



# IGME

1.058

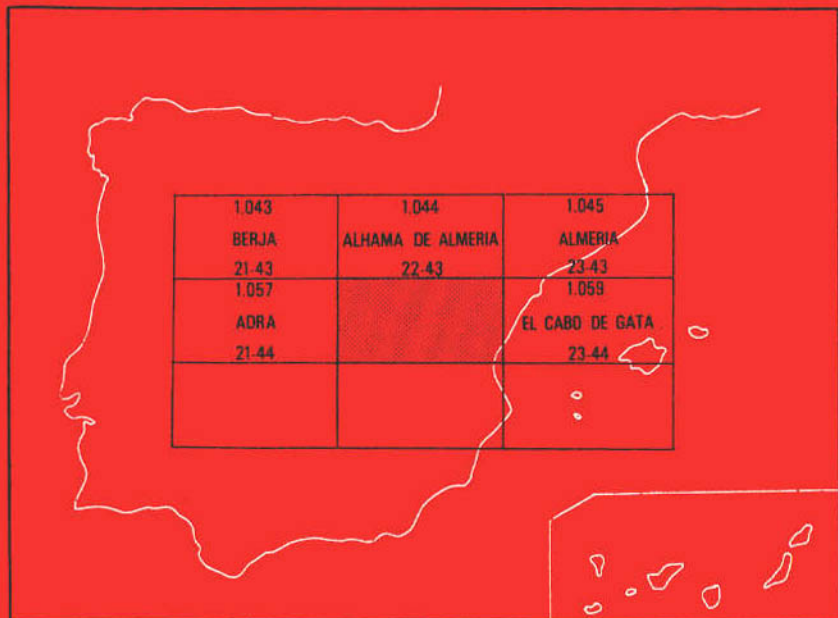
22-44

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1 : 50.000

# ROQUETAS DE MAR

Segunda serie-Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



17 JUL. 1984

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**E. 1:50.000**

# ROQUETAS DE MAR

**Segunda serie - Primera edición**

SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

La presente Hoja ha sido realizada por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, con normas, dirección y supervisión del I.G.M.E.

***Cartografía y memoria:***

José Baena Pérez: Lic. en Ciencias Geológicas (ha realizado el estudio y cartografía del Néogeno y Cuaternario).

Klaus Ewert: Lic. en Ciencias Geológicas (ha realizado el estudio y cartografía del Alpujárride).

***Micropaleontología:***

Enrico Perconig: Dr. en Ciencias Naturales.

Luis F. Granados Granados: Lic. en Ciencias Geológicas.

***Macropaleontología:***

Trinidad del Pan Arana: Dra. en Ciencias Naturales.

***Petrografía:***

Teresa Nodal Ramos: Lic. en Ciencias Geológicas.

***Sedimentología:***

M<sup>a</sup> Carmen Fernández-Luanco: Lic. en Ciencias Geológicas (rocas del Neógeno).

Klaus Ewert: Lic. en Ciencias Geológicas (calizas alpujárrides).

***Fotogeología:***

Emilio Moreno de Castro: Dr. Ingeniero de Minas.

José Baena Pérez: Lic. en Ciencias Geológicas.

***Dirección y Supervisión:***

P. Ruiz Reig: Lic. en Ciencias Geológicas. (I.G.M.E.).

**INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta, una documentación complementaria constituida por:

- Muestras y correspondientes preparaciones.
- Album fotográfico.
- Mapa de situación de muestras.
- Informes petrológicos.
- Análisis químicos.
- Fichas bibliográficas.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Depósito Legal: M-35.076-1.983

Tirada: Gráficas  Humanes (Madrid)

## INDICE

	Páginas
0. INTRODUCCION .....	5
1. ESTRATIGRAFIA .....	6
1.1. Alpujárrides .....	6
1.1.1. Unidades del Manto de Lújar .....	7
1.1.1.1. Filitas y cuarcitas (P-T <sub>A1</sub> ) .....	7
1.1.1.2. Serie calizodolomítica (T <sub>A2-3</sub> ) .....	8
1.1.1.2.1. Tramo inferior .....	8
1.1.1.2.2. Tramo medio .....	8
1.1.1.2.3. Tramo superior .....	9
1.1.2. Unidades del Manto de Murtas .....	10
1.1.2.1. Cuarcitas y filitas (P-T <sub>A1m</sub> ) .....	10
1.1.2.2. Serie carbonatada (T <sub>A2-3</sub> ) .....	11
1.2. Neógeno y Cuaternario .....	11
1.2.1. Mioceno superior (Tortonense-Andalucense) (T <sub>1<sup>Bc</sup></sub> ) .....	11
1.2.2. Plioceno inferior y medio (T <sub>12<sup>B1-2</sup></sub> ) .....	13
1.2.2.1. "Facies infralitoral" (T <sub>12<sup>B1-2</sup></sub> ) .....	14

	<u>Páginas</u>
1.2.2.2. "Facies profundas" (T <sub>12</sub> <sup>B1-2</sup> ) . . . . .	15
1.2.3. Cuaternario . . . . .	15
1.2.3.1. Pleistoceno marino . . . . .	15
1.2.3.1.1. Siciliense? (Q <sub>12</sub> T) . . . . .	16
1.2.3.1.2. Eotirreniense (Q <sub>13</sub> T) . . . . .	17
1.2.3.1.3. Eutirreniense (Q <sub>14</sub> T) . . . . .	17
1.2.3.1.4. Neotirreniense (Q <sub>15</sub> T) . . . . .	18
1.2.3.2. Pleistoceno continental . . . . .	19
1.2.3.2.1. Limos rojos (Q <sub>15-16</sub> ) . . . . .	19
1.2.3.3. Conos de deyección (Qcd) . . . . .	19
1.2.3.4. Otros depósitos cuaternarios . . . . .	20
<b>2. TECTONICA . . . . .</b>	<b>21</b>
2.1. Tectónica alpina o pre-alpina . . . . .	21
2.2. Neotectónica . . . . .	21
<b>3. HISTORIA GEOLOGICA . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>4. PETROGRAFIA . . . . .</b>	<b>27</b>
4.1. El metamorfismo. . . . .	27
4.2. Rocas volcánicas . . . . .	27
<b>5. GEOLOGIA ECONOMICA . . . . .</b>	<b>28</b>
5.1. Minería y canteras . . . . .	28
5.1.1. Minería . . . . .	28
5.1.2. Canteras . . . . .	29
5.2. Hidrogeología. . . . .	29
<b>6. BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>31</b>

## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Roquetas de Mar (22-44), se encuentra enclavada dentro del dominio bético, y más concretamente dentro de su zona interna (Zona Bética).

En la parte oriental de la zona bética, EGELER & SIMON (1.969) distinguen cuatro complejos o subzonas tectónicas, que de abajo a arriba serían: Nevado-Filábride, Ballabona-Cucharón, Alpujárride y Maláguide.

En esta Hoja afloran solamente rocas pertenecientes al Alpujárride, distribuidas dentro de dos mantos de corrimiento. Igualmente afloran materiales terciarios y cuaternarios no afectados por la tectónica de corrimientos, pero sí por una neotectónica muy acusada, y superpuesta a la propiamente bética. En escasos puntos afloran rocas volcánicas terciarias.

Morfológicamente está constituida por una gran extensión, suavemente ondulada, rodeada al Sur y al Este por el mar, y hacia el Norte por los escarpes montañosos del borde meridional de la Sierra de Gádor.

Esta gran llanura ha sido en su origen una gran plataforma de abrasión marina durante el Cuaternario muy antiguo, moldeada posteriormente por sucesivas transgresiones y regresiones cuaternarias, por numerosas fracturas recientes, y cubiertas en parte por grandes abanicos aluviales procedentes de la Sierra de Gádor en un régimen de lluvias torrenciales.

En lo relativo a los estudios geológicos que de esta zona se han realizado anteriormente, cabe destacar, la tesis doctoral de J.P. JACQUIN (1.970) que cubre la Sierra de Gádor. Distingue dentro de la zona alpujárride de esta Hoja, dos mantos de corrimiento, a los que denomina, Manto de Félix, al superior y Manto de Gádor al inferior. Igualmente describe el Terciario calcarenítico y conglomerático que se apoya sobre las dolomías y filitas del borde meridional de la Sierra de Gádor, al que le asigna una edad Tortonien-se.

También en lo relativo a la Sierra de Gádor, han realizado estudios M. OROZCO (1.972) y K. SCHWERD (1.974). El tema de la minería de la Sierra de Gádor, ha sido tratado por GONZALO y TARIN (1.882), JACQUIN (1.970), así como por personal de la compañía Nacional Adaro de Investigaciones Mineras (SIERRA, ORTIZ y BURKHALTER, J. (1.967) y del IGME (QUESADA y ESPEJO (1.968)).

En cuanto al Terciario y Cuaternario de los llanos del Campo de Dalías, solamente existen algunos trabajos muy específicos de MENDEZ-CECILIA, M.A. (1.971) y OVEJERO, G. y ZAZO, C. (1.969, 1.971) y otro algo más amplio en la zona occidental de FOURNIGUET, J. (1.975). Dada la enorme importancia de las aguas subterráneas en esta región, se han realizado amplios trabajos de investigación hidrogeológica por la Empresa Nacional Adaro por encargo del IGME, y en colaboración con IRYDA. Tanto los sondeos mecánicos, como la geofísica, nos han suministrado datos de gran interés para la correcta interpretación de la geología de esta comarca.

## 1. ESTRATIGRAFIA

### 1.1. ALPUJARRIDES

Antes de empezar la descripción de las varias formaciones es necesario explicar un poco la situación en general y las dificultades que se encuentran en las investigaciones de los mantos alpujárrides.

Esta Hoja está situada en la vertiente Sur de la Sierra de Gádor, un macizo carbonatado que ha sido investigado por varios autores: JACQUIN (1.970), OROZCO (1.972), SCHWERD (1.974) y VOERMANS (1.976). Pero no obstante es obvio que quedan muchos problemas sin resolver todavía.

El área está caracterizada por la superposición de dos mantos de corrimiento. Son el Manto de Lújar y el Manto de Murtas.

JACQUIN (1.970) denominó el Manto de Lújar "Manto de Gádor" (véase 1.1.1.) y lo interpretó como una unidad tectónicamente superior al Manto de Lújar.

El Manto de Murtas lleva el nombre "Manto de Félix" en la tesis de JACQUIN (1.970), pero el autor quiere evitar este nombre porque investigaciones realizadas en el año 1.976 entre F. ALDAYA y el autor han demostrado que el Manto de Félix (JACQUIN, 1.970) es comparable con el Manto de Murtas (ALDAYA, 1.969). La correlación de ambos mantos está en curso de realización entre F. ALDAYA y el autor.

Aparte de la tectónica de corrimiento y cizallamiento existe un plegamiento que formó pliegues bastante cerrados y con flancos invertidos.

Una de estas estructuras existe en la zona de la "Loma del Cura" en la parte occidental de la Hoja. Es una estructura importante pero aún desconocida, que carece de una investigación profunda.

### 1.1.1. Unidades del Manto de Lújar

La correlación del Manto de Gádor (JACQUIN, 1.970) con el Manto de Lújar requiere una justificación. Las siguientes razones manifiestan que el Manto de Gádor (JACQUIN, 1.970) no existe en su definición como unidad tectónica superior al Manto de Lújar:

a) Estudios estratigráficos y sedimentológicos efectuados durante los últimos tres años han demostrado que no existe ninguna diferencia entre el Manto de Gádor (JACQUIN, 1.970) y el Manto de Lújar respecto al desarrollo de la serie triásica.

b) Ambos mantos (Lújar y Gádor) contienen las mismas mineralizaciones en los mismos niveles estratigráficos.

c) Ambos mantos ocupan la misma posición tectónica dentro del complejo alpujárride.

d) La falta de metamorfismo es característica tanto para el Manto de Gádor como para el Manto de Lújar.

Todas estas razones resultan del conocimiento regional de la zona entre Motril y Almería.

#### 1.1.1.1. *Filitas y cuarcitas* (P-T<sub>A1</sub>)

La formación permotriásica del Manto de Lújar está muy poco representada en el ámbito de esta Hoja.

Es una formación bastante homogénea de filitas con intercalaciones cuarcíticas poco recrystalizadas de tonalidades azuladas y moradas.



Los minerales son: Cuarzo, Moscovita, Clorita, Oxidos de hierro y Calcita.

#### 1.1.1.2. Serie calizodolomítica (TA<sub>2-3</sub>)

Se trata de una formación calizo-dolomítica en la que se pueden distinguir aquí tres tramos, que son:

##### 1.1.1.2.1. Tramo inferior

Se compone de calcoesquistos con sericita y calizas margosas con algunas intercalaciones dolomíticas. Predominan colores amarillentos y parduzcos.

Se supone una edad ANISIENSE según dataciones existentes del tramo medio (1.1.1.2.2.) que dieron LADINIENSE SUP. Además están todos los investigadores de acuerdo respecto a una edad PERMOWERFENIENSE de las filitas y cuarcitas e incluso existe una datación de las mismas (Simón, com. pers.). Así resulta que tenemos una datación de la formación basal y una del tramo medio "PERMOWERFENIENSE y LADINIENSE". Por eso supongo una edad ANISIENSE para el tramo inferior, que está entre los dos tramos datados.

##### 1.1.1.2.2. Tramo medio

Está compuesto preferentemente por dolomías con algunas intercalaciones de calizas.

Se data este tramo como LADINIENSE, porque una muestra de la parte alta de este tramo dió los siguientes fósiles:

- Ostrácodos: *Mostlerella blumenthali*  
*Reubenella fraterna*  
*Kerocythere hirschi n.sp.*
- Conodontos: *Tardagondolella mungoensis mungoensis*  
*Pseudofurnishius murcianus*

Los conodontos indican una edad LONGOBARDIENSE SUP., pero los ostrácodos sin embargo ya indican una edad CORDEVOLIENSE INF. La muestra ha sido tomada en el tramo medio todavía, pero casi ya en el límite del tramo medio con el tramo superior. Así pues se puede decir, que este límite coincide con el límite entre el LADINIENSE y el CARNIENSE.

La parte inferior de esta formación está constituida por secuencias dolomíticas de coloración gris clara en alternancia con dolomías más oscuras. Las partes claras representan un grano más fino (micrítas) que las partes oscuras (esparitas). Algunas intercalaciones calcáreas y margosas interrumpen las secuencias dolomíticas.

Estas dolomías muestran con frecuencia estructuras laminadas atribuidas a la actividad biológica de algas verdeazuladas, estratificaciones gradadas, huellas de bioturbación, ondulitas, turboglifos poco desarrollados e icnofósiles ("Rambla de la Maleza").

La parte superior es más oscura y se compone de "doloespáticas" grises y negruzcas de grano medio a grueso con abundantes estructuras "franciscana". La "franciscana" presenta una alternancia de bandas "doloespáticas" blancas con "doloespática" gris y negra.

Según las observaciones tanto en el afloramiento como en láminas delgadas se puede imaginar la génesis de esta estructura como sigue:

El sedimento original tenía inhomogeneidades en forma de estructuras laminadas ("algal structure").

En el curso de la diagénesis, durante la compactación y dolomitización del sedimento, tuvieron lugar los procesos de recristalización de dolomía y de crecimiento de "doloespática" blanca, procesos que se localizaron en la parte superior de las láminas orgánicas. El resto de la roca sólo sufrió una recristalización y actualmente aparece como "doloespática" gris o negruzca. Resulta así una estructura geopetal cíclica que empieza en cada ciclo, en el muro, con "doloespática" gris: encima una banda de "doloespática" negra y termina en el ciclo con la "doloespática" blanca.

La "doloespática" es el resultado de una cristalización centrípeta simétrica. El desarrollo de la espática se efectuó simétricamente hacia el centro de las bandas blancas.

La parte superior de la formación TA 22 contiene algunas mineralizaciones de galena. La facies mineralizada es algo más calcárea que la facies normal. Son calizas y margocalizas que se intercalan en la parte superior de la formación TA 22 y que ya indican el cambio de facies hacia la formación TA 31.

### 1.1.1.2.3. Tramo superior

Es el más inhomogéneo del Manto de Lújar. Es una formación predominantemente calcárea pero existen en la parte inferior varios niveles dolomíticos, lenticulares y fusiformes que alcanzan potencias considerables.

En el ámbito de esta Hoja aún no existe ninguna datación del tramo superior. Pero dataciones hechas en el mismo tramo en otras áreas ha podido poner de manifiesto una edad CARNIENSE (EWERT, K., KOZUR, H. & SIMON, O. en prep.).

La parte inferior está caracterizada por margocalizas tableadas amarillentas y por calizas grises en bancos gruesos. Existen horizontes con *Trebrátulas*, *Lamelibranchios* y restos de fósiles indeterminables.

Las intercalaciones dolomíticas que pueden tener potencias de más de 50 m., muestran una facies que recuerda a la facies de la parte superior del tramo medio. Son "dolomicritas" gris claras y -sobre todo- "doloespatitas gris" oscuras o negruzcas con estructuras laminadas, estratificación gradada y con estructuras "franciscana".

La parte media de la formación es más pura y presenta secuencias puramente calcáreas. Son calizas grises que contienen restos de fósiles indeterminables, *Lamelibranchios*, *Gasterópodos* y algas calcáreas. Además existen numerosas intercalaciones de margocalizas y de margas de color amarillento a rojizo. En la parte basal de este tramo hay de vez en cuando pliegues de "slumping" y brechificaciones de origen sedimentario. También hay intercalaciones esporádicas de filitas, que alcanzan en la zona de "Los Bartolos" potencias considerables.

La parte superior no está apenas representada en el ámbito de esta Hoja.

Algunos de estos niveles calcáreos de Sierra de Gádor han dado macrofauna con : *Mussidiodoptera* cf. *tounmasii* SACHIVIALLI-VAI, *Myophoria* cf. *goldfossi* ALBERTI, *Mytilus* cf. *compressiosculus* STOPPANI, *Omphaloptycha gregaria* SCHLOTHEIM, *Peronidella* cf. *sucaespitosa* (MUNSTER), *Myssidiodoptera* cf. *cainalfei* (STOPPANI), *Myssidiodoptera* cf. *klipsteiniana* BITTNER, *Climacodichnus* cf. *corrugatos* HITCHCOCK, *Sestrostomella robusta* ZITTEL etc., que nos informa también sobre la edad Triásico medio-superior de esta formación.

### 1.1.2. Unidades del Manto de Murtas

#### 1.1.2.1. *Cuarcitas y filitas* (P-T<sub>A1</sub>m)

La formación P-TA1 se compone mayormente de filitas, esquistos arcillosos y cuarcitas de tonalidades rojizas, moradas y a veces verduzcas.

Existen algunas intercalaciones delgadas de calcoesquistos con sericita de color amarillento, pero no son abundantes.

Esta formación muestra los siguientes minerales: Cuarzo, Mica blanca, Clorita, Paragonita, Calcita, Albita y óxidos de hierro.

### 1.1.2.2. *Serie carbonatada* (T<sub>A2-3</sub>)

La serie calizodolomítica del Manto de Murtas tiene muy poca potencia en el área de esta Hoja. Son unos 60-100 m., de dolomías y calizas bastante recristalizadas y en la mayoría de los casos profundamente trituradas. Su color varía entre gris y parduzco-colorado.

En el estado actual de las investigaciones poco se puede decir sobre la edad exacta de esta caliza. La microfauna, y la semejanza litológica de esta serie calizodolomítica con las series calizodolomíticas de otros mantos alpujárrides -en particular el Manto de Lújar- aunque pobre (Ostrácodos, Conodontos y Holoturoideos), parece apuntar a una edad Triásico medio y superior.

El contacto con las filitas suele ser mecánico en casi todos los casos, y fuertemente tectonizado, marcándose la diferente competencia de ambos conjuntos.

## 1.2. NEOGENO Y CUATERNARIO

Desde el Triásico (edad de las calizas y dolomías de los mantos Alpujárrides) hasta el Mioceno, no se ha depositado ningún tipo de material en esta región o al menos no existen pruebas de lo contrario.

### 1.2.1. **Mioceno superior (Tortonense-Andalucense) T<sub>1</sub><sup>Bc</sup>**

El Mioceno superior, en general, aparece encima de las dolomías, calizas y filitas de la Sierra de Gádor, sobre todo en su borde meridional, cerca o en el contacto con los grandes conos aluviales cuaternarios. En pocos puntos, aparece sobre conglomerados o rocas volcánicas (S. de Vicar, y un poco más al Este).

Al Sur de Vicar la serie reconocida, de abajo a arriba es la siguiente:

En la base aglomerado volcánico, constituido casi exclusivamente por andesitas ortopiroxénicas, encima del cual encontramos:

- 10 m., de conglomerados, cuyo cemento es una toba calcáreo-biogénica con fenoclastos de andesita, plagioclasas y ortopiroxéno en mal estado, así como minerales de arcilla, abundante calcita y numerosos restos fósiles. Entre la macrofauna se encuentran Ostreas y Pectínidos.

Los clastos, son casi exclusivamente volcánicos, de andesitas ortopiroxénicas.

- 8 m., de un conglomerado en que existen clastos de andesita ortopiroxénica, así como de dolomías alpujárrides. Su matriz es calcárea, con muchos restos de *Ostreas*, cuarzo, OFe etc.
- 5 m., de un conglomerado constituido casi exclusivamente por clastos de calizas y dolomías alpujárrides. Los cantos son angulosos y de 1 cm., aproximadamente. Su matriz es calcarenítica, y se encuentra entre la macrofauna *Ostrea* cf. *digitalina* BUBOIS.
- 5 m., de una caliza de tonos rosados, con algunos cantos de dolomías. Se trata de una "Biomicrocrita" o quizá "calclitita" con matriz carbonatada. Está formada por abundantes restos orgánicos, con matriz carbonatada, recristalizada parcialmente. Cuarzo poco abundante. El levigado, de las zonas más blandas de una microfauna con: *Globorotalia incompta*, *Globorotalia pseudobesa*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina apertura*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides tribolus*, *Cassidulina laevigata*, *Cibicides pseudoangerianus*, *Elphidium crispum* etc.
- 25 m., de caliza amarilla, con algunos cantos alpujárrides. Se trata de una "Biodolomicrocrita" con arena y limo. En ella se han reconocido, en levigados de la parte más blanda, la siguiente microfauna: *Globigerinoides* cf. *quadrilobatus*, *Globigerinoides tribolus*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia gavalae*, *Globigerina diplostoma*, *Globigerina bulloides*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Elphidium crispum*, *Cibicidoides pseudoungeriana*, *Cibicides*, Briozoos, etc., así como una macrofauna con: *Chlamys* cf. *opercularis* LINNE, *Chlamys* cf. *radians* (?) NYST, *Chlamys* cf. *scabrella* LAMARCK *Ostrea* (*Ostreda*) *forskali* CHEMNITZ.
- 29 m., de calizas rosadas y amarillentas. Se trata de "Biomicrocritas lavadas, con esparita y arenas". Está formada por restos orgánicos muy abundantes que en parte han sido barridos por agente energético del medio de depósito: El levigado ha proporcionado la siguiente microfauna: *Globigerina bulloides*, *Globigerina diplostoma*, *Globigerina apertura*, *Globigerina* cf. *aggeri*, *Globorotalia gavatae pseudobesa*, *Orbulina universa*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Oridorsalis umbonatus*, *Sphaeroidina bulloides*, *Elphidium crispum*, Briozoos, etc.
- 18 m., de caliza rosada arenosa. Se trata de "Biomicrocrita con arena", a veces con la microcrita recristalizada. Es una roca con abundantes restos orgánicos y escasos terrígenos, entre ellas cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas muy heterométricas y mal redondeadas. El levigado proporciona una microfauna con: *Globorotalia* cf. *mayeri*, *Globorotalia ventriosa*, *Globorotalia incompta*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia gavalae*, *Globorotalia pseudobesa*, *Globorotalia dutertrei*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina foliata*, *Globigerina aper-*

*tura, Globigerinoides bolli, Planulina arimenensis, Oridorsalis orubonatus, Elphidium, Briozoos, etc.*

Los Foraminíferos planctónicos y en parte los bentónicos, nos indican (PERCONIG, 1.976) una edad Tortoniense para el conjunto de tramos descritos hasta ahora.

A partir de ahora aparecen especies típicas del Andaluciense (PERCONIG, 1.976), como *Globigerinoides obliquus extremus, Globigerina quadrilobata* y *Globorotalia margaritae*.

- 15 m., de caliza amarillenta. Son "Biomicrocritas con arena y grava", contienen una microfauna de edad Andaluciense.
- 7 m., de calizas, a veces muy fosilíferas. Son "micritas con fósiles y arena", las terrígenas contienen cuarzo, fracción de roca, mica de tipo sericita, granos heterométricos y con bajo grado de redondeamiento.

Aporte de una microfauna claramente del Andaluciense se presenta macrofauna con: *Pecten aduncus* EICHWALD, *Pecten jacobaeus* LINNE, *Ostrae cf. digitalina* DABOIS, *Schizechinus duciei* (WRIGHT).

En donde esta serie se apoya sobre el alpujárride suele comenzar por una pudinga o caliza con elementos alpujárrides.

Más al Oeste, casi toda la serie, que tiene de 60 a 70 m., de potencia suele estar representada por "Biodolomicrocritas" o biomicrocritas con cantos dolomíticos, en los que aparece una microfauna perteneciente siempre al Tortoniense (PERCONIG, 1.976). Parece ser, por tanto que el Andaluciense, hacia esta parte no se depositó, o al menos no aparece datado ( $T_{11}^{Bc}$ ).

Hemos de referirnos aquí, que en los sondeos de investigación hidrogeológicos SO-2231 (x = 681.620, y = 238.000) y SO-2335 (x = 675.550, y = 237.700) realizados en el Campo de Dalías se encuentran a unos 550 a 600 metros de profundidad y debajo del Plioceno al que después nos referiremos margas, yesos y conglomerados que contienen una microfauna del Andaluciense, o del Tortoniense-Andaluciense. Parece pues que estas calizas depositadas en la Sierra pasan hacia el Sur a margas con yesos y conglomerados.

### 1.2.2. Plioceno inferior y medio ( $T_{12}^{B1-2}$ )

Con posterioridad al hundimiento o elevación por fallas de gran parte de las dolomías, como ya veremos en el capítulo correspondiente, se produce una invasión rápida del mar plioceno, cuya costa se debió situar muy cerca de lo que hoy es la base de los escarpes montañosos de Sierra de Gádor, y que está cubierta por las zonas de deyección y derrubios cuaternarios.

En la base, y según los sondeos, parece depositarse un conglomerado poco potente, que debió adquirir desarrollo en la costa más estable, cerca de las dolomías. Este conglomerado no llega a aflorar en la Hoja.

Encima del conglomerado se depósita, según la zona, una reducida o potente (hasta más de 700 m.) formación margosa, correspondiente a una deposición en un mar relativamente profundo. Estas margas, aunque han sido cortadas en numerosísimos sondeos de la región, afloran únicamente entre el Cortijo de Los Indianos, Matagorda y Guardias Viejas.

Como fruto de la regresión van apareciendo encima de estas margas unas margas arenosas y arenas semi-profundas y culminan la serie unas calcarenitas, que llegan a alcanzar potencias de más de 100 m., y que son las que constituyen actualmente la gran superficie con vergencia general hacia el NE, que se sitúa al Sur de la carretera general.

#### 1.2.2.1. "Facies infralitoral" (T<sub>12</sub><sup>B1-2</sup><sub>c</sub>)

Las calcarenitas, suelen ser "calclititas" con cemento carbonatado o "litarrenitas" con cemento carbonatado. Como accesorios presentan micas negras y blancas y óxidos de hierro. Están formadas por micrita con fragmentos de rocas carbonatadas y metamórficas, con cuarzo, etc. El tamaño de los detritus varía, de arena media a grava.

Contienen una microfauna con *Elphidium crispum*, *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus*, *Melobesias*, Lamelibranquios, Briozoos *Valvulínidos*, Miliólidos, etc.

Contienen numerosa macrofauna entre la que hemos encontrado:

*Pecten aduncus* FICHWALD

*Flabellipecten* cf. *bosniaskiicuasticillata* SACCO

*Chlamys scabrella* LAMARCK

*Ostrea Lamellosa* BROCCCHI

*Ostrea Lamellosa borlayei* DASHAYIS

*Ostrea (pyncnodonta) af. cohlear* POLI

*Ostrea* cf. *digitalina* DUBOIS

*Ostrea* cf. *edulis* LINNE

*Pecten jacobaeus* LINNE

*Chlamys angelonii* (MENEHINI)

*Chlamys opercularis* (LINNE)

*Chlamys opercularis* var. *andonini* PAYR

*Chlamys varia* LINNE

*Anomia ehippium* LINNE, v. *helvetica mayer* in SACCO, etc., que nos definen el Plioceno.

### 1.2.2.2. "Facies profundas" (T<sub>12</sub><sup>B1-2</sup>)

Las margas arenosas o arenas margosas, que en esta Hoja apenas afloran, han sido cortadas por el sondeo SO-2231, y contienen una microfauna bentónica muy semejante a la descrita para las calcarenitas, pero con algunos ejemplares de fauna planctónica, tales como *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides conglobatus-subquadratus*, etc. La presencia en algunos puntos (PERCONIG, 1.976) de *Globorotalia puncticulata*, permite datar esta zona como parte baja del Plioceno medio, o alta del inferior.

Las margas, que como hemos dicho afloran solamente a la altura del Cortijo de Los Indianos, al Sur de la Hoja, son riquísimas en microfauna. En ellos se encuentran: *Globorotalia crassaformis*, *Gt. puncticulata*, *Gt. hirsuta aemiliana*, *Globigerinoides elongatus*, *Gl. ruber*, *Gl. trilobus*, *Gl. obliquus*, y muchísimas más, que nos indican también la parte alta del Plioceno inferior y la baja del Plioceno medio. Parece ser que en el estudio de las muestras de los sondeos SO-2231 y SO-2334 se detecta la parte basal de este Plioceno.

### 1.2.3. Cuaternario

Los depósitos cuaternarios son muy numerosos en esta Hoja, tanto los de origen continental, como los de origen marino. Sus particulares características de depósito condicionaron en su mayor parte la morfología actual de la zona.

#### 1.2.3.1. Pleistoceno marino

Estos depósitos han sido investigados en la parte occidental de la Hoja, por G. OVEJERO y C. ZAZO (1.971), y sobre todo por FOURNIGUET (1.975). Este último distingue cuatro episodios que coinciden a grandes rasgos con los reconocidos por nosotros en el resto de la Hoja.

El problema que presentan estos episodios es el de su datación, dado que son muy escasos los fósiles que caracterizan estos episodios. Un mayor problema suele presentar la correlación en el espacio de cada episodio. Esto es fácilmente explicable, si tenemos en cuenta que en su mayor parte estos episodios se correlacionan por tener su escarpe a la misma cota, y la altura de sus depósitos ser sensiblemente la misma. Pero aquí ha existido una neotectónica posterior a estos depósitos bastante acusada, hundiendo unas zonas con respecto a otras, siendo a veces muy difícil su correlación, hasta tal punto que algunos de estos episodios puede parcialmente estar actualmente bajo el nivel del mar, como ha podido reconocerse en el estudio de la Plataforma marina.



### 1.2.3.1.1. Siciliense ? (Q<sub>12</sub>T)

No existen datos paleontológicos que nos confirmen la datación. Le atribuimos esta edad por tratarse del tercer episodio claramente individualizado por encima del Neotirreniense, con *Strombus bubonius*. Además ha sido citado este episodio en varias zonas de las costas españolas del S y SE.

Litológicamente todos los episodios presentan gran semejanza, y por lo que se refiere a este carácter es prácticamente imposible su distinción. Todos obedecen a un ciclo de transgresión-regresión muy rápido. Sobre las calcarenitas pliocenas que hemos descrito se ha labrado la plataforma de abrasión que soporta estos depósitos marinos. Aunque en muchos casos están erosionados total, o parcialmente (facilitada esta erosión por el cambio morfológico debido a la neotectónica), allí donde se muestra el episodio completo, está formado por (de abajo a arriba):

- Discordante sobre las calcarenitas, un conglomerado marino con cantos rodados y bolas de cuarzo, con un cemento endurecido. La potencia de este nivel suele ser de 50-60 cm.

- A continuación de 1,20 m., a 1,50 m., de una serie arenosa o margoarenosa son "litarenitas (filarenitas)" con cemento carbonatado. La proporción de terrígenos es elevada, y está constituida por fragmentos de rocas metamórficas, acompañados de cuarzo, y de escasos fragmentos de rocas carbonatada, con algo de granate, óxidos de Fe y micas. Los terrígenos, están mal calibrados, oscilando su tamaño entre arena media y grava fina, gneis redondeados, con índices de 0,5 y 0,7. A veces, y localmente, presenta restos fósiles resedimentados del Plioceno subyacente.

- Continúa un conglomerado, casi idéntico al primero, cuya potencia no excede, por lo general, de 1 metro.

- Siguen unas arenas al principio finas y después más groseras con carácter continental.

- Una costra de exhudación tapa todo lo anterior.

Se conoce muy mal la posición del pie de escarpe de este episodio, en gran parte por estar recubierto por los conos de deyección.

Este episodio se extiende por toda la parte meridional, ocupando gran parte del Campo de Dalías, y los Llanos altos de La Mojonera. Su altura sobre el nivel del mar es variable, debido a la neotectónica, así mientras en la zona occidental, llega a ser de 100 m., en la oriental (cerca de Roquetas) está entre los 40 y 50 m.

A veces se nota su presencia por la existencia de cantos sueltos sobre el suelo, procedentes de la desintegración de los conglomerados. Estos cantos

han sufrido un proceso de rubefacción intenso, que le da un tinte rojo. Es el episodio cuaternario más alto.

#### 1.2.3.1.2. Eotirreniense (Q<sub>13</sub>T)

Corresponde al segundo episodio cuaternario marino por encima del Neotirreniense con *Strombus bubonius*. La fauna encontrada es pobre, y no permite su datación, que la hemos realizado por su situación relativa.

Se encuentra bien representado en la aldea de Matagorda, que domina la Bahía de Guardias Viejas, en San Agustín y en la parte alta del pueblo de Roquetas.

En Matagorda, en el escarpe, el corte que se observa, descrito por FOURNIGUET (1.975) es el siguiente:

— En la base 80 cm., a 1 m., de conglomerados con gruesos cantos bien rodados (dolomías, micasquistos, cuarzo, etc.) envueltos en una matriz arenosa, grosera, de la misma naturaleza petrográfica que los cantos. El aspecto es endurecido y groseramente estratificado. El cemento calcáreo intersticial es poco abundante.

— Nivel de gravas homométricas de 80 cm., con algunos cantos bien redondeados, dispersos. El cemento es calcáreo.

— Horizonte único con cantos bien rodados, y de buen tamaño.

— Paso progresivo a una duna arenosa con granos bien calibrados, con potencia de 2 a 3 m. Se nota una corrosión por la acción eólica.

— Nivel poco potente, detrítico, de elementos angulosos típicamente continental.

— Todo cubierto por una costra calcárea, que no permite fijar bien el pie de escarpe.

La altura de este episodio, también es variable por las razones ya citadas anteriormente. En la parte occidental es de 65-50 m. En la zona central de unos 30 m., y en la zona oriental de 30 a 40 m.

#### 1.2.3.1.3. Eutirreniense (Q<sub>14</sub>T)

La datación de este episodio, se ha realizado también por su posición, o sea por el ser el primer episodio por encima del que posee *Strombus bubonis* LAMARCK, por lo que es probable, pero no segura.

Litológicamente es casi semejante a los otros episodios, o sea, conglomerados con cantos de todos los tamaños bien redondeados y bolas de cuarzo, en un cemento arenoso.

En la zona occidental está representado en la punta de Perros, rodeando al Morrón de Guardias Viejas, que precisamente está constituido por el episodio anterior. Existe aquí una zona donde este episodio se apoya sobre dolomías alpujárrides, en las que se ha hallado un pitón de dolomías negras, correspondiente a un "paleoescollo" en el mar correspondiente a este episodio. Más al E también parece estar representado en bandas paralelas o casi paralelas a los episodios anteriores. Sobre él se encuentra parte del pueblo de Roquetas.

Su altura es variable, desde 40 m., al W hasta 10-20 m., hacia el E.

#### 1.2.3.1.4. Neotirreniense (Q<sub>15</sub>T)

Este episodio es el más reciente, el mejor datado, y está representado prácticamente en toda la costa, aunque en muchas zonas quede recubierto por arenas o dunas más recientes, que a veces rompe en el escarpe que domina la base plana costera.

La litología es una repetición de las citadas en episodios anteriores, o sea, conglomerados y bolos de cuarzo en una matriz arenosa, y cubierta por una costra calcárea. Suelen abundar los cantos sueltos amarillo-rojizos. En gran parte están recubiertos estos depósitos por los más recientes. Se ha expresado cartográficamente cuando la aparición de estos depósitos modernos no altera la morfología característica de esta terraza.

FOURNIGUET (1.975) cita en este episodio en la Bahía de Guardias Viejas *Strombus bubonius* LAMARCK y *Trunculaviopsis trunculus*. Igualmente citan la presencia de *Strombus bubonius* OVEJERO y C. ZAZO (1.969) un poco más al W. Al parecer, y según los especialistas, el *Strombus bubonius* en el mar de Alborán, define esta edad.

Nosotros bastante más al E, inmediatamente al N de la Urbanización Roquetas de Mar, y en "La Marina" hemos encontrado además de *Strombus bubonius* LAMARCK, una macrofauna poco característica con:

- Glycymeris cor* (LAMARCK)
- Cardita (cardita) cf. antiquata pectinata* (BROCCHI)
- Cardium (Cerostoderma) edula umbunatum* WOOD
- Donax (paradonax) transversus* DESHAYES
- Venus (chamelaea) gallina* LINNE
- Cerithium (thericium) vulgatum* (BRUGUIERE)
- Cardium (Ringicardium) trians* BROCCHI
- Axinactis (Glycymerella) sp.*, etc.

Su altura sobre el nivel del mar actual es también variable, y oscila entre los 5 y 15 metros.

### 1.2.3.2. *Pleistoceno continental*

#### 1.2.3.2.1. Limos rojos (Q<sub>15-16</sub>)

Se trata aquí de unos depósitos continentales que parecen ser posteriores al último episodio marino, al menos en su actual posición, pero que no deja de ser una formación constituida en gran parte por materiales barridos de las anteriores.

Son limos rosas o rojos, muy finos, arcillosos, con poca fracción detrítica y con cuarzos redondeados que se localizan suavizando los ecarpes y en su mayor parte rellenando todas las depresiones topográficas, tanto de carácter más o menos cárstico, como de origen tectónico.

En ellos se encuentran en abundancia ejemplares de *Helix* sp.

Son, desde el punto de vista agrícola, los materiales más ventajosos por sus características litológicas, y es por ello que además de ser los más cultivados, se extraen de algunas depresiones para mejorar los suelos de otras zonas.

Su origen es incierto, pero parece indicar un transporte eólico (apoyado por el redondeamiento de los cuarzos), de los materiales sacados de las formaciones anteriores arcillas de descalcificación de las costras calcáreas y arenas limosas continentales que aparecen a veces encima de los depósitos marinos de las terrazas, y que fueron depositados durante las regresiones correspondientes.

#### 1.2.3.3. *Conos de deyección (Qcd)*

De Oeste a Este de la Hoja, al pie de la Sierra de Gádor, adquieren un gran desarrollo los abanicos aluviales o conos de deyección.

La edad de estos aluviones es muy difícil de precisar. En realidad, debe tratarse de una serie depositada en el curso del Cuaternario. Son esencialmente post-sicilienses y parece que su depósito continúa actualmente.

Estos conos de deyección se han construido en climas torrenciales y allí donde el torrente desemboca en la extensa llanura costera. La corriente de los torrentes pierde velocidad al llegar al llano, y al ser incapaz de transportar los materiales, los deposita. La colmatación de los cauces aumenta la pendiente y hace que los depósitos se extiendan más abajo. Cuando el cauce se colmata, el torrente domina regiones adyacentes, y a la menor crecida deja su lecho para ocupar otro con una posición inferior (esto se ha marcado en el mapa con desniveles dentro del mismo cono), y así sucesivamente hasta constituir el abanico.

La pendiente suele pasar del 5 ‰.

Se observa como algunos de estos conos bien encostrados, suelen estar afectados por fallas, y posteriormente rodeados por otros más recientes que fosilizan estas estructuras.

Recubren y enmascaran todos los depósitos anteriores haciendo imposible el reconocimiento de la costa pliocena y siciliense. Llegan a alcanzar potencias de 150 m., según se ha podido reconocer en los sondeos mecánicos.

Los materiales que los constituyen son muy detríticos, con gruesos bloques sin clasificar ni estratificar, dentro de una matriz arenoso-arcillosa. La zona alta está encostrada, más en aquellos más antiguos.

Creemos que constituyen con respecto a su desarrollo y morfología característica uno de los ejemplos más espectaculares y bonitos de la parte meridional de la Península, y así se puede comprobar, tanto en el campo como en la fotografía aérea.

#### 1.2.3.4. *Otros depósitos cuaternarios*

Se han distinguido en la cartografía varios depósitos, generalmente arenosos, entre los que se encuentran:

*Salinas, lagunas, marismas, etc.* (QM). Se trata de depósitos limosos y fangosos que ocupan las zonas bajas generalmente explotados como salinas.

*Dunas relativamente estabilizadas* (Q<sub>2</sub>D). Son dunas no muy desarrolladas que por la existencia de protección vegetal, o por otras características, no progresan excesivamente en su desarrollo.

*Playas de acumulación* (QP). Se extienden paralelas a la estrecha franja de playa actual y no son más que un ensanche continuo por adición de sedimentos arenosos debidos al aporte de los movimientos costeros en relación con los vientos dominantes, que en este caso son los de Poniente.

*Dunas vivas* (QD). Son las dunas más desarrolladas originadas a partir de los materiales de la playa de acumulación, que cubren las terrazas marinas antiguas, e incluso llegan a saltar los escarpes calcareníticos que delimitan estos episodios marinos antiguos.

*Derrubios de ladera* (QL). Se han distinguido en escasos puntos ya que en el resto se llegan a confundir con los conos de deyección.

## 2. TECTONICA

### 2.1. TECTONICA ALPINA O PRE-ALPINA

No se puede detectar en el área de esta Hoja una actividad tectónica intratriásica que está conocida en otras partes de las Alpujarras (ALDAYA, 1.970 b, c; EWERT, 1.976).

La primera actividad tectónica determinada era una fase de deformación que ha dado lugar a la primera esquistosidad ( $S_1$ ) de flujo relacionado a un plegamiento isoclinal aún poco conocido.

La segunda fase de deformación plegaba la primera esquistosidad ( $S_1$ ). Se encuentran la  $S_1$  isoclinalmente plegada con un desarrollo de una segunda esquistosidad de flujo  $S_2$  planaxial.

Después de estas fases había varias fases de deformación que plegaban la  $S_2$  y desarrollaban esquistosidades de crenulación sin neoformación de minerales.

Todavía no se puede ordenar las fases posteriores a la  $S_2$  cronológicamente.

El área de esta Hoja no aporta buenos afloramientos para el estudio de la tectónica de corrimiento.

Las superficies de corrimiento entre el Manto de Lújar y el Manto de Murtas corta discordantemente las formaciones del Manto de Lújar. Es decir que el Manto de Lújar ya tenía un cierto relieve antes de la superposición del Manto de Murtas.

Algunos afloramientos muestran estrías en la superficie de corrimiento. La dirección de las estrías es de aproximadamente  $N 160^\circ E$  que testifica la dirección del último movimiento.

En cuanto a la vergencia no hay afloramientos en el área de la hoja de Roquetas que permitan una determinación. Pero en zonas adyacentes (hojas 21-44 y 21-43) existen afloramientos que indican claramente una vergencia hacia el Norte (ALDAYA et al. en prensa).

### 2.2. NEOTECTONICA

Hacemos este apartado para referirnos a todas las estructuras tectónicas que se han producido durante el Mioceno superior, o con posterioridad, e inclusive en épocas muy recientes.

Antes de nada, queremos resaltar, que para este estudio ha sido de enorme utilidad la Fotogeología, por ello vale la pena hacer ciertas consideraciones generales:

Gran parte de la superficie ocupada por esta Hoja se sitúa en una llanura recubierta por depósitos modernos, sobre un substrato que queda casi por completo cubierto. Nos encontramos pues, con que lo que se observa en superficie no está directamente ligado a la geología profunda.

Para solucionar este problema debemos adoptar unos postulados de base:

1) Las formas visibles no están distribuidas al azar, sino que obedecen a dos causas:

— Las externas o exógenas, como son el clima, la litología, las acciones erosivas o sedimentarias recientes, e incluso la acción humana.

— Las internas o endógenas, que se deben a la geología profunda, es decir, que ni la litología ni la estratigrafía, sino solamente la estructura (y cuando hablamos de estructuras entendemos también fenómenos de fracturas y desplazamientos), se refleja débilmente en la superficie.

Tenemos, pues, la posibilidad teórica de descender de las formas visibles en superficie, a las estructuras profundas, siempre que estén ligadas a hechos profundos, y se puedan hacer corresponder a estas formas, hechos precisos.

Se sabe por experiencia que las formas superficiales tienden a emular las más antiguas, así que a partir de formas atenuadas de superficie, se pueden deducir formas acentuadas en profundidad, lo que dicho de otro modo formula la teoría de la reactivación:

El efecto final que produce una estructura se propaga continuamente hacia arriba de la superficie terrestre, aunque el principal desarrollo de la misma tuviera lugar largo tiempo atrás en el pasado geológico.

Los accidentes se superponen los unos a los otros, y en particular, existe una gran permanencia de los accidentes de zócalo que se reflejan en superficie, en fracturas de un salto muy pequeño.

Los elementos que tenemos que buscar son:

1º.— *Las alineaciones*: Traza de posibles fracturas que afectan a las capas superficiales. El esquema clásico es el siguiente:

Tenemos una falla sobre el zócalo que produce una flexura en las capas sedimentarias superpuestas, y se refleja mediante pequeñas fracturas paralelas en la cobertera. Su valor viene indicado, no por salto vertical, que normalmente es muy pequeño, sino por su extensión lateral en el plano horizontal; es decir, que produce fenómenos muy pequeños, pero de gran extensión.

Se puede investigar por el análisis detallado de la tonalidad de suelo (no es éste el caso, aquí en esta Hoja), por la variación brusca de la tonalidad del suelo y por los límites lineales de la vegetación.

Como dato importante que puede corroborar la presencia de una falla, y no simplemente de una fractura sin desplazamiento, hay que considerar la presencia de un sistema heterogéneo de alineaciones, es decir que se alinean al

menos dos fenómenos independientes (por ejemplo, escarpe alineado con línea de vegetación).

2°.— Otro elemento que debemos de buscar, es el desplazamiento vertical de planos, pero en el problema que nos ocupa carece de relieve para la interpretación que hemos hecho, así como un tercer elemento que sería la investigación en las formas abombadas, que también se sale de nuestro planteamiento, que sólo tienden a solucionar problemas referentes a estructuras enterradas (anticlinales, sinclinales, dunas, etc.).

Aparte de estas consideraciones de tipo fotogeológico, en el campo se observan numerosas fracturas y fallas, que junto con los datos geofísicos y con la datación micropaleontológica de tramos, hoy situados a cotas muy diferentes, así como por la evidencia de falla que afectan a terrazas marinas cuaternarias, nos permiten descubrir una neotectónica ampliamente representada, con directrices cuya incidencia puede conocerse en el tiempo, en relación con la edad de las formaciones a que afecta.

Al final del Mioceno superior, la Sierra de Gádor, que hasta entonces constituía un alto fondo, se fractura, elevándose o hundiéndose, mediante fallas más o menos paralelas a las laderas actuales según direcciones que oscilan desde N 70° E a N 90° E. Estas fallas normales que son las que condicionaron las cuencas intramontañosas de las regiones cercanas, llegaron a tener saltos de más de 700 m., según se ha podido saber por la geofísica, y por sondeos mecánicos. Además, las formaciones del Micoeno superior que en algún punto de la Sierra de Gádor, fuera de esta Hoja se encuentran a 1.400 m., de altura, en los Llanos del Campo de Dalías, el sondeo SO-2231 (x = 681.620, y = 238.800), los corta a 600 metros de profundidad o más. Este tipo de fallas dieron lugar a la formación de un pequeño "graven" en la zona central del Campo de Dalías, y a un pequeño "horst" entre Guardias Viejas (donde aflora el substrato de dolomías triásicas) y Roquetas. Estas estructuras han sido confirmadas por los estudios geofísicos en tierra y en la Plataforma (realizada por ENADIM-SA y U.S.G.S.).

Parece ser que después de esta fase distensiva de gran salto, se produjo la transgresión y regresión pliocena, instalándose la costa del mar plioceno en las cercanías de lo que hoy es la ladera meridional de la Sierra. Estos materiales pliocenos fosilizan las fallas antes mencionadas. Al parecer, ya en el Pleistoceno (aunque existen serias dudas, de si pudo ser en el Plioceno muy superior), sobre estos depósitos pliocenos se constituye una gran llanura de abrasión marina con depósitos de playa, que nosotros hemos considerado siciliense.



Después de este episodio la gran llanura de abrasión se ve afectada por varios sistemas de fallas, entre los que destacamos los siguientes:

1°.— Fallas de dirección N 20-25° E o N-S

Estas fallas dan escarpes muy visibles en el terreno, con saltos que pueden llegar a 30 m. Las zonas hundidas suelen estar en la parte occidental de las fallas.

Una falla N-S se observa al Oeste de Villarreal, prácticamente en el límite occidental de la Hoja. Más al Este estos escarpes son visibles al Oeste de El Egido y de la carretera que va desde la general 340 a Almerimar.

2°.— Fallas de dirección E-W

Este tipo de fallas apenas se observa en el Campo (al N de los Hoyuelos), pero en cambio sí se deduce por fotogeología, atravesando la Hoja en su parte central. Serían producto de reactivaciones de las fallas ya citadas al final del Mioceno superior, reactivaciones que pueden suceder en varias épocas. Dan lugar a una pequeña inflexión hacia el Norte, en la zona septentrional al accidente.

Ambos sistemas, el primero por producir inclinaciones hacia el Este, y el segundo por hacerlo hacia el Norte, han dado lugar conjuntamente a una componente global de inflexión de esta superficie de abrasión hacia el NE. La morfología resultante ha condicionado en parte la riqueza del acuífero de calcarenitas pliocenas, ya que frena la escorrentía y produce mayor infiltración.

Al parecer estas fracturas sólo afectan al Plioceno y a la superficie y depósitos de la terraza Siciliense, y en cambio parecen no afectar (al menos la 1ª) al episodio Eotirreniense, ni a otros más modernos.

En profundidad, y después de la pequeña elevación epirogenética se instala la playa y plataforma Eotirreniense. Nuevamente parece existir una fase de fracturación, con direcciones desde N 150° E a N 170° E.

Estas fracturas son muy abundantes, y visibles, tanto en el campo como en la fotografía. Su salto es pequeño, y en general no sobrepasa los 4 ó 5 m. A veces son auténticas flexuras: van acompañadas de diaclasas de dirección N 150° E a N 160° E. Es posible que en parte estas fallas condicionaran la forma de la costa.

Posteriormente a esta fase, al menos así lo parece, se instalaron los dos episodios marinos cuaternarios de Eutirreniense y Neotirreniense. Finalmente, tuvo lugar una nueva fase de fracturación, de dirección aproximada N 120° E, que afectó a todos los episodios marinos cuaternarios, e inclusive a algunos conos de deyección (N del Llano del Aguila), dando lugar a saltos visibles de varios metros (Oeste de Las Marinas, Loma del Viento, etc.).

Evidentemente todas estas fracturas y fallas han tenido su incidencia en la zona alpujárride de la Sierra de Gádor. El efecto sobre terrenos recientes, algunos de ellos bien datados, y otros relativamente bien datados, nos permiten realizar un ensayo de datación de estos sistemas (al menos en su última pulsación) que siempre debe ser considerado, como un intento nada definitivo. Fallas de dirección N 70° E y N 90° E postmiocenas y ante pliocenas con reactivaciones posteriores.

Falla de dirección N 20° E y N-S.

Edad relativa - Post-siciliense y ante-eotirreniense.

Fallas de dirección N 160° E.

Edad relativa - Post-eotirrenienses y ante-eotirreniense.

Fallas de dirección N 120° E.

Edad relativa - Post-neotirreniense, a bastante actual.

Es probable que estas fallas recientes, sean producidas por esfuerzos en relación con el movimiento de las fallas de Almería, de dirección aproximada N 50° E, que dieron lugar al vulcanismo de Cabo de Gata.

### 3. HISTORIA GEOLOGICA

Durante el Permo-werfeniense se depositaban en esta región unas series alternantes arcillo-limosas y arenosas. Algún episodio de evaporitas y de material carbonatado culmina esta sedimentación en el Triásico inferior.

En continuidad, y durante el Triásico medio y superior se fueron depositando calizas y dolomías. En esta época parece ser que las condiciones fueron de depósitos marinos en un alto fondo, donde podían quedar amplias zonas con una sedimentación precaria, mientras que en otras los depósitos podrían llegar a alcanzar grandes potencias. El relieve de esta cuenca debía ser bastante irregular, con emersiones locales, con existencia de pequeñas cuencas cerradas y restringidas donde se depositaron yesos, o bien donde un ambiente excepcional (condiciones pH/eH) favoreció localmente la concentración de fluorita y sulfuros.

Estas condiciones bastante irregulares estuvieron complicadas por una notable inestabilidad tectónica, con movimientos que localmente pueden ser importantes. Igualmente y en esta misma época (Triásico medio-superior) tiene lugar una cierta actividad volcánica de tipo básico.

A partir de aquí hay que situar un amplio espacio de tiempo del que carecemos de noticias, por la ausencia total de materiales del Jurásico, Cretácico y Paleógeno.

El punto siguiente dentro de esta secuencia de acontecimientos en la historia geológica de la Hoja, es ya la tectónica de corrimiento. Antes de ella hay que situar las fases que dieron lugar a la esquistosidad de flujo.

Después de una serie de fases que originan pliegues menores tiene lugar la actual superposición de mantos. Esta última pudo muy bien ocupar un amplio periodo de tiempo, y no hay por qué destacar que el funcionamiento de las diferentes superficies haya podido tener lugar en tiempos sucesivos.

Parece que con posterioridad tuvo lugar un plegamiento de gran radio, de dirección aproximada N-S. Tras él, tiene lugar el último de los plegamientos, también de gran radio, de dirección aproximada E-W. Ligado con este proceso se inició otro de fracturación, con fallas de esta misma dirección o bien N 70-80° E, que da lugar a la formación de cuencas alargadas, más o menos profundas, posteriormente ocupadas por los materiales de la transgresión del Mioceno superior. En zonas más altas que constituían altos fondos (como Sierra de Gádor) se depositaron conglomerados, calcarenita, dolomías, etc., en un ambiente marino de alta energía.

Estas fracturas que se activaron durante el Mioceno superior están relacionadas con el vulcanismo andesítico, que aparece al Sur de Vicar.

Al final del Mioceno superior vuelven a activarse estas fracturas de dirección E-W, N 70-80° E, dando lugar a que los sedimentos del Tortoniense-Andaluciense, que se depositaron sobre las dolomías y filitas alpujarrides, están hoy a 1.400 m., de altura en la Sierra de Gádor (Hoja de Alhama de Almería, al N), y a 700 metros o más de profundidad en los Llanos de Dalías, en el centro de esta Hoja, como se ha podido demostrar por sondeos mecánicos.

Posteriormente a esto, la transgresión pliocena ocupa la región, con depósitos detríticos en la base, y margas en las zonas más profundas. La regresión pliocena da lugar a calcarenitas que ocupan hoy los llanos al S de la Hoja. Después de la regresión pliocena y en relación con los movimientos isostáticos pleistocenos, ocupan parte de las regiones costeras episodios marinos, representados por Llanuras de abrasión o por escasas potencias de sedimentos conglomeráticos y arenosos.

Todos estos episodios, así como los sedimentos pliocenos están afectados por fallas normales recientes, como ya se ha descrito en el apartado de Neotectónica. Algunas de estas fallas afectan a los grandes conos de deyección que ocupan al pie de la Sierra de Gádor, originadas en épocas bastante recientes.

## 4. PETROGRAFIA

### 4.1. EL METAMORFISMO

La mayoría de los investigadores de los Alpujárrides reconocen la existencia de dos fases de metamorfismo sincinemático y una de metamorfismo térmico en medio estático.

Las dos fases sincinemáticas son relacionables con dos fases de deformación de las cuales resultan las dos esquistosidades de flujo que se observan en el campo.

La tercera fase -la fase térmica- es posterior a las dos anteriores.

NAVARRO-VILA (1.976) hizo un estudio muy detallado sobre la evolución del metamorfismo en los Alpujárrides en el N de Sierra Nevada y pudo demostrar que todas estas fases pertenecen a un mismo proceso continuo y progresivo que termina al descender la temperatura con un proceso de retrometamorfismo.

Después del proceso retrometamórfico siguieron varias fases de deformación que dieron lugar a pliegues con esquistosidades de crenulación planaxiales.

Los minerales formados durante este proceso de metamorfismo son fundamentalmente:

a) Formación de filitas y cuarcitas (Mantos de Murtas y Lújar): cuarzo, moscovita, clorita, paragonita, calcita y albita.

b) Formaciones calizodolomíticas (Mantos de Murtas y Lújar): Las formaciones calizodolomíticas son ligeramente recrystalizadas. Como minerales de neoformación se encuentran: cuarzo, mica blanca, clorita y calcita.

### 4.2. ROCAS VOLCANICAS

Al Sur de Vicar, y al pie de las lomas de Ecarada y de los Lobos, en el borde meridional de la Sierra de Gádor, y constituyendo la base de la serie de Mioceno superior que aquí se encuentra, aparece un conglomerado constituido exclusivamente por cantos volcánicos, aglomerados en una toba calcárea-biogénica.

Aunque esta formación podría considerarse sedimentaria, ya que en la matriz posee, a veces macrofauna, existen puntos en que aparece como tal la roca volcánica. Además algunos sondeos mecánicos cortan la roca volcánica. Su carácter local nos indica que el traslado ha sido prácticamente nulo o muy pequeño, puesto que si estas bolsas volcánicas procedieran de zonas alejadas, el conglomerado tendría una distribución más regional. Es por esta

razón que lo hemos cartografiado como roca volcánica, para darle más significado a esta aparición, que de otra forma hubiera quedado diluida dentro de las series sedimentarias.

Aunque J.P. JACQUIN (1.970) supone una edad Helveciense para esta formación, nosotros suponemos que quizás pudiera tratarse de un Tortoniense, puesto que PERCONIG (1.976) da una edad Tortoniense superior a la serie terciaria que sobre él se apoya.

Se trata de un conglomerado cuyos volcánicos, son andesitas ortopiroxénicas con textura porfídica y matriz hipocristalina.

Está constituida por fenocristales abundantes de plagioclasa maclada, zonada y parcialmente alteradas a zeolitas, y muy escasa prehnita según fracturas. La hiperstena presenta ligero pleocroísmo y bordes oxidados. Además presenta algo de apatito y minerales de hierro.

La toba que engloba estos cantos tiene textura piroclástica. Presenta fenocristales líticos de andesita con plagioclasa y ortopiroxeno en mal estado de conservación en una matriz vítrea hipocristalina constituida por zeolitas, plagioclasa y minerales de arcilla. Todo ello cementado por abundante calcita y numerosos restos fósiles.

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. MINERIA Y CANTERAS**

#### **5.1.1. Minería**

Existen varias labores contiguas de galena en el área de esta Hoja ningún yacimiento está actualmente en explotación.

Las mineralizaciones pertenecen a la parte superior del tramo medio y a la inferior del tramo superior del Manto de Lújar y están situadas en la zona del "Cerro de Pan Mascado" en el NW de la Hoja y en el "Cerro de las Minas" al Norte del "Llano de Aguadulce".

El mineral principal es galena removilizada y como accesorios muestra: fluorita, cerusita, azurita, malaquita y óxidos de hierro.

Las mineralizaciones de galena en esta Hoja pertenecen a la segunda generación (EWERT, 1.976). Son removilizaciones que se efectuaron dentro de los niveles primariamente mineralizados.

Aparte de los yacimientos de plomo existen mineralizaciones de cobre en el ámbito entre el "Cortijo Recartos" y el "Cortijo de Callejón" al Oeste del "Cerro de Pan Mascado".

Allí afloran en diaclasas, fracturas y brechas tectónicas, los minerales secundarios de cobre azurita y malaquita. Los accesorios en estos afloramientos son óxidos de hierro.

La única actividad mineral en el sentido amplio, se concentra hoy en día, en la extracción de sal de las salinas cerca de Roquetas.

### 5.1.2. Canteras

Aparte de la explotación de arenas y gravas en los aluviones y en la playa no hay canteras dignas de mención.

En la "Loma del Cura" y en varios otros sitios existen canteras abandonadas donde sacaban dolomías para la construcción de carreteras. En la parte alta de las rocas volcánicas existen indicios de bentonitas.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

La importancia de las aguas subterráneas en esta Hoja es enorme, y podemos decir sin temor a equivocarnos, que el gran desarrollo económico que ha experimentado esta región tanto agrícola como turísticamente, se debe al descubrimiento y aprovechamiento de los caudales de aguas subterráneas.

Por esta razón se han realizado numerosos estudios hidrogeológicos, y remitimos al lector interesado, al último de ellos "Estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur-Almería" "Campo de Dalías", Diciembre 1.975, realizado por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, para el I.G.M.E. e IRYDA.

A muy grandes rasgos se puede resumir la hidrogeología de esta Hoja, de la siguiente forma:

a) El acuífero principal (o más explotado) lo componen las calcarenitas pliocenas, que pueden apoyarse en los conglomerados o calcarenitas miocenas del borde de la Sierra de Gádor. Descansa sobre la serie margosa, también pliocena, cuya potencia puede alcanzar más de 700 metros al Sur del Campo, mientras desaparece prácticamente hacia el Norte.

Al menos a la cota del agua, existen límites impermeables o semipermeables, al Noroeste (línea Balanegra-El Tomillar), al NNE (cabalgamiento del Manto de Murtas sobre la Unidad de Lújar o de la Sierra de Gádor) y al Sur (línea Balerna-Las Marinas). En los sectores de Balanegra de Las Marinas-Aguadulce, el acuífero se descarga en el mar. Al N, y al NE, parece existir cierta alimentación lateral por las dolomías de la Sierra de Gádor, directamente o a través de las calcarenitas miocenas.

Este acuífero, junto con el cuaternario, con el que suele comunicarse ocupa una extensión de 313 km<sup>2</sup> de afloramiento, con una pluviometría de 250 a 300 mm. Se ve recargado además por la escorrentía de la zona de Sierra (334 km<sup>2</sup>) en la que la pluviometría es de 450 mm.

Un hecho notable, en cuanto que hace más importante a este acuífero de lo que cabría esperar, es que la neotectónica, a la que nos hemos referido en su capítulo correspondiente, ha dado lugar a que la superficie de este acuífero presente una inclinación NE, en contra de la dirección normal de escorrentía. Al frenar a esta, además de no existir ningún curso de agua de régimen continuo, contribuye a que la infiltración sea mucho mayor de lo normal.

La potencia del acuífero es variable, pero oscila alrededor de 100 m. El espesor saturado está entre 0 y 70 m.

b) El otro acuífero importante son las dolomías alpujárrides, y su posible cobertera de calcarenitas del mioceno. Este acuífero es cortado al Norte de la línea Balanegra-El Tomillar por muchos sondeos particulares o del IRYDA. En la mayor parte de los casos queda independizado por las margas del acuífero anterior.

El techo de este acuífero, que se alimenta en la Sierra de Gádor, se encuentra entre +200 ó 300 m., (afloramientos) y -750 m. En la zona central la geofísica no lo detecta a -1.200 m.

Este acuífero está compartimentado en bloques que hidrogeológicamente pueden ser independientes.

Se trata, en general, de un acuífero cautivo, excepto en los bordes de la Sierra de Gádor. Caso de que todas las dolomías formaran un acuífero único, cosa que no parece evidente, la única alimentación sería la debida a la infiltración de las lluvias sobre la Sierra, y sus pies de monte, donde no existen margas pliocenas que lo impidan. A través de estos pies de monte, y conos de deyección puede producirse una alimentación por exceso de riego.

Se descarga por bombeo, o directamente al mar, en la zona del Egido. Hacia el acuífero calcarenítico, al Oeste del Manto de Mulex y hacia el mar en la zona de Aguadulce.

Este acuífero está aún poco conocido en las zonas profundas del Campo de Dalías, y podría constituir una reserva importante, sin olvidar su probable compartimentación y su posible comunicación con el mar.

Los caudales de agua que se suelen obtener son del orden de 70 l/seg., por sondeo. Se extraen 13 Hm<sup>3</sup>/año, en 25 puntos. La transmisibilidad es superior a 30 m<sup>2</sup>/h., e incluso de 125 m<sup>2</sup>/h. El coeficiente de almacenamiento S, da valores de 4.10<sup>-2</sup>.

c) El control de niveles piezométricos, efectuado regularmente desde 1.972, así como las referencias de que se dispone de los mismos al iniciarse la explotación de aguas subterráneas en el año 1.965, demuestran que los descensos medios anuales están comprendidos entre 1,5 y 2,5 metros en los sectores de fuerte explotación (NW y NE del Campo), mientras que son escasos o nulos en el resto de la zona. En otras palabras, la mayor parte de las fuertes explotaciones han sido, desgraciadamente, en dos sectores impermeables o de mala transmisibilidad, y al contrario, en el sector El Egido-La Aldeilla, en que también existen fuertes explotaciones, los descensos son escasos, debido al hecho de que la influencia de los mismos se "diluye" en gran parte del Campo.

En el acuífero calcarenítico plioceno, se ha podido determinar que solamente el aporte de las reservas (unos 10 Hm<sup>3</sup>/año) pueden compensar el déficit entre alimentación y salidas. Dichas reservas estimadas en 5.500 Hm<sup>3</sup> se podrían utilizar más aún si no existiera un grave riesgo de contaminación marina en el sector Roquetas-El Parador.

En el acuífero mioceno-dolomítico el déficit entre las entradas conocidas, y las salidas también es de unos 10 Hm<sup>3</sup>/año, compensado en parte por una alimentación lateral de las dolomías de superficie, y en parte por una utilización de las reservas. Un mayor aprovechamiento de las mismas aquí también tropieza con un probable riesgo de invasión marina por el sector de Balanegra (en la Hoja de Adra).

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALDAYA, F. (1.967).— "Nuevas observaciones en las calizas triásicas de la ventana tectónica de Albuñol (Zona Bética, Prov. Granada)". *Not. y Com. I.G.M.E.*, nº 101-102, pp. 101-106.
- (1.968).— "Sobre la posición de la Sierra de Lújar (Prov. de Granada)". *Acta Geol. Hisp.* III pp. 87-92.
- (1.969 a).— "Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. Granada)". *Bol. Geol. Min.* T LXXXIII, pp. 212-217.
- (1.969 b).— "Los mantos Alpujárrides al S. de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. Granada)". *Acta Geol. Hisp.* año IV, nº 5, pp. 125-130.
- (1.969 c).— "Los Mantos Alpujárrides al S. de Sierra Nevada" *Tesis Univ. de Granada.* 527 pp. mem. inéd.
- (1.970 a).— "Sobre la geometría de las superficies de corrimiento de los Mantos Alpujárrides al S de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. Granada)". *Cuad. Geol. Univ. Granada* 1 pp. 35-37.



- (1.970 b).— "Pliegues triásicos en la Sierra de Lújar, Zona Bética, Prov. Granada" (nota preliminar). *Bol. Geol. Min.* T LXXXI-VI, pp. 593-600.
- (1.970 c).— "La sucesión de etapas tectónicas en el dominio alpujárride (Zona Bética, prov. Granada)". *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 1, pp. 159-181.
- BAUTING, A.H. (1.933).— "Sur le pli-nappe de Lújar-Gádor (Cord. Bét.)". *Proc. Konn. Ned. Akad. v. Wetensch* vol XXXVI. pp. 96-108.
- BLUMENTHAL, M.M. (1.935).— "Relieuberschiebungen in den Westlichen Betische Cordilleren". *Geol. Med. Occ.* v. IV, n° 8, pp. 3-28.
- BOOGAARD, M. van Den (1.966).— "Post-Carboniferous Conodonts from Southeastern Spain". *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.* 69 pp. 691-698.
- BROUWE, M.A. (1.926).— "The structure of the Sierra Nevada". *Proc. Kon. Ned. Akad. V. Wetensch*, v. XXV, n° 3 90 pp.
- EGELER, C. G. & SIMON, O.J. (1.969).— "Sur la tectonique de la zone Betique (Cordillères Bétiques, Espagne)". *Verh. der Kom. Ned. Akad. van. Wetensch*, v. XXV, n° 3 90 pp.
- EGELER, C.G., RONDEEL, H.E. & SIMON, O.T. (1.972).— "Considerations on the grouping of the tectonic units in the Betic Zone Southern Spain". *Estudios Geológicos*, 27, 6 pp. 385-400.
- EWERT, K. (1.976).— "Estratigrafía, Litología y Mineralizaciones del Manto de Lújar (Zona Bética)". *Studia Geol. Univ. Salamanca*. n° XI.
- FALLOT, P. (1.948).— "Les Cordillères Bétiques". *Estudios Geológicos*, n° 8, pp. 83-172.
- FOURNIGUET, J. (1.975).— "Neotectonique et Quaternaire Marin sur le Littoral de la Sierra Nevada, Andalousie (Espagne)". *These Univ. Orleans*. 230 pp.
- GIGOUT, M. (1.957).— "L'Ouljien dans le cadre du Tyrrhenien". *Bull. S.G.F.* (6). VII, pp. 385-400.
- GONZALO Y TARIN, J. (1.882).— "Edad geológica de las calizas metalíferas de la Sierra de Gádor en la Prov. de Almería". *Bol. Com. Mapa Geol. España*, T. 9, pp. 97. III.
- GUARDIOLA, R. y SIERRA, A. (1.925-1.928).— "Criaderos de hierro de España" T. V. Hierros de Almería y Granada, n. 1 (1.925). Generalidades, pp. 1-344 n° 2 (1.926) Descripción Geológica y estudio de los yacimientos, pp. 7-429, n° 3 (1.928) Descripción Geológica y estudio de los yacimientos (continuación).
- JACQUIN, J.P. (1.965).— "Présence et situation de microfauna dans le Trias alpujárride de la Sierra de Gádor (province d'Almería, Espagne). *C.R. Somm. Soc. Geol. France*, 8 pp. 265-267.

- (1.968).— "Répartition géographique et lithostratigraphique des mineralisations de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)". *Chron. Mines et Rech. Min.* 376 pp. 230-243.
- (1.970).— Contribution a l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)" *These Nantes.* 501 p.
- KAMPSCHUUR, W., LANGENBERG, C.W. y RONDEEL, H.E. (1.973).— "Polyphase Alpine deformation of the Eastern part of the Betic Zone of Spain". *Estudios Geológicos*, 29 pp. 209-222.
- KAMPSCHUUR, W., & RONDEEL, H.E. (1.975).— "The origin of the Betic Orogen, Southern Spain". *Tectonophysics*, 27 pp. 39-56.
- KOZUR, H. & SIMON, O.J. (1.972).— "Contribution to the Triassic Microfauna and Stratigraphy of the Betic Zone (Southern Spain)". *Número Extraordinario XXX Aniversario E.N. Adaro.* pp. 143-158.
- MENDEZ-CECILIA, M.A. (1.971 a).— "Nota sobre el Plioceno de la Costa de Almería". *Acta. Geol. Hisp. Esp.* n° 5-6, p. 147-148.
- (1.971 b).— "Pectínidos plioceno de Almería". *Estudios Geológicos.*, vol. XXVII, p. 487-495.
- MONTENAT, C. (1.973).— "Les formations neogenes et quaternaires de Levant Espagnol". *These Orsay. Paris-Sud.*, 1170 p.
- OROZCO, M. (1.970).— "Sobre unos afloramientos de rocas verdes de Sierra Gádor (Cordilleras Béticas)". *Acta Geol. Hisp.*, T. IV, n° 4, pp. 96-98.
- (1.972).— "Los Alpujarrides en Sierra de Gádor occidental". *Tesis Doct. Univ. Granada.*
- OVEJERO, G. y ZAZO, C. (1.969).— "Antiguos niveles marinos en Almería", *VIII Cong. INQUA, Paris, Res. Comm.* p. 234.
- (1.971).— "Niveles marinos pleistocenos en Almería (SE Spain)" *Quaternaria XV, VIII c Cong. INQUA, Roma,* p. 145-159.
- PERCONIG, E (1.976).— "Estudio de algunos cortes del Neógeno de Sierra de Gádor y del Campo de Dalías (Almería, España). *Revista Española de Micropaleontología*, vol. 8, n° 1, pp. 141-178.
- QUESADA GARCIA, A y ESPEJO MOLINA, J.A. (1.968).— "Aportación al conocimiento geológico-minero de la Sierra de Gádor en las proximidades de Berja (Almería)". *Bol. Geol. Min.* T. 79, 2 pp. 143-158.
- SCHWER, K. (1.974).— Stratigraphie, Fazies und Lagerstätten in trassischen Karbonatgesteinen der alpujarrideschen Decken in der Westlichen (Spanien). *Thesis Munchen*, 160 p.
- SIERRA LOPEZ, J., ORTIZ RAMOS, A. & BURKHALTER ANEL, J. (1.967).— Origen de algunas mineralizaciones de fluorita y galena de la Sierra de Gádor, en relación con la singénesis y la epirogénesis. Importancia para investigación minera". *Not. y Com. IGME*, 97-98. pp. 289-308.

WESTERVELD, J. (1.929).— De bouw der Alpujarres en het tektonische verband der costelijke Betische Ketens". *Thesis Delft*. 120 p.



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA