

**PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION
DE AGUAS SUBTERRANEAS**

30501
30501

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LA CUENCA SUR
ALMERIA**

MEMORIA TOMO II

DICIEMBRE, 1975

Realiza: EMPRESA NACIONAL "ADARO" DE INVESTIGACIONES MINERAS, S. A.

10511

-30501

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LA CUENCA SUR
(ALMERIA)**

MEMORIA

I N D I C E

	<u>Págs.</u>	
<u>PRIMERA PARTE - DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO</u>		
<u>CAPITULO 1.- INTRODUCCION</u>		
1.1.- ANTECEDENTES	1	
1.2.- OBJETIVOS	3	
1.3.- DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA ESTUDIADA	4	
<u>CAPITULO 2.- MARCO GEOGRAFICO Y ECONOMICO</u>		
2.1.- MARCO GEOGRAFICO	7	
2.2.- MARCO ECONOMICO	10	
<u>CAPITULO 3.- CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA</u>		
3.1.- CLIMATOLOGIA	14	
3.1.1.- Pluviometría	14	
3.1.2.- Evaporitización y otros parámetros climatológicos.	14	
3.2.- HIDROLOGIA	17	
3.2.1.- Cuenca del río Almanzora	18	
3.2.2.- Cuenca del río Aguas	19	
3.2.3.- Cuenca del río Andarax	19	
3.2.4.- Cuenca del río Adra	20	
3.2.5.- Otras cuencas	22	
<u>CAPITULO 4.- DEFINICION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS</u>		23
4.1.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y LITOLOGIA	24	
4.1.1.- Generalidades	24	
4.1.2.- Estratigrafía	26	
4.1.3.- Tectónica	35	
4.2.- ESQUEMA HIDROGEOLOGICO	37	
4.2.1.- Generalidades	37	
4.2.2.- Esquema hidrogeológico general	38	

I N D I C E

Págs.

CAPITULO 5.- DEMANDA DE AGUA

5.1.- PROCEDIMIENTOS DE CALCULO	48
5.2.- SINTESIS	55

CAPITULO 6.- ANALISIS DE LOS PLANES HIDROGEOLOGICOS EXISTENTES EN LA CUENCA

6.1.- ANTECEDENTES	61
6.2.- EMBALSES	61
6.2.1.- Cuenca del Adra	62
6.2.2.- Cuenca de Andarax	65
6.2.3.- Cuenca de Almanzora	66
6.2.4.- Cuenca de Aguas	67
6.2.5.- Zona de Nijar	67
6.3.- CONCLUSIONES	68

SEGUNDA PARTE - SINTESIS HIDROGEOLOGICA

CAPITULO 7.- LA COMARCA DE SIERRA DE GADOR

7.1.- EL ACUIFERO DOLOMITICO DE LA SIERRA DE GADOR	71
7.1.1.- Geología	71
7.1.2.- Descripción hidrogeológica	78
7.1.3.- Recursos subterráneos y reservas	89
7.1.4.- Conclusión	93
7.2.- EL DELTA DEL ADRA	94
7.2.1.- Descripción hidrogeológica	94
7.2.2.- Recursos globales	97
7.3.- EL CAMPO DE DALIAS	100
7.3.1.- Geología	100
7.3.2.- Descripción hidrogeológica	104
7.3.3.- Recursos subterráneos y reservas	112
7.3.4.- Conclusión	113

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
7.4.- EL VALLE DE ANDARAX Y SUS AFLUENTES	115
7.4.1.- Geología	115
7.4.2.- Descripción hidrogeológica de la Cuenca del río Na cimientc	121
7.4.3.- Descripción hidrogeológica de la Cuenca de las Ram- pas de Gergal y de Tabernas	124
7.4.4.- Descripción hidrogeológica del valle del río Andarax	126
<u>CAPITULO 8.- COMARCA DEL ALMANZORA</u>	<u>133</u>
8.1.- INTRODUCCION	134
8.1.1.- Presentación	134
8.1.2.- Geología	135
8.2.- EL ALTO ALMANZORA	141
8.2.1.- Mármoles del Complejo Nevado-Filábride	142
8.2.2.- Dolomías y calizas del Complejo Ballabona-Cucharón.	143
8.2.3.- Dolomías y calizas del Complejo Alpujárride	144
8.2.4.- El Valle	147
8.2.5.- Explotaciones y disponibilidades globales	150
8.3.- CUBETAS PLIO-CUATERNARIAS DEL BAJO ALMANZORA	152
8.3.1.- Cubeta de Overa	152
8.3.2.- Cubeta del Saltador	159
8.3.3.- Cubeta de Pulpí	167
8.3.4.- Valle Bajo y Delta del Almanzora	173
8.4.- CUENCA DEL ANTAS	180
8.4.1.- Acuíferos calizo-dolomíticos	180
8.4.2.- Cubeta de la Ballabona	183
8.5.- CUENCA DE AGUAS	189
 <u>CAPITULO 9.- LA CORMARCA DE NIJAR</u>	 <u>193</u>
9.1.- CAMPO DE NIJAR	195
9.1.1.- Geología	195
9.1.2.- Descripción hidrogeológica	198

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
9.2.- EL RESTO DE LA COMARCA	205
9.2.1.- Rambla de Carbonera	205
9.2.2.- Rambla de Morales	206
9.2.3.- Area de Sierra de Gata	207
 <u>TERCERA PARTE - SINTESIS. PROPUESTA DE ORDENACION DE LOS RE-</u>	
<u>CURSOS</u>	208

SEGUNDA PARTE
SINTESIS HIDROGEOLOGICA

CAPITULO 7

LA COMARCA DE SIERRA DE GADOR

En los Informes Técnicos n° 5, 6 y 9, en que se presentan de forma detallada los resultados obtenidos, se ha estudiado respectivamente el Campo de Dalías, la cuenca del Andarax y la del Adra, cada una de las cuales con la parte de la Sierra de Gádor que le corresponde.

Este enfoque se puede considerar válido en una monografía regional que debe tratar de todos los temas aferentes a entidades geográficas y sociopolíticas como las tres que se acaba de indicar. En efecto, bajo este punto de vista, la zona interesante es en la que se desarrollan actividades humanas con demanda de agua; el origen de esta es casi lo de menos.

Al contrario, al momento de sintetizar los resultados hidrogeológicos con vistas a un mejor aprovechamiento de los recursos, ese enfoque resulta inapropiado. En efecto lo interesante aquí es de cuantificar los recursos del acuífero principal y ver como estos se reparte (o podrían repartirse) entre las zonas de consumo, teniendo o no estos recursos propios.

Por lo tanto se va a estudiar a continuación, en primer lugar el acuífero dolomítico de la Sierra de Gádor, y luego los tres valles o llanuras colindantes que, además de recursos propios más o menos importantes cuentan en mayor o menor medida con las aportaciones de la Sierra de Gádor, lo que nos ha llevado a llamarlas satélites.

7.1.- EL ACUIFERO DOLOMITICO DE LA SIERRA DE GADOR

Bajo esta denominación se va a estudiar el conjunto calizo-dolomítico (Trias alpujárride) conocido como unidad tectónica de Gádor, que aflora de Norte a Sur entre la Sierra Nevada (Paleozoico impermeable nevado-filábride) y el Campo de Dalías, y de Este a Oeste entre el valle del río Andarax y los mantos de cabalgamiento de Murtas-Felix y Alcazar.

Por lo tanto, quedan excluidas las mismas dolomias con las que la intercomunicación hidráulica es improbable o dudosa, tanto las que afloran (Sierra Alhamilla al Este, ventana de Albuñol y Sierra de Lújar al Oeste) como las que se encuentran o pueden encontrarse escondidas bajo un potente recubrimiento neogeno (Campo de Dalías) o uno cualquiera de los mantos de cabalgamiento tectónicamente superiores. Sin embargo se mencionarán estas zonas cuando proceda.

Esta limitación podrá aparecer bastante conservadora, y de hecho lo es. Sin embargo, al momento de planificar una repartición de recursos, es imprescindible atenerse a lo comprobado, o por lo menos a lo más probable.

Así definido, el acuífero dolomítico de la Sierra de Gádor tiene una superficie de unos 915 km². La parte de la lluvia que no se infiltra alimenta a la cuenca de Andarax (Norte y Este), a la del Adra (Oeste), o al Campo de Dalías (Sur); solo una ligérrima parte se pierde directamente al mar en el sector de Agua dulce.

7.1.1.- Geología

A continuación se van a ampliar los datos del apartado 4-1, hablando más específicamente del dominio de la Sierra de Gádor.

7.1.1.1.- Litoestratigrafía.

El substrato generalizado del acuífero dolomítico de la Sierra de Gádor lo constituyen las formaciones impermeables paleozóicas que forman el núcleo anticlinal de Sierra Nevada. Son esencialmente pizarras y esquistos de tonos oscuros, así como cuarcitas y mármoles. Este Paleozóico está recubierto por las formaciones alpujárrides de edad triásica, sobre las cuales pueden descansar formaciones postorogénicas.

El Triásico constituye el acuífero dolomítico que estamos estudiando.

Se presenta bajo facies alpina. Puede dividirse en Triás inferior (Werfeniense) y Trias medio-superior, clasificación en la que coinciden muchos autores.

- Trias inferior (F). Conjunto formado por filitas versicolor con abundantes intercalaciones de cuarcitas pardo-rojizas y localmente evaporitas en forma de lentejones de yesos. La alteración de las filitas originan las "Launas", denominadas localmente.

Las filitas presentan un metamorfismo de grado bajo, epizonal. Debido a su enorme plasticidad pueden aparecer inyectadas a través de las fracturas de las calizas y dolomías; sirven de superficie de deslizamiento de los diferentes mantos que se han diferenciado. Su potencia es muy variable y difícil de precisar, debido a su enorme plasticidad, pudiendo superar los 200 m. Es una formación completamente impermeable.

Localmente se puede encontrar en el techo de esta formación un paquete de cuarcitas pardo-rojizas bien diferenciadas y de potencia variable, que pueden superar los 50 m. Aflorando en

el borde oriental de Sierra de Gádor y perforados en profundidad por algunos de los sondeos realizados en las ramblas de Belén e Iniesta (Norte de la ciudad de Almería), estos niveles tienen cierta permeabilidad por fracturación.

- Trias medio-superior (D). Está constituido por el paquete carbonatado. Suele estar ligeramente discordante sobre la formación de filitas. Se diferencian dos tramos, que de muro a techo son:

- Calcoesquistos amarillentos y margas, con intercalaciones de calizas-dolomías margosas tableadas; en otros puntos suele haber intercalaciones de dolomías negras muy tectonizadas. Su potencia es muy variable, pudiendo alcanzar potencias hasta de 100 m. e incluso no existir y pasar directamente en la serie de las filitas a las calizas dolomías superiores. Normalmente se fractura en lajas. Su permeabilidad es muy baja.

- Calizas y dolomías. En la base suelen presentarse calizas-dolomías gris oscuro, tableadas. Encima, dolomías masivas de color negro, fétidas, muy tectonizadas y fracturadas por lo que es difícil precisar la estratificación; en algunos puntos recristalizados y en otros con aspecto brechoide; las fisuras normalmente están rellenas de cristalizaciones de calcita y mineralizaciones de hierro, plomo y fluorita. Hacia el techo de esta formación se encuentran unas calizas grisáceas, que meteorizadas se presentan ocre-amarillento; en general están bien estratificadas, con fracturación ortogonal a los planos de estratificación. Son frecuentes las intercalaciones de argilitas y dolomías margosas, preferentemente hacia la base de la formación. La potencia de todo el conjunto puede superar los 600 metros en Sierra de Gádor.

La permeabilidad de esta formación, debida a fracturación y disolución, es generalmente buena, aunque varía de unas zonas a otras; son frecuentes en unas los fenómenos de karstificación mientras que en otras, las frecuentes intercalaciones margosas o la mayor compactación disminuyen considerablemente la permeabilidad y ocasionan saltos de niveles piezométricos.

Suelen encontrarse unas rocas verdes, de tipo diabásico, que normalmente se presentan interestratificadas en los materiales del paquete calizo-dolomítico, generalmente de la unidad más inferior del Trias Alpujárride.

Los afloramientos de Trias Alpujárride quedan localizados en el anticlinorio de Sierra de Gádor, Sierra Alhamilla y el flanco Sur de Sierra Nevada y Sierra de Filabres. El contacto del Alpujárride con el Nevado-Filábride es tectónico, mediante un frente de cabalgamiento.

Las formaciones postorogénicas solo están muy desarrolladas fuera del ámbito de la Sierra de Gádor (Valle del Andarax y Campo de Dalías) y se estudiarán en detalle en los correspondientes apartados. Dentro del ámbito de la Sierra, afloran de manera discontinua, bien en la misma sierra, o más bien en sus bordes.

Pertenece al Mioceno superior en su mayor parte: son margas y limos amarillos, con algunas intercalaciones areniscosas o conglomeráticas. El conjunto es impermeable, aunque localmente podrían existir pequeños acuíferos asociados a los niveles más detríticos.

También existen (depresión de Ugijar y proximidades de Berja, vertientes nororiental y oriental de la Sierra de Gádor, zo

na de contacto con el Campo de Dalías) calizas areniscosas o conglomeráticas, muy fosilíferas en determinados niveles. A pesar de sufrir cambios de facies, tienen una buena permeabilidad.

El Plioceno, marino o deltaico, no aflora dentro del ámbito de la Sierra de Gádor, sino en sus llanuras colindantes.

El Plio-Cuaternario, continental, está constituido por un conglomerado poligénico, de matriz arcillosa y cantos filitolomíticos o esquistosos, según el origen de las aportaciones.

Su potencia es variable, no llegando al parecer a los 100 metros.

El Cuaternario se presenta bajo una facies parecida a la anterior (y también costras) en las terrazas y piedemontes, o bien bajo la facies aluvial o eluvial (gravas, arenas, limos, conglomerados sueltos, depósitos de rambla).

7.1.1.2.- Tectónica

Los materiales anteterciarios se vieron afectados por la intensidad de los plegamientos béticos (orogénia alpina) que originaron preferentemente estructuras en mantos de cabalgamiento - con grandes alineaciones de dirección E-W y NE-SW, y compartimentaciones en bloques por fallas normales según direcciones preferentes.

Posteriormente, los materiales terciarios soportaron los pequeños movimientos postalpinos, dando lugar a la actual morfología regional, afectando incluso los niveles plio - cuaternarios.

Sobre el anticlinal paleozoico de la Sierra Nevada, perte

reciente a la Unidad parautoctona Nevado-filabride, viene cabalgada la Unidad alpujárride constituída esencialmente por filitas y dolomías triásicas.

Según los trabajos realizados por Aldaya, Jacquín, Orozco y las geólogos de ENADIMSA, se pueden diferenciar varios mantos de cabalgamiento, constituído cada uno por una serie dolomítica que descansa sobre una zapata de filitas, variando según el manto considerado la potencia de cada componente. De abajo a arriba, se distinguen:

- Manto (o Unidad) de Gádor (o de Lújar). Las dolomías tienen varios centenares de metros de potencia; por ser el primer manto, no se conoce la potencia de las filitas.
- Manto de Cástaras, que algunos consideran como una escama ligada al de Gádor, existe solamente al noroeste del dominio de Sierra de Gádor.
- Manto de Alcazar, puesto de manifiesto al Oeste del dominio de la Sierra de Gádor (alrededores de la Sierra de Lújar, y cuenca media del Adra); presenta grandes variaciones de potencia.
- Manto de Felix (o de Murtas), el mejor representado después del de Gádor, puesto que recubre la mayor parte de la zona situada al Oeste de la Sierra de Gádor, entre esta y la de Lújar, así como varios sectores del NE, Este y SE de la misma Sierra de Gádor; las filitas suelen ser más desarrolladas que las dolomias.
- Manto de Adra, representado esencialmente por filitas en la franja costera situada al Oeste de Adra.

Aunque el llamado acuífero de la Sierra de Gádor esté consu

tituído por la Unidad del mismo nombre (la más inferior), se ha hablado de los demás por el papel que pueden jugar en la hidrogeología, por una parte disminuyendo la superficie de afloramiento (y por lo tanto, de alimentación) de aquel, y por otra parte enmascarando la posible continuación que tiene dicho acuífero - con los terrenos de la misma unidad que aflora más al Oeste (Albuñol, Sierra de Lújar).

El macizo de la Sierra de Gádor constituye un anticlinorio de eje E-W, con cierta vergencia hacia el Sur. Está afectado por algunas fallas inversas (o cabalgamientos dentro del mismo manto), como la próxima a la localidad de Dalías que da origen a las fuentes del mismo nombre. Pero sobre todo lo afectaron varios movimientos verticales que se produjeron posteriormente a los grandes cabalgamientos y que, correspondiendo a fases de reajuste, se tradujeron por numerosas fallas normales, de dirección generalmente ENE-WSW y WNW-ESE, que afectaron hasta a terrenos pliocenos, e incluso plio-cuaternarios.

Dichas fallas son generalmente poco visibles en superficie pues separan dos bloques dolomíticos y sus efectos han sido borrados por la erosión. No obstante muchas de ellas han sido puestas de manifiesto, bien en superficie, o bien bajo el recubrimiento terciario, mediante geofísica y comparación de columnas de sondeos mecánicos.

Estas fallas, como es lógico, suelen hundir los bloques más externos del anticlinorio (meridional y septentrional esencialmente), con saltos de 100 a más de 300 metros. Debido a la relativa heterogeneidad de las dolomías, las fallas pueden poner en contacto bloques de permeabilidad distinta y provocar por tanto un cierta compartimentación hidrogeológica, puesta de manifiesto en varios sectores de las vertientes N y S de la Sierra por los saltos de niveles piezométricos.

Las depresiones o corridas terciarias que rodean gran parte de la Sierra de Gádor suelen constituir sinclinales cuyos límites con las dolomías están generalmente fallados. El hundimiento progresivo de estas cubetas ha provocado en muchos casos la deposición de varios centenares de metros de margas miocenas que forman una verdadera pantalla impermeable. Si bien es verdad que en muchos casos las dolomías siguen existiendo bajo las margas, su falta de karstificación y la compartimentación por fallas que han sufrido permite poner en duda su continuidad como acuífero.

7.1.2.- Descripción Hidrogeológica

Como suele ocurrir en los macizos de este tipo, todos los datos disponibles están localizados en los bordes de la Sierra, y con una densidad insuficiente. Por lo tanto, lo que sigue no pretende ser sino un esbozo de descripción hidrogeológica.

7.1.2.1.- Piezometría

Dejando a parte los pequeños manantiales que se hallan en la misma sierra, que tienen un régimen muy discontinuo y caudales escasísimos, índices de su estructura colgada, no dispone de ningún dato piezométrico en el núcleo del macizo.

En los sondeos, sin embargo, existe un cierto número de puntos de agua, naturales (manantiales) o artificiales (galerías y sondeos) que, aunque poco numerosos, dan una idea de la piezometría. El primer carácter de esta es su heterogeneidad, puesto que las cotas piezométricas varían según el sitio, entre unos pocos metros en la vertiente sur de la sierra, cerca del mar, y más de 750 m en la vertiente norte de la misma.

- En dicha vertiente, las cotas piezométricas oscilan entre 765 m (sector de Padules) y 445 m (sector de Alhama), es decir que

disminuyen, en término general, hacia el Este, así como hacia el Norte (valle del alto Andarax). Por lo tanto, la escorrentía subterránea general del borde norte de la Sierra de Gádor - parece hacerse hacia el ENE. En el detalle la cosa no es tan sencilla, existiendo saltos bruscos de varias decenas de me tros entre los niveles piezométricos de puntos situados a me nos de 1 km de distancia, así como falta de influencia de fuertes depresiones debidas a sondeos situados a escasa distancia de otros puntos de referencia.

Parece entonces evidente una cierta heterogeneidad, tanto lateral como vertical, en la hidrodinámica de las dolomías.

Son unos 25 los puntos de agua existentes en esta ver tiente norte, de los cuales 5 son manantiales, 4 galerías y 16 sondeos. Los manantiales de mayor importancia son el de Godoy (cota 720 m), cuyo caudal varía entre unos 150 y 250 l/s y el del Barranco Alcora (cota 841 m) con caudal de 17 a 25 l/s.

Las galerías, que constituyen el sistema más antiguo de complementar los caudales naturales de los manantiales, tienen una gran importancia para la economía del valle, pero tienden a ser sustituidas por los sondeos.

Los sondeos son de creación reciente pero tienden a multi plicarse por su relativa facilidad de ejecución y la mayor fle xibilidad que permitan a la explotación. Ubicados esencialmente - en los sectores entre Alhama y Ragol, dan caudales instantáneos - comprendidos entre 45 y 130 l/s.

- En la vertiente oriental de la Sierra de Gádor, donde ya no existe casi ningún manantial, debido a la fuerte explotación - que padece esta zona, las cotas piezométricas en sondeos osci

lan entre cotas negativas y unos 60 metros. La escorrentía parece dirigirse hacia el Sureste, con una evidente componente hacia el Este (Valle del Bajo Andarax), y otra menos clara hacia el Sur.

En este sector no hay más que sondeos, cuyos más importantes son los del Ayuntamiento de Almería. En unos pocos años de bombeo (desde el año 1967), llegaron a deprimir los niveles piezométricos de varias docenas de metros, hasta tal punto que en uno de ellos, la superficie piezométrica se halla la cota debajo del nivel del mar. La total ausencia de índices salinos demuestra que el correspondiente compartimiento está completamente independizado del mar.

- En la vertiente sur, las cotas piezométricas son de unos pocos metros en los sondeos E y W del Campo de Dalias (unos pocos decímetros en la pequeña fuente de Aguadulce, en la misma playa, y 3,5 m en todo el compartimiento de El Ejido - Balanegra). En el borde N de dicho Campo, las cotas varían entre 14 m en el sondeo S.3.D, y 174 m en otro sondeo, enteramente en dolomías, situado a unos 7 km más hacia el WNW.

Además, las fuentes de Dalias, que salen a favor de una falla inversa que hace aparecer las filitas de base, están a la cota 600 m; proporcionan un caudal total medio del orden de 130 l/s.

El llamado compartimiento de El Ejido-Balanegra presenta la particularidad de estar en contacto hidráulico con las calcarenitas miocenas de la formación Vícar, pero independizadas de las calcarenitas pliocenas, como se explicará en el apartado 7.3. En el conjunto de este compartimiento, todos los sondeos (tanto del IRYDA como particulares) que explotan las dolo

mías o el Vicar, tienen cotas piezométricas del orden de 3,5 m. Hace 3 años (Diciembre 1972) eran todas de unos 7 m.

Del otro lado del Campo de Dalias, el sector de El Parador - Aguadulce posee numerosos sondeos, en su mayoría del IRYDA, que explotan la parte basal de las dolomías de Gádor o las formaciones neogenas intercaladas con ellas; en algún caso es posible, pero poco probable, que exploten las dolomías del manto de Felix.

- En la vertiente suroeste, la fuente de Alcaudique, cerca de Berja, sale a 320 m con un caudal del orden de 70 l/s. Más hacia el Oeste, la fuente de Marbella, la más importante del macizo, se halla a la cota, 150 m.

Su caudal de estiaje ha sido aforado en 700 l/s, lo que plantea el problema del origen de sus aguas. Tal caudal, en efecto, no puede proceder de los reducidos afloramientos carbonatados colindantes al manantial; quedan por tanto tres hipótesis que se dan a continuación por probabilidad decreciente: que la fuente constituya la descarga de una parte de la Sierra de Gádor; que una parte de su caudal provenga de la infiltración del río Adra en el sector situado entre Ugijar y Beninar; o que Marbella constituya una de las descargas del sistema Albuñol-Lújar. La cota baja de Marbella no está en contradicción con ninguna de estas hipótesis, ni tampoco la calidad química de sus aguas, algo más cargadas que las de Gádor o del río Adra, pero menos que las de Albuñol.

Conviene indicar que las fuentes de Albuñol, que están a unos 17 km al WSW de la anterior, en la ventana tectónica del mismo nombre, salen a la cota 270 m.

- Por fin en la vertiente noroeste, las fuentes de Cherín se hallan a la cota 540 m aproximadamente. De un caudal medio total de unos 140 m³ l/s, constituyen los únicos puntos de agua de este sector.

7.1.2.2.- Esquema hidrodinámico

Los datos piezométricos indicados en el apartado anterior ponen de manifiesto que el acuífero de la Sierra de Gádor se descarga por todos sus bordes y que tiene en su seno una gran heterogeneidad, debida a causas litológicas (pasadas margosas o de menos permeabilidad) o tectónicas (ejes anticlinales, fallas inversas, fallas normales de gran salto).

- a) En cuanto a las subdivisiones internas, es generalmente imposible de ponerlas de manifiesto por la geología de superficie, ya que no existe relación unívoca entre ellas y las fallas visibles en superficie dentro de las dolomías, y que, cuando afloran las filitas, es difícil a veces saber si se trata de la base de las dolomías de Gádor o si pertenecen a un manto superior.

El conjunto de los condicionantes tectónicos (escamas, fallas, etc) e hidrogeológicas (caudal de las descargas, etc.) ha llevado a distinguir las 8 subunidades siguientes:

- Alto Andarax, (hasta Alhama) delimitado a groso modo por las divisorias topográficas al Oeste y al Sur, y por la tectónica y la piezometría al Este. Tiene 280 km².
- Bajo Andarax, (de Alhama a Almería), limitado al Noroeste por el límite tectónico - piezométrico anterior, y el Suroeste por una divisoria topográfica. Tiene 110 km² y se puede subdividir a su vez en 3 compartimentos.

- Subunidad de Aguadulce, entre la subunidad anterior y el cabalgamiento del manto de Felix, con 45 km².
- Subunidad de Campo de Dalías, limitada al Oeste por el frente de cabalgamiento interno de Dalías, al Norte por su supuesta prolongación, y al Este por el cabalgamiento del manto de Felix. Tiene 110 km² de superficie.
- Secta, NO.
- Escama de Dalías-El Ejido, limitada al Oeste por el afloramiento de las filitas basales, al Norte por el cabalgamiento interno de Dalías, al Este por la gran falla Dalías-Roquetas, y al Sur por la gran falla Balanegra - El Ejido y las margas miocenas. Esta escama incluye las calcarenitas miocenas de la formación Vicar. Tiene 110 km² de superficie.
- Subunidad de la Fuente de Dalías, linda al Sur y Suroeste con las subunidades ya definidas. Hacia el Noroeste, el límite es arbitrario con la siguiente. La superficie es de 65 km².
- Subunidad de la Fuente de Alcaudique, definida básicamente en función del caudal de la fuente, y con una superficie de 25 km².
- Subunidad del Adra, limitada al Oeste por los últimos afloramientos dolomíticos continuos. Tiene 175 km².

Por fin, la importancia de la Fuente de Marbella (700 l/s en estiaje) plantea el problema del origen de sus aguas y por tanto de la definición de su cuenca.

- b) En cuanto a los límites externos del acuífero, el problema es algo menos difícil, debido a la existencia casi general de una potente serie margosa del Mioceno en los bordes Norte, Es

te y Sur.

En la vertiente norte de la Sierra de Gádor, al Oeste del sector Padules- Canjayar, las margas desaparecen paulativamente y las dolomías de Gádor alcanzan los esquistos de la vertiente meridional de la Sierra Nevada, por lo que el límite del acuífero de Gádor se desplaza hacia el Norte, recibiendo las aguas de escorrentía de los esquistos. De todas formas, en esta zona de Laujar-Padules, las dolomías (tanto de la Sierra Nevada, como las de Sierra de Gádor) están en gran parte drenadas por el río Andarax o sus ramblas afluentes.

Al Oeste del sector de Padules -Canjayar y hasta el de Alhama-Benaniadux, las dolomías se hunden bajo las margas miocenas. Como no aparecen en la otra margen del valle (flanco sur de la Sierra Nevada) ni más al Este, se puede dar como patente que este contacto corresponde con un límite impermeable, despreciando las pequeñas y discontinuas pasadas detríticas dentro de las margas.

En el sector de Alhama-Benahadux, aunque siguen existiendo las margas, están recubiertas de Plio-Cuaternario, lo que puede dar lugar a pequeñas fugas de agua. Además aparecen en la otra margen del río las dolomías de la Sierra Alhamilla. Por razones tectónicas, es muy improbable que puedan estar relacionadas con la sierra de Gádor, por lo que debe seguir válido el límite impermeable antes aludido.

Al Sur de Benahadux y hasta Almería, existe también este límite impermeable, aunque pueda existir localmente alguna salida hacia el valle, a través de las calcarenitas del Mioceno o los pies de monte plio-cuaternarios.

Desde Almería hacia el Oeste, hasta Aguadulce, las dolomías de Gádor están en contacto directo con el mar. Se desconoce por completo la importancia de las pérdidas correspondientes. Sin embargo, no deben ser muy importantes, debido al hecho de que afloran en algunas partes las filitas de base y en otras los calcosquistos que constituyen el paso entre las filitas y las dolomías.

Casi a partir del Aguadulce y hasta cerca de la mitad del contacto entre la Sierra de Gádor y el Campo de Dalías las dolomías están recubiertas por un importante afloramiento del manto de Felix. Si se continúan las dolomías por debajo, lo harán los bloques hundidos en escalera, y por tanto a una profundidad relativamente importante. En esta zona existen además afloramientos de rocas volcánicas, salidas a favor de fallas cuyo papel hidráulico es poco conocido pero debe ser más bien negativo.

Más hacia el Oeste, las dolomías de Gádor desaparecen visiblemente bajo el Neógeno, mediante un juego de fallas en escaleras. Ocurre aquí algo parecido al valle del medio Andarax, hundándose las dolomías bajo varios centenares de metros de margas miocenas. En la parte central del límite con el Campo de Dalías, es probable que las dolomías comuniquen con las calcarenitas pliocenas a las cuales alimentarían. Más al Oeste y hasta el mar, las dolomías están en íntima relación con las calcarenitas miocenas, las cuales están independientes de las pliocenas, salvo en la zona costera donde las 2 formaciones calcareníticas y las dolomías parecen unidas y descargarse hacia el mar.

Las dolomías encontradas a gran profundidad (por geofísica y 2 sondeos mecánicos) bajo el campo de Dalías plantean el problema de su interconexión con las aflorantes en la Sierra de Gádor. Se trata de la misma formación, pero tan fallada y con

tantos saltos que su conexión hidráulica es más que dudosa. La variación con el tiempo del nivel piezométrico en los dos sondeos S1D y S2D es completamente incomprensible, hecho probablemente debido a una ejecución imperfecta. La gran profundidad a la que se encuentran las dolomías (más de 500 m), unida a los indicios más bien negativos de los sondeos y los caracteres poco alentadores de la tectónica no tienden a fomentar la idea de una explotación de este embalse profundo.

En el sector costero, entre Balanegra y las Albuferas del Agua, parece ocurrir una cosa parecida a la zona Almería - Agua dulce. La existencia de afloramientos, aunque discontinuos, de las filitas de base debe impedir, o casi, una descarga de las dolomías hacia el mar.

Subiendo hacia el Norte hasta la zona de Berja, se ve que afloran también las filitas de base de manera casi continua, lo que deja escasas posibilidades para que las dolomías de Gádor - alimenten a otras de mantos tectónicamente superiores o a formaciones cuaternarias. Como lo hemos dicho más arriba, tanto este compartimento Berja-Albufera-Balanegra-El Ejido-Dalías está cabalgado sobre el resto del macizo, y se debe descargar hacia el NW del Campo de Dalías.

Cerca de Berja, la fuente de Alcaudique (70 l/s) sale en una especie de dedo de guante entre las filitas de base. A partir de aquí y hacia el Norte, dichas filitas no existen sino esporádicamente, lo que da peso a la hipótesis de una continuación hacia el Oeste de las dolomías de Gádor, incluso más lejos que la fuente de Marbella a la que aludimos antes.

Por fin, en el extremo NW del macizo, las dolomías desaparecen bajo la cubeta terciaria de Ugijar, con un pliocuaternario que recubre las margas miocenas. Al igual que en el alto Andá

rax, la no reaparición de las dolomías en la vertiente sur de Sierra Nevada permite considerar como límite impermeable el contacto con la cubeta, lo que además parece comprobado por la existencia de los manantiales de Cherín.

En resumen, el acuífero dolomítico de la sierra de Gádor está rodeado por formaciones impermeables en todos sus bordes - Norte (de Ugijar a Benahadux), Este (de Benahadux a Almería) y Suroeste (de las Albuferas a Berja); tiene escasas probabilidades de salidas importantes en su borde Sur (Campo de Dalías), y una posible, aunque difícil intercomunicación, al Oeste, con la ventana de Albuñol e incluso la Sierra de Lújar. La única alimentación externa que puede recibir es la debida a la infiltración de las aguas de escorrentía del flanco Sur de Sierra Nevada. Asimismo, como ya se ha dicho más arriba, cabe la posibilidad de una cierta intercomunicación en los macizos de Albuñol - Lújar, al Oeste el macizo.

c) Las variaciones de niveles piezométricos o de caudales naturales son generalmente nulas o por lo menos insensibles. Solamente en los sectores muy explotados por bombeos se ha notado una disminución (y a veces desaparición) de los caudales de los manantiales, o un fuerte descenso de los niveles piezométricos.

En algún sector de la vertiente norte de sierra de Gádor (zona de Huécija por ejemplo), los niveles han bajado más de 10 metros en 3 años.

En el compartimento situado al NW del Campo de Dalías, los niveles han bajado 1,5 m/año en los 10 últimos años.

En la vertiente oriental de la Sierra de Gádor, y sobre todo en el compartimento explotado por el Ayuntamiento de Alme

ría el descenso ha alcanzado cerca de 40 m, en 8 años de explotación.

d) Los parámetros hidráulicos del acuífero han sido determinados en varios sondeos.

La transmisividad oscila generalmente alrededor de unos 10 a 15 m²/h, pudiendo bajar a 2 m²/h en las calizas no karstificadas (sondeo de Padules, en el cual las dolomías están cubiertas de margas miocenas) o en los calcoesquistos de base (sondeo 1 de Almería) o, al contrario alcanzar casi 40 m²/h en las zonas más favorables.

El coeficiente de almacenamiento sólo se ha podido medir en zonas en las cuales el manto es cautivo; es del orden de 2 a 3.10⁻³. En zonas libres, debe variar entre menos de 1% y unos 3 a 4%.

7.1.2.3.- Hidroquímica

Las aguas de las dolomías son siempre de muy buena calidad química tanto a efectos de riego como de abastecimiento humano. Son de tipo bicarbonatado cálcico-magnesiano, con ligera predominación de uno u otro catión según la zona.

El residuo seco es casi siempre inferior a 1500 mg/l, e incluso (borde norte de la tierra de Gádor), inferior a 1000 mg/l

El SAR suele ser inferior a 2, lo que indica un muy bajo peligro de alcalinización del suelo.

Sin embargo conviene notar que, en la vertiente oriental, en los sectores contaminados por los yesos presentes en las margas miocenas, se nota un aumento sensible de la concentración en sulfatos.

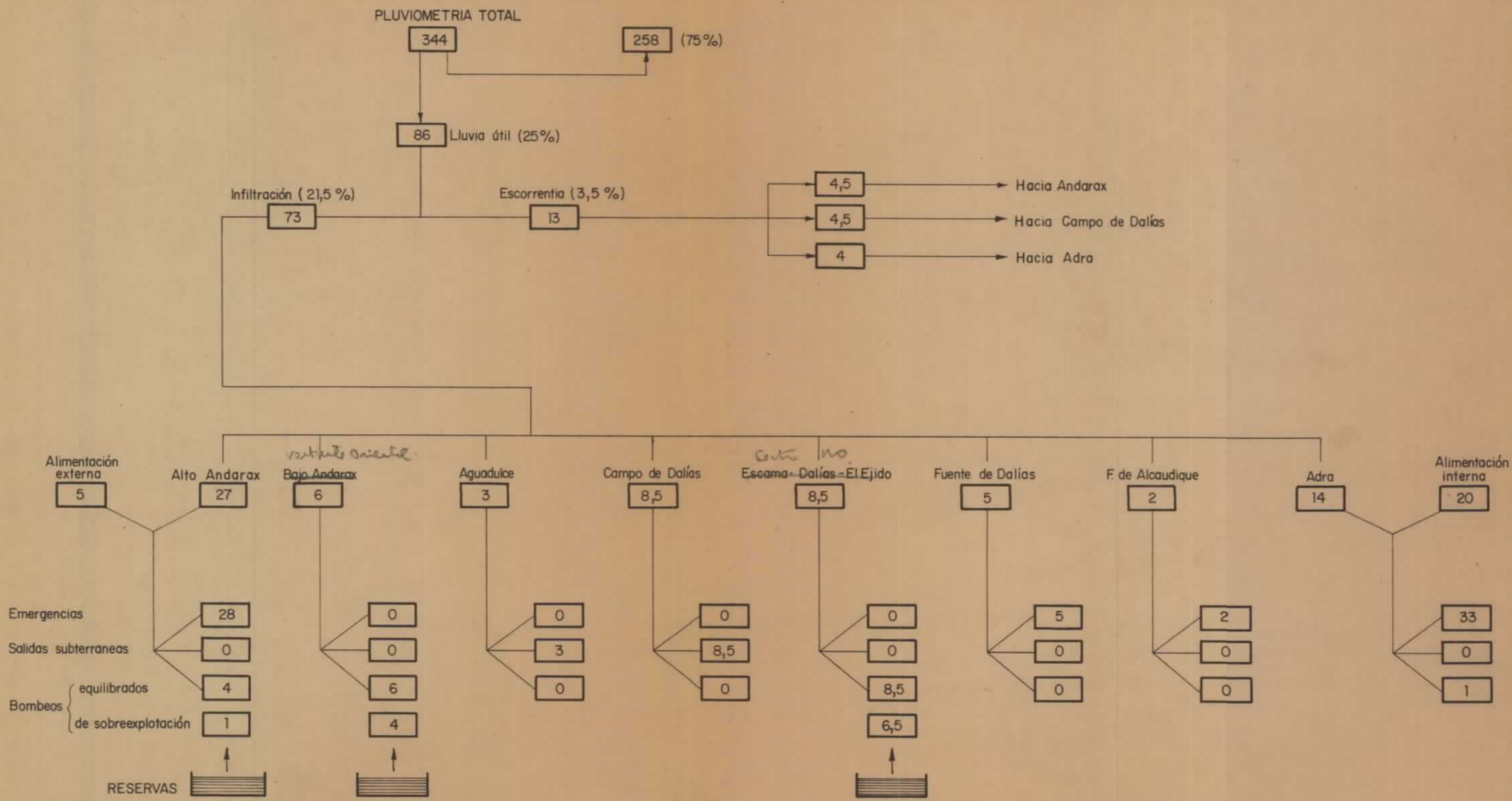
Por otra parte, en la cuenca del Adra, aparecen también (Fuente de Marbella) aguas sulfatadas (410 mg/l de sulfatos en dicha fuente), aunque el residuo seco se queda en 1,4 g/l.

A título orientativo, las aguas de las fuentes de Albuñol son más saladas (2,7 g/l) y claramente sulfatadas, llegando a tener 1,5 g/l de sulfatos. Esto puede ser un argumento a favor de la comunicación entre Albuñol y Sierra de Gádor, aunque la concentración en sulfatos de la Fuente de Marbella puede tener otras causas.

7.1.3.- Recursos subterráneos y reservas

La única zona en la cual era casi suficiente el conocimiento de los caudales de emergencia y del caudal drenado por el desagüe normal que constituye un río ha sido el Alto Andarax (ver Informe Técnico nº VI), en donde se ha podido determinar que la lluvia útil era del orden del 25% de la pluviometría, y que a su vez se repartía en un 3,5% de escorrentía superficial y un 21,5% de infiltración. Estos valores han sido adoptados para todas las subcuencas de la Sierra de Gádor, puestas de manifiesto o supuestas.

A continuación se va a determinar de forma escueta, las salidas y los recursos de cada subunidad. El conjunto de estos valores viene reflejado en la figura nº 9, y la definición de las subunidades en la figura nº 10



BALANCE DEL ACUIFERO DOLOMITICO DE LA SIERRA DE GADOR

Fig. 9

ESQUEMA HIDRODINAMICO DE SIERRA DE GADOR

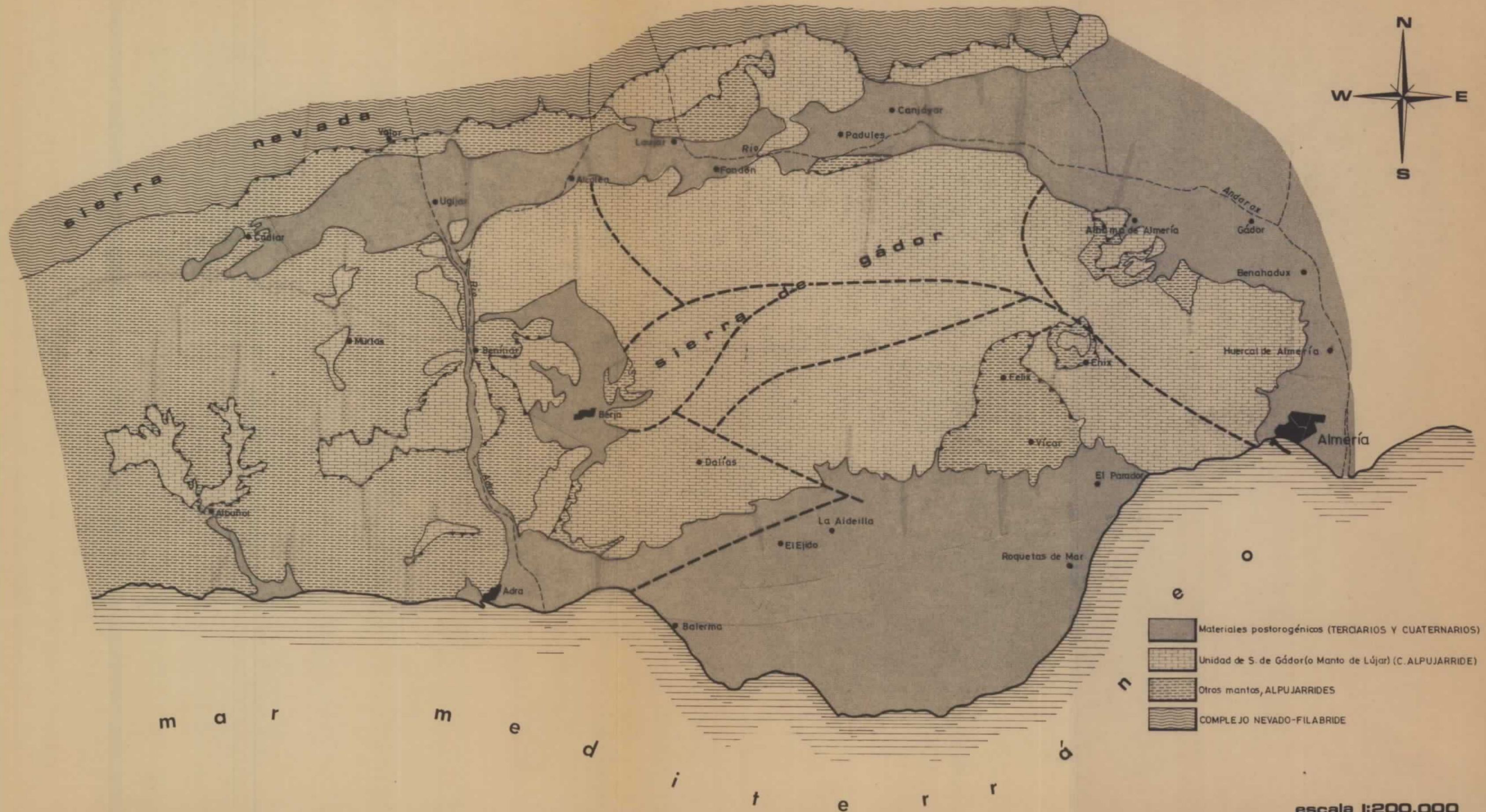


Fig. 10

escala 1:200.000

7.1.3.1.- Alto Andarax (hasta Alhama)

Las emergencias por manantiales y galerías tienen un caudal global medio de 28 hm³/año. Las estaciones por sondeo alcanzan 5 hm³/año.

Los recursos calculados sobre la base de una pluviometría total de 450 mm y de una superficie de 280 km², representan 27 hm³/año. A estos se debe añadir la infiltración de una parte - (estimada en 70%) de la escorrentía superficial sobre 51 km² de Sierra Nevada, admitiendo aquí un porcentaje de 30% para la lluvia útil, lo que procura un recursos suplementario de 5 hm³/año.

La explotación de las reservas, patente por los descensos de nivel piezométrico que sufren algunos sectores, ha sido estimado en 1 hm³/año.

7.1.3.2.- ~~Bajo Andarax~~ *Verlut oriente*

Las extracciones por bombeo alcanzan 10 hm³/año, en su mayor parte debidas a los bombeos del Ayuntamiento de Almería.

Los recursos de esta zona de 110 km² con 275 mm de pluviometría media son de 6 hm³/año. Los 4 hm³/año restantes corresponden a la explotación de las reservas.

Dichas reservas alcanzan probablemente unos 150 a 250 hm³

7.1.3.3.- Sector de Aguadulce

Los recursos han sido estimados a 3 hm³/año, a partir de una pluviometría de 300 mm sobre 45 km².

Este caudal, en parte va a alimentar el extremo nordeste del Campo de Dalías (sector de El Parador-Aguadulce), y en parte se pierde al mar.

Debido a la proximidad supuesta del substrato y a la litología del acuífero, las reservas no deben ser muy superiores a 25 hm^3 .

7.1.3.4.- Campo de Dalías (Centro Norte)

Se puede estimar a $8,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ los recursos de esa subunidad, sobre la base de una pluviometría de 350 mm sobre 110 km^2 de superficie.

Este caudal pasa a alimentar el sector centro norte del Campo de Dalías.

Las reservas deben ser del orden de 150 hm^3 como mínimo.

7.1.3.5.- Escama Dalías - El Ejido

De ella hace parte el llamado "Compartimento Noroeste" - del Campo de Dalías (Ver Informe Técnico V), en el cual las extracciones alcanzan $15 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Teniendo esta subunidad una superficie de 110 km^2 y recibiendo 350 mm de pluviometría, se puede suponer que tiene unos recursos de $8,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ y que unos $6,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ se sacan de las reservas.

Estas se pueden estimar en unos 20 hm^3

7.1.3.6.- Subunidad de la Fuente de Dalías

El caudal de dicha fuente es de 5 hm³/año, que corresponden con los recursos estimados a partir de una pluviometría de 375 mm sobre 60 km².

Las reservas deben ser del orden de los 100 hm³.

7.1.3.7.- Subunidad de la Fuente de Alcaudique

Dicha fuente tiene un caudal estimado a 2 hm³/año, igual a los recursos correspondientes a 25 km² y 350 mm de pluviometría.

Las reservas son probablemente del orden de 30 a 35 hm³.

7.1.3.8.- Subunidad del Adra

Los manantiales de Cherín (cubeta de Ugijar) tiene un caudal de 3 hm³/año, y el de la Fuente de Marbella debe ser del orden de las 30 hm³/año, lo que da un total de unos 33 hm³/año.

Los bombeos ajenos alcanzan 1 hm³/año.

Los recursos directos de una zona de 175 km² que recibe una pluviometría de 375 mm deben ser del orden de 14 hm³/año.

Hace falta entonces buscar una alimentación externa de 20 hm³/año, o bien de infiltraciones del río Adra en su parte alta y media.

Las reservas alcanzan probablemente 250 a 300 hm³.

7.1.4.- Conclusión

En el macizo de la Sierra de Gádor, solamente la unidad tectónica de Gádor-Lújar, la más baja de todas, tiene la suficiente extensión para constituir un acuífero importante.

A pesar de su compartimentación en un mínimo de ocho subunidades, constituye la principal fuente de alimentación de todas las depresiones que la rodean salvo el Campo de Dalías cuya mayor alimentación es la propia como se verá más adelante.

Estos recursos de la Sierra de Gádor asciende a unos 74 hm³/año (2,4 m³/seg) que se reparten a razón de un 36% hacia el Alto Andarax, 19% hacia el Adra y el resto entre las demás zonas.

Las pérdidas al mar son despreciables, mientras que la sobreexplotación de las tres subunidades del Alto Andarax, Bajo Andarax y escama de Dalías-El Ejido asciende a cerca de 12 h³/año - (cerca de 400 l/s, que corresponden a caudales de explotación real de más de 1 m³/s.).

7.2.- EL DELTA DEL ADRA

7.2.1.- Descripción hidrogeológica

Los materiales aflorantes en el delta, de antiguo a moderno, son los siguientes:

- Calcarenitas pliocenas, en el Este, como continuación de las existentes en el Campo de Dalías y que desaparecen debajo de costras cuaternarias, hacia el W, llegando a cortarlos debajo de éstos algunos pozos, próximos al río.

- Formación deltaica pliocena constituida por niveles arcillo-margosos, arenosos y conglomerados.

- Terrazas y glacis cuaternarios, constituidos por conglomerados arcillosos, y

- Arenas y gravas, que constituyen el aluvial del río.

Con características puntuales en cuanto a permeabilidad que pueden ser diferentes, sin embargo consideramos que constituyen un sólo acuífero.

La superficie ocupada por todos estos materiales es de 22 km². No se conoce la potencia del aluvial, debido a no haberse podido realizar geofísica por motivo de la proliferación de cultivos que impedía la ejecución de una campaña. Así mismo los numerosos pozos que existen en el delta no profundizan por debajo de un par de metros del nivel estático y éste oscila entre 5 y 10 m. Sin embargo existen sondeos, al Norte de Adra, que cortaron 50 e incluso 70 m. de aluvial, sin encontrar el substrato impermeable.

Existen puntos de agua en el aluvial que explotan 40l/s con descensos que oscilan entre 1 y 1,5 m. Así mismo, se demuestra la buena permeabilidad del aluvial cuando el agua que

discurre en el cauce del río abandona los conglomerados de la formación deltaica para pasar a las gravas del aluvial, la infiltración se aprecia fácilmente.

Con la observación de las isopiezas, tanto de Mayo de 1975, como de Noviembre, puede verse que el río es afluente, alimentando el acuífero constituido por el aluvial, hecho que como hemos dicho antes suele observarse incluso en superficie.

La alimentación del delta está originada por la pequeña infiltración de la lluvia útil sobre él y por alimentaciones subterráneas provenientes de los siguientes puntos:

- A partir del propio río, tanto superficial como subterráneamente, siendo en el primer caso en los meses de primavera principalmente.

- A partir, posiblemente, de las dolomías -según indica el plano de isopiezas- alimentadas desde los llanos de Berja.

- A partir de las calcarenitas pliocenas desde la zona de Dalías, con una descarga en lámina libre, en las albuferas de Adra.

Los valores negativos de cotas piezométricas próximas a estas albuferas que se observan en los planos de isopiezas, puede tener una sola razón: la de haber partido para la nivelación de una referencia que está referida al nivel medio del mar en Alicante y que puede presentar alguna pequeña variación al referirlo a la cota del mar, en la zona.

Las isopiezas están referidas a 2 meses puntos de máxima escurrentía (Mayo) y estiaje (Noviembre) con descensos notables entre una y otra fecha.

Aunque no se posee histórica de niveles, pues las prime

ras medidas se realizaron en el presente año, pensamos que las variaciones anuales no deben ser importantes y siempre ligadas a la variación de las aportaciones anuales.

En cuanto a la calidad química podemos decir lo siguiente:

- Se realizó un muestreo en Mayo de 1975, tomando incluso muestras de las albuferas, para conocer la relación que pudiera existir entre éstas y el acuífero. Los valores obtenidos de muestran que el agua contenida en las albuferas es salobre, y su calidad tiene más relación con el acuífero que con el agua del mar. Esto nos indica igualmente que existe una descarga del acuífero calcarenítico en las albuferas, como se apreciaba así mismo en las isopiezas.

- Los valores de conductividad varían entre 1.000 y 3.250 umhos/cm. El aumento de la conductividad es más manifiesto hacia la zona Este del delta. Los valores más bajos se obtienen en las proximidades de alimentación del río.

- En general se observa una cantidad algo elevada de sulfatos, con valores que oscilan entre 200 y 550 mgr/l. Asimismo el empeoramiento se hace ostensible hacia el Este. Los valores altos en sulfatos, pueden estar originados, por la presencia de sulfatos en la Fuente Marbella, cuyas aguas principalmente recargan el río, sobre todo cuando no hay escorrentía producida por deshielo o precipitaciones.

- Los valores del S.A.R. como es lógico ofrecen parecidas perspectivas a los valores ya referidos.

Podemos ver diferenciadas dos zonas: la occidental con agua de preferencia sulfato-cálcicas, para pasar a ser hacia el sector oriental de preferencia cloruro-sódicas.

En general son aguas, en cuanto a potabilidad, de buena a pasable.

En cuanto a la utilización para riego, son aguas con bajo peligro de alcalinización del suelo, pero de medio a elevado en cuanto a salinización del mismo.

De todas formas conviene recordar que aguas de calidad relativamente mediocre o mala en teoría pueden considerarse - casi como buenas dentro del contexto provincial.

7.2.2.- Recursos globales

En el caso del delta del Adra, no tiene sentido el hablar de recursos subterráneos, debido al hecho de que la alimentación propia de las precipitaciones es muy reducida ya que el delta tiene una superficie pequeña y recibe una escasa pluviometría, y que la alimentación subterránea por otras unidades se reduce al caudal que puede pasar por el aluvial del río Adra. La mayor alimentación que recibe el acuífero del delta proviene, con diferencia, del mismo río Adra.

La ausencia de estación de aforo sobre el río Adra antes de su entrada al delta no permite conocer con precisión - el caudal superficial que entra en el delta. Dicho caudal solo se puede estimar a partir de un balance global de la cuenca aguas arriba. Tal como se explicó en el Informe Técnico nº IX, dicho balance se puede hacer según dos hipótesis distintas, en cuanto al origen del importante caudal ($30 \text{ hm}^3/\text{año}$) de la Fuente de Marbella.

a) Si la mayor parte de dicho caudal corresponde a una aportación subterránea externa a la cuenca, las entradas al delta son la suma algebraica de los siguientes componentes:

+ caudal superficial del río Adra medido en cabecera por estación de aforo ($40 \text{ hm}^3/\text{año}$).

+ caudal de la Fuente de Marbella ($30 \text{ hm}^3/\text{año}$)

+ aportación al río a través de las dolomías de los distintos mantos tectónicos superiores y de las formaciones neógenas y cuaternarias disminuida del consumo local ($8 \text{ hm}^3/\text{año}$)

- toma del Canal de San Fernando ($4 \text{ hm}^3/\text{año}$) para el Campo de Dalías

En esta hipótesis, entonces, el caudal total que entraría en el delta por el cauce del río Adra y su subálveo sería del orden de $74 \text{ hm}^3/\text{año}$.

b) La mayor parte del caudal de la Fuente de Marbella proviene de una reinfiltración de las aguas del río Adra en las dolomías de la zona de Darrical. En este caso, no existe ninguna aportación externa a la cuenca. Siendo los demás componentes iguales al caso anterior, el caudal total de alimentación al delta por el río y su subálveo sería de $49 \text{ hm}^3/\text{año}$.

El consumo de la zona para abastecimiento humano e industrial es del orden de $2 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que el riego algo más de 2.000 ha. de cultivos (en su mayoría hortalizas en enarenados e invernaderos) debe consumir del orden de 12 a $13 \text{ hm}^3/\text{año}$, teniendo en cuenta un 10 a 15 % de infiltración de excesos. El consumo total del delta asciende entonces a un máximo de $15 \text{ hm}^3/\text{año}$, de los caudales 11 a 12 son bombeados del manto subterráneo.

A este respecto conviene notar la relativamente pequeña contribución de las aguas superficiales al abastecimiento del delta. Esta particularidad tiene dos explicaciones: por una parte, la mitad aproximadamente de la superficie regada no -

puede utilizar las aguas del río, debido a su cota más elevada; por otra parte, muchos regantes prefieren utilizar el agua limpia de sus pozos que el agua más o menos turbia del río - que, a la larga, deteriora el suelo artificial de sus enarenados.

La comparación entre el consumo del delta y su alimentación deja aparecer un importante superavit de 35 a 60 hm³/año que se pierde al mar subterráneamente o a través del cauce del río Adra y de las "boqueras" de excesos de riego.

7.3.- EL CAMPO DE DALIAS

7.3.1.- Geología

El Campo de Dalías es una cuenca sedimentaria plio-miocena de materiales marinos detríticos, recubierta en determinadas zonas por un Cuaternario formado por conos de deyección de las ramblas que parten desde la Sierra de Gádor.

Debajo de los materiales terciarios existe el substrato triásico alpujárride, determinado en una gran extensión mediante geofísica eléctrica y confirmado por sondeos mecánicos profundos

7.3.1.1.- Litoestratigrafía

Mioceno Superior

Constituye una formación detrítica transgresiva sobre los materiales triásicos y está formado de muro a techo por:

- a) Conglomerado de base. Constituído por cantos heterométricos de dolomías, calizas y cuarzos, con cemento calizo arenoso. Potencia variable desde 1 m. a unos 45 m. No aflora en la zona que nos ocupa. Se considera de buena permeabilidad (-sondeo S-1D).
- b) Formación de margas y yesos. Constituída por margas plásticas grises de potencia variable. En el centro aparecen los yesos masivos en forma de anhidritas con potencia de 40 m. (sondeo S-1D) y en los bordes con intercalaciones de margas y pequeño espesor (sondeo S-2D). La potencia media de la formación completa no supera los 100 m. Nivel impermeable. No aflora en superficie. Se hace más detrítico hacia la parte oriental del Campo.
- c) Formación calcarenitas (denominadas Vicar). Constituída por calizas areniscosas o conglomeráticas muy fosilíferas (Lamelibranchios, Ostrea, etc.) de color amarillento. Presenta muchas variaciones laterales, llegando a constituir bancos de conglomerados. La potencia es variable llegando a no determinarse en algunas zonas (sondeos S-2D). Su potencia media esta entre 100 y 130 m. Nivel muy permeable por porosidad intersticial, constitu

yendo un acuífero de buenas características. Aflora en las crestas de Sierra de Gádor, encima del Trias y subyace bajo los conos de deyección.

Plioceno inferior y medio

Constituído por materiales detríticos, que se apoyan directamente sobre los materiales miocenos, sin que parezca que haya discordancia. Las formaciones de muro o techo son:

- a) Formación margas.- Constituída por margas grises-amarillentas en superficie y grises en profundidad. Hacia los bordes y al techo de la formación, ésta se hace muy detrítica llegando a constituir posibles acuíferos. Nivel impermeable. Su potencia media es superior a los 300 m., aunque falta en los bordes de la cuenca. Aflora en el SW del Campo, zona de Balerma-Guardias Viejas.
- b) Formación calcarenitas.- Constituída por calcarenitas y arenas amarillas muy fosilíferas (Lamelibránquios, Ostrea, etc.). Presenta variaciones laterales, llegando a constituir un nivel conglomerático en los bordes. Potencia variable no superior a los 80 m. Nivel permeable por porosidad, constituyendo el acuífero más explotado del Campo. Aflora en toda la parte central y sur del mismo, y subyace bajo los conos de deyección en distintas zonas. Al muro de la formación aparecen arenas grises.

Pliocuaternario

Discordante sobre la formación anterior.

Constituído por conglomerado heterométrico con matriz arcillosa-caliza, e intercalaciones de arcillas rojizas y areniscas, que recubren en general los materiales pliocenos. Su potencia media es inferior a 10 m. y en general poco o nada permea-

ble.

Aparece también debajo de los conos de deyección.

Cuaternario

Teniendo en cuenta la litología, se puede distinguir - dos tipos principales de materiales.

- a) Conos de deyección.- Originados en las desembocaduras de las ramblas al Campo y constituidos por materiales detríticos heterogéneos y heterométricos más o menos cementados, y por gravas, arenas y arcillas, procedentes de la erosión. Presentan permeabilidad primaria o por porosidad.
- b) Formaciones recientes.- Constituidas por gravas, arenas y arcillas. Presentan en general buena permeabilidad.

Rocas Igneas

Dentro de las rocas ígneas y en relación a su edad podemos dividir las en triásicas y postorogénicas (neógenas y postneógenas).

Triásicas.- Aparecen entre las filitas y también en la base del paquete calizo-dolomítico. Son de color verde y están consideradas como lavas submarinas. Son de carácter alóctono y se clasifican como diabasas.

Postorogénicas.- Aparecen en superficie, en la parte N.E. del Campo. Existe la posibilidad de varias coladas.

Anteriores a la deposición de las calcarenitas miocenas -se observa en superficie y en los cortes geológicos de los sondeos- existen coladas de materiales volcánicos (andesitas y piroxenos). Así mismo, se ha determinado la existen-

cia al techo de estas coladas de un conglomerado más o menos arcilloso de cantos volcánicos y superior a éste un conglomerado de matriz y calcarenítico, con presencia de fósiles y cantos andesítico-piroxénicos (determinados en superficie y en profundidad).

Posteriormente ha tenido lugar la deposición de las calcarenitas miocenas (denominadas Formación Vicar).

No se excluye la posibilidad de más coladas en esta zona. Mas al E., al Norte de Aguadulce, sondeos del I.R.Y.D.A., han cortado coladas volcánicas formadas por cenizas y tobas biotíticas algo alteradas que alternan con niveles confluométricos de pie de monte y que pudieran ser consideradas como plio-cuaternarias.

En general, pueden presentar permeabilidad local por fracturación.

7.3.1.2.- Tectónica

Posteriormente a los grandes cabalgamientos de la orogenia alpina se produjeron varias fases de reajuste que se tradujeron. Los movimientos verticales: además del substrato alpujárride, también la cobertera neógena se encontró afectada por fallas de dirección WSW-ENE y WNW-ESE, probablemente subverticales.

Dichas fallas, a veces poco visibles en superficie, han sido puestas de manifiesto en mar por la campaña geofísica (sísmica) de la Plataforma continental (INI/ADARO/US Geological Survey). En tierra, el estudio detallado de las columnas de sondeos mecánicos existentes, junto con la campaña de geofísica eléctrica ejecutada en el marco del Proyecto, han evidenciado un mínimo de 6 fallas, igualmente repartidas en las 2 direcciones anteriormente definidas.

7.3.2.1.- Extensión y estructura del acuífero

Las calcarenitas pliocenas, o las formaciones conglomeráticas que afloran al Este y al Oeste del Campo, cubren la casi totalidad del mismo. Solamente dejan de existir, por no sedimentación o por erosión, en los bordes cerca de las dolomías, así como en el Suroeste donde aflora su substrato margoso, cuyo espesor puede alcanzar varios centenares de metros.

Su potencia hasta las margas, según el grado de erosión de que ha sido víctima, oscila entre 40 y 100 metros, aunque el espesor saturado está comprendido entre 0 y 70 metros aproximadamente.

En realidad las margas y las calcarenitas se depositaron en continuidad de sedimentación, por lo que la base del acuífero lo constituyen unas margas arenosas, cuya proporción de arenas decrece rápidamente hacia abajo, y hacia el Sur. Tampoco es un indicio de que se entra en las margas la aparición del color gris.

Estos dos hechos, unidos a la general imprecisión de las columnas de los sondistas -tanto particulares como del I.N.C.- han hecho difícil y frecuentemente subjetiva, la determinación de la base del acuífero.

La resistividad eléctrica de las calcarenitas saturadas es bastante variable, dando cuenta de todos los pasos posibles entre la arena margosa (25 a 100 Ω .m.) y la calcarenita compacta y microconglomerática (500 a 1000 Ω .m.).

La estructura es muy suave en general, formando las calcarenitas una plataforma, ligeramente ondulada, según dos juegos de fallas de dirección WSW-ENE y WNW-ESE. Es de notar, sin embargo, que al menos 2 de estas fallas, una de cada dirección tienen un importante papel en la hidrogeología del Campo, papel que se estudiará más adelante.

Aunque en dicho apartado se estudiará más detenidamente las condiciones en los límites, se puede ya definir los mismos a grandes rasgos:

El acuífero está limitado al SSW del Campo por el afloramiento de las margas, que forma una especie de espolón que se continúa hacia el Este sin aflorar pero a una cota tal que constituye una barrera hidráulica discontinua entre el Campo propiamente dicho y la zona costera de Salinas.

En el ángulo ENE del Campo, y debido a la gran falla de Dalías-Roquetas, no existen ni calcarenitas ni margas infrayacentes, sino las calcarenitas miocenas de Vúcar que descansan sobre un conglomerado de matriz arcillosa y a su vez sobre las dolomías de Felix y/o de Gádor.

En el extremo oriental del Campo, las calcarenitas de Vúcar lindan con las dolomías de Gádor (zona de El Parador-Agua dulce).

Del otro lado del Campo, en el Noroeste, otra gran falla, de dirección ésta WSW-ENE, ha tenido efectos parecidos, con la particularidad de levantar también las margas y de independizar de este modo el comportamiento noroeste, estudiado en el párrafo 7.1. bajo el nombre de "escama de Dalías-El Ejido".

En todo el borde Norte, las calcarenitas pliocenas deben estar en contacto con las dolomías, directamente o a través de la formación Vicar. No obstante, la parte oriental de dicho fondo está en contacto no con las dolomías de la unidad de Gádor, sino con las del manto de Félix y las filitas a él asociadas; este último contacto se complica aún más por intrusiones de coladas volcánicas.

Así delimitado, y exceptuando la zona costera entre y Roquetas, el acuífero tiene una extensión de 180 km^2 . A partir del mapa de isopaces que se ha construido, se ha calculado

en 5.500 hm³ el volumen saturado.

7.3.2.2.- Piezometría

La piezometría está conocida por un millar de puntos de agua inventariados, de los que han sido nivelados 661. Su variación en el tiempo se conoce gracias al control mensual de una red táctica de 54 puntos durante los años 1972, 73 y 74 , que pasó a 100 puntos en 1975.

Además se ejecutó una campaña de control cada 6 meses sobre unos 125 puntos. Por fín, se midieron 363 puntos en el mes de Diciembre de 1972, y 570 en el mismo mes de 1975.

Estos numerosos datos han permitido elaborar mapas de isopiezas cada 6 meses, gráficos de evolución de niveles de muchos piezómetros con un historial de más de 3 años, mapas de isovariación, mapas de profundidad del agua, etc., presentados en el Informe Técnico n° V.

En la zona central del Campo, la superficie piezométrica es tranquila, con gradientes del orden de 0,1 á 0,2 %. Se nota claramente un embudo debido a las fuertes extracciones - del sector de El Ejido.

En el Suroeste, Sur y Sureste, el manto se descarga, bastante mal, hacia las zonas costeras, con gradientes de 0,5 á 0,6 %.

La ya indicada falla de Dalías-Roquetas, responsable entre otras cosas de la yuxtaposición de 2 formaciones neógenas de edad diferente (ver apartado 7.3.2.1.), provoca así una barrera hidráulica (saltos de una decena de metros, equivalentes a un gradiente de 2 %) entre el conjunto del Campo y la zona nororiental.. Esta última, mal alimentada y muy explotada (en particular por los sondeos del I.R.Y.D.A.) tiene un claro embudo de sobreexplotación, con cotas incluso negativas. La exten

sión hacia el mar de dicho embudo provocará en breve una contaminación marina.

En cuanto a las variaciones de los niveles peizométricos con el tiempo, se puede decir que en el centro del Campo se ha producido un descenso moderado de 0,5 a 1 m en 2 años, probablemente debido tanto a la sequía como a la explotación. Se nota incluso, hacia el Sureste, una zona con subidas de niveles de hasta 1 metro.

Al contrario, en la pequeña cubeta de Guardias Viejas, situada hacia el Suroeste del Campo, las explotaciones muy fuertes en una zona de mala alimentación lateral han provocado la formación de un embudo de depresión que ha podido alcanzar localmente 9 metros en 2 años.

Más espectacular, por ser general, es la bajada de niveles en todo el borde norte, que frecuentemente alcanza 1 metro por año, y pasa de 2 metros por año en el sector noreste ya aludido.

7.3.2.3.- Esquema hidrodinámico

El manto es libre alimentado por las lluvias y los excesos de riego, así como por la escorrentía superficial procedente de la Sierra de Gádor y en alguna zona por el manto contenido en las dolomías de la misma. Se descarga esencialmente por bombeos y en menor medida hacia el mar en los sectores donde lo permite la cota del substrato margoso.

a) Subdivisiones internas: Aunque se ha aludido a ellas en los apartados anteriores, se puede recordar que son tres las zonas en que se puede dividir el acuífero del Campo de Dalías.

- El Campo de Dalfías propiamente dicho
- La zona costera entre Balanegra y Roquetas, total o parcialmente (según el sector) independizada de la zona anterior por los afloramientos o subafloramientos del substrato margoso.
- La zona noreste (El Parador), total o parcialmente independizada de la primera por la falla de Dalfías-Roquetas.

b) Condiciones en los límites

La primera zona que se acaba de indicar tiene al noroeste un límite impermeable (margas y falla) con el compartimiento dolomítico Vícar. Desde el Norte, debe recibir una alimentación por las dolomías de la Sierra de Gádor. Hacia el Este, Sur y Suroeste, se descarga, difícilmente, hacia la zona de El Parador y la zona costera.

La zona de El Parador tiene una forma triangular: sus lados norte y suroeste reciben una escasísima alimentación a partir, respectivamente, del manto filito-dolomítico de Félix y de la zona anterior; solamente en su vértice NE debe recibir una alimentación no completamente despreciable de las dolomías de Aguadulce (Sierra de Gádor); hacia el sureste, esta zona linda con el mar entre Aguadulce y Roquetas.

La zona costera, por fin, tiene escasa alimentación lateral, lo que provoca una intrusión salina visible en geofísica.

c) Parámetros hidráulicos

La interpretación de varios bombeos de ensayo en distin

tas zonas permite atribuir transmisividades de 20 a 100 m²/h a la zona de El Parador (en contacto con las dolomías), de 5 a 20 m²/h a la parte oriental de la zona central, de 30 a 50 m²/h en las zonas costeras de Balerma-Balanegra y de Roquetas, y del orden de 100 m²/h en el resto del Campo.

El coeficiente de almacenamiento parece ser el orden de 2 a 5 % en la zona de El Parador, y de 10 a 20 % en el resto del Campo (salvo la zona costera, en que no se conoce dicho coeficiente).

7.3.2.4.- Hidroquímica

El análisis de 77 muestras de agua repartidas en todo el acuífero permite definir las siguientes características:

En la zona nororiental, la calidad puede considerarse aceptable, hasta llegar a degradarse al Este de la carretera.

De valores de cloruros inferiores a 200 mg/l se pasa a valores muy superiores a 1 g/l. Asimismo y en el mismo sentido aumentan los sulfatos.

Por otro lado el peligro de alcalinización del suelo se hace muy elevado, siempre al Este del eje El Parador - La Mojonera y se pone de manifiesto en la observación de los suelos que se encuentran en general, salinizados, y con problemas en las zonas próximas.

En cuanto a la elevación de la calidad en el tiempo, hemos de destacar que según comunicación verbal de los agricultores de esta zona, han tenido que ir abandonando antiguos cultivos debido al empeoramiento de la calidad. Si retrocedemos al

apartado de Piezometría, recordemos que existe una inversión - del gradiente normal, por lo que aparte de ser la causa fundamental del empeoramiento de la calidad, puede originar problemas mucho más funestos, como es lógico deducir.

En el resto del Campo (zona central y sur), donde las calcarenitas pliocenas, descansan directamente sobre las margas pliocenas, la degradación es asimismo característica del propio acuífero y la dirección de aquella es de Norte a Sur (zona de alimentación - zona de drenaje) siguiendo el sentido de la piezometría. La zona de mejor calidad es la zona norte y oeste, empeora en el centro, y realmente es de muy mala calidad cerca de la costa sur del Campo.

Al igual que antes, los valores de Cl^- inferiores a 200 mg/l que se determinan en la parte Norte y Oeste, van aumentando en el centro hasta alcanzar la cantidad de 1 g/l. En la zona Sur, y según el sentido del drenaje de las aguas, éstas se cargan de iones Cl^- hasta alcanzar valores que oscilan entre 1 y 4 gr/l.

También, el peligro de alcalinización del suelo es patente en determinadas zonas de este sector, como puede observarse en el plano correspondiente, pero hemos de hacer constar, que excepto en la parte central donde los pozos si se usan para riego, los situados al sur están abandonados, son pozos de escasa profundidad y no está decidido utilizarlos para riego. La alcalinización del suelo, en las proximidades de la costa, es tan importante que existen saladares. No es de descartar una intrusión marina en esta zona. En el centro, se observan síntomas de salinización, incluso en las explotaciones enarenadas.

Comparando los análisis existentes en el "Estudio de los Recursos Hidráulicos totales de la Provincia de Almería" y

los realizados por el presente Estudio, se determina un empeoramiento bastante importante de la calidad en la zona próxima a la Aldeilla y en general un empeoramiento en la zona de la carretera Las Norias-Roquetas de Mar, con pozos asimismo abandonados por la salinidad, según manifestación verbal de los agricultores.

En conclusión, se puede decir que las aguas albergadas en las calcarenitas tienen una clara facies clorurada sódica, tanto más acusada cuanto que se va hacia la costa.

La calidad para riego es generalmente mediocre y llega a ser mala en determinados sectores.

Asimismo la potabilidad es pasable en el mejor caso, mediocre a mala en general, y llega incluso a ser no potable.

7.3.3.- Recursos subterráneos y reservas

7.3.3.1.- Consumos y salidas

Los datos calculados a partir del inventario sobre caudales y régimen de bombeo, contrastados con el conocimiento de las superficies regadas, de la naturaleza de los cultivos y de la tasa de riego aplicada (y teniendo en cuenta los aportes externos) permiten estimar a unos $42 \text{ hm}^3/\text{año}$ las extracciones para uso agrícola. Cuenta habida de una reinfiltración estimada en 15%, el caudal extraído se estima en $36 \text{ hm}^3/\text{año}$, a los cuales se añaden $2 \text{ hm}^3/\text{año}$ para abastecimiento humano, lo que da un total de $38 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Las salidas subterráneas hacia el mar por Balerna y por Roquetas-Aguadulce se pueden calcular en $6 \text{ hm}^3/\text{año}$, repartidos aproximadamente por mitad entre ambos sectores.

El conjunto de salidas, entonces, alcanza unos 44 hm³/año.

7.3.3.2.- Alimentación

La infiltración directa de las precipitaciones ha sido calculada en 12 hm³/año. La infiltración, en los bordes, de toda la escorrentía superficial de la Sierra de Gádor que llega al Campo por las ramblas y que nunca alcanza el mar, se ha estimado en otros 12 hm³/año. La infiltración de excesos de riegos abastecidos por las canales se puede estimar en 1 hm³/año. Por fin, la alimentación subterránea procedente de las dolomías de la Sierra de Gádor, ha sido estimada en el párrafo 7.1. a unos 9 hm³/año.

El conjunto de las entradas, entonces, no pasa de unos 34 hm³/año, por lo que aparece un déficit de 10 hm³/año aproximadamente, compensado por la explotación de las reservas. A título orientativo, un cálculo del volumen suministrado por las reservas, hecho a partir de los mapas de isovariación, indica un valor probablemente comprendido entre 6 y 12 hm³/año, según la repartición de los coeficientes de almacenamiento.

7.3.4.- Conclusión

Merecen consideración los tres puntos siguientes:

- Primero: estos cálculos, al margen de su posible imprecisión, se han hecho para el periodo de los 3 últimos años, de notable sequía, por lo que la alimentación ha sido menor mientras que las extracciones han tenido que ser mayores. Es probable que, en año y medio, el déficit sea menos importante.
- Segundo: en la mayor parte del Campo propiamente dicho, los descensos han sido poco importantes, y tal vez ligados más

a la sequía que a las extracciones; el embudo piezométrico - de El Ejido, por molesto que sea para los utilizadores, no tiene mayor transcendencia que un continuo descenso de los niveles; pasó lo mismo con el embudo a Guardias Viejas, con el agravante de que el nivel piezométrico está ya muy cerca del substrato, al menor localmente y en ciertas épocas. ~~No parece útil recurrir a una regulación legal de las explotaciones, que se está produciendo por sí misma en los sectores necesarios.~~

- Tercero: mucho más grave es la situación del sector nororiental (El Parador) donde las extracciones se encuentran desorbitadas con respecto a una alimentación natural más reducida que la que se podría prever cuando empezaron las explotaciones. Tal situación difícilmente podrá seguir así, debido al evidente peligro de invasión marina que hace correr a los pozos costeros y, a la larga, a los mismos pozos del I.R.Y.D.A.

- Dado lo anteriormente expuesto parece necesario un ordenamiento legal que permita además de futuras explotaciones a la evolución del campo. En este sentido aparece como zona ya en peligro la del sector nororiental (El Parador).

- Asimismo ya que el campo de Bole's es una zona de fuerte expansión agrícola y en relación con el apartado anterior se relaciona de la traza de aportes de agua de la zona occidental de Bole's.

7.4.- EL VALLE DEL ANDARAX Y SUS AFLUENTES

7.4.1.- Geología

7.4.1.1.- Litoestratigrafía

La casi totalidad de la cuenca del río Nacimiento, y una parte de las de Gércal -Tabernas y del Bajo Andarax (Sierra de Alhamilla), está constituidas por formaciones del Paleozoico nevado-filabre y, en menor medida, por terrenos del Triásico alpujárride. Discordantes sobre ellos vienen las formaciones neógenas y cuaternarias que forman el resto de las cuencas del Nacimiento, de gercal y de Tabernas, y la casi totalidad del Valle de Andarax.

- Paleozoico: son esencialmente micaesquistos grafitosos con granates, cloritoides y biotitas, micaesquistos feldespáticos y gneises.

Al techo de la formación aparecen mármoles cipolínicos, que son los únicos que pueden tener algún interés hidrogeológico local dentro del conjunto impermeable.

- Trías: ya estudiado en el capítulo 7.1., está formado esencialmente de dolomías y de filitas.

- Mioceno:

Conglomerado de base (MB): Tortoniense. Formación transgresiva sobre los niveles anteterciarios, de facies generalmente continental. Está constituido por un conglomerado poligénico y heterométrico de cantos redondeados de dolomías, esquistos, filitas, cuarzo y cuarcitas, con cemento calizo-arenoso-arcí

lloso, generalmente de color rojizo. La permeabilidad de esta formación es baja, debido a la matriz arcillosa.

En la cubeta del río Andarax, aflora principalmente en el borde Norte de la cuenca, en contacto con los materiales anterciarios de Sierra Nevada y Filabres, y en el borde Sur en muy pocos puntos y con poca potencia, (carretera antigua de - Instinción a Laujar); su potencia es muy variable, pudiendo superar en el borde Norte los 100 m.

En el pasillo de Gércal-Tabernas, constituyen el anticlinal de la Serrata del Marchante, alineación paralela a Sierra Alhamilla. El sondeo S.2TA, emplazado en el mismo núcleo, ha perforado 210 m. en conglomerado, sin llegar al triásico.

En el contacto triásico-terciario aparecen mineralizaciones de azufre en la zona de Benahadux-Gádor, siendo frecuentes las aguas sulfurosas, incluso en algunos de los sondeos - profundos del centro del valle (97 - HA).

Formación Margosa (MMC) y (M). Tortoniense. Margas de color amarillento con intercalaciones de niveles areniscosos. De carácter impermeable. Su potencia puede superar los 500 m. según datos de sondeos. Aflora en gran parte de la cubeta del río Andarax y pasillo de Gércal-Tabernas.

Maciños (MC₂). Andaluciense. Formación de calizas organógenas y areniscas. Pequeño afloramiento en el límite de la cuenca de Tabernas con el río Aguas. Su permeabilidad es buena, pero su potencia es muy reducida, unos 20 m.

Margas (M₃). Margas azuladas (amarillas en superficie). Pequeño afloramiento en el extremo Este de la cuenca de Tabernas, -

asociado a la base de la formación de yesos.

Yeso espejuelo (Y): Andaluciense. Yeso masivo con intercalaciones margosas blanquecinas de poca potencia. No tiene una continuidad en toda la cuenca debido a frecuentes cambios laterales de facies. Existen unos afloramientos en el borde NE y E de la cuenca del río Andarax y en el extremo Este de la cuenca de Tabernas. Algunos de los sondeos profundos realizados en el valle del Andarax y Tabernas lo han cortado en profundidad (97 - HA y 6 - V) y otros han llegado al Trias, sin cortarlo.

Formación Sorbas (MS). Andaluciense. Margas con intercalaciones arenosas, areniscas y calcarenitas. El conjunto es impermeable, aunque localmente pueden existir pequeños acuíferos asociados a los niveles más detríticos.

La serie estratigráfica del mioceno más completa, la encontramos en la cubeta neógena del pasillo Tabernas-Gérgal.

PLIOCENO - MIOCENO

Formación Vicar: (FV). Mioceno superior, posible Plioceno. Calizas areniscosas y conglomeráticas (calcarenitas), muy fosilíferas en determinados niveles (Lamelibranchios, Ostreidos, Lithothamnios, Pecten, etc.). Cambios de facies según las zonas en unas, calizas de tipo lacustre arrecifales, muy organógenas y detríticas, en otras, conglomerado calizo y en otras calizas esparíticas. Su potencia varía desde los 10 a los 50 m. Muy buena permeabilidad.

Los afloramientos principalmente se localizan en los bordes de las cubetas, discordantes sobre los materiales ante

terciarios o en discordancia angular sobre las margas miocenas. Desaparecen hacia el centro de la cuenca.

Plioceno (PL)

Discordante sobre las margas miocenas.

Formación arcillosa amarillenta, constituida por la alternancia de horizontes arcillo-margosos, arenosos y conglomerados. Suele encontrarse fauna de Lamelibranquios. Impermeable en su conjunto, excepto los niveles detríticos que tienen una permeabilidad baja.

Los principales afloramientos están en la margen izquierda del río Andarax, cuenca baja (Viator, Pechina y Rioja). Su potencia alcanza los 140 m. (Sondeo de Investigación S. 2A).

Plio-Cuaternario (PQ)

Discordante sobre todas las formaciones anteriores. De facies continental.

Está constituido por un conglomerado poligénico y heterométrico, con cantos de diferente naturaleza según su proximidad a las áreas de erosión y cemento arcilloso-carbonatado. Intercalaciones lenticulares de areniscas y arcillas rojizas. Hacia la base mayor predominio de arcillas.

Su potencia es muy variable oscilando desde 5 hasta más de 200 m. (zona del Puente de los Imposibles y sondeo S.9A en Almócita). La permeabilidad es variable de unos puntos a otros, según la proporción de arcillas.

Cuaternario

Discordante sobre todos los materiales anteriores. Según su litología se diferencian dos tipos de materiales:

- Calizas travertínicas (T) de color blanco y en la base frecuentemente se encuentra un conglomerado de escasa potencia. La potencia máxima es de unos 20 m. Los afloramientos que dan localizados en Alhama y Alicun, borde Norte de Sierra de Gádor. Muy permeable, debido a su porosidad intersticial, fracturación y fenómenos de disolución.
- Formaciones recientes. (Q). Aluvial (arenas, gravas, limos) de los cauces de los ríos y ramblas confluentes, y eluvial (tierras de labor) en las terrazas próximas al cauce, presentan muy buena permeabilidad por porosidad.

7.4.1.2.- Tectónica

Dejando a parte los macizos paleozoicos de Sierra Nevada cuya tectónica presenta poco interés, y la Sierra de Gádor ya estudiada más arriba, sólo se hablará aquí de la Sierra Alhamilla y de las cubetas terciarias.

Sierra Alhamilla

En principio parece ser la continuación orográfica del anticlinal de Sierra de Gádor. En su núcleo afloran materiales del paleozóico atribuidos al Complejo Alpujárride y sus flancos están recubiertos de materiales triásicos.

Según este esquema, el pasillo intermedio entre ambas

sierras y recubierto de sedimentos terciarios, podría ser la cúpula hundida del anticlinal que constituye el zócalo de la cubeta terciaria. Una observación que puede apoyar esta hipótesis, es que normalmente en el borde oriental de Sierra de Gádor afloran los materiales más antiguos de la serie triásica, (en la mayoría de los barrancos perpendiculares a la Sierra, - en el contacto con los materiales terciarios aparecen los calcosquistos y filitas), y que en los sondeos profundos del centro del valle (97 y 105 - HA) los materiales triásicos perforados corresponden a los más antiguos de la serie de Sierra de Gádor, (dolomías y calcosquistos inferiores y filitas).

La tectónica regional parece indicar que Sierra Alhamilla, junto con Sierra Cabrera, al Este de ésta, y fuera de la zona de estudio sufrieron una elevación vertical después del paroxismo alpino, lo que motivó que las series terciarias más antiguas reposen sobre los bordes de estas Sierras con un fuerte buzamiento. Indudablemente la serie terciaria más completa se observa en el borde con Sierra Alhamilla, (rambla de Indalecio en el término municipal de Rioja y cuenca de la Rambla de Tabernas).

Cubetas terciarias. Constituyen sinclinales con disposición paralela a las principales elevaciones estructurales y sus límites con los sistemas montañosos generalmente están fallados.

Durante la deposición de los sedimentos terciarios, la cuenca ha estado sometida a un desigual hundimiento, lo que ha provocado una disposición de los sedimentos en discordancia angular progresiva.

Tectónicamente han sufrido un suave plegamiento y frac

turación en bloques, debido a reajustes del zócalo, correspondiente a la última fase de la orogenia alpina. Algunas de estas fallas son muy recientes, afectando al Plio-Cuaternario - (falla normal del puente de los Imposibles, Alhama, con un salto superior a 200 m).

En algunos puntos de la cubeta del río Andarax, según datos verbales de las columnas litológicas suministradas (sondeos 256 y 312-B), debajo de los materiales triásicos perforados (dolomías) se han cortado margas azul-grisáceo, atribuidas al Mioceno. Esto nos pone de manifiesto el posible cabalgamiento del Triásico sobre el Terciario en zonas muy próximas al borde oriental de Sierra de Gádor (término municipal de Benahadux).

7.4.2.- Descripción hidrogeológica de la Cuenca del río Nacimiento (680 km²).

7.4.2.1.- Hidrodinámica

A parte del mismo valle, los mármoles y calizas mármóreas que aparecen en el techo del Complejo nevado-filábride - constituyen un buen acuífero por fisuración. Estos mármoles se presentan de forma aislada en el NW de la cuenca en la zona minera de Las Piletas, y en principio debido a su pequeña extensión no presentan interés hidrogeológico. Sin embargo no debemos olvidar que estos mármoles con una presencia importante en la zona minera de Alquife (estribaciones de Sierra Nevada) al W de nuestra zona-estudio, constituye un buen acuífero como se está demostrando en la actualidad, realizándose importantes bombeos para la debida explotación del yacimiento minero.

En el mismo valle se encuentran dos acuíferos, que se han considerado conectados y formando por lo tanto un sólo acuífero.

El aluvial del río, constituido por arenas, gravas y limos, está limitado al cauce y márgenes del río; tiene algunas decenas de metros de potencia. Es un acuífero libre con buena a media permeabilidad. Está principalmente explotado por galerías y pozos de poca profundidad, encontrándose el nivel piezométrico entre 8 y 15 m.

Las gravas y arcillas rojas tienen grandes cambios de facies, lo que provoca importantes variaciones de la permeabilidad y frecuentes puestas en carga locales. Está más conglomerático en la parte occidental, que corresponde a la provincia de Granada, y más arcilloso en la parte de Almería. Su espesor es siempre mayor de 50 m y puede alcanzar 200 m en determinadas zonas. Es la continuación oriental de la formación de los Llanos de Guadix, donde se obtienen caudales importantes. En la cuenca aquí estudiada, la explotación es escasa, realizándose principalmente mediante galerías y pozos cuya profundidad oscila entre los 15 y 60 m.

El río drena al acuífero a lo largo de todo su recorrido, con gradientes fuertes (1,3% en la zona de Abla, a 2,2% en la de Fiñana-Huéneja. Donde está ubicada la estación de aforo, en la parte inferior de la cuenca, un cierre impermeable del aluvial hace que toda el agua subterránea pase en superficie.

La alimentación se realiza por las precipitaciones sobre el acuífero, y sobre todo por la infiltración de las aguas superficiales (de lluvia o de deshielo) que transcurren por los numerosos barrancos que llegan al valle.

Por lo tanto, la evolución estacional de los niveles piezométricos viene relacionada con el régimen de lluvias y sobre todo con la época de deshielo de las estribaciones de las sierras paleozoicas. Entre los meses de Marzo y Abril se inicia la subida de niveles, originándose los descensos de forma amortiguada a partir de Junio, y prolongándose hasta el nuevo ciclo.

7.4.2.2.- Hidroquímica

Las 28 muestras de agua estudiadas enseñan que, salvo excepción las aguas son perfectamente utilizables para riego (bajo peligro de alcalinización del suelo -tipo S₁-, y con concentración total moderada a media -tipos C₂ y C₃-). En cuanto a potabilidad, oscilan entre calidad buena y mediocre.

El residuo seco oscila generalmente entre 500 y 1000 mg/l, siendo el agua de mejor calidad en las zonas de aportación de escorrentía superficial.

El tipo es en general netamente sulfatado cálcico.

7.4.2.3.- Recursos globales

La casi totalidad (97%) del consumo de la cuenca es para fines agrícolas. En efecto se riegan 5.530 ha., de las cuales se puede considerar que 930 se abastecen de aguas subterráneas, 1.600 con aguas superficiales, y el resto con las dos según la época del año y la ubicación.

Del total de aguas subterráneas consumidas (8,5 hm³/año) sólo 2,5 hm³/año son proporcionadas por los bombeos, preferentemente en el aluvial; el resto proviene de las múltiples gale

rías cuyo caudal, al parecer, se aprovecha solamente en un 10%.

El consumo total del conjunto de la cuenca ha sido estimado en menos 24 hm³/año.

Estimando la lluvia útil en un 17% (valor obtenido en el valle del Alto Andarax), se llega a un recurso global de unos 37 hm³/año. Siendo de 24 hm³/año el consumo global, existen excedentes de 13 hm³/año que se admite se reparten en 11 hm³/año de aguas superficiales y 2 hm³/año de aguas subterráneas.

Estos cálculos se ven confirmados por los aforos de la estación de El Chono, en la correspondiente parte de cuenca.

7.4.3.- Descripción hidrogeológica de la Cuenca de las Ramblas de Gergal y de Tabernas (740 Km²)

7.4.3.1.- Definición de los acuíferos

Aproximadamente el 70% de la cuenca está constituida por materiales paleozoicos del Complejo nevado-filábride, impermeable. Los afloramientos dolomíticos de la Sierra de Alhami-lla están casi siempre colgados, lo que limita el interés de los mismos.

La cubeta neógena, en el centro, tiene una estructura sinclinal entre los relieves de Sierra Nevada y Sierra Alhami-lla, con un anticlinal transversal que divide geológicamente el sinclinal en una parte con vigencia hacia el Suroeste (cuenca del río Andarax) y otra hacia el Noreste (cuenca del río Aguas).

No existe ningún acuífero de especial interés o mayor importancia, sino que son varios los que se explotan, todos con pocas posibilidades hidrogeológicas. Los menos despreciables son los siguientes:

Conglomerado de base del Mioceno, de potencia a veces importante (más de 200 m), pero con importante matriz arcillosa -lo que da una permeabilidad baja-, y de todas formas con afloramientos discontinuos.

La única zona donde la recarga podría ser interesante es el Sur de la población de Tabernas, en donde las Ramblas de la Sierra y de Los Molinos atraviesan el afloramiento de conglomerados.

En los pocos puntos donde están explotados dichos conglomerados, suministran un agua de muy mala calidad (residuo seco 5,5 g/l en el sondeo S.2 TA de Tabernas).

Niveles calizo-areniscosos relacionados con los yesos masivos

Varios sondeos, en la zona del Alpargatero, explotan estos niveles; las características de este acuífero y su respuesta a un prolongado bombeo no son todavía conocidos por su reciente puesta en explotación.

Asimismo varios sondeos explotan al parecer los yesos karstificados y fallados, en el centro de la cubeta, con un agua de calidad no excesivamente mala.

Calcarenitas pliocenas

La permeabilidad de esta formación es buena, pero los afloramientos quedan generalmente colgados.

Aluvial y eluvial cuaternarios del Campo de Tabernas

De una potencia de unos 30 m y una permeabilidad generalmente baja, esta acuífero es el más explotado de la cuenca (50% de las extracciones totales, que representan unos 4 hm³ / año), sobre todo a partir de largas galerías que en muchos ca

Los están ubicadas al contacto entre el Cuaternario y su subtrato margoso terciario. Las informaciones conseguidas parecen poner de manifiesto un descenso continuo de los niveles - con el tiempo.

7.4.3.2.- Recursos globales

El mayor consumo es el agrícola para el regadío de 2.920 ha, de las cuales unas 2.500 regadas a partir de aguas subterráneas y el resto de origen mixto.

Se estima en unos 5 hm³/año el caudal de los manantiales y de las galerías, 3 hm³/año las extracciones por bombeo, y a 1 hm³/año el aprovechamiento de aguas de superficie.

La lluvia útil ha sido estimada aquí en un 10% de la pluviometría, lo que proporciona un recurso global de unos 20 hm³/año repartidos por igual entre infiltración y escorrentía.

Quedarían por tanto unos excesos de unos 11 hm³/año, esencialmente en aguas superficiales de difícil regulación.

7.4.4.- Descripción hidrogeológica del valle del río Andarax

7.4.4.1.- Definición de los acuíferos

Aluvial del cauce y delta del río: es el principal acuífero de la zona, con un 65% de las explotaciones.

En el valle, el acuífero tiene de 20 a 50 m de potencia, de los cuales sólo de 10 a 20 m están saturados.

En el delta, además del anterior, existe un acuífero profundo, también aluvial, separado del superior por una pasada margosa; está prácticamente sin explotar.

La explotación del acuífero aluvial se establece preferentemente mediante pozos y galerías, de las cuales se extrae un caudal considerable, solo parcialmente aprovechado; esta sangría deja el acuífero prácticamente seco a finales del estiaje, pero se recupera con rapidez, en invierno y primavera, a través de la escorrentía superficial del río.

Plio-Cuaternario: Contribuye con un 25% a la explotación del valle.

Está constituido por conglomerados más o menos cementados con matriz arcillosa carbonatada. Presenta frecuentes cambios de facies.

En los pies del monte, tiene un espesor de 20 a 30 m, pero en el centro del valle, la estructura sinclinal hace que el espesor alcance los 300 m, de los cuales 150 m están saturados.

Contrariamente al acuífero aluvial, que constituye un conjunto, en el caso de Plio-Cuaternario se presentan diferentes acuíferos, en las distintas zonas, desconectados unos de otros.

La explotación se hace preferentemente mediante pozos y pozos-sondeos, con caudales puntuales pequeños (inferiores a 15 l/s).

Mio-Plioceno: representa 10% de las explotaciones del valle. Está representado por varias intercalaciones de arenas y conglomerados entre las margas del Mio-Plioceno, muy desarrolladas en la margen izquierda del valle.

También tenía un interés, aunque local, las calcarenitas de la formación Vicar, en la parte baja del valle, debido a la intensa explotación de algunos de los pozos del Ayuntamiento, están ahora secas.

7.4.4.2. Esquema hidrodinámico

a) Piezometría: los acuíferos pliocuaternarios y los tramos superiores de los acuíferos terciarios se descargan en el aluvial generalmente con una fuerte pérdida de carga.

Las isopiezas del aluvial acusan una inflexión en las zonas de confluencia de las ramblas de Gérgal y Tabernas, lo que demuestra una cierta relación subterránea.

En la margen derecha del delta aparece una fuerte depresión, ligada a una intensa explotación.

La isopieza de cota 0 está normalmente entre 500 y 2.500m de la línea de costa; al margen del pequeño error (20 o 30 cm probablemente) provocado por el hecho de que la referencia oficial es el nivel del mar en Alicante, las cotas negativas o al menos muy cerca de cero deben existir en la parte costera.

El control mensual de 188 piezómetros en 1972 y primera mitad de 1973, y de 82 puntos desde entonces, permite apreciar la evolución de los niveles.

En el delta, se observan variaciones muy acentuadas, íntimamente relacionadas con la humedad de la estación, correspondiendo la máxima depresión con el mes de Agosto, y la máxima recuperación con los meses de Abril y Mayo.

En el valle, las variaciones también son acentuadas, pero los niveles se recuperan totalmente entre una época y otra.

También en los piezómetros del Plio-Cuaternario y del Mio-Plioceno aparecen fuertes variaciones, pero tampoco descensos progresivos de niveles.

En conclusión, no aparece en ninguno de los acuíferos del valle descensos de niveles que se puedan atribuir a una sobreexplotación.

b) Condiciones en los límites: la alimentación lateral del acuífero aluvial existe a través del Mio-Plioceno y del Plio-Cuaternario pero debe ser muy escasa por la mala calidad de los mismos. La aportación por el mismo aluvial de los valles del Alto Andarax, del Gérgal y del Tabernas tampoco puede ser muy importante, debido a la mala calidad de los mismos. La mayor fuente de alimentación está constituida por los aportes superficiales del Andarax y de las ramblas de Gérgal y Tabernas.

El drenaje, además de las explotaciones por bombeo, se efectúa por las galerías, que vierten sus excedentes en canales sin revestir; cuyos excedentes se reinfiltan en cualquier parte, así como los excesos de riego, mientras que la mayor parte se pierde al mar.

c) Parámetros hidráulicos: La transmisividad medida mediante bombes de ensayo en el aluvial varía poco, entre unos 15 y unos 50 m²/h.

El único coeficiente de almacenamiento medido es de 7 % (sondeo S. 1 A).

7.4.4.3. Hidroquímica

El residuo seco del agua del aluvial está generalmente comprendido entre 1,5 y 2,5 g/l; no obstante, aguas arriba de la población de Gádor no alcanza 1 g/l, mientras que en el delta pasa frecuentemente de 3 g/l.

En la facies química, no se destaca generalmente ningún catión particular, mientras que el anión más importante es siempre el sulfato, seguido del bicarbonato y del cloruro. Esta facies mixta con abundancia de sulfatos se conserva en el delta incluso en las zonas de fuerte salinidad, lo que indica claramente que no es el agua marina la causa de tan fuerte salinidad sino un enriquecimiento local debido a factores litológicos e hidrodinámicos.

El S.A.R. es siempre bajo (2 a 3) salvo en el delta, donde suele estar comprendido entre 3 y 6. Por tanto, el peligro de alcalinización del suelo es generalmente bajo, a veces medio, raramente elevado.

La potabilidad suele ser pasable o mediocre.

En el detrítico mio-plio-cuaternario, las aguas tienen la misma facies (mixta con predominancia de sulfatos) que las del aluvial, pero con una calidad media peor. El residuo seco varía en general entre 2 y 2,5 g/l, el S.A.R. entre 3 y 6, y la potabilidad mediocre a pasable.

Mención aparte merece el sector del Aeropuerto, donde la facies es clorurada sódica (hasta más de 2 g/l de cloruros), y el residuo seco alcanza fácilmente 5 g/l; estas aguas son inapropiadas para cualquier uso.

Los niveles detríticos intercalados entre las margas miopliocenos suministran siempre un agua de bastante mala calidad. El residuo seco está siempre por encima de 2 g/l y puede sobrepasar los 4 g/l. Los cloruros suelen estar comprendidos entre 300 y 700 mg/l y a veces sobrepasan el gramo. El S.A.R. es siempre medio a elevado (de 3 a 10) y la calidad mediocre a mala para usos agrícolas y humanos.

7.4.4.4. Consumos y recursos (ver esquema adjunto)

El consumo agrícola proviene del regadío de 5.400 ha., de las cuales se estima que 1.400 se riegan únicamente con aguas subterráneas, y que las 4.000 restantes se abastecen en dos terceras partes de las mismas, y en una tercera parte de aguas de superficie. En resumen, el regadío consume unos 20 hm³/año de aguas subterráneas y 7 hm³/año de aguas superficiales.

El consumo humano e industrial se efectúa únicamente a partir de aguas subterráneas y se estima en unos 6 hm³/año (más 8 hm³/año procedentes de la Sierra de Gádor).

Del volumen extraído de los acuíferos, 14 hm³/año proceden de pozos y sondeos y 20 hm³/año de galerías; se ha estimado que este último caudal, aprovechado, representa solamente el 60 % del caudal total de las galerías.

En cuanto a entradas, se estima en unos 10 hm³/año los aportes de agua subterránea, en infiltración diversa de las lluvias (4 hm³/año) o aportaciones procedentes de las cuencas del Alto Andarax, del Nacimiento y del Gérgal -Tabernas (2 hm³/año para cada una).

La aportación de aguas superficiales es mucho más importante puesto que alcanza unos 60 hm³/año, de los cuales - más de la mitad procede de la cuenca alta del Andarax.

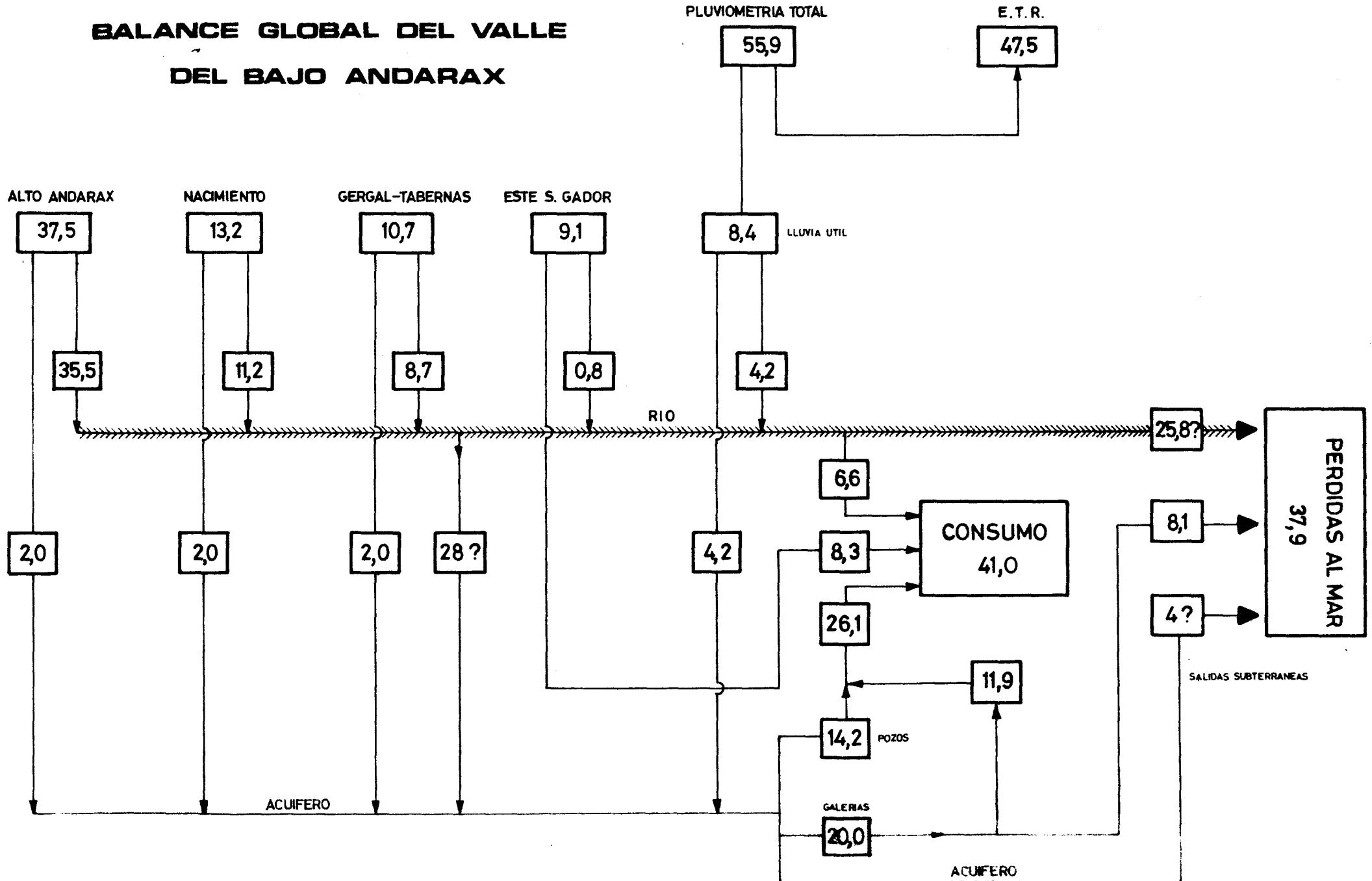
La interrelación entre aguas superficiales y subterráneas es de muy difícil definición. Se estima que unos 28 hm³/año se infiltran del río hacia el aluvial.

La comparación entre entradas y consumos deja aparecer un exceso de cerca de 38 hm³/año, repartido en 26 hm³/año a través del cauce del río, 8 hm³/año por las baqueras de riego que se vierten directamente al mar, y 4 hm³/año (?) en salidas subterráneas al mar.

La importancia de estas pérdidas, en una zona tan deficitaria como Almería no deja de ser extraña. Sobre todo el elevado valor de las pérdidas por el mismo cauce es sorprendente, cuando es notorio que el Andarax esta casi siempre seco. Sin embargo un volumen de 15 a 20 hm³ puede perfectamente salir al año por el cauce, entre un par de crecidas y algunas semanas de escorrentía; por otra parte, el caudal que se pierde subterráneamente y por las baqueras ha podido ser subestimado; por fin, los caudales superficiales que llegan a la cuenca, tal vez han sido un poco exagerados (aunque son congruentes con los datos disponibles) pero afectan solamente en una pequeña proporción el balance de las aguas subterráneas.

El balance global del valle del bajo Andarax aparece de forma esquematizada en la figura siguiente

BALANCE GLOBAL DEL VALLE DEL BAJO ANDARAX



CAPITULO 8 - COMARCA DEL ALMANZORA

8.1.- INTRODUCCION

8.1.1.- Presentación

La comarca del Almanzora abarca toda la parte nororiental de la provincia de Almería y una pequeña parte de la de Murcia ; con una superficie total de 3.510 km² incluye las cuencas superficiales del río Almanzora, del río Antas, y del río Aguas.

Aunque sus límites son topográficos, son perfectamente válidos para el estudio hidrogeológico. En efecto coinciden al Sur con el macizo paleozoico, impermeable, de la Sierra Filabres casi hasta el mar; al Este con el Mediterráneo y la sierra paleozoica de Almagrera; al Norte con las sierras paleozoicas de Enmedio y de las Estancias. Al Oeste y al Noroeste, la comarca linda con la depresión de Baza y la parte dolomítica de la Sierra de las Estancias, respectivamente, en las cuales los límites hidrogeológicos no deben ser muy diferentes de las divisorias topográficas.

Sólo el río Almanzora tiene una escorrentía continua en cabecera, debido a la regulación de las dolomías triásicas y el retraso del deshielo. En el resto de la cuenca, solo se observan escorrentías discontinuas, ligadas al régimen muy irregular de las lluvias.

El clima es típicamente mediterráneo, con escasas lluvias de fuerte intensidad y corta duración, repartidas preferentemen-

te en otoño y primavera. La pluviometría oscila entre los 200 y 350 mm, subiendo a 400 mm solamente en la cabecera del Almanzora.

La población total no llega a 100.000 habitantes, y se dedica esencialmente a la agricultura. La superficie total regada es de 17.000 ha, se representa el 26% de la superficie en regadío de la provincia. Los principales cultivos son los parrales y frutales en la zona alta, y agríos, hortalizas y forrajes en la zona baja.

Unas 5.500 ha se abastecen parcialmente con aguas superficiales. El resto de su datación, así como la de las 11.500 ha restantes, provienen de aguas subterráneas.

Los factores socio-geográficos e hidrogeológicos han llevado a dividir esta comarca en: Alto Almanzora, Bajo Almanzora, Antas, Aguas, que se estudian a continuación.

8.1.2.- Geología

8.1.2.1.- Litoestratigrafía

El Paleozoico está constituido esencialmente por micaes - quistos, esquistos, pizarras, así como cuarcitas y mármoles. Teniendo estos dos últimos afloramientos generalmente discontinuos, el Paleozoico se puede considerar como impermeable en su conjunto. Pertenece en su mayor parte al Complejo nevado-filábride, pero también existen afloramientos paleozoicos de la base del Complejo Alpujárride y otros, muy escasos, de la base del maláguide.

El Permo-Trías pertenece al Complejo nevado-filábride y aflora en el borde meridional de la Sierra de Filabres. Está representado por mármoles y gneises, con metabasitas.

El Triásico se presenta bajo facies alpina (Complejos Ba llabona-Cucharón y Alpujárride) y facies germánica (Complejo Bé tico de Málaga). En cuanto al tipo alpino se puede dividir en Trías Inferior (Werfeniense) y Trías Medio-Superior.

- Trías Inferior (F). Conjunto formado por filitas versicolores con abundantes intercalaciones de cuarcitas pardo-rojizas y yesos. La alteración de las filitas origina las "Launas".

Las filitas presentan un metamorfismo de grano bajo, epizonal. Debido a su enorme plasticidad pueden aparecer inyectadas a través de las fracturas del paquete carbonatado y servir de su perficie de deslizamiento de los diferentes mantos. Su potencia es variable, pudiendo superar los 200 m. Es una formación completamente impermeable. Localmente las cuarcitas pueden presentar cierta permeabilidad por fracturación.

- Trías Medio-Superior (D). Está constituido por el paquete carbonatado. Suele estar ligeramente discordante sobre la formación de filitas. Se diferencian dos tramos que de muro a techo son:

- Calco-esquistos amarillos y margas con intercalaciones de calizas-margosas muy tableadas. La potencia es variable, e incluso pueden no existir y pasar directamente de las filitas a las dolomías. Su permeabilidad es baja.
- Calizas y dolomías. En la base suelen presentarse tableadas y de color gris oscuro. Hacia el techo en la formación se encuentran calizas grises meteorizadas ocre-amarillentas. La potencia es variable pudiendo alcanzar los 500 m.

La permeabilidad es muy buena, debido a la fracturación y disolución, aunque varía de unas zonas a otras, siendo frecuentes fenómenos de karstificación.

Suele encontrarse interestratificadas unas rocas verdes , de tipo diabásico.

Diferenciado el Ballabona-Cucharón como un Complejo, dentro del Alpujárride se han diferenciado dos mantos, Inferior y Superior.

Los pequeños afloramientos del Complejo Maláguide, están constituidos por calizas y dolomías consideradas triásicas (BD). En cuanto a permeabilidad coincide con las dolomías y calizas de los Complejos anteriormente citados.

Los materiales postorogénicos están discordantes sobre las formaciones triásicas y paleozóicas, recubriendo las cubetas terciarias.

Mioceno

- Conglomerado de base (Mb): Tortoniense. Formación transgresiva sobre los niveles anteterciarios, de facies generalmente continental. Está constituido por un conglomerado poligénico y heterométrico de cantos redondeados de dolomías, esquistos, filitas y cuarcitas, con cemento arcilloso-aréniscoso, de color rojizo. La permeabilidad de esta formación es baja, debido a la matriz arcillosa.

En la cubeta del río Almanzora, aflora principalmente en la zona Norte de la cuenca en contacto con los materiales anteterciarios de las Sierras de los Filabres y Estancias, y ocupando gran extensión. En el Almanzora bajo aflora como continuación de la zona anterior, al norte de la cubeta del Saltador y próximo a Overa.

- Formación margosa. (MMC). Andaluciense. Margas de color amarillento con intercalaciones de areniscas y conglomerados. De carácter impermeable en general. Aflora en los bordes de la cuenca del Almanzora Alto en contacto con la formación anterior, así como en la zona Overa-El Saltador.

- Maciños (Mc). Andaluciense. Alternancia de calizas, areniscas y margas. Pequeños afloramientos en los bordes de la cubeta del Almanzora Alto (zona de Olula del Río). Su permeabilidad es buena, pero su potencia es reducida (sobre unos 20-30 m).

- Margas (M). Andaluciense. Margas arenosas y margo-calizas amarillentas. Sus afloramientos son importantes ocupando grandes extensiones tanto en el Almanzora Alto y Bajo, como en la cuenca del Antas. Conjunto impermeable.

Plioceno-Mioceno

- Rocas volcánicas (V). Denominadas veritas y andesitas. Se determinan en las zonas del Almanzora Bajo y Antas, por la zona de Vera, de donde reciben el nombre. Conjunto impermeable, aunque puede presentar permeabilidad local por fracturación. Edad mioceno superior o posible plioceno.

- Formación Vicar (FV). Mioceno Superior, posible Plioceno. Constituida por calizas areniscosas y conglomeráticas (calcarenitas), muy fosilíferas en determinados niveles (Lamelibranchios, Ostreides, etc). Cambios de facies. Su potencia varía sobre los 50 m. Muy buena permeabilidad.

Los afloramientos se localizan al NW del Saltador y al Sur de la Ballabona.

Plioceno

Discordante sobre el Mioceno.

- Margas pliocenas (PM). Margas arenosas fosilíferas. Im permeable.

Los principales afloramientos se determinan en las proximidades de la Ballabona y Cuevas de Almanzora.

- Formación detrítica (PL). Formación arcillosa amarillenta, constituida por alternancia de horizontes arcillo-margosos, arenosos y conglomerados. Se encuentran fósiles. Conjunto en general impermeable, con permeabilidad baja en los niveles detríticos. Aflora en la zona baja del Almanzora.

Plio-Cuaternario (PO)

Discordante sobre las formaciones anteriores. Facies continental.

Constituido por un conglomerado poligénico y heterométrico. Intercalaciones lenticulares de areniscas y arcillas rojizas. Hacia la base predominio de éstas. Potencia variable. Permeabilidad variable de unos puntos a otros, según la proporción de arcillas, pudiendo ser impermeable en algunas zonas o muy permeable en otras. Forma cubetas importantes (El Saltador, Pulpí, la Ballabona).

Cuaternario

Discordante sobre todos los materiales anteriores. Según su litología se diferencian dos tipos de materiales.

- Calizas travertínicas (Tr). De color blanco. Los afloramientos quedan localizados próximos a las fuentes termales de La Calera y Serón y al N.E. de Albox. Pueden ser permeables debido a porosidad intersticial, fracturación y fenómenos de disolución.

- Formaciones recientes (Q). Aluvial (arenas, gravas, limos) de los cauces de los ríos y ramblas y aluvial (Tierras de labor) en las terrazas próximos al cauce. Presentan muy buena permeabilidad por porosidad.

8.1.2.2.- Tectónica

Los materiales anteterciarios fueron afectados por la orogenia alpina que originó preferentemente grandes alineaciones estructurales de dirección E-W y NE-SW, estructuras en mantos de cabalgamiento y compartimentación en bloques, por fallas normales, según direcciones preferentes.

Los sedimentos terciarios soportaron los pequeños movimientos postalpinos, hasta llegar a la actual morfología regional. Estos sedimentos se encuentran plegados, pues incluso los niveles del Plio-Cuaternario presentan fuertes buzamientos.

En el informe técnico n° VII en el "Esquema tectónico - de las Cuencas del Almanzora y Antas" (a escala 1:400.000) se presentan los diferentes complejos, la diferenciación en mantos del Complejo Alpujárride y las cubetas terciarias y plio-cuaternarias.

Según Simón, en la zona que nos ocupa se han definido 4 complejos que son:

- Complejo Nevado-Filábride
- Complejo Ballabona-Cucharón
- Complejo Alpujárride
- Complejo Maláguide

El Complejo inferior, el Nevado-Filábride se determina en la Sierra de los Filabres y sus estribaciones, con una estructura como gran pliegue de fondo de dirección aproximada E-W, constituyendo un gran anticlinal. Cabalgando sobre él se determinan los materiales de los Complejos Ballabona-Cucharón y Alpujárride. Asimismo en Sierra Almenara se determina el Complejo Nevado-Filábride.

Las Sierras de Almagro y de Enmedio están formadas con materiales del Complejo Ballabona-Cucharón.

Cabalgando sobre el Complejo anterior, el Complejo Alpujárride, en el que se han diferenciado dos mantos (Superior e Inferior) aparece en las estribaciones de Sierra de Filabres, para formar el substrato de la cubeta neógena del Almanzora y aparecer formando la Sierra de las Estancias, con fallas inversas asociadas en esta última. Asimismo constituye la Sierra de Almagrera y, junto con el Complejo anterior, la Sierra de Almagro.

El Maláguide aparece, en la zona, en pocos retazos casi de forma no representable.

Recubriendo las cubetas están los materiales terciarios y cuaternarios, en estructura sinclinal con disposición paralela a las estructuras principales que las albergan.

8.2.- EL ALTO ALMANZORA

En esta subunidad, el interés hidrogeológico se centra en

los acuíferos dolomíticos de las Sierras de Filabres y de las Estancias, y en el aluvial del Valle del río.

8.2.1.- Mármoles del Complejo Nevado-Filábride

Están situados sobre los esquistos paleozóicos que les sirven de base impermeable. Constituye generalmente acuíferos libres, ligados siempre a zonas de mayor fracturación dentro del paquete carbonatado.

Se presentan formando alineaciones (Macael, Cóbдар, y Alcóntar), de potencia variable, colgadas en las partes altas y "calzadas" por las filitas de los Complejos superiores en las zonas más bajas.

Se recargan directamente por la lluvia y por las aportaciones superficiales de los esquistos de su propio complejo, en las zonas de contacto con los mismos.

Se descarga principalmente por galerías y manantiales, situados en las cotas menores de los afloramientos.

Los caudales que se obtienen de este acuífero no sobrepasan nunca los 10 l/s en la zona de Macael-Líjar-Cóbдар y los 5 á 7 l/s en la zona de Serón-Alcóntar.

Existen sondeos del IRYDA, en Albanchez y Chercos, con caudales medidos en el valvuleo, de 7 l/s.

No se posee análisis de ningún punto de agua, pero son aguas que generalmente depositan cal en las conducciones y acequias.

8.2.2.- Dolomías y calizas del Complejo Ballabona-Cucharón

Se determinan principalmente en la zona Bacares-Bayarque-Serón, con un afloramiento de bastante importancia, cuya extensión es de unos 40 km² y cuya potencia media puede oscilar entre los 100 y 150 m. Su base son las filitas de su propio Complejo, que aparecen en el SW del afloramiento. No se conocen datos de su continuidad por debajo del Complejo Alpujárride hacia el centro de la cubeta neógena del río Almanzora.

En la zona, constituye un acuífero libre, estando solamente en carga, si se determinara debajo del sello impermeable de las filitas del Complejo Alpujárride, en el borde de la sierra.

Se descarga mediante galerías y manantiales, en las cotas más bajas y en contacto con el sello impermeable indicado, principalmente. En término de Serón, existe la Fuente de Elías con 110 l/s. sin que parezca exista variación anual. Otras descargas menos importantes se producen en términos de Tíjola (6 l/s) y en Bayarque (entre 2 y 15 l/s).

Al igual que las calizas permotriásicas del Nevado Filá - bride, se recargan mediante la lluvia y por las aportaciones de la escorrentía superficial de las estribaciones de la sierra sobre materiales paleozóicos impermeables.

No se poseen datos de características hidrodinámicas, aunque por constituir un paquete dolomítico, pueden asemejarse a los de las dolomías alpujárrides, ya que litológicamente guardan las mismas características.

Igualmente en cuanto a la calidad química se pueden agrupar con las alpujárrides. No se dispone de ningún análisis, pero

se sabe que deposita cal en las acequias y conducciones.

8.2.3.- Dolomías y calizas del Complejo Alpujárride

8.2.3.1.- Extensión y estructura

Constituye el acuífero más importante de los indicados, debido a su extensión y potencia.

La base impermeable del acuífero dolomítico, son las filitas. Normalmente, este acuífero se encuentra desconectado de unas zonas a otras motivado por la aparición de su substrato impermeable. Algunos de estos afloramientos aparecen más o menos colgados, drenados por galerías o manantiales.

Constituye un acuífero libre en la mayoría de sus afloramientos, pero siempre que se determina debajo de algún nivel impermeable (filitas triásicas, margas miocenas, etc.) aparece en carga y en una gran mayoría con surgencia. Asimismo en muchos de estos casos las temperaturas medidas son elevadas (26° C).

En la margen derecha del río (estribaciones de Sierra de Filabres) se encuentran colgadas drenadas por manantiales o galerías de 1 a 10 l/s, o bien debajo de las margas miocenas, en profundidad, y determinadas por un sondeo, surgente y termal (Tíjola).

En el valle del río, en la zona de "la Calera o Fuencaliente" (término de Serón) existe un afloramiento dolomítico y junto a él se encuentran tres fuentes termales (26° C) con caudales de 24, 17 y 15 l/s. Próximo a este afloramiento existe otra fuente, que estará conectada con él, con iguales características, y caudal de 12 l/s. Asimismo en el valle del río, y la "Balsa de Ce-

la" (término de Lúcar) existe una fuente termal de 28 l/s que aparece en las margas miocenas. Como las características son iguales a las anteriores, la explicación sería la presencia a no mucha profundidad de las dolomías triásicas que provocaría una ascensión rápida a través de una falla miocena, dando origen a la fuente termal. Más hacia el Este, no aparece ningún punto característico o afloramiento que determine la presencia de las dolomías debajo de la cubeta neógena del río.

En la margen izquierda del río (Sierras de Lúcar y Partalooa), existen afloramientos importantes. Próximos a la depresión de Baza y relacionados con los de Fuencaliente, la zona de Hijate, donde existe una galería de 16 l/s y un sondeo aforado con 90 l/s. A continuación y siempre hacia el Este, se encuentra la zona del Higueral (Tíjola) con numerosos sondeos de IRYDA, cuyos caudales aforados oscilan entre 20 y 110 l/s, siendo en algunos casos artesianos, dando una surgencia de 3 á 10 l/s según puntos. Anteriormente existían fuentes que fueron secadas o bien redujeron su caudal como consecuencia de las perforaciones realizadas. Al N del Higueral, los afloramientos de la Jauca, son drenados por fuentes de 4 á 8 l/s.

Más hacia el Este, está la zona Lúcar-Urracal, asimismo de gran interés, donde existen numerosas galerías con caudales que oscilan entre 3 y 10 l/s. Se han realizado algunos sondeos (al Sur de Lúcar) sobre el mioceno para cortar las dolomías por debajo de aquel, resultando ser artesianos (caudales sobre 1 l/s) y que en explotación afectan a las numerosas galerías.

Algo más hacia el Este -Sierra de Partalooa- en términos de Urracal y Olula del Río, existen algunos puntos que explotan dolomías, pero que al ser los afloramientos más pequeños limitan su interés de explotación, aunque localmente puedan presentar im

portancia (caso del sondeo de abastecimiento S-1 OR, realizado dentro del Estudio, con 25 l/s).

En la zona Norte de las Estancias, -las sierras de Oriolos afloramientos dolomíticos, tienen una gran continuidad y están "calzados" al Norte, hacia donde buzan, por su propia base impermeable (esquistos paleozoicos). Tienen una potencia importante y se descargan por las Bocas de Oria mediante galerías y manantiales, cuyos caudales oscilan, llegando hasta 40 l/s en época de mayor descarga. En esta zona existen sondeos realizados por IRYDA, pero se encuentran sin instalación.

Más hacia el Este la Sierra del Saliente, con afloramientos más o menos colgados, son drenados por galerías y sondeos (de IRYDA, cedidos a Grupos Sindicales) que se afectan entre sí.

8.2.3.2.- Hidrodinámica

Aunque no se tiene realizada una piezometría de los distintos afloramientos o zonas, sí se dispone de una serie de medidas en el tiempo tomadas en los sondeos del IRYDA en el Higueral (Tíjola).

Nos indica que existe una evolución estacional relacionada con el periodo de regadíos de la zona y con el estiaje, y que posteriormente se inicia una recuperación durante los meses de pequeña explotación, que son los de mayor recarga por infiltración.

La evolución anual, parece no presentar variación muy marcada, aunque convendría continuar su observación por si estos censos fueran continuados e importantes debido a una explotación por encima de los recursos y no producto de un año seco.

En cuanto a parámetros hidráulicos, los bombeos de ensayo realizados en las zonas del Higueral y de Oria dan todos una transmisividad baja, comprendida entre 2 y 7 m²/h.

8.2.3.3.- Hidroquímica

Las muestras recogidas, esencialmente en las zonas de Fuen caliente (Serón) y del Higueral, enseñan que las aguas tienen un residuo seco generalmente inferior a 1,5 g/l, con una facies sulfatada (hasta 500 mg/l de sulfatos). Los cloruros no pasan generalmente de 50 mg/l.

Para usos agrícolas, se incluyen entre C₂ - S₁ y C₃ - S₁. Su potabilidad es buena a pasable.

8.2.4.- El Valle

El valle del río Almanzora, está constituido por una cubeta neógena, entre las dos alineaciones de Sierra de Filabres y de las Estancias.

Los materiales que afloran en el mismo, son generalmente terciarios y cuaternarios, y sólo aparecen dolomías triásicas, en el punto ya indicado en el apartado anterior.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las únicas formaciones que pueden presentar interés son: los conglomerados de base miocenos, los maciños miocenos, los conglomerados o piedemonte plio-cuaternarios y los aluviales cuaternarios del río.

8.2.4.1.- Los acuíferos neógenos

El conglomerado de base (Mb) tiene una importante extensión, aflorando generalmente en los bordes de la formación, en

contacto con las sierras y de forma más potente y extensa en la cabecera del río (zona de Alcóntar-Armuña), en el término de Albox, y en la zona más baja de este valle alto (términos de Cantoria, Albanchez y Arboleas). En la zona de cabecera, es muy arcilloso y por tanto su interés es muy reducido, sin que se conozca ningún drenaje, bien por galería o manantial, lo que indica una permeabilidad casi nula. En la zona de Arboleas-Cantoria, es asimismo muy arcilloso y está drenado por pozos de poca importancia. Solamente puede presentar interés en la zona de Albox, con potencia superior a 200 m y sin reconocer todas sus posibilidades. De todos modos, la explotación de éste se realiza mediante pozos de pequeños caudales, pero al estar atravesados perpendicularmente por ramblas que aportan agua de escorrentía, podrían tener una recarga importante.

Generalmente la calidad del agua que contiene este conglomerado, es mala y oxidante.

Los maciños miocenos (Mc), tiene una extensión pequeña, de terminada en la zona centro del valle. Generalmente son permeables pero debido a sus pequeños afloramientos tienen un valor hidrogeológico escaso.

Los conglomerados plio-cuaternarios, recubren las formaciones miocenas, principalmente en la margen izquierda del río. Su potencia variable entre 10 y 30 m y su baja permeabilidad le dan un carácter muy local, por lo que su interés se puede reducir a puntos muy concretos.

8.2.4.2.- El aluvial del río

Constituido por arenas, gravas y limos, constituye el acuífero más importante del valle. Su potencia media es de 50 á

60 m. Está alimentado por la escorrentía de los materiales impermeables, principalmente en la cabecera, de manera superficial y a partir de la zona media del valle por las aportaciones subterráneas de las diversas ramblas que parten de las sierras. Lleva agua superficial durante todo el año, normalmente hasta el término municipal de Tíjola, excepto en ocasiones.

Está drenado por galerías y pozo-galerías. Las primeras drenan longitudinalmente al río, con caudales variables que ocasionalmente han sido hasta de 400 l/s. La media de estos caudales en época de mayores aportaciones es superior a 80 l/s en la parte alta y media y de unos 60 l/s desde Olula a Zurgena. En época de estiajes, estos caudales se reducen de una manera variable según la localización de estas galerías, llegando a disminuir el caudal en más de un 50% respecto de los meses de invierno.

Las oscilaciones del nivel piezométrico van relacionadas con el régimen del río. El papel de las galerías es importante pues al actuar como un dren, provocan una descarga forzada del acuífero.

En cuanto a la calidad química, aunque no se disponen de datos, se conoce que existe una degradación progresiva de la misma, debido a la misma litología del acuífero, según el sentido - aguas abajo del río. Son generalmente aguas duras, dureza que aumenta en el recorrido del acuífero.

Influyen en este empeoramiento de la calidad circunstancias ajenas al propio acuífero, como son los vertidos de las aguas de las depuradoras, al cauce del río, así como los de las factorías del mármol en las zonas de Fines-Olula-Macael.

8.2.5.- Explotaciones y disponibilidades globales

Las características hidrogeológicas e hidrológicas de las distintas partes del Alto Almanzora obligan a considerarla en su conjunto, en cuanto a consumos y recursos.

8.2.5.1.- Consumos

Como suele suceder en la mayor parte del Sureste español, la mayor demanda es la de regadíos. La demanda industrial esta referida a la zona de Macael-Olula del Río, donde se concentran las industrias y factorías del mármol.

La mayor parte de las explotaciones agrícolas se encuentran concentradas en los aluviales y terrazas cuaternarias. También existe una importante zona de regadío en el Higueral (Tíjola) que se realiza mediante sondeos o alguna galería. Generalmente el regadío se realiza bien mediante tomas al río, o por galerías que drenan a los acuíferos dolomíticos o al aluvial. La única explotación importante por sondeos se realiza en la zona indicada del Higueral. En cuanto a cultivos predominan las parras y los frutales.

Según datos de la C.O.S.A. (Cámara Oficial Sindical Agraria) las hectáreas en regadío en 1974 eran 7.089, lo que con una dotación media unitaria de $5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ supone una demanda agrícola de $35,4 \text{ hm}^3/\text{año}$.

El consumo humano se reduce al abastecimiento de 58.522 habitantes, al que se puede atribuir una dotación de 125 l/hab / día, lo que supone $2,6 \text{ hm}^3/\text{año}$.

El consumo industrial, debido a las factorías del mármol, principalmente, se puede estimar en $1,8 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Por tanto, el consumo total de la cuenca alta del Almanzora, hasta Zurgena, se puede estimar en unos $40 \text{ hm}^3/\text{año}$.

8.2.5.2.- Recursos

En la estación de aforo de Santa Bárbara se midió, $9,6 \text{ hm}^3$ como aportación media anual. A esta cantidad, hay que sumarle los consumos de la cubeta de Overa que se incluye en el Bajo Almanzora y que se estiman en 5 hm^3 . Estos $14,6 \text{ hm}^3$ serían las disponibilidades de la cuenca del Alto Almanzora, una vez realizados los consumos actuales aguas arriba.

La cifra por tanto de los recursos de la cuenca alta sería de $54,6 \text{ hm}^3/\text{año}$.

La pluviometría media sobre la zona es de 340 mm , lo que supone una cantidad de lluvia de 620 hm^3 . Para ajustar el balance, la lluvia útil (escorrentía más infiltración) tendría que ser igual a los recursos que acabamos de calcular (con la salvedad de que no haya variación de reserva sensible y que coincidan los límites superficiales y subterráneos), es decir $55 \text{ hm}^3/\text{año}$, lo que supondría un coeficiente de infiltración de casi el 9%. Consideramos que este coeficiente es bajo, después de los obtenidos en las otras cuencas provinciales, lo que nos lleva a pensar dos posibilidades:

- Que debido a la mayor longitud de la cuenca y a la utilización del agua por tomas del río y transporte a distancia, puede existir una evaporación importante.
- Que la cuenca superficial no coincida con la subterránea, hecho que pudiera suceder en la parte nor-occidental de la cuenca (Sierra de las Estancias), ya que los demás límites (Depresión de Baza, Sierra Filabres, Norte de la Sierra de las Estancias y límite con el bajo Almanzora) se consideran impermeables, y que hubiera una alimentación hacia la cuenca de la depresión de Baza.

8.3. CUBETAS PLIO-CUATERNARIAS DEL BAJO ALMANZORA

En este capítulo se describe la hidrogeología de las tres cubetas plio-cuaternarias de Overa (en el Valle del Andarax), del Saltador y de Puljí (al Noreste de la cuenca), y del delta del Valle.

Son importantes por su explotación e incidencia en la agricultura de las zonas que ocupan.

Las dos últimas cubetas presentan problemas de descensos - de niveles, debido a una explotación de las reservas, siendo más acusado en la cubeta de El Saltador, donde estas variaciones han sido más alarmantes. Este problema se vé incrementado por la escasez de recursos de los que ambas disponen, con cuencas de recepción pequeñas y baja pluviometría.

8.3.1. Cubeta de Overa

La cubeta de Overa, está formada dentro del mismo lecho del río y originada por el cierre impermeable de Sierra de Almagro. Si aguas arriba de Surgena, el río prácticamente va seco, en la cubeta por el contrario siempre lleva agua, debido al cierre impermeable de las filitas triásicas.

Por tanto, en la cubeta de Overa, coinciden todos los recursos sobrantes del Alto Almanzora y que son controlados en la estación de aforo de Santa Bárbara (nº 73) situada en el cierre impermeable, al final de la cubeta.

Es en esta cubeta donde irá situado el caso del pantano de cola, del trasvase Tajo-Segura.

En la cubeta, se han realizado tres sondeos de investigación dentro del Estudio.

8.3.1.1. Extensión y estructura

El acuífero que se explota en la cubeta de Overa está constituido por una formación detrítica de edad pliocuaternaria y cuaternaria, representada esencialmente por gravas, arenas y conglomerados de matriz areno-arcillosa con pasadas de arcillas arenosas. Litológicamente están diferenciados, el cuaternario, el plio-cuaternario y el plioceno, aunque hidrogeológicamente están conectados y forman un solo acuífero.

Este detrítico descansa sobre margas impermeables - miocenas, en la primera parte de la cubeta, pero en la última zona, descansa directamente sobre el conglomerado de base mioceno y las dolomías triásicas, hasta el cierre impermeable.

El embalse está cerrado lateralmente por las mismas margas, salvo en la zona en que se pone en contacto con el conglomerado de base y las dolomías.

La superficie de la cubeta, de esta forma delimitada, es de 12 Km², con una longitud de 5 Km y una anchura variable entre 1 y 3 Km.

La prospección geofísica realizada, no ha podido aportar datos para el conocimiento del embalse, debido a las variaciones de la resistividad obtenida, que hacían difícil una correcta interpretación, a pesar de contar con las columnas de 4 sondeos, tres de ellos realizados por el Estudio y el cuarto perteneciente al I.R.Y.D.A.

Todos los sondeos han atravesado dos acuíferos. En el sondeo S.1HO, se han aislado ambos y se mide su evolución periódica, pero en el S.2HO estos acuíferos forman uno sólo. Corresponde a la zona en que el acuífero de la cubeta, se pone en contacto con el acuífero más profundo.

La potencia media del acuífero plio-cuaternario basándonos en los sondeos, debe ser de 90 a 100 m., lo que supondría una capacidad o volumen de acuífero (sin contar el mioceno-triásico) de más de 1.000 hm^3 . (El sondeo S.3HO parece cortar 150 m. de Plio-cuaternario).

Teniendo en cuenta la profundidad de los niveles estáticos-variable de una época a otra- se puede estimar el volumen del acuífero plio-cuaternario saturado en unos 700 hm^3 , mínimo.

Con respecto a lo indicado del sondeo S.4HO parece que la potencia mayor del acuífero saturado se cortaría debajo del lecho del propio río.

8.3.1.2. Hidrodinámica

Las isopiezas indican una alimentación del acuífero hacia el río. Es lógico, en esas fechas en la que la alimentación del acuífero desde el río, después del estiaje que en la provincia se prolonga hasta Octubre, ha cesado o al menos disminuido fuertemente.

La alimentación del acuífero se produce por las aportaciones tanto subterráneas como superficiales del propio río y quizás de la rambla de Almajalejo.

La descarga natural se produce a través del río, en el cierre impermeable de Sierra de Almagro. La descarga "forzada" del acuífero se produce por bombeos en la propia cubeta.

El gradiente de la piezometría es del orden del 2 ‰.

Los primeros datos que se tienen de niveles piezométricos, corresponden al Estudio a partir de Septiembre de 1973 - se han medido de forma periódica.

En general, se observa una subida espectacular a partir de la medida de Octubre de 1973 y que se prolonga hasta - el mes de Febrero de 1974, del orden de 3 a 5 m. Esta subida fué originada por la riada que tuvo lugar el 17 de Octubre de 1973, algunos días posteriores a la medida realizada en dicho mes.

Las "crestas" producidas en iguales meses del período- 74-75, no son tan elevadas y existe una diferencia de 1 a 2 m con las mismas.

Los "valles" de los gráficos corresponden a la época - de iniciación de los riegos, incrementada con los meses de estiaje, que en la provincia se prolongan hasta el otoño, por lo que los valores más bajos corresponden a Octubre y Noviembre.

Los descensos observados en el último año son más acusados, motivados por la escasez de lluvias en igual período.

La evolución estacional de los niveles piezométricos, va relacionada con las aportaciones del río. Los niveles descienden a partir de que las aportaciones del río disminuyen y

aumentan los regadíos, para recuperarse en los meses de invierno y primavera.

El funcionamiento hidrodinámico de la cubeta es el siguiente:

- Se trata de un manto libre, alimentado lateralmente - (tanto subterránea como superficialmente) por el río, y en pequeña cantidad por la infiltración de la lluvia.

- Se descarga a través del cierre impermeable triásico, y por bombeos en la propia cubeta.

- Se pone en contacto con el acuífero más profundo (dolomías triásicas) antes del cierre impermeable. Su substrato - está perfectamente definido por margas miocenas, pero éstas se laminan al final de la cubeta, originándose entonces el contacto del acuífero plio-cuaternario con el acuífero dolomítico.

8.3.1.3. Hidroquímica

De las 10 muestras de agua tomadas para análisis, 9 de ellas pertenecen al acuífero detrítico plio-cuaternario y una sola a las dolomías triásicas.

Lógicamente la mejor calidad se determina en este punto.

En general, la calidad del agua es homogénea excepto en el punto 360-HO que explota solamente el cuaternario, y presenta una fuerte degradación relativa de la calidad.

Una mejor calidad relativa se determina en la zona noroeste.

La concentración en cloruros, en valores absolutos, es tolerante con variaciones entre 200 y 300 mgr/l.

El contenido en sulfatos pasa de menos de 900 mg/l. en la zona más cualificada, a 1.200 y 1.800 mgr/l. en otros puntos que clasifica a estas aguas como impropias para regar.

Análoga evolución presentan los valores de la conductividad eléctrica que de 2.000 μ hos/m. pasan a 6.800 μ hos/m.

El peligro de salinización del suelo es muy elevado, - clasificándose la mayoría de los puntos muestreados en C₅ S₁, según normas Riverside. Sin embargo el peligro de alcalinización es bajo. Por tanto el riego requiere suelos permeables, con buen drenaje e utilización de agua en exceso para el lavado de los mismos.

Según potabilidad, son aguas de mala calidad y sólo las obtenidas en el área noroeste se clasificarían, según Shoeller, como mediocres.

La calidad varía estacionalmente, con las aportaciones del río y el empeoramiento de aquella se acentúa en los meses de estiaje, comprobándose una mejoría en los meses de mayor aportación.

8.3.1.4. Explotaciones y disponibilidades

a) Explotaciones

La demanda principal es la agrícola, por tratarse de una zona de regadíos. Sin embargo existe una demanda urbana a partir de las numerosas pedanías que existen en la cubeta y proximidades.

A partir de los datos de la C.O.S.A. de ha. en regadío para el término de Huércal-Overa se estimaron que en la zona de Overa, pudieran estar en regadío unas 900 ha., ya que la densidad de zona cultivada es muy importante, a pesar de lo limitado de la extensión de la cubeta (12 Km), y que se riega fuera de lo considerado, desde el punto de vista hidrogeológico como cubeta.

De los datos de inventario, se ha deducido, que se bombea de los pozos de la zona, un volumen anual próximo a los 3 hm³.

Como para el riego de las 900 ha. con una dotación media de 5.500 l/ha. y año se necesitaría un total de 5 hm³/año aproximadamente, la diferencia de 2 hm³/año de consumo ha de provenir de la utilización de aguas superficiales. Mediante boqueras se riega toda la zona más baja de la cubeta, quedando el resto -situado más alto- abastecido por los pozos.

b) Recursos

Situada al final de la cubeta, la estación de aforo de Santa Bárbara, mide los excedentes de la cuenca.

Los recursos de que dispone la cubeta, son exclusivamente - producto de los excedentes de la cuenca alta del Almanzora, considerada hasta la localidad de Zurgena.

En el apartado 8.2.5., vimos que los excedentes del Alto Almanzora se cifraban en 14,6 hm³/año ya que una vez calculados los consumos de la cubeta de Overa (5 hm³/año), el resto nos lo proporcionaba los datos de la estación de Santa Bárbara (9,6 hm³/año).

Estos excedentes de 9,6 hm³/año, pasan a ser recursos para el valle bajo y el delta del Almanzora.

8.3.2. Cubeta del Saltador

El Saltador es una zona de interés y desarrollo agrícola por parte del I.R.Y.D.A.

Está situado al Norte de Huércal-Overa, perteneciendo a este término municipal. Ocupa una superficie de 62 Km², - siendo su cuenca de recepción de unos 116 Km².

La pluviometría media no pasa de los 300 mm.

En el Saltador, el I.R.Y.D.A. ha efectuado del orden de 38 sondeos, de los cuales están actualmente en explotación - solo 15. Todos estos sondeos están situados en la zona centro-sur de la cubeta, en un perímetro de explotación de unos 12 Km².

También existen explotaciones de particulares, preferentemente al suroeste, aunque de menor importancia. Todos son pozos-sondeos, debido a que en su día la explotación podía hacerse con pozos, pero al comenzar los descensos de niveles con las explotaciones del I.R.Y.D.A., tuvieron que reprofundizarlos.

8.3.2.1. Extensión y estructura

El acuífero que se explota en el Campo de El Saltador está constituido por una formación detrítica, de edad - pliocuatèrnaria y cuaternaria, representada esencialmente por arenas y conglomerados de matriz areno-arcillosa, en los que se intercalan pasadas de arcillas arenosas y de arcillas margosas.

Este detrítico descansa sobre margas impermeables del Mio-Plioceno, muy potentes salvo en el suroeste donde pueden existir localmente espesores del orden de 50 m. de margas, que descansan a su vez sobre dolomías alpujárrides (que afloran en Los Cabecicos, a 3 Km. al Norte de Huércal-Overa).

El embalse está cerrado lateralmente por las mismas - margas mio-pleocenas, salvo al Sur donde hacen el límite las formaciones triásicas (filitas y calcoesquistos, con a veces cuarcitas y dolomías subyacentes), y salvo al Noroeste donde el caso está colindante con el valle de la Rambla de Las No rias.

Así delimitada, la cubeta tiene una superficie de 62 Km².

La prospección de geofísica eléctrica, apoyada sobre las columnas litológicas de algunos sondeos del I.R.Y.D.A., ha permitido elaborar un mapa de isopacas del detrítico que ha permitido calcular que el detrítico tiene un volumen total, hasta el suelo, de 7.000 hm³. Por falta de datos, en una gran parte de la cubeta sobre la profundidad del nivel piezométrico -existe poca explotación en la zona norte y estos puntos no se pueden medir- no se ha podido calcular el volumen del acuífero saturado. Si se estima la profundidad media del agua, muy aproximadamente, a unos 80 m. -obtenida en la zona centro-sur, se puede considerar que el volumen saturado es del orden de los 2.000 hm³.

Los sectores de mayor potencia de detrítico se encuentran en el centro norte de la cubeta y en dos zonas alargadas que salen de la anterior hacia el Sur.

8.3.2.2. Hidrodinámica

Parece lógica, sino evidente, una alimentación por todos los bordes, salvo tal vez el oriental, de poca extensión. Un aspecto de este tema que queda todavía en suspenso, por falta de datos piezométricos esencialmente, es el papel que puede tener, al NE de la cubeta, la comunicación con el valle de la Rambla de Las Norias; en efecto la morfología de la zona hace pensar a una posible alimentación de la cubeta a partir de dicho valle, si es que lleva mucha agua, lo que queda por comprobar.

La descarga del acuífero se produce únicamente por bombeo en la actualidad. Sin embargo, antes de las explotaciones fuertes, se descargaba por la Rambla de El Saltador mediante una fuente hoy en día desaparecida y de cuyo caudal (que representaría exactamente los recursos, siempre que no hubiera explotación) no se tiene, por desgracia, la menor idea.

a) Piezometría

Desde principio del año 1961, en que dió comienzo la explotación fuerte de los sondeos del I.R.Y.D.A., el nivel piezométrico ha descendido de manera espectacular, hasta tal punto que los agricultores que explotaban el acuífero mediante pozos tuvieron que profundizar los mismos mediante sondeos.

Las medidas conservadas por el I.R.Y.D.A. del sondeo 22-HO (9 y 9 bis del I.R.Y.D.A.), completadas por las hechas por el Estudio demuestran que en este sondeo el nivel piezométrico ha bajado más de 46 metros entre Agosto de 1961 y Septiembre de 1975, correspondiente a un descenso medio de 3,3 m/año. Asimismo, los sondeos 28,29,30,26,24 y 19 HO (todos ellos de IRYDA también) muestran descensos de 48, 47, 43, 42, 44 y 41 m. respectivamente durante el mismo período.

Sin embargo, las medidas efectuadas en los sondeos 5 y 33-HO (de IRYDA) entre 1972 y 1975 muestran descensos de 4 y 5 metros respectivamente, es decir del orden de 1,3 y 1,7m/año, con fluctuaciones estacionales muy poco acusadas, mientras - que en los precedentes sondeos podrían pasar de 10 metros. Es de notar que estos dos sondeos, aunque están en el sureste de la cubeta, no están en la zona de mayor explotación. Asimismo, fuera de la zona de fuerte explotación se encuentran los sondeos 292-HO y 320-HO, con descensos de 2 y 7 m respectivamente en los dos últimos años, aunque en el último sondeo de los indicados se observan fluctuaciones que pueden indicar, más - que un fuerte descenso, una mala recuperación del pozo después de un cierto bombeo.

Esta mala recuperación, se observa en la generalidad - de los sondeos indicados, aumentada con la explotación casi continuada a que son sometidos.

La evolución estacional de la piezometría es por tanto muy acusada (del orden de 5 a 11 metros), ligada con la explotación y la época de los bombeos para los riegos. Las mayores depresiones tienen lugar, repetidamente, en los meses de Abril a Septiembre y las subidas de los niveles en el resto de los meses, con alguna cierta variación que pudiera estar ligada - al régimen de lluvia de cada año.

b) Parámetros hidrodinámicos

Los valores de transmisividad obtenidos en una quincena de bombeos de ensayos ejecutados por el IRYDA oscilan entre 25 y 75 m²/h. aproximadamente, lo que corresponde a una calidad hidrodinámica mediana.

El coeficiente de almacenamiento ha sido estimado en un 2 %, tanto a partir de bombeos de ensayo como de la comparación en tre volúmenes extraídos y descensos de nivel piezométrico.

Los caudales específicos obtenidos al cabo de varias horas de bombeo son en término medio del orden de 15 l/s. por metro-de depresión pero localmente pueden ser solamente de unos pocos l/s.m., o al contrario alcanzar casi 25 l/s.m.

c) Hidrodinámica y condiciones en los límites

Sintetizando todo lo expuesto, se puede resumir de la si guiente forma el comportamiento hidrodinámico del manto albergado en el acuífero plio-cuaternario.

- Se trata de un manto libre, alimentado verticalmente por la infiltración de la lluvia y de los excesos de riego. Debe te ner alimentación lateral -tanto superficial como subterránea-des de el norte, mediante las ramblas y afloramientos más o menos permeables y desde el sur a partir de las dolomías y cuarcitas-de la Sierra de Almagro, que aunque existiendo predominio de fi litas en la misma, aquellas pueden presentar interés.

- Se descarga, casi de forma única, por bombeos en el centro-sur de la cubeta.

- Su substrato parece estar bien definido en general, aunque existe un paso gradual de niveles arenosos a niveles margosos.

- El substrato -margas plio-miocenas- aflora en los bordes noroeste y oeste principalmente.

8.3.2.3. Hidroquímica

El residuo seco está generalmente comprendido entre 1,5 y 2,5 g/l. Las concentraciones en cloruros presentan valores moderados (entre 120 y 300 mg/l). Las concentraciones en sulfatos, aunque elevadas (hasta 600 mg/l) son tolerables.

La potabilidad de las aguas es a veces pasable, pero más generalmente mediocre a mala.

En cuanto al riego, la calidad según normas Riverside, es $C_3S_1 - C_5S_2$. Indica esto, un peligro elevado de salinización del suelo y la necesidad de usar suelos permeables y bien drenados. El peligro de alcalinización del suelo es bajo.

8.3.2.4. Explotaciones y disponibilidades

a) Explotaciones

La demanda principal y prácticamente única, por tratarse de una zona de regadíos, es la agrícola. De todos modos, el abastecimiento urbano de Huércal-Overa, al suroeste de la cubeta, se realiza asimismo desde la cubeta.

Según los datos del IRYDA, de 1975, la superficie en regadío era de 2.823 ha., de las que 2.503 ha. se regaban con sondeos del IRYDA y el resto, 320 ha., con pozos y sondeos particulares. Esta superficie en regadío, supera casi la mitad de la extensión de la cubeta, dato que a priori parece exagerado.

Dado que el cultivo que se desarrolla en la zona está perfectamente constituido por hortalizas y frutales, se considera como dotación normal $5.000 \text{ m}^3/\text{ha. año}$, lo que supondría un consumo de unos 14 hm^3 . Este valor está completamente en desacuerdo con los

datos que a continuación se exponen:

- El bombeo anual de los sondeos de IRYDA según cálculos hechos a partir del caudal de explotación y del número de horas de funcionamiento por año, ha variado desde 1970 a 1974, entre 4,77 - 3,85 - 4,84 - 5,25 - 4,62 hm³, lo que supone una media de 4,7 hm³/año.

- El bombeo anual de los pozos particulares, según datos de inventario, para el año 1971, fué de 1,4 hm³.

- La extracción total por bombeo, única fuente de alimentación para los riegos, sería por tanto de unos 6 hm³/año, mucho menor que la estimada más arriba.

A título de comprobación se puede hacer el siguiente cálculo:

15 sondeos del IRYDA están en funcionamiento. Los 4,7hm³/año corresponden a 0,3 hm³/año por sondeo. El régimen de bombeo es del orden, como mucho, de 16 horas durante 8 meses, lo que supone un caudal medio de bombeo de unos 30 l/s. muy en línea con los caudales reales.

Por tanto, se considera como bueno el volumen total de 6hm³/año, de los que si descontamos un 10 % de retornos de riego, supone una extracción final de la cubeta de 5,5 hm³/año.

b) Recursos y balance

Más arriba se ha indicado que la cuenca total de recepción de El Saltador era de 116 km², ocupando solamente 60 km² la propia cubeta.

Asimismo se decía que la pluviometría media era de 300 mm. para un período de tipo medio a seco (desde los años 1950-51 a 1959-60).

Por tanto, la pluviometría total sobre la cuenca es de 34,8 hm³/año.

El tanto por ciento de la pluviometría que puede considerarse como lluvia útil, puede variar entre 10 y 12 %. Esto nos da unos recursos variables entre 3,5 y 4,2 hm³/año.

Al comparar las cifras de consumo (5,5 hm³/año) y la de recursos (3,5 a 4,2 hm³/año) vemos que existe un desfase. Este déficit ha de provenir de las reservas.

Desde un principio (como vimos en los apartados anteriores) los niveles descienden en El Saltador. Estos descensos son más acusados en la zona de mayor explotación y bastante menores en el resto.

Así los descensos de 3,4 m por año se producen en la zona de explotación de IRYDA (unos 10 Km²), y otros de menor cuantía en las otras zonas de la cubeta. Así se estima que se está produciendo un vaciado del acuífero de unos 80 hm³/año, lo que supone, con un coeficiente de almacenamiento de 2 %, una disminución de reservas de 1,6 hm³/año.

Así las disponibilidades (recursos + extracción de reservas) serían variables entre 5,1 y 5,8 hm³/año, cantidad muy en consonancia con la obtenida en el apartado de explotaciones y consumos (5,5 hm³/año).

c) Reservas

Se ha estimado más arriba que el volumen de acuífero saturado debía ser del orden de 2.000 hm^3 , lo que supone, con 2 % de porosidad, una reserva de unos 40 hm^3 .

Al ritmo de explotación actual, con la consiguiente extracción de reservas ($1,5$ a $2 \text{ hm}^3/\text{año}$), estas se agotarían en unos 20 años, pero antes se presentaría el factor limitativo de la profundidad del nivel piezométrico.

8.3.3. Cubeta de Pulpí

La cubeta plio-cuaternaria de Pulpí se encuentra situada en la zona más NE del Estudio y ocupa parte del término municipal de Pulpí (Almería) y una pequeña extensión del término de Lorca (Murcia).

Tiene una extensión de unos 25 Km^2 y una cuenca superficial total de recepción de 65 Km^2 .

La pluviometría media es del orden de 300 mm.

Al sureste de la cubeta, se encuentra situada la Sierra del Aguilón -afloramiento dolomítico alpujárride-, donde tanto en su vertiente Este como en la Oeste, existe una fuerte explotación, con descensos importantes, ya que es zona de pocos recursos. Los sondeos situados en la vertiente Este, abastecen la zona de Terreros, mientras que los de la vertiente Oeste, abastecen tanto a aquella, como a la cubeta.

8.3.3.1. Extensión y estructura

La cubeta plio-cuaternaria de Pulpí, es una franja estrecha de 2,5 Km. de ancho por unos 10 Km de largo. Está

enclavada entre materiales impermeables, dentro de las estribaciones sur de Sierra Almenara. Estos materiales impermeables - los constituyen los esquistos paleozoicos del Complejo Nevado -Filábride al NW y al Este y las margas miocenas al SW y S.

El substrato del acuífero, está asimismo constituido por esquistos paleozoicos y margas miocenas, correspondiendo los primeros a la parte norte de la cubeta y las margas a la parte sur de la misma.

El acuífero que se explota en la cubeta está constituido por una formación detrítica de edad pliocuaternaria, representada esencialmente por arenas y conglomerados de matriz arena-arcillosa, en los que se intercalan pasadas de arcillas arenosas y arcillas margosas.

El vaso del acuífero está cerrado, tal como hemos visto, salvo quizás en el sureste, donde podría ponerse en contacto con el afloramiento dolomítico de la Sierra del Aguilón.

La prospección geofísica eléctrica realizada, apoyada en las columnas litológicas de algunos sondeos, ha permitido calcular un volumen total de detrítico, hasta el suelo de 1700 hm^3 . El acuífero saturado tiene un volumen del orden de 500 hm^3 .

Los sectores de mayor potencia del detrítico se encuentran en la mitad meridional, y dentro de esta en el Este, próximo al contacto con el Paleozoico.

8.3.3.2. Hidrodinámica

La mayoría de los pozos y sondeos que realizan la explotación de la cubeta se encuentran ubicados en la mitad sur

de la misma. Existe una explotación menor, ya en la provincia de Murcia.

Para la medición de los niveles se tropieza con la dificultad de que debido a las necesidades de la zona, los pozos y sondeos se encuentran en bombeo casi continuo, lo que impide cualquier medición fidedigna no solamente de ellos, sino de los que están próximos.

Las isopiezas elaboradas, teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, ponen de manifiesto la ubicación de la explotación más fuerte, en la zona sur de la cubeta.

Parece lógico, que la alimentación más importante llega desde el norte de la cubeta, pero que existe una alimentación desde todos los bordes -escorrentía superficial-. Asimismo, aunque al Oeste de la Sierra del Aguilón existe explotación, puede haber, según indica, una alimentación hacia la cubeta.

El gradiente es suave en la mitad norte y aumenta fuertemente hacia el sur. Esto indica nuevamente la modificación de las isopiezas por la explotación a que es sometida esta zona.

La descarga "normal" del acuífero, si es que existe, se realiza hacia la rambla de Canalejas, por las proximidades de la pedanía de "La Fuente" al sur de la cubeta. No olvidemos - que la descarga del acuífero actualmente es por bombeos.

No se poseen datos exactos referentes al nivel piezométrico, con fechas anteriores a Abril de 1973 (fecha de inventario de la cubeta), aunque se conoce del descenso de niveles por información de los propios agricultores.

Con la red piezométrica definida se han medido una serie de pozos y sondeos, de forma periódica, lo que ha permitido las observaciones siguientes:

Los descensos obtenidos en los dos últimos años son variables, siendo más importantes en el sureste -zona de mayor explotación-. Los valores de estos descensos, oscilan entre 1 y 4 m lo que supone descensos medios anuales de 0,5 a 2 m. Sin embargo existe algún punto que no varió prácticamente nada. Uno de los sondeos que explota las dolomías también tuvo un descenso medio de 1,5 m.

Las fluctuaciones estacionales no son muy acusadas y van relacionadas con la época de estiaje y de explotación-para riego. La recuperación se inicia en los meses de Octubre y Noviembre y continúa hasta los de Febrero y Marzo. Asimismo la evolución estacional va relacionada con el régimen de lluvias.

Sintetizando el comportamiento hidrodinámico del manto, se puede decir que es libre, alimentado verticalmente por la infiltración de la lluvia y de los excesos de riego.

Posee aportaciones laterales superficiales de los afloramientos margosos que le circundan y alimentación subterránea proveniente del norte de la cubeta y muy dudosamente del sureste, del afloramiento dolomítico de la Sierra del Aguilón.

Se descarga, de forma casi única, por bombeos en la zona sur de la cubeta, principalmente.

Su substrato parece estar bien definido en general, -aunque existe en algunas partes ya indicadas, paso de graduales de niveles arenosos a niveles más margosos.

8.3.3.3. Hidroquímica

Los residuos secos oscilan generalmente alrededor de 4 g/l en la cubeta, con concentraciones en cloruros de 500 a 900 mg/l y en sulfatos del orden de 1.000 a 1.500 mg/l. La facies es claramente sulfato-clorurada.

La potabilidad, según la clasificación de Schoeller, es siempre mala.

Para riego, la calidad oscila entre C_3-S_1 y C_6-S_4 , estando la mayoría entre $C_5 - S_2$ y $C_5 - S_2$.

Destaca la mala calidad de las aguas de esta cubeta, respecto de las demás cubetas definidas en la misma comarca.

Conviene señalar que las aguas procedentes de las dolomías de la Sierra del Aguilón, que también sirven para el riego de la cubeta, tienen una calidad algo mejor: el residuo seco no llega a 3 g/l y los cloruros a 500 mg/l; los sulfatos son tan importantes como en la cubeta.

8.3.3.4. Explotaciones y disponibilidades

a) Explotaciones

En la cubeta de Pulpí, la demanda más importante es la agrícola. Actualmente incluso se están poniendo en regadío la zona de las margas miocenas en el suroeste de la cubeta, mediante los acondicionamientos necesarios de suelos.

La explotación de la cubeta se realiza por bombeos en sondeos y pozo-sondeos, reprofundizados estos últimos a partir de pozos primitivos al descender el nivel del acuífero.

A partir de los datos de la Cámara Sindical Agraria (C.O. - S.A.) las hectáreas en regadío a finales de 1974, del término de Pulpí eran 1.890. Puede estimarse que unas 1.100 corresponden a la cubeta de Pulpí, y contando con la estimación de las hectáreas regadas en la zona de la cubeta que pertenece a la provincia de Murcia, el total de ha. regadas de la cubeta alcanzaría las 1.400.

El tipo de cultivo preferentemente son tomates sobre enarenados, frutales y almendros.

Se ha estimado el consumo de la zona, tanto a partir de los datos del inventario como al aplicar una dotación de riego - de $5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ y año, a unos $7 \text{ hm}^3/\text{año}$. En esta cifra viene incluido el abastecimiento de la población de Pulpí. De esta cantidad, sólo se extraen $4,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ de la cubeta.

b) Recursos y reservas

Los recursos de la cubeta por las precipitaciones son del orden de $3 \text{ hm}^3/\text{año}$, calculados con unas lluvias de 300 mm. y una infiltración del 12 al 15 %.

Sin embargo el descenso de niveles permite estimar en menos de $1 \text{ hm}^3/\text{año}$ el caudal que proporcionan las reservas.

Por lo tanto parece existir una aportación suplementaria de casi $1 \text{ hm}^3/\text{año}$, bien procedente de la Sierra del Aguilón- (de recursos también escasos), o bien del Alto Guadalentín.

Las reservas son del orden de 10 hm^3 , que se agotarían en unos 12-15 años si pudieran utilizarse completamente.

8.3.4. Valle Bajo y Delta del Almanzora

El valle bajo -que incluye al delta- comienza inmediatamente después de que el río abandona la Sierra de Almagro, 2 Km aguas arriba de la localidad de Cuevas del Almanzora.

Es una estrecha franja de 13 Km. de largo, con una anchura variable de 1 a 2 Km.

8.3.4.1. Extensión y estructura

El acuífero que se explota está constituido por el aluvial del río, formado por arenas, limos, gravas y conglomerados sueltos, de edad cuaternaria.

El aluvial descansa sobre margas impermeables - del Plioceno y Mioceno, más potentes según se avanza en el recorrido hacia la desembocadura. (En la cuenca del Antas, -próximo al valle bajo, se perforó en un sondeo más de 500 m de margas).

El embalse subterráneo que forma el aluvial está cerrado lateralmente por el mismo paquete margoso, salvo muy cerca de la desembocadura, que hace de cierre impermeable en la margen izquierda, los esquistos paleozoicos del Complejo Alpujarride de Sierra Almagrera -ver plano n°VII-5 "Cartografía hidrogeológica".

Así delimitada, el aluvial tiene una superficie de unos 20 Km².

La geofísica eléctrica realizada, apoyada en las columnas litológicas de pozos, ha permitido determinar que la potencia del acuífero es superior a 100 m en poco más de 3 Km²; este sector corresponde con el primitivo cauce del río.

El volumen total del acuífero aluvial, hasta el suelo, es de unos 1.900 hm³. El acuífero saturado tiene un volumen del orden de 550 hm³, que puede duplicarse en invierno.

8.3.4.2. Hidrodinámica

Los puntos que explotan el aluvial son en su totalidad pozos, sin existir ningún sondeo mecánico. Están repartidos en las márgenes del cauce del río.

Se han controlado periódicamente 17 de estos pozos, a partir de los cuales se han elaborado las isopiezas del mes de Abril de 1973, que nos indican -como el lógico para estemes un drenaje importante del acuífero hacia el mar.

Existe alimentación hacia el aluvial desde el río a la salida del impermeable triásico y desde las ramblas que son afluentes por su margen izquierda (excedentes de la rambla de Canalejas, etc). Asimismo se pone en evidencia, que el río alimenta al acuífero, en las proximidades de la desembocadura- originándose el drenaje hacia el mar por un antiguo cuace del río, al sureste de Palomares.

El gradiente de la piezometría es del orden del 5 %.

La única descarga del aluvial -aparte de la explotación por pozos- es hacia el mar.

Los primeros datos que se tienen de niveles piezométricos, corresponden al Estudio, y a partir de Abril de 1973 se han medido de forma periódica.

La subida espectacular de niveles iniciada a partir de Octubre de 1973 y que se prolongó hasta Abril de 1974, -del orden de 10 m. en los pozos topográficamente más altos- va relacionada con las inundaciones producidas por la riada que tuvo lugar en la primera fecha indicada. A partir de Abril de 1974 los descensos son continuos, llegándose a cotas piezométricas en el verano de 1975, del orden de 1 a 3 m. más bajo que en iguales fechas de 1973. De igual modo esto indica, la sequía prolongada de estos dos últimos años, lo que supone la falta de recarga para el aluvial del valle bajo incrementada con el bombeo de que es objeto, para los regadíos de la zona.

Por tanto, debido a estas circunstancias tan extremas es difícil dar una opinión más real sobre la evolución de los niveles piezométricos.

En cuanto a la evolución estacional, ésta como es lógico va relacionada con las épocas de escorrentía o de estiaje, así como con el régimen irregular de lluvias, de la provincia.

Sintetizando podemos definir el funcionamiento hidrodinámico del aluvial del valle bajo.

- Constituye un manto libre, alimentado verticalmente por la infiltración de la lluvia y de los excesos de riegos. Se alimenta, tanto superficial como subterráneamente, por el propio río, a la salida del impermeable triásico de Sierra de Almagro, así como de los excedentes de las ramblas, afluentes por la margen izquierda (Rambla de Canalejas, etc.).
- Se descarga por bombeos y directamente al mar, tanto superficial (épocas de crecidas del río) como subterráneamente.
- El substrato está perfectamente definido, y está constituido por margas impermeables del Plioceno y Mioceno.

8.3.4.3.- Hidroquímica

El residuo seco oscila generalmente entre 2,5 y 4 g/l, pudiendo a veces pasar de 5 g/l. La facies química es sulfatada.

Las concentraciones en cloruros varían entre 200 y 300 mg/l generalmente. En las zonas de aportaciones de ramblas, estas concentraciones alcanzan los 600 mg/l y próximas a la desembocadura se llega a 1 gr/l.

Análogamente los sulfatos con concentraciones de 500 y 1.000 mg/l, llega a sobrepasar los 1.700 gr/l en las zonas de peor calidad.

Existe un empeoramiento general de la calidad del agua, según ésta recorre el acuífero desde aguas arriba hasta la desembocadura. Sin embargo, existen puntos de peor calidad en zonas de aguas arriba, probablemente debido a las aportaciones más cargadas en sales desde ramblas que empeoran la calidad originaria del acuífero.

El deterioro de la calidad se acentúa en los últimos 3 Km antes de la desembocadura del río Almanzora. Hasta este punto, el cauce del río es la zona de mejor calidad. A partir de ahí empeora, determinándose mejor calidad en el paleocauce del río, ya definido en los apartados anteriores y definido asimismo con la geofísica y las isopiezas.

La variación estacional de la calidad es importante y viene relacionada con la mayor o menor aportación del río. En los estiajes, la calidad empeora hasta límites importantes, pero en los meses de invierno y primavera, aquella mejora con las aportaciones superficiales y subterráneas del propio río. La variación puede llegar a ser del 100%.

La calidad química según las normas Riverside varía entre $C_3 S_1$ y $C_5 S_2$ estando la mayoría en $C_4 S_1$. Esto indica un contenido medio en sodio y un residuo seco elevado. Indica asimismo un peligro de elevado a muy elevado de salinización de suelos y bajo o medio de alcalinización de los mismos, aunque aliviado éste último por el contenido alto de sulfato cálcico de las aguas.

Según la clasificación de Schoeller, las aguas tienen una potabilidad permanente mala o mediocre.

8.3.4.4.- Explotaciones y disponibilidades

a) Explotaciones

Dentro del valle bajo, las demandas principales las absorbe el sector agrícola. Existe asimismo una demanda urbana localizada principalmente en Cuevas de Almanzora.

Según datos de la C.O.S.A. las ha en ragadío para el término municipal de Cuevas de Almanzora, para finales de 1974 de 3.514. Como la extensión del valle bajo y delta (incluido aluvial

y zona cultivable) no es superior a los 30 Km^2 es de suponer que un máximo de 2.000 ha pueden estar en regadío en esta zona, incluyendo la parte última de la rambla de Canalejas, antes de unirse al río.

Con una dotación unitaria media de $5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ y año (ya que no se conoce con exactitud qué ha están regadas con aguas - subterráneas y cuales con superficiales) se obtiene una demanda agrícola que alcanza los 10 hm^3 , a los que hay que añadir $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ del consumo urbano.

Como a partir del inventario se obtiene que $4,8 \text{ hm}^3$ son sacados del acuífero mediante los pozos situados en la zona, el resto, es decir otros $5,5 \text{ hm}^3$ han de ser cubiertos con aguas superficiales. Este riego se realiza mediante boqueras en el río.

b) Recursos

En el valle bajo, existen unos recursos totales que se dividen en dos grupos: los propios recursos, y los aportados por el Alto Almanzora.

La aportación del Alto Almanzora, medida en la estación de aforo de Santa Bárbara era de $9,6 \text{ hm}^3/\text{año}$.

La cuenca de recepción total del valle bajo, incluido los 5 últimos Km de la rambla de Canalejas -aguas abajo de la pedanía del mismo nombre- supone unos 150 Km^2 de superficie. Como la pluviometría media, medida en Cuevas, es de 225 mm nos resulta una pluviometría total de $33,8 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Aplicando un coeficiente de infiltración variable entre 10 y 15, la lluvia útil variaría entre $3,4$ y $5,1 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Así el total de los recursos alcanzaría la cifra de 13 a 14,7 hm³/año.

d) Balance

Conocidos los consumos y los recursos, vemos que el valor de estos últimos es algo mayor. La diferencia, variable entre 2,7 y 4,4 hm³/año resultan ser las pérdidas al mar, tanto superficial (en algunas ocasiones) como subterráneamente.

El volumen de 2,7 a 4,4 hm³/año, supondría una salida continua variable entre 85 y 140 l/s.

8.4.- CUENCA DEL ANTAS

La superficie total abarcada es de 316 km² y según datos de la C.O.S.A. las hectáreas en regadíos, al final de 1974, eran 1795, siendo zona de mayor desarrollo agrícola la cubeta de La Ballabona.

La cuenca comprende los términos municipales de Lubrin, - Garrucha, Antas y Vera, con un total de 14.125 habitantes según el censo de 1.974. El término municipal más importante es el de Vera con 5.184 habitantes.

La pluviometría media es de 225 mm.

La presencia de terrenos impermeables dentro de la cuenca supone más del 75% de la extensión total. Esto, desde el punto de vista hidrogeológico, nos limita el interés de la cuenca y sólo dos zonas -La Sierra Lisboa y la cubeta de La Ballabona - presentan importancia con acuíferos, -ver plano VII-5 " Cartografía hidrogeológica".

Los materiales impermeables están constituidos por esquistos paleozoicos, filitas triásicas, y margas pliocenas y miocenas.

Los materiales permeables lo constituyen calizas y dolomías permotriásicas de Sierra Lisboa, calcarenitas colgadas al Sur de Antas y los conglomerados, arenas y gravas plio - cuaternarios de la cubeta de La Ballabona.

8.4.1.- Acuíferos calizo-dolomíticos

Las calizas marmóreas y dolomías, son de edad permotriási

cas, y pertenecen al Complejo Nevado - Filábride.

Geográficamente están situados en Sierra Lisbona, que - constituye una de las estribaciones orientales de Sierra de Filábrides.

La base de las calizas y dolomías, está constituida por esquistos paleozoicos del mismo Complejo. Sobre ellos se orientan las calizas y dolomías, cuya extensión superficial es algo superior a 20 km^2 . De estos 20 km^2 de superficie, unos 16 km^2 corresponden al afloramiento más importante, que se hunde hacia la cubeta de la Ballabona y cuyos recursos alimentan subterráneamente a la misma.

Estas calizas marmóreas, han sido cortadas por sondeos - realizados por IRYDA en la pedanía de Jauro al Sureste de Sierra Lisbona y por otros, realizados por particulares en la vertiente de la cubeta de La Ballabona. Asimismo la geofísica realizada en la cubeta de La Ballabona, ha determinado resistividades correspondientes a este paquete carbonatado dispuesto inmediatamente debajo del acuífero plio-cuaternario de la cubeta, que venenos en el apartado 8.4.2.

Constituye un acuífero libre, siempre que no se corte debajo de ningún nivel margoso mioceno.

En la zona de Jauro, los caudales puntuales obtenidos según IRYDA-, oscilan sobre los 20 l/s y los niveles estáticos no rebasan el metro de profundidad. Por el contrario en la vertiente hacia La Ballabona, se obtienen caudales variables entre 50 y 70 l/s ., pero los niveles se determinan a mayor profundidad y dependientes de la cota topográfica del sondeo. Por datos, que se poseen, varían entre 50 y 100 m .

Aunque no se pueden medir la generalidad de los sondeos que cortan estas calizas, bien por estar precintados o por estar instalados de tal forma que impiden su medición periódica, se conoce la evolución de uno de ellos, desde Mayo de 1.973 hasta su instalación en Febrero de 1.975, teniendo un descenso medio anual superior al metro (ver plano n° VII-18 "Gráfico de evolución de niveles. Cubeta de la Ballabona").

Asimismo galerías que drenaban este acuífero en la zona de Jauro, donde los niveles estaban más altos, han quedado secas. Según información verbal, una de ellas que tenía un caudal superior a los 50 l/s. y que servía de abastecimiento a las localidades de Antas y Vera fue disminuyendo su caudal hasta permanecer seca.

En la actualidad numerosos sondeos se encuentran precintados, por denuncias de posibles afecciones, creando problemas de tipo jurídico, en toda la zona incluida La Ballabona.

En cuanto al funcionamiento hidrodinámico del acuífero éste se recarga directamente por la infiltración de la lluvia o bien por alimentación de la escorrentía superficial por medio de ramblas que cruzan los afloramientos antes de llegar a la pedanía de Jauro.

Se descarga por bombeos de los sondeos que la explotan o alimentando lateralmente a la cubeta pliocuaternaria de La Ballabona.

En cuanto a la calidad química de las aguas que contiene, sólo se dispone del análisis de un punto (Sondeo 34).

Su contenido en cloruro es bajo (100 mg/l) y medio el de

sulfatos (447 mg/l). En cuanto a su potabilidad puede considerarse como pasable -según Schoeller- y no ofrece riesgo alguno - de alcalinización, ni de salinización de suelo, en cuanto su uso para riego.

El empeoramiento de esta calidad una vez que alimenta al acuífero plio-cuaternario se manifiesta en el sondeo 59, que explota ambos acuíferos. Así el contenido en cloruros pasa a ser de 185 mg/l y el de sulfatos de 920, presentando peligro para uso agrícola, siempre que no se utilicen suelos de buen drenaje.

8.4.2.- Cubeta de la Ballabona

Es la zona de regadio más importante de la cuenca de Antas, así como donde se realizan las explotaciones más intensas, llegando en la actualidad a ser una zona conflictiva, con numerosas perforaciones, sin llegar a estar en explotación, precintadas por orden judicial, por denuncias de afecciones o posibles afecciones entre aquellas.

8.4.2.1.- Extensión y estructura

El acuífero que se explota en la cubeta de La Ballabona - está constituido por una formación detrítica, de edad plio - cuaternaria, representada esencialmente por arenas, conglomerados - matriz areno-arcillosa, en los que se intercalan pasadas de arcillas arenosas.

La geofísica enseña que este detrítico descansa generalmente sobre margas pliocenas y miocenas muy potentes. Sin embargo en la parte NW el substrato del detrítico lo constituyen las calizas permotriásicas que forman la sierra anterior, mientras que más al Norte lo constituyen las filitas triásicas que afloran

ran en esta zona.

Así el embalse está cerrado, bien por margas pliomiocenas bien por filitas triásicas en todos sus límites, salvo en la zona suroeste, donde se pone en contacto con las calizas permotriásicas de Sierra Lisbona, de donde recibe alimentación lateral - subterránea y con las que llega a constituir un sólo acuífero, - aunque con características hidrogeológicas diferentes.

Así delimitada, la extensión de la cubeta es de unos 20 km^2 .

La potencia mayor del acuífero detrítico es de unos 150 m. El volumen mínimo del acuífero saturado (plio-cuaternario más calizas) asciende a 500 km^3 .

8.4.2.2.- Hidrodinámica

La mayoría de los sondeos de la cubeta, se encuentran próximos a la carretera nacional 340, al norte de las localidades - de Vera y Antas, es decir ubicados en el centro de la cubeta.

Además muchos sondeos se encuentran sometidos a un bombeo casi continuo, por las necesidades de riego de la zona, lo que impide una medición fidedigna, no solamente en ellos mismos, si no también en los que están a poca distancia.

Estos dos factores han imposibilitado la elaboración de isopiezas fidedignas, que solamente dan cuenta de la fuerte explotación existente en el centro de la cubeta.

La alimentación parece evidente desde todos los bordes, -

aunque sabemos que principalmente se realiza a partir de Sierra Lisbóna y probablemente desde el Norte a través de la propia rambla de La Ballabona.

La descarga normal del acuífero debería producirse por la rambla de La Ballabona, hacia Vera, pero la verdadera descarga - se produce actualmente por los intensivos bombeos.

La explotación se inició sobre los años 1963-1964 sufriendo un incremento importante en la década siguiente. Los caudales aforados en esa fecha, disminuyen en el tiempo, prueba inequívoca de que a partir de entonces existe un descenso continuo de niveles, con reperforaciones en los pozos primitivos que inevitablemente se ven obligados a realizarlas, por las mismas causas.

Se poseen datos de niveles piezométricos de algunos sondeos, de 1.969. Así, el sondeo 16-A, situado en el centro de la cubeta descendió desde Julio de 1969 a Junio de 1974 algo más de 18 m.; el sondeo 253-Cu descendió desde igual fecha a Junio de 1975, cerca de los 6 m.; estando situado al norte de la cubeta y en zona de casi nula explotación. Un sondeo -el 377-HO- situado más al norte que el anterior, descendió hasta Noviembre de 1975, cerca de 5 m. Esto es indicativo de los descensos que se han provocado en la zona y preferentemente en el centro de la cubeta.

La evolución de los niveles piezométricos, controlada por el Estudio desde Junio de 1973, se puede resumir de la forma siguiente:

- Los pozos que únicamente explotan el Cuaternario prácticamente no varían, afectados por los riegos. Es un nivel colgado sin interés.

- Los pozos-sondeos y sondeos de la cubeta que explotan el plio-cuaternario han descendido una media de 1 a 1,5 m/año, siendo más acusados mientras más al centro estén situados.

Las variaciones estacionales que se determinan son las siguientes: afectados por las lluvias de Octubre de 1973 existe una subida de los niveles a partir de esa fecha, para continuar con un descenso motivado por los riegos de 1974. En los meses de invierno del 1974-75 la recuperación es pequeña para prolongarse los descensos hasta las últimas medidas obtenidas. Hemos de hacer constar que por circunstancias anormales -crecida de Octubre de 1973 y posterior sequía- es difícil conocer la evolución estacional de la zona, aunque va relacionada con el régimen de lluvias y de necesidades de la misma.

8.4.2.3.- Hidroquímica

Debido quizás a la mayor explotación, los puntos con mejor calidad están ubicados en el centro de la cubeta. Un 60% del área muestreada tiene un residuo seco inferior a 4 g/l, siendo la concentración en cloruros inferior a 200 mg/l. Esta última aumenta radialmente hasta sobrepasar 1 g/l en los bordes.

El anión más importante es siempre el sulfato, el 80% del área cubierta por el muestreo sobrepasa los 900 mg/l, que constituyen el límite de uso para riego.

Según las normas Kverside, para la clasificación de las aguas para riego se ha obtenido lo siguiente: las aguas se clasifican entre C_3S_1 y C_5S_2 es decir correspondiendo a aguas que pueden producir salinización y alcalinización del suelo si éste es poco permeable, salvo que se proceda a un buen drenaje, utilizando agua en exceso.

En cuanto a la calidad del agua según su potabilidad, el diagrama de Schoeller, nos determina que en algún punto dicha potabilidad no es permanente. En general, es agua de mediocre calidad.

8.4.2.4.- Explotaciones y disponibilidades

a) Explotaciones

La demanda más importante es aquí también la agrícola; la superficie total regada asciende oficialmente a 1.795 ha, pero - se puede considerar que solamente unas 1.500 son realmente abastecidas a partir de este acuífero.

Teniendo en cuenta un probable retorno de riego del 10%, el consumo agrícola debe ser del orden de $6,8 \text{ hm}^3/\text{año}$, a los que debe añadir $0,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ de consumo urbano, lo que da un total de $7,5 \text{ hm}^3/\text{año}$.

b) Recursos

Admitiendo una lluvia útil del orden del 10-15% de la pluviometría total, se llega a un recurso del orden de $6 \text{ hm}^3/\text{año}$ - la diferencia de $1,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ con el consumo ha de provenir de las reservas.

c) Reservas

Como sabemos por los descensos continuados tanto en Sierra Lisbona como en la Ballabona, existe en esta zona una explotación de las reservas. Se producen descensos medios por año de más de 1 m. en Sierra Lisbona y variables entre 1 y 3 m/año en la cubeta, según esté situado el punto más lejos o dentro de la zona de mayor explotación.

No se puede calcular las reservas de las calizas permotriásicas, pero a modo indicativo dábamos el volumen saturado de ambos acuíferos (dolomías y conglomerados) y era de 500 hm^3 . Estimando un coeficiente de almacenamiento del 2% supondría unas reservas de 10 hm^3 .

Si el déficit del balance se cubre con la extracción de reservas ($2 \text{ hm}^3/\text{año}$), si éstas sólo fueran las correspondientes a las calculadas al ritmo de extracción actual, durarían del orden de 5 años. Como pueden existir más reservas en las calizas que no han podido ser calculadas, por falta de datos y conocimiento, para determinar la extensión de aquellas, bajo el pliocuaternario, quizás el peligro inmediato podría ser paliado pero pensamos que tampoco esas reservas pueden llegar a ser tan importantes que doblen los 10 hm^3 .

Así el ritmo de explotación actual, el agotamiento de las reservas se puede presentar en el plazo de 10 a 15 años.

1950-1951

En el sector situado al sur de la zona de estudio se encuentra una extensión de terreno...

Este sector se divide en dos partes: la primera es el terreno que pertenece al sector de estudio y la segunda es el terreno que pertenece al sector de estudio...

Muchas veces por culpa de algunas causas las dos alineaciones que forman el sector de estudio se encuentran alineadas...

En el sector de estudio se encuentran algunas edificaciones...

Las edificaciones que se encuentran en el sector de estudio son de tipo residencial y se encuentran alineadas...

El sector de estudio se encuentra en un terreno de tipo residencial y se encuentra alineado...

En el sector de estudio se encuentra un terreno de tipo residencial y se encuentra alineado...

- Plio-cuaternarios y cuaternarios.- Gravas, arenas limos, constituyendo las terrazas, depósito de ramblas y aluvial del río Aguas.

En cuanto a los acuíferos, podemos sintetizar lo referente a cada uno de ellos, en lo siguiente:

- Las calizas y mármoles permotriásicos de Sierra Alcornia, en los términos municipales de Bédar y Los Gallardos, explotadas en el primero mediante galerías y últimamente por sondeos (abastecimiento a Mojácar) y en los Gallardos mediante varios sondeos de caudales que oscilan entre 35 y 75 l/s. Constituyen el acuífero de mayor interés, por su extensión y calidad de sus aguas. La conductividad de éstas varía de 400-500 μ mhos/cm en la zona de Bédar, a valores de 1.000-2.000 μ mhos/cm en los Gallardos, probablemente afectado por los riegos u otros acuíferos.
- Las dolomias y calizas triásicas de Sierra Cabrera, con interés muy local, por encontrarse la mayoría de las veces colgadas o compartimentadas. Se explota mediante galerías y algún sondeo. Tiene una calidad excelente, con una conductividad eléctrica variable entre 300 y 600 μ mhos/cm.
- El conglomerado de base mioceno, se explota en el término de Turre. El punto más importante de drenaje del mismo, lo constituye la Fuente del Lentisco, en el cauce del propio río con un caudal de 20 l/s. Existe un sondeo que explota con un caudal de 25 l/s dicho acuífero. Posee una conductividad eléctrica elevada de 5.700 μ mhos/cm.
- Los maciños miocenos con un drenaje importante en el cauce del río a la altura de los "Los Molinos del Río Aguas" con un caudal de 30 l/s. Asimismo, existen sondeos que cortan este acuífero en el término de Turre, pero no están explotados por

posible afección a la Fuente del Lentisco.

- Las calizas areniscosas miocenas, que constituyen un buen acuífero en cuanto a calidad, pero escaso en cuanto a caudal debido a que su extensión es reducida. Está drenado por galerías, tanto en la rambla del Chive (Sorbas), como en las ramblas de Góchar y Mora (Sorbas). Los caudales en la primera son todos inferiores al litro por segundo, mientras que en Góchar y Mora, es drenado por una galería de 16 l/s. Su calidad varía de unas zonas a otras, oscilando su conductividad entre 500-700 a 1.000 $\mu\text{mhos/cm}$.

Es la cuenca menos importante, de las descritas dentro de este capítulo, en cuanto se refiere a hidrogeología, con acuíferos pocos, extensos y normalmente aislados unos de otros. En la zona de salida al mar existe un fuerte empeoramiento de la calidad.

En cuanto a los recursos y explotaciones, considerados globalmente para toda la cuenca, podemos decir que:

- La casi totalidad de la demanda es requerida por las há en regadío, que a finales de 1974 eran de 1.470, las que con una dotación media de $5.500 \text{ m}^3/\text{há}$ y año, supone un consumo agrícola de $7,3 \text{ Hm}^3/\text{año}$. El resto de la demanda es urbano, con sólo $0,6 \text{ Hm}^3/\text{año}$. Por lo tanto el total de consumos de la cuenca se eleva a $7,9 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Estos consumos cubren como hemos visto antes, a partir de agua subterránea, bien mediante sondeos o galerías y manantiales.

- Para una cuenca de 557 m^2 de extensión y una pluviometría media de 250 mm, supone una cantidad de lluvia caída de $137,5 \text{ m}^3/\text{año}$, que para un coeficiente de infiltración del 10% supone una lluvia útil de $13,8 \text{ m}^3/\text{año}$.

Ante este desfase de recursos y consumos no cabe otra alternativa, que los datos de partida del número de há en regadío es mucho más alto que el proporcionado por la Cámara Sindical Agraria y por tanto, la explotación mayor.

CAPITULO 9. LA COMARCA DE NIJAR

En esta zona que denominamos "Comarca de Níjar", hemos incluido tanto el Campo de Níjar, como las zonas próximas a él y - en algún caso dependientes. Estas zonas son : Rambla de Carboneras, Rambla de Morales y Area de Sierra de Gata.

Toda esta comarca se sitúa al sureste de la provincia y entre las Sierras de Alhamilla y de Gata.

De este capítulo no se ha presentado ningún informe técnico, ya que sólo se ha presentado un informe del Campo de Níjar, - donde, a partir del redactado en 1972, se ha estudiado la evolución de los niveles y el efecto obtenido en los mismos, como con secuencia del Decreto-Ley, prorrogado sucesivamente.

9.1.- CAMPO DE NIJAR

El Campo de Níjar es una comarca natural, situada al sur de Sierra Alhamilla con una cuenca superficial de 300 km²., que incluye parte de la vertiente sur de la sierra indicada.

9.1.1.- Geología

El Campo de Níjar es una cuenca sedimentaria miocena de materiales marinos detríticos, recubierta en gran parte por un cuaternario constituido por aluviales y formaciones recientes. Debajo se encuentra el substrato triásico Alpujárride, con un predominio de materiales impermeables (filitas y esquistos), confirmados en los sondeos de investigación realizados en su día.

Al sur se encuentra sellado por los afloramientos volcánicos de la Serrata, que separa al Campo de Níjar de la Rambla de Morales.

9.1.1.1.- Litoestratigrafía

Para la descripción de los materiales que lo conforman vamos a considerarlos como preorogénicos y postorogénicos.

Los materiales preorogénicos son:

Paleozóico

Constituido por pizarras, esquistos y cuarcitas de tonos oscuros, de carácter impermeable. Aflora en el núcleo del anticlinal de Sierra Alhamilla, y pertenece al Complejo Alpujárride.

Triásico

Se presenta como facies alpina. Puede dividirse en Trías inferior (Werfeniense) y Trías medio-superior.

- Trías inferior. Conjunto formado por filitas, cuarcitas y lentes de yesos (localmente). Grado de metamorfismo epizonal.

Tramo completamente impermeable. Sólo localmente las cuarcitas muy fracturadas pueden ser permeables.

Se determina en Sierra Alhamilla y en algún retazo en la parte oriental de la Serrata de Níjar.

- Trías medio-superior. Paquete carbonatado constituido por dolomías y calizas dolomíticas. Suele estar discordante sobre la formación de filitas.

La base de este paquete suele estar constituida por calcosquistos amarillos y calizas margosas tableadas.

Aflora en las estribaciones de sierra Alhamilla (con mayor potencia en la zona Este), y en la zona oriental de la Serrata.

La permeabilidad de esta formación, debido a la fracturación y disolución es generalmente muy buena, aunque varía de unas zonas a otras, siendo frecuentes los fenómenos de karstificación.

Los materiales postorogénicos son:

Mioceno

Según la cartografía y los cortes de los sondeos de investigación realizados se definieron las siguientes formaciones:

- Margas. Se determina en algunos de los sondeos realizados. Está constituido por un paquete de margas grises con algún nivel arenoso y pasadas de yeso. Impermeable.

- Yeso espejuelo. Constituído por yesos cristalinos con margas blanquecinas o grises yesíferas. Determinado en el sondeo Jabonero y en la Serrata, al sur de Atochales.
- Formación Sorbas. Constituído por un conjunto eminentemente margo-calcareo con intercalaciones de areniscas y conglomerados. - Potencia variable entre 10 y 200 m. Se determina al norte del Campo, próximo a Níjar y en los sondeos de reconocimiento. Permeable sólomente en los tramos de areniscas y conglomerados (sondeo de reconocimiento "Jabonero").
- Formación Vícar. Constituído por calizas areniscosas amarillas y calcarenitas muy fosilíferas. En el techo de la formación aparecen calizas ligeramente dolomíticas, muy cavernosas. Potencia variable desde algunos metros a 130. Formación completamente permeables, constituye el principal acuífero del Campo.

Aflora principalmente en las estribaciones de Sierra Alhamilla (desde Níjar hacia el Este) y en Cerro Gordo.

Plio-cuaternario

Se incluyen todos los materiales del Plioceno y Cuaternario en este apartado, al no tener criterio de diferenciación.

- Formación Campo de Níjar. Constituída por conglomerados poligénicos con intercalaciones de arcillas limosas rojas, que se hacen más patentes en la base.
- Formaciones recientes. Constituída por gravas, arenas, limos, conglomerados y arcillas, formando aluviales, terrazas antiguas etc. Permeable. Forma el centro del Campo.

Rocas igneas

De edad terciaria y cuaternaria, aparecen en el volcán de la Granatilla al Este de Níjar y constituyendo la Serrata. Formación impermeable, aunque localmente por fisuración puede constituir acuífero.

9.1.1.2.- Tectónica

La Sierra Alhamilla forma un anticlinal con núcleo paleozoico y con un flanco meridional que no presenta demasiadas complicaciones, y con buzamiento general hacia el sur.

El Campo de Níjar constituye una de las fosas tectónicas del dominio bético. Constituye un sinclinal, puesto en contacto con las dolomías triásicas, al sur de Níjar, mediante una falla de borde de aquéllas.

La deposición de los materiales ha estado sometida a un hundimiento desigual provocando una disposición de los sedimentos en discordancia angular progresiva.

Posteriormente la actividad volcánica provocó una tectónica de fracturas que afectó a todos los materiales.

9.1.2.- Descripción hidrogeológica

Coincidiendo los límites superficiales con los límites subterráneos excepto al N.E. ya que los afloramientos miocenos (F. Vúcar y F. Sorbas) se prolongan hasta las estribaciones de Sierra Cabrera y excepto al sur, salida subterránea natural, el Campo de Níjar se encuentra perfectamente delimitado hidrogeológicamente.

Los materiales de permeabilidad intersticial corresponden a las formaciones recientes (buena permeabilidad) y a la formación

Campo de Níjar (baja o media permeabilidad).

Los materiales de permeabilidad por fisuración y disolución incluyen a las dolomías triásicas (buena permeabilidad) y a las formaciones Vícar y Sorbas (media a baja permeabilidad).

Según esto pasamos a describir los acuíferos existentes en el Campo.

9.1.2.1.- Acuíferos existentes, su descripción

Pueden sintetizarse de la siguientes forma:

- Conglomerados y arenas Plio-cuaternarios (formación reciente y de Níjar)
- Calizas areniscosas detríticas miocenas (formación Vícar)
- Niveles detríticos intercalados entre margas miocenas (formación Sorbas)
- Dolomías y calizas triásicas.

El Plio-cuaternario tiene una importancia muy relativa en cuanto a explotación, pues generalmente da sólo caudales del orden de 1 l/seg. Constituye un acuífero libre con una pequeña lámina de agua. Dada la tendencia a colocar bombas sumergibles, son niveles que se agotan rápidamente, pero debido a una escasa eficiencia natural de los pozos. Normalmente está separado del acuífero inmediatamente inferior (Vícar) por arcillas, pero la erosión puede ponerlos en contacto formando un solo acuífero,

El agua que proporciona este acuífero es mediocre o mala, presentando conductividades superiores a 2000 μ mhos/cm. Se recarga por la infiltración de la lluvia.

El Vúcar es el acuífero más explotado del Campo, con una extensión de 96 km² y una potencia variable entre 5 y 40 metros. Por lo general es un acuífero cautivo, aunque en determinadas zonas se presenta como libre. Se obtienen caudales puntuales variables entre 15 y 40 l/seg.

Las características hidrodinámicas del mismo, varían puntualmente obteniendo transmisividades que oscilan entre 0,4 y 36 m²/hora. El coeficiente de almacenamiento S es del orden de 10⁻⁵ cuando es cautivo y de 10⁻² cuando es libre.

En cuanto a calidad, podemos decir que son aguas ricas en sales, principalmente en cloruros y sulfatos, con una disposición muy clara, aumentando paulatinamente desde Sierra Alhamilla hacia la Serrata, pasando de 200 mgr/l a 1000 mgr/l en cuanto a cloruros y de 150 a más de 500 mgr/l en cuanto a sulfatos.

El 60% del Campo tiene un residuo seco comprendido entre 1000 y 2000 mgr/l., llegando en las proximidades de la Serrata a superar los 2000.

Asimismo, se sabe que son aguas consideradas como duras en general, y que su calidad agrícola empeora en el mismo sentido descrito, desde buena a mala.

Localmente existen puntos con peor calidad, debido, bien a la explotación conjunta con el acuífero Sorbas o por inversión del flujo de agua.

Se recarga por infiltración de la lluvia en los afloramientos o en contacto con el cuaternario y por alimentación lateral subterránea a partir de las dolomías triásicas.

El acuífero Sorbas, está conectado lateralmente con las dolomías triásicas, de las que recibe alimentación subterránea. Su

presencia se ha determinado mediante el sondeo de investigación "Jabonero" y algunos pozos reprofundizados, determinándose en el primero que los niveles estáticos del Vícar y de este acuífero son del mismo orden de magnitud. No se conoce sus límites en la parte occidental del Campo, coincidiendo en el resto con los límites del acuífero Vícar.

En los puntos conocidos -sondeo de investigación "Jabonero"- tiene muy mala calidad siendo inutilizable tanto para el riego, como para el abastecimiento, perjudicando la calidad del acuífero Vícar, allí donde se explote conjuntamente ambos acuíferos.

El acuífero dolomítico, se determina en Sierra Alhamilla y en sus inmediaciones. Constituye la principal fuente de alimentación del Campo. Localmente puede presentarse en bloques independizados unos de otros, formando estructuras cerradas de reservas más o menos importantes, pero de muy limitados recursos, como sucede en la zona de Hualix. No se determina en profundidad en el centro del Campo, pero en el supuesto de que existiera una zona confinada, comunicadas con las dolomías de Níjar, su explotación afectaría inmediatamente a estos.

Localmente presenta muy buenas características hidráulicas, con valor de T del orden de $360 \text{ m}^2/\text{h}$. Se obtienen caudales puntuales de explotación variables entre 70 y 100 l/seg.

Se alimenta por infiltración directa o escorrentía de la Sierra Alhamilla.

En cuanto a calidad, puede decirse que se trata de un acuífero de muy buena calidad y con contenido en sales bajos (menos de 200 mgr/l de Cl^- , menos de 100mg/l en $\text{SO}_4^{=}$) siendo sin embargo agua moderadamente dura. Su calidad agrícola es buena.

En cuanto a la evolución de los niveles piezométricos, podemos decir que:

- En el Plio-cuaternario aquéllos son muy sensibles a las lluvias y explotaciones locales con variaciones muy escasas por tener una lámina muy pequeña de agua, llegando en algunos sitios a no existir.
- En el Vícar, los descensos medios observados en cuatro años (1971-1975) varía según zonas.

En la zona de alimentación y de salida, los descensos han sido menores, del orden de 0,50 m/año, mientras que en la zona central estos descensos han alcanzado variaciones entre 1 y 1,5 m/año. En esta zona central los descensos provocados, con fecha posterior a la prohibición de realización de nuevas perforaciones, ha sido superior que en igual período en épocas anteriores (descensos de 0,3 a 1 m./año entre 1971 y 1973, frente a descensos de 0,6 a 1,5 m/año entre 1973 y 1975). En las zonas de alimentación y de salida (el Barranquete) los descensos observados después de la prohibición han sido del mismo orden de magnitud, que antes de la prohibición.

- En las dolomías triásicas (explotadas en Níjar y en Hualix) los descensos han sido más variados. Mientras que en Hualix, muchos sondeos se han quedado secos, al estar las dolomías compartimentadas, con descensos de 75 metros en dos años, en las dolomías de Níjar el comportamiento ha sido diferente. En éstas, mientras los descensos entre Abril de 1971 y Abril de 1973 eran prácticamente inapreciables, a partir de la fecha última los descensos medios anuales han sido del orden de 1,3 m/año.

9.1.2.2.- Consumos y recursos

Con una extensión de 95 km^2 del acuífero Vícar y un espesor de 15 m., las reservas se estimaron variables entre 15 y 150 hm^3 ., según se aceptara una porosidad eficaz del 1 ó del 10%. Aceptando una porosidad del 4%, para cuando el acuífero es libre, se tienen unas reservas de 57 hm^3 (ya que cuando sea confinado, el aumento de reservas es inferior a un hm^3). Considerando que los valores de transmisividades han disminuido desde su obtención (1971) al descender los niveles, se pueden aceptar como reservas explotables del Vícar $30-40 \text{ hm}^3$.

En cuanto a las reservas de las dolomías no se han calculado, debido a la complejidad y compartimentación del acuífero, pero son un dato a tener en cuenta.

Las salidas se centran fundamentalmente en el abastecimiento urbano de Níjar y pueblos del Campo, y en la demanda de las hectáreas en regadío del propio Campo, aparte de las salidas subterráneas por la zona de el Barranquete.

Se conoce que el número de hectáreas actuales en regadío ha aumentado, con relación a las de 1971, y aunque la prohibición evitó nuevas explotaciones, en ningún momento pudo evitar que los volúmenes de las explotaciones existentes fueran mayores que en años precedentes, para "asistir" a esa demanda.

Las entradas se centran en la lluvia útil y en las aportaciones laterales subterráneas desde el Este.

Considerando los 300 km. de extensión del Campo y una pluviometría de 275 mm., para un coeficiente de lluvia útil entre 15 y 18% (obtenido en zonas del estudio), se obtiene una aportación media de $13,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ (para todos los acuíferos del campo, sin diferenciar).

Asimismo las aportaciones subterráneas hacia el acuífero - Vúcar, se estimaron entre 4 y 6 hm³/año.

El total de agua que entra en el Campo es de 20-22 hm³/año

En cuanto a salidas aparte de las de El Barranquete (6 a 7 hm³/año), existen las de los bombeos, tanto en las dolomías, como en el acuífero Vúcar. El número de hectáreas en regadío, se estima del orden de 3500 que con una dotación media unitaria de 6000 m³/ha/año, supone un consumo de 21 hm³/año. Esto representa un total, en cuanto a salidas, de 26 a 27 hm³/año.

El déficit entre entradas y salidas es abastecido a partir de las reservas, tanto del acuífero Vúcar, como del dolomítico, como indican los descensos de niveles que tanto en uno como en otro se observan.

9.2.- EL RESTO DE LA COMARCA

Se incluye en este apartado todo lo referente a las ramblas de Carboneras y Morales, así como al área de Sierra de Gata.

9.2.1.- Rambla de Carboneras

Se encuentra situada entre las Sierras de Alhamilla (al Sur), de Almagro (al Norte) y de Gata (al Sur), limitando al Oeste con la propia Sierra Alhamilla y el Campo de Níjar.

Es una estrecha franja de 241 km².

Los materiales aflorantes están constituidos por: pizarras y esquistos paleozoicos, filitas y dolomías triásicas del Complejo Alpujarride (Sierras de Alhamilla y Almagro), conglomerado de base, margas, maciños, yesos y calizas areniscosas miocenas, así como gravas y arenas cuaternarias.

Las dolomías triásicas aparecen colgadas y desde un punto de vista hidrogeológico presentando interés local. Los acuíferos miocenos-conglomerado de base y maciños son explotados por pozos y tienen poco caudal siendo mala su calidad.

Las calizas areniscosas miocenas, constituyen un buen acuífero, siempre que no aparezcan colgadas, encima de afloramientos volcánicos de las estribaciones de Sierra de Gata.

Siendo límite noroeste del Campo de Níjar alimenta a éste mediante aportaciones laterales subterráneas.

Los recursos, a partir de una pluviometría de 285 mm se han estimado en $6,9 \text{ hm}^3$, considerando su coeficiente de lluvia útil del 15%.

Las demandas de la zona son pequeñas. El n° de ha en regadío solamente es de 228 lo que para una dotación unitaria de $4.500 \text{ hm}^3/\text{ha}$ y año supone $1 \text{ hm}^3/\text{año}$. La demanda urbana es de 0,2 por lo que el total alcanza $1,2 \text{ hm}^3/\text{año}$.

El resto de los recursos pasan al Campo de Níjar (de 4 a $6 \text{ hm}^3/\text{año}$) y quizás una pequeña parte salga al mar, por la propia rambla.

9.2.2.- Rambla de Morales

Se encuentra situada entre la Serrata y la Sierra de Gata, uniéndose a la rambla de Artal (rambla del Campo de Níjar) aguas abajo del Barranquete.

Constituye una llanura miocena, recubierta de materiales cuaternarios y limitada por los afloramientos volcánicos de las sierras indicadas.

Los materiales miocenos determinados son margas, yesos, margas y calizas areniscosas. Estas junto con los niveles de gravas y arenas cuaternarias constituyen el único acuífero de la zona, estando ambos comunicados. La potencia de las calizas por datos de algún sondeo en El Nazareno, puede alcanzar los 130 m disminuyendo esta potencia hacia el SW (10 a 40 cm en la zona de Ruescas y Pujaire). Puede estar compartimentado.

Es una zona de reciente desarrollo agrícola, con una demanda agrícola que se estima en $7 \text{ hm}^3/\text{año}$, incluyendo la zona baja que recibe las aportaciones del Campo de Níjar.

Ultimamente se han realizado perforaciones en la zona del Nazareno con un elevado éxito en cuanto a caudal.

La calidad química del agua empeora según el recorrido del acuífero, llegándose a alcanzar conductividades de 6.000 a 9.000 μ mhos/cm en el último tercio (Ruescas-Cabo de Gata).

9.2.3.- Area de Sierra de Gata

En esta zona se incluyen los pequeños valles o piedemontes situados entre los afloramientos volcánicos de la Sierra

Los materiales permeables lo constituyen en gravas, arenas con intercalaciones de arcilla de edad cuaternaria.

Están alimentados directamente por la escorrentía sobre los materiales volcánicos, llegando a constituir en algunos casos acuíferos, de tipo local, de cierto interés (zonas de San José, principalmente).

Al no tener recursos muy importantes, la explotación tendría que limitarse a ser del orden de aquéllos.

Su interés radica en ser una zona de desarrollo turístico.

TERCERA PARTE

SINTESIS

PROPUESTA DE ORDENACION DE LOS RECURSOS

Los estudios resumidos en los capítulos anteriores ponen de manifiesto la existencia de cuencas deficitarias, en las cuales se solicita tanto las reservas que, la explotación se hará cada vez más difícil y menos rentable hasta que, en un plazo de 10 a 15 años, quede casi imposible.

Por otra parte, y afortunadamente, también se ha puesto de manifiesto que en algunas cuencas se puede regular los recursos y evitar así importantes pérdidas al mar. Los beneficios así obtenidos, si bien podrían beneficiar, en primer lugar a los ribereños de dichas cuencas, también podrían utilizarse en parte en las cuencas deficitarias, mediante transvases comarcales.

Vamos a sintetizar a continuación los excedentes y los déficits de cada zona y ver según que modalidades se podría solucionar una parte de los problemas que padece la provincia en la actualidad.

- A. En varias subunidades del macizo de la Sierra de Gádor, principal proveedor en aguas de la provincia, la mayor parte de los recursos se emplean tal como salen, es decir casi sin regulación. En otras al contrario la sobreexplotación es clara.

Se propone lo siguiente:

a) aumentar fuertemente las explotaciones en:

- Vertiente norte de la Sierra de Gádor: para regular las salidas, adaptándolas a las épocas de demanda, y evitar que se pierdan al mar importantes cantidades de agua. Aunque puedan existir sobreexplotaciones locales en algunos subcompartimentos, se debe planificar unos sondeos fuertes en 2 ó 3 sitios que tendrán que determinar ulteriores estudios. En una primera fase, se podría sacar unos 15 hm³/año, observándose la reacción del acuífero (disminución progresiva del caudal de los manantiales).
- Inmediaciones de la Fuente de Marbella: cualquiera que sea el origen de sus aguas, la construcción del Embalse de Beninar, en principio, no puede provocar una disminución de su caudal, sino tal vez aumentarlo. En una primera fase se podría explotar por bombeo un caudal del orden de 20 hm³/año que, se podría ampliar probablemente a 30 hm³/año.

b) mantener o aumentar ligeramente las explotaciones en

- Sector costero de Aguadulce: la proximidad del mar impide casi cualquier explotación en la franja litoral; sólo se podría aumentar de unos pocos hectómetros cúbicos (2 ó 3) las explotaciones al Norte o Noroeste de Aguadulce; el sondeo de abastecimiento a dicha población consumirá ya casi 1 hm³/año.

- Vertiente sur de la Sierra de Gádor (lindando con el norte-centro del Campo de Dalías). La iniciativa privada se está encargando de sacar una parte de los excedentes, del orden de 9 hm³/año que van a alimentar al Campo. Claro está que toda explotación de las dolomías en este sector disminuirá la alimentación del centro del Campo de Dalías.
- Subunidad de la Fuente de Dalías: sería teóricamente factible regular la fuente, pero el beneficio no sería muy importante y las condiciones de acceso difíciles.
- Subunidad de la Fuente de Alcandique -el beneficiario de una regulación, por mínimo que sea, podría interesar los utilizadores.

c) Disminuir la explotación y/o estudiar una recarga en:

- Vertiente oriental de la Sierra de Gádor, cuyas dolomías están muy solicitadas por el Ayuntamiento y particulares. El abastecimiento previsto de Almería por otras fuentes permitiría la recarga natural de las dolomías, entonces menos explotadas; también se puede seguir estudiando la recarga artificial de dichas dolomías, a partir de los sobrantes de las galerías del valle del Bajo Andarax o de aguas de otro origen.
- Compartimento noroeste del Campo de Dalías (escama de Dalías-Ejido). Se tratará de demostrar al I.R.Y.A.A., principal explotador potencial de esta zona, que los recursos de la misma no son compatibles con la fuerte explotación prevista.

B. En el Delta del Adra el caudal que actualmente se pierde disminuirá fuertemente con la regulación del río por el Embalse

de Benimar y la de la Fuente de Marbella por los sondeos propuestos.

Si la regulación de la Fuente de Marbella es incompleta, se podrá aumentar las explotaciones en la misma proporción.

C. Campo de Dalías

a) Disminuir las explotaciones en

- El sector noroeste ya visto en A.
- El sector noroeste (El Parador): el riego seguro de invasión marina en el sector costero debe convencer al I.R.Y.D.A. de disminuir sus fuertes explotaciones en este sector; una parte de los regadíos ahora abastecidos por sus sondeos se podrían abastecer del canal de Beminar.

b) Mantener o aumentar ligeramente las explotaciones en el Centro del Campo, puesto que los descensos de niveles piezométricos no son alarmantes y posiblemente debidos a la sequía de los años pasados, y que el déficit del balance indicado anteriormente proviene del sector anterior (El Parador) en su mayor parte.

D. Valle del Andarax y sus afluentes

a) El valle del Alto Andarax no tiene recursos subterráneos propios.

b) En las cuencas del Nacimiento, del Gérgal y del Tabernas, los excedentes subterráneos son escasos; solo una regulación superficial por embalses permitiría evitar las pérdidas al mar de los excedentes superficiales.

c) En el Valle del Bajo Andarax el estado actual de explotación por galerías y de alimentación esencialmente por el río no se puede remediar. Solamente se podría utilizar los sobrantes de las galerías para recargar las dolomías de la vertiente oriental de la Sierra de Gádor, o para participar, mediante elevación, al abastecimiento del Campo de Nijar (ver más adelante).

E. Comarca del Almanzora

El déficit es general. Salvo que el transvase Tajo- Segura pueda aportar los recursos que faltan, no queda más solución que limitar las explotaciones y/o estudiar procesos de recarga artificial por infiltración en balsas.

F. Campo de Nijar

Al margen de la prórroga, o no, del Decreto de prohibición, que no ha impedido que los niveles sigan bajando, la única forma de permitir el (casi) normal desarrollo de esta zona es de traerle aguas nuevas. Estas evidentemente no procederán del ATS (por limitación de su caudal, y por razones topográficas). Únicamente podrían provenir del Oeste, como se explica a continuación

Transvases comarcales

Bajo reserva de estudios complementarios, que tendrán que ser muy detallados, se puede pensar en la ordenación siguiente:

- 1 - Llevar a Almería desde la vertiente norte de la Sierra de Gádor el caudal regulado de unos $15 \text{ hm}^3/\text{año}$ ya aludido.
- 2 - Aprovechar el canal de Beninar - Almería para llevar hasta la capital el volumen regulado de la Fuente de Marbella.

En Almería se dispondría entonces de los $20 \text{ hm}^3/\text{año}$ de dicha fuente (posiblemente disminuidas de las tomas necesarias para el Campo de Dalías, además de las previstas procedentes del Canal de Beninar), de los $15 \text{ hm}^3/\text{año}$ de la vertiente norte de Sierra de Gádor, y de los pocos $\text{hm}^3/\text{año}$ recuperables de las galerías del valle del Bajo Andarax.

En total se dispondría en Almería capital de un caudal nuevo del orden de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, del cual la mayor parte podría transvasarse hacia el campo de Níjar, mediante una conclusión de unos 30 km (la mitad del canal Beninar-Almería). La cota de origen, si no cambian los proyectos dicho canal, sería de 79 m s.n.n. en Almería. El riego de la parte más deficitario del campo de Níjar supondría una elevación de unos 30 metros.

RESUMEN y CONCLUSIONES

1. GENERALIDADES

El Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería) comprende básicamente casi toda la provincia de Almería, salvo una pequeña parte cercana a Vélez-Rubio, que se ha estudiado en la Cuenca del Segura; por el contrario se han incluido en él, pequeñas partes de la provincia de Granada, pertenecientes a las cuencas hidrológicas del Río Nacimiento y Adra, así como una pequeña zona de la provincia de Murcia, situada en la Cuenca del Río Almanzora.

El área estudiada tiene una extensión de unos 8.450 km², con una longitud de costa de 180 km, y una población total, en el año 1974, de 400.557 habitantes, de los que -- 125.961, pertenecen a la capital de Almería. Conviene notar que el número de habitantes en 1900 era de 359.013, y que este pequeño aumento se debe a la fuerte emigración, índice claro del escaso desarrollo de la Provincia.

La zona tiene en términos generales una pluviometría muy escasa, del orden de los 250-300 mm anuales, salvo en -- las zonas altas de Sierra de los Filabres y Sierra Nevada, donde se sobrepasan los 400 mm y llegan a los 900 mm en algunas zonas.

Las temperaturas en las zonas costeras son las más elevadas de España y se alcanzan en ellas medias anuales del orden de 20°C; sin embargo, este valor va decreciendo hacia el interior, pasando a 12°C en las zonas altas. Hay que tener en cuenta que el 30% de la zona tiene cotas superiores a 1.000 m, y que el 50% de la superficie, está entre cotas de 200 y 1.000 m.

Las fuertes temperaturas, las muchas horas de sol y las escasas precipitaciones son las características fundamentales de esta región, lo que hace extraordinariamente interesante la disponibilidad de recursos hidráulicos. Aunque en zonas cercanas de Murcia, bastante similares, se ha supuesto que el paso de secano a regadío significa un factor de multiplicación de 11 en la renta del campo, aquí, en bastantes sitios, este factor es mucho mayor, ya que al existir además una relativa escasez de suelo se aprovecha el agua en invernaderos lo que provoca factores multiplicadores muy superiores.

Las aguas superficiales se encuentran sólo parcialmente reguladas por la naturaleza (deshielo y regulación por los embalses subterráneos), por lo que una gran parte de sus caudales se pierden al mar de forma torrencial. En efecto, el problema de la utilización de las aguas superficiales estriba en la tremenda irregularidad de las aportaciones; como hecho normal se puede indicar que algunas ramblas sólo llevan agua durante algunas horas, cada tres o cuatro años, aunque entonces llevan caudales muy considerables.

En cuanto a aguas subterráneas, cerca del 60% de las reservas explotables se encuentran en el conjunto formado por la Sierra de Gádor y por los embalses circundantes del Campo de Dalías, delta del Adra y Valle del Bajo Andarax. Un 25% se reparten entre una decena de sistemas bien definidos, mientras que el 15% se halla "salpicando" el resto de la zona, repartido en una infinidad de pequeñas estructuras de interés puramente local.

Los aprovechamientos actuales de agua, en el conjunto de la zona, se pueden desglosar como sigue:

Explotación de recursos subterráneos	210	hm ³ /año
" de reservas subterráneas	30	"
" de recursos superficiales	70	"
		<hr/>
TOTAL	310	hm ³ /año

El destino actual de estos aprovechamientos se reparte en:

Industria	5	hm ³ /año
Abastecimiento	30	"
Regadío de 64.500 ha.....	275	"

Como consecuencia de las escasas disponibilidades de agua, los regadíos tienen unas dotaciones del orden de 4.000 m³/ha/año, cuando deberían tener, dada la fuerte evapotranspiración, dotaciones del orden de los 8.000 m³/ha/año. No obstante, conviene destacar el papel importante aunque irregular de las aguas superficiales, para complementar en alguna medida el bajo valor de dichas dotaciones.

2. ESTADO DE EXPLOTACION DE LOS PRINCIPALES ACUIFEROS

Puede resumirse, según el siguiente cuadro:

	Recursos (hm ³ /a) [*]	Consumos (hm ³ /a) ^{**}	Salidas (hm ³ /a) ^{***}	Sobreexpl. (hm ³ /a)	Descenso NP. (m/a)	Reservas útiles (hm ³)
DOLOMIAS GADOR						
Vertiente oriental	6	6(+4)	0	4	2-6	100
NO.Campo Dalías	8	7(+7)	1	7	1-1,5	25
Resto	60+25	30	55	0	0	900
DELTA ADRA						
	2+20+10	12	20	0	0	100
CAMPO DALIAS						
Sector noreste	7+6(+7)	17(+9)	3	9	0,5-2,5	25
Resto	5+7(+2)	11	3	0	0	225
NACIMIENTO						
	7+3	8	2	0	0	150
GERGAL-TABERNAS						
	10+2	10	2	0	0	50
VALLE BAJO ANDARAX						
	4+12(+22)	26	12	0	0	90
VALLE ALTO ALMANZORA						
	10+45	40	15	0	0	250
CUBETA OVERA						
	0 (+15)	5	10	0	0	70
VALLE BAJO AL MANZORA						
	4 (+4)	5	3	0	0	50
CUBETA EL SALTADOR						
	4	4 (+2)	0	2	1-3,5	40
CUBETA PULPI						
	3+1	4 (+1)	0	1	0,5-2	10
CUBETA BALLABONA						
	6	6 (+2)	0	2	1-2	15
CAMPO NIJAR						
	21	15 (+6)	6	6	1,5-2	50
S U M A						
	265	207(+31)	mar ríos 30 28	31	-	2.150

* La primera cifra representa los recursos propios por infiltración directa. La segunda representa los recursos por infiltración de aguas ajenas (subterráneas o superficiales); la tercera, entre paréntesis, representa el mismo tipo de recursos que la anterior, pero ha sido ya contabilizada en otras unidades.

** La primera cifra indica la explotación de recursos renovables y, la segunda, entre paréntesis, la de reservas (sobreexplotación).

*** De las salidas de cada cuenca, una parte se reutiliza en otras unidades; las pérdidas al mar de recursos subterráneos son o bien directas ($30 \text{ hm}^3/\text{a}$) o a través de ríos que las han drenado ($28 \text{ hm}^3/\text{a}$)

Del cuadro anterior se deducen las principales observaciones siguientes:

- a) De los recursos subterráneos de los principales acuíferos, se pierde al mar tan sólo un 21%. En otros términos: se aprovecha cerca del 80%.
- b) Conviene destacar que una tercera parte de las pérdidas al mar de recursos subterráneos se producen en el delta del Adra, debido en gran parte al no aprovechamiento integral de la Fuente de Marbella.
- c) Se estima que las reservas explotables en las dolomías de Sierra de Gádor, deben de ser del orden de los 1.000 hm³.
- d) Conviene no dejarse engañar por el escaso valor de la sobre explotación con respecto a las reservas del conjunto de los acuíferos; hay que relacionar dicha sobreexplotación con las reservas de los correspondientes acuíferos, lo que lleva a una tasa de sobreexplotación media superior al 10% anual, por lo que, a corto plazo, deben surgir graves problemas en estas zonas, incluyendo intrusión marina en la Rambla de Morales (aguas abajo del Campo de Níjar).
- e) De las 64.500 ha. regadas en el conjunto de la zona en estudio, un 25% se halla en las zonas sobreexplotadas con la repartición siguiente en 1974:

Campo de Dalías (sector NO.).....	950
" " " (sector NE.).....	2.300
El Saltador.....	2.365
Pulpí.....	2.600
Ballabona.....	1.470
Campo de Níjar.....	5.535

T O T A L 15.220

3. PREVISIONES DE DEMANDAS

- Las previsiones de demanda industrial para el año 2000, se espera tengan un crecimiento de unos $10 \text{ hm}^3/\text{año}$, en relación a las demandas de 1974. La demanda conjunta de abastecimiento para población estable y turística, se estima -sufra un incremento de casi $50 \text{ hm}^3/\text{a}$, para el año 2000, si la emigración no continúa a un ritmo exagerado, ya que se ha supuesto que los 400.000 habitantes actuales pasen a 622.000 en el año 2000.
- Las previsiones de demanda agrícola se centrarán en mantener, como mínimo, las 64.500 ha. de regadío actuales (1974); aunque los regadíos tradicionales de los ríos Andarax y Al manzora no han sufrido apenas variación en los últimos 10 años, hay una tendencia a aumentar los regadíos en las zonas nuevas. Desde 1970 a 1974, ha habido un incremento de regadío de 5.500 has. (10% del total de 1970) siendo los aumentos importantes:

2.268 has.	en Campo de Dalías	(aumento del 33%)
1.746 "	Campo de Níjar	(" 46%)
100 "	Tabernas	(" 5%)
200 "	Delta del Adra	(" 15%)
711 "	zona de Pulpí	(" 58%)
511 "	La Ballabona	(" 40%)

En relación con ello se indica que por estar sobreexplotados los acuíferos y tener escasas reservas, está prohibida la instalación y ejecución de perforaciones, desde Abril 1973, en las zonas de Campo de Níjar, Pulpí y El Saltador; es de suponer que sin esta prohibición los incrementos de regadío hubiesen sido mayores.

- Las zonas llanas con mejor clima serán lógicamente las que, de tener agua, sufrirían una rápida conversión a regadíos. Así pues, las zonas potencialmente regables, sin tener en cuenta las características edafológicas de los terrenos, podrían alcanzar una cifra de más de 100.000 has. (hasta la cota 300 m), que supondrían unos consumos adicionales de 400-500 hm³/a.

4. POSIBILIDAD DE INCREMENTAR LOS RECURSOS

- a) Cuenca del río Adra. Es la que tiene mayores pérdidas al mar, tanto superficiales como subterráneas, y para una mayor utilización de sus recursos, está en realización:

. El embalse de Beninar que, con una capacidad de embalse útil de 60 hm^3 , regularía $36 \text{ hm}^3/\text{a}$ del río Grande de Adra, $12 \text{ hm}^3/\text{a}$ del trasvase del río Cadiar y $28 \text{ hm}^3/\text{a}$ del trasvase Trévez-Cadiar-Adra. En total $76 \text{ hm}^3/\text{a}$, pero hay que tener en cuenta que los trasvases mencionados no están aún aprobados.

. La regulación con sondeos de las dolomías, drenadas por las fuentes de Marbella, proporcionarían unos $25 \text{ hm}^3/\text{a}$, fácilmente adicionales a las aguas reguladas por el embalse de Beninar. Como estas fuentes salen aguas abajo del previsto embalse, la construcción de esta presa no perjudicaría a las futuras explotaciones subterráneas.

. Para la conducción de las aguas del embalse está previsto un canal de $57,6 \text{ km.}$, y capacidad variable de 7 a $13 \text{ m}^3/\text{seg.}$ que llegará hasta Almería, sobre la cota ± 100 . Esta conducción llevaría agua para regadío del Campo de Dalías y para abastecimiento de Almería.

- b) Cuenca del río Andarax. En esta cuenca también existe la posibilidad de incrementar los recursos utilizados.

Las aportaciones al cauce del río y al subálveo son básicamente tres:

- . Unas aportaciones superficiales, procedentes de deshielo de las zonas montañosas altas.
- . Unas aportaciones superficiales, fuertes, pero muy discontinuas, procedentes de escorrentía de tormentas.
- . Unas aportaciones subterráneas, bastante constantes, - procedentes de sobrantes de manantiales y galerías en la cabecera de la cuenca no totalmente aprovechadas.

El conjunto de estas aportaciones se infiltran en buena parte en el cauce del río y suministran los recursos necesarios a las galerías y pozos existentes aguas abajo. Las galerías situadas en la parte más baja del Andarax tienen unos excedentes que van directamente al mar.

Para aprovechar mejor los recursos del Andarax están en marcha las siguientes actuaciones:

1. La acción de los particulares que vienen realizando sondeos en las dolomías del Alto Andarax, tiende a regular los recursos que ahora salen por su pie en los manantiales y galerías. Esta actuación debería ser controlada por la Administración para ordenar la regulación de las salidas subterráneas; en efecto, por una parte convendría restituir a sus actuales utilizadores los caudales que van a desaparecer al secarse - las emergencias naturales; y, por otra parte, habrá que tener en cuenta que, al desaparecer los sobrantes en la cabecera, el aluvial del Bajo Andarax se encontrará menos alimentado, con las consiguientes repercusiones sobre el caudal de sus galerías.

2. Por el Ministerio de Obras Públicas está en estudio un plan para aprovechamiento integral de las avenidas del río Andarax, plan que debe permitir aprovechar parte de los $26 \text{ hm}^3/\text{a}$ que de una manera muy irregular se pierden directamente al mar. Estos aprovechamientos, deben suplir, con creces, los menores recursos que llegarán al Bajo Andarax si se aprovechan totalmente en la parte alta los recursos subterráneos.

Con esta óptica cualquier embalse que aumente la infiltración de las aguas superficiales del río tendría un efecto altamente positivo, que se reflejaría en un incremento de los recursos subterráneos del aluvial del Bajo Andarax.

3. Está en estudio el aprovechamiento, para recarga en los acuíferos dolomíticos de la zona oriental de la cuenca del Gádor, de parte de las pérdidas al mar del agua de las galerías del Bajo Andarax.
- c) Cuenca del Bajo Almanzora. Está prevista la construcción de un embalse para regular los $15 \text{ hm}^3/\text{a}$ que llegarán, procedentes de la 1ª. fase del travase Tajo-Segura, así como para aprovechar las pérdidas actuales ($5 \text{ hm}^3/\text{a}$) del Almanzora al mar.
 - d) Empleo de aguas residuales. Dado que las aguas residuales de la ciudad de Almería en el futuro van a tener cualitativamente una cierta importancia, al mismo tiempo que está previsto su abastecimiento con aguas de buena calidad, parece conveniente contar con el empleo para riego de las aguas residuales previamente tratadas. Un estudio de viabilidad es necesario.

En resumen, de lo que antecede, el incremento de recursos hidráulicos previstos para medio plazo (10 años) sería:

. Regulación dolomías fuente Marbella.....	25	hm ³ /a.
. Regulación R. Grande de Adra(Emb.Beninar)	36	"
. Trasvase R. Cadiar (Emb.Beninar)	12	"
. Trasvase Trévez-Cadiar-Adra (Em.Beninar)	28	"
. Trasvase Tajo-Segura	15	"
. Mejor aprovechamiento Andarax	15	"
. Regulación Bajo Almanzora (Emb.Overa) ...	5	"
. Utilización aguas residuales depuradas ..	10	"
		<hr/>
T O T A L	146	hm ³ /a.

Como posibles nuevos recursos extrazonales se contemplan las siguientes posibilidades para un futuro más lejano (10-15 años).

- a) Nuevos recursos del Trasvase Tajo-Segura, en la 2^a. fase, aunque hay que aclarar que estos recursos sólo pueden llegar, normalmente, bajo la zona de Vera-Garrucha, no pudiendo alcanzar sin grandes obras la parte meridional de la provincia (zonas de Níjar, Tabernas, etc.).
- b) Nuevos recursos de la zona alta de Granada. Se refiere a los recursos superficiales de los ríos Castril y Guardal, junto a los subterráneos de Huéscar-María, pero hace falta un estudio detallado de viabilidad.

Estos recursos podrían ser trasvasados al Almanzora, con lo que dominarían la misma zona del trasvase Tajo-Segura, o bien al R. Nacimiento y, desde ahí, al resto de la provincia de Almería, incluyendo la zona de Tabernas.

c) Nuevos recursos subterráneos de la zona de Albuñol. Estos recursos podrían unirse a los existentes en el Río Adra, si los estudios actualmente en curso por el IGME , confirmasen su viabilidad.

RECOMENDACIONES

- En las zonas de Almería actualmente sobreexplotadas: Campo de Níjar, Pulpí, El Saltador, La Ballabona y parcialmente el Campo de Dalías, es necesario no aumentar el volumen anual de extracciones, con el fin de prolongar el mayor tiempo posible los regadíos allí existentes.

Al mismo tiempo, los recursos renovables subterráneos de la provincia de Almería están utilizados en cerca del 80 por 100. Una parte del 20 por 100 restante necesariamente se tiene que dejar salir al mar para impedir la invasión marina.

Todo ello indica que a nivel de provincia las posibilidades de incrementar la utilización de los recursos subterráneos son muy escasas.

De acuerdo con lo expuesto, parece obligado que se promulgue urgentemente una normativa legal que impida, por una parte, que se agrave la situación en las zonas sobreexplotadas y, por otra, que se puedan presentar en un futuro próximo situaciones análogas en otras áreas de la Provincia.

- Como acciones concretas para mejorar la situación actual y poder hacer frente a las necesidades futuras de la Provincia, se recomienda lo siguiente:
 - a) La dedicación de una parte (7-8 hm³/año) de los caudales aportados por el Trasvase Tajo-Segura (15 hm³/año), al mantenimiento de los regadíos existentes en las zonas de Ballabona, Pulpí, El Saltador y Bajo Almanzora.

- b) La realización cuanto antes de la prevista presa de Beninar para la regulación del río Adra. En el supuesto de que hubiese aterramientos posteriores de ella, podría utilizarse la capacidad de almacenamiento de los acuíferos cercanos (dolomías de Sierra de Gádor y acuífero del Campo de Dalías), recargándolos, con el objetivo de ayudar a la regulación del río. - Estas aguas servirían, como está previsto, para abastecimiento de Almería y regadío del Campo de Dalías.
- c) La ejecución, asimismo, y cuanto antes, del previsto trasvase de agua del río Cadiar al río Adra.
- d) La explotación subterránea de las dolomías de la Fuente de Marbella. Sus recursos unidos a los regulados por el embalse de Beninar, serían suficientes para las necesidades del Campo de Dalías y Almería, pudiendo los excedentes transportarse por canal, hasta la parte baja del Campo de Níjar y R. Morales.
- e) La realización cuanto antes de las obras necesarias, para un mejor aprovechamiento de las avenidas del río Andarax, que servirían para mantener y mejorar los regadíos del bajo Andarax. Estas obras serían convenientes aún en el supuesto de que sólo servirían para mejorar la infiltración en el río, aumentando sus recursos subterráneos.
- f) La realización de un estudio hidrogeológico, completado con estudios económicos, de las zonas de Castil-Guardal y de Huéscar-María (Guadiana Menor) para conocer la viabilidad del Travase al río Almanzora o río Nacimiento. Si fuese posible el trasvase a este último se dominaría toda la provincia de Almería, incluyendo la zona de Tabernas, salvo la zona de Almanzora.

- g) La continuación de los estudios hidrogeológicos de la zona de Albuñol (Granada), para conocer las posibilidades de trasvase de una parte de sus recursos subterráneos a la zona del río Adra, para unirlos a los re cursos allí existentes.

- h) La realización de un estudio de viabilidad de la uti lización de las aguas residuales de Almería capital.