HIDROGEOLOGIA DEL CAMPO DE NIJAR Y ACUIFEROS "MARGINALES" ALMERIA

I. Introducción

II. Ambito geográfico

- ***1. Localización***
- ***2. Población***
- ***3. Agricultura***
- ***4. Industria***
- ***5. Turismo***
- ***6. Clima***

III. Ambito geológico

- ***1. Estratigrafía***
- ***2. Tectónica***
- ***3. Estructura geológica actual***

IV. Ambito hidrogeológico

- ***1. Acuíferos del Campo de Nijar***
- ***2. Acuíferos marginales***
  - ***2.1. Acuífero de la Rambla de Las Palmeras***
  - ***2.2. Acuífero Hornillo-Fernan Perez***
  - ***2.3. Acuífero de El Alquian-Cabo de Gata***

V. Relación acuífero-mar

VI. Propuesta de gestión

VII. Bibliografía

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

HIDROGEOLOGIA DEL CAMPO DE NIJAR Y ACUIFEROS "MARGINALES" (ALMERIA)

A. Carrasco Cantos
E.N. Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.

I. INTRODUCCION

El Campo de Níjar corresponde a una comarca natural topográficamente deprimida, enmarcada por las Sierras Alhamilla y Cabrera al Norte y del Cabo de Gata al Sur. Una suave alineación volcánica (La Serrata) divide longitudinalmente la comarca. La mayor parte del área se sitúa sobre la cuenca vertiente a la rambla Morales, que desemboca en el golfo de Almería, y por una menor extensión sobre la cuenca vertiente a la rambla de Carboneras, que lo hace en la costa oriental de la provincia.

Los acuíferos presentes en esta zona son de carácter detrítico y de edad neógeno-cuaternaria, si bien localmente pueden hallarse pequeños compartimentos dolomíticos triásicos por debajo de aquéllos, y existir entre ambos alguna relación hidrogeológica. El sistema hidrogeológico de mayor importancia, tanto por su extensión como por su incidencia en la economía de la zona, es el Campo de Níjar. Existen otras unidades o sistemas hidrogeológicos próximos o en conexión hidráulica con él, que se han denominado "marginales", cuya extensión e importancia son menores y entre las que cabe destacar los de Alquián-Cabo de Gata, Hornillo-Fernán Pérez y Rambla de la Palmerosa. Particular importancia por su situación, pese a sus exiguas aportaciones, tienen algunas unidades o compartimentos triásicos de sierra de Alhamilla, o neógenos (arrecifales, volcánicos, etc.) de sus bordes oriental y meridional, por su utilización en el abastecimiento a núcleos de población existentes en sus cercanías.

Así pues, se describirán las características hidrogeológicas no sólo del acuífero del propio Campo de Níjar (como acuífero principal) sino también las de los llamados "marginales", con especial atención al acuífero Alquián-Cabo de Gata, por ser el que entra en contacto con el mar a lo largo de la línea costera de unos 18 km de longitud. El resto de ellos, Hornillo-Fernán Pérez y La Palmerosa, se ubican en pequeñas depresiones interiores.

Los datos de partida del presente trabajo están tomados del Estudio Hidrogeotérmico de la Comarca del Campo de Níjar, realizada por ENADIMSA en 1982, siendo los directores del mismo: Gonzalo López Arechavala por ENADIMSA y Angel González Asensio por el IGME, y de la Síntesis Hidrogeológica de la provincia de Almería 1987 (en prensa) por Luis Dichtl Subias por ENADIMSA y Angel González Asensio por el IGME.

II. AMBITO GEOGRAFICO

1. LOCALIZACION

El Campo de Nijar ocupa el extremo Sudoriental de la provincia de Almería, y se extiende sobre una superficie de unos 950 km^2 de los que 600 km^2 corresponden a la totalidad del término municipal de Nijar. Hacia el Norte está limitada por sierra Alhamilla y sierra Cabrera, que la separa de la depresión de Tabernas-Sorbas, y hacia el Sur la limita el macizo volcánico de sierra de Gata y el mar en el Golfo de Almería. (Fig. 1)

Dentro de dicha comarca, la alineación volcánica de La Serrata contribuye a una división en subcomarcas, con una cierta orientación topográfica NE-SW (una de las principales alineaciones estructurales de la zona a escala regional).

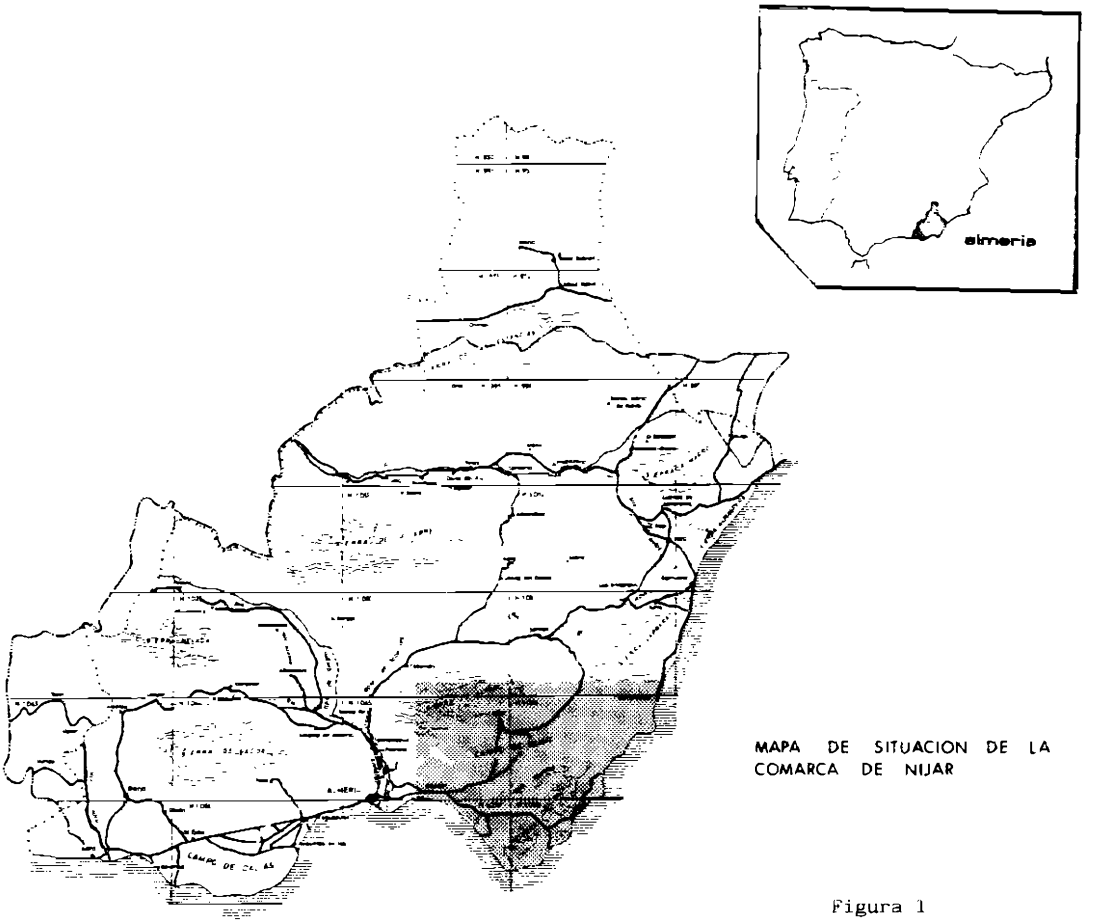
Comprende también parte de los términos municipales de Almería, Carboneras y una parte de Lucainena de las Torres.

2. POBLACION

Los núcleos de población más importantes en la zona central son Campohermoso, San Isidro, Pueblobanco y Atochares. Aguas abajo del Campo de Nijar, hasta el mar, se extiende la zona de El Alquián-Cabo de Gata, con núcleos como El Alquián, Ruescas y El Cabo de Gata.

Al Norte se asienta el núcleo de Nijar, en la ladera Sur de sierra Alhamilla, mientras que Carboneras ocupa el extremo costero oriental.

Entre los años 1970 y 1982 la población de la comarca del Campo de Nijar ha pasado de 17.721 a 18.126 habitantes, lo que supone un incremento relativo muy débil, 2,3%, y bastante inferior al experimentado por el conjunto de la provincia en el mismo período, 8,8%. Sin embargo, dentro de la Comarca, sólo el Campo de Nijar, s.str. y Carboneras, han experimentado aumentos de población en el período indicado, 32,5% y 47,4%, respectivamente.



MAPA DE SITUACION DE LA COMARCA DE NIJAR

Figura 1

3. AGRICULTURA

La economía de la comarca se basa, casi exclusivamente, en la agricultura, sin proceso de transformación. La superficie cultivada en regadío asciende a unas 6.500 ha atendidas en su totalidad mediante agua subterránea. De dicho total, unas 4.000 ha corresponden al Campo de Nijar y aproximadamente unas 2.000 ha a la zona de El Alquián-Cabo de Gata.

El cultivo tradicional de sandías en enarenados ha experimentado un fuerte aumento. Por zonas, el Campo de Nijar ha experimentado una ligera disminución de superficie regada desde el año 1977, paralelamente se está registrando una clara expansión en la parte baja del Hornillo.

4. INDUSTRIA

Desde el punto de vista industrial, el núcleo de Carboneras, ha experimentado en el transcurso de la última década un considerable incremento, al instalar ENDESA una central térmica y un puerto comercial. También existe una fábrica de cemento y pequeñas industrias auxiliares con el consiguiente aumento de mano de obra en este sector.

5. TURISMO

En la zona costera oriental, se desarrolla una incipiente dedicación turística, centrada en San José, con la realización de un puerto deportivo de reciente construcción, Carboneras, Agua Amarga, Las Negras y Cabo de Gata.

6. CLIMA

A partir de las estaciones más representativas de la zona (Fernán Pérez y Nijar) se realizaron dos series de valores respecto a las precipitaciones durante el período 1942/43-1980/81.

Fernán Pérez

- Precipitación media anual	265 mm
- Desviación típica	80 "
- Máximo de la serie (1969-70) ...	425 "
- Mínimo de la serie (1980-81) ...	128 "

Nijar

- Precipitación media anual	294 mm
- Desviación típica	124 "
- Máximo de la serie (1943-44) ...	562 "
- Mínimo de la serie (1944-45) ...	131 "

De las dos series de observaciones simultáneas de precipitación en Nijar y Fernán Pérez, se deduce una variación de valores medios mensuales caracterizada en ambos casos por la existencia de un mínimo absoluto próximo a 0 en Julio, y de dos máximos, uno absoluto en Abril (40 mm en Fernán Pérez y 52 en Nijar) y uno relativo en Octubre-Diciembre.

Respecto a la observación de temperaturas, la media de las 24 temperaturas medias anuales de la serie construida (estación - de El Jalí) es de 17,8°C, con un mínimo de 11,8°C en Enero y un máximo de 25,4°C en Agosto.

En conjunto la zona muestra un clima mediterráneo subtropical entre seco y árido.

III. AMBITO GEOLOGICO

La comarca del Campo de Níjar se enmarca dentro de la zona Bética, la más interna de las que constituyen el esquema tradicional de división de las Cordilleras Béticas. Los materiales neógenos y cuaternarios ampliamente representados en el área, se encuentran enmarcados por los relieves béticos de las sierras Alhamilla y Cabrera, al Noroeste, Norte y Nordeste, y por el macizo volcánico de la sierra de Gata, al Este y Sureste. Una gran falla de dirección NE-SW da lugar a la sueve alineación volcánica de la Serrata que divide longitudinalmente la comarca.

1. ESTRATIGRAFIA

Están representados, por un lado, materiales pertenecientes al complejo Alpujárride (sierra Alhamilla y Cabrera) y por rocas volcánicas (sierra del Cabo de Gata y Serrata), y por sedimentos neógenos y cuaternarios que rellenan compartimentos cuyo basamento está constituido por los anteriores.

Los tramos litoestratigráficos representados, son los que seguidamente se describen de forma sucinta, comenzando por los materiales béticos y volcánicos (Figs. 2, 3 y 4).

- Terrenos del substrato

- Micaesquistos. De edad paleozóica, constituyen la base del complejo Alpujárride. Afloran en los núcleos de sierras Alhamilla y Cabrera.

- Filitas y cuarcitas. Con potencias del orden de 150 m, se atribuye una edad permo-triásica a esta formación. Los afloramientos de filitas forman una orla a lo largo de los bordes de sierra Alhamilla.

- Formación carbonatada. Constituída por calizas y dolomías muy tectonizadas, forma la cobertera de la secuencia Alpujárride. De edad Trías medio-superior, esta formación llega a tener de 150 a 200 m de potencia, con afloramientos muy desiguales a lo largo de la ladera Sureste de sierra Alhamilla.

- Rocas volcánicas. Las manifestaciones volcánicas más importantes de las Cordilleras Béticas se dan en las zonas internas, particularmente en la parte oriental de estas últimas y alcanzan su máxima representación dentro de la Depresión de Almería; concretamente en la sierra de Gata y en la Serrata.

ARRECIFE DE NIJAR

CARRETERA NIJAR-LUCAINENA (Cerro Cantera)

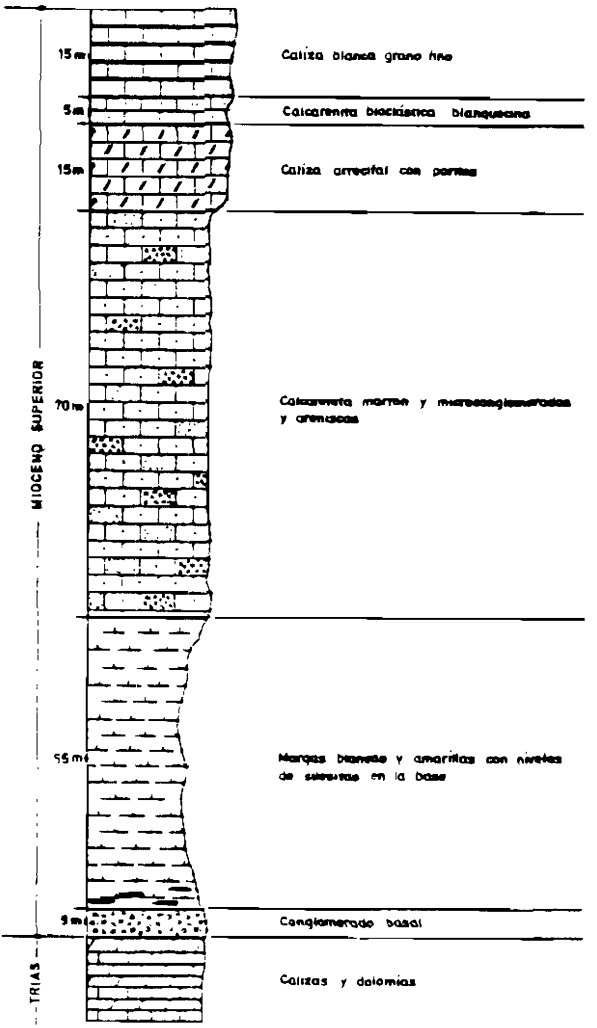


Figura 2

El volcanismo de la sierra de Gata es principalmente de tipo calcoalcalino y, en general, de edad intra-Tortoniense. No obstante, parece que también existen algunos episodios más antiguos (en cualquier caso, no anteriores al Burdigaliense) y también más modernos (probablemente Mioceno terminal y/o Plioceno).

- Terrenos de cobertera

Los sedimentos neógenos y cuaternarios cuyos tramos litoestratigráficos se describen a continuación, se encuentran discordantes sobre los materiales béticos y volcánicos:

- Margas, areniscas y microconglomerados. Se trata de una potente formación atribuida al Mioceno superior (Tortoniense) y constituida por un conglomerado de base, de unos pocos hasta 40 ó 50 m de potencia, y una serie fundamentalmente margosa con intercalaciones areniscosas, a veces predominantes, o arenosas, que en conjunto pueden alcanzar hasta 500 m de espesor. Aflora en el borde meridional de sierra Alhamilla.

- Yesos y margas yesíferas. Consiste en una alternancia de margas con niveles de silesitas, limolitas y yesos, entre los que se intercalan gruesos bancos de yeso microcristalino. El conjunto del tramo, de más de 100 m de potencia, está datado como Mesiniense (etapa final del Mioceno). Son destacables los afloramientos de la cueva de "Los Juanorros" y la cantera del SW de la Serrata.

- Formaciones arrecifales y para-arrecifales. Engloban los siguientes tramos de sedimentos costeros del Mesiniense y del Plioceno basal(*): areniscas y microconglomerados; calcarenitas, calcirruditas y calizas bioclásticas; y calizas oolíticas dolomitizadas. La potencia conjunta máxima es unos 200 m. En general presenta un claro interés hidrogeológico: ladera SE de sierra Alhamilla, zona de El Hornillo, etc.

- Margas arenosas, areniscas y limos. Son materiales pertenecientes al Plioceno inferior, discordantes sobre los tramos anteriores. Sobre un paquete de conglomerados de varias decenas de metros de espesor, viene un tramo margoso-limoso de potencia comprendida entre unos pocos y 500 m. En el extenso afloramiento que va desde El Alquián aCuevas de Medinas y el Maltés, predominan las facies margosas. En el también extenso afloramiento de la Venta del Pobre, predominan las facies arenosas.

- Calcarenitas, arenas y limos. Constituye la más importante formación acuífera de la comarca, con espesores comprendidos entre 10-20 y 60-80 m; son frecuentes los cambios de facies. Los afloramientos mejor representados están en los alrededores del cortijo de Los Vergeles y en el extremo SW de la Serrata.

(*) La descripción que sigue corresponde al arrecife de Nijar

VENTA DEL POBRE (Rbla. del Pino)

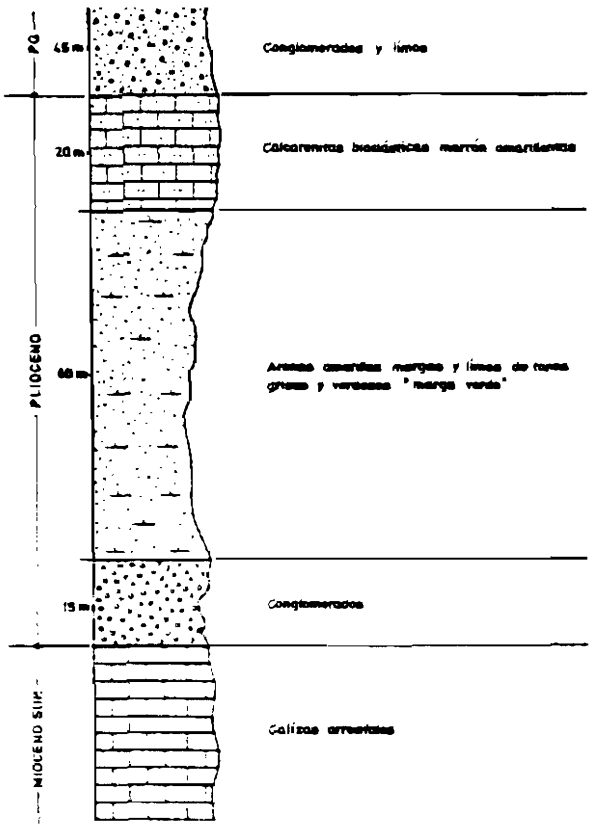


Figura 3

CJO. LOS JUANORROS. BCO. DEL AGUA

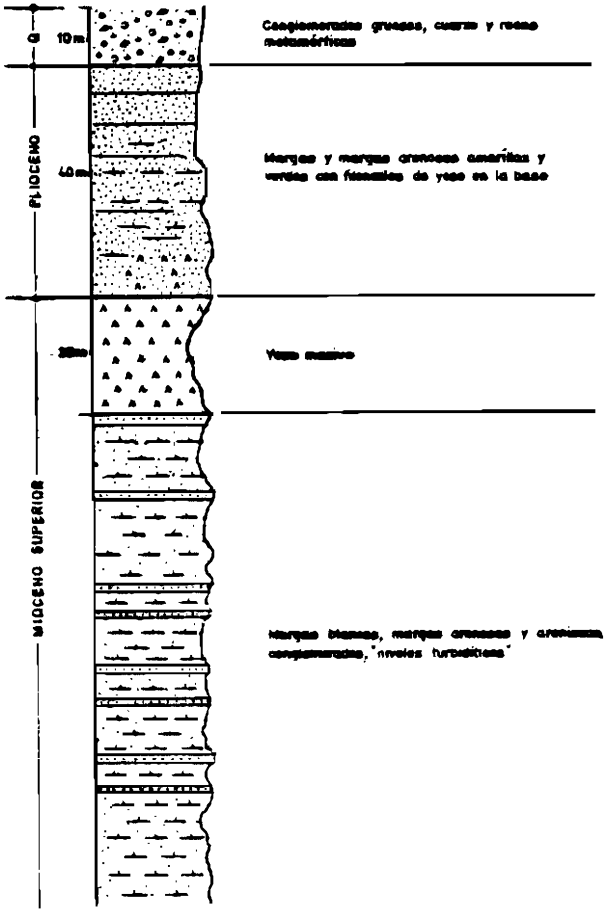


Figura 4

- Conglomerados y arenas. Su edad Plioceno superior. Esta formación está constituída por niveles de conglomerados con intercalaciones de calcarenitas y areniscas que se apoyan discordantemente sobre las calcarenitas y margas limosas pliocenas o sobre los niveles calizos paraarrecifales. Es en la zona de El Barranquete, extremo SW de la Serrata, y en el tramo final de la rambla Palmerosa, cerca de El Argamasón, donde aparece mejor desarrollada la presente formación conglomerática -puede alcanzar hasta 200 m de potencia- y donde presenta un mayor interés hidrogeológico.

- Conglomerados, arcillas limosas con cantos y arcillas rojizas. Se engloba en esta heterogénea formación al conjunto de materiales pliocuaternarios y cuaternarios, de facies lacustres o continentales, ampliamente representados en la comarca estudiada: Campo de Níjar, zona El Alquián-Cabo de Gata, etc.

Del conjunto de tramos litoestratigráficos someramente descritos, son las calcarenitas, arenas y limos del Plioceno, el que presenta mayor interés hidrogeológico en la mayor parte del Campo de Nijar, tanto por su permeabilidad como por su espesor saturado.

Aguas abajo del Campo y en los alrededores del extremo SW de la Serrata (zona de El Barranquete), los conglomerados pliocenos presentan también un claro interés hidrogeológico derivado de su permeabilidad y espesor saturado. En la zona de la rambla Palmerosa, cerca ya de la confluencia de ésta con el río Alías, el espesor saturado de los citados conglomerados parece ser muy reducido.

El interés hidrogeológico de las formaciones calizas y calcarenítícas arrecifales miopliocenas, es claro en buena parte del borde noroeste del Campo de Nijar, al pie de sierra Alhamilla, en función de la importancia de su espesor saturado. En la zona del Hornillo, donde la potencia de acuífero es frecuentemente importante, el interés hidrogeológico de la formación va ligado a la muy variable permeabilidad local de la misma.

Las calizas y dolomías alpujárrides presentan casi siempre una notable permeabilidad, pero su interés hidrogeológico es generalmente escaso debido a que habitualmente se presentan en forma de islecs discontínuos sobre un substrato de filitas.

2. TECTONICA

El Bético s. str. presenta una estructura de mantos de corrimiento superpuestos en la cual el Nevado-Filábride ocupa la posición más baja (desde el punto de vista estructural) y el Alpujárride la más elevada. El Nevado-Filábride constituye, pues, el autóctono relativo con respecto al Alpujárride, que es un conjunto alóctono.

Los terrenos Post-Mantos, plenamente autóctonos, descansan mediante discordancia angular y erosiva, directamente encima sólo en las grandes elevaciones montañosas; los terrenos Post-Mantos -

constituyen potentes rellenos sedimentarios en las depresiones existentes entre aquéllas.

El volcanismo ocupa, como ya se ha dicho, principal y casi exclusivamente la elevación de la sierra del Cabo de Gata, aunque también aquél se encuentra parcialmente recubierto por los terrenos del Mioceno y Plioceno.

Un aspecto importante a destacar como rasgo estructural característico de la zona, son los grandes accidentes de desgarre, generalmente de tipo sinextroso (accidentes de Palomares, falla de la Serrata, etc.) que generalmente van acompañados, a su vez, por numerosas fallas antitéticas asociadas de menor envergadura.

Por último conviene resaltar también la importancia de la Neotectónica dentro de la zona tal y como se pone de manifiesto, entre otros fenómenos, por las numerosas fallas que afectan al Cuaternario.

3. ESTRUCTURA GEOLOGICA ACTUAL

La morfología actual del Campo de Níjar, está condicionada, por un lado, por los diversos sistemas de fracturación y, por otro, por la variedad petrológica existente en su entorno.

Su estructura geológica se puede esquematizar en dos conjuntos esenciales: un sustrato de diferente litología, Alpujárride-arrecife al Norte y volcánico-arrecife al Sur, y una cobertera pliocena-cuaternaria.

El basamento alpujárride presenta una estructura de notable relieve, bien patente en los escarpes descendentes de sierra Alhamilla, que enmarca la zona por el Norte; en su prolongación hacia el Sur, puede llegar a alcanzar profundidades superiores a 500 metros bajo las zonas centrales del Campo.

Los paquetes carbonatados triásicos se encuentran muy fracturados y desconectados unos de otros, constituyendo a modo de islotes de distintas dimensiones sobre el sustrato de filitas, tanto en afloramientos como en profundidad, bajo el Campo.

Los materiales miocenos que apoyados discordantemente sobre filitas o dolomías alpujárrides aparecen en la ladera sudoriental de sierra Alhamilla, están representados fundamentalmente por facies margosas en el tramo situado al SW de Níjar y hasta las inmediaciones de dicha población. Inmediatamente al Este de la misma, comienzan a desarrollarse las facies arrecifales que continuan hacia el Norte hasta las proximidades de Lucainena.

El complejo arrecifal presenta una morfología característica de fuertes taludes hacia el Sur, y plataformas carbonatadas al techo, depositados sobre antiguos relieves arrecifales, en parte erosionados. En un primer cuerpo arrecifal de unos 5 km de longitud, se encuentra el afloramiento volcánico de "El Hoyazo", cubriendo un arco circular de alrededor de 0,5 km^2, rodeado completamente por las calizas oolíticas terminales.

Mediante un sistema de fracturas de dirección E-W, un segundo cuerpo arrecifal pasa a presentar una dirección hacia el Norte, mayor desarrollo de las facies carbonatadas, en una longitud superior a los 7 km, conectando con la depresión de Sorbas.

La alineación volcánica de la Serrata constituye el límite sur del Campo de Níjar. Tiene una longitud de unos 12 km en dirección NE-SW, y 1 km de anchura. Forma parte del llamado "accidente de Carboneras", línea de fractura con una longitud superior a 40 km, que hacia el SW se sumerge en el mar Mediterráneo y hacia el Norte, a la altura de la Serrata, se presenta frecuentemente bajo la forma de dos fallas paralelas y rectilíneas, con un buzamiento próximo a la vertical, afectando tanto a los materiales preorogénicos (manto maláguide y alpujárride) como a los neógenos (rocas volcánicas miocenas, formaciones sedimentarias del Mioceno terminal, Plioceno, Cuaternario antiguo). En el extremo occidental de la Serrata, dicho accidente tectónico ha levantado parte de la serie neógena, permitiendo la observación de esta serie a la altura del Cerro del Hacho y hundiendo la serie conglomerática hacia la zona del Barranquete.

Paralelamente, a ambos lados de la Serrata y junto a la zona del contacto de falla, existe una serie de afloramientos arrosariados de calizas paraarrecifales con pequeños retazos de niveles conglomeráticos, con buzamientos casi verticales. Es de destacar además los lentejones de yeso masivo con espesores considerables, lo que ha permitido su explotación en cantera.

La depresión originada entre Sierra Alhamilla y la Serrata está rellenada por materiales de cobertera, actuando como elemento nivelador del relieve anterior, creando la morfología sensiblemente plana del Campo de Níjar. Hacia el NE, el terreno se levanta suavemente, permitiendo aflorar a las calcarenitas pliocenas; a la altura de la Venta del Pobre se observa como estas series detríticas van progradando hacia el Sur, sobre las margas y limos de base.

Las margas arenosas del Plioceno afloran en ambos extremos del Campo, hacia el NE llegan hasta las inmediaciones del río Alías, con espesores máximos de varias decenas de metros, mientras que hacia el SW, presentan un gran desarrollo, aumentando su potencia hacia la bahía de Almería.

La sierra de Gata, que constituye el límite sur, de la depresión tectónica originada entre ésta y la Serrata (zona del Hornillo), se extiende sobre una banda de unos 42 km de longitud por 8 km de ancho, desde el cabo de Gata hasta Carboneras. Sobre este substrato volcánico, de fuertes pendientes, se instalan complejos arrecifales con relieves en mesetas, como el complejo de La Tórtola (en las inmediaciones de Fernán Pérez, Cortijo de Los Trancos, Mesa Roldán).

La zona del Hornillo es una depresión rellena por materiales arrecifales y pliocenos, hasta conectar al SW con los conglomerados pliocenos de la zona de El Barranquete.

Esta depresión parece prolongarse, por debajo de la llanura cuaternaria situada entre el cabo de Gata y rambla Morales, hacia la zona de plataforma submarina y conectar con la depresión detectada por geofísica submarina con relleno de materiales miocenos y pliocenos de facies más profundas (facies margosas y arcillosas).

Los sistemas de fracturas N 45°-60°E, y los N 140°N 150°E son los que remodelan la morfología actual, ya que afectan prácticamente a todos los glacis y terrazas; estas fracturas son abundantes y su salto es muy pequeño. Configuran además definitivamente la forma de la costa en este sector.

Los materiales cuaternarios continentales yacen sobre los episodios marinos más recientes y están constituidos por limos rojos, conos de deyección, depósitos aluviales, etc.

IV. AMBITO HIDROGEOLOGICO

1. ACUIFERO DEL CAMPO DE NIJAR

- Características geométricas

El principal acuífero del Campo de Níjar de carácter libre, está constituido por los niveles detríticos pliocenos, calcarenitas, arenas, limos y localmente conglomerados presentes en el área central del Campo, y por el nivel de calizas arrecifales del Mioceno-Plioceno presente en las áreas de borde con sierra Alhamilla, Serrata y Noreste del Campo. Un horizonte de limos margosos pliocenos en la base del nivel de calcarenitas, se apoya sobre las calizas arrecifales y permite a su través el contacto hidráulico entre los dos niveles acuíferos.

La estructura geológica de la que forma parte del sistema acuífero del Campo de Níjar, corresponde a un suave sinclinal constituido por materiales del Mioceno terminal y del Plioceno, con eje de dirección NE-SW, buzante ligeramente hacia el Suroeste, que en sus dos flancos se apoya o prolonga en los macizos arrecifales situados al pie de sierra Alhamilla y de la Serrata, relieves ambos que delimitan lateralmente el sinclinal. El flanco noroeste del sinclinal está afectado por una serie de fallas longitudinales de a veces gran continuidad lateral, pero con escasa incidencia hidrogeológica.

El límite Norte y Noreste del acuífero, son las filitas triásicas y margas miocenas del borde de Sierra Alhamilla (límite de flujo prácticamente nulo).

El límite Sureste también es considerado como de flujo nulo. Está constituido por las margas miocenas aflorantes junto a la formación volcánica de la Serrata. En el límite Oeste el acuífero aparece limitado por el afloramiento de las margas subyacentes, suponiendo un límite de flujo prácticamente nulo.

Estos límites sólo localmente pueden constituir límites abiertos permitiendo un flujo de entrada debido a la presencia de cuaternarios o zonas de alteración superficial cuya importancia no es grande.

El sistema acuífero del Campo de Níjar ocupa una superficie de unos 156 km^2 distribuidos de la siguiente forma:

Sector	Tramo acuífero	Extens. aprox.	Espesor med.
Central	Limos, arenas, calcarenitas y conglomerados	85 km^2	40 m
Periferia	Calizas y calcarenitas arrecifales y paraarrecifales	58 km^2	25 m
Borde Norte	Calizas arrecifales casi totalmente desaturadas	22 km^2	0 m
Cabecera	Tramo limoso-margoso - de enlace entre los - sectores perif.y cent.	6,5 km^2	

- Características hidrodinámicas

Con carácter general, el acuífero existente dentro de los límites del sistema es libre, lo que significa, que su límite superior está definido por la superficie libre del manto, a través de la cual le llega por infiltración una parte importante de su alimentación.

Los valores de transmisividad determinados a partir de la serie de bombeos realizados, están comprendidos entre 15 y 35 m^2/h en la mitad de los casos, obteniendo desviaciones en algunos puntos de 0,5 a 5 m^2/h y de 70 a 90 m^2/h. La porosidad eficaz está generalmente comprendida entre 2 y 7%.

La evolución de la superficie piezométrica se ha reflejado - en las figuras números 5 y 6. Ya en Enero de 1972 se comenzaba a dibujar una "hondonada" piezométrica en la zona central - del sistema, tendencia que se acentuó en los años siguientes, para en Abril de 1981 estar a punto de cerrarse por su límite aguas abajo, a la altura de San Isidro. Todavía en esa situación piezométrica era posible definir un eje longitudinal principal de la circulación subterránea de pendiente continuamente descendiente - desde el extremo NE del sistema hasta su límite aguas abajo de El Barranquete, con unas cotas entre 30 y 100 m s.n.m.

Según se refleja en la figura nº 6, en Abril de 1986 se encuentra ya curvada en todo su perímetro la "hondonada" que viene anunciándose desde hace más de 14 años, resulta ya posible trazar una curva de nivel de valor 65 m s.n.m. completamente cerrada, lo que implica por un lado la pérdida de la continuidad descendente en la pendiente del eje longitudinal principal de la circulación subterránea y por otro, el surgimiento de un umbral piezométrico.

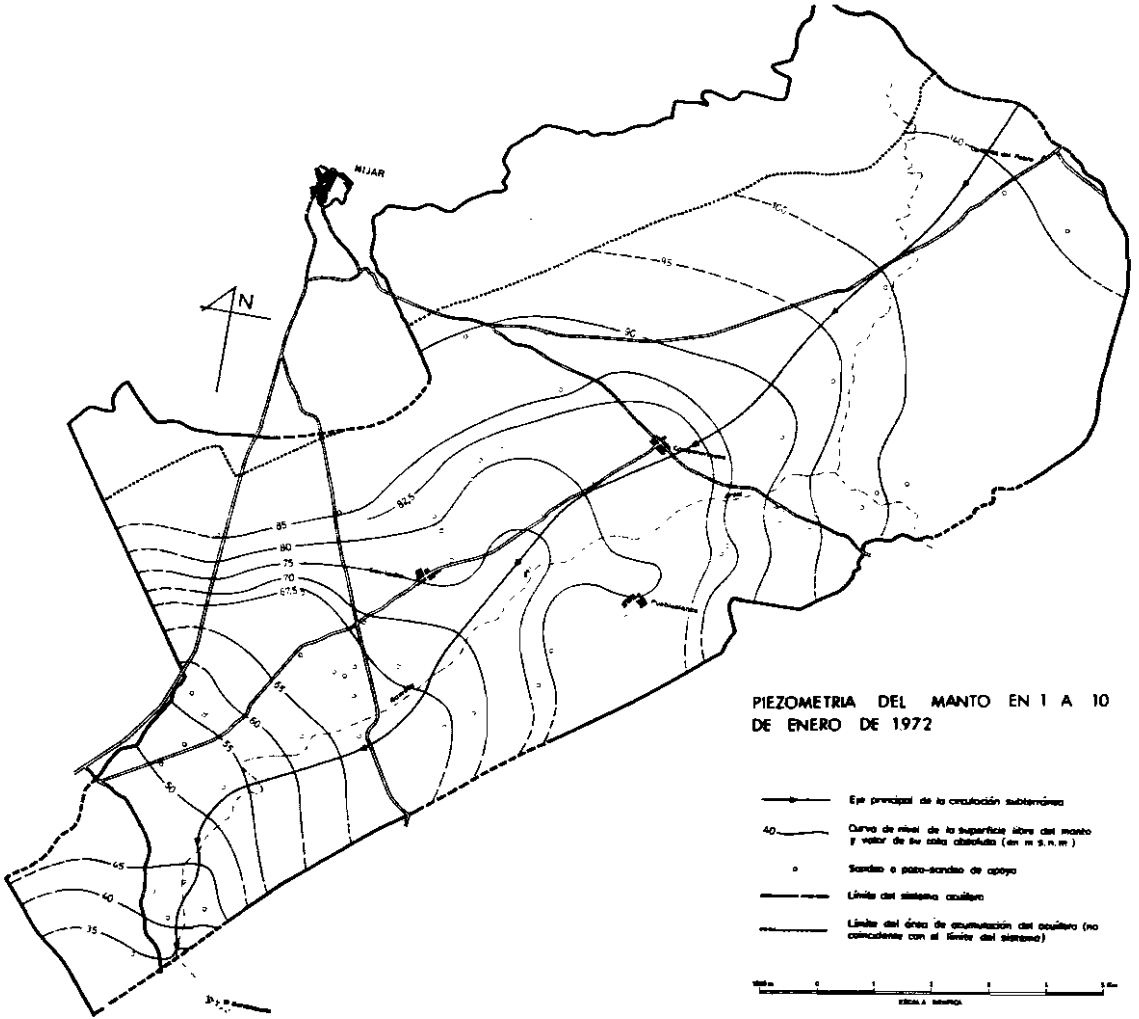

MIJAR
N
160
105
95
90
85
82.5
80
75
70
67.5
60
55
50
65
40
35
PIEZOMETRIA DEL MANTO EN 1 A 10 DE ENERO DE 1972
Eje principal de la circulación subterránea
Curva de nivel de la superficie libre del manto y valor de su cota absoluta (en m s.n.m.)
Sondeo o pozo-sondeo de apoyo
Límite del sistema acuífero
Límite del área de alimentación del acuífero (no coincidente con el límite del sistema)

Figura 5

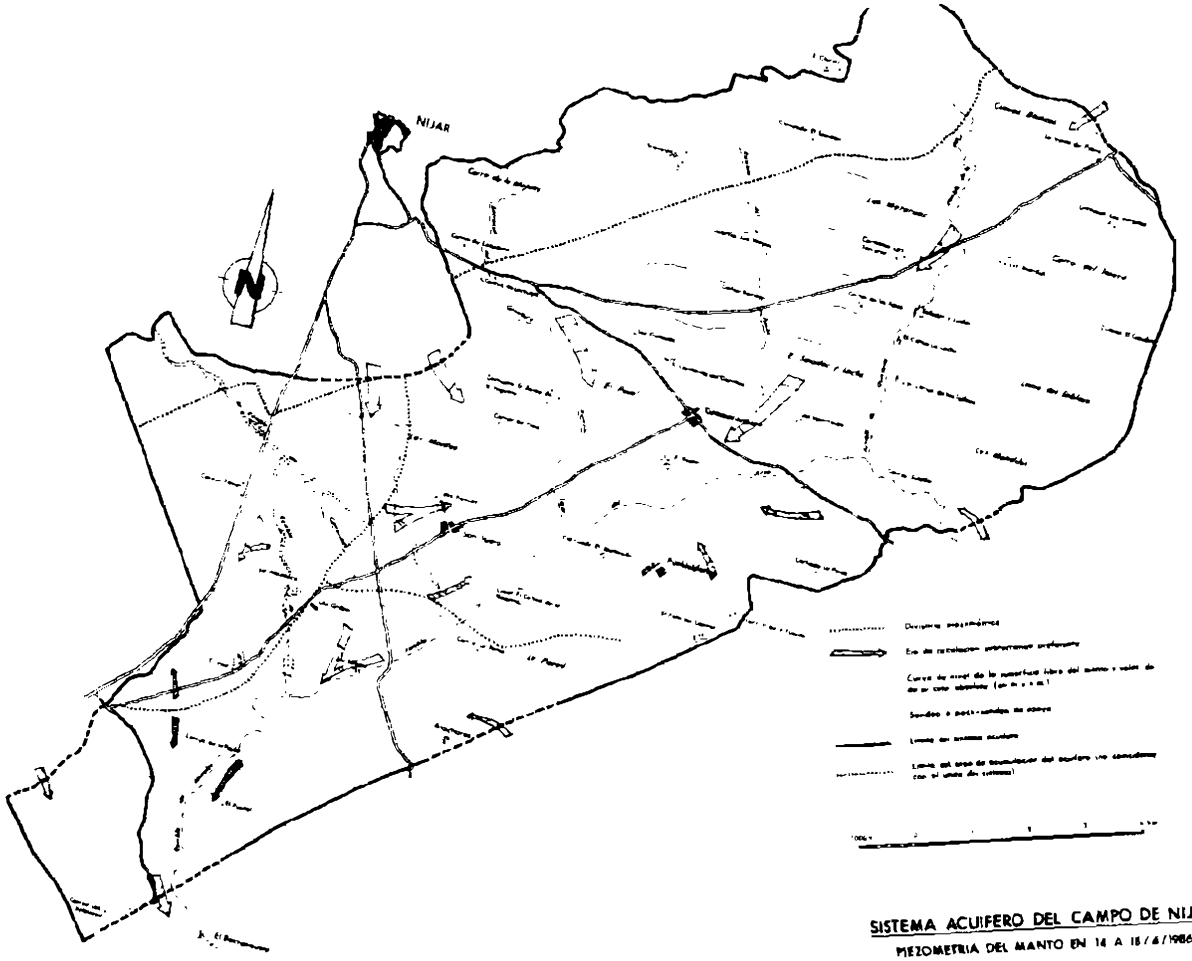

NIJAR
N
SISTEMA ACUIFERO DEL CAMPO DE NIJAR
PIEZOMETRIA DEL MANTO EN 14 A 15/6/1986

Figure 6

En la figura nº 7 se han representado los diferentes sectores del sistema acuífero según el valor de la variación, positiva (elevación) o negativa (descenso) experimentada por la superficie piezométrica del acuífero entre Abril de 1981 y Abril de 1986. Se puede observar como las zonas de máximo descenso están situadas - dentro de la "hondonada" central, en tanto que inmediatamente - aguas abajo de ésta, coincidiendo con los domos piezométricos, sigue apareciendo una zona de elevación del nivel piezométrico.

En el conjunto del sistema acuífero del Campo de Níjar en el quinquenio 1980/1981-1985/86, se ha registrado un descenso medio global ponderado de 2,57 m, que equivalen a una media de 0,51 m/año. La zona de elevación del nivel situada en el centro-suroeste del sistema de 11,1 km^2 de extensión, ha registrado una subida media de 1,85 m (0,37 m/año) en el mismo período.

- Reservas y recursos

El espesor saturado medio del acuífero es de unos 40 m en el sector central del acuífero (en facies pliocenas y pliocuaternarias, 85 km^2) y de 25 metros en los macizos arrecifales periféricos (58 km^2). A tales espesores y superficies corresponden unas reservas movilizables como mínimo de 700 a 950 hm^3, de las que por el momento, es aventurado definir las que son prácticamente explotables.

Los componentes del balance hídrido del Campo realizado en el "Estudio Hidrogeológico de la Comarca del Campo de Níjar", (IGME, 1982), se esquematizan como sigue:

Las entradas medias se estiman en 14,7-18,4 hm^3/a, mientras que las salidas son de 21-22 hm^3/a. Por tanto, el déficit resultante que se traduce en consumo de reservas es del orden de 3 a 7 hm^3/a.

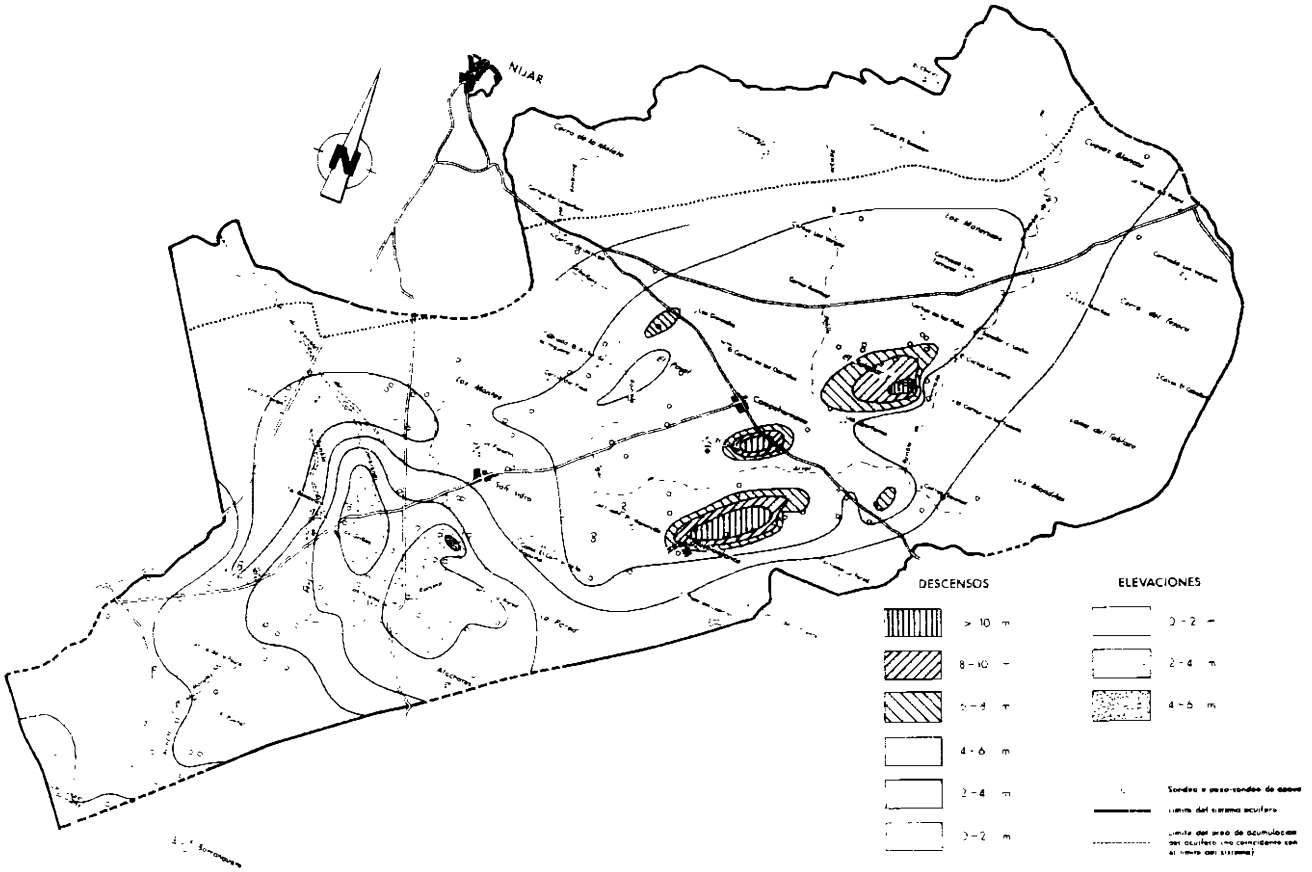
En un año seco la recarga directa de la lluvia es prácticamente nula, reduciéndose las entradas a unos 10-14 hm^3/a con lo que resulta un déficit del orden de 7 a 12 hm^3/a.

En un año húmedo las entradas podrían alcanzar los 20-24 hm^3 del mismo orden de magnitud que las descargas.

- Tipo y distribución de captaciones. Explotaciones

En la actualidad la explotación del sistema se realiza a través de 95 captaciones, la mayoría de las cuales (75%), pueden alcanzar un caudal máximo de bombeo comprendido entre 10 y 50 l/s. Las restantes, en su mayor parte, extraen un caudal superior que solo excepcionalmente alcanza los 100 l/s. Figura nº 8.

El nivel de agua se encuentra a profundidades comprendidas - entre 20 y 140 m, aumentando ésta con la distancia a El Barranquete.



SISTEMA ACUIFERO DEL CAMPO DE NIJAR

VARIACION DE LA SUPERFICIE LIBRE DEL MANTO DURANTE EL PERIODO 1980/81 - 1985/86 (DE ABRIL A ABRIL)

Figura 7

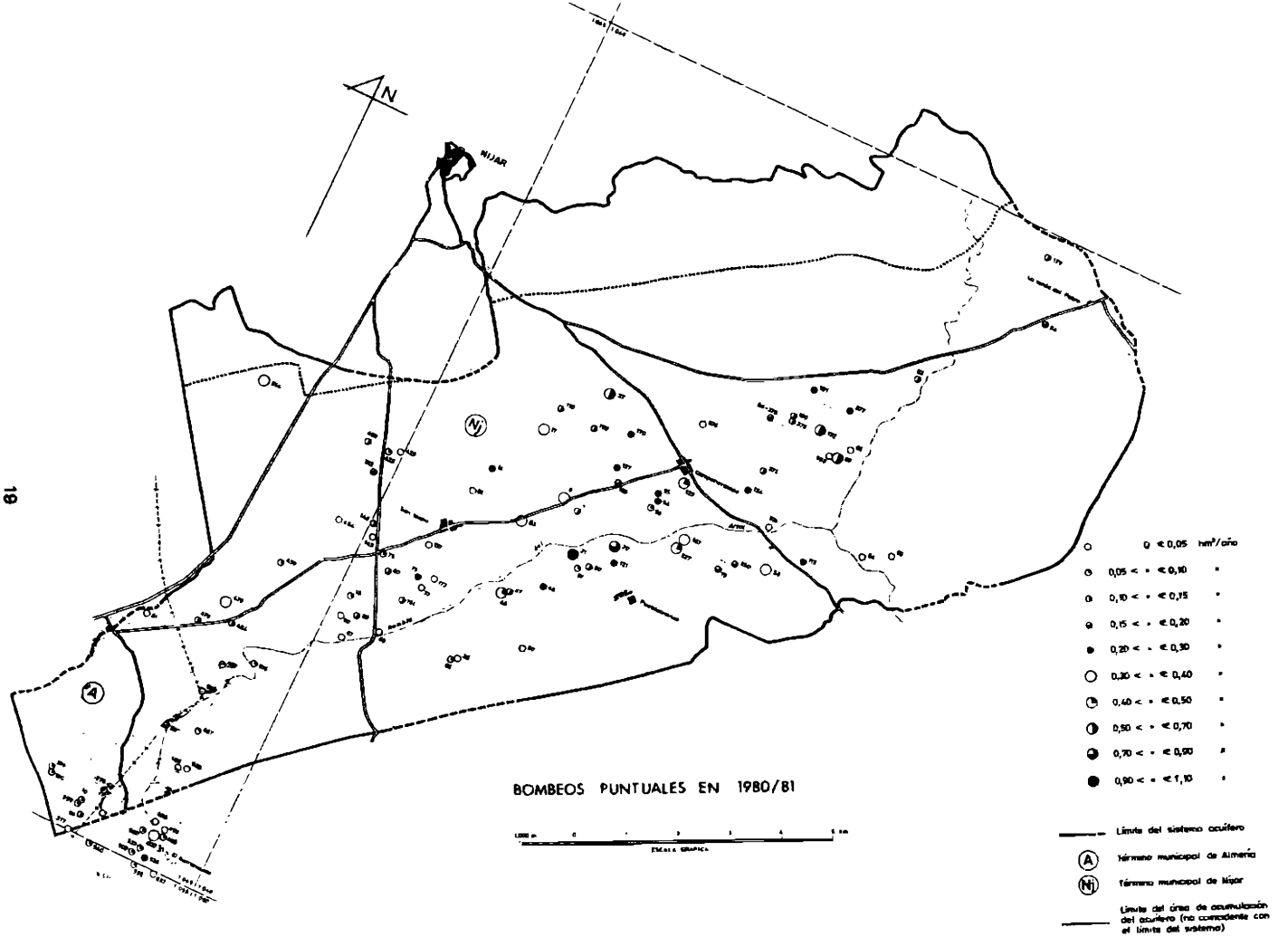

N
NIJAR
BOMBEOS PUNTUALES EN 1980/81
Q ≤ 0,05 hm³/año
0,05 < " ≤ 0,10 "
0,10 < " ≤ 0,15 "
0,15 < " ≤ 0,20 "
0,20 < " ≤ 0,30 "
0,30 < " ≤ 0,40 "
0,40 < " ≤ 0,50 "
0,50 < " ≤ 0,70 "
0,70 < " ≤ 0,90 "
0,90 < " ≤ 1,10 "
Límite del sistema acuífero
Término municipal de Almería
Término municipal de Níjar
Límite del área de acumulación del acuífero (no coincidente con el límite del sistema)

Figura 8

En 1961 existían 448 ha en regadío en todo el Campo, habiendo pasado a 3.441 ha en 1962. Hasta 1977 se produce un ligero aumento, alcanzándose en esa fecha una superficie regada de 3.939 ha, todas ellas con agua subterránea. A partir de ese año y hasta la actualidad, se supone que han dejado de ser de regadío, no menos de 600 ha.

Para los últimos cuatro años hidrogeológicos completos(1981/82 a 1984/85) las explotaciones totales efectuadas en todo el sistema, han sido las siguientes:

. 1981/82 ..... 15.854 hm^3
. 1982/83 ..... 18.107 "
. 1983/84 ..... 18.526 "
. 1984/85 ..... 19.317 "

Se estima que en el momento actual se destina a abastecimiento urbano un máximo de 0,37 hm^3/año, lo que supone que prácticamente el 98% del agua extraida se dedica a la agricultura, dado que los usos industriales son prácticamente inexistentes.

- Calidad química

Las aguas subterráneas de este sistema presentan mayoritariamente facies químicas cloruradas sódico-magnésicas con un fuerte componente sulfatado.

Es claro el predominio del anión cloruro, cuyo contenido relativo está comprendido entre el 40% y el 70%. Entre los cationes el sodio es casi siempre el predominante superando el 50% en la mayor parte de los análisis.

La distribución espacial del contenido en cloruros permite observar un aumento de los mismos en el sentido de la circulación y en las zonas de menor transmisividad. Los valores mínimos (250--400 mg/l) corresponden al centro del sistema y al área del Jaboneró, mientras que los máximos, en las proximidades de la Serrata, superan 1 g/l.

El residuo seco varía entre 1 y 2 g/l, aumentando las concentraciones hasta 5 g/l en el sentido del flujo y en la zona de La Serrata.

Desde el punto de vista de la evolución temporal no se observan variaciones en la facies química del acuífero; solamente hay que señalar que a partir de 1975 se ha detectado un incremento de las concentraciones de boro en algunos sondeos, aunque la causa de esta anomalía no es todavía bien conocida.

Existen en la zona abundantes manifestaciones termales indicativas de un flujo térmico anómalo. Del estudio geotermométrico parece deducirse la existencia de un acuífero a aproximadamente 100°C en la región.

El estudio de anomalías geoquímicas con los indicadores geotérmicos Boro y Amoniaco, no han conducido por el momento a hechos importantes. Las anomalías de Amoniaco parecen estar ligadas al agua termal, mientras que no ocurre lo mismo con las anomalías de Boro.

La potabilidad del agua varía, siendo pasable en el sector Norte del sistema, mediocre en el centro y mala en el área próxima a La Serrata. En relación con el peligro de salinización del suelo, la zona con agua de peor calidad corresponde al sector entre la rambla de Artal y La Serrata. El peligro de alcalinización del suelo es bajo, pues el S.A.R. no supera el valor de 10 en todo el sistema.

2. ACUIFEROS MARGINALES

Se denominan acuíferos "marginales" a aquellas unidades hidrogeológicas que están situadas en la proximidad o en conexión hidráulica con el Acuífero del Campo de Níjar, de mucha menor importancia que éste y entre los que destacan Rambla de La Palmerosa, Rambla del Hornillo-Fernán Pérez y Alquián-Cabo de Gata.

2.1. ACUIFERO DE LA RAMBLA DE LA PALMEROSA

Esta pequeña unidad hidrogeológica se sitúa inmediatamente al Este del extremo nororiental del sistema acuífero del Campo de Níjar y se centra sobre la rambla de La Palmerosa hasta su desembocadura en el río Alias.

La alineación estructural de La Serrata separa hidrogeológicamente estas dos unidades.

El sistema acuífero de la rambla Palmerosa se aloja en una suave estructura sinclinal estrecha y alargada de dirección Suroeste-Noreste, cuyo eje coincide con la rambla y se hunde ligeramente hacia el Noreste. El sinclinal es ligeramente asimétrico con un mayor buzamiento en el flanco septentrional, posiblemente condicionado por la proximidad de la falla de La Serrata.

El substrato está constituido por el complejo de rocas volcánicas de Cabo de Gata, con un espesor mínimo de 500 m, que afloran en los bordes suroriental y Norte del sistema; hidrogeológicamente es un conjunto poco permeable.

La base de la serie terciaria es una formación de margas blancas con intercalaciones conglomeráticas, eventuales niveles de lignito y yesos en la base. Se acuña hacia el Sureste y es atribuida al Mioceno terminal. Se trata de un conjunto que constituye el substrato menos permeable del sistema allí donde no lo es la formación volcánica.

Sobre ella descansa una formación de calizas bioclásticas y calcarenitas arenosas con niveles de conglomerados hacia el techo, atribuida al Plioceno; puede alcanzar un espesor máximo de unos 100 m reduciéndose hasta casi desaparecer en el borde suroriental de la estructura.

Una formación continental discordante atribuida al Pliocuaternario descansa sobre cualquiera de las anteriores; constituida por arcillas rojas con lentejones de conglomerados es poco permeable, aunque no llega a condicionar el confinamiento de los acuíferos infrayacentes; aflora en el núcleo de la estructura.

Finalmente, ligados a los cauces de la rambla Palmerosa y río Alías, existen depósitos aluviales de escasa entidad.

De estas formaciones sólo la carbonatada y conglomerática del Plioceno constituye un acuífero de interés, allí donde su posición estructural le permite hallarse saturada, lo que sólo sucede en la parte central y baja de la estructura.

Los límites de este pequeño sistema hidrogeológico vienen definidos por la presencia de afloramientos de rocas volcánicas en los bordes Sureste y Norte de la estructura sinclinal, y por afloramientos o subafloramientos de las margas miocénicas del substrato en el flanco Noroeste del aludido sinclinal. La superficie así delimitada alcanza 17,8 km^2.

Sin embargo, el área ocupada por acuífero saturado es mucho más reducida que la que definen estos límites (unos 7 km^2 como máximo), debido a la elevación progresiva del substrato impermeable hacia ellos. El espesor saturado de acuífero se puede estimar en unos 30 m de valor medio.

La extracción por bombeo (durante el año 1980/81) y para la totalidad del acuífero, se calculó en 1,5 hm^3/año, concretándose en cinco puntos, uno de los cuales explota más de la mitad de esta cifra, utilizándose el agua extraída para riego fuera del sistema. Además del regadío, se atiende con agua de este sistema la demanda del abastecimiento público de Carboneras y Llano de D. Antonio (3,248 hab.) y una fábrica de cemento.

El esquema piezométrico de la fig. nº 9 muestra la morfología de la superficie libre del acuífero en la que destaca un acusado cono de depresión provocado por los bombeos de modo que en la mayor parte del acuífero, la circulación tiene lugar hacia dicho cono.

El balance hídrico calculado se refiere al bienio 1979/80 - 1980/81, para el que se tiene cierta idea del consumo de reservas, habiéndose establecido la infiltración de lluvia útil en 0,3 hm^3/año, el bombeo en 1,5 hm^3/año y el consumo de reservas entre 1 y 1,4 hm^3/año.

Las previsiones a largo plazo se establecen sobre la base del período 1957/58-1980/81, para el que se ha estimado la infiltración de lluvia útil en 0,5 hm^3/año, y un déficit de 1 hm^3/a, de continuar la extracción por bombeo en la cuantía de 1,5 hm^3/a.

Las aguas de este acuífero presentan en general una mineralización considerable con conductividades superiores a los 2.500 µmhos/cm y claro predominio de los iones cloruro, sulfato y sodio.

SISTEMA ACUIFERO DE LA RAMBLA PALMEROSA

PIEZOMETRIA EN ABRIL DE 1981

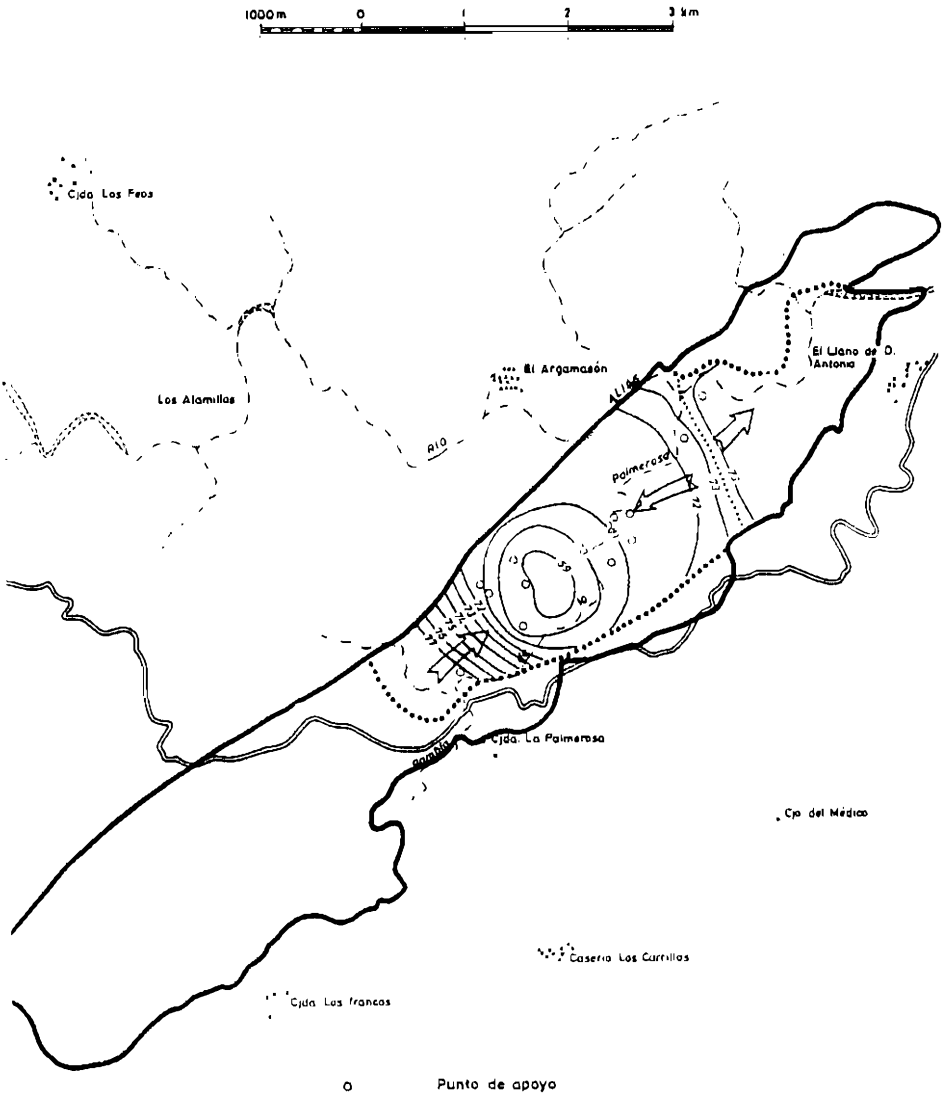


Figura 9

Las reservas movilizables del sistema deben de estar comprendidas entre 31 y 42 hm^3, de las que, quizá, como orden de magnitud no más del 30% sean explotables.

2.2. ACUIFERO HORNILLO-FERNAN PEREZ

Entre las estructuras volcánicas de La Serrata y de la sierra del Cabo de Gata se encuentran las cubetas de Fernán Pérez y del Hornillo, que corresponden a depresiones del substrato, también volcánico, rellenas de depósitos neógenos y cuaternarios; sólo la segunda cubeta presenta cierta entidad.

En estos materiales de relleno se puede diferenciar una formación inferior de calizas, calcarenitas bioclásticas y conglomerados basales, atribuida al Mioceno superior-Plioceno, que puede alcanzar hasta más de 170 m de espesor. Sobre ella descansa una formación de conglomerados con intercalaciones calcareníticas, atribuida al Plioceno superior, con un espesor de varias decenas de metros en el sector Suroeste (proximidades de El Barranquete) que disminuye hacia el Noreste hasta desaparecer, estando ausente en la zona de Fernán Pérez. Culmina la serie la formación de arcillas y limos rojos con cantos del Pliocuaternario.

Solamente la formación basal de calcarenitas y conglomerados presenta interés hidrogeológico, aunque tanto su permeabilidad como el espesor saturado varían considerablemente de un emplazamiento a otro. La morfología de los acuíferos se caracteriza por la presencia de pequeñas depresiones o surcos casi individualizados, orientados más o menos paralelamente a las estructuras volcánicas limítrofes. La depresión en su conjunto queda definida por el borde estructural de La Serrata y por los relieves volcánicos de Cabo de Gata.

En la zona de Fernán Pérez la explotación en 1981 ascendía a 91.000 m^3/año con solo dos puntos de captación. En la zona de El Hornillo ese mismo año explotaban el acuífero 19 puntos, totalizando 1,4 hm^3/año de extracción. Los caudales de explotación en la mayor parte de los puntos no llega a los 10 l/s, aunque excepcionalmente se pueden superar los 50 l/s e incluso los 100 l/s (fig. nº 10).

La circulación subterránea se produce con dos directrices básicas: en el área de Fernán Pérez hacia el Norte y Noreste en dirección al sistema acuífero del Campo de Níjar y en El Hornillo hacia el Suroeste en dirección al área de Cabo de Gata, en este último caso con un gradiente global medio de 10^{-2}, localmente distorsionado por las explotaciones de la zona. La separación entre las áreas correspondientes a las dos directrices de circulación subterránea, coincide aproximadamente con una divisoria hidrográfica superficial.

Para el seguimiento de datos de explotación, piezométricos y de calidad en los que apoyar un análisis de la evolución del acuífero, falta un estudio de detalle de la unidad y una infraestructura de control. De la información aislada que se posee al respec

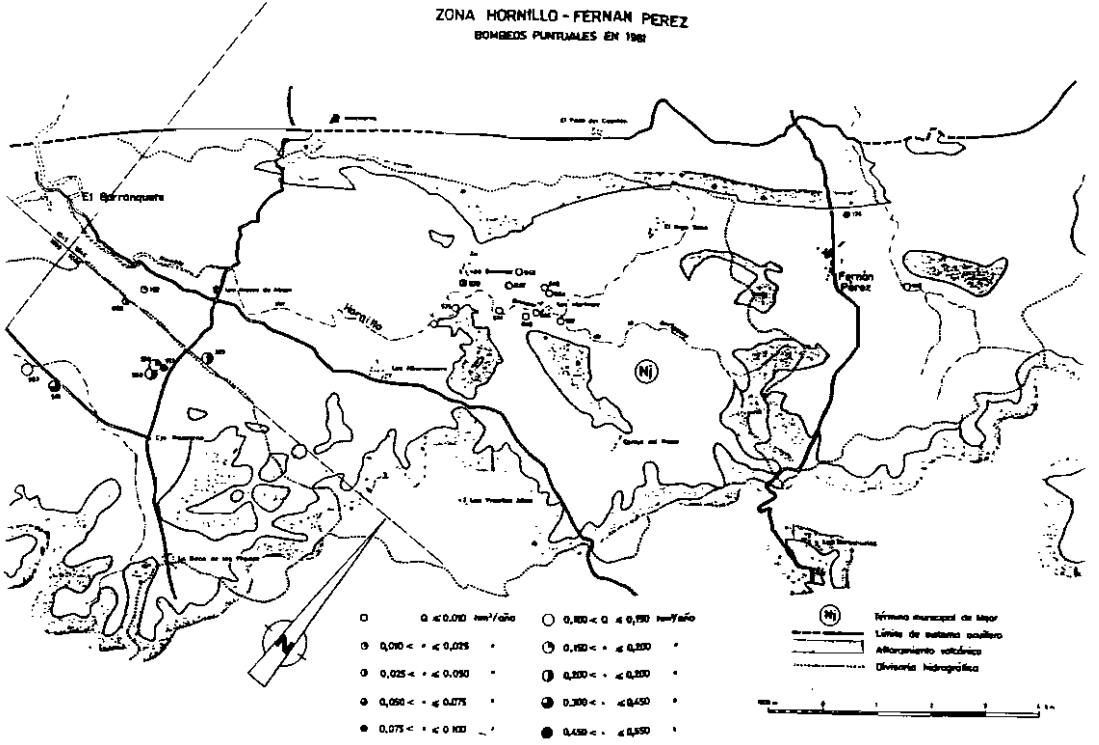

ZONA HORNILLO - FERNAN PEREZ
BOMBEOS PUNTUALES EN 1981
El Barranquete
Hornillo
Fernán Pérez
Nj

Figura 10

to, se deduce que en esta zona no se producen descensos piezométricos contínuos de un modo generalizado, aunque excepcional y localmente en las proximidades de determinados puntos de bombeo, existen descensos apreciables, poniendo de manifiesto las mediocres características hidráulicas del acuífero.

Con valores del período 1957/58-1980/81, que se considera representativo de una media para efectuar previsiones a largo plazo, se han realizado estimaciones de balance en cada uno de los dos sectores diferenciados. En la zona de Fernán Pérez, la infiltración de lluvia útil (sobre unos 13 km^2 de cuenca vertiente) supone unos 0,3 hm^3/a a los que habría que añadir otros 0,3 hm^3/a de infiltración de aguas superficiales procedentes de la cuenca vertiente. En total las entradas suponen 0,6 hm^3/a.

Frente a éstas, las salidas laterales subterráneas hacia el Campo de Níjar, se evalúan entre 1,8 y 2,3 hm^3/año y las salidas por bombeo en 0,09 hm^3/año, lo cual supone un vaciado de reservas de 1,3-1,8 hm^3/a, que es de esperar se mantenga mientras siga el descenso de niveles en el Campo de Níjar.

En la zona de El Hornillo, la infiltración de lluvia útil (sobre unos 95 km^2 de cuenca vertiente), supone del orden de 2,2-2,5 hm^3/año y la recirculación de riegos es del orden de 0,1 hm^3/año. Las salidas subterráneas se han estimado entre 1,6 y 1,9 hm^3/año a la altura de El Barranquete, donde, de forma más o menos arbitraria, se ha situado el límite con la zona del Cabo de Gata hacia la cual se dirigen estas salidas subterrénas; los bombeos suponían 1,4 hm^3/año en 1980/81. El balance se equilibra con un consumo de reservas del orden de 0,7 hm^3/año, que se localizan entre El Barranquete y la cabecera de la rambla de las Higueras (entre la rambla Morales y la sierra de Cabo de Gata).

No hay datos suficientes para una estimación fiable de las reservas almacenadas en el acuífero, aunque una evaluación preliminar las situaría por encima de 50 hm^3.

En la zona de Fernán Pérez, el residuo seco del agua subterránea puede variar entre 1,5 y 4,0 g/l, con una facies claramente clorurada sódica. En la zona del Hornillo, el residuo seco parece ser siempre superior a 1,5 g/l y puede alcanzar los 6; también aquí es claro el predominio de los iones cloruro y sodio.

2.3. ACUIFEROS DE EL ALQUIAN-CABO DE GATA

Al Oeste y al Sur del sistema acuífero del Campo de Níjar e inmediatamente al Suroeste de la zona del Hornillo, se extiende hasta el mar la zona costera de El Alquian-Cabo de Gata, como prolongación geológica y, en parte, hidrogeológica de las dos unidades próximas: Campo de Níjar y Hornillo. Lateralmente, la zona se extiende desde los afloramientos volcánicos del extremo sur de la sierra del Cabo de Gata, hasta las proximidades de El Alquian.

Sin embargo, la zona así definida se encuentra dividida por la prolongación de la estructura volcánica de La Serrata en dos áreas de muy diferente interés geológico: la de El Cabo de Gata,

donde se concentra la casi totalidad de los puntos de bombeo, y la que se extiende hasta El Alquián, que corresponde a la prolongación del muy mediocre acuífero margoso-limoso plioceno existente en la ladera suroeste de la sierra Alhamilla. El área de el Cabo de Gata constituye la prolongación hidrogeológica de la zona del Hornillo, hasta el punto de que el límite establecido entre ambas es meramente convencional; se apoya en razones de tipo geográfico (morfología, poblamiento, etc.), de formación geológica disponible y de utilización del agua subterránea; por lo demás, la zona del Hornillo y el área del Cabo de Gata, parecen formar parte de un único sistema acuífero.

El recubrimiento cuaternario que se extiende por todo el área y *la ausencia de información sobre columnas litológicas* (la mayor parte de los puntos de agua existentes en el área son pozos de reducida profundidad), hace que no se tenga un adecuado conocimiento directo sobre la continuidad de las formaciones acuíferas de calizas bioclásticas y calcarenitas miopliocenas existentes en El Hornillo y de conglomerados de El Barranquete; sin embargo, las características hidrodinámicas de varios de los puntos de bombeo y la continuidad piezométrica permiten deducir que, muy probablemente, las citadas formaciones acuíferas se prolongan al menos hasta la costa, aunque es también probable que hacia el Suroeste, en dirección al centro de la cuenca de sedimentación, se puedan dar cambios hacia facies menos consolidadas (arenas y limos).

Los relieves volcánicos de la sierra de Cabo de Gata y La Serrata, así como la prolongación de ésta, constituyen límites laterales probablemente en flujo nulo para los acuíferos mioplicenos, que reflejan este sector de la depresión. Es patente el carácter de límite hidrogeológico que presenta la señalada prolongación de fallas de borde de La Serrata, la casi totalidad de los puntos *de bombeo están situados entre dicha prolongación y los relieves* volcánicos, la que se viene denominando área de El Cabo de Gata.

El límite aguas abajo del área de El Cabo de Gata viene dado por el mar, en el que se descarga subterráneamente el acuífero a través de un límite a potencial constante.

El área situada al Noroeste de la prolongación de las fallas de borde de La Serrata, que se ha denominado área de El Alquián, parece constituir la prolongación hasta la costa del mediocre acuífero margoso-limoso Plioceno. De su escasa importancia hidrogeológica es reflejo el acusado gradiente hidráulico existente en el área, de moderada recarga total, y la casi total ausencia de puntos de bombeo.

En el conjunto de la zona El Alquian-Cabo de Gata, sobre las margas limosas o arenas pliocenas del área de El Alquián, o sobre los conglomerados pliocenos y/o calizas bioclásticas y calcarenitas miopliocenas del área de El Cabo de Gata, se extiende un amplio recubrimiento cuaternario constituido, *de abajo a arriba por* los siguientes tramos:

- Conglomerados y areniscas de 2 a 5 m de potencia.
- Dunas y arenas de playa que se extienden sobre una franja costera de unos 3 km de anchura máxima, con escaso espesor.
- Costras calcáreas de exudación, afectadas por fracturas recientes y
- Limos rojos y arenas.

En el área del Cabo de Gata, los valores del caudal extraido en los numerosos puntos de explotación existentes, indican que para el conjunto de dicha área, parecen ser representativos valores de transmisividad comprendidos entre 25 y 35 m^2/h. Para el área del Alquián la transmisividad resultante podría estar comprendida entre 1,8 y 2,7 m^2/h.

En el área del Cabo de Gata la extracción por bombeo durante 1982 fue de 6,8 hm^3. Esta explotación se realizó a través de 77 puntos de captación cuyos caudales puntuales están comprendidos en la mayor parte de los casos entre 10 y 20 l/s, llegando en algún caso excepcional a superar los 50 l/s. En el área de El Alquián, de mucho menor interés, sólo existen dos puntos de bombeo, con una extracción de 56.000 m^3 (fig. nº 11).

El plano hidrogeológico general de la comarca muestra la continuidad piezométrica entre el extremo meridional del sistema del Campo de Níjar y la zona de Cabo de Gata, lo cual evidencia la descarga lateral subterránea del referido sistema (en la zona de El Barranquete), que se incorpora a la circulación del área de Cabo de Gata. El gradiente hidráulico de esta última es de $1,3.10^{-3}$ frente a valores del orden de 10^{-2} en la zona del Hornillo. En El Alquián los valores son del orden de 2.10^{-2}. La circulación subterránea en toda la zona tiene lugar en dirección normal a la costa.

Hay que señalar que la prolongación de la estructura de La Serrata condiciona una inflexión en el trazado de las isopiezas, necesaria para la adaptación a las dos áreas de gradientes hidráulicos muy diferentes pero con similar directriz de circulación subterránea.

La zona de El Barranquete se sitúa al Suroeste del sistema del Campo de Níjar, en el borde donde se produce la única descarga subterránea de éste, y donde las formaciones presentes son las mismas que las del Campo, hallándose separada de él, solamente, por la falla que lo limita en su borde meridional. Esta falla levanta su flanco Sureste por lo que el espesor saturado de los conglomerados pliocenos en el área del Barranquete es claramente inferior a la del flanco del Campo de Níjar, lo que da lugar a una circulación subterránea "en cascada" hacia El Barranquete.

La evolución de la piezometría muestra descensos continuados en las zonas de El Barranquete y El Hornillo claramente condicionados por los intensos bombeos, mientras que en áreas más próximas a la costa la evolución es mucho menos influenciada (Fig. 12).

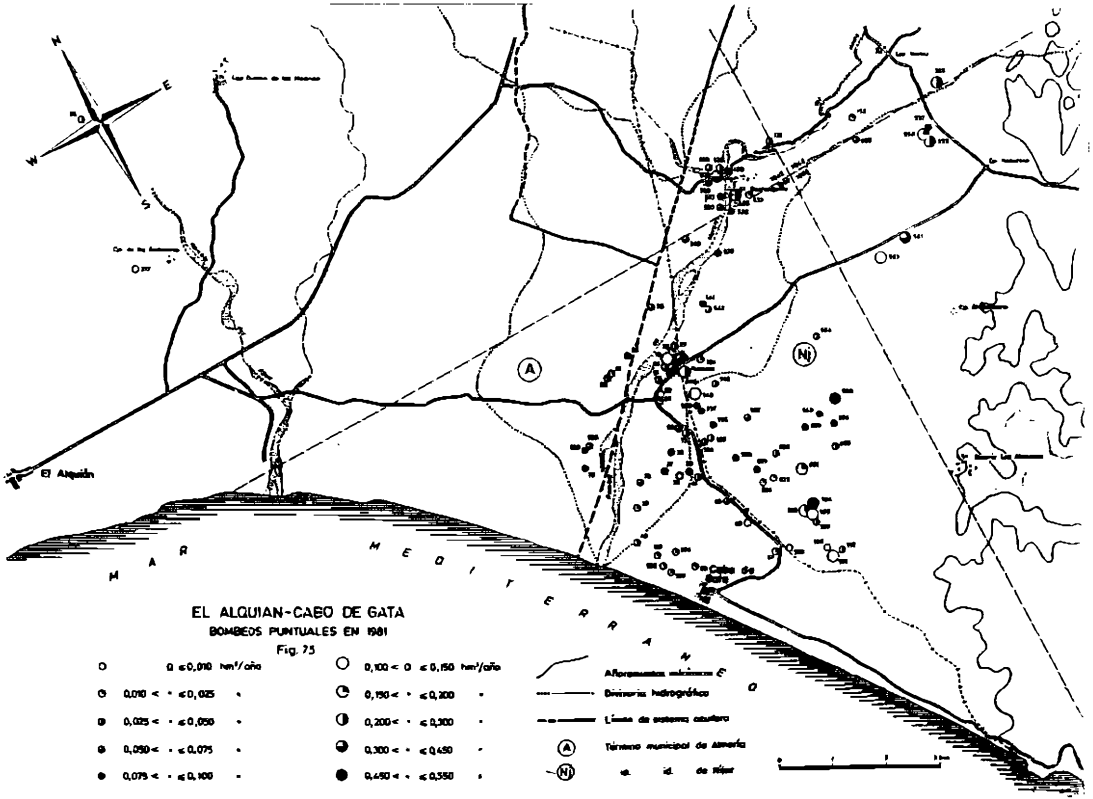

EL ALQUIAN-CABO DE GATA
BOMBEOS PUNTUALES EN 1981
Fig. 75
El Alquián
M A R M E D I T E R R A N E O
A
Nj

Figura 11

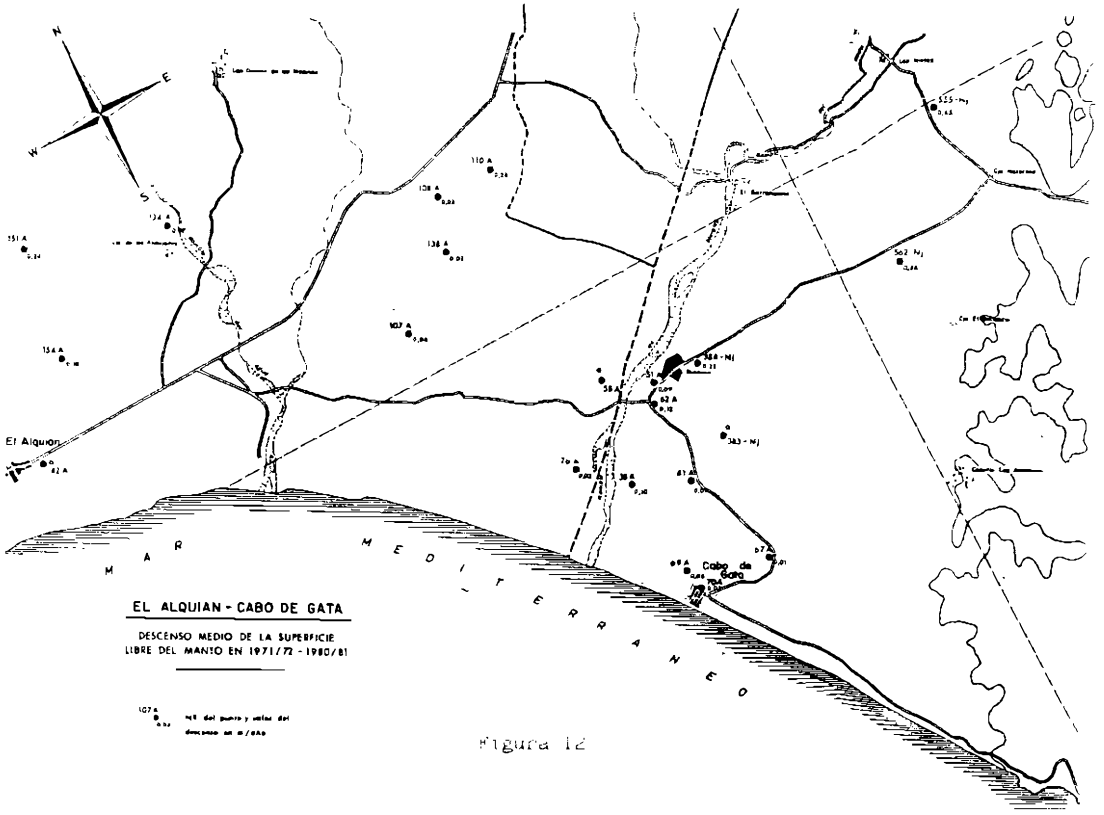

N
E
S
W
El Alquian
Cabo de Gata
M A R M E D I T E R R A N E O
EL ALQUIAN - CABO DE GATA
DESCENSO MEDIO DE LA SUPERFICIE
LIBRE DEL MANTO EN 1971/72 - 1980/81

Figura 12

El balance hídrico de la unidad tiene un valor únicamente preliminar debido a la poca precisión de los datos utilizados. La alimentación de la zona de Cabo de Gata procede de la infiltración directa de lluvia útil sobre unos 62 Km^2 (unos 1,3-1,5 hm^3/a, 22 a 24 mm/a), y de una parte de la escorrentía superficial generada aguas arriba en la cuenca vertiente al acuífero sobre material volcánico (0,5-0,6 hm^3/a). También existen entradas laterales subterráneas desde la zona de El Hornillo (1,6-1,9 hm^3/a) y desde el Campo de Níjar (2,1-3,2 hm^3/a). El retorno de riegos, por su parte, puede estimarse en 0,7 hm^3/a. En conjunto la alimentación supone una aportación de 6,2-7,9 hm^3/a. El descenso de niveles piezométricos significa que se está produciendo una extracción de reservas, estimada en 1,4-2,1 hm^3/a.

Las salidas, en la misma zona de Cabo de Gata, corresponden a la extracción por bombeos (6,8 hm^3/a), y a la evaporación en las salinas de Cabo de Gata y a las salidas subterráneas al mar (entre el Cabo de Gata y la rambla Morales) que conjuntamente se evalúan por diferencia en 0,8-3,2 hm^3/a.

En el área del Alquián la recarga sobre la cuenca vertiente a la zona puede estimarse en 3,8-4,5 hm^3/a, que coincide sensiblemente con la evaluación de salidas subterráneas al mar, dado el escaso bombeo existente debido en buena parte a la escasa permeabilidad de la formación margolimosa pliocena.

En la Fig. nº 13 vienen representados los puntos de agua de la zona El Alquián-Cabo de Gata, desmuestrados en la primavera de 1981.

Aunque los resultados indicados no son suficientes para efectuar una zonación del área en función de los diferentes contenidos iónicos, parecen claros los siguientes rasgos definitivos del hidroquimismo del área comprendida entre la zona de El Hornillo y la costa.

- El residuo seco va aumentando de forma más o menos contínua en el sentido de la circulación subterránea, con irregularidades posiblemente ligadas a los cambios de permeabilidad. En el área de El Alquián, suele estar comprendido entre 3,5 y 7,0 gr/l, con una irregular distribución de facies. En la parte alta del área de Cabo de Gata, está casi siempre comprendido entre 1,5 y 3,5 g/l y en la zona más próxima a la costa llega a estar comprendido entre 5 y 7,5 g/l. En el mismo sentido de la circulación subterránea aumenta también el contenido en cloruros, ampliamente predominantes en toda la zona, con valores entre 0,7 y 3 g/l. La mala calidad en la zona costera se deberá probablemente a una salinización residual, insuficientemente lavada por el flujo subterráneo.

- Tampoco en el área considerada se observa ninguna manifestación de una eventual intrusión marina claramente penetrante tierra adentro. En este sentido, son destacables las características hidroquímicas, bastante similares, de dos puntos de agua como el pozo sondeo 152 Nj y el pozo 67 A, situados a 9 y 1,5 Km de la costa, respectivamente.

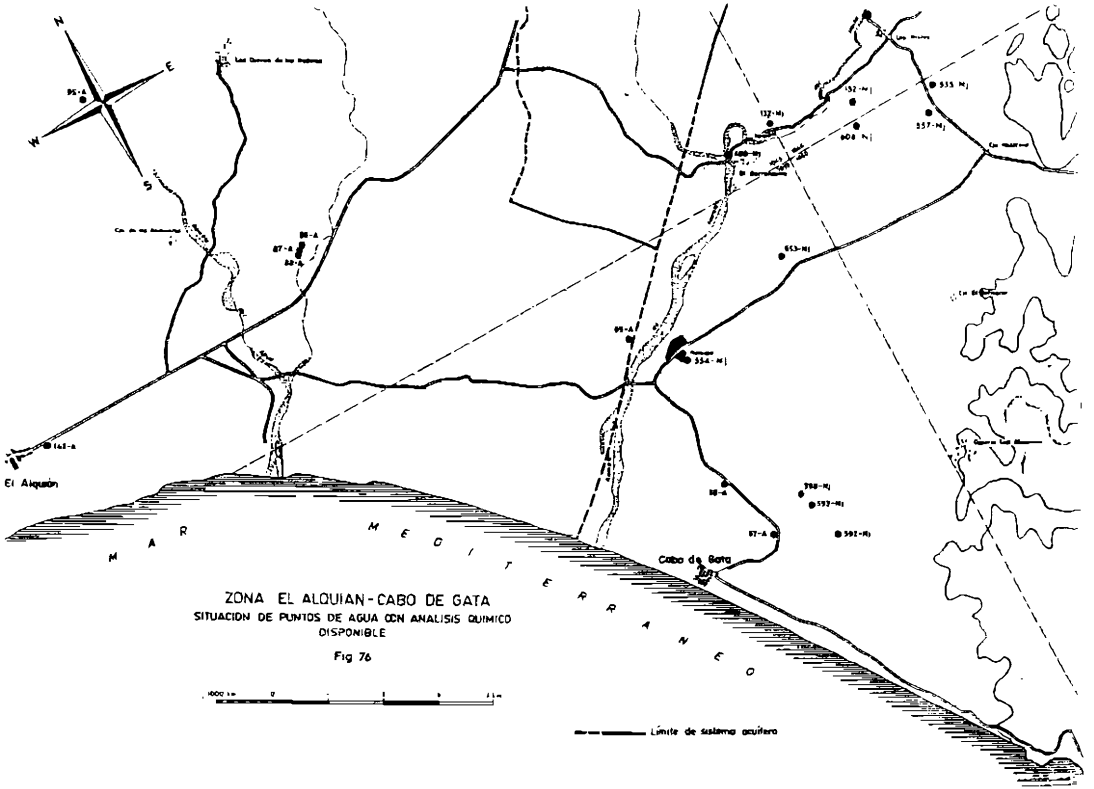

N
E
S
W
El Alquián
Cabo de Gata
M A R M E D I T E R R A N E O
ZONA EL ALQUIAN-CABO DE GATA
SITUACION DE PUNTOS DE AGUA CON ANALISIS QUIMICO DISPONIBLE
Fig 76
Límite de sistema acuífero

Figura 1.

En resumen, los parámetros del balance para el conjunto de acuíferos del Campo son:

	Recursos Propios hm^3	Aportes Laterales hm^3	Explotac. hm^3	Salidas Laterales hm^3	Observaciones
Detrítico de Níjar	5,9 - 6,8	8,8 - 11,6	19	2,3	Explot. de reservas
La Palmerosa	0,5	-	1,5	-	Sobreexplotación
Hornillo-Fernán Pérez	3	-	1,5	3,4 - 4,2	Explot.de reservas
Cabo de Gata	2,5 - 2,8	-	6,8	0,8 - 3,0	Explot.de reservas

V. RELACION ACUIFERO-MAR

A través de los distintos estudios hidroquímicos realizados en el ámbito de las cuencas Andarax-Níjar, se definen cuatro grupos de familias de agua:

1º Cloruradas alcalinas
2º Carbonatadas y/o sulfatadas alcalinas
3º Carbonatadas alcalino-térreas
4º Sulfatadas alcalino-térreas

El primer grupo, cloruradas alcalinas, es muy frecuente en el ámbito del Campo de Níjar, siendo su salinidad mayor cuanto más próximas al mar. Su origen no tiene porque ser contaminación por agua de mar, más bien no lo es salvo en caso de pozos muy próximos al mar que se podrían identificar por la relación Ca/Mg. El carácter clorurado sería más bien por circulación profunda y lenta del agua, en un ambiente de clima semiárido y en formaciones no carbonatadas o sulfatadas.

El segundo grupo está relacionado, en principio, con los puntos de origen termal. Prácticamente todos los puntos termales tienen agua con esta composición o mezcla de ésta con aguas del grupo anterior.

El tercer grupo de aguas, representa a las aguas de origen meteórico. Las citadas muestras más diluidas son las próximas al lugar de recarga (sierra Alhamilla-Zona de Níjar) y tienen una composición carbonatada clásica. En su posterior circulación por los materiales carbonatados de la cuenca se hace cada vez más concentrada y gana en su composición porciones cloruradas.

El cuarto grupo lo constituyen las aguas sulfatadas alcalino-térreas y están relacionadas con las formaciones yesíferas presentes en la cuenca y su composición es típica de ambientes evaporíticos.

De la serie de acuíferos descritos en el ámbito del Campo de Níjar, el único que entra en contacto con el mar es el acuífero de la zona de litoral El Alquián-Cabo de Gata, y cuyas concentraciones salinas en principio no parecen deberse a procesos de intrusión marina, por las observaciones realizadas en los distintos muestreos.

En relación con este acuífero, hay que destacar la considerable importancia -a escala local- de las salidas subterráneas hacia el mar (especialmente si se tiene en cuenta que son de cuantía comparable a la de explotación de bombeo), tanto en el área de El Alquián como, sobre todo, en la de El Cabo de Gata, induce a considerar como muy reducida la penetración tierras adentro de la cuña de agua de mar. Otro indicio de ello es también el hecho de que ni en los puntos de bombeo más próximos a la orilla parezca haberse producido problemas de intrusión, si bien este dato no es concluyente, ya que el fondo de tales puntos se encuentra pocos metros por debajo de la cota del nivel del mar.

Sin embargo, hay que señalar que la investigación hidrogeológica de la zona no ha cubierto de forma especializada un estudio de intrusión marina, lo que hubiera requerido de los adecuados sondeos piezométricos. En cualquier caso, el avance o retroceso de la citada cuña está descartado en tanto la explotación por bombeo se mantenga en su cuantía actual.

Por otro lado, si bien la muy mediocre calidad hidroquímica del acuífero hace poco probable que en un futuro previsible se produzca un apreciable aumento de la explotación, sólo mediante modelización y posterior simulación se podría llegar a determinar las características -localización, cuantía y calendario- del bombeo máximo compatible con el mantenimiento del régimen permanente, es decir, con la no modificación de la posición de la interfase agua dulce-agua salada respecto de su nueva y más avanzada que la actual posición. Por encima del indicado régimen de bombeo se produciría un avance contínuo de la interfase.

VI. PROPUESTA DE GESTION

La demanda actual de agua de la zona de Níjar-Carboneras, se estima en 34 hm^3/año, que se distribuye en 31 hm^3/a para el regadío de más de 6.000 ha y 3 hm^3/a para abastecimiento. Para el año 2000 se prevé una demanda de 36 hm^3/a.

La escorrentía total de la zona se estima entre 21 y 30 hm^3/a, sin que existan obras para la regulación de aguas superficiales ni actuales ni previstas. De estas aportaciones, 16 a 20 hm^3/a son recursos de aguas subterráneas. Si a estos recursos se les añaden los retornos de riego y se les descuenta el flujo que debe dejarse descargar al mar entre rambla Morales y Cabo de Gata para evitar la intrusión marina (1,4-2,1 hm^3/a), se alcanza una cifra de recursos subterráneos de 17 a 21 hm^3/a.

Respecto a las demandas actuales existe un déficit de recursos subterráneos de 13 a 17 hm^3/a, que aparte de ser causa de la baja garantía con la que se satisfacen ciertas demandas, es causa de la extracción de reservas de los acuíferos con la lógica consecuencia de un descenso continuado en los niveles piezométricos. Si se tiene en cuenta una extracción por bombeo de unos 29 hm^3/año, se puede estimar el consumo de reservas en 8-12 hm^3/a, que con más o menos intensidad se produce en todos los acuíferos de la unidad; en el más importante de ellos, del Campo de Níjar, el descenso medio con el actual nivel de extracción por bombeo se estima en 15-25 cm/año, frente a un espesor saturado de unos 30 m.

Sin aportación de recursos exteriores, sobre lo que no hay nada previsto, habrá que seguir con la actual extracción de reservas subterráneas no renovables para mantener el servicio a las actuales demandas. A este respecto, los acuíferos del Campo de Níjar y de El Hornillo, poseen un volumen apreciable de reservas, que con el actual ritmo de descenso de niveles, pueden explotarse durante unos años, aunque debe tenerse en cuenta que por motivos operativos y económicos sólo es posible utilizar una fracción de las reservas totales almacenadas. A fin de evitar riesgos de un agotamiento rápido, la explotación debe ser programada y controlada, marcándose objetivos de explotación y de descenso de niveles en plazos determinados.

Lo mismo puede decirse respecto a la zona del Cabo de Gata, aunque dado en este caso el riesgo de intrusión marina, se recomienda un estudio que precise los términos del balance hídrico, la situación de la intrusión, y defina las directrices de la explotación de las aguas subterráneas del sector.

En el caso de La Palmerosa, debería controlarse la sobreexplotación y reservarse los escasos recursos para el abastecimiento urbano, cuya demanda se prevé que casi se triplicará para el año 2000.

Para resolver el aumento de demanda futura, que se caracteriza básicamente por un aumento de la demanda de abastecimiento urbano e industrial en los municipios de Carboneras, Níjar y parcialmente de Almería, habrá que considerar la reutilización de sus aguas residuales una vez tratadas, para uso agrícola; en las épocas del año en que no se requiera regadío, deberá estudiarse la viabilidad de su almacenamiento en alguno de los acuíferos que haya experimentado descensos del nivel, mediante técnicas de recarga artificial.

VII BIBLIOGRAFIA

BAENA, J.; GOY, J.L. y ZAZO, C. (1981). El Tirreniense en el litoral de Almería. Excursión Mesa Redonda sobre el Tirreniense del litoral mediterráneo español. Libro-guía.

BOUSQUET, J.C.; DUMAS, B. y MONTENAT, C.L. (1975). Le décrochement de Palomares: Décrochement Quaternaire senestre du bassin de Vera (Cordilleres Bétiques Orientales. Espagne Cuad.Geol. 6 pp, 113-119.

CADET, J.P.; FOURNIGUET, J. y GIGOUT, M. (1978). Sur la neotectonique des litoreaux quaternaires entre Malaga et le Cabo de Gata (Andalousie-Espagne). Univ.Orleans, Orleans 45045 V.0000 pp 163-164.

DABRIO, C.S.; ESTEBAN, M. y MARTIN J.M. (1981). The coral relf of Nijar, Mesainian (uppermost Miocene). Almeria province SE Spain. Juor.Sed.Petrology. V.51 pp 521-539.

IGME-ENADIMSA.- Mapa geológico de España E:1/50.000 -1045 Almería, 1977.

IGME-ENADIMSA.- Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería). Memoria-Resumen.

IGME-ENADIMSA.- Calidad de las Aguas Subterráneas en las Cuencas del Sur de España, 1º y 2º. Informe. 1980-1982.

IGME-ENADIMSA.- Plan de Urgencia para Andalucía. Informe de la 1ª etapa del estudio sobre la Comarca Nijar-Carboneras para el abastecimiento de sus núcleos urbanos deficitarios (Almería), 1981-1982.

IGME-ENADIMSA.- Estudio Hidrogeológico de la Comarca del Campo de Nijar (Almería), 1982.

IGME-ENADIMSA.- Prospección Geotérmica en la Depresión de Almería, 1983.

IGME-ENADIMSA.- Hoja Hidrogeológica Almería-Garrucha E:1/200.000 (84-85), 1986.

IGME-ENADIMSA.- Síntesis Hidrogeológica de la provincia de Almería, 1987 (en prensa).

IGME-IBERGESA.- Mapa Geológico de España E:1/50.000, 1046 Carboneras, 1981.