



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



TAHIVILLA

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un “Geological Survey of Spain”, es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

**Instituto Tecnológico
GeoMinero de España**

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

TAHIVILLA

Segunda serie - Primera edición

MADRID, 1990

Fotocomposición: GEOTEM, S.A.

Imprime: Gráficas Loureiro, S.L

Depósito legal: M-10377-1991

NIPO: 232-91-001-4

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por INYPSA con normas, dirección y supervisión del IGME.

AUTORES Y COLABORADORES

Cartografía y redacción de Memoria

P.P. Hernaiz Huerta

A. García de Domingo

J. González Lastra

C. Zazo Cardeña

J.L. Goy Goy

} Plioceno superior y Cuaternario

Tectónica

F. Moreno Serrano

Sedimentología

J. González Lastra

A. Maymo Assens

L. Ardevol Oro

Icnofauna

J.C. García Ramos

ESTUDIO DE MUESTRAS

Micropaleontología

L. Granados Granados

Nannoplacton

P. Aguilar

H. Feinberg

Sedimentología

J. González Lastra

M. Valenzuela Fernández

C. Suárez de Centi

Macropaleontología

J. Meco Cabrera

DIRECCION Y SUPERVISION DEL IGME

P. Ruiz Reig

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Estudio sedimentológico y micropaleontológico de dichas muestras.
- Informes sedimentológicos de series.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACION GEOGRAFICA

La Hoja de Tahivilla (13-47) se encuentra situada en el Sur de la provincia de Cádiz, dentro del contexto geográfico del Campo de Gibraltar.

Se trata de una región de relieve medio en donde destacan, en el sector centro-oriental de la Hoja, varias alineaciones montañosas cuya máxima elevación la constituye la Sierra del Niño con 781 m de altitud.

En el sector centro-occidental de la Hoja y al pie de estas alineaciones montañosas existe una zona deprimida, ocupada antiguamente por la laguna de la Janda, actualmente desecada.

La red fluvial está bastante desarrollada siendo esta zona montañosa cabecera para numerosos sistemas fluviales, entre ellos los de los ríos Barbate, Celemín y Palmaces.

1.2. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona correspondiente a la Hoja 1:50.000 de Tahivilla se encuadra en el extremo suroccidental de la Cadena Bética, formando parte de la estructura arqueada del Estrecho de Gibraltar.

Los materiales que en ella afloran han sido considerados por la mayoría de los autores precedentes como pertenecientes a las unidades alóctonas flyschoides del Campo de Gibraltar.

En esta Memoria se exponen ideas sensiblemente diferentes de las mantenidas por los mencionados autores.

El depósito de sedimentos de origen turbidítico, principales constituyentes de la zona en cuestión, se vió condicionado por el movimiento, en forma diapírica, de una amplia banda de materiales arcillo-yesíferos del Triásico superior, cubierta en su mayor parte por arcillas rojas y verdes con Tubotomaculum, que contienen bloques diversos. Este umbral diapírico, con una orientación NE-SW, paralela a la de la cadena, parte desde la Hoja de Vejer y continúa hacia el NE hasta las Sierras de las Dos Hermanas, del Valle y de las Cabras. Posiblemente esta estructura se prolongue hacia el Subbético.

Hacia el Sur y el Este, los enlaces estratigráficos y estructurales de las distintas series turbidíticas quedan fuera del área de estudio u ocultas bajo las aguas del Estrecho, por lo que, en el estado actual de los conocimientos, es aventurado establecer hipótesis respecto a tales enlaces.

Los estudios tectónicos realizados parecen revelar que, si bien la fase compresiva principal ha producido una estructuración en cabalgamientos y escamas que presentan notables traslaciones en sentido E-O, no existen razones para pensar en aloctonías y desenraizamientos en el sentido que se han venido utilizando a la hora de referirse, por ejemplo, al manto numídico.

1.3. ANTECEDENTES

El estudio de esta región comienza con los trabajos de GAVALA (1942), que confecciona un mapa a escala 1:100.000, denominando al conjunto arenoso **Areniscas del Aljibe**, y de ROBAUX (1935), que data como Cretácico superior algunos flysch de esta región.

Una investigación más detallada se inicia con los trabajos de tesis doctorales de la Facultad de Ciencias de París, dirigidas por DURAND DELGA y realizados por CHAUVE (1967) que estudia el norte de la Provincia de Cádiz y DIDON (1969) que estudia el Campo de Gibraltar.

Posteriormente hay que destacar los trabajos de PENDON (1977) que estudia la sedimentación turbidítica del Campo de Gibraltar y BOURGOIS (1978) que realiza la transversal de Ronda y aporta nuevos datos sobre la evolución del Arco de Gibraltar.

Asimismo hay que destacar la interpretación de los sondeos petrolíferos profundos realizada por PERCONIG (1962) y el estudio geológico a escala 1:25.000, confeccionado por SECEGSA (1982).

El Mioceno superior de esta región ha sido estudiado micropaleontológicamente por MARTINEZ (1973) que realiza el corte de Vejer de la Frontera.

Por último, hay que mencionar los estudios del Cuaternario marino y Neotectónica, realizados por ZAZO (1980), BENKHELIL (1976) y BOUSQUET (1974).

2. ESTRATIGRAFIA

2.1. UNIDAD DE ALMARCHAL

2.1.1. Cretácico superior-Paleoceno

2.1.1.1. *Calizas, margas y arcillas* (1). (Senoniense-Paleoceno)

Este conjunto estratigráfico se distribuye preferentemente en la zona más occidental de la mitad oeste de la Hoja. Da lugar a relieves muy suaves, normalmente ocupados por campos de labor, lo que dificulta notablemente su afloramiento. También parece estar involucrado en alguna de las escamas como en el caso del Llano de la Venta, aunque conviene mantener reservas sobre la relación de este afloramiento con la Unidad de Almarchal.

El conjunto está formado por una alternancia de calizas bioclásticas y margas. Las calizas se encuentran en capas centimétricas de secuencias turbidíticas con laminación paralela y de ripples, intercaladas entre margas grises. En las inmediaciones del cortijo de la Haba y en el afloramiento del Llano de la Venta, las calizas llegan a adquirir espesores de 1-1,5 m, presentando estructuras de escape de agua.

Presentan una asociación de facies característica formada por packstones bioclásticos e intraclásticos con pelets y cuarzo tamaño limo. Los fósiles más abundantes, muy frecuentemente removilizados, son: *Pithonella*, *Hedbergella*, *Heterohelix*, *Stomiosphaera*, *Globigerinelloides*, *Globotruncana*, *Pseudotextularia*, *Inceramus* y espículas.

Aunque se encuentran fósiles cuyas edades oscilan entre el Cenomaniense-Turoniano y el Senoniense más alto, todas las muestras presentan las mismas asociaciones de facies que, cuando están datadas con seguridad, indican una edad que oscila entre el Campaniense-Maastrichtiense y la base del Paleoceno: *Globotruncana fornicata*, *G. arca*, *G. conica*, *G. linneiana*, *G. concavata*, *G. ventricosa*, *G. bulloides*, *G. stuartiformis*, *G. lapparenti*, *Pseudotextularia elegans* y *Rugoglobigerina rugosa*. Todas las asociaciones de nannoplancton encontradas corresponden también a esta edad: *Micula decussatta*, *M. murus*, *Quadrum gothicum*, *Q. trifidum*, *Ahumuelerella octoradiata*, *Broinsonia parca*, *Lucianorhabdus cayeuxi*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Planulithus obscurus*.

Es por tanto muy posible que el Cenomaniense-Turoniano esté muy escasamente representado, si es que se encuentra, aunque las asociaciones senonienses presentan muy frecuentemente resedimentaciones de fósiles de edad más antigua. Su espesor no se puede calcular debido a la intensidad del plegamiento, a que no se conoce su base y a la erosión de su parte alta, pero puede suponerse superior a los 300 m.

Si bien por encima de la serie senoniense se ha encontrado la base del Paleoceno, sin embargo en esta Hoja no hay afloramientos de materiales eocenos o más modernos que pertenezcan con seguridad a esta serie.

En las inmediaciones del Llano de la Venta se ha cartografiado una banda de materiales cretácicos en la base de una escama de Areniscas del Aljibe. Dichos materiales, que aparecen en continuidad estratigráfica con la serie calcárea, se han de interpretar como integrantes de la

serie de base de las Areniscas del Aljibe y no como pertenecientes a la Unidad de Almarchal, de la que son difíciles de distinguir.

2.2. SERIE DE ALGECIRAS

2.2.1. Paleógeno

2.2.1.1. *Calizas bioclásticas y arcillas rojas* (5) (Ypresiense-Luteciense)

Aparecen exclusivamente en el extremo SE. de la Hoja aflorando con mayor abundancia en las Hojas limítrofes al S. y SE; es el hasta ahora denominado **Flysch calcáreo de la Unidad de Algeciras**. Está formado por una alternancia de calcarenitas, en capas turbidíticas, y pelitas rojas en una asociación de facies que corresponden a la franja de abanico (fan fringe). Su espesor es del orden de 70 m.

Se encuentran *Globigerina senni*, *Globorotalia bullbrooki*, *G. centralis* y *Globigerapsis indez*, entre otros foraminíferos y *Discoaster barbadensis Reticulofenestra umbilica* y *Chiasmolithus grandis*, junto con numerosas formas resedimentadas del Senoniense. La fauna más moderna indica edad Luteciense.

Tal y como se explica más adelante representan las facies proximales del nivel 4 y parte del nivel 2.

2.2.1.2. *Arcillas rojas y areniscas micáceas* (8) (Eoceno-Oligoceno inferior)

Al igual que los tramos 5 y 9, están escasamente representadas en esta Hoja, aflorando en su extremo SE. Son arcillas rojas ocasionalmente verdosas, con intercalaciones de areniscas ocreas en capas delgadas con estructura turbidítica. Corresponden a un depósito de llanura submarina. Su espesor aproximado es de 100 m.

Presentan una fauna banal de foraminíferos arenáceos (*Eponides*, *Bathisiphon*, *Astrorhiza*, etc.). En esta Hoja no se ha encontrado fauna indicativa de edad; aunque por su posición estratigráfica, entre 5 y 9, se han datado como Eoceno-Oligoceno inferior.

Equivalen a las arcillas y calcarenitas margosas (6) que se encuentran bajo las Areniscas del Aljibe.

2.2.1.3. *Margas y areniscas micaceas de Algeciras* (9) (Oligoceno medio-superior)

Al igual que 5 y 8, esta serie, dentro de la Hoja de Tahivila queda restringida al extremo SE de la misma. Se trata de una sucesión de margas y pelitas margosas blanco-azuladas con intercalaciones de areniscas micáceas en capas turbidíticas de hasta 1 m de potencia (normalmente 20-30 cm); en esta Hoja no están representadas las megaturbiditas que sí afloran en la Hoja de Tarifa. Se interpretan como una amplia cuenca/llanura submarina en relación con un sistema turbidítico de alta eficacia de transporte. El espesor, en la zona en cuestión, no debe superar los 150 m.

Las paleocorrientes medidas en las areniscas micáceas indican una procedencia de E., (mientras que las megaturbiditas lo hacen del O).

Además de poseer una fauna banal desde el punto de vista cronoestratigráfico, rica en foraminíferos arenáceos, se encuentra abundante microfauna típica del Oligoceno: *Globorotalia opima*, *G. nana*, *G. increscens*, *Eulyepidina tournieri*, etc. Asimismo en la Hoja de Tarifa se ha encontrado una rica asociación de nannoflora que pertenece a las zonas NP24-NP25 de MARTINI, es decir, de edad Oligoceno medio-Oligoceno superior alto.

Queda por reseñar que se han detectado, intercalados dentro de esta serie, tramos de calizas arenosas, que por su escasa entidad no han sido cartografiadas y que también han dado una edad invariablemente oligocena al poseer la misma fauna arriba indicada.

2.3. ALJIBE Y SERIE SOLIDARIAS

2.3.1. Paleógeno

2.3.1.1. Serie calcárea s.l. (2), calizas arenosas y arcillas (Paleoceno) (3), calizas bioclásticas y margas (Eoceno) (4)

Se trata de una serie de turbiditas calcáreas cuya edad más probable es atribuible al Paleoceno-Eoceno. Suelen encontrarse en los núcleos de pequeños cerros o formando colinas que se alinean paralelas a la dirección de las grandes sierras de las Areniscas del Aljibe, tal y como ocurre a lo largo de la ladera nororiental de la depresión de la antigua Laguna de la Janda.

El hecho de que los materiales de la Unidad de Almarchal se encuentren, con relativa frecuencia, próximos a la serie calcárea, se debe al efecto de la fase de retrocabalgamiento, interponiéndose entre ellos las arcillas con *Tubotomaculum* del Complejo Tectosedimentario, que no siempre afloran al estar cobijadas bajo el plano de retrocabalgamiento.

En la escama del Llano de la Venta es el único caso en el que (dentro de la Hoja de Tahivila) se ha observado la continuidad estratigráfica entre materiales cretácicos y terciarios si bien, como ya se explicó en el apartado 2.1.1.1., tales materiales cretácicos no se han de considerar como pertenecientes a la Unidad de Almarchal, sino como integrantes de la serie estatigráfica de base de las Areniscas del Aljibe.

La escasez de buenos afloramientos ha obligado a considerar en la cartografía un tramo calcáreo en sentido amplio-indiferenciado, perfectamente visible en foto aérea, dentro del cual y siempre que ha sido posible se han distinguido los dos únicos niveles que poseen cierta entidad y continuidad lateral y que son los niveles de calizas arenosas y arcillas del Paleoceno (3) y de calizas bioclásticas y margas del Eoceno (4).

Todo el resto del tramo calcáreo, además de aflorar con dificultad, cuando así lo hace, presenta características litológicas variadas según los diferentes puntos. En términos generales es una alternancia de calcarenitas, dispuestas en bancos decimétricos, y arcillas versicolores.

En las calcarenitas suele ser visible una ordenación interna de tipo turbidítico, distinguiéndose intervalos altos de la secuencia de Bouma (Tce). Son, por tanto, facies distales tipo llanura submarina.

Los dos tramos incluidos en esta serie calcárea y que localmente se han separado en la cartografía son los siguientes:

Calizas arenosas y arcillas. (Paleoceno) (3)

Apenas afloran en la Hoja de Tahivila y cuando lo hacen, es en malas condiciones. El mejor afloramiento corresponde a un **bloque** incluido en las arcillas con *Tubotomaculum*, situado en las inmediaciones del cortijo Larrac, en el borde centro-sur de la Hoja. En este caso se trata de una alternancia de calcarenitas arenosas, dispuestas en varios bancos de 0,5-1 m de espesor, y arcillas rojas y verdes. Las calcarenitas presentan con frecuencia una estratificación convolutada pudiéndose apreciar intervalos altos de la secuencia Bouma (Tbce) generados en medios turbidíticos distales (llanura submarina), en conexión con un sistema de lóbulos. Son abundantes los nódulos de pirita a base de bancos. Estas calcarenitas están perfectamente representadas en el Paleoceno de la Hoja de Tarifa y no son representativas, sin embargo, en la zona que ocupa la Hoja de Tahivila donde aparecen de forma aislada o incluso están ausentes del tramo calcáreo, lo que pone de manifiesto su escasa continuidad lateral hacia el Norte.

La fauna encontrada corresponde al Paleoceno: *Microcodium*, *Globorotalia laevigata*, *G. Pseudomenardi*, *G. angulata*, *G. pusilla* y *Globigerina triloculinoides*. Junto a los organismos paleocenos se encuentran resedimentaciones de fósiles senonienses que, en ocasiones, pueden constituir la totalidad de la roca.

Calizas bioclásticas y margas (Ypresiense-Luteciense) (4)

Es un nivel con notable continuidad cartográfica y características bastante homogéneas que además casi siempre da afloramiento. Con un espesor variable entre 10-30 m, aparece incluido en el tramo calcáreo s.l. (2), o en contacto directo con las arcillas rojas del Oligoceno (6).

Son calizas bioclásticas grises, muy bien cementadas y dispuestas en niveles tabulares de 10-20 cm de espesor entre los que se intercalan unas margas blancas. Las calizas, ocasionalmente enriquecidas en nummulites, presentan una estructuración interna turbidítica, estando especialmente representados los tramos Tce de la secuencia de Bouma. Representan intercalaciones de abanico distal en ambientes de llanura submarina.

Junto a numerosos restos resedimentados del Cretácico y Paleoceno, se encuentra una abundante fauna formada fundamentalmente por Globorotalias, (*G. aragonensis*, *G. spinulosa*, *G. bullbrooki*, *G. broedermannii*, etc.) y Globigerinas (*G. linnaperta*, *G. senni*, *G. soldadoensis*). También se encuentran ricas asociaciones de nannoflora caracterizadas por varias especies de discoastéridos (*Discoaster barbadiensis*, *D. sublodoensis*, *D. lodoensis*, *D. multi-radiatus*) además de *Sphenolithus radians*, *S. anarruphus*, *Coccolithus formosus* y otros. Las

asociaciones de fósiles encontradas corresponden al Eoceno inferior y medio (Ypresiense-Luteciense), aunque hay que destacar su carácter alóctono y la abundancia de faunas cretácicas y paleocenas que se encuentran junto a ellas.

Este nivel de calizas bioclásticas y margas se ha encontrado intercalado, con un espesor aproximado de 1-2 m, dentro de la serie de calizas bioclásticas y arcillas rojas (5) que aparecen en el extremo sureste de la Hoja. Este hecho permite considerar a ambas series relacionadas lateralmente, de tal forma que la última (5), en facies de lóbulo, representaría las facies inmediatamente proximales de la primera (4), en facies de abanico distal y llanura submarina.

Volviendo de nuevo al tramo indiferenciado, éste no aporta datos que ayuden a datar el conjunto calcáreo en general. Sí se pone de manifiesto la existencia de removilizaciones de faunas cretácicas, paleocenas y eocenas. Por su relación con las arcillas rojas (6), estratigráficamente superiores, y por la edad de las calizas bioclásticas y margas blancas (4), su techo se puede considerar como Eoceno superior. Por la edad del tramo de calizas arenosas y arcillas (3) se puede pensar que su sedimentación comenzó en el Paleoceno.

No obstante estas dataciones -realizadas teniendo más en cuenta las relaciones de facies que el contenido micropaleontológico- han de ser sopesadas con extremo cuidado y quizás en un futuro se puedan asignar a este tramo edades más altas.

2.3.1.2. *Arcillas rojas y calcarenitas margosas* (6) (Eoceno medio-superior-Aquitaniense inferior)

Aparecen debajo de las Areniscas del Aljibe y relacionadas estratigráficamente de forma diversa con algunas de las series descritas en apartados anteriores. Debido a su litología arcillosa apenas existen afloramientos de las mismas. Solamente son visibles en algunas cárcavas que se originan a pie de monte. Se disponen a base de casi todas las sierras puesto que son el nivel de despegue más frecuente de los cabalgamientos. Su espesor, en la zona que ocupa esta Hoja, oscila entre los 100 y 150 m.

Son pelitas limosas de un color rojo oscuro mate que se mantiene muy uniforme en toda la serie. No presentan una estratificación clara y a lo sumo la compactación ha producido en ellas una seudoestratificación en niveles centimétricos o una disyunción concoidea. Su contenido en carbonatos es bajo o nulo y localmente son algo micáceas.

Son frecuentes las superficies de interrupción (hard-grounds incipientes) con *Scolicia*, *Chondrites*, *Megagrapton* y *Zoophycus*.

Se interpretan estas arcillas como facies turbidíticas distales, bastante diluídas y depositadas en una llanura submarina en sentido amplio.

Se sitúan sobre las calizas bioclásticas y margas del Eoceno (4) o sobre el tramo calcáreo s.l. (2) en tránsito gradual. Estas mismas arcillas son las que forman los tramos blancos de la serie

calcárea s.l. pero, debido al escaso espesor de las mismas, se ha optado por suprimirlos cartográficamente.

El contenido micropaleontológico de esta serie revela la existencia de removilizaciones puesto que se encuentra fauna del Cretácico superior, Paleoceno, Eoceno y Oligoceno dispuesta de una forma estratigráficamente aleatoria. La fauna más moderna encontrada en la Hoja de Tarifa (en la de Tahivilla no se ha encontrado fauna indicativa de edad) pertenece al Oligoceno (*Eulepidina tournieri*).

Por otra parte, la mayor parte del nannoplacton encontrado en algunas muestras corresponde a una edad que oscila entre el Eoceno y el Oligoceno, (*Coccolithus eopelagicus*, *C. neogammation*, *C. pelagicus*, *C. formosus*, *C. predistentus*, *C. recurvus*), si bien también se ha encontrado fauna de edad Aquitaniense (NN): *Cyclicargolithus floridamus*, *C. abisectus*, *Helicosphaera eurphratis*, *Reticulofenestra lokeri*, *Discoaster deflandrei*, *Sphenolithus moriformis*.

La fauna aquitaniense se ha encontrado en las calcarenitas que aparecen intercaladas en este tramo junto a la base de las Areniscas del Aljibe. Cuando estas intercalaciones calcareníticas adquieren relevancia cartográfica, aparece el tramo 7 que a continuación se describe.

2.3.1.3. *Calcarenitas margosas y arcillas rojas* (7) (Eoceno superior-Aquitaniense inferior)

Esta serie aflora únicamente en las inmediaciones del Puente de las Cañas, en el límite suroriental de la Hoja, en forma de bloque y en la esquina noroccidental de la misma, estando ampliamente representada al Norte del Accidente de Cotilla, fuera de esta Hoja.

Se trata de una alternancia de calizas bioclásticas y arcillas rojas. Las calizas se disponen formando capas de espesor no superior a 1 m. Suelen presentar granoclasicación positiva y una estratificación plano paralela. Su estructura interna es claramente turbidítica con secuencias Tac/e y Tbc/e. Se interpretan como depósitos de llanura submarina s.l.

Estas calizas, conocidas en la literatura previa como Formación Benaiza, responden a un enriquecimiento en carbonatos, procedentes del Este, de la llanura submarina donde se estuvieran depositando las arcillas rojas del tramo (6), con las que están en aparente continuidad estratigráfica.

El contenido micropaleontológico más habitual de estas calizas -*Catapsidrax dissimilis*, *Glororotalia opima*, *Globoquadrina venezuelana*, *Glororotalia increscens*- es indicativo del Oligoceno, si bien existen removilizaciones de facies del Eoceno. Anteriormente ya se ha indicado que en los niveles más altos, inmediatamente debajo de las Areniscas del Aljibe, se han encontrado muestras con fauna del Aquitaniense inferior.

2.3.1.4. *Calizas brechoides ocres y arcillas rojas* (10) (Oligoceno superior-Aquitaniense)

Aparecen siempre a techo del tramo más alto de la serie de arcillas rojas (6), muy próximas a la base de las Areniscas del Aljibe, aunque sólo adquieren la entidad suficiente para ser

cartografiadas como tramo independiente a pie de la sierra que flanquea el borde NE. de la depresión de la Laguna de la Janda.

Se trata de biocalcarenitas (intrabiocalcarenitas) de grano grueso, a veces microconglomerados de color marrón por fuera y ocres en corte fresco, que contienen glauconita muy abundante y algunos fragmentos de rocas mesozoicas. Su aspecto es masivo sin que sea visible ninguna estructuración interna de tipo turbidítico, si bien son frecuentes figuras de corrientes de base de banco. Corresponden, en su mayor parte, a depósitos de hardground removilizados.

En el tramo cartografiado como independiente aparecen no más de cinco intercalaciones-entre arcillas rojas- de estas biocalcarenitas, con espesores que oscilan entre los 2 a 6 m.

Su contenido micropaleontológico más moderno -*Eulepidina tournieri*, *E. dilatata*, *Globorotalia opima-nan*, *G. nana-bolli*- pertenecen al Oligoceno, aunque son frecuentes faunas removilizadas del Paleoceno, Eoceno y, en ocasiones, también del Cretácico. Sin embargo, por su posición estratigráfica, tan próximas a la base de las areniscas del Aljibe, estas intercalaciones se pueden considerar de edad Oligoceno superior-Aquitaniense.

2.3.2. Neógeno

2.3.2.1. Areniscas del Aljibe (1) (Aquitaniense)

Así denominadas por GAVALA en 1916, constituyen la mayor parte del área situada al NE. de la antigua Laguna de la Janda, además de la Mesa de Retín. Su estructuración en escamas apiladas configura un importante relieve en forma de sierras con una altitud media de 400-500 m.

Se trata de una serie de aproximadamente 1.500-2.000 m de areniscas de color anaranjado-amarillento y aspecto masivo, con delgadas intercalaciones pelíticas de color marrón claro. El contenido en cuarzo se estima en un 90%. Los granos son de tamaño grueso, localmente conglomeráticos, bien redondeados, sin apenas matriz y con mala cementación. La serie que aflora en el Pantano del Charco Redondo es perfectamente representativa de estas areniscas.

Las Areniscas del Aljibe desarrollan una variedad de facies muy limitada. En la Hoja de Tahivila se han encontrado casi exclusivamente asociaciones de abanico medio que se organizan, por lo general, en ciclos de facies y ciclos de compensación, correspondientes a lóbulos deposicionales, aunque también se reconocen secuencias canalizadas interpretadas como canales distributarios menores que pueden haberse extendido por toda la longitud del abanico.

Estos caracteres son propios de abanicos submarinos construidos por corrientes de turbidez densas, muy cargadas en arenas y bastante pobres en sedimentos finos, poco eficaces para transportar la arena a grandes distancias. La medida de paleocorrientes indica una procedencia desde el Sur.

Las Areniscas del Aljibe presentan además abundancia de estructuras (deslizamientos, diques de arenas, etc.) debidas a inestabilidad tectónica. A lo largo de la Loma de Valdespera y del Cerro del Tirador, se ha localizado un potente tramo slumpedizado de unos 400 m de espesor y 15 km de anchura visible, que pone de manifiesto la existencia de deslizamientos gravitacionales a gran escala como consecuencia de la inestabilidad tectónica mencionada.

Las Areniscas del Aljibe aparecen también en forma de bloques dentro de la pasta de arcillas con Tubotomaculum, hecho éste mucho más frecuente hacia el Oeste (ver Hojas de Vejer de la Frontera y Chiclana).

Respecto a la edad de las areniscas hay que decir en primer lugar que el hecho de que sean azoicas no permite su datación por medios paleontológicos. Sin embargo las series que se sitúan a base de las Areniscas del Aljibe, en sus tramos superiores, han dado una fauna de edad Aquitaniense.

Por otra parte, en las arcillas marrones con intercalaciones de areniscas cuarzo-micáceas que se sitúan en aparente serie normal a techo de las Areniscas del Aljibe, se ha encontrado nannoplancton de edad Aquitaniense superior-Burdigaliense (ver apartado siguiente).

Es decir, la sedimentación de las Areniscas del Aljibe comienza ya entrado el período Aquitaniense, sin que se pueda precisar su límite superior más que diciendo que existe un recubrimiento posterior de edad Aquitaniense superior-Burdigaliense.

2.3.2.2. *Arcillas marrones y areniscas cuarzo-micáceas* (Burdigaliense) (12)

Tal y como se dijo en el apartado anterior las Areniscas del Aljibe presentan, en aparente continuidad estratigráfica -el contacto nunca es visible-, un recubrimiento de unas arcillas marrones dentro de las cuales se intercalan ocasionalmente niveles decimétricos de unas areniscas cuarzomicáceas, muy bien cementadas, con figuras de corriente en base de bancos y laminación cruzada de pequeña escala.

Estas arcillas son bien visibles en la Loma de Enmedio, en el extremo NE. de la Hoja, así como en pequeños afloramientos del Valle del Valdeinfierro, donde se encuentran pinzadas bajo una escama de Areniscas del Aljibe. Asimismo ocupan el amplio núcleo de la Sierra del Niño y los flancos del anticlinal del Cerro de los Frailecillos. En ningún caso se puede observar su techo por lo que no se puede estimar su potencia total. El mayor espesor de afloramiento oscila alrededor de los 100 m.

La escasez de afloramientos de estas arcillas es posible que en parte se deba a que se encuentran cobijadas bajo los cabalgamientos, si bien también es factible pensar que su sedimentación ha tenido lugar en pequeñas cuencas aisladas entre sí. Ninguno de los afloramientos permite efectuar series ni observaciones de tipo sedimentológico por lo que no se puede aventurar conclusiones sobre su ambiente deposicional.

El nannoplancton encontrado en estas arcillas -*Discoaster deflandrei*, *D. druggi*, *D. variabilis*-, pertenece a las zonas NN2-NN5, comprendidas entre el Aquitaniense alto y el Lhangiense

bajo, y por tanto permite considerarlas en general como burdigalienses. A excepción de las arcillas con *Tubotomaculum*, estos son, a escala regional, los materiales estratigráficamente más altos que aparecen involucrados en la tectónica compresiva durante la cual se estructura la cadena.

2.4. COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO MIOCENO

2.4.1. Neógeno

2.4.1.1. *Arcillas con Tubotomaculum* (13) (Mioceno inferior). *Bloques diversos* (Lías) (14) (Dogger) (15), (Neocomiense) (16)

Los afloramientos se reparten prácticamente por toda la Hoja si bien la calidad de los mismos no es demasiado buena, principalmente en lo que se refiere a sus contactos con el resto de los conjuntos estratigráficos.

Se trata de un conjunto de arcillas rojas y verdes, satinadas y de aspecto esquistoso, con restos de trazas fósiles (*Tubotomaculum*), nódulos de azufre y yeso, que a veces puede formar niveles (*gypsiarenitas*) y formas de crecimiento diagenético. Son relativamente frecuentes las intercalaciones-de aproximadamente 10 cm de espesor- de niveles limolíticos ferruginosos que ocasionalmente se fragmentan adquiriendo formas de discos. También se suelen encontrar fragmentos de calizas diaclasadas extremadamente duras.

Estas arcillas han sido denominadas de forma diferente por anteriores autores y así DIDON (1967-1972) las asigna unas veces a la **Unidad de Facinas** y otras a la serie de base de la **Unidad de Aljibe**; CHAUVE (1968) también las incluye dentro de la serie de base del Aljibe o dentro de la **Unidad de Paterna**; BOURGOIS (1978) las sitúa unas veces dentro de la **Formación de arcillas con bloques**, como constituyentes del Neonumídico otras, y también como serie de base de las Areniscas del Aljibe.

Los estudios micropaleontológicos realizados en estas arcillas han puesto de manifiesto la existencia de removilizaciones de faunas pertenecientes al Cretácico superior, Paleoceno y Eoceno. Sin embargo sus microfósiles más frecuentes -*Bathisiphon*, *Haplophragmoides*, *Ammodiscus*, *Rhizammina*- no son característicos de un piso o subpiso concreto. El nanoplanton más moderno encontrado -*Sphenolithus ciperoensis*, *Helicosphaera intermedia*, *Coccolithus neogammation*, *Discoaster deflandrei*- pertenece al Oligoceno medio-superior.

En la Hoja de Alcalá de los Gazules se han encontrado *Globogerinoides*, formas típicas del Mioceno y en alguna muestra ha aparecido el *Discoaster druggi*, (Mioceno inferior), si bien en este caso existe alguna duda acerca de la identidad del afloramiento. En las de Vejer de la Frontera, Chiclana de la Frontera y Algar se han obtenido muestras con faunas del Mioceno inferior (al menos hasta el Burdigaliense). Sin embargo es necesario hacer constar que estos restos no deben pertenecer a las arcillas con *Tubotomaculum* sino que debe ser la fauna autóctona de la cuenca, o verdadera **matriz** del Complejo Tectosedimentario. Por ahora no existen criterios para separar cartográficamente estos sedimentos autóctonos de la **pasta de**

arcillas con *Tubotomaculum* cuyo origen, al igual que el de los bloques, se puede considerar como tectónico. La llegada de estos materiales de origen tectónico a una cuenca con su propia sedimentación autóctona configura el Complejo Tectosedimentario.

La característica principal de las arcillas con *Tubotomaculum* es la de englobar abundantes bloques de las más diversas litologías y edades. Este hecho, visible a escala regional, es si cabe más espectacular en la Hoja de Chiclana y en la parte occidental de ésta. Los bloques más frecuentes son de las Areniscas del Aljibe, lo que implica que la inclusión de este conjunto arcilloso dentro del Complejo Tectosedimentario se ha generado, de una forma u otra, con posterioridad al depósito de las Areniscas del Aljibe cuya edad más baja es Aquitanense inferior.

Las arcillas con *Tubotomaculum* parecen haberse depositado en un ambiente de talud o alto fondo. Con posterioridad y sin que se interrumpiera su sedimentación, se han visto involucradas en el proceso tectónico durante el cual incorporan los bloques que aparecen por ellas empastados.

Respecto a su origen, es muy aventurado dar una hipótesis con los datos que ahora se poseen. Puede que tengan relación con materiales del Triásico superior, que serían el origen de los gypsiarenitas, de los nódulos de azufre y quizás de parte de las arcillas versicolores. Pudieran proceder de una hipotética serie Cretácico superior-Oligoceno que se situaría a pie de la plataforma de las Zonas Internas. El desplazamiento de éstas durante el Mioceno inferior-alto y Mioceno medio destruiría y mezclaría estas series originales de talud y quizás también las de la plataforma pasando a integrar el Complejo Tectosedimentario, en forma de pasta, fundamentalmente las primeras, y de bloques las segundas.

Los bloques englobados por la pasta de arcillas con *Tubotomaculum* tienen su origen en casi todas las series que aparecen en áreas geográficas próximas y la mayoría de ellos están constituidos por fragmentos de gran parte de las series hasta ahora descritas. En esta Hoja aparecen bloques de las calizas y margas de Almarchal (1), serie calcárea s.l. (2), calizas arenosas (3), calizas y margas blancas (4), margas y areniscas micáceas de Algeciras (9) y Areniscas del Aljibe (11) que son las más frecuentes.

Además aparecen bloques de fragmentos de series no representadas en esta Hoja y cuya procedencia es difícil de estimar. Se trata de los siguientes:

- Bloque de calizas brechoides del Sinemuriense (Liásico) (14), que aparece en la zona del Arroyo Multa, datado por la siguiente fauna: *Lituosepta reccarensis*, *Orbitopsella praecursor*, *Haurania diserta*, *Thaumatoporella parvavosculifera*.
- Bloques de calizas margosas del Bathoniense (15), con abundantes radiolarios y, espículas.
- Relativamente abundantes bloques de calizas margosas del Neocomiense (16), con radiolarios y *Nannoconus ducherii*, *N. globulus*, *N. bermudezi* y otros.

2.5. TERRENOS POSTOROGENICOS

2.5.1. Mioceno superior

2.5.1.1. *Brechas calcáreas* (17) y *biocalcarenitas* (18) (Messiniense-Plioceno inferior)

Discordante sobre algunos de los conjuntos estratigráficos anteriormente descritos se desarrolla un conjunto detrítico formado por calcarenitas bioclásticas de grano grueso a muy grueso con abundantes fragmentos de macrofauna, incluyendo en la base esporádicos niveles de brechas y conglomerados calcáreos (17), empastados en una matriz biocalcarenítica con un espesor que oscila entre 1 y 5 m.

La potencia de esta unidad es muy variable, llegando a alcanzar en Hojas próximas a ésta (Vejer de la Frontera, 1.073) más de 300 m.

Básicamente este tramo está formado por cosets de estratificación cruzada **festoon** o planar, de gran a muy gran escala, esencialmente sin arcilla, entre los que se intercalan niveles con estratificación cruzada **festoon** de media y pequeña escala. Con frecuencia la estratificación es de tipo sigmoidal.

En conjunto constituye una macrosecuencia compleja negativa. La ciclicidad interna es variable debido a la presencia de ciclos de facies y ciclos de compensación.

La fauna es muy abundante, con restos de Briozos, Lamelibranquios, *Orbulina universa*, *O. suturalis*, *Globorotalia menardii*, *G. scitula*, *Globigerinita gr raparimaensis*, *Globigerina bulloides*, *G. falconensis* y *G. riveroae* que asignan a esta unidad una edad comprendida entre el Messiniense y el Plioceno inferior.

Sedimentológicamente corresponden a un complejo de barras bioclásticas amalgamadas y sedimentadas en un ambiente de alta energía, esencialmente submareal y por encima del límite de acción del oleaje.

2.5.2. Plioceno

2.5.2.1. *Arenas amarillas* (19) (Plioceno inferior-medio)

Discordante sobre el tramo anteriormente descrito se observa un conjunto detrítico formado por arenas amarillas que incluyen niveles carbonatados con fragmentos de macrofauna.

Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentran situados en las inmediaciones del Castillo de Benalup y en el Cerro de las Majadillas alcanzando una potencia de 150 m.

Las únicas estructuras claramente reconocibles son superficies onduladas de gran escala y, en el techo de esta unidad, laminación cruzada **festoon** de gran a muy gran escala.

Los estudios de microfauna han resultado banales; no obstante se han encontrado restos de

Lamelibranquios, *Equínidos*, *Balunus* y *Rotalia beccarii*, asignando a este tramo una edad Plioceno inferior, atendiendo tanto a su posición estratigráfica como a los escasos restos fósiles que contiene.

El ambiente en el que se depositó este tramo corresponde a un medio costero, con probable desarrollo de playas.

2.5.3. Pliocuaternario

2.5.3.1. *Cantos y bloques con matriz arenó-arcillosa* (20)

Corresponden a los depósitos de abanicos aluviales, (20), que se observan en la zona Cerro del Laurel y Suerte Perdida; estos afloramientos han perdido completamente su morfología original y en la mayor parte de los casos no presentan una clara relación con la red fluvial actualmente establecida. La edad que se ha dado a estos depósitos es plio-cuaternaria.

2.5.4. Cuaternario

Antes de situar a los diferentes elementos cartografiados dentro de una secuencia cronológica, se ha de advertir que la secuencia de procesos que en esta Hoja se ha establecido ha tenido que ser deducida, en muchos casos, de datos de carácter regional a falta de criterios más estrictos que en esta zona en concreto son inexistentes, (véase fauna, secuencias sedimentarias completas, etc.).

En primer lugar se desarrolla una serie de abanicos aluviales (21 y 22) ya con una clara relación con la red pleistocena; los primeros se presentan encajados en los abanicos plio-cuaternarios en la zona de las Majadillas; los segundos, con un mayor desarrollo en la Hoja, representan en muchos casos la secuencia más antigua de estas formas, en las zonas en las que se desarrolla más de una generación, por ejemplo al Norte del Embalse del Celemín y los relacionados con el Ayuntamiento del Aciscar.

Aunque los niveles de terraza no están muy desarrollados, la mayor parte de los ríos de la zona presentan asociada a su valle una secuencia escalonada de cuatro ó cinco niveles que se sitúan a una altura media, con relación al talweg, de + 25-30 m, + 20 m, ambas en el Pleistoceno medio, 23, 26, + 15 m y + 7-10 m en el Pleistoceno superior. Estas terrazas (28, 32), contienen industria Achelense en el Cerro de la Venta de Tahivilla (c.o. I. RUS). Por último, las terrazas de + 3-7 m corresponden al comienzo del Holoceno (35).

El río que presenta la secuencia más completa es el Almodóvar, seguido del río de las Cañas o Palmones.

Durante el Würm, dado que en estas zonas reinaría un régimen pluvial, debido a la altitud, el exceso de pluviosidad así como las características litológicas del área favorecen el desarrollo de los movimientos en masa que en este caso están representados por deslizamientos (31) y conos de derrumbes (30). En la leyenda estos dos términos aparecen ocupando parte del Pleistoceno superior y parte del Holoceno, debido a que dentro de los mismos a veces se

observan varias secuencias: tres al pie de la loma de Juan Vivas, Puerto de las Yegüas y Sierra Blanquilla.

Durante el Holoceno se depositan los materiales que rellenan, al menos en superficie, la laguna de la Janda (37) cuya variación de nivel de agua deja alrededor de la misma un nivel lacustre (36) constituido por unos depósitos limo-arenosos que presentan enriquecimientos en carbonatos. Los últimos reductos de la misma corresponden a unos materiales ricos en materia orgánica (43) que ocupan lógicamente la zona más deprimida de la antigua laguna.

Los materiales eólicos que con tanta profusión se dan en el litoral de Cádiz penetran en las zonas deprimidas de la laguna a favor de los vientos que soplan del levante dando origen a un sistema de dunas longitudinales, (39), que se extienden por la zona de los Molinos de Benalup.

3. TECTONICA

3.1. INTRODUCCION

El área comprendida dentro de esta Hoja presenta una gran uniformidad litológica y paisajística que contrasta con la complejidad de su estructura, la cual es el resultado de la actuación de diversas fases y movimientos.

Las megaestructuras detectadas tienen su continuación en las Hojas limítrofes, especialmente en la Hoja nº 1070 (Alcalá de los Gazules), situada inmediatamente al Norte de la de Tahivilla. El esquema estructural y la evolución tectónica deducidos, se basan, por tanto, en observaciones realizadas en un ámbito más amplio que el comprendido dentro de esta Hoja.

Los datos de observación han derivado en gran parte de una fotointerpretación minuciosa, dado que las sierras constituidas por las Areniscas del Aljibe proporcionan sobre el terreno muy pocos datos de índole estructural. Por otro lado, las formaciones blandas intercaladas aparecen casi siempre cubiertas.

Los accidentes corticales, que se enumeran más adelante y que han producido importantes desplazamientos, han podido ser deducidos a partir solamente de la geometría y disposición de las sierras de Areniscas del Aljibe, ya que sobre el terreno no se ha encontrado ningún afloramiento de suficiente calidad que haya permitido el análisis de posibles mesoestructuras indicadoras de tales movimientos. Se han observado, sin embargo, diferentes mesoestructuras resultantes de la segunda fase o principal y de la tercera fase (retrocabalga- mientos).

Durante la segunda fase se produce un desplazamiento e imbricación de las Areniscas del Aljibe y sus series solidarias infrayacentes empujando al mismo tiempo al Complejo Tectosedimentario hacia el Oeste. Simultáneamente se reactivaron diversos accidentes corticales produciéndose giros en planta y desnivelaciones en el edificio resultante de la imbricación que dieron lugar a deslizamientos gravitacionales hacia las zonas frontales del mismo.

La tercera fase, de retrocabalgamiento, también tangencial, da lugar a la inversión o verticalización, según los casos, de las estructuras generadas anteriormente.

Con anterioridad a estas dos fases principales, y aún antes de la sedimentación de las Areniscas del Aljibe, tuvo lugar una primera fase de acortamiento, con vergencia Norte, de edad Aquitanense basal. Dicha fase involucró a las series subbéticas y las de Almarchal y de Algeciras. (Ver Memorias Hojas geológicas de Algar y Tarifa). Por ello es lógico que en la presente Hoja, ocupada casi en su totalidad por las Areniscas del Aljibe, no se hayan detectado estructuras asimilables a la misma. La serie de Almarchal, aflorante en el borde suroccidental, posiblemente presente una estructuración de acuerdo con dicha fase. No obstante, la escasez y mala calidad de sus afloramientos no han permitido confirmar esta hipótesis, razón por la cual este problema no será abordado en la presente Memoria.

La última, o cuarta fase, de acortamiento, da lugar a la reactivación de los accidentes más importantes como grandes fracturas de desgarre.

Por último tuvo lugar un episodio distensivo durante el cual la cadena siguió su compensación isostática, produciéndose deslizamientos locales y el depósito de series mio-pliocenas en zonas subsidentes.

3.2. FASE TECTONICA PRINCIPAL. IMBRICACION DE LAS ARENISCAS DEL ALJIBE Y GENESIS DEL COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO.

Durante esta fase las Areniscas del Aljibe sufrieron una tectónica del tipo **thin skin**, generándose planos de cabalgamiento a favor de la serie de arcillas rojas, aunque también llegaron a involucrarse, en algunos casos, la serie calcárea y la parte superior de las calizas cretácicas. Las Areniscas del Aljibe y sus series solidarias, situadas originalmente y antes de su desplazamiento en una posición oriental en relación con las series de Algeciras y de Almarchal, llegaron o pudieron llegar a situarse sobre estas últimas durante su imbricación.

Parte de las arcillas con **Tubotomaculum**, procedentes de la destrucción de un posible diapiro triásico situado al Este, son **empujadas** en este movimiento en el sentido del transporte tectónico. De esta forma dentro de la Hoja se encuentra repetida varias veces la siguiente sucesión, de techo a muro:

- Arcillas con **Tubotomaculum** del Complejo Tectosedimentario.
- Arcillas marrones burdigalienses (sólo localmente).
- Areniscas del Aljibe.
- Serie de base (arcillas rojas, serie calcárea y parte de la serie de Almarchal -según los casos-).
- Arcillas con **Tubotomaculum** del Complejo Tectosedimentario.
- Arcillas marrones burdigalienses.
- Areniscas del Aljibe.
- Etc.

La disposición original de las escamas ha sido muy distorsionada por movimientos simultáneos y posteriores, pero precisamente esta circunstancia permite observar, en el sector central de la Hoja, una sección aproximadamente perpendicular a su dimensión mayor. De esta manera ha podido constatarse cómo la imbricación tuvo lugar a favor de superficies de cabalgamiento con tramos largos paralelos a la estratificación (**flats**), desarrollados preferentemente en los niveles incompetentes, y tramos oblícuos a la misma (**ramps**) en los tramos competentes (DOUGLAS, 1950). De esta manera, planos y rampas fueron individualizando las diferentes escamas (fig. 1b).

Ejemplos muy ilustrativos de estas rampas son los correspondientes a los extremos orientales de las sierras de Areniscas del Aljibe denominadas: Loma de los Secretillos, Sierra del Junquillo, Loma de los Garlitos, Cerro Carboneras y Sierra del Niño. En todos los casos la vergencia tectónica deducible de dichas rampas señala hacia el Oeste.

La longitud, forma y espesor de las diferentes escamas son bastante variables. Hay que tener en cuenta, además, que las secciones observadas pueden no ser exactamente perpendiculares

a la dimensión mayor de las mismas. Así, el buzamiento visible de cada rampa en relación con la estratificación de la escama correspondiente puede ser un buzamiento aparente y, por tanto, menor que el real. Por otro lado, la longitud del afloramiento de cada escama puede ser también aparente y, por tanto, mayor que la real.

Si se tiene en cuenta el espesor, habrá que considerar solamente el correspondiente al tramo competente de las Areniscas del Aljibe, ya que los tramos más plásticos han sufrido aplastamientos y cizallas posteriores que han modificado su potencia original. Por otro lado y dado que los despegues, o zonas de flats, se desarrollan a favor de las formaciones incompetentes, el espesor de las Areniscas del Aljibe en cada escama representa aproximadamente el espesor de dicha formación en el lugar de procedencia de la misma.

El posible mecanismo en el desarrollo de la imbricación ya queda implícito en las consideraciones anteriores. Se trataría del apilamiento mediante sucesivas superficies de cabalgamiento que fueron apareciendo de Este a Oeste (*piggy-back*, DAHLSTROM, 1970), de forma que las escamas más orientales habrían sufrido un mayor transporte tectónico (fig. 1b). Este proceso es mecánicamente el más viable, en virtud de diversos factores, algunos de los cuales serán señalados más adelante. Por otro lado, la mayor parte de los cinturones de cabalgamiento análogos al de Gibraltar, que aparecen descritos en la bibliografía, se han configurado de esta manera. No obstante, cabe la posibilidad de que en algún momento, quizás al final del proceso, se reactivasen algunos de los cabalgamientos situados hacia Oriente, ya que el frente de la imbricación limita al Oeste con una banda de afloramientos triásicos, la cual debió de elevarse diapíricamente, creando un relieve contra el cual se detuvo el frente de la imbricación. Al proseguir los empujes desde las zonas orientales algunas escamas más orientales pudieron reactivar su movimiento y adquirir una posición tectónica más elevada, a partir de la cual deslizarían gravitatoriamente, dando lugar a los numerosos bloques de Areniscas del Aljibe que, formando parte del Complejo Tectosedimentario, deslizaron hacia las zonas externas del arco, llegando incluso a formar parte del olistostroma del Valle del Guadalquivir, durante el Tortoniense.

3.3. ACTUACION DE DIVERSOS ACCIDENTES CORTICALES. DESLIZAMIENTOS GRAVITACIONALES

Son los accidentes de Cotilla (DIDON, 1966 y 1969) y los denominados en esta ocasión de la Cruz Negra y de la Sierra de la Plata-Estepona. Los dos primeros son paralelos y presentan una dirección N30-40°O. El tercero, con una dirección N60°E, resulta ser paralelo al Estrecho de Gibraltar y a diversos accidentes que compartimentan en diversos segmentos el arco con el mismo nombre. (Ver Hoja geológica nº 1077, Tarifa).

El accidente de Cotilla fué considerado por el citado autor como el posible límite paleogeográfico entre el Subbético y la cuenca de la serie turbidítica de Almarchal, señalando además (DIDON, 1973 y 1977) que el diferente comportamiento tectónico de las Areniscas del Aljibe al Norte y al Sur de dicho accidente podría estar condicionado por la variación de la naturaleza del substrato. Probablemente dicho accidente no corresponda al límite paleogeográfico del Subbético. No obstante en la Hoja de Alcalá de los Gazules, éste aparece imbricado entre las escamas de Areniscas del Aljibe a lo largo de un accidente denominado corredor de

Arnao, hasta alcanzar las inmediaciones del accidente de Cotilla. En cualquier caso el límite entre la plataforma subbética y la cuenca turbidítica debió presentar una dirección N60°E, paralela a diversos accidentes próximos al estrecho y a las zonas paleogeográficas propias del Subbético. Dicha plataforma del Subbético interno debía estar ya estructurada mediante sucesivas imbricaciones y cabalgamientos generados durante la primera fase fini-oligocena, (BOURGOIS, 1978). Asimismo las series de Almarchal y Algeciras habrían cabalgado sobre dicha plataforma, también mediante cabalgamientos con vergencia al NNW.

La fig. 2 representa el modelo evolutivo que se propone para explicar la configuración actual de la estructura de la Hoja de Tahivila, como parte de este sector del arco de Gibraltar. Por ello dicho modelo ha sido elaborado en base a las observaciones realizadas no sólo en esta Hoja sino también en las limítrofes, sirviendo como referencia la situación invariable de los accidentes corticales de Cotilla y de la Cruz Negra así como la posición más probable del límite de la plataforma subbética.

Esta segunda fase es el resultado de la penetración del bloque de Alborán hacia el O.S.O. lo cual dió lugar a la extrusión y derrame sobre las Areniscas del Aljibe de las arcillas con Tubotomaculum, que de esta manera se transforman paulatinamente en el Complejo Tecto-sedimentario. Simultáneamente se produjo el deslizamiento e imbricación de dichas areniscas las cuales llegaron a situarse ya sobre la zona paleogeográfica correspondiente a las series de Algeciras y Almarchal.

Cuando el edificio de la imbricación (*thrust belt*) llegó a situarse sobre los accidentes mencionados, éstos actuaron como cabalgamientos profundos. Su reactivación debió verse favorecida por el incremento de la temperatura y de la presión de los fluidos resultantes de la sobrecarga tectónica. GRETENER (1981) señala la importancia de dichos factores en la formación o reactivación de las superficies de cabalgamiento. Bajo estas condiciones, el accidente correspondiente al corredor de Arnao actuó como un cabalgamiento con vergencia al Oeste, a favor del cual el Subbético llegó a imbricarse con las escamas de Areniscas del Aljibe, delimitando hacia Occidente un bloque cortical hundido. Paralelamente los accidentes de Cotilla y de la Cruz Negra actuaron también como cabalgamientos con vergencia al SO, en los cuales los movimientos relativos debieron presentar cierta componente horizontal izquierda, tratándose, por tanto, de dos zonas de convergencia oblícuas. El bloque cortical delimitado por estos dos accidentes sufrió de esta manera un importante basculamiento hacia el NE o, posiblemente, hacia el N mediante el incremento de salto vertical, ligado al accidente de Cotilla, hacia el extremo noroccidental del mismo (Fig. 2a). Con ello el edificio de la imbricación quedó compartimentado en diversos segmentos independizados entre sí:

- En el sector situado al Norte del accidente de Cotilla (ver Hoja geológica de Alcalá de los Gazules), el *thrust belt* aún se desplazó hacia Occidente, sobre pasando el accidente correspondiente al corredor de Arnao. Esto posibilitó el deslizamiento gravitacional de las escamas más occidentales, que pasaron a cubrir el bloque cortical hundido situado en este lugar (Fig. 2b).
- Para el sector comprendido entre los accidentes de Cotilla y de la Cruz Negra, las escamas fueron cortadas por dichos accidentes, independizándose del resto de la imbricación. De

esta manera sufrieron un basculamiento de Sur a Norte, junto con el bloque cortical que ocuparon, el cual adquirió el carácter de un graben asimétrico, con máxima subsidencia hacia el Norte. Con este basculamiento llegaron a aflorar los extremos meridionales de las escamas alojadas en dicho graben, si bien la posición de las mismas todavía no había adquirido los fuertes buzamientos que presentan en la actualidad. Simultáneamente dichas porciones de escamas experimentaron una progresión en su avance hacia el NO, y de forma canalizada a lo largo del Graben. No obstante, los movimientos relativos debieron producirse ya sólo entre tres grupos de escamas, dentro de los cuales las posiciones relativas iniciales entre cada una de ellas no debieron variar ostensiblemente, ya que el orden de la imbricación original se conservó. Estos tres conjuntos corresponden al arco de Mofeta-Momia (denominación de DIDON, 1969), situado en su mayor parte en la Hoja de Alcalá de los Gazules, al grupo de sierras de los Secretillos, el Junquillo y Blanquilla, y, por último, a las sierras situadas entre la Loma de Valdespera y la Sierra del Niño. A la par que el frente del edificio de la imbricación deslizaba de forma gravitacional al Norte del accidente de Cotilla, dentro del Graben el segundo conjunto de escamas aludido sobrepasaba al mencionado en último lugar (Loma de Valdespera-Sierra del Niño), bien de forma gravitacional o merced a la continuación de los empujes procedentes del Este. Las escamas correspondientes al arco de Mofeta-Momia debieron experimentar también un deslizamiento gravitacional hacia el extremo noroccidental del bloque cortical basculado (Fig. 2b).

- Por último y para el sector situado al Sur del ángulo formado por el accidente de la Cruz Negra y el posible límite de la plataforma subbética (accidente actual de la Sierra de la Plata-Estepona), las escamas tendieron a paralelizarse con el primero de ellos.

Aún después de haberse producido los deslizamientos gravitacionales el conjunto de la imbricación debió continuar su avance hacia Occidente mediante la actuación del accidente de Cotilla como desgarre izquierdo. De esta manera se produjo la estructura arqueada correspondiente a la Loma del Lobo, situada en la Hoja de Alcalá de los Gazules (Fig. 2b). Simultáneamente, algunas escamas más orientales o bien las porciones más elevadas del edificio de la imbricación deslizaron en forma de bloques perfectamente individualizados dentro del Complejo Tectosedimentario. La Sierra de Retín sería uno de estos bloques, quizás el de mayor tamaño (DIDON, 1969).

3.4. FASE DE RETROCABALGAMIENTOS

Esta fase aparece en diversos lugares de las Béticas y de Rif (GARCIA DUEÑAS y NAVARRO VILA, 1976; OLIVIER, 1978; GARCIA DUEÑAS, 1982; BAENA y JEREZ, 1983). No obstante, todavía no había sido señalada en estos sectores.

Su dirección de acortamiento es la misma que la de la primera fase de imbricación, pero el sentido de la vergencia es justamente el opuesto.

En la Hoja de Tahivila se materializa en diversas modificaciones introducidas sobre las macroestructuras de la primera fase y algunas mesoestructuras detectadas a escala de afloramiento. Su actuación y la deformación producidas vienen condicionadas por la disposición y orientación de las estructuras derivadas de la fase anterior. De esta manera se

pueden diferenciar tres dominios en relación con la misma:

1. Al Oeste del accidente de la Cruz Negra, las diferentes escamas formadas por las Areniscas del Aljibe y algunas de sus series, estratigráficamente inferiores, aparecen en posición invertida. Los cabalgamientos de la primera fase han sido volcados y posiblemente reactivados como retrocabalgamientos, aunque este último extremo no ha podido ser confirmado de momento. En algunos casos se ha llegado solamente a la verticalización del conjunto, tal como ocurre en el dique del embalse del Celemín y en la Sierra de los Pardillos y en otros la inversión es prácticamente completa; de esta manera todo este dominio corresponde a un pliegue sinforme, vergente al ENE, con plano axial subhorizontal y en el que el flanco superior está constituido por las series de cabalgamientos invertidos, la zona de charnela coincidiría con las porciones verticalizadas y el flanco inferior, no aflorante, con las escamas en su posición original más o menos alterada (Fig. 2d).

La (Fig. 3) muestra diversas mesoestructuras generadas durante esta fase mediante deformación frágil. En la (Fig. 3b) aparece un pliegue generado durante la primera fase, fracturado durante la segunda. En algunas de las microfracturas representadas aparecen estriás con un ángulo de pitch de unos 70° al SE lo cual indica una componente horizontal derecha añadida al movimiento principal como falla inversa.

2. Entre el accidente de la Cruz Negra y el accidente de Cotilla, sector que corresponde al graben analizado en el apartado anterior, las diferentes escamas sufrieron una verticalización de sus extremos meridionales, circunstancia que posibilitó aún más el afloramiento en superficie de las superficies de rampa correspondientes a los extremos orientales de dichas escamas y los pliegues-falla del frente de las mismas (Fig. 2d).
3. El sector noroccidental en relación con el accidente de Cotilla se sitúa ya prácticamente fuera de la Hoja; en él la fase de retrocabalgamiento ha dado lugar a la verticalización de todas las escamas e, incluso, al retrocabalgamiento de todo el conjunto sobre las arcillas con Tubotomaculum de la zona de Jimena de la Frontera.

En último lugar y en relación también con esta fase hay que señalar la existencia de una familia de fallas de desgarre izquierdas (ONO-ESE), con un salto poco importante en la mayor parte de los casos; dichas fracturas aparecen muy claras sobre las Areniscas del Aljibe, aunque no llegan a presentar gran longitud. Su orientación y sentido de movimiento corresponden a una dirección de acortamiento coincidente con la de la fase de retrocabalgamientos; por esta razón su génesis puede relacionarse con la misma y equivaldría a una última deformación de tipo frágil a continuación de una etapa anterior, más importante, durante la cual se produjeron las inversiones y la formación de mesopliegues. Así, en la carretera del Puente de la Roca a Benalup de Sidonia, en las inmediaciones de la Posada de los Chivos, se ha comprobado el giro levógiro en planta de numerosas charnelas de micropliegues asimétricos generados en la etapa principal de esta fase de retrocabalgamiento; dichos giros coinciden con la curvatura de la alineación de areniscas correspondiente al extremo occidental del arco de Mofeta-Momia.

Una familia de fracturas de dirección NO-SO, con aparente movimiento dextrógiro, pudiera ser la conjugada de la anteriormente descrita.

Puede concluirse, de acuerdo con todo lo anterior, que las dos fases tangenciales principales se inician con un tipo de deformación dúctil-frágil o frágil-dúctil, mediante el cual se produce plegamiento e imbricación, terminando con una etapa de fracturación de carácter tardío. Ambas etapas fueron mucho más intensas durante la primera fase, en la cual se produjo todo el apilamiento de las escamas y posteriormente la compartimentación del Arco de Gibraltar en diversos segmentos, como consecuencia de la activación de importantes fracturas. La segunda fase sólo ha supuesto modificaciones, no muy importantes, en las estructuras generadas anteriormente.

3.5. ULTIMA FASE DE ACORTAMIENTO EN LA DIRECCION NNW-SSE

Con posterioridad a la fase principal de imbricación y la fase de retrocabalgamientos, ambas relacionadas con el avance del bloque de Alborán hacia el WSW, se produjeron movimientos, con componente horizontal dominante, a lo largo de los accidentes corticales ya mencionados anteriormente. De esta manera, los accidentes de Cotilla y de la Cruz Negra actuaron como desgarres derechos, el primero de ellos con un salto de más de 8 km, generándose así las estructuras arqueadas correspondientes a los arcos de Mofeta-Momia y a la Sierra de Montecoste, los cuales corresponden por tanto a dos grandes pliegues de arrastre.

Esta fase también ha condicionado en gran medida la fracturación de las Areniscas del Aljibe en la Hoja de Alcalá de los Gazules, así como la reactivación de la estructura imbricada durante la primera fase, correspondiente al conjunto Bujo-Cabrito y al flysch de Algeciras, ya en el Estrecho de Gibraltar.

No se han encontrado mesoestructuras, observables a escala de afloramiento, propias o asimilables a esta fase. Los accidentes mencionados, cuya actuación repetida ha configurado en gran medida la estructuración de este sector del Arco de Gibraltar, no presentan afloramientos que permitan un análisis mesoestructural de los desplazamientos que han tenido lugar. Estos han sido deducidos a partir de la posición de las diferentes escamas.

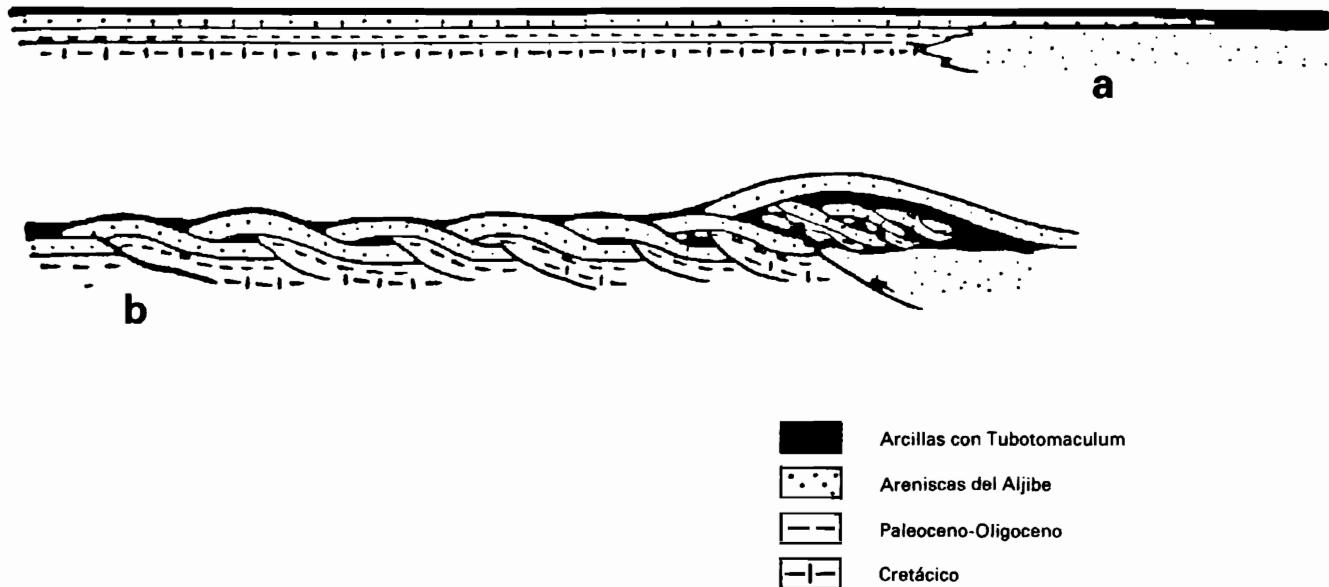
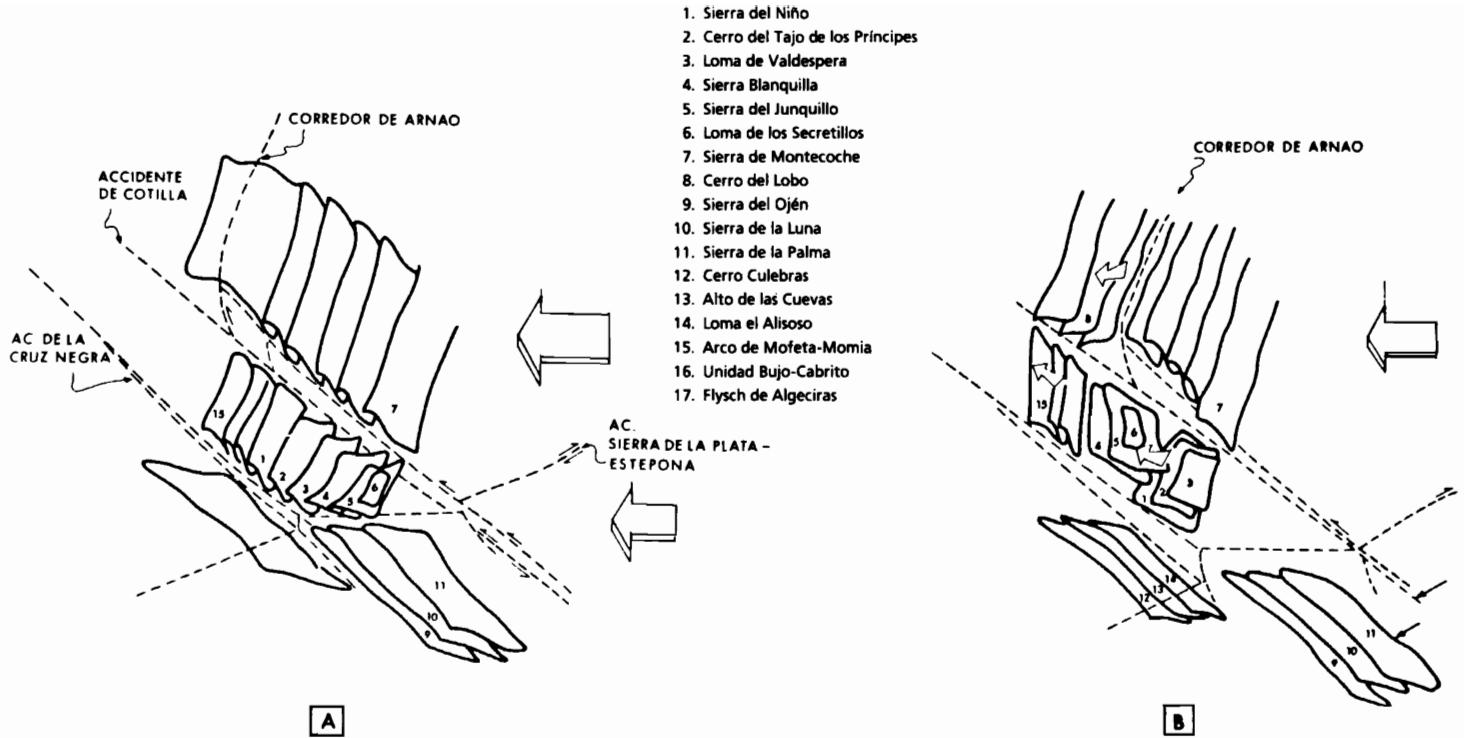


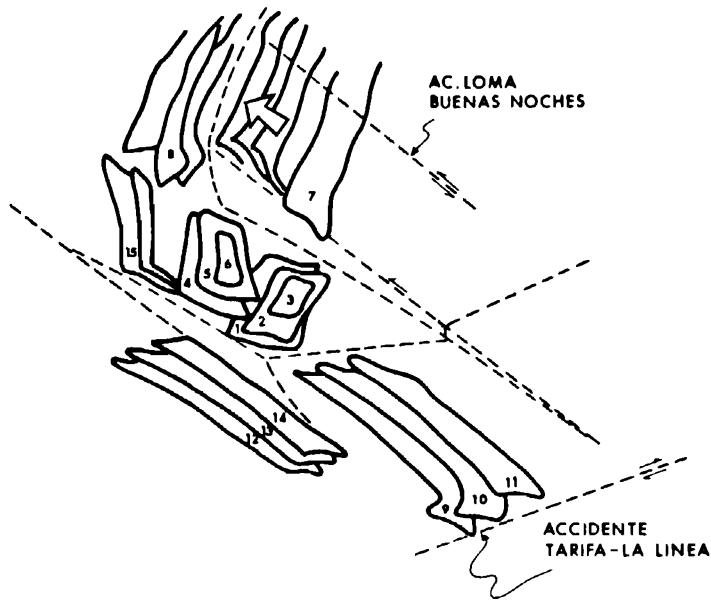
Fig. 1.- Distribución paleogeográfica e imbricación de las formaciones existentes en la Hoja de Tahivilla.



Fragmentación del *thrust belt* tras la actuación de los accidentes de Cotilla y de la Cruz Negra como cabalgamientos profundos, con cierta componente horizontal izquierda. Formación de un graben, basculado al Norte, entre los mencionados accidentes. Hundimiento del bloque cortical situado al Oeste del cabalgamiento del Corredor de Arnao.

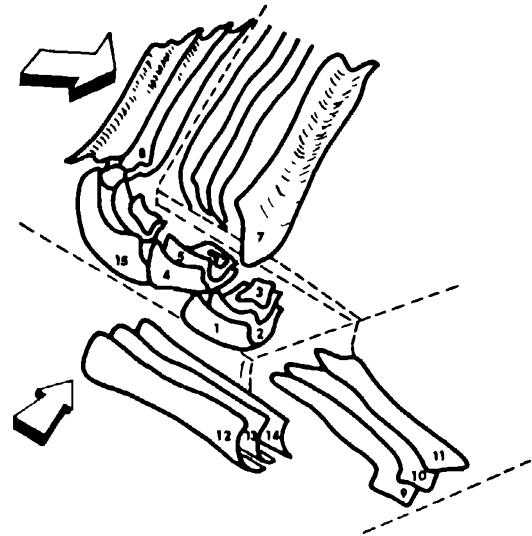
Deslizamientos gravitacionales, o bien por empuje tangencial, canalizados a lo largo del graben basculado. Imbricación inversa mediante sucesivas diverticulaciones al Oeste del Corredor de Arnao.

Fig. 2.-



C

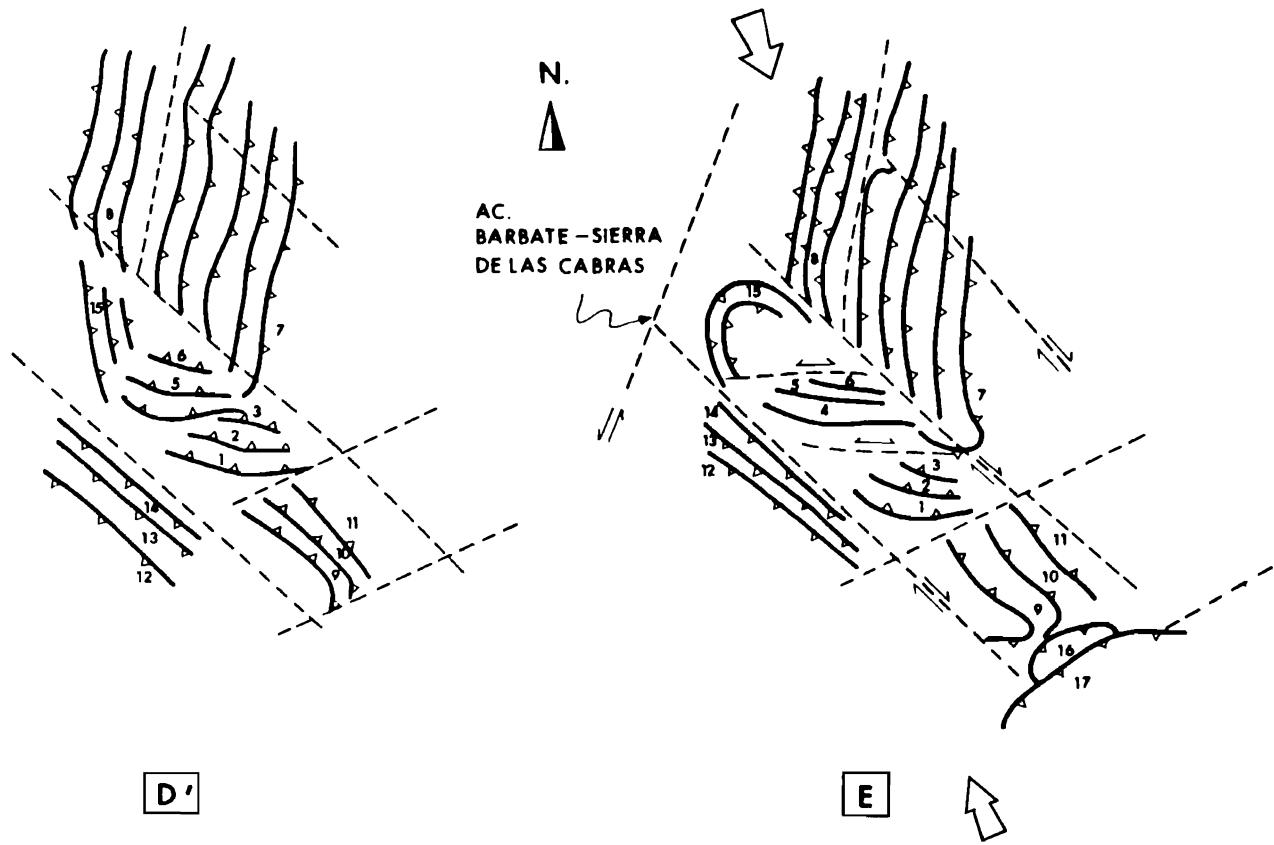
Últimos desplazamientos del *thrust belt*, durante la segunda fase, mediante la actuación de los accidentes de Cotilla y de la Loma de Buenas Noches como desgarres izquierdos.



D

Fase de retrocabalgamientos. Plegamientos y verticalización de diversas escamas.

Fig. 2.-



Vista en planta de la estructuración anterior.

Última fase, con acortamiento en dirección NNW-SSE. Actuación como desgarres derechos de los accidentes mencionados anteriormente. Formación de los arcos de Mofeta-Momia y de Montecoste. Avance, hacia el Norte, de la Unidad Bujo-Cabrito hasta cubrir el accidente Tarifa-La Línea.

Fig. 2.-

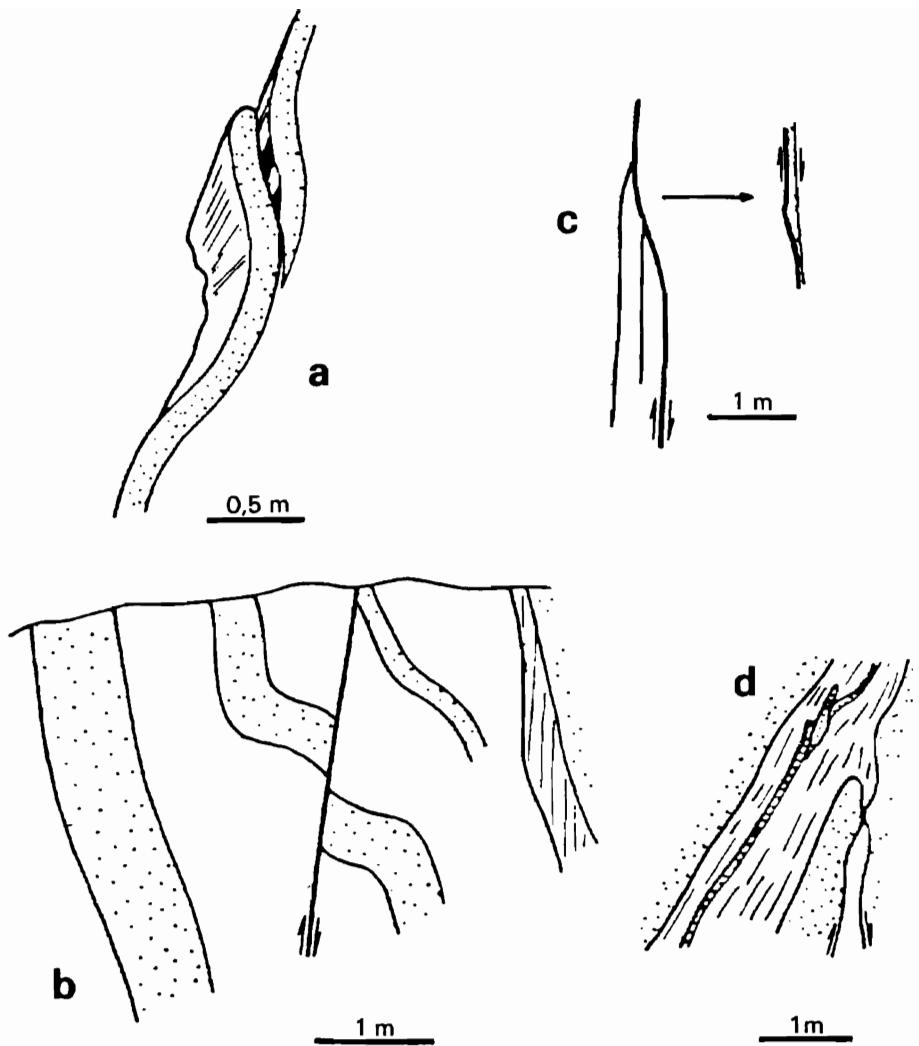


Fig. 3.- Mesoestructuras correspondientes a la fase de retrocabalgamientos en diversos puntos de las inmediaciones de la presa del embalse del Celemín.

- Imbricación sobre un nivel de Areniscas del Aljibe ($N10^{\circ}E$ $80^{\circ}W$). Estrías en la superficie de la imbricación con ángulo de pich $75^{\circ}N$.
- Pliegue con asimetría y vergencia propios de la primera fase. Microfalla inversa posterior ($N20^{\circ}E$ $85^{\circ}E$) con estrías (pich = $70^{\circ}N$) generada durante la etapa de retrocabalgamiento.
- Plano de falla inversa, deducida de su esquistosidad milonítica. ($N-5$, 90°) Estrías verticales. Fase de retrocabalgamiento.
- Diversas imbricaciones en los tramos competentes de las Areniscas del Aljibe generadas durante la fase de retrocabalgamiento.

4. GEOMORFOLOGIA

Todos los elementos cartografiados en esta Hoja pertenecen al dominio morfogenético continental dentro del cual están representados los siguientes sistemas morfogenéticos: sistema fluvial, sistema lacustre, sistema eólico y sistema de vertientes; cada uno de ellos comporta una serie de elementos geomorfológicos (depósitos o formas que presentan una geometría concreta y que están producidos por una acción igualmente concreta) que son los que aparecen cartografiados.

4.1. SISTEMA FLUVIAL

Representado por un conjunto de abanicos aluviales, de los cuales los más antiguos, plio-cuaternarios, conservan en planta su morfología original. En algunos casos estas formas se presentan escalonadas dando origen a una secuencia de hasta tres generaciones, (borde norte del Embalse del Celemín). En otras ocasiones, el desarrollo de los mismos y su morfología está condicionada por la existencia de fallas (abanico al Arroyo del Raudal).

Otro elemento perteneciente a este sistema lo constituyen las terrazas fluviales que, aunque con escaso desarrollo en superficie, presentan una secuencia de hasta cinco niveles a + 25-30 m, + 20 m, + 15, + 7-10 m, y + 3-7 m de altura relativa con relación al talweg. La serie más completa está relacionada con los cauces más importantes de la Hoja: río Almodóvar y río de Las Cañas o Palmones. El dispositivo geométrico de las mismas es el encajamiento, para los niveles más antiguos, y el escalonamiento, para los más recientes.

4.2. SISTEMA LACUSTRE

Representado por la depresión de la Janda, antigua laguna hoy en día desaparecida. La superficie de la misma, cubierta por limos arenosos oscuros, no presenta una topografía completamente plana; pequeñas depresiones de forma alargada, en las que se ha acumulado mayor cantidad de materia orgánica, se distribuyen en el interior de la misma.

Bordeando la antigua laguna una franja estrecha, que se sitúa a escasa altura de la superficie deprimida, indicaría el nivel máximo de la laguna alcanzado durante el Holoceno.

Pequeños cerros testigos, en los que se conservan depósitos de terrazas fluviales, emergen de la depresión indicando la trayectoria que seguía el río Almodóvar cuyas aguas alimentaban en gran parte esta laguna.

Un excelente aunque pequeño ejemplo de abanico deltaico, formado en época muy reciente, puede ser observado en la zona del Llano de los Toriles en la desembocadura del Arroyo Juan de Sevilla.

4.3. SISTEMA EOLICO

Escasamente representado, está constituido por un manto eólico (ángulo noroeste de la Hoja) que se formó a partir de dunas más antiguas que hoy en día han perdido su morfología original, y por un sistema de dunas longitudinales que aparecen en la margen derecha del antiguo Barbate.

4.4. SISTEMA DE VERTIENTE

Es el más desarrollado en esta zona dada la orografía de la Hoja. Como elementos representativos del mismo citaremos: los glacis, siempre de cobertura y de escaso recorrido, los coluviones y, por último, los depósitos y formas producidos por los **movimientos en masa** que cubren prácticamente la totalidad de las laderas montañosas. Debido al acusado relieve de esta zona, a la litología, gran riqueza en arcillas y al clima húmedo-templado que se mantiene de seis a ocho meses al año, los **movimientos en masa** constituyen el proceso morfológico dominante en estas áreas.

Como resultado del mismo se producen deslizamientos en masa que llegan a cubrir la mayor parte de las laderas en las que dejan amplias cicatrices. Estos deslizamientos se repiten a lo largo del tiempo de tal suerte que a veces es posible distinguir en una zona varias fases (Loma de Juan Vivas, S^a Blanquilla, S^a de Montecuhe. etc.).

En algunos casos estos movimientos en masa, debidos a deslizamientos o a solifluxión, originan el taponamiento de los valles como ocurre en el Arroyo del Alisoso, que posteriormente volvió a excavar su cauce.

Numerosos fenómenos de reptación se observan en la zona, detectados por las inclinaciones de los palos de las vallas que limitan las fincas y postes del tendido eléctrico. Este fenómeno afecta en muchos casos incluso al firme de las carreteras, en las que se observan pequeños lóbulos (C^a Puente de las Cañas a Facinas).

5. HISTORIA GEOLOGICA

La zona del Arco de Gibraltar presenta unas características muy especiales que han hecho particularmente difícil su interpretación, por lo que se han desarrollado teorías enfrentadas sobre su historia geológica.

En resumen las características más destacables son:

- Depósito de sedimentos turbidíticos a lo largo del intervalo Cretácico-Mioceno inferior.
- Frecuente actividad tectónica.
- Abundancia de removilizaciones.

La interpretación que se expone a continuación intenta conjugar los datos obtenidos por estudios precedentes con la información conseguida durante la realización de esta Hoja geológica y las adyacentes.

El sedimento más antiguo reconocido en la zona es el Triásico, no representado en la Hoja de Tahivila, pero ocupando grandes extensiones en las limítrofes. Se trata de una sucesión de arcillas y yesos con intercalaciones de dolomías y areniscas, resultando un conjunto de elevada plasticidad, fácilmente deformable, que se ha movido o se ha disuelto parcialmente, casi sin interrupción desde el Jurásico a la actualidad. Sus movimientos han condicionado en gran medida los rasgos paleogeográficos y los límites de distribución de sedimentos y, durante los momentos de mayor actividad tectónica, la dirección y extensión de los transportes tectónicos y los estilos estructurales de las diversas zonas.

A lo largo de la historia geológica se han desarrollado, en rasgos generales, dos zonas de umbral, situadas al E. y al O. de la Hoja, y una zona deprimida intermedia.

Los bloques jurásicos (14 y 15) y los cretácicos inferiores (16), que aparecen aislados, por su poca extensión y su origen alóctono son de difícil interpretación y no aportan datos para la evolución paleogeográfica.

El primer sedimento ampliamente extendido por la zona son las margas, arcillas y calizas de la denominada Serie de Almarchal (1). Se trata de una turbidita en facies de llanura submarina, a la que se le puede atribuir una edad que oscila entre el Senoniano y el Oligoceno, estando la mayor parte de ella comprendida en el intervalo Campaniense-Maastrichtiense. La alta complejidad tectónica y la ausencia de niveles de referencia hacen imposible reconstruir la distribución de facies tanto en el tiempo como en el espacio. Por otra parte, son muy frecuentes los procesos de resedimentación y las mezclas de faunas que hacen aún más compleja su interpretación.

Esta uniformidad aparente es más destacable hacia el Sureste de la Hoja, donde se presentan las mismas facies de turbiditas en llanura submarina durante toda la historia deposicional.

Esta zona más occidental fué parcialmente erosionada antes del plegamiento del Mioceno inferior y medio, ya que las unidades que se instalan sobre él, tectónicamente o sedimentariamente, lo hacen sobre facies de distintas edades.

El Cretácico sólo vuelve a aparecer dentro de esta Hoja en las inmediaciones del Llano de la Venta a base de una escama de Areniscas del Aljibe, hecho éste que permite suponer una notable extensión y relativa homogeneidad de los conjuntos cretácicos, sustratos relativos de todas las series posteriores. No obstante, hay que llamar la atención sobre el hecho de la posible desconexión de este afloramiento cretácico con el resto de la serie de Almarchal.

Por todo el resto de la Hoja el intervalo Paleoceno-Mioceno inferior presenta unos niveles más definidos que pueden independizarse, aunque hay abundantes variaciones de facies, acentuadas por los desplazamientos tectónicos que aproximan zonas paleogeográficamente distantes.

Antes de pasar a comentar la evolución de la cuenca durante el período mencionado, es preciso decir que para ello se tendrán en cuenta las observaciones realizadas en las Hojas limítrofes, y en especial en la Hoja de Tarifa, donde ciertos conjuntos estratigráficos que están mal representados en la Hoja de Tahivila se desarrollan con suficiente cantidad y calidad de afloramiento. Estos se refiere principalmente a la denominada **serie de Algeciras**.

En general, desde el Paleoceno hasta el comienzo de la sedimentación de las Areniscas del Aljibe, se distinguen dos grandes tramos, ambos de carácter turbidítico: uno inferior, relativamente homogéneo, predominantemente calcáreo, de edad Paleoceno-Eoceno (2, 3, 4 y 5), y otro superior, muy variable lateralmente, de características litológicas mixtas, al ser algo calcáreo y predominantemente arcilloso y areníscoso, de edad Eoceno superior-Mioceno inferior (7 y 10.6 y 8, y 9).

Las dataciones de los distintos tramos son siempre problemáticas debido a los procesos de resedimentación de fauna, abundantísimos, que impiden prácticamente la interpretación de la edad de cada término basándose únicamente en datos paleontológicos. Es frecuente observar dentro de una misma muestra, en condiciones de preservación aparentemente iguales, fósiles del Cretácico, Paleoceno, Eoceno y Oligoceno, acompañados incluso de fragmentos de rocas jurásicas o de yesos de probable origen triásico. Debido a esto, los límites de edad propuestos son tentativos, basándose en las faunas más jóvenes encontradas en cada tramo, una vez eliminados todos los casos dudosos. Es posible que, en caso de una investigación aún más detallada, todas las edades indicadas pudieran cambiarse, asignando a todo el conjunto una edad más reciente.

El Paleoceno y el Eoceno (tomada su edad con las limitaciones expuestas anteriormente) se caracterizan por el predominio de depósitos carbonatados, entrando en una zona de llanura submarina. En esta Hoja, el hecho de que las calizas arenosas y arcillas (3) del Paleoceno no tengan la continuidad lateral que sí poseen en la Hoja de Tarifa ha obligado a considerar un tramo calcáreo s.l. (2), dentro del cual, sin embargo, siempre aparecen, como intercalación más alta, las calizas bioclásticas y margas (4) del Eoceno, que varían poco lateralmente dentro de la zona estudiada. Esta intercalación, y seguramente también la parte más alta del tramo calcáreo s.l. (2), se deben corresponder lateralmente con el tramo (5), el denominado por autores precedentes como **flysch calcáreo** que presenta una facies ligeramente más proximal (franja de lóbulo) que la de aquéllos (llanura submarina).

El otro gran tramo, que va desde el Eoceno superior hasta el comienzo de la sedimentación de las Areniscas del Aljibe, es el más variable en facies. Comienza con unos depósitos de tipo arcillosos (6) que hacia el NE se enriquecen en carbonatos (7). La parte inferior de estos depósitos arcillosos tiene su equivalente lateral en el conjunto de arcillas rojas y areniscas micáceas (8).

A techo del tramo (6), sólo localmente, aparecen unas intercalaciones de calizas brechoides (10) que corresponden a hard-grounds removilizados.

Estas calizas brechoides (10) y la parte alta del tramo arcilloso (6) tienen su equivalencia lateral en las margas y areniscas micáceas de Algeciras (9). Estas proceden del Este y significan un aporte de detriticos a la llanura submarina, con máxima acumulación hacia el Sur en el Oligoceno medio-superior, seguramente como consecuencia de movimientos orogénicos generados durante el Eoceno superior-Oligoceno basal.

Este incremento de acumulación en la cuenca, y la entrada coetánea de las megaturbidítas procedentes del Oeste, -razón por la cual no aparecen intercaladas dentro de las margas y areniscas micáceas que afloran en el extremo suroriental de la Hoja de Tahivila y sí en la Hoja de Tarifa-, significa que la actividad tectónica comienza a ser intensa, incrementándose a partir de este momento, de una forma ininterrumpida hasta el paroxismo Burdigaliense.

En resumen, en el Oligoceno medio-superior se produce el depósito de una turbidita de alta eficacia de transporte-margas y arenisca micácea de Algeciras (9)- en las partes oriental y meridional, mientras que, hacia el Norte y Oeste, hay un depósito de llanura submarina (6), seguido de un **hard-ground** de relativa importancia (10). El surco en el que se deposita el **flysch** se acentúa hacia el Sur en un borde de plataforma poco activo, y allí recibe megaturbiditas arenosas y sedimentos procedentes de este borde de plataforma (megaturbiditas calcáreas e intercalaciones de areniscas de tipo Aljibe de la antigua unidad de Bolonia que tampoco aflora en la Hoja de Tahivila).

Probablemente en este momento (zonas NP 24/25 de Martini), asociado a estos primeros movimientos tectónicos, en la parte más oriental de la zona empieza el levantamiento de un diapiro de materiales triásicos, y se produce durante el Oligoceno más alto un depósito de talud de arcillas (13) sobre las margas y areniscas micáceas de Algeciras. En la zona occidental, el movimiento diapirico ha comenzado ya probablemente antes, y se encuentra ahora un umbral que va a ser el límite de extensión de facies durante el Aquitaniense.

Esta actividad tectónica culmina con dos procesos paralelos que suponen un transporte neto de Sur a Norte: el cabalgamiento del surco turbidítico sobre la plataforma subbética y el depósito de las Areniscas del Aljibe. El cabalgamiento, mal representado en la Hoja de Tahivila, es el causante de la implantación sobre el Subbético de las facies turbidíticas en las Hojas más septentrionales, y de las repeticiones de las series de Almarchal, Algeciras y Bujeo en la Hoja de Tarifa.

Las Areniscas del Aljibe (11) son un sistema de abanicos ricos en arena que se depositan rápidamente como consecuencia de los procesos tectónicos mencionados y procedentes del

Sur en líneas generales, entre la recién emplazada Unidad de Almarchal y las Zonas Interiores.

Las Areniscas del Aljibe presentan unas características peculiares, entre las que cabría destacar el tipo y tamaño del grano, su madurez textural y mineralógica, la abundancia de estructuras debidas a inestabilidad tectónica (tramos slumpedizados de gran espesor, diques de arena, etc.), la ausencia de una distribución geográfica definida de las facies proximales y distales e, incluso, aparentes contradicciones en esta distribución.

Este conjunto de características especiales, junto con la extensión de las facies y el hecho de que, como se demuestra en el apartado de Tectónica, las Areniscas del Aljibe no constituyen un **manto** en el sentido que se dió al **manto numídico**, obliga a pensar en una serie de hipótesis sobre el mecanismo de formación.

Las Areniscas del Aljibe probablemente procedan de una zona de costa evolucionada bajo condiciones que llevan a una alta madurez textural y mineralógica. Los granos de las Areniscas del Aljibe son en su mayor parte redondeados y mates y es frecuente encontrar entre ellos cantos facetados de origen eólico, por lo que el mecanismo más probable para su maduración es una amplia orla costera sometida a la acción de las olas (lavado, clasificación, madurez mineralógica) y del viento (lavado, picoteado, ventifacts).

La acumulación en esta orla costera tiene que haber sido bastante rápida, acumulándose un enorme volumen de sedimentos, lo que hace que los mecanismos de deriva litoral resulten insuficientes para explicarla, si no es a partir de una o varias zonas de entrada de sedimentos a partir del continente. Por estas razones, no es aventurado pensar en la presencia de deltas destructivos de ola, el mecanismo más eficaz de introducir en una zona somera grandes cantidades de sedimento de tamaño de grano de arena. Toda esta zona está desarrollándose en lo que en este momento es la costa norteafricana.

La entrada de estos sedimentos en la zona de acumulación se produce por **vuelco** desde el **borderland** norteafricano. Esta entrada se produce por causas tectónicas, lo que explica la alta velocidad de acumulación y la presencia de diques de arena, zonas de **slumps** y **bloques**, descritos en el apartado de Estratigrafía. El resultado son lóbulos de turbiditas ricas en arena.

El **vuelco** probablemente va acompañado de una **onda tectónica** que avanza de Sur a Norte, produciéndose resedimentación de los materiales en forma de nuevos lóbulos. Esto explicaría las aparentes contradicciones entre la relación proximidad-distalidad y la distribución geográfica, las variaciones bruscas de espesor en pequeñas distancias y la amplia extensión de una facies que, en condiciones normales, tienen muy pequeña amplitud.

El depósito de las Areniscas del Aljibe representa una gran acumulación de masa, lo que hace que se produzcan reacciones de desequilibrio isostático a escala regional que se traducen fundamentalmente en un **reajuste** de las arcillas y yesos del Triásico. La implantación de los abanicos de areniscas va acompañada de un movimiento hacia el exterior de estas arcillas y yesos que forman un **umbral** en la zona occidental (Hojas de Vejer y Chiclana) y probablemente una reactivación de los procesos de diapirismo hacia el Norte.

Previamente al paroxismo tectónico y de forma puntual, seguramente en cuencas restringidas, se depositó inmediatamente encima de las Areniscas del Aljibe una serie de arcillas marrones con intercalaciones de arenas cuarzo-micáceas (12). Estas arcillas marrones, perfectamente datadas como burdigalienses, representan los materiales más modernos, a excepción del Complejo Tectosedimentario, que se vieron involucrados en el plegamiento y estructuración de la cadena, de tal forma que permiten considerar como Burdigaliense final, la segunda fase compresiva (fase de imbricación E-O).

Aunque durante la fase de depósito del Aljibe no quedan excluidos los movimientos de transporte de bloques consolidados, no es hasta el Burdigaliense cuando éstos se generalizan como constituyentes del Complejo Tectosedimentario Mioceno. En este momento, la dirección del transporte tectónico es E-O como consecuencia de un desplazamiento de las Zonas Internas en el mismo sentido.

El resultado es la destrucción de series que comprenderían desde el Cretácico superior al Oligoceno y que estarían rodeando las Zonas Internas. Estas series y su sustrato triásico reventarían como respuesta a los esfuerzos tangenciales, generando la **pasta** del Complejo Tectosedimentario y parte de sus bloques (los de afinidad dorsalina).

Esta matriz fue lanzada hacia delante recubriendo parte de las Areniscas del Aljibe que, a su vez, se empezaban a estructurar en escamas, junto con sus series solidarias, según un mecanismo de **piggy back**.

La rápida acumulación de carga indujo a una fuerte subsidencia de todo el edificio delante de la cual se generó, como consecuencia, un surco en el que se depositó todo el Complejo Tectosedimentario Mioceno que ya incluía bloques de las series implicadas en la escamación.

El conjunto imbricado, que se movió en forma de **onda propagante**, cabalgó la zona más oriental del Complejo Tectosedimentario Mioceno y deslizó gravitacionalmente sobre el surco desenraizándose del resto. En zonas más septentrionales (Hoja de Alcalá de los Gazules) el edificio se había instalado previamente sobre series penibéticas que, a su vez, fueron involucradas en el movimiento.

El proceso de formación del Complejo Tectosedimentario Mioceno y los deslizamientos gravitacionales y posiblemente también parte de la imbricación tuvieron lugar en condiciones subacuáticas.

Posteriormente, y en parte como respuesta a estas traslaciones, tiene lugar la fase de retrocabalgamientos en la misma dirección pero sentido opuesto a la principal y que fundamentalmente implica un apretamiento de las estructuras hacia el Este.

Inmediatamente después se desarrollaron o reactivaron unos sistemas de desgarres conjugados en direcciones NO-SE y NE-SO producidos por un acortamiento N-S que presentan su máxima expresión en las inmediaciones del Estrecho de Gibraltar.

La sobrecarga tectónica y el rejuego de varios sistemas de fallas de dirección originarían la

formación de pequeñas cuencas donde se depositarían los materiales del Mioceno superior-Plioceno inferior-medio, produciéndose secuencias regresivas interrumpidas por pequeñas oscilaciones positivas.

Durante el Plio-Cuaternario y Pleistoceno inferior los numerosos cauces que recorren la Hoja dejan como testigos extensos abanicos aluviales que en algunos casos no guardan una clara relación con el drenaje actual y que, por otra parte, han perdido, en ocasiones, su morfología original.

A partir del Pleistoceno medio estos ríos empiezan a encajarse dejando una serie de niveles de terrazas a ambos lados de sus cauces. El río Almodóvar en esta época y durante el Pleistoceno superior atravesaba la depresión de la Janda hasta unirse al río Barbate, en una zona muy próxima al borde occidental de la Hoja, como lo atestiguan los retazos de terrazas que se encuentran en la actualidad bordeando la antigua laguna o emergiendo de la misma.

Posteriormente esta depresión comienza a funcionar como una laguna, aunque por supuesto de poca profundidad debido a causas que con seguridad no conocemos, (climáticas, elevación de nivel de base durante la transgresión postglacial), manteniéndose como tal hasta la mitad de este siglo, en que ha sido desecada artificialmente.

El nivel de la propia laguna ha variado a lo largo del Holoceno como lo atestigua la existencia de un estrecho nivel que bordea la mayor parte de la depresión.

6. GEOLOGIA ECONOMICA

6.1. MINERIA Y CANTERAS

No existen en esta Hoja labores mineras importantes. Respecto a los materiales canterables se han observado pequeñas explotaciones de áridos naturales en el Cerro del Mirador a partir de los depósitos biocarceníticos del Mioceno superior-Plioceno, ya que al ser un material detrítico, bastante poroso y permeable, presenta buenas características de drenaje y consistencia, lo que facilita su compactación, además de ser fácilmente explotable en canteras, factores que determinan su gran utilidad como relleno y subbase de carreteras. Como áridos de trituración, se han observado pequeñas explotaciones en las calizas que se intercalan entre los materiales arcillosos que constituyen la serie del Aljibe.

6.2. HIDROGEOLOGIA

Las biocarcenitas del Mioceno superior que afloran en el Cerro del Mirador y en las inmediaciones de Benalup de Sidonia y los depósitos arenosos aislados del Plioceno constituyen los únicos acuíferos de calidad que aparecen en esta Hoja.

Respecto a las sierras constituidas por las Areniscas del Aljibe, a pie de las mismas, en el contacto con las arcillas rojas, se han observado, cuando el buzamiento es favorable, algunas fuentes de poca importancia que manan aguas de poca calidad, con un contenido demasiado elevado en hierro.

En algún caso los coluviones, conos de derrubios y abanicos aluviales que se sitúan a pie de las sierras anteriormente mencionadas, cuando adquieren espesores importantes, pueden constituir pequeños acuíferos.

7. BIBLIOGRAFIA

- ANDRIEUX, J.; FONTBOTE, J.M. y MATTAUER, M. (1971). *Sur un modèle explicatif de l' Arc de Gibraltar*. Earth Planet. Sci. Lett. 12, pp 191-198
- ANDRIEUX, J.; MATTAUER; M. (1973). *Précisions sur un modèle explicatif del l' Arc de Gibraltar*. Bull Soc. Géol. France (7) 15, pp 115-118.
- ARAÑA, V. y VEGAS, R. (1974). *Plate tectonics and Volcanism in the Gibraltar arc*. Tectonophysics, 24, pp 197-212.
- BAENA, J.; JEREZ, L. (1982). *Síntesis para un ensayo paleogeográfico entre la Meseta y la Zona Bética* I.G.M.E. Colección Informe.
- BENKHELIL, J.; GIRAUD, R. (1975). *Les déformations post-nappes de la région de Cadix*. 3em R. An. des Sciences de la Terre, pp 33.
- BENKHELIL, J. (1976). *Etude néotectonique de la terminaison occidentale des Cordillères Bétiques (Espagne)*. Thèse de 3em cycle. Univ. Nice, pp 180.
- BOUILLIN, J.P.; DURAND-DELGA, M.; GERALD, J.P., LEIKINE, M.; RAOLT, J.R.; RAYMOND, D.; TEFIANI, M.; VILA, J.M. (1970). *Définition d' un flysch Massylien et d' un flysch Mauritanien au sein des flysch allochtones de l' Algérie*. C.R. Acad. Sci. Paris. 270 pp 2249. 2252.
- BOURGOIS; J. (1977). *D' une étape géodynamique majeur dans la genèse de l' arc de Gibraltar*. C.R. somm. S.G.F.
- BOURGOIS, J. (1978). *La transversale de Ronda, Cordillères Bétiques, Espagne. Données géologiques pour un modèle d' évolution de l' arc de Gibraltar*. Annales Scient. de l' Univ. Geologie 3 e série, fasci. 30, pp 445.
- BOURGOIS, J.; CHAUVE, P.; DIDON, J.; PEYRE, Y. (1970). *Le domaine des flysch dans l' Ouest des Cordillères Bétiques*. Ann Soc. Geol. Nord. t. XC, n° 4, pp 384-386.
- BOURGOIS, J.; CHAUVE, P.; PEYRE, Y. (1973). *Trame de l' histoire post aquitanien des Cordillères Bétiques occidentales* C.R. Acad. Aci, Paris 276, pp 1393-1396.
- BOUSQUETS, J. C.; MONTENAT, C. (1974). *Présence de décrochements nordest-sudouest plio-quaternaires dans les Cordillères Bétiques orientales (Espagne). Extensión et signification générales*. C.R. Acad. Sc. Paris. T. 278, Serie D, pp 2617-2620.
- CHAUVE, P. (1960-1962). *Structures géologiques de la région centrale de la province de Cadix (Espagne)*. Livre Mém. Prof. Fallot. Soc. Geol. France. 1, pp 257-264.
- CHAUVE, P. (1962). *La unidad de Paterna en el Norte de la provincia de Cádiz*. Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España n° 67, pp 103-108.
- CHAUVE, P. (1964). *Sobre el significado de la unidad de Paterna (provincia de Cádiz)*. Not y Com. Inst. Geol. y Min. de España, n° 73, pp 201-203.
- CHAUVE, P. (1968). *Etude géologique du Nord de la province de Cadix (Espagne méridionale)*. Mem. Inst. Geol. Min. España, n° 68, pp 337.
- DIDON, J. (1960). *Le flysch gaditan au Nord et au Nord-Est d' Algesiras (Province de Cadiz, Espagne)*. Bull. Soc. Géol. France (7), 2, pp 352-361.
- DIDON, J. (1964). *Présence de Miogysinidés à la base des Grés de l' Aljibe (Espagne)*. C.R. Somm. Soc. Géol. France 1, pp 32-33.
- DIDON, J. (1966). *Styles tectoniques de l' unité de l' Aljibe au Nord du Detroit de Gibraltar (Espagne meridionale)*. Bull Sco. Geol. France (7) 7, pp 521-526.

- DIDON, J. (1967). *L'unité parautochtone d'Almarchal dans la zone du flysch du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)*. C.R. Somm. Soc. Geol. France, pp 201-202.
- DIDON, J. (1969). *Etude géologique du Campo de Gibraltar*. Thèse Doct. Univ. Paris, pp 539.
- DIDON, J. (1973). *Accidents transverses et coulissages longitudinaux dextres dans la partie Nord de l'Arc de Gibraltar*. Bull. Soc. Geol. France, 15, pp 121-127.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M. (1959). *Existence d'un flysch margogréseux du tithonique-neocomien au Nord de Gibraltar (Espagne méridionale)*. C.R. Acad. Sc. Paris. T. 248 pp. 2779-2781.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M.; KORNPROBST, J. (1973). *Homologies géologiques entre les deux rives du Détrit de Gibraltar*. Bull. Soc. Geol. France (15), pp 77-105.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M. (1973). *Hypothèses sur la genèse de la courbure de Gibraltar*. Bull. Soc. Geol. France (15), pp 119-120.
- ESTEBAN SANTIESTEBAN, F. (1969). *Aportaciones geofísicas al conocimiento de los acuíferos existentes en las proximidades de Chiclana de la Frontera, Puerto Real y Puerto de Santa María (Cádiz)*. Bol. Geol. Min. España, T. LXX-111, pp. 252-261.
- FERNENDEZ-LUANCO, M.C. (1971). *Sedimentología de las unidades del sector meridional del Campo de Gibraltar (Provincia de Cádiz)*. I. Congr. Hisp. Luso-Amer. Geol. Econom. Secc. 1 (Geol) 1, pp 171-182.
- GAVALA, L. (1924). *Mapa geológico de la provincia de Cádiz*. 1 mapa E. 1:100.000, Inst. Geol. Min. España. Madrid.

IGME

- (En prensa). Mapa geológico de España E. 1:50.000, Hoja de la Línea (1078), Segunda serie.
- (En prensa). Mapa geológico de España E. 1:50.000, Hoja de San Roque (1.075). Segunda serie.
- (En prensa). Mapa geológico de España E. 1:50.000, Hoja de Jimena de la Frontera (1071). Segunda serie.
- (En prensa). Mapa geológico de España E. 1:50.000, Hoja de Cortes de la Frontera.

- LEBLANC, D. y FEINBERG, M. (1982). *Nouvelles données stratigraphiques et structurales sur le Numidien du Rif oriental (Maroc) Implications géodynamiques*. Bull. Soc. Géol. France T. 24, n° 4, pp. 861-865.
- MARTINEZ DIAZ, C. (1973). *Corte de Vejer de la Frontera*. XIII Coloquio Europeo Micropol. España, E.N.A.D.I.M.S.A. pp. 271-273.
- MOYENS, J. (1973). *Les ostracodes de la coupe de Vejer de la Frontera*. XIII Coloquio Europeo Micropol. España, pp. 258-287.
- MULDER, C.J.; PARRY, G.R. (1977). *Late tertiary evolution of the Alboran Sea at the Eastern entrance of the straits of Gibraltar*. Inter. Symp. Struct. Histo. Mediterranean. Basins, Split (Yugoslavia). Edit. Technin. Paris, pp 401-410.
- PENDON, J.G. (1974). *Rasgos sedimentológicos de las arenas en las unidades de Algeciras y del Aljibe (Campo de Gibraltar)*. Cuadernos Geol. 5, pp 101-105.

- PENDON, J.G. (1976). *Diferentes tipos de trazas orgánicas existentes en las turbiditas del Campo de Gibraltar*. Estudios Geol. 33.
- PENDON, J.G. (1978). *Sedimentación turbidítica en las Unidades del Campo de Gibraltar*. Secre. Publi. Univ. Granada, pp. 249.
- PENDON, J.G.; LOPEZ-GARRIDO, A.C.; POLO, M.D.; VERA, J.A. (1974). *Sobre el Flysch de Punta Carnero (Unidad de Algeciras, Campo de Gibraltar)*. III Congr. Grupo Esp. Sedim. Bellaterra tremp Sep. 1974, Resumen comunic., pp 79-80.
- PENDON, J.G.; POLO, M.D. (1975). *Estudio mineralógico de las areniscas de la serie de Punta Carnero (Unidad de Algeciras) y de las Areniscas de Aljibe. Campo de Gibraltar*. Act. Geol. Hisp. 10, pp. 146-149.
- PENDON, J.G.; VERA, J.A. (1975). *Turbiditas del Campo de Gibraltar. Facies y asociaciones de facies*. Cuadernos Geol. 6, pp 143-164.
- PERCONING, E. (1960-62). *Sur la constitution géologique de l' Andalouise occidentale en particulier du bassin du Guadalquivir*. Livre. Prof. P. Fallot Mem. h serie, S.G.F., t. 1, pp. 229-256.
- PERCONING, E. (1974). *Estat actuel de nos connaissances sur l' etage andalousien*. V. Congre. Neog. Méditerranéen. Lion. 1971. Mém. B.R.G.M. 11, pp 659-662.
- PERCONING, E.; MARTINEZ DIAZ, C. (1977). *Perspectivas petrolíferas de Andalucía occidental*. Bol. Geol. y Minero, t LXXXVIII, pp 61-77.
- RAFFI, S. (1973). *Macrofossili della sezione de Vejer de la Frontera*. XIII Col. Eur. Micropal. España E.N.A.D.I.M.S.A., pp 288.
- SAAVEDRA, J.L. (1971). *Observaciones micropaleontológicas sobre las unidades de Algeciras y de Aljibe (Provincia de Cádiz)*. I Congr. Luso-Ameri. Geol. Económica. Secc-1, pp. 421-434.
- SECEGSA (1981). *Estudio monográfico sobre la geología del Estrecho de Gibraltar*. 261 p. 72 fig. Madrid.
- SECEGSA (1982). *Coloquio Internacional sobre la factibilidad de una comunicación fija a través del Estrecho de Gibraltar*. Coloquio de Madrid.
- ZAZO, C. (1980). *El Cuaternario marino continental y el límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- ZAZO, C.; OVEJERO, G. (1976). *Niveles marinos cuaternarios en el litoral de la provincia de Cádiz*. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario 5, pp 141-145.
- ZAZO, C.; GOY, J.L.; DABRIO, C. (1983). *Medios de transición en la Bahía de Cádiz durante el Pleistoceno*. Res. X Congr. Nac. de Sedimentología. Menorca.



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Ríos Rosas, 23 - 28003 MADRID