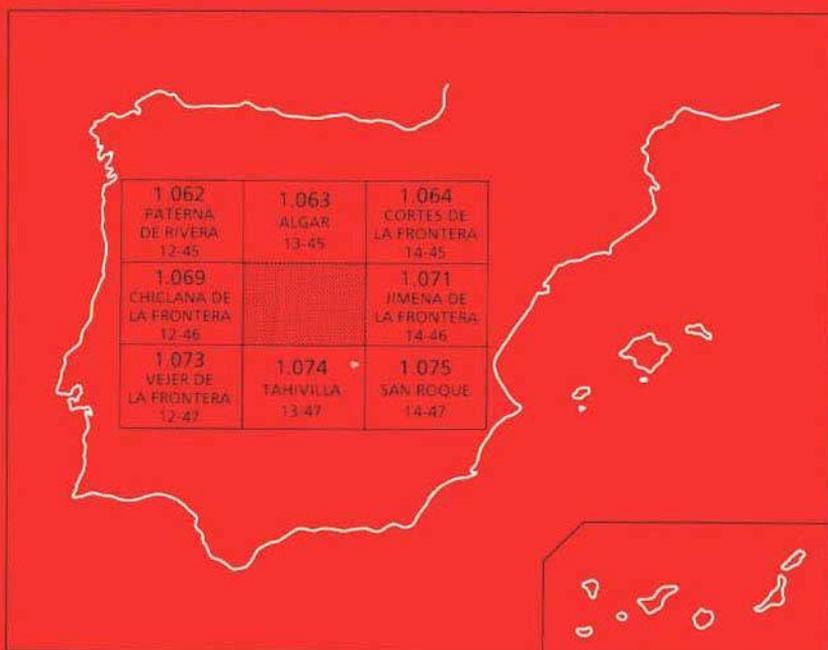




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ALCALÁ DE LOS GAZULES

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

ALCALA DE LOS GAZULES

Segunda serie - Primera edición

MADRID, 1990

Fotocomposición: GEOTEM, S.A.
Imprime: Gráficas Loureiro, S.L
Depósito legal: M-10375-1991
NIPO: 232-91-001-4

La presente Hoja y Memoria han sido realizados 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 y Neotectónica

F. Moreno Serrano

Sedimentología

J. González Lastra

A. Maymo Asses

J.C. García Ramos

Ichnofauna

J.C. García Ramos

ESTUDIO DE MUESTRAS

Micropaleontología

L. Granados Granados

Nannoplacton

P. Aguilar

Sedimentología

L. Granados Granados

M. Valenzuela

C. Suárez de Centi

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. INTRODUCCION

1.1. SITUACION GEOGRAFICA

La Hoja 1.070 (13-46), Alcalá de los Gazules, se encuentra situada al Este de la provincia de Cádiz.

Orográficamente se puede dividir en dos sectores: el oriental, zona de gran relieve, en la que se sitúan las elevaciones más importantes de la Hoja como las estribaciones de la Sierra del Aljibe (939 m) el occidental, zona de relieve bajo y alomado, cuyas máximas elevaciones no sobrepasan los 400 m.

La red fluvial está bien desarrollada, discurriendo por esta Hoja los ríos Barbate, Alamo, Rocinejo y Alberite, siendo la zona montañosa oriental cabecera para numerosos sistemas fluviales.

1.2. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La Hoja de Alcalá de los Gazules se encuadra en el extremo suroccidental de la Cadena Bética, formando parte de la estructura arqueada del Estrecho de Gibraltar.

Los materiales turbidíticos que en ella afloran han sido considerados por la mayoría de los autores precedentes, como pertenecientes a las unidades autóctonas del Campo de Gibraltar. El resto, como integrantes de Subbético y Penibético.

En términos generales, a escala regional se distinguen dos sectores claramente diferenciados entre sí y que están representados en esta Hoja. Uno es el sector noroccidental, representado por las series subbéticas y penibéticas, que se han mantenido, sobre todo aquéllas, relativamente in situ en sus lugares originales de sedimentación. Entre este sector y las Zona Internas se sitúa el sector central, ocupado por series turbidíticas. Estas últimas han sufrido importantes traslaciones hasta ocupar la zona en la que hoy se encuentran, superpuestas a las series subbéticas en numerosos puntos.

1.3. ANTECEDENTES

El estudio de esta región comienza con los trabajos de GAVALA (1924), que confecciona un mapa a escala 1:100.000, denominando al conjunto arenoso **Areniscas del Aljibe**, y 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 realizadas por CHAUVE, (1967) que estudia el norte de la Provincia de Cádiz y DIDON (1969) 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 PERCONING (1962).

El Mioceno superior de esta región ha sido estudiado por MARTINEZ (1973) que realiza el corte de Vejer de la Frontera y RODRIGUEZ FERNANDEZ (1982).

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

2. ESTRATIGRAFIA

2.1. SUBBETICO

Atendiendo a la clasificación efectuada por J. BAENA et. al (1982), los materiales que se incluyen en este apartado pertenecen al Dominio del Subbético medio.

2.1.1. Triásico

Aparece en el cuadrante nor-occidental de la Hoja. Es importante destacar el carácter halocinético de estos materiales que en su día configuraron un umbral de origen diapírico que, con alineación SO-NE, se prolonga hacia las Hojas de Chiclana, Vejer de la Frontera y Algar por citar solo las más próximas. Los restos de tal umbral constituyen los actuales afloramientos de materiales triásicos.

2.1.1.1. *Arcillas y yesos* (1), *dolomías tableadas* (2) y *ofitas* (3) (Triásico superior)

El complejo triásico que aflora en esta Hoja se presenta en facies germánicas con características del tipo germano-andaluz.

Litológicamente está constituido, de forma mayoritaria, por arcillas varioladas, yesos rojos y blancos y depósitos de sal, observándose también cuarzos bipiramidales y pequeños nódulos de azufre (1).

Heterogéneamente dispuestos entre la masa arcillo-yesífera se aprecian fragmentos, de los más diversos tamaños, de dolomías tableadas (2) (dolomicritas e intramicritas) de color gris a negro, de aspecto brechoide y que presentan laminaciones de algas y porosidad debida a disolución de sulfatos.

Es típico encontrar en este conjunto, en forma de intrusiones aisladas, rocas eruptivas básicas-ofitas (3) compuestas esencialmente por plagioclasas piroxenos de grano medio a fino y textura holocristalina.

Asimismo, esporádicamente aparecen niveles de areniscas arcillosas micáceas, de grano fino y color rojo, que suelen contener restos de Equisetites. En esta Hoja ninguno de estos niveles llega a tener relevancia cartográfica.

La edad de este complejo arcillo-yesífero es claramente Triásico superior, en base a las correlaciones establecidas con otras Hojas próximas, en las que se han encontrado restos de *Equisetites aff arenaceus*, *Avícula gansingensis*, *Myophoria retista*, *Miophoriapsis keuperinsa* (CHAUVE, 1968).

2.1.2. Jurásico

2.1.2.1. *Calizas y dolomías* (4); (Sinemuriense)

En las inmediaciones del cortijo del Donadio, al Este de la Hoja, aparece el único afloramiento de materiales jurásicos subbéticos. Se trata de calizas y dolomías muy blancas, dispuestas en

bancos de notable espesor. Forman un bloque aislado que reposa mediante contacto mecánico sobre la masa arcillo-yesífera del Trías. Han sido datadas como Sinemurienses mediante *Thaumatoporella parvovesiculifera*.

2.1.3. Cretácico

2.1.3.1. *Margas grises* (5); (Aptiense-Cenomaniense)

Están limitadas a un pequeño retazo en la ladera sur del Cerro de los Espartales, en el borde norte de la hoja. Se sitúan sobre las arcillas y yesos del Trías y bajo las calizas y margas rojas del Cretácico superior, en ambos casos mediante contacto mecánico. Regionalmente actúan como nivel de despegue interior de la serie subbética que favorece el desplazamiento de los materiales calcáreos, más competentes, del Cretácico superior y Eoceno, sobre los infrayacentes.

Son margas grises con pequeños niveles calcáreos hacia techo. Su espesor en esta Hoja es escasa y difícil de estimar, debido a la laminación tectónica, superando los 50 m en la Hoja limítrofe de Algar.

Su contenido faunístico, *Praeglobotruncana*, *Hedbergella delrioensis* y *Hedbergella planispira*, caracteriza el espacio de tiempo comprendido entre el Aptiense y el Cenomaniense basal. Su ambiente de sedimentación es el de una plataforma restringida.

2.1.3.2. *Calizas y margas rojas* (6); (Cenomaniense-Paleoceno)

También restringidos al borde norte de la Hoja, aparecen en el Cerro de los Espartales, en contacto mecánico sobre la unidad cartográfica anterior. Son margas y calizas rojas organizadas en bancos de unos 30 cm de espesor y de aspecto noduloso.

Se ha encontrado fauna de edad Cenomaniense -*Globotruncana fornicata*, *G. af. lapparenti bolli* y *Gl. af. falsostuarti*-, aunque se puede afirmar que este conjunto llega al Paleoceno según la fauna aparecida en los mismos niveles de la Hoja de Algar. En esta Hoja se han medido del orden de 100 m de espesor. Su medio de depósito es de plataforma externa.

2.1.4. Terciario

2.1.4.1. *Margas y margocalizas con niveles turbidíticos* (7); (Paleoceno-Eoceno medio)

Culminando la pequeña serie subbética del Cerro de los Espartales, concordantes sobre los materiales del Cenomaniense-Paleoceno, se sitúan unas margas y margocalizas blancas que contienen niveles turbidíticos de 20 a 50 cm de espesor.

Se ha encontrado fauna del Paleoceno superior: *Globigerina aff. soldadoensis*, *Globorotalia aequia* y *Gl. pseudomenardii*, aunque el conjunto llega claramente al Eoceno medio tal y como lo demuestra la fauna encontrada en la Hoja de Algar, en la que se han medido 200 m de serie.

Nota. La escasez de afloramientos de series subbéticas (a excepción de los triásicos) en esta Hoja aconseja que, para una mas amplia información sobre estos materiales, se utilice la memoria explicativa de la Hoja de Algar (13-45).

2.2. PENIBETICO

2.2.1. Cretácico y Terciario

2.2.1.1. *Calizas y margo calizas rojas* (8), (Cretácico superior-Eoceno)

Se disponen en dos bandas paralelas entre sí, (con mayor continuidad la mas oriental), que siguen la dirección del denominado **Corredor de Arnao**. Ambas bandas son esquistos de material penibético bajo el frente de cabalgamiento de las Areniscas del Aljibe. Los afloramientos son, por tanto, de mala calidad puesto que las calizas y margo calizas presentan una importante fracturación y esquistosidad interna.

Se han datado como pertenecientes al intervalo Senoniense-Eoceno gracias a la siguiente fauna de foraminíferos: *Globotruncana arca*, *G. cretacea*, *G. lapparenti*, *G. ganseri*, *G. ventricosa*, *G. fornicata*, *Globorotalia uncitata*, *G. angulata*, *G. conicotruncata*, *G. aff. pseudobulloides*, *G. pussilla*, *G. centralis*, *G. bullbroki*, *G. spinulosa*, *G. aragonensis*, *G. broedermanni*, y *Globigerina senni*, *G. eocénica* y *G. frondosa*, entre otros. También contienen la siguiente nanofauna: *Discoaster barbadensis*, *D. radians*, *D. lodoensis* y *Coccolithus eopalagicus*, entre otros.

2.3. UNIDAD DE ALMARCHAL

2.3.1. Cretácico superior-Paleoceno

2.3.1.1. *Calizas, margas y arcillas* (9); (Senoniense-Paleoceno)

Al contrario que en la mayoría de las Hojas limítrofes en las que esta litología suele aparecer ocupando amplias áreas, esta Hoja presenta un único afloramiento de la unidad de Almarchal, aislado en su límite norte, en las inmediaciones del Arroyo de las Peñas. Afloramientos prolongación de éste hacia el Norte se observan en la Hoja de Algar.

CHAUVE (1968) denomina a este término con el nombre de **Unidad del Algarrobo**. Al considerar la similitud litológica entre esta unidad y la de Almarchal de DIDON (1969) se ha optado por agrupar ambas con el nombre de esta última. Asimismo se ha mantenido la denominación de **unidad** atendiendo a su origen, presumiblemente alóctono.

Se trata de una alternancia de calizas bioclásticas y margas con niveles de microbrechas. Las calizas (packstones bioclásticas e intraclásticas con pelets) se encuentran en capas centimétricas formando secuencias turbidíticas con laminación paralela y de ripples, intercaladas entre margas grises.

Su espesor es muy variable debido a su emplazamiento tectónico durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior sobre la plataforma subbética y probable posterior erosión; no obstante

en los afloramientos mencionados puede superar los 80 metros.

La edad del conjunto está comprendida entre el Senoniense (Campaniense-Maastrichtiense) y la base del Paleoceno, tal y como lo atestigua la siguiente fauna: *Globotruncana bulloides*, *G. fallostuarti*, *Pseudotextularia*, *Heterolelix*, *Inoceramus*, y *Mícula decussata*, *Ceratolithoides aculeus*, *Broinsonia parca*, *B. enormis* y *Eiffellithus eximius*, entre otros.

2.4. ALJIBE Y SERIES SOLIDARIAS

2.4.1. Paleógeno

2.4.1.1. *Serie calcárea s.l.*, (10); (Paleoceno-Eoceno inferior). *Calizas bioclásticas y margas* (11); (Ypresiense-Luteciense)

Estos dos términos y el siguiente (12), aparecen exclusivamente al pie de la Sierra Momia, en la franja sur de la Hoja. Es el único afloramiento en el que la serie estratigráfica a base de las Areniscas del Aljibe no está representada por las calcarenitas margosas y arcillas rojas del tipo Benaiza. Estas últimas adquieren relevancia de tramo cartográfico al Este del Accidente Principal de Cotilla, lo que también se puede observar en la Hoja de Tahivilla situada inmediatamente al Sur.

La serie calcárea s.l. (10), ha sido así denominada para agrupar, por dificultades de afloramiento, a un conjunto fundamentalmente calcáreo dentro del cual, ocasionalmente, se puede distinguir un nivel paleoceno (aunque no en esta Hoja) y casi siempre a techo, un nivel eoceno, mas concretamente Ypresiense-Luteciense (11).

En términos generales, la serie calcárea s.l. es una alternancia de calcarenitas dispuestas en bancos decimétricos y arcillas rojas y verdes. Las calcarenitas son turbiditas en facies distales tipo llanura submarina.

Se ha encostrado la siguiente fauna paleocena: *Globigerina triloculinoides*, *Globorotalia angulata*, *G. conicotruncata*, *G. aff. pussila*, entre otras.

A techo del término anterior aparece, con un espesor de 20 a 30 m, un nivel de calizas bioclásticas y margas (11), que a escala regional tiene relativa continuidad (ver Hoja de Tahivilla). Las calizas, grises, con enriquecimiento ocasional en nummulites, se disponen en niveles tabulares y presentan una estructuración interna turbidítica con laminación paralela y ripples de corriente. Entre ellos se intercalan las margas blancas. Representan intercalaciones de abanicos distales en ambientes de llanura submarina.

Junto a numerosos restos resedimentados del Cretácico y Paleoceno, se encuentra abundante fauna formada fundamentalmente por Globorotalias: *G. aragonensis*, *G. spinulosa*, *G. bullbrooki*, *G. broedermanni*, y globigerinas: *G. linnaperta*, *G. senni*, *G. soldadoensis*. También se encuentran ricas asociaciones de nannoflora: *Discoaster barbadiensis*, *D. sublodoensis*, *D. lodoensis*, *Sphenolitus radians*, *S. anarrophus*, *Coccolithus formosus*, entre otras. Estas faunas corresponden al Eoceno inferior y medio (Ypresiense-Luteciense).

2.4.1.2. **Arcillas rojas y calcarenitas margosas** (12); (Eoceno superior-Aquitaniense inferior). **Calcarenitas margosas y arcillas rojas** (13); (Eoceno superior. Aquitaniense inferior)

Aparecen sobre el tramo cartográfico anterior y bajo las Areniscas del Aljibe. Son pelitas limosas de color rojo oscuro. No presentan una estratificación clara y a lo sumo la compactación ha producido en ellos una pseudoestratificación 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*, *Megagraption* y *Zoophycus*. Es relativamente normal encontrar intercalaciones de niveles tabulares centimétricos de calcarenitas margosas, intercalaciones que son más frecuentes y de mayor espesor conforme se acerca su contacto con las Areniscas del Aljibe pero que nunca llegan a tener relevancia a escala cartográfica al Oeste del Accidente de Cotilla. Las arcillas rojas se interpretan como facies turbidíticas distales, bastante diluidas y depositadas en una llanura submarina en sentido amplio.

En la Hoja de Tahivilla, en una muestra recogida al lado de una de estas intercalaciones próxima a las Areniscas del Aljibe, la nannoflora ha resultado ser de edad aquitaniense (NN1): *Cyclicargolithus floridamus*, *C. abisectus*, *Helicosphaera euphratis*, *Reticulofenestra lokeri*, *Discoaster deflandrei*, *Sphenolithus moriformis*, *conicus*. Otras muestras recogidas en esa misma Hoja revelan edades del Eoceno superior y Oligoceno: *Eulepidina tournoueri* y la siguiente nannoflora: *Coccolithus eopelagicus*, *C. neogammation*, *G. pelagicus*, *C. formosus*, *C. predistentus*, entre otros.

Al Este del Accidente de Cotilla, (sin que éste sea tampoco un límite totalmente exacto), las intercalaciones calcáreas anteriormente mencionadas llegan a constituir un tramo cartográfico que puede superar los 200 m de espesor. Este tramo de calcarenitas margosas y arcillas rojas (13) se conoce en la literatura con el nombre de Formación Benaiza. En la Hoja de Alcalá de los Gazules aflora al pie de casi todas las sierras constituidas por Areniscas del Aljibe.

La serie es una alternancia de calizas bioclásticas margosas y arcillas rojas. Las calizas forman capas hasta 1 m de espesor. Suelen presentar granoclasificación positiva y estratificación plano paralela, con una estructura interna turbidítica. Se interpretan como depósitos de llanura submarina s.l. y significan un enriquecimiento en carbonatos, procedentes presumiblemente del Este, de la llanura submarina en la que se estaban depositando las arcillas rojas de la unidad cartográfica anterior (12).

Los estudios micropaleontológicos indican que tal enriquecimiento debió comenzar en el Eoceno superior alto y debió continuar durante todo el Oligoceno y Aquitaniense inferior, si bien fauna del Aquitaniense inferior sólo se ha encontrado la ya referida de la Hoja de Tahivilla. El contenido faunístico más común es el siguiente: *Globigerina aff yeguaeusis*, *G. ouachitaensis*, *G. praebulloides*, *Globorotalia aff. centralis*, *G. siakensis*, *G. nana*, entre los foraminíferos, y *Sphenolithus predistentus*, *Coccolithus pelágicus*, *C. copelágicus*, *Helicosphaena compacta*, entre la nannoflora.

2.4.2. Neógeno

2.4.2.1. *Areniscas del Aljibe*, (14); (Aquitaniense-Burdigaliense inferior?)

Así denominadas por GAVALA en 1916, aparecen por toda la Hoja bien sea en forma de **bloques** en la parte más occidental, bien sea en forma de escamas apiladas, en la parte más oriental. En este último caso configuran importantes relieves de una altitud media de 400-500 m.

Se trata de una serie de aproximadamente 1500-2000 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.

Las Areniscas del Aljibe desarrollan una variedad de facies muy limitada. 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 como canales distributarios menores que pueden haberse extendido por toda la longitud.

Estos caracteres son propios de abanicos submarinos contruidos 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 media de paleocorrientes indica una procedencia desde el Sur. Las Areniscas del Aljibe presentan además abundancia de estructuras (deslizamientos, diques de arena, etc.) debidos a inestabilidad tectónica.

Respecto a su edad hay que decir en primer lugar que el hecho de que sean azoicas no permite su datación por medios paleontológicos. Sin embargo ya se ha dicho que la edad del techo de las series que se sitúan inmediatamente debajo de las areniscas es Aquitaniense inferior.

Por otra parte, en las arcillas marrones con intercalaciones de areniscas cuarzomíceas que se sitúan en aparente serie normal a techo de las Areniscas el Aljibe se ha encontrado nannoplacton que está comprendido entre el Aquitaniense superior y el Burdigaliense (ver apartado siguiente)

Es decir, la sedimentación de las Areniscas del Aljibe comienza ya entrado el periodo Aquitaniense, sin que se pueda precisar su límite superior más que diciendo que existe un recubrimiento posterior que pudo empezar en el Aquitaniense superior o ligeramente más tarde.

2.4.2.2. *Arcillas marrones y areniscas margomíceas*, (15) (Aquitaniense superior?-Burdigaliense)

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 cuarzomíceas muy bien cementadas, con figuras de corrientes en base de bancos y laminación cruzada a pequeña escala.

En la Hoja de Alcalá de los Gazules esta litología aparece solamente en las proximidades del Cerro de Talavera, en el borde sureste de la misma, como prolongación del afloramiento de la Loma de Enmedio en la Hoja de Tahivilla.

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 nannoplacton encontrado en muestras de estas arcillas, recogidas en la Hoja de Tahivilla, *Discoaster deflandrei*, *D. druggi*, *D. variabilis*, pertenece a las zonas NN2-NN5 comprendidas entre el Aquitaniense alto y el Langiense bajo, y por tanto permite considerarlas en general como burdigalienses y quizá también como aquitanienses superior. A excepción del Complejo Tectosedimentario son, a escala regional, los materiales estratigráficamente más altos que aparecen involucrados en la tectónica compresiva durante la cual se estructura la cadena.

2.5. COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO MIOCENO

2.5.1. Neógeno

2.5.1.1. *Arcillas con Tubotomaculum* (16) y bloques diversos (Mioceno inferior)

Se reparten por toda la Hoja a excepción de la banda que se sitúa al Este del Corredor de Arnao.

Se trata de un conjunto de arcillas rojas y verdes, satinadas y de aspecto esquistoso, con restos de trazas fósiles (Tubotomaculum), nódulos de azufre, yesos, que a veces pueden 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 formas diferentes 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 del 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. Sus microfacies más frecuentes: *Bathisiphon*, *Haplofragmoides*, *Ammodiscus*, *Rhizammina*, no son características de un piso o subpiso concreto. En esta Hoja la microfauna más moderna y mejor datada pertenece al Oligoceno superior alto: *Bolivina aff. tectiformis* y *Globorotalia siakensis*, entre los foraminíferos, y *Discoaster scripsae*, *Coccolithus pelágicus*, *Sphenolithus ciproensis*, *Reticulofenestra bisecta* entre la nannoflora.

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 Hojas limítrofes a ésta (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, 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 Aquitaniense 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 incorporaron 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 gipsiarenitas, de los nódulos de azufre y quizá de parte de las arcillas versicolores. Pudieran proceder de una hipotética serie Cretácico superior-Oligocena que se situaría a pie de la plataforma de las series internas. El desplazamiento de ésta durante el Mioceno inferior alto o Mioceno medio destruiría y mezclaría estas series originales de talud y quizá 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. En la Hoja de Alcalá de los Gazules se han encontrado **bloques** de la serie calcárea s.l. (10), calizas bioclásticas y margas (11), calcarenitas margosas y arcillas rojas (13), y Areniscas del Aljibe (14), (que son las más abundantes y espectaculares), cuyas características litológicas ya se han descrito en el apartado correspondiente.

Otras litologías, que aparecen exclusivamente en forma de **bloques**, son las siguientes:

2.5.1.2. **Calizas masivas** (17); (Bloques de Jurásico indeterminado)

Son dos bloques de un Jurásico que no se ha podido determinar con más detalle. Uno se sitúa al Este del Cerro de los Espartales y el otro, en la Peña Ahmed, en ambos casos en el borde norte de la Hoja. Son calizas masivas y blanquecinas en corte fresco. CHAUVE (1968) ya indicó la escasa o nula similitud entre éstos y los jurásicos subbéticos.

Es posible que pertenezcan al complejo dorsaliano que rodea las zonas internas y que hayan sido trasladados a su actual emplazamiento durante la etapa de aproximación de esta zona hacia el Oeste.

2.5.1.3. **Caliza de *Microcodium*** (18); (Bloques de Paleoceno)

Se ha encontrado un único bloque en las inmediaciones del Cortijo de los Alburejos, en el borde occidental de la Hoja.

Son calizas arenosas recristalizadas (biomicritas) estratificadas en bancos de no más de 0,5 m de espesor. La fauna es abundante y perteneciente al Paleoceno: *Microcodium*, *Cibicides*, *Ammobaculites*, *Globigerina*, *Globorotalia*.

2.5.1.4. **Areniscas tableadas** (19) (Bloque de Oligoceno)

En la Peña Ahmed, el bloque Jurásico ya descrito reposa, parte sobre arcillas con *Tubotomaculum* y parte sobre una serie de areniscas silíceas de grano fino, tableadas y con intercalaciones de arcillas de color blanquecino.

Este bloque se ha datado como Oligoceno mediante foraminíferos encontrados en las arcillas: *Globigerina sp* y *Haplofragmium sp.*, y su origen resulta del todo incierto.

2.6. TERRENOS POSTOROGENICOS

2.6.1. Mioceno superior

2.6.1.1. **Margas y biocalcarenitás** (20); (Tortonense-Messiniense inferior)

Este término, como el siguiente, aparece en los alrededores de la localidad de Benalup de Sidonia, formando parte del conjunto de materiales postorogénicos que ocupan las denominadas Mesa Alta y Mesa Baja.

Es una alternancia de margas arenosas de color azul e intercalaciones de orden métrico de calcarenitas bioclásticas que aumentan de importancia hacia techo. Se apoya de forma discordante sobre el Complejo Tectosedimentario. Sus afloramientos son escasos y de poca calidad. Por correlación con tramos idénticos de la Hoja de Vejer de la Frontera, se estima una edad Tortonense-Messiniense inferior.

2.6.1.2. *Biocalcarenitas* (21); (Tortonense superior-Plioceno inferior)

Discordante sobre los materiales anteriores o sobre el Complejo Tectosedimentario, este término aflora también en la parte alta de la Mesa Alta y la Mesa Baja, así como coronando el Cerro de los Pájaros en el bode noroccidental de la Hoja.

Es un conjunto detrítico formado por calcarenitas bioclásticas de grano grueso a muy grueso con abundantes fragmentos de macrofauna. Básicamente, el tramo está formado por cosets de estratificación cruzada *festoon* o planar, de gran o muy gran escala, esencialmente sin arcilla, entre la que se intercalan niveles más o menos potentes con estratificación cruzada *festoon* de media y pequeña escala. Con frecuencia la estratificación es de tipo sigmoidal (sigmoides amalgamados o con algo de arcilla).

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

Mejor y más amplia información de los materiales miocenos postorogénicos se puede encontrar en la Hoja de Vejer de la Frontera donde la amplitud de afloramientos ha permitido elaborar estudios sedimentológicos de detalle. Por correlación con estos afloramientos, a este término de biocalcarenitas se le puede atribuir una edad Tortonense superior alto-Plioceno inferior bajo.

2.6.2. Plioceno

2.6.2.1. *Arenas amarillas* (22); (Plioceno inferior-medio)

Discordante sobre las biocalcarenitas (21) de la Mesa Alta y Mesa Baja se observa un conjunto detrítico formado por arenas amarillentas, generalmente de grano medio, que incluyen esporádicamente niveles carbonatados con fragmentos de macrofauna y cuya potencia no sobrepasa los 100 m en esta zona.

No es posible observar un determinado tipo de estratificación y las únicas estructuras claramente reconocibles son superficies onduladas de gran escala y, cuando el techo es visible, laminación cruzada *festoon* de gran y muy gran escala. Su ambiente de deposición corresponde a un medio costero con probable desarrollo de playas.

Los estudios micropaleontológicos realizados en Hojas próximas, principalmente en Vejer de la Frontera, han detectado muy pocos microfósiles, sólo restos de Lamelibranquios, Equínidos, *Balanus*, *Rotalia beccasii inflata*. Se asigna a este tramo una edad Plioceno-medio, atendiendo tanto a su posición estratigráfica como a los escasos restos que contiene.

2.6.3. Cuaternario

La secuencia estratigráfica y cronológica de los materiales cuaternarios de esta Hoja está basada principalmente en criterios morfológicos y regionales, al no existir otros datos más

exactos como pueden ser presencia de faunas típicas, secuencias sedimentarias completas, dataciones, etc.

Partiendo de estos criterios, se han considerado los depósitos cuaternarios más antiguos de esta zona (Pleistoceno inferior), los conos aluviales antiguos (23), los cuales han perdido su morfología original, aunque se puedan relacionar con la red actual; como ejemplos de estos materiales tenemos los originados por los arroyos de Lesma y Corchuelo, El río Alberite al salir a la llanura aluvial, el Arroyo del Jautor en su desembocadura con el río Alberite, así como la garganta del Gavilán, en su desembocadura en el Arroyo del Jautor. Es posible en algunos puntos incluir más de un episodio de formación de estos elementos, al encontrarlos a diferentes alturas con relación al cauce del río.

Además de estos conos citados, hay que considerar otras fases de formación en el Pleistoceno superior (34) y Holoceno (41), que, como en el caso anterior, dan lugar a secuencias originadas en más de una fase de formación.

De esta misma época, Pleistoceno inferior, se consideran las dos primeras terrazas del río Barbate, desde los 70 a 50 m (24, 26), incluyendo en el Pleistoceno medio los niveles de 45 a 25 m (28, 29, 30). En el Pleistoceno superior-Holoceno, los que van desde los 20 m hasta los 3 m (33, 35), sobre el cauce actual. Aunque la secuencia de niveles de terraza está dada con referencia al Río Barbate, también presentan terrazas los ríos Alamo, Rocinejo, Alberite y el Arroyo del Jautor, aunque todo ellos de menor importancia.

Se han representado cuatro secuencias de coluviones; la más antigua correspondería a esta época (27) y las otras dos serían más recientes. Una se había formado en el Pleistoceno superior (38) y las otras en el Holoceno (42, 45).

Un ejemplo de coluvión del Cuaternario antiguo se encuentra en el valle originado por la Garganta de las Peñas, presentándose muy cementado y apoyándose sobre él otra secuencia más reciente.

En el Pleistoceno superior se han incluido los glaciares de cobertera (10) que en algún caso, E del Cerro de las Porquerizas, presentan tres secuencias encajadas, aunque de muy corto recorrido y potencia. En general estos depósitos tienen poca relevancia en el conjunto de la Hoja.

También de esta época se considera el manto eólico (37), que aparece cubriendo la Mesa Baja en el ángulo suroccidental del mapa. Los depósitos dunares holocenos, dunas longitudinales, (40) están ocupando parte de la depresión originada por la antigua laguna de La Janda y la llanura aluvial de los ríos Barbate y Alamo, como consecuencia de los fuertes vientos de Levante.

Se han representado dentro del Pleistoceno superior los conos de derrubios (27) y los deslizamientos (36) que comprenderían también parte del Holoceno, así como los depósitos de soliflucción (25) los cuales suponemos que se han producido durante todo el Cuaternario, ya que la litología del sustrato de la mayor parte de la Hoja va a favorecer su formación, sobre todo en zonas como ésta en donde el clima actual es húmedo -templado varios meses al año

y que, por lo tanto, en los periodos pluviales del Pleistoceno, se acentuaría la mayor humedad. Los ejemplos de estos depositos son numerosísimos, sobre todo en la mitad oriental del mapa.

En el Holoceno se han depositado los materiales que rellenan la Laguna de La Janda (29), que comprende una pequeña franja que va desde la confluencia de los ríos Barbate y Alamo hasta el límite de la Hoja. También de esta época son las extensas llanuras (46) de los ríos Barbate, Alamo, Rocinejo, Alberite y los Arroyos de Jautor y del Yeso y los depósitos aluviales (49) y aluviales-coluviales (48) que comprenden los fondos de los valles principales.

3. TECTONICA

3.1. INTRODUCCION

Prácticamente la totalidad de la Hoja se encuentra ocupada por las Areniscas del Aljibe, junto con su serie de base y el Complejo Tectosedimentario. Los afloramientos del Subbético quedan restringidos a una estrecha banda situada en la parte oriental y a los afloramientos más extensos de las arcillas y yesos del Trías en el ángulo noroccidental.

Las estructuras de primera fase registradas en la Hoja de Algar no aparecen sin embargo en ésta, lo cual es una lógica consecuencia de la ausencia o, mejor, del recubrimiento de las series del Subbético y de las arcillas, calizas y margas del Almarchal, bajo el Complejo Tectosedimentario y las Areniscas del Aljibe, que como se ha dicho ocupan casi la totalidad de la Hoja. El emplazamiento de éstas, desde regiones más orientales, es posterior a esta primera fase de acortamiento, de dirección aproximada NN-SSE (Ver Memoria, Hoja geológica de Algar). No obstante en el límite norte del área de estudio y en las inmediaciones de los Cerros de los Regajales se encuentran las mismas relaciones tectónicas entre las arcillas, calizas y margas del Almarchal, aflorantes en este lugar, el Trías subbético y el Complejo Tectosedimentario, que las descritas en la citada Memoria. Se trata pues de la translación del Almarchal sobre los materiales triásicos previa o simultáneamente extruídos y derramados.

En suma, tendríamos en este caso las siguientes fases de deformación:

- Fase de acortamiento N-S, con traslación de las arcillas, calizas y margas del Almarchal sobre el Trías o sobre el resto de la serie subbética aflorante.
- Fase principal, con la imbricación de las Areniscas del Aljibe y series solidarias, y génesis del Complejo Tectosedimentario.
- Fase de retrocabalgamiento, con vergencia al Este y por tanto contraria a la de la fase anterior.
- Fase final de acortamiento Norte-Sur, durante la cual el accidente de Cotilla (Ver Memoria Hoja geológica de Tahivilla) actuó como un importante desgarre derecho, generándose además numerosas fracturas en dirección que quedarán reflejadas en los materiales competentes (Areniscas del Aljibe).

3.2. DIAPIRISMO DE LOS MATERIALES TRIASICOS Y ACORTAMIENTO SEGUN UNA DIRECCION APROXIMADA N-S.

Los materiales triásicos afloran en la presente Hoja, según una banda con orientación SO-NE, encontrándose prácticamente desprovistos de las series calizo-margosas del Jurásico, Cretácico y Eoceno, ampliamente representadas sin embargo en la Hoja de Algar. Presumiblemente debieron resbalar hacia el Norte, de forma gravitacional, a favor de fallas lítricas, como consecuencia de los movimientos diapíricos, o ser desplazadas en el mismo sentido durante esta fase de acortamiento.

En la figura nº 1 se propone un modelo evolutivo para explicar el emplazamiento del manto de Almarchal sobre los materiales triásicos y el desmantelamiento, en estos sectores, de su cobertera mesozoica-terciaria, por erosión subaérea o submarina o por la tectónica gravitacional. Inicialmente (Fig. 1.B.) el manto del Almarchal cabalgó desde el SSE ó S hacia el NNO

ó N sobre la plataforma del Subbético interno. La sobrecarga tectónica resultante debió inducir la migración, también hacia el Norte, de las masas triásicas infrayacentes, de forma que entre el Subbético interno y el Subbético medio se formó un umbral diapírico de materiales triásicos, parte de los cuales debieron derramarse de forma gravitacional sobre el propio Subbético interno, induciendo además el deslizamiento gravitacional hacia el NNE de la cobertera del Subbético medio. (Ver Memoria y figuras de la Hoja geológica de Algar). De esta manera el Trías pudo llegar a aflorar, sufriendo una erosión que generó las brechas sedimentarias existentes en la Hoja de Algar descritas por BOURGOIS (1978) en diversos lugares de las provincias de Cádiz y Málaga.

Posteriormente (Fig. 1.C) el manto del Almarchal avanzó más al Norte hasta cubrir los materiales triásicos así como las brechas mencionadas. Simultáneamente debió producirse otra importante extrusión de Trías en el límite entre el Subbético externo y el Subbético medio. Por último (Fig. 1.D) se produjeron las imbricaciones y accidentes tectónicos de detalle afectando a todos los dominios paleogeográficos aludidos.

Los datos en que se basa este modelo evolutivo pertenecen en su mayoría a las Hojas de Algar y Vejer de la Frontera. En este caso se justifica de esta manera la inexistencia, como ya se ha dicho, de las series mesozoico-terciarias y por tanto el contacto cabalgante del Almarchal sobre el Trías en el borde septentrional de la Hoja.

3.3. FASE TECTONICA PRINCIPAL IMBRICACION GRAVITACIONAL DE LAS ARENISCAS DEL ALJIBE Y GENESIS DEL COMPLEJO TECTOSSEDIMENTARIO

Durante el límite Burdigaliense-Langhiense y como consecuencia del avance de las Zonas Internas hacia el Oeste, se produjo una tectónica de tipo **thin skin** mediante la cual las Areniscas del Aljibe y series solidarias fueron **empujadas** hacia occidente, generándose un número de escamas (de 6 a 10 según los diferentes sectores) imbricadas y apiladas en un edificio tectónico tipo **thrust belt**.

3.3.1. Datos de observación

En relación con las vergencias hay que señalar que éstas son hacia el Oeste para todas las escamas situadas al Este del corredor de Arnao, así como al Suroeste del Accidente de Cotilla, si bien en este último han sido más o menos trastocadas por movimientos posteriores a la imbricación principal.

Por otra parte, estos dos accidentes principales también rigen la distribución cartográfica de las arcillas con Tubotomaculum, de tal forma que como componentes del Complejo Tectosedimentario sólo aparecen al Oeste del Corredor de Arnao y al Suroeste del Accidente de Cotilla, bien sea ocupando extensas áreas o bien **pinzadas** entre las escamas. Al Este del Corredor de Arnao, sin embargo, entre las diversas escamas de Areniscas del Aljibe, no afloran tales arcillas.

Estos hechos no son solamente aplicables a la presente Hoja sino también a las limítrofes de Tahivilla, Tarifa, San Roque, Jimena de la Frontera, Algar y Cortes de la Frontera.

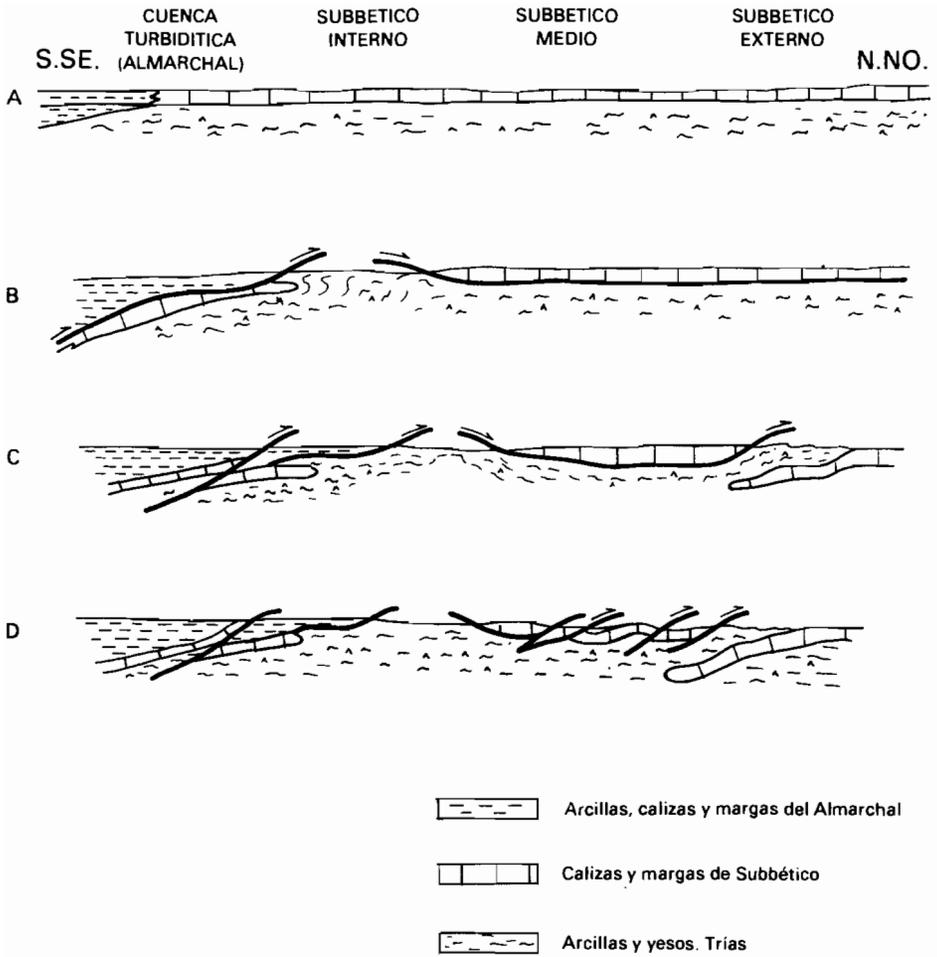


Fig. 1.- Cabalgamiento del manto del Almarchal, diapirismo del Trias e imbricación de las series del Subbético.

Otra circunstancia a tener en cuenta es el arqueamiento que dibuja la escama correspondiente al Cerro de Lobo y las contiguas, hasta situarse paralelas al Accidente de Cotilla. Un arco análogo, aunque de menor tamaño es el correspondiente a la Loma de Buenas Noches.

Respecto a los materiales pertenecientes al Penibético (**capas rojas** del Cretácico superior-Eoceno), éstas afloran en estrechas bandas paralelas del Corredor de Arnao cobijadas bajo escamas de Areniscas del Aljibe. La más occidental es discontinua y reposa directamente sobre el Complejo Tectosedimentario. Esta banda se interpreta, según el esquema evolutivo que se presenta más adelante, como el **actual** frente del edificio tectónico y se sitúa inmediatamente al Oeste de la misma. Al Sur de la Loma del Marqués, las dos bandas de materiales penibéticos discurren paralelas hasta el límite sur de la Hoja, donde desaparecen bajo la escama correspondiente al Cerro de los Montes, de forma que el Corredor de Arnao queda oculto bajo la misma.

Otro dato de observación es el que concierne al grupo de escamas que se distribuyen inmediatamente al Oeste del Corredor de Arnao. También siguen una dirección paralela a este accidente pero poseen una vergencia opuesta a la del edificio imbricado, del que se encuentran **desenraizadas**. Estas escamas presentan además, entre ellas, retazos de arcillas con Tubotomaculum del Complejo Tectosedimentario, igual que las que hay al Suroeste del Accidente de Cotilla, pero contrariamente a las que se encuentran al Noroeste del mismo.

Estas escamas de vergencia Este, que se originaron durante la etapa principal de acortamiento, se interpretan como constituyentes del frente primario del cinturón imbricado (**thrust belt**). Como se explica más adelante, en un estadio final de la etapa principal de acortamiento, este frente primario deslizó a favor de una pendiente estructural, desenraizándose del resto del edificio y adquiriendo su actual vergencia.

Por último, atendiendo a la distribución especial de los bloques de Areniscas del Aljibe (bloques mayoritarios del Complejo Tectosedimentario), se observa que entre el Corredor de Arnao o frente **actual de imbricación** y una línea correspondiente al Accidente de Conil-Sierra de las Cabras (de dirección NE-SO), dichos bloques, y también las escamas desenraizadas se encuentran bastante próximas entre sí, **apretadas** hacia el Este. Sin embargo al Oeste del mencionado accidente de Barbate-Sierra de las Cabras los bloques aparecen muy dispersos y aislados entre si.

3.3.2. Esquema evolutivo (Fig. 2)

De todo lo expuesto anteriormente, así como de algunas observaciones obtenidas en Hojas circundantes, cabe deducir el siguiente modelo evolutivo relativo a esta importante fase de acortamiento.

Como consecuencia de un movimiento de las Zonas Internas hacia el Oeste comienza, en el mismo sentido, la imbricación de las Areniscas del Aljibe en su zona más oriental a favor de sus series de base, más plásticas, según un modelo de tipo **thin skin**.

Las Areniscas del Aljibe ocuparían un surco situado inmediatamente al Oeste de las Zonas

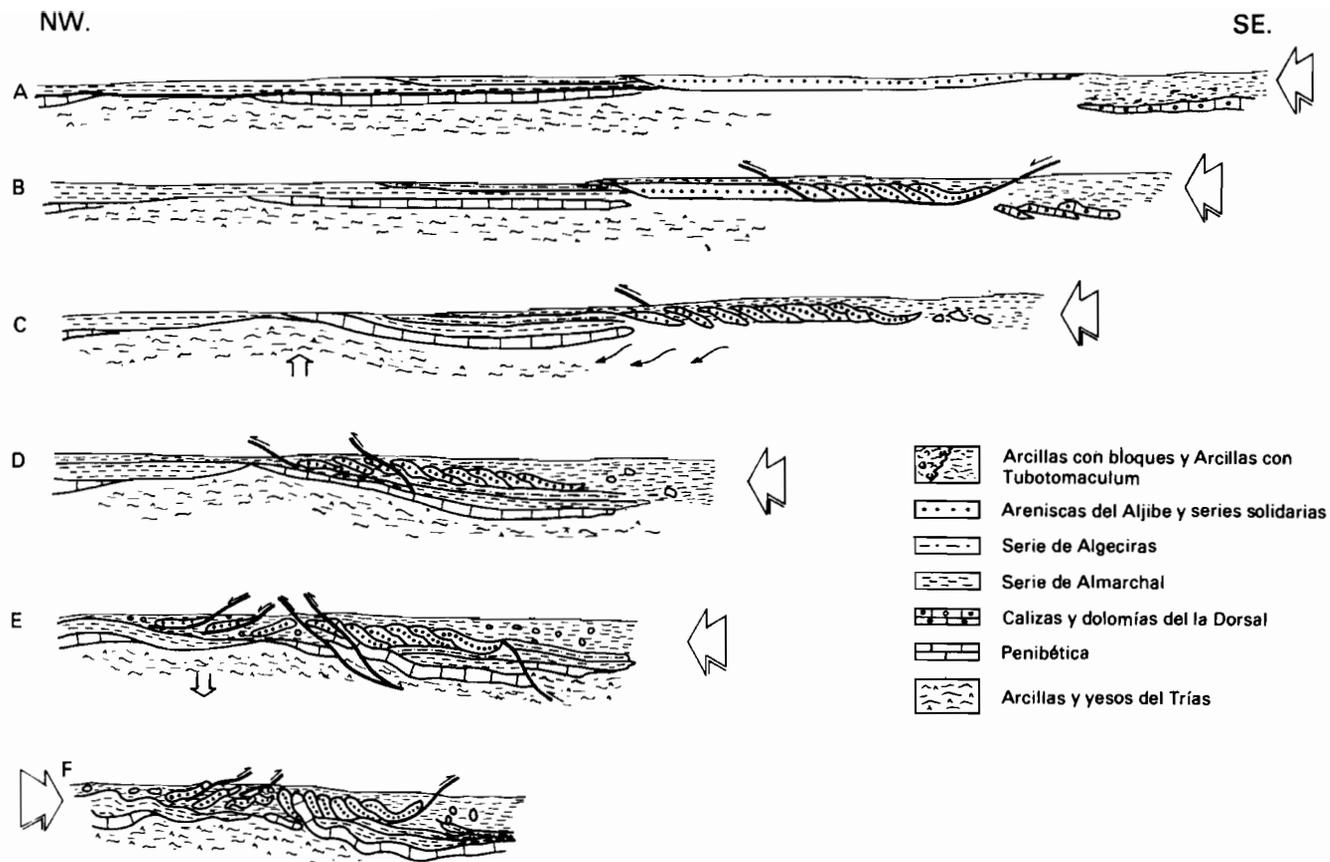


Fig. 2.-

EXPLICACION FIGURA N° 2

Modelo evolutivo de la fase principal de imbricación y retrocabalgamientos.

- A. Situación original anterior a la fase principal, de forma que durante la fase anterior (1ª), las series de Almarchal y de Algeciras cabalgaron de S a N sobre la plataforma subbética, ya con extrusiones de Trías diapírico. Simultáneamente las Areniscas del Aljibe se depositaron sobre un surco o cuenca situada hacia oriente y ocupada ya por sus series de base. Más hacia oriente se encontraban las arcillas con Tubotomaculum, en relación ya con la dorsal.
- B. Se inicia el acortamiento. Las zonas internas penetran hacia el Oeste, empujando y provocando la imbricación, por un proceso de **piggy-back**, de las Areniscas del Aljibe. Simultáneamente las arcillas con Tubotomaculum se derramaron hacia occidente, cuando ya se habían imbricado las escamas más orientales.
- C. Prosigue el acortamiento e imbricación involucrándose ya entre las escamas occidentales las arcillas con Tubotomaculum. Hacia occidente se producen ascensos diapíricos (o quizás actuación ya de algún cabalgamiento profundo afectando al Subbético interno) que conducen a la erosión del manto de Almarchal.
- D. Todo el edificio de la imbricación se desplaza hasta colocarse sobre el flysch de Algeciras y de Almarchal. Durante dicho movimiento algunas imbricaciones debieron reactivarse profundizando hasta dichos materiales e introduciendo esquirlas o bloques de las mismas, entre algunas de las imbricaciones. Las escamas más occidentales llegaron a situarse directamente sobre el Subbético, debido a la erosión anterior del manto de Almarchal.
- E. Actuación del cabalgamiento profundo correspondiente al corredor de Arnao. Creación de un bloque cortical subsidente al Oeste del mismo. Simultáneamente el edificio de la imbricación todavía era empujado hacia occidente, de manera que las escamas que iban alcanzando dicho accidente, deslizaron gravitacionalmente, adoptando una disposición imbricada contraria a la original.
- F. Tercera fase de retrocabalgamientos con acentuación de la imbricación en las escamas caídas gravitacionalmente, plegamiento de las mismas y verticalización de las restantes. Retrocabalgamiento del extremo oriental del edificio de la imbricación sobre las arcillas con bloques.

Internas y estarían separadas de éstas por un espacio sobre el cual existirían series cretácico-oligocenas. La destrucción de estas series como respuesta a los esfuerzos tangenciales sería el origen de la **pasta** de arcillas con Tubotomaculum, que fueron **empujadas hacia adelante** según el sentido del movimiento, iniciándose así la génesis del Complejo Tectosedimentario.

El depósito del Complejo Tectosedimentario, que no sólo recubrió la zona más occidental de las Areniscas del Aljibe, sino que las sobrepasó ampliamente, debió ocurrir en un ambiente subacuático y quizá se pueda decir lo mismo de parte de la imbricación.

Ésta progresó de Este a Oeste según un proceso de **piggy back** (DALHSTROM, 1970), en la parte frontal del cual ya estaba involucrada la **pasta** de arcillas con Tubotomaculum. La rápida acumulación de carga indujo a una fuerte subsidencia de todo el edificio delante del cual se generó un surco en el que se depositó el Complejo Tectosedimentario, que ya incluía bloques de series implicadas en la escamación.

Más hacia el Oeste, limitando el surco subsidente y como consecuencia de la propia subsidencia, tuvo lugar un nuevo ascenso diapírico de las masas triásicas lo que posibilitó la erosión de la unidad de Almarchal que previamente había cabalgado sobre ellas.

En su avance, la parte norte del edificio imbricado interfirió con la plataforma penibética primero y subbética después que fueron asimiladas en el proceso de avance apareciendo unas veces en forma de pinzaduras o en forma de ventanas tectónicas otras.

Este hecho originó dos comportamientos mecánicos diferentes dentro del mismo edificio. El sector más septentrional (Hojas de Alcalá de los Gazules, Algar y Cortes de la Frontera), se vio relativamente frenado por la plataforma subbética s.l., imbricándose seguramente a **contrapendiente**, mientras que el sector más meridional (Hojas de Tahivilla y Tarifa), al no encontrar oposición, avanzó con mayor facilidad a **favor de pendiente**.

Así estructurado el **thrust belt**, todo él, como una única unidad y a favor de cizallamientos basales cada vez más profundos, continuó trasladándose hacia el Oeste, solapando a parte del Complejo Tectosedimentario hasta alcanzar los accidentes principales de Arnao y Cotilla. Dichos accidentes, favorecidos por el incremento de la temperatura y presión de fluidos resultantes de la sobrecarga tectónica, debieron actuar en este momento como grandes fallas inversas o cabalgamientos con la misma vergencia que la del **thrust belt**.

Se generó así, a pie de las mismas un importante escarpe estructural que, al ser alcanzado por el edificio de la imbricación en su continuo desplazamiento, provocó el deslizamiento y **desenraizamiento** de la parte frontal del mismo, es decir, de las escamas más occidentales, que adquirieron una disposición imbricada pero en sentido inverso al que poseían antes de su caída. Simultánea o posteriormente, el accidente (cabalgamiento profundo) del Corredor de Arnao, hacía aflorar las bandas de material penibético que van paralelos al mismo y que señalan el frente de imbricación actual que no llegó a deslizarse.

Las escamas o grupos de escamas deslizadas y **desenraizadas** adquirieron una posición

también imbricada como se ha dicho o, en cualquier caso, subparalela a la pendiente de caída, de forma que posiblemente se diese además una inversión en su ordenación original de más orientales a más occidentales de manera que las primeras sobrepasaran y deslizaran sobre las segundas.

Posteriormente a la caída de dichas escamas el Accidente de Cotillo actuó como un cabalgamiento con componente horizontal izquierdo, con lo cual éstas aún se vieron empujadas y dobladas, formándose así el arco del Cerro del Lobo. Otro accidente análogo, aunque de menor importancia, se sitúa paralelo al anterior y al NE del mismo, desde la estructura arqueada de la Loma de Buenas Noches hacia el SE y a lo largo del río Guadalquivir.

3.4. FASE DE RETROCABALGAMIENTOS (Fig. nº 2)

Durante el Langhiense toda la región se vió sometida a una nueva fase de acortamiento merced a la cual debieron reactivarse gran parte de las superficies correspondientes a los deslizamientos gravitacionales de la fase anterior. De esta manera las escamas inicialmente imbricadas de forma gravitacional se desplazaron hacia oriente, acentuando quizá la cuantía de los recubrimientos. Simultáneamente tuvo lugar un plegamiento bastante general, especialmente en las escamas próximas al frente de imbricación correspondiente al corredor de Arnao, el cual habría actuado como barrera frente a estos empujes tangenciales procedentes del Oeste, propiciando quizá el acortamiento mediante la génesis de plegamiento a todas las escalas. Efectivamente, se observan numerosos pliegues con amplitud métrica a hectométrica, restos en su mayor parte, si bien algunos aparecen inclinados y vergentes. Las escamas situadas hacia el Este del Corredor, que originalmente debían de encontrarse con suaves buzamientos hacia occidente, adquirieron una posición más verticalizada llegando incluso a invertirse como ocurre en el caso de las Areniscas del Aljibe situadas directamente sobre las capas rojas subbéticas del corredor de Arnao. En el sector correspondiente a la Loma del Marqués y Loma de Maldia llegó a generarse una superficie retrocabalgante en el seno de dichas areniscas.

Igualmente deben interpretarse como cabalgamientos propios de esta fase, y no como superficies reactivadas, las correspondientes a las escamas del Puerto de los Caños y la Loma del Padrón y Cerro del Toro, dado que en estos casos dichos cabalgamientos no aparecen jalonados por la serie de base del Aljibe, lo cual es el resultado de una menor aloctonía o cuantía del cabalgamiento.

Paralelamente, aunque quizá en una etapa tardía, todo el edificio de la imbricación debió sufrir un desplazamiento hacia oriente, llegando a cabalgar sobre las arcillas con bloques situados en la parte posterior de la imbricación (Torre de Jimena de la Frontera).

3.5. ULTIMA FASE DE ACORTAMIENTO, CON DIRECCION N-S

Este episodio de deformación presenta su máxima expresión en las inmediaciones del Estrecho de Gibraltar (Hoja de Tarifa). En estos sectores dió lugar a la actuación del accidente de Cotilla (Ver Memoria de la Hoja geológica de Tahivilla), como un gran desgarre derecho, merced al cual y con el significado de un gran pliegue de arrastre o flexión de eje vertical, se

habría formado el arco de Mofeta-Momia. Dicho desgarre parece presentar un salto horizontal de unos 8 a 10 km. A consecuencia del mismo movimiento se formó también el arco de la Sierra de Montecoche situado ya en el límite oriental de la Hoja de Tahivilla.

Por otro lado las Areniscas del Aljibe dibujan también dos arcos concéntricos correspondientes a los Cerros de los Regajales y al Cerro de la Peña Negra, los cuales corresponden a una rotación izquierda. Como por otra parte ambos se sitúan sobre el accidente de Barbate-Sierra de las Cabras, cabe suponer importantes movimientos relativos horizontales izquierdos a lo largo del mismo. De esta manera este accidente puede formar un sistema conjugado con el de Cotilla. Dicha posibilidad se ve apoyada tras la observación y análisis de las fracturas de menor rango existentes en las Areniscas del Aljibe, ya que las que aparecen con una dirección NO-SE presentan saltos derechos en la horizontal, ocurriendo lo contrario en aquéllas otras con dirección NNO-SSE. En suma, la fracturación correspondiente a esta fase tardía parece seguir las pautas de un sencillo sistema de fracturas conjugadas a todas las escalas (Fig. 3).

A esta misma fase cabe atribuir algunos **macro-kinks**, o grandes bandas de doblamiento, que afectan a las Areniscas del Aljibe en la zona del Boquete del Toro, o en el arco de Mofeta-Momia. Asimismo la estructura con forma de lazo correspondiente a la Loma de Buenas Noches podría ser una forma heredada de la fase principal de imbricación, acentuada durante esta fase de acortamiento con dirección N-S. Dicho lazo pudo resultar de la existencia en este lugar de un accidente, paralelo al de Cotilla aunque de mucha menor importancia, que se prolongaría hacia el SE, coincidiendo con el curso del río Guadarranque.

A escala de afloramiento, y en el seno de las capas rojas penibéticas del corredor de Arnao, la esquistosidad generada por cizallamiento durante la fase principal de imbricación aparece en algunos puntos (Majada de Lora), con bandas de **kinks** conjugados o bien con microplegamiento poco desarrollado pero indicador de un acortamiento según una dirección submeridiana.

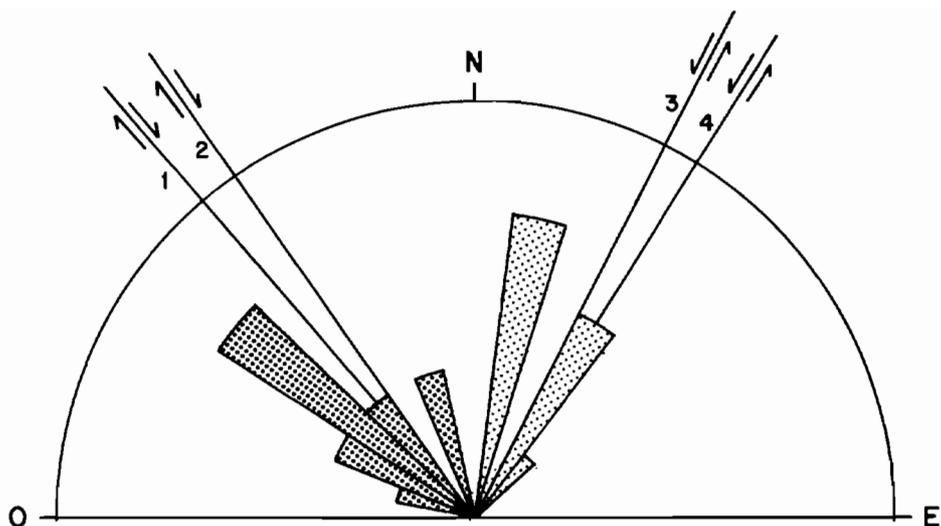


Fig. 3.- Fracturación relacionada con la última fase de acortamiento N-S:

Frecuencias acumulativas de fracturas con salto o componente horizontal tomadas de la cartografía, ignorando posibles casos de fallas con componente vertical en capas inclinadas.



Pequeñas fracturas derechas



Pequeñas fracturas izquierdas

Accidentes importantes:

- 1.- Accidente de la Zona de Buenas Noches.
- 2.- Accidente de Cotilla.
- 3.- Accidente de Barbate Sierra de las Cabras.
- 4.- Accidente del Cerro del Lobo.

4. GEOMORFOLOGIA

El estudio geomorfológico de esta Hoja se ha realizado atendiendo a los diferentes aspectos del modelado que ocasionan los distintos procesos morfogenéticos encuadrados en sus respectivos sistemas, ya que el contexto litológico es bastante homogéneo al predominar sobre todo alternancias de areniscas y arcillas como consecuencia de la estructura de cabalgamientos que originan morfológicamente paredes muy verticales en las areniscas y zonas más suaves en los materiales arcillosos. La incidencia de las fracturas en la morfología condiciona el tipo de red y trazado de los ríos y valles que atraviesan la zona.

4.1. SISTEMAS MORFOGENETICOS

Cada uno de estos sistemas van a ocasionar una serie de unidades geomorfológicas subdivididas en diferentes elementos que se han representado sobre el mapa geológico en forma de depósitos concretos o mediante signos morfológicos si éstos son erosivos.

4.1.1. Sistema fluvial

Es con el de gravedad - vertiente el más representativo de estas áreas montañosas al condicionar sus grandes y profundos valles, el paisaje, retocado principalmente por los depósitos y formas asociadas a las laderas.

Uno de los elementos más significativos de este sistema son las terrazas fluviales, que se distribuyen todo a lo largo de los principales ríos, en una secuencia bastante completa, que para el río Barbate es de siete fases que presentan unas alturas relativas con relación al cauce de: + 65 - 70 m, + 50 - 60 m, + 35 - 45 m, + 30 - 34 m, + 25 - 28 m., + 15 - 20 m, y + 3 - 10 m; alguna de estas fases pueden estar subdivididas en varios niveles, como ocurre en la más baja, donde se pueden encontrar dos o tres niveles escalonados, mientras que en las terrazas altas la disposición es de encajamiento.

Los conos y abanicos aluviales constituyen un elemento a tener en cuenta dentro de este sistema, por su abundancia y número de niveles que aparecen. Los más antiguos no conservan en planta su morfología original y en muchos casos tampoco mantienen su superficie superior plana como consecuencia del desmantelamiento progresivo de estos depósitos. Existen varias fases de formación relacionadas con las desembocaduras de algunos arroyos y barrancos en los ríos principales; los ejemplos son muy abundantes teniendo entre los antiguos los originados por los arroyos de Lesma, Conchuelo y Jautor, río Alberite, Garganta del Gavilán, etc. Los modernos son muy abundantes ocupando a modo de orla el borde del relieve con la llanura fluvial.

Dentro de este sistema, las llanuras aluviales de los ríos Alamo, Barbate, Rocinejo y Alberite y los arroyos del Yeso y Jautor representan un área grande en donde se incluyen otros elementos como los diques naturales (río Barbate) y los aluviales de estos propios ríos, que se extienden todo a lo largo de los cauces fuera de estas llanuras y terminan en depósitos mixtos entre elementos fluviales y de vertiente (aluvial-coluvial).

Otros elementos a considerar serían los glaciares de cobertera (sistema fluvial de arroyada) que en concreto en esta Hoja no son importantes al ocupar áreas muy restringidas.

4.1.2. Sistema eólico

Ocupa una pequeña extensión en el ángulo suroeste de la Hoja y está representado por dos elementos morfológicos: el manto eólico y las dunas longitudinales. El primero se ha formado a partir del Plioceno, la formación de arenas rojas Plio-cuaternarias y de sistemas dunares más antiguos, originando un manto arenoso que recubre otros materiales. El segundo consiste en un sistema dunar que presenta una morfología característica, franjas longitudinales, situadas en la depresión lagunar en la margen derecha del río.

4.1.3. Sistema lacustre

Está representado por las estribaciones más al Norte de la antigua laguna de La Janda, desecada en la actualidad, pero que ha debido de tener mayor extensión en tiempos recientes ya que aparece un pequeño nivel bordeándola que indica el nivel máximo alcanzado en el Holoceno. Los materiales que constituyen estos depósitos lagunares son limos arcillosos, negros o pardo-oscuros, depositados en una depresión plana.

4.1.4. Sistema de gravedad-vertiente

Como ya se había indicado es, con el fluvial, el que presenta mayor desarrollo en el área tratada como consecuencia del relieve y litología de los materiales que constituyen el sustrato geológico. Estas condiciones de relieve, cota máxima 939 m, litología (arcillas y areniscas principalmente) y humedad (clima húmedo-templado varios meses al año), van a favorecer la formación de depósitos y formas originadas por movimientos de masa y coluvionamientos. Estos últimos constituyen secuencias formadas a lo largo del Cuaternario, existiendo ejemplos bordeando la Sierra Momia, el Cerro del Montañón, los Cerros de los Regajales, Cancha del Pinar, etc.

Mayor importancia morfológica tienen los deslizamientos de masa entre los que podemos diferenciar las solifluxiones, los conos de derrubios y los deslizamientos, al cubrir parcialmente las laderas y en algunos casos los fondos de valle, cuyo aspecto rugoso es muy característico en estas zonas, así como las numerosas cicatrices que jalonan la mayor parte de las vertientes de estas áreas solifluidas.

Los conos de derrubios ocupan las depresiones de las pequeñas gargantas y los deslizamientos de pequeña magnitud, ocasionados por fenómenos de reptación, dan lugar a laderas lobuladas que en muchos casos invaden las zonas deprimidas, afectan a las vías de comunicación, etc. El efecto es fácil de observar en el campo por la posición de los elementos de sujeción de las fincas, los tendidos eléctricos, la disposición de los árboles, etc.

Como ejemplo de áreas de este tipo en esta Hoja hay que considerar toda la franja oriental donde son abundantes estos depósitos solifluidos y las cicatrices ocasionales como consecuencia de ello; así, tenemos las caras meridionales del Cerro de Montañón, del Arca y del Lisano, en el Sur, y la vertiente norte de la Cancha del Pepino y la zona entre la Cancha del Pinar y el Collado de Monsantos.

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 en estudios precedentes con la información conseguida durante la realización de esta hoja geológica y las adyacentes.

La Hoja de Alcalá de los Gazules presenta, a grandes rasgos, dos sectores paleogeográficamente diferentes y originalmente distantes, ahora próximos e incluso superpuestos debido a traslaciones tectónicas: uno es el sector noroccidental, representado por las series subbéticas s.l. y penibéticas, que se han mantenido, sobre todo aquéllas, relativamente *in situ* en sus lugares originales de sedimentación. El otro es el sector central y oriental, ocupado por series turbidíticas que sufrieron importantes traslaciones hasta ocupar la zona en la que hoy se encuentran.

De la evolución de las series subbéticas y penibéticas de esta Hoja se hace una escueta descripción debido a la escasez de afloramientos y a la ausencia de la mayoría de sus términos (para mayor información acudir a la Hoja de Algar).

Los depósitos más antiguos reconocidos en el sector noroccidental son los triásicos que ocupan grandes extensiones en todo el ámbito de la zona de estudio. 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.

Tras el periodo de sedimentación de estos depósitos en condiciones climáticas calidas y de aridez se establece, ya en el Lías, un régimen de plataforma que perdurará hasta el Oligoceno superior.

En esta plataforma se generan sedimentos fundamentalmente carbonatados de ambientes tanto abiertos como restringidos y, únicamente en el Eoceno inferior, se configura un surco que canaliza algunas corrientes turbidíticas mientras que, al mismo tiempo, más hacia el Sureste ya ha comenzado el depósito de las capas rojas del Penibético.

En el tránsito del Oligoceno al Mioceno, coincidiendo con el cese de la sedimentación en la plataforma subbética (final del Oligoceno, zonas NP24/25 de Martini), fué cuando se debió

emplazar la Unidad de Almarchal en el sector central y oriental de la Hoja. Esta unidad presenta materiales turbidíticos de calizas, arcillas y margas de edad Senoniense, Paleoceno y quizá Eoceno inferior. Estos materiales se habrían depositado en un área paleogeográfica más meridional y representan el substrato relativo de la mayoría de las series turbidíticas del Campo de Gibraltar, tal y como se pone de manifiesto en Hojas próximas (Tarifa). La traslación de esta unidad, de Sur a Norte, es la responsable de estructuras que en el apartado de Tectónica se han denominado de 1º fase y que, con dirección E-O y vergencias hacia el Norte, son visibles en la Sierra de la Sal (Hoja de Algar).

Previamente, y de forma simultánea, seguramente favorecidos por la sobrecarga tectónica inducida por el corrimiento de la Unidad de Almarchal, se desarrollaron en el sector noroccidental intensos procesos de diapirismo que motivaron la rotura, resbalamiento e inclusión dentro de las arcillas y yesos del Trías, de toda la serie jurásico-oligocena. Se configuró así un umbral paralelo al accidente principal Conil-Sierra de las Cabras, que jugó un importante papel en procesos tectónicos y sedimentarios posteriores.

Iniciado el periodo Aquitaniense, comienza el depósito de las Areniscas del Aljibe en un surco que, con dirección aproximada N-S, se situaría al Este de esta Hoja, entre la recién emplazada Unidad de Almarchal y las Zonas Internas.

Las Areniscas del Aljibe son un sistema de abanicos ricos en arena que se depositan rápidamente por procesos de actividad tectónica, procedentes del Sur en líneas generales. 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 slumpizados 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.

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

La acumulación en esta orla costera tuvo que ser bastante rápida, generando un enorme volumen de sedimentos, lo que hace que los mecanismos de deriva litoral resulten insuficientes para explicarla, si no es apartir 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.

La entrada de estos sedimentos de la zona de acumulación se debió producir por vuelco

desde el **borderland** norteafricano. Esta entrada se originó por causas tectónicas, lo que explica la alta velocidad de acumulación y la presencia de diques de arena, zonas de **slumps** y **bloques**. El resultado son lóbulos de turbiditas ricas en arena.

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

El depósito de las Areniscas del Aljibe representó una gran acumulación de masa, lo que debió desencadenar reacciones de desequilibrio isostático a escala regional, reactivándose probablemente el umbral diapírico de materiales triásicos.

Previamente al paroxísimo 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 areniscas cuarzomíceas. 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 la primera fase comprensiva.

Aunque durante la fase de depósito del Aljibe no quedan excluidos los movimientos de transporte de bloques consolidados, no es hasta el Burdigaliense cuando estos se generalizan como constituyentes del Complejo Tectosedimentario Mioceno. En este momento, la dirección del transporte tectónico es de Este a Oeste, 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 dorsaliana).

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 del cual se generó, como consecuencia, un surco en el que se depositó todo el Complejo Tectosedimentario que ya incluía bloques de las series implicadas en la escamación.

Una parte del conjunto imbricado, que se movió en forma de **onda propagante**, cabalgó la zona más oriental del Complejo Tectosedimentario y su frente deslizó gravitacionalmente sobre el surco desenraizándose del resto. Previamente el edificio se había instalado sobre series penibéticas que a su vez fueron involucradas en el movimiento.

El proceso de formación del Complejo Tectosedimentario 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 de 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 presenta 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 Pleistoceno inferior los cauces de algunos ríos importantes de la zona dejan abanicos aluviales no claramente relacionados con el cauce actual; al mismo tiempo los grandes ríos comienzan a configurar su red actual, depositando las terrazas más antiguas, como es el caso del río Barbate, para continuar su proceso de encajamiento en el Cuaternario medio y superior.

Simultáneamente a la formación de estas primeras terrazas, se desarrollan en los grandes relieves secuencias de coluviones y procesos de solifluxión y deslizamientos, que tienen su máximo auge en el Pleistoceno superior, como consecuencia del aumento de la humedad en esta época (último periodo pluvial).

Estos procesos de solifluxión y deslizamientos continúan en la actualidad, como se puede observar en diversas zonas en donde las cicatrices aún no han sido selladas y los deslizamientos están afectando a las construcciones humanas.

En el Holoceno se forman las extensas llanuras aluviales de los principales ríos, así como los rellenos de los valles actuales por los sedimentos arrastrados por los cursos de agua y procesos de gravedad de las vertientes que los limitan. También en esta época se origina la Laguna de La Janda, variando su nivel a lo largo de este período, como lo atestigua el nivel que bordea esta depresión.

6. GEOLOGIA ECONOMICA

6.1. MINERIA Y CANTERAS

No existen en la Hoja labores mineras importantes; sólo se han observado, en el km 7 de la carretera a Paterna, pequeñas explotaciones de sal que se surten a partir de los materiales arcillo-yesíferos del Triásico superior.

Respecto a los materiales canterables, se han observado explotaciones para áridos de trituración, en las calizas del Jurásico que, como bloques, están incluidas dentro de las arcillas con Tubotomaculum.

Para esta misma industria se han observado pequeñas canteras, actualmente abandonadas, en las dolomías tableadas del Muschelkalk, así como en los materiales volcánicos (ofitas), que afloran dentro de las arcillas y yesos del Triásico superior.

Como áridos naturales, existen explotaciones en las Areniscas del Aljibe y en las biocalcarenitas del Mioceno superior, utilizadas como relleno y subbase de carreteras.

6.2. HIDROGEOLOGIA

Las biocalcarenitas del Mioceno superior que afloran en el Cerro de los Pájaros 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 de 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 de l' Arc de Gibraltar*. Bull. Soc. Géol. France. (1) 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*. 3 em. R. An. des Sciences de la Terre pp 33.
- BENKHELIL, J. (1976). *Etude néotectonique de la terminaison occidentale dans les Cordillères Bétiques (Espagne)*. Thèse de 3em cycle. Univ. Nice pp 180.
- BOUILLIN, J.P.; DURAND-DELGA, M.; GERALD, J.P.; LEIKINE, M.; RAOLT, J.F.; RAIMOND, D.; TEFIANI, M.; VILA, J.M. (1970). Définition d' un flysch Massylien et d' un flysch Mauritanien au sein des flychs allochtones de l' Algérie. C.R. Acad. Sci. Paris. 270, pp 2249-2252.
- BOURGOIS, J. (1977). *D'une étape géodynamique majeure 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' evolution de l' arc de Gibraltar*. Annales Scient. de l' Univ. Geolgie. 3 em 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 384-286.
- BOURGOIS, J.; CHAUVE, P.; PEYRE, Y. (1973). *Trame de l' histoire post. equitanienne des Cordillères Bétiques occidentales*. C.R. Acad. Sci. Paris 276, pp 1393-1396.
- BOUSQUETS, J.C.; MONTENAT, C. (1974). *Présence de décrochements nordest-sudouest plio-quaternaires dans les Cordillères Bétiques orientales (Espagne). Extension et signification generales*. C.R. Acad. Sc. Paris. T. 278, Serie D, pp 2617-2620.
- CHAUVE, P. (1960-1962). *Structure géologique 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 y 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' Algeciras (Province de Cadix, Espagne)*. Bull. Soc. Géol. France (7) 2, pp 352-261.
- DIDON, J. (1964). *Présence de Miogysinidés á 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 Détroit de Gibraltar (Espagne meridionale)*. Bull. Soc. 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 meridionale)*. C.R. Somm. Soc. Géol. France. pp 201-202.
- DIDON, J. (1969). *Etude geologique 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. Géol. France. 15, pp 121-127.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M. (1959). *Existence d'un flysch margogréseux du tithonique-neocomien au Nord de Gibraltar (Espagne meridionale)*. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 248, pp. 2779-1781.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M.; KORNPBST, J. (1973). *Homologies geologiques entre les deux rives du Détroit de Gibraltar*. Bull. Soc. Géol. France 15 pp 77-105.
- DIDON, J. DURAND-DELGA, M. (1973). *Hypothèses sur la genese de la courbure de Gibraltar*. Bull. Soc. Géol. France 915 pp 119-120.
- ESTEBAN SANTIESTEBAN, F. (1969). *Aportaciones geofísicas al conocimiento de los acúferos existentes en las proximidades de Chiclana de la Frontera, Puerto Real y El Puerto de Sta. María (Cádiz)*. Bol. Geol. Min. España, T. LXXX-111 pp. 252-261.
- FERNANDEZ-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 S. Roque (1075) 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 (1064).
- LEBLANC, D. y FEINBERG, M. (1982). *Nouvelles données stratigraphiques et structurales sur le Numidien du Rif oriental (Maroc) Implications geodynamiques*. Bull. Soc. Géol. France t. 24. n° 4, pp. 861-865.
- MARTINEZ DIAZ, C. (1973). *Corte de Vejer de la Frontera*. XIII Coloquio Europeo Micropal. 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 Micropal. 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 Gibraltar*. Inter. Symp. Struct. Hist. Mediterranean. Basins, Split (Yugoslavia). Edit. Technin. Paris. pp 401-410.
- PENDON, J.G. (1974). *Rasgos sedimentológicos de las areniscas en las unidades de Algeciras y del Aljibe (Campo de Gibraltar)*. Cuadernos Geol. 5. pp 101-115.
- 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 Carner (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 del 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' Andalousie 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). *Etat actuel de nos connaissances sur l' etage andalousien*. V Congre. Neog. Mediterranéen Loin 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.D.I.M.S.A. pp 288.
- SAAVEDRA, J.L. (1971). *Observaciones micropaleontológicas sobre las unidades de Algeciras y del Aljibe (Provincia de Cádiz)* I Congr. Hisp. Luso-Amer. Geol. Economica. 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