente sensibles a todo tipo de actividad contaminante, por el escaso poder autodepurador y la gran rapidez de transmisión de los posibles contaminantes, dada la naturaleza de estos acuíferos. Además, la contaminación de estos acuíferos es especialmente grave, ya que, la contaminación normalmente no se advierte inmediatamente y, una vez producida, es muy complicada la restitución a la normalidad. En el presente estudio se han tratado acuíferos carbonatados de gran

importancia, pertenecientes a distintas Unidades Hidrogeológicas como la UH 5-11 Sierra de Baza, UH 5-02 Quesada-Castril, UH 5-03 Duda-La Sagra o UH 5-42 Tejeda-Almijara-Los Cuajares. Sin embargo, la afección potencial sobre estos acuíferos será relativamente baja, dada la escasa importancia de la actividades que se llevan a cabo en estas zonas.

En el cuadro 12 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 que, en cualquier caso, debe concretarse con estudios de detalle.

La ausencia de depuración de las ARU es la tónica general en los municipios estudiados, ya que sólo Baza, Gorafe, Puebla de Don Fadrique y Villanueva de las Torres disponen de una depuradora de aguas residuales en buenas condiciones. Dehesas de Guadix, Gor y Santa Cruz del Comercio también disponen de depuradora, pero no se encuentran en funcionamiento.

En todos los casos el vertido tiene lugar sobre acequias para ser aprovechados para riego posteriormente o sobre cauces de ríos o arroyos, encontrándose en estos últimos, generalmente, un medio más fácil de infiltración al acuífero, lo que conlleva que este tipo de vertidos sean los principales contaminantes de los acuíferos estudiados. En aquellos casos en que los vertidos son utilizados para riego su acción sobre las aguas subterráneas, salvo en acuíferos muy superficiales, se minimiza, ya que la mayor parte de los posibles contaminantes son retenidos y absorbidos por las plantas.

Con excepción de Baza, en todos los municipios estudiados son los vertidos de aguas residuales urbanas los que reciben la mayor parte de los vertidos industriales, ya que la industria se localiza en suelo urbano y sus vertidos se producen a la red de saneamiento municipal, a excepción de las almazaras.

Las mayores concentraciones de actividades industriales de suelo industrial, con producción de efluentes potencialmente contaminantes de distinta naturaleza, se producen precisamente en Baza. Sin embargo, se considera que los vertidos industriales generados no tendrán una afección potencial importante sobre las captaciones de abastecimiento, ya que estos efluentes son depurados y vertidos en una zona alejada de las captaciones. Las actividades industriales si tendrán una afección significativa sobre las captaciones de abastecimiento en Chauchina y en Villanueva de Mesía, ya que se encuentran sobre un acuífero muy explotado y degradado por las actividades de estos y otros municipios.

Otras actividades potencialmente contaminantes son la producción de esparto en Dehesas de Guadix, de Celulosa en Fonelas, una cooperativa de frutas y una fábrica de abonos en Villanueva de Mesía, y la presencia de una central hidroeléctrica en las inmediaciones de los manantiales de Dílar, contaminante sólo en caso de accidente.

También es importante el alpechín generado en las almazaras, presentes en la mayoría de los municipios estudiados. Algunas de estas almazaras disponen de procesos que eliminan la producción de alpechín, generando un subproducto denominado alpeorajo que temporalmente se almacena para ser posteriormente transportado a plantas de tratamiento especiales. En las almazaras tradicionales se acumulan los alpechines en balsas impermeabilizadas para su evaporación. Si las balsas están debidamente acondicionadas, su afección sobre la calidad de las aguas subterráneas se puede estimar baja, pero si no es así, podrían presentar problemas de filtración que afectarán gravemente a éstas.

CUADRO 12: RESUMEN DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
Alicún de Ortega	Sondeo C-1	<ul style="list-style-type: none"> • Microalmazara • Punto de venta de aceite de oliva • Vertidos de ARU 	Baja
		<ul style="list-style-type: none"> • Cementerio 	Insignificante
	Manantiales C-2 y C-3		Insignificante
Baza	Sondeos C-1, C-2 y C-3	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado de ganado • Hospital • Fábrica de hormigón • Tren de lavado • Talleres de automóviles • Taller de acero • Estación eléctrica • Fábrica de hielo • Vertedero de escombros • Cementerio 	Insignificante
		<ul style="list-style-type: none"> • Almazara • Desguace de automóviles • Estación de servicio • Fábrica de patatas fritas • Fábrica de piensos • Secadero de jamones • Polígono industrial 	Bajo
	Manantial C-4	<ul style="list-style-type: none"> • Granjas de ovino-caprino • Vertidos de ARU 	Elevado
	Manantial C-5	<ul style="list-style-type: none"> • Granja eventual 	Elevado

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
Chauchina	Sondeo C-1	<ul style="list-style-type: none"> • Fábrica de conservas • Carpintería metálica • Talleres de automóviles • Almacén de insecticidas • Depósito de queroseno • Polígono industrial 	Bajo, aunque significativo
Cuevas del Campo	Captación C-1	<ul style="list-style-type: none"> • Granjas • Talleres de automóviles • Fábricas de hormigón • Almazara • Estación de servicio • Polígono industrial • Vertedero RSU • Vertido ARU • Cementerio 	Insignificante
Dehesas de Gaudix	Sondeo C-1	<ul style="list-style-type: none"> • Granjas de ovino-caprino • Secadero de esparto • Balsa de cocción de esparto • Vertido de ARU 	Elevada
		<ul style="list-style-type: none"> • Fábrica cárnica 	Media
		<ul style="list-style-type: none"> • Cementerio 	Baja
	Manantial C-2	<ul style="list-style-type: none"> • 	Insignificante
Dílar	Manantiales C-1 y C-2	<ul style="list-style-type: none"> • Central hidroeléctrica 	Elevada
		<ul style="list-style-type: none"> • Vertido de ARU • Cementerio 	Insignificante
Fonelas	Sondeo C-1	<ul style="list-style-type: none"> • Granjas porcinas y avícolas • Celulosa y balsas • Almazara • Vertidos de ARU e industriales • Vertedero RSU • Cementerio 	Insignificante
		<ul style="list-style-type: none"> • 	
		<ul style="list-style-type: none"> • 	

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> Talleres de automóviles Vertido de ARU 	
		<ul style="list-style-type: none"> Granja avícola Fábrica de harinas Cantera Cementerio 	Insignificante
	Manantiales C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6		Insignificante
Monachil	Sondeo C-8 y manantiales C-2 y C-17	<ul style="list-style-type: none"> Polígono ganadero 	Elevada
	Sondeo C-4	<ul style="list-style-type: none"> Polígono ganadero 	Elevada
		<ul style="list-style-type: none"> Taller de automóviles Matadero Vertidos ARU Cementerio 	Baja
	Manantiales C-9, C-10, C-11 y C-16 y toma superficial C-15	<ul style="list-style-type: none"> Restaurantes 	Media-elevada
	Manantiales C-1, C-5, C-6, C-7, C-12, C-13, C-14 y C-16 y galería C-3		Insignificante
Puebla de don Fadrique	Sondeos C-1 y C-2	<ul style="list-style-type: none"> Cooperativa-almacén de abonos Estación de servicio Cementerio 	Elevada
		<ul style="list-style-type: none"> Almacén de materiales de construcción 	Baja
		<ul style="list-style-type: none"> Granja avícola Vertido de ARU (EDAR) Vertedero de RSU 	Insignificante
Santa Cruz del Comercio	Manantial C-1		Insignificante
Ventas de Huelma	Sondeo C-1		Insignificante

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
Villanueva de las Torres	Sondeos C-1 y C-2	• Vertido Balneario Alicún	Media-elevada
		• Granja eventual	Baja
		• Fábrica cárnica • Fábrica de Abonos orgánicos • Almazara • Planta de triturado de áridos • Vertido de ARU (EDAR) • Vertedero de RSU • Cementerio	Insignificante
Villanueva de Mesía	Sondeos C-1 y C-4	• Granjas porcinas • Fábrica de estructuras metálicas • Cooperativa de frutas • Fábrica de piensos • Estación de servicio	Elevada
		• Almacén de abonos • Taller de automóviles • Fábrica de conservas	Media
		• Vertidos de ARU • Cementerio	Baja
	Galería C-2, manantial C-3 y Captación C-5		Insignificante
Zújar	Sondeo C-1 y manantial C-2	• Granjas • Almazara • Matadero • Panadería industrial • Almacén de materiales de construcción • Carpinterías • Vertidos de ARU • Cementerio	Insignificante-baja

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 para todo el ámbito de esta 5ª-6ª Fase en la Planta de Recuperación y Compostaje de Alhendín. Esto ha minimizado el impacto de los vertederos municipales situados en terrenos permeables que aún no han sido sellados. En ninguno de los municipios de esta 5ª-6ª Fase, 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.

A pesar de la importancia de las actividades industriales, destacan como principales agentes contaminantes las granjas, con diferentes tipos de ganado, presentes en casi la totalidad de los municipios estudiados. En muchos casos, se produce una afección directa sobre las captaciones de abastecimiento, como en el manantial de abastecimiento a Baúl (Baza), algunos de los manantiales y sondeos de Monachil, los sondeos de Villanueva de Mesía, el sondeo de Dehesas de Guadix, etc. Se hace por tanto necesario que estas instalaciones sean sometidas a estudios complementarios para definir con precisión su grado de afección sobre las aguas de abastecimiento y, si es necesario, proceder a su clausura y limpieza.

Las fuentes potenciales de contaminación de origen agrícola son especialmente significativas en el caso de acuíferos, sobre todo los 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 substratos superiores, percolando hasta niveles inferiores con los riegos o la llegada de las lluvias, produciendo la paulatina contaminación del acuífero, principalmente por el aumento de las concentraciones de nitratos. Este problema es especialmente grave en aquellas captaciones en detríticos cultivados con niveles acuíferos a escasa profundidad.

6. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A modo de resumen, las principales conclusiones del estudio en esta 5ª-6ª fase del Plan de Control se extraen en el cuadro 13. 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 2003, 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 m³. 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 el cuadro 14 la relación de las tareas más evidentes detectadas en la 5ª-6ª fase del Plan de Control, valorando mediante asignación de un orden de prioridad las posibles actuaciones y justificando la graduación propuesta.

CUADRO 13.- RESUMEN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
Alicún de Ortega	693	1386	500	<ul style="list-style-type: none"> - Conducción desde la presa de la Bolera - Abandonar C-2 y C3 - Nueva conducción de C-1 a D-1 - Nuevo sistema de cloración 	No existe	El agua no cumple la reglamentación sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Microalmazara - Vertidos ARU 	Baja sobre C-1	Nueva conducción desde la presa de la Bolera
Baza	21500	42000	4030	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de depósito en 3000 m³ - Reparación y/o sustitución de la conducción de C-4 a D-1 - Ejecutar un nuevo sondeo - Piezómetro en C-4 - Evitar infiltraciones indeseadas C-4 - Prohibir actividades ganaderas en C-5 y evacuar residuos - Construir un depósito de 100 m³ en las cercanías de D-3 Realizar un sondeo en las cercanías de D-3. 	No existe	En general, no existe, salvo por problemas puntuales de contaminación potencial en C-4 y C-5	<ul style="list-style-type: none"> - Granjas de ovino-caprino - Vertidos de ARU - Granja eventual - Almazara - Diversas actividades urbanas - Polígono industrial 	Alta sobre C-4 Alta sobre C-5 Baja sobre C-1, C-2 y C-3	Realización de un nuevo sondeo en el paraje La Atalaya
Chauchina	4793	4800	1117	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una toma directa desde C-1 a D-1 - Incrementar la capacidad de depósito en 700 m³ - Mejorar la calidad química del agua 	Limitación por la prioridad del aeropuerto para llenar su depósito	No existe, aunque el enriquecimiento en nitratos puede plantear problemas en un futuro cercano	<ul style="list-style-type: none"> - Diversas actividades urbanas - Polígono industrial 	Significativa sobre C-1	Conexión a la red de la vega (Aguasvira)
Cuevas del Campo	2300	5000	1230	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de depósito 300 m³ Nueva conducción desde la presa de La Bolera 	Limitación por las características de la conducción	No existe	<ul style="list-style-type: none"> - Diversas actividades urbanas - Almazara 	Insignificante sobre C-1	Nueva conducción desde la presa de la Bolera
Dehesas de Guadix	641	1500	900	<ul style="list-style-type: none"> - Abandonar los abastecimientos C-1 y C-2 - Mejorar el sistema de cloración - Realizar una nueva conducción desde el pantano de La Bolera 	No existe	El agua no cumple la reglamentación sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Granjas de ovino-caprino - Secadero y balsa de esparto - Diversas actividades urbanas 	Alta sobre C-1	Nueva conducción desde la presa de la Bolera

Dílar	1500	2500	385	- Incrementar el volumen de depósito en 1000 m ³ - Aumentar los recursos hídricos actuales	No existe, pero puede darse en un futuro próximo	No existe	- Central hidroeléctrica	Alta sobre C-1 y C-2	Nuevo sondeo en los parajes "Santa María" y "Poca Leña"
Fonelas	1150	1265	375	- Incrementar el volumen de depósito en 300 m ³ - Abandonar el sondeo C-1 - Mejorar el coso en C-3	No existe	El agua no cumple la reglamentación sanitaria	- Granjas - Almazara - Celulosa y balsas	Insignificante sobre C-1	Nueva conducción desde la presa de Francisco Abellán
Frella	1000	2000	675	- Vigilar el buen funcionamiento del sistema de cloración del depósito D-1	No existe	No existe	- Granjas	Alta sobre C-1	No se proponen
Gor	1200	3600	582	- Incrementar el volumen de depósito en 500 m ³ - Poner en marcha el sondeo C-7 - Realizar una nueva conducción entre el Cerro Negro y Molino Blanco	No existe	No existe	- Ventas-restaurantes	Media-alta sobre C-6 y C-7	No se proponen
Gorafe	600	1200	330	- Incrementar el volumen de depósito en 500 m ³ Realizar un segundo sondeo de abastecimiento. - Cambiar la tarifa de 4.0 a 1.1 en C-1 - Instalación de un transformador en las cercanías de C-1 - Instalar un clorador automático	No existen	No existen	- Granjas caprinas	Baja sobre C-1	Instalación de un nuevo sondeo en la ubicación recomendada por el IGME (1999)
Hués-car	8054	16000	2660	- Incrementar el volumen de depósito en 3000 m ³ - Realizar una investigación que determine la situación del pozo actual - Abandonar C-3 y C-4	No existen	No existen	- Granja de ovino-porcino - Diversas actividades urbanas	Media-alta sobre C-1 Baja sobre C-1	No se proponen
Monachil	6200	32000	14280	- Diseñar una tubería nueva que capte todos los recursos de C-5, C-6 y C-7 Realizar un estudio hidrológico para construir un sondeo que regule los recursos de los manantiales C-5, C-6 y C-7. - Abandonar C-4 y C-8 - Incrementar el volumen de depósito en 2000 m ³ - Estudio geológico de la cuenca del río Monachil aguas arriba de la estación de esquí - Estudio hidrogeológico sobre la zona mencionada para realizar sondeos - Incrementar el volumen de los depósitos, si es necesario, hasta llegar a 30000 m ³	Se producen en Pradollano, en momentos de máxima ocupación	No existen	- Polígono ganadero - Polígono ganadero - Diversas actividades urbanas - Restaurantes	Alta sobre C-8, C-2 y C-17 Alta sobre C-4 Media sobre C-4 Media-alta sobre C-9, C-10, C-11, C-15 y C-16	No se proponen

Puebla de Don Fadrique	2643	4000	935	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de depósito en 200 m³ - Estudio hidrogeológico en el paraje "Las Porcunas" para sustituir a C-1 - Mejorar el sistema de cloración 	No existe	No existe	<ul style="list-style-type: none"> - Cooperativa - Diversas actividades urbanas - Almacén de materiales de construcción 	Elevada sobre C-1 y C-2 Baja sobre C-1 y C-2	Instalación de un nuevo sondeo en el paraje "Las Porcunas"
Santa Cruz del Comercio	570	741	670	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una nueva conducción independiente del Balneario de Alhama - Realizar un sondeo en las cercanías del SEV 2 	Limitación debido al abastecimiento del balneario de Alhama	No existe			Instalación de un nuevo sondeo en las cercanías del SEV 2
Ventas de Huelma	683	1000	205	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de depósito en menos 500 m³ - Disminuir el consumo de energía reactiva - Sondeo piezométrico y limnógrafo en las cercanías de C-1 	No existe	No existe			No se proponen
Villanueva de las Torres	890	1800	680	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar condensadores que mejoren el cosp - Mejorar el control horario del bombeo - Realizar una nueva conducción desde la presa de la Bolera 	No existe	El agua de C-2 con cumple con la reglamentación sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Aguas residuales del balneario de Alicún - Granja eventual 	Media -alta sobre C-1 y C-2 Baja sobre C-1 y C-2	Nueva conducción desde la presa de la Bolera
Villanueva de Mesía	2043	3065	2100	<ul style="list-style-type: none"> - Usar para abastecimiento sólo la conducción desde la presa de los Bermejales 	No existe	No existe	<ul style="list-style-type: none"> - Granjas porcinas - Diversas actividades industriales y urbanas 	Elevada sobre C-1 y C-4	No se proponen
Zújar	2800	3400	925	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de depósito en 300 m³ - Instalar una depuradora por intercambio de iones - Estudio hidrogeológico en el Cerro los Morrones 	No existe	La calidad es aceptable, aunque existe un enriquecimiento en flúor muy importante	<ul style="list-style-type: none"> - Diversas actividades urbanas 	Insignificante-baja sobre C-1 y C-2	Instalación de un sondeo en el paraje del Cerro de los Morrones

CUADRO 14.- PRIORIDAD DE FUTURAS ACTUACIONES

NUCLEOS	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
Alicún de Ortega	Abastecerse de la Presa de la Bolera	II	1
	Abandonar los abastecimientos C-2 y C-3.	I	1
	Realizar una conducción para abastecer al depósito D-1 desde el sondeo C-1.	II	1
	Instalar un sistema de cloración automático y fiable.	I	
	Cambiar la tarifa eléctrica.	I	
Baza	Incrementar el volumen de depósito en al menos 3000 m ³ .	I	2
	Realizar un estudio sobre la conducción que va desde el manantial C-4 al depósito C-1 y prever a reparación y/o sustitución de dicha conducción.	II	2
	Ejecutar un nuevo sondeo.	II	2
	Instalar un piezómetro en el manantial de las Siete Fuentes, C-4.	II	2
	Evitar infiltraciones indeseadas en el manantial de las Siete Fuentes, C-4.	II	3
	Prohibir las actividades ganaderas aguas arriba del manantial C-5 y evacuar los residuos acumulados en esta zona.	I	1
	Construir un depósito de al menos 1000 m ³ de capacidad en las cercanías del depósito D-3.	II	2
	Realizar un sondeo en las cercanías del depósito D-3, previo informe hidrogeológico de detalle.	II	3
Chauchina	Realizar una toma directa desde el sondeo de abastecimiento al depósito actual.	I	3
	Incrementar la capacidad de regulación en al menos 700 m ³ .	I	3
	Abastecerse de otra fuente alternativa	I	1
Cuevas del Campo	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m ³ .	I	3
	Realizar una nueva conducción desde el pantano de La Bolera	II	3

NUCLEOS	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
Dehesas de Guadix	Abastecerse de la Presa de la Bolera	II	1
	Abandonar los abastecimientos C-1 y C-2.	I	1
	Mejorar el sistema de cloración.	I	1
Dílar	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 1000 m ³ .	I	3
	Aumentar los recursos hídricos actuales de cara al previsible aumento de población.	II	3
Fonelas	Abastecerse de la Presa de Francisco Abellan	I	1
	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m ³ .	II	3
	Abandonar el sondeo de abastecimiento C-1.	II	1
	Instalar condensadores en el sondeo C-3 para mejorar el cosφ.	II	3
Freila	Vigilar el buen funcionamiento del sistema de cloración del depósito D-1.	I	3
Gor	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m ³ .	I	3
	Poner en marcha el sondeo C-7.	I	3
	Realizar una nueva conducción entre el Cerro Negro y Molino Blanco.	II	3
Gorafe	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m ³ .	I	3
	Realizar un segundo sondeo de abastecimiento.	II	3
	Valorar la instalación de un transformador en las cercanías del sondeo C-1.	III	3
	Instalar un clorador automático.	I	1
Hués-car	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 3000 m ³ .	I	3
	Realizar una investigación que determine la situación del pozo actual.	II	3
	Abandonar los manantiales C-3 y C-4.	I	1

Monachil	Diseñar una tubería nueva que capte todos los recursos de los manantiales C-5, C-6 y C-7.	II	3
	Realizar un estudio hidrológico para construir un sondeo que regule los recursos de los manantiales C-5, C-6 y C-7.	I	3
	Abandonar los sondeos C-4 y C-8.	II	3
	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 2000 m ³ , con un estudio previo de su ubicación.	I	3
	Realizar un estudio geológico a escala 1:10000 de la cuenca del río Monachil aguas arriba de la estación de esquí.	I	1
	Realizar un estudio hidrogeológico sobre la zona anteriormente mencionada, con el fin de realizar una serie de sondeos.	I	1
	Incrementar el volumen de los depósitos, en caso de que el estudio hidrogeológico resulte negativo, hasta llegar a 30000 m ³ .	II	1
Puebla de Don Fadrique	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 200 m ³ .	I	3
	Realizar un estudio hidrogeológico en el paraje "Las Porcunas" con el objetivo de sustituir al sondeo C-1.	II	3
	Mejorar el sistema de cloración	I	1
Santa Cruz del Comercio	Realizar una nueva conducción que aporte más caudal e independice ésta del abastecimiento del Balneario de Alhama.	I	3
	Realizar un sondeo en las cercanías del SEV 2.	I	3
Ventas de Huelma	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 500 m ³ .	I	3
	Instalar condensadores con el fin de disminuir el consumo de energía reactiva.	II	3
	Realizar un sondeo piezométrico en las cercanías del sondeo C-1 e instalarlo con limnógrafo.	III	3
Villanueva de las Torres	Abastecerse de la Presa de la Bolera	II	1
	Instalar condensadores que mejoren el cosp.	II	3
	Mejorar el control horario del bombeo.	II	3
Villanueva de Mesía	Usar para abastecimiento sólo la conducción desde el pantano de los Bermejales, usando las otras captaciones sólo en caso de emergencia.	I	1
Zújar	Incrementar el volumen de los depósitos en al menos 300 m ³ .	II	3
	Instalar una depuradora por intercambio de iones, con la intención de sustituir el ión flúor por adición de fosfatos.	I	1
	Realizar un estudio hidrogeológico en la zona del Cerro los Morrones en caso de que se desee localizar un punto de abastecimiento sin exceso de flúor.	I	1

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

7.2. – 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.** Estos son de suma importancia para la aplicación del método y su medición o cálculo deberán realizarse de la forma más precisa posible.

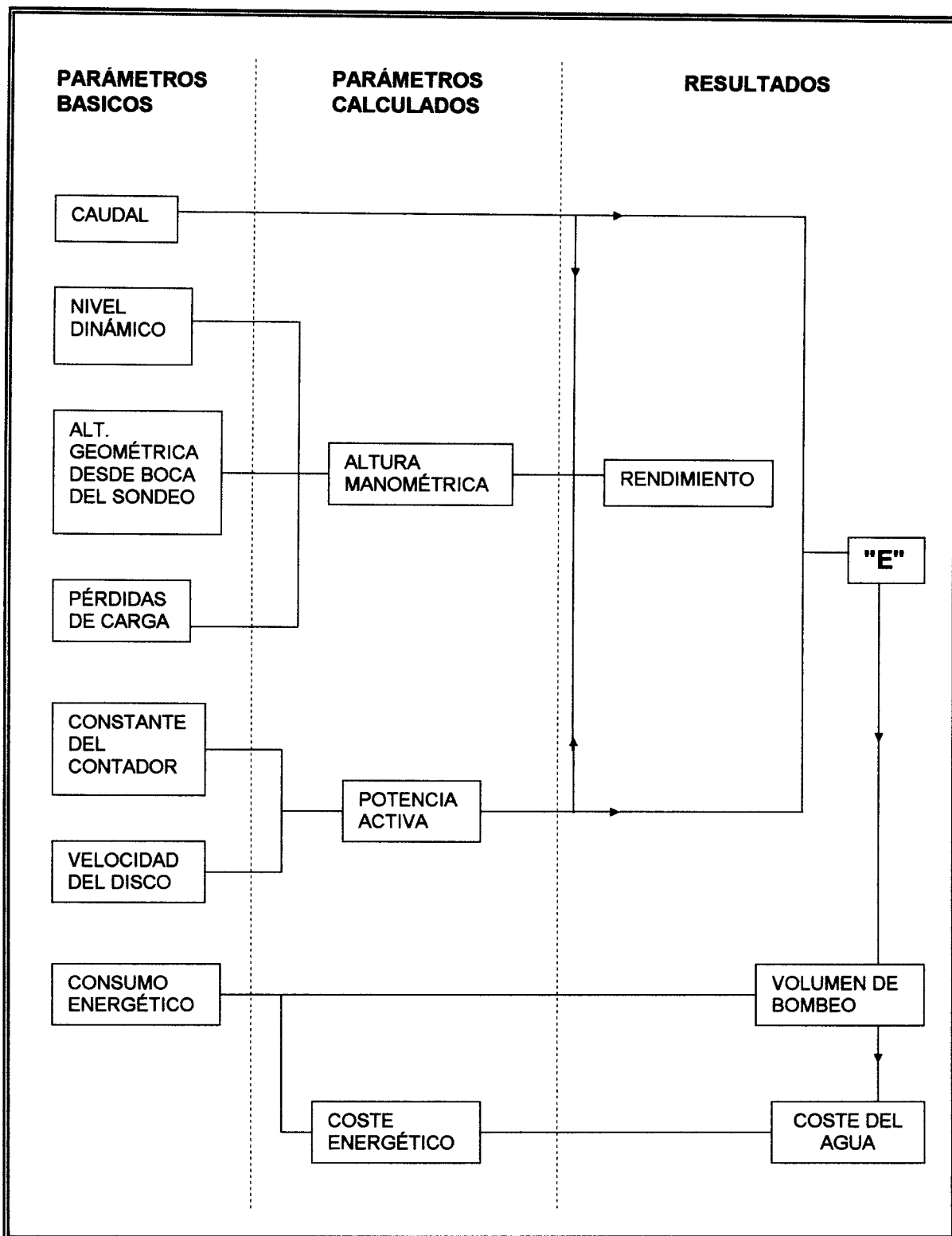


Figura 1. Esquema metodológico.

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 €/m³.

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 él 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:

- **Profundidad del nivel dinámico**
- **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 alfileres, planos o levantamientos topográficos no presenta dificultad y los errores, aun 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 (de el 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 que son 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 m³ 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

7.3. – 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:

Letra	Tipo de gestión
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:

Letra	Tipo de gestión
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 1997 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 m³ 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.

Letra	Valoración
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, la Unidad Hidrogeológica afectada de la que se indica su tipología (detrítico, carbonatado, etc...) junto con el nivel piezométrico, la capacidad de autodepuración en la zona no saturada y una valoración del impacto a nivel estimativo. La leyenda utilizada para estas dos últimas características se presenta en las tablas siguientes:

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

7.4. – 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.

7.5.- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

En esta 5ª-6ª fase del Plan de Control se han consultado distintos estudios hidrogeológicos de carácter local y general, así como información sectorial aportada por diferentes organismos públicos.

INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL Y SECTORIAL

- Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada (2003). itinerarios geológicos por el terciario de la Cordillera Bética. V Congreso del Terciario. Libro homenaje a D. Juan Antonio Vera Torres. Universidad de Granada.
- Diputación Provincial de Granada (1990). Mapa Hidrogeológico 1:200000 de la provincia de Granada.
- Diputación Provincial de Granada e IGME (1991-92). Estudio sobre la depuración de aguas residuales de la provincia de Granada.
- Diputación Provincial de Granada e IGME (1993). Plan director de depuración de aguas residuales urbanas de la provincia de Granada.
- Diputación Provincial de Granada e IGME (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.
- Diputación Provincial de Granada (1996). Plan director de gestión de residuos sólidos de la provincia de Granada.
- 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 (1070). Mapa Geológico de España Escala 1:200000. Hoja de Jaén.
- IGME (1980). Mapa Geológico de España Escala 1:200000. Hoja de Granada-Málaga.
- IGME (1982). Mapa Geológico de España Escala 1:200000. Hojas de Baza.
- IGME y Excma. Diputación Provincial de Granada (1996). Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Granada, 1ª Fase.
- IGME y Excma. Diputación Provincial de Granada (1997). Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Granada, 2ª Fase
- IGME y Junta de Andalucía (1998). Atlas Hidrogeológico de Andalucía Escala 1:400000.
- IGME, Diputación Provincial de Granada e INGEMISA (1990). Estudio sobre la depuración de aguas residuales de la provincia de Granada.
- IGME, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, COPTJA y Diputación Provincial de Granada (2002). Libro homenaje a D. Manuel del Valle Cardente.

- 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

- Arribas A, et al. (2001). Un nuevo yacimiento de grandes mamíferos villafranquienses en la Cuenca de Guadix-Baza: Fonelas P-1, primer registro de una fauna próxima al límite Plio-Pleistoceno en la Península Ibérica. Boletín Geológico y Minero, 112 (4): 3-34.
- Cruz Sanjulián, J y García Rosell, L (1971). Nota sobre la estratigrafía, estructura y posición tectónica del Jabalcón y sectores adyacentes.
- Cruz Sanjulián, J y García Rosell, L (1972). Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón. Boletín Geológico y Minero, págs 68-80.
- Delgado, F. (1978). Los Alpujárrides en Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España). Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 483 págs.
- ESECA (1999). La viabilidad del Proyecto de Gestión del Ciclo Integral del Agua en el municipio de Baza.
- Guerra Merchán, A. (1992). Origen y relleno sedimentario de la Cuenca Neógena del Corredor del Almanzora y áreas limítrofes. Tesis Doctoral, Universidad de Granada
- Henche, M.; Murillo, J. M. y Castaño, S. (2002). Optimización del uso de los recursos hídricos del sector Sierra de Baza (Granada, cuenca del Guadalquivir, España) mediante el empleo de un modelo matemático de simulación conjunta. Boletín Geológico y Minero, 113 (2): 185-198.
- Hidalgo, M.C. (1993). Estudio hidroquímico del acuífero de Baza-Caniles (Provincia de Granada). Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- IARA. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. C₄₃₋₃. Informe hidrogeológico en el término municipal de Puebla de Don Fadrique (Granada). Acuíferos de Huéscar-Puebla y Sierra de la Zarza o Bugejar.
- IGME. C₄₃₋₉. Análisis de la situación actual y alternativas futuras de los recursos hídricos del T.M. de Puebla de Don Fadrique (Granada).
- IGME. C₁₅₅₋₆. Nota técnica sobre la perforación realizada para el abastecimiento con aguas subterráneas de la localidad de Chauchina (Granada).
- IGME. C₁₉₈₋₉. Nota técnica para la mejora del abastecimiento de Chauchina (Granada) desde el sector meridional del término municipal.

- IGME. C₁₉₈₋₁₀. Informe hidrogeológico como mejora del abastecimiento de Chauchina, Romilla y Aeropuerto desde el sector de la Fuente de la Reina.
- IGME y Ministerio de Ciencia y Tecnología, C₂₉₉₋₆. Control hidrogeológico, reconocimiento y ensayo de bombeo realizado en el sondeo Atalaya I (T.M. de Baza).
- IGME (1978). Mapa geológico de España Escala 1:50000. Hoja 1027 (20-42), Güejar Sierra.
- IGME y Ministerio de Ciencia y Tecnología, C₃₀₂₋₁. Control hidrogeológico de la perforación y ensayo de bombeo realizado en el sondeo Atalaya II Bis, para el abastecimiento con aguas subterráneas de la localidad de Baza (Granada).
- IGME (1979). Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja 992 (21-40), Benalúa de Guadix.
- IGME (1980). Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja 1011 (21-41), Guadix.
- IGME y Exma. Diputación Provincial de Granada (1982). Estudio hidrogeológico para abastecimiento a Almaciles, Puebla de Don Fadrique (Granada).
- IGME (1982). Proyecto para la realización de estudios hidrogeológicos especiales en las provincias de Granada y Jaén. Abastecimiento a Villanueva de Mesia.
- IGME y Excm. Diputación Provincial de Granada (1982). Informe final de sondeo para abastecimiento a Almaciles, Puebla de Don Fadrique (Granada).
- IGME (1983). Proyecto para la realización de estudios hidrogeológicos locales en la cuenca del Guadalquivir y Baja del Guadiana.
- IGME (1984). Nota técnica para sondeo de captación de aguas en Freila (Granada).
- IGME (1985-86). Investigación de los recursos hidráulicos en la zona Alhama-Temple.
- IGME (1986). Informe hidrogeológico en el término municipal de Fonelas (Granada).
- IGME (1986). Informe final del pozo de abastecimiento a Villanueva de las Torres.
- IGME (1988). Nota técnica sobre sondeo realizado para la mejora del abastecimiento a Baza. Sondeo Atalaya III.
- IGME (1988-1991). Proyecto Hidrogeológico para la mejora de riegos en la provincia de Granada. Informe Hidrogeológico sobre la evolución de niveles, seguimiento de limnigrafos y afloros en el acuífero de Baza-Caniles.
- IGME-IARA (1989). Propuesta de obras de explotación en el acuífero de Baza-Caniles.
- IGME (1994). Nota técnica sobre potenciales afecciones a las aguas subterráneas de los vertidos existentes en el sector de Gorafe.
- IGME (1995). Estudio hidrogeológico para la mejora del abastecimiento a Almaciles, Puebla de Don Fadrique (Granada).
- IGME (1995). Nota técnica para la realización de un sondeo de abastecimiento a Villanueva de las Torres.

- IGME (1996). Reconocimiento hidrogeológico del sector occidental del término municipal de Villanueva de las Torres.
- IGME (2000). Informe sobre las investigaciones hidrogeológicas puntuales en la cabecera del río Gor y adyacentes.
- IGME (2000). Investigación hidrogeológica como mejor del abastecimiento a Freila.
- IGME (2000). Nota técnica sobre los trabajos de perforación y bombeo de ensayo realizados para el abastecimiento con aguas subterráneas de la localidad de Freila (Granada).
- IGME. Nota técnica sobre la perforación realizada para el abastecimiento con aguas subterráneas de la pedanía de Almaciles, Puebla de Don Fadrique (Granada).
- IGME. Mapa Geológico de España digital (en Internet). Hoja de Cuevas del Campo.
- INGENISA (1982). Proyecto para la realización de Estudios Hidrogeológicos especiales en las provincias de Granada y Jaén. Abastecimiento en Alicún de Ortega (Granada).
- Ministerio de Ciencia y Tecnología e IGME (1999). Estudio hidrogeológico puntual en el término municipal de Gorafe (Granada) para la mejora del abastecimiento urbano.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología e IGME (2000). Investigación hidrogeológica como mejora del abastecimiento a Villanueva de las Torres.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología e IGME (2002). Nota técnica sobre el sondeo Huéscar II Bis.
- Peña, J.A. (1985). La Depresión de Guadix-Baza. Estudios Geológicos, 41,33-46.
- Sebastián, E.; Rodríguez, M. y López-Aguayo, F. (1980). Mineralogía de los materiales Plioceno-Pleistoceno de la Depresión de Guadix-Baza. Formaciones de Baza y Serón-Caniles. Consideraciones generales y conclusiones. Estudios Geológicos, 36, 289-299.
- SEDELAN (2002) Informe del reconocimiento y diagnóstico del sondeo Atalaya I (Baza, Granada).
- Torres-Ruiz, J. y Delgado, F. (1984). Las mineralizaciones de Fluorita-(galena) del Calar de San José (Sierra de Baza, Cordilleras Béticas). Estudios Geológicos, 40, 129-136.