

LOS «TARÍQUIDES» (ARCO DE GIBRALTAR): PROBLEMAS ESTRUCTURALES, PALEOGEOGRÁFICOS Y CONSIDERACIÓN HISTÓRICA

M. Durand-Delga¹, M. Esteras² y P. Olivier³

¹*La Pélisserie, F 81150 Florentin, Francia*

²*SECEG, Estébanez Calderón 3, 28020 Madrid*

³*Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie - UMR 5563, Université de Toulouse, CNRS, IRD, OMP, 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, Francia. olivier@lmtg.obs-mip.fr*

Resumen: En el frente del Arco de Gibraltar y con el nombre de Taríquides se han reagrupado varias unidades que presentan importantes relieves calizos (Triásico sup.-Liásico): en Andalucía, el Peñón de Gibraltar y el Grupo de Los Pastores (Algeciras); en el Rif, el Grupo del Jebel Musa y el Peñón de Lechrach. Estas unidades se encuentran dispersas y próximas al contacto entre las Zonas Internas (Bloque de Alborán) y Zonas Medianas (Flyschs magrebís) del orógeno bético-rifeño. Después de una breve historia de los estudios geológicos de cada unidad, se exponen la estructura y sucesión estratigráfica (Trías superior-Aquitaniense) de cada una de ellas y se la compara con las de dominios tectónicamente próximos. Ciertas facies de los Taríquides son muy particulares, especialmente las correspondientes a las del Carniense y Cretácico superior. En casi todas las épocas difieren de las del Penibético (margen sur-ibérica). Algunas analogías, especialmente desde el Liásico medio al Neocomiense, las aproximan a la Dorsal externa- Predorsal (margen del Bloque de Alborán). La zona «Taríquide» ha podido tener una cierta individualidad en el Mesozoico, constituyendo un dominio aislado, pero próximo al margen sur del Bloque de Alborán. En el Terciario, las facies (Grupo Musa) son las de la zona predorsal, en el seno de la cual se han integrado los Taríquides. La situación tectónica actual de los elementos Taríquides pinzados entre diversos mantos de flyschs se puede explicar por una compleja sucesión de cabalgamientos, ligados a los estadios de avance hacia el Oeste del Bloque de Alborán, durante el Mioceno.

Palabras clave: Taríquides, Arco de Gibraltar, Bloque de Alborán, Dorsal bético-rifeña, Cordilleras Béticas, Rif.

Abstract: In the hinge of the Gibraltar Arc, a group of tectonic units with Upper Triassic-Liassic carbonates are referred to as the Tariquides. They include the Peñón of Gibraltar and Los Pastores of Algeciras in Andalucía, and the Jebel Musa Group and Lechrach Rock in Morocco. All these dismembered units of the Betic-Rif orogen are located close to the contact between the Internal Zones (Alboran Block) and the Maghrebian Flysch Zone. We recall in this paper the constitution and structure of each Tariquide unit, and compare their Triassic-Aquitaniense stratigraphy to that of the adjoining domains. The Tariquide lithologies are original, particularly during the Carnian and the Late Cretaceous. During almost every epoch, they differ from that of the Penibetic zone (South Iberian margin). Certain similarities are observed with the External Dorsale-Predorsalian zones (southern margin of the Alboran Domain), especially from the Middle Liassic to the Neocomian. The Tariquide domain could have been individualized during the Mesozoic, within the pristine Atlantic Ocean, as a subdomain located in the vicinity of the Alboran margin. During the Cenozoic, the lithologies (J. Musa) are those of the Predorsalian Zone, within which the Tariquides merge. The present-day setting of the Tariquide units, which are pinched between varied Flysch nappes, can be explained by a complex succession of thrusting events related to the westward progression of the Alboran Block during the Miocene.

Key words: Tariquides, Gibraltar Arc, Alboran Block, Betic-Rif Dorsale, Flysch nappes.

Durand-Delga, M., Esteras, M. y Olivier, P. (2007), Los «Taríquides» (Arco de Gibraltar): Problemas estructurales, paleogeográficos y consideración histórica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20 (3-4): 119-134.

Las Columnas de Hércules: «Ce Prince vagabond qui, trouvant ces deux montagnes unies, les sépare, et fait par ce moyen communiquer les eaux de l'Océan avec la Méditerranée».

A la memoria de nuestro amigo Víctor García- Dueñas.

Bajo el nombre de «Tariquídes» se han reagrupado ciertas unidades (Fig. 1) que, con un potente armazón de rocas carbonatadas triásico-liásicas, enmarcan la entrada oriental del Estrecho de Gibraltar (Didon *et al.*, 1973). Son las «columnas de Hércules» de la antigüedad: en la orilla española, el Peñón de Gibraltar (el Jebel Tarik de los árabes o el «Calpe» de la mitología) que, en el borde occidental de la bahía de Algeciras, encuentra su homólogo geológico en las canteras de Los Pastores; en la orilla marroquí, el Grupo del Jebel Musa (antigua «Abila») y, unos 25 km más al Sur, su homólogo el Peñón de Lechkrach. El interés de todos estos afloramientos, cuya superficie apenas alcanza los 30 km², reside, especialmente, en su situación en el Arco de Gibraltar, cerca del contacto mayor entre Intérnides y Extérnides del orógeno bético-rifeño.

El descubrimiento de estos afloramientos se hizo de forma discontinua y desordenada en el tiempo.

En el lado español: Frédéric Le Play (1834), ingeniero de la Escuela de Minas de París, fue, aparentemente, el primero en observar las rocas que atraviesa el camino de Cádiz a Tarifa por Véjer. Al

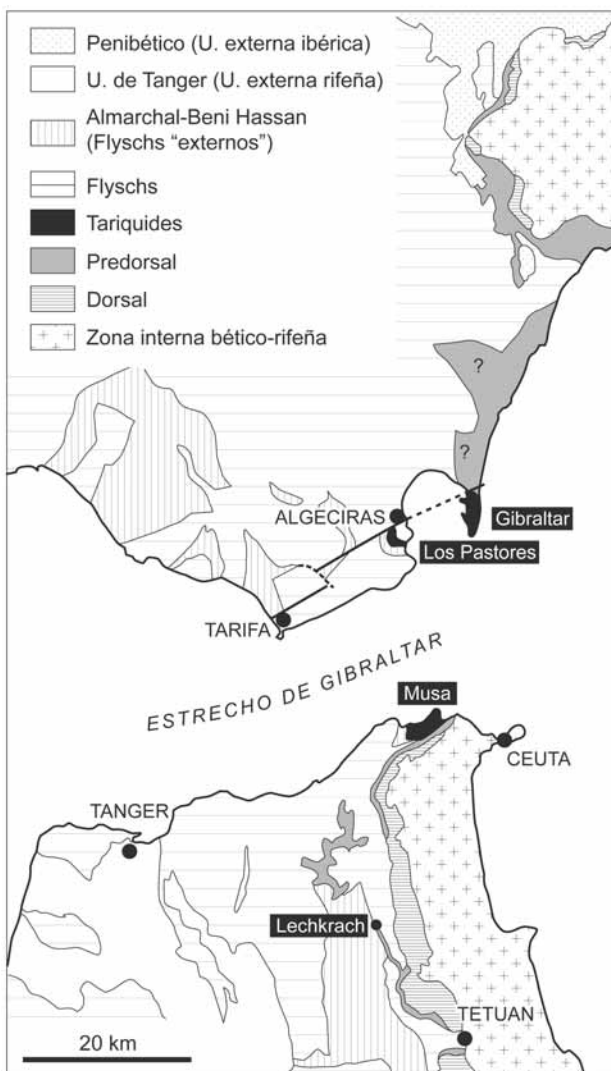


Figura 1.- Situación de los Tariquídes en su marco estructural.

avistar el Estrecho de Gibraltar (Fig. 2) dibuja el primero de los seis grabados que ilustran su itinerario: 20 km hacia el Sur distingue «la alta montaña [...] que, sobre la costa africana, domina la punta Leona». Se trata de la columna de Hércules, del Jebel Musa (840 m).

Le Play continúa después por la carretera costera hacia Algeciras. Alcanzando la vista de Gibraltar (Fig. 2) dibuja, a las afueras de Algeciras, un relieve de «calizas [...] muy compactas de color blanco, [...] idénticas por los caracteres exteriores a las variedades más comunes de las calizas del Jura». Este relieve calizo, cerca de Algeciras, no podría ser otro que el de Los Pastores, que después del viaje de Le Play se explotó para construir la ciudad y su puerto. El macizo debía ser bastante importante, puesto que en el siglo XVIII en el mapa de Jean de Petit (publicado por Weidler) se denominaba «Vieux Gibraltar». Le Play únicamente dibuja desde lejos el Peñón de Gibraltar. En 1845 será cuando J. Smith «de Jordan Hill» atribuirá el Peñón, siguiendo la nomenclatura británica, al «Oolito» (Jurásico medio-superior). Poco después, Ansted (1857) dudará entre Oolítico y Lías, pero insistiendo en el incontestable «Jurassic carácter» de las rocas.

Del lado marroquí: en 1847, Henri Coquand (1811-1881) que declara ser «el primer geólogo que ha pisado el suelo marroquí» describe, alrededor del «terrain de transition» (=Paleozoico pre-«Hullero») de la «zona litoral» del Rif interno, las calizas del «Petit Atlas», que atribuye al Jurásico-Neocomiense. Esta cresta domina el «terrain à fucoïdes» (=los actuales flyschs) situado más al Oeste, hacia Tánger. Y ella «se prolonga en un arco de círculo [es la cadena del Hauz] hasta las cumbres de la montaña del Jebel Musa». Lo sorprendente, es que Coquand considera las calizas de estas elevadas sierras de edad «silurica»: lo que, a pesar del error sobre la edad, prueba que las ha diferenciado de las calizas del Hauz.

En 1876 los ilustres geólogos británicos Ramsay y Geikie, partiendo de Gibraltar, recorren la costa marroquí en un barco militar y constatan la similitud de las calizas de Abila (=Jebel Musa) y las de Gibraltar, «probably all of Jurassic age».

Por lo que respecta al más meridional y pequeño cerro de Lechkrach, si L. Gentil lo vio probablemente en su excursión de 1904, no será hasta 1930 cuando P. Fallot lo cartografiará (Marín *et al.*, 1930). Ha sido recientemente (Olivier, 1990; Durand-Delga y Maaté, 2003) cuando se ha propuesto su analogía con el Jebel Musa.

El objetivo principal del presente artículo es mostrar que las formaciones de las unidades Tariquídes (Triásico a Paleogeno) pertenecen a un dominio original. Las facies de este dominio se diferenciaron, durante algunos periodos, de las facies de los dominios actualmente próximos, bien sea de las de la zona externa «Penibética» (=Subbético meridional), o bien de las de la Dorsal calcárea que constituye las unidades

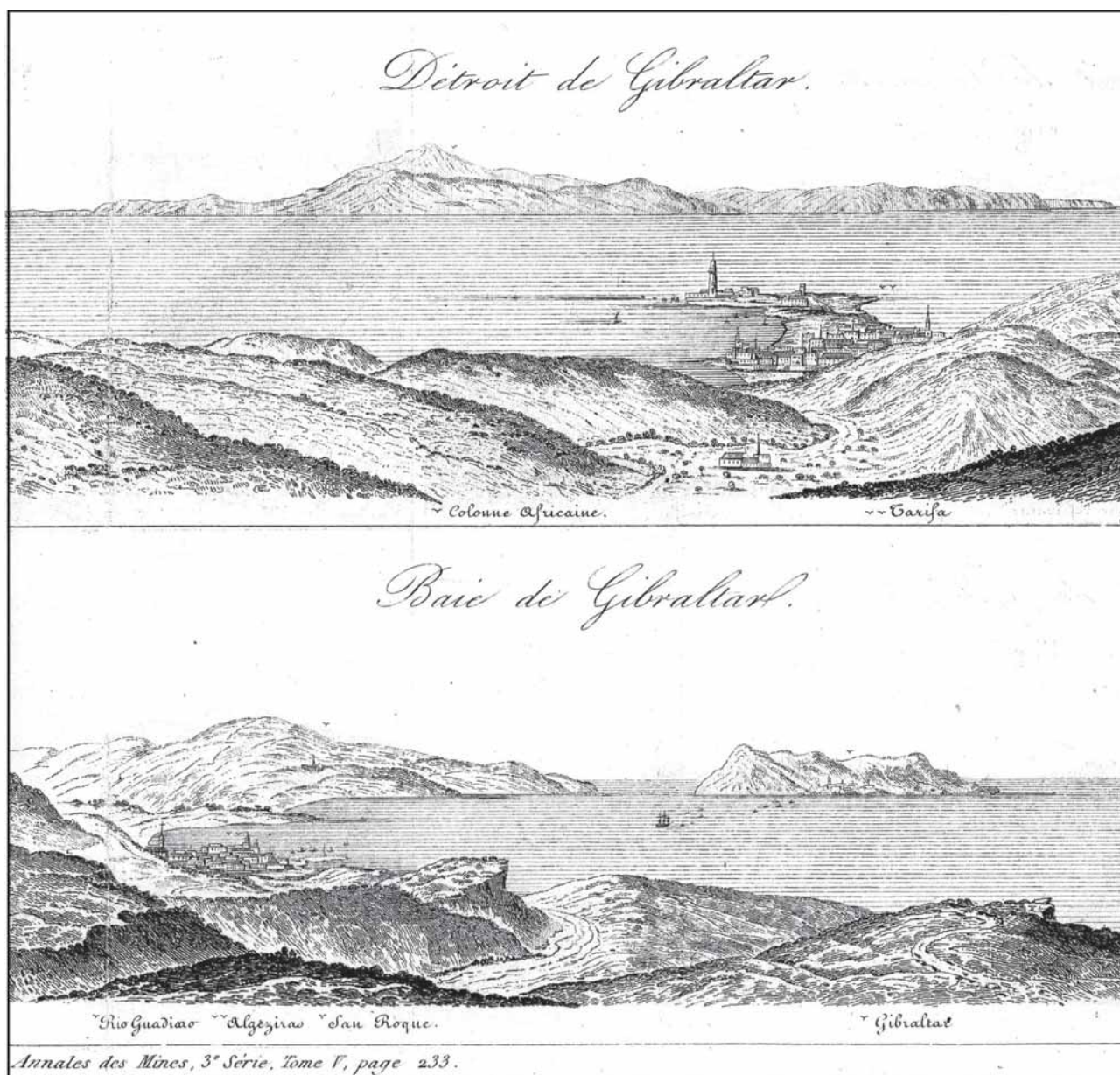


Figura 2.- Croquis dibujados por Le Play (1834) en la zona de Tarifa a Algeiras. Croquis superior: tomado hacia el Sur desde el NW de Tarifa. En primer plano flyschs (Paleoceno-Oligoceno) de la unidad de Algeiras. En la orilla marroquí, los relieves del Jebel Musa – («Colonne africaine») el más alto- y Punta Leona en la parte baja. Croquis inferior: tomado en dirección Este, desde un punto al NW de Punta Carnero en los flyschs de la unidad de Algeiras. A la derecha de esta ciudad el relieve – en la época, muy abrupto- de Los Pastores. Detrás del pueblo de San Roque (ver la iglesia), la cumbre de Sierra Bermeja.

frontales de las Zonas Internas bético-rifeñas. Presentamos también la evolución de las ideas geológicas expuestas sobre las «Columnas de Hércules» desde mediados del siglo XIX.

El edificio de unidades tectónicas en el Arco de Gibraltar

Para interpretar las unidades Taríquides es necesario colocarlas en el complejo apilamiento de mantos en que se encuentran, en homología, a ambos lados del Estrecho de Gibraltar (Fig. 3).

Al Este, en el interior del arco se sitúan apiladas las unidades internas que son de abajo a arriba: Alpujárrides (España)-Sébtides (Marruecos);

Maláguides (España)-Gomárides (Marruecos); y finalmente, la Dorsal bético-rifeña, que constituye la cadena del Hauz al Norte de Tetúan y que aparece de nuevo en el lado andaluz, entre Casares y Gaucín (= «unidades frontales de las zonas internas» de A. Martín-Algarra, *in* Vera, 2004). Los rasgos principales de esas unidades están expuestos en varias publicaciones recientes (Sanz de Galdeano, 1997; Vera y Martín-Algarra, *in* Vera, 2004; Durand-Delga, 2006).

Los mantos de flyschs cretáceo-paleógenos (Esteras, 1982; Durand-Delga, 2006), que serán calificados aquí como «unidades medianas», rodean, en planta y por el Oeste, a las Zonas Internas. Son, del interior hacia el exterior y tectónicamente de arriba abajo, los mantos mauritánicos de Tisirene-Beni Ider (Marruecos) y

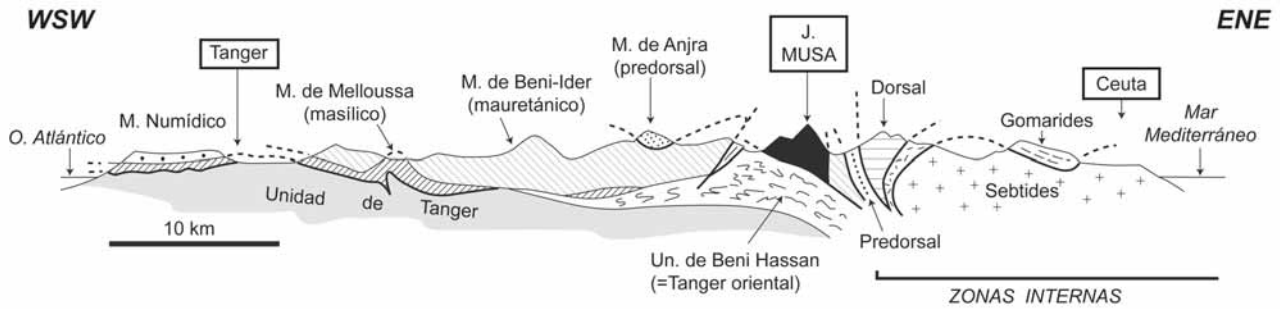


Figura 3.- Corte estructural de la orilla Sur del Estrecho de Gibraltar (modificado de Didon *et al.*, 1973).

Nogales-Algeciras (España), superpuestos a los mantos masílicos de Melloussa-Facinas (España). La pila de las unidades de flyschs recubre finalmente a las unidades externas: en Marruecos a la unidad de Tánger con sus margas claras del Cretácico superior y, en Andalucía, al Penibético (=Subbético meridional) con sus «capas rojas» planctónicas y de igual edad. Se constata así que, a diferencia de las Zonas Internas y «Medianas» (flyschs), comunes al conjunto bético-rifeño, las Zonas Externas no se corresponden a un lado y otro del Estrecho.

En superestructura tectónica, tanto sobre los flyschs como sobre las unidades externas, se emplaza por fin el alóctono «Numídico», cuyo término más conocido es un importante flysch de areniscas gruesas y pelitas, de edad esencialmente aquitaniense. En Andalucía se trata del manto de El Aljibe. En general, se admite que la sucesión estratigráfica del manto numídico completaba, antes del despegue, la columna de los flyschs masílicos.

El apilamiento de los tres grandes mantos de las Zonas Internas resulta de la estructuración ante-miocena del Bloque de Alborán, desplazado (Andrieux *et al.*, 1971; Balanyá y García-Dueñas, 1988) hacia el Oeste entre las placas de Iberia y África. Tal desplazamiento ha inducido la forma actual del Arco de Gibraltar (Durand-Delga, 2006). La organización en cabalgamientos imbricados de las unidades de flyschs data del final del Burdigaliense.

El margen del Bloque de Alborán, fragmentado en escamas, corresponde a la Dorsal, que se subdivide, especialmente en el Triásico superior-Lias inferior, en «Dorsal interna», con depósitos de poca profundidad y «Dorsal externa», con sedimentación más profunda (Martín-Algarra, 1987; Maaté y Martín-Algarra, 1992; El Kadiri *et al.*, 1992). En el exterior (Oeste) de la Dorsal, una «unidad predorsal» (Olivier, 1984) se encuentra en contacto mecánico, frecuentemente vertical, con los flyschs mauritánicos. La sucesión estratigráfica predorsaliense, emparentada con la de la Dorsal externa, se caracteriza por una gran inestabilidad, con removilización de bloques en varios niveles. La sucesión finaliza con un flysch arenoso (en el Rif, facies «numidoide» de la unidad de Belionis, Didon *et al.*, 1973) de la misma edad aquitaniense que el Numídico (s.s.).

Este es el esquema estructural que, desde hace un cuarto de siglo (Didon *et al.*, 1973; Esteras, 1982), se

ha convertido en clásico. No obstante, necesita dos modificaciones importantes. En primer lugar, el problema del Numídico: no se puede ya colocar en una unidad tectónica y en un surco únicos, el «Numídico» supuestamente unido al flysch masílico y el «Numidoide», ligado a la zona predorsaliense. Las facies «numidoide» de Belionis pudieron ocupar una estrecha cuenca independiente formándose en el frente del Bloque de Alborán durante su desplazamiento hacia el Oeste. La alimentación de este flysch pudo hacerse a través de un divertículo del «surco numídico» y, del lado andaluz, por aportes de los zócalos internos (unidades de Jaralón-Fiscalá de Y. Peyre, *in* Olivier, 1984).

La segunda modificación del antiguo esquema estructural concierne a los flyschs masílicos y tiene igualmente relación con el problema de los Taríquides. Una formación pelítico-cuarcítica «albo-aptiense» caracteriza estos flyschs. El complemento del Cretácico superior nunca ha sido indicado con claridad en el Arco de Gibraltar. Admitimos actualmente que la unidad de Almarchal (Didon, 1969) es de pertenencia «masílica»: sus arcillas margosas oscuras, flyschoides, con niveles violáceos y pequeños estratos de calizas turbidíticas pobres en plancton, pertenecen al Cretácico superior. Las arcillas del Albo-Aptiense (unidad de Facinas) y el Cretácico superior (unidad de Almarchal) podrían pertenecer a dos partes de la sedimentación en el dominio masílico.

Del lado rifeño se observa, igualmente en la base del apilamiento de flyschs, una formación de Cretácico superior con facies prácticamente idénticas a las de Almarchal. Se encuentra (Figs. 1 y 3) en el fondo de los valles N-S que bordean por el Oeste a la Dorsal rifeña. Anteriormente, esta formación (llamada «Tanger oriental») se consideró (Didon *et al.*, 1973) como una facies lateral del Cretácico superior de la unidad externa de Tánger. Actualmente, la separamos: esta «unidad de Beni-Hassan» (Durand-Delga y Maaté, 2003), homóloga rifeña de la unidad andaluza de Almarchal, será pues, al igual que esta, reagrupada dentro de los flyschs masílicos (los más externos).

Principales rasgos de las unidades Taríquides

La analogía entre las dos «Columnas de Hércules», con sus potentes calizas claras, situadas a ambos lados

del Estrecho de Gibraltar, es un hecho que desde antiguo llamó la atención a los geólogos (Ramsay y Geikie, 1878; Gentil, 1912, 1918).

Gibraltar. Los primeros estudios geológicos del Peñón de Ramsay y Geikie (1878), y de Bailey (1953), han sido revisados por Rose y Rosenbaum (1990, 1991). Los datos que siguen a continuación están tomados, en lo esencial, de estos últimos autores.

La sucesión estratigráfica muestra, de base a techo, tres términos (Fig. 4):

1. La «Little Bay Shale Formation», enmascarada por los edificios y escombreras en el flanco Oeste del Peñón, está constituida por pelitas (son visibles 15 m) verdes o rojas («mudstones») con delgados niveles de areniscas finas o conglomerados, alternando con bancos más potentes de dolomía gris oscura. Se reconoce con seguridad que estas facies son idénticas a las que en Los Pastores se dataron como de la parte baja del Trías superior (Carniense).
2. La «Gibraltar Limestone F.» que, descrita en detalle (Rose y Rosenbaum, 1991), presenta unos 200 m de dolomías estratificadas a las que siguen 400 m de calizas gris claro muy bien estratificadas. Estas han proporcionado escasos braquiópodos que Owen y Rose (1997) determinaron como Lotharingiense (=Sinemuriense superior). Esta fauna contiene

formas de «Térébratules multiplissées», endémicas del Atlas marroquí.

3. La «Catalan Bay F.» afloró en la parte inferior del escarpe oriental del Peñón, al realizar obras a mediados del siglo XX. Su contacto con las calizas masivas no es bien visible. Aparecen sucesivamente (Bailey, 1953) 2,5-3 m de calizas margosas de las que debieron proceder algunos pequeños ammonites del Lías medio (Domeriense) clasificados por Spath y encima 18 m de margas foliadas cargadas de mica y cuarzo detríticos, alternantes con niveles blanco-azulados que podrían pertenecer a un Lías más alto. Finalmente, se han citado «radiolarian cherts» de coloración chocolate pálido, ricos en radiolarios que fueron atribuidos por C.P. Chatwing (*in* Bailey) a un probable Malm: podrían ser el equivalente de las radiolaritas del J. Musa.

La estructura del Peñón. Es muy compleja y se desconoce cual es la relación con las unidades adyacentes, puesto que se encuentra totalmente rodeado por el mar, salvo el istmo que está cubierto por arenas recientes. La estructura interna corresponde a la de una sucesión monoclinnal, afectada por varias fallas, como la «Great Main Fault» NO-SE, que provocan, por sectores, que la sucesión estratigráfica sea normal con buzamientos al Este como ocurre en la punta Sur («Windmill Hill») (Fig. 4, B-B'), o fuertemente

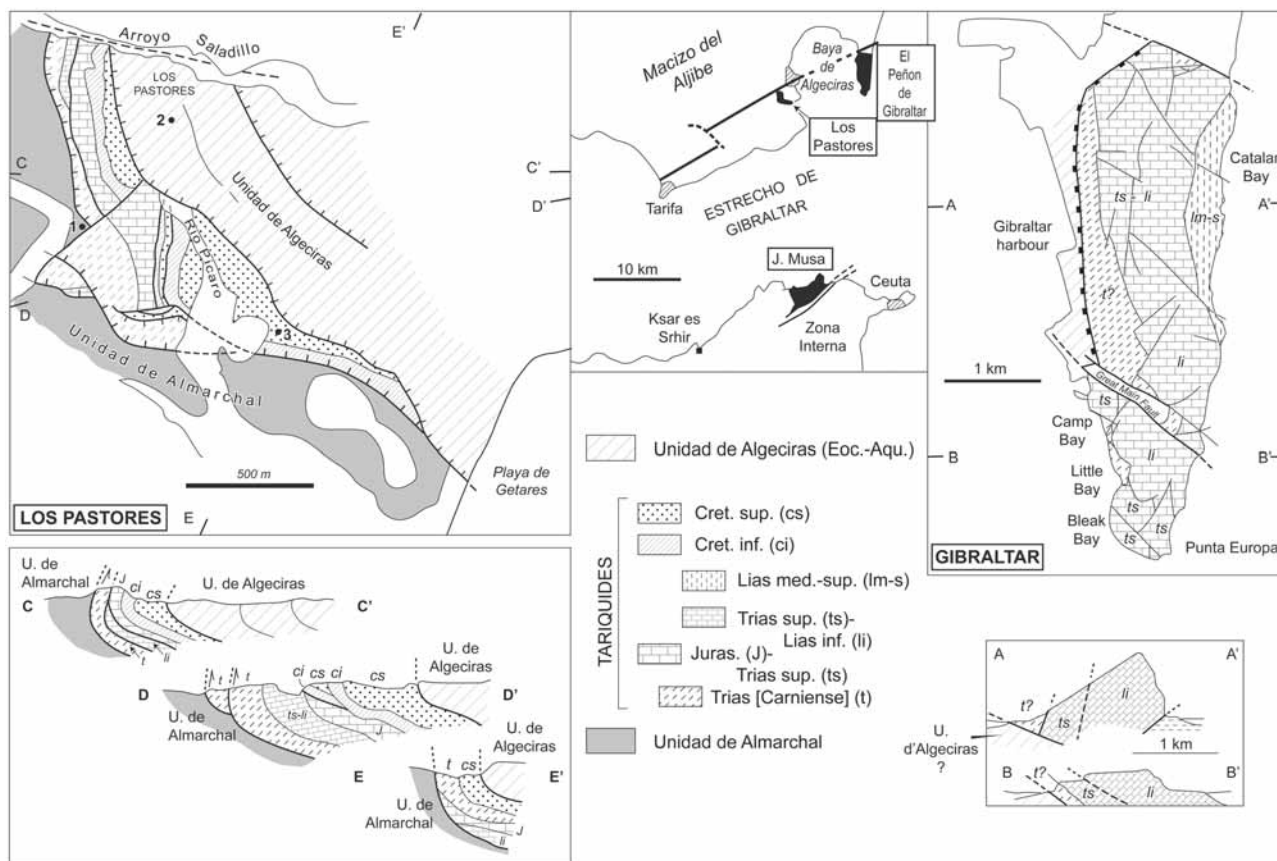


Figura 4.- Esquema estructural y cortes esquemáticos de Los Pastores y del Peñón de Gibraltar (según Rose y Rosenbaum 1990). Esquema de Los Pastores: cruce de la carretera de Tarifa con la del polígono industrial (1), con la de Punta Carnero (2), y entre ésta y la playa de Getares (3).

invertida como ocurre en el escarpe Norte del Peñón (Fig. 4, A-A').

Según Rose y Rosenbaum (1991), en las obras de los muelles del puerto (actualmente hormigonadas), se excavaron materiales blandos, versicolores, de una «Dockyard Shale F.», buzando hacia el Este, bajo los materiales (invertidos) del Peñón. Las fotos de 1900-1903 (figura 2.6 *in* Rose y Rosenbaum, 1991) muestran una alternancia de niveles blandos y duros, cuya edad se desconoce. Posiblemente se trate de los flyschs del manto de Algeciras que aflora por los alrededores de la bahía. Este manto (Fig. 4, derecha) estaría así cabalgado por las rocas del Peñón.

La idea de la aloctonía de Gibraltar la avanza Bailey, quien en 1943 estudió la zona por razones militares. Equivocadamente reagrupó, en un «Shale Group» las capas blandas del Oeste del Peñón (la actual Little Bay F.) y las de la «Catalan Bay F.» situadas al Este en la que se acababan de descubrir ammonites domerienses. Como las capas del Lias medio buzaban hacia el Oeste bajo el Lias inferior, Bailey supuso que «The Mesozoic rocks of Gibraltar, both Shale and Limestone, constitute a klippe resting upon relatively untravelled Spanish Tertiary rocks [es decir, los actuales mantos de flyschs] highly disturbed». Los términos del klippe estaban para él en serie invertida. Bailey no expone su procedencia, evidentemente oriental. La idea no era nueva, ya que, como él mismo reconoció, L. Gentil escribió en 1918 «no parece dudoso que la Roca liásica de Gibraltar descansa sobre el Flysch eoceno...»

Los Pastores

Evolución de su conocimiento. En 1926, los participantes en el 14 Congreso Geológico Internacional de Madrid, dirigidos por J. Gavalá (A.A., 1926; Gavalá y Laborde, 1924, 1929) se detuvieron en estos «asomos del Río Pícaro, donde se explotan las canteras del puerto de Algeciras» y se observó «el recubrimiento de margas y areniscas eocenas por calizas jurásicas y margas neocomienses». La excursión atrajo la atención de este singular afloramiento. Así, Kober (1932), basándose en que, en este lugar, el buzamiento de las capas de Algeciras es hacia el NE y que el buzamiento es al Oeste en las calizas del Peñón de Gibraltar, veía los dos flancos de un «klippe» plegado en sinclinal y desplazado hacia el Oeste sobre el «flysch eoceno». En realidad se ignora si existe una unión bajo la bahía de los dos afloramientos mesozoicos, pero en cualquier caso no sería la expuesta anteriormente, ya que ambas series tienen igual polaridad.

La primera cartografía en un marco aloctonista, la formuló J. Didon en 1969. Subrayó los caracteres específicos de la sucesión estratigráfica de Los Pastores, «profundamente diferente» de la del Penibético. Durante la reunión de la Sociedad Geológica de Francia, en octubre de 1978, una

prolongada parada en el afloramiento permitió descubrimientos paleontológicos de interés (*in* Raoult, 1973). Fue después de 1986 cuando se identificaron unas pelitas coloreadas, encima de las margas del Neocomiense-Barremiense, y que poseen las mismas facies que las «pelitas polícromas» del Cretácico superior del J. Musa. Por otra parte, una monografía de Los Pastores (Valenzuela Tello, 1993, 1996), con un esquema de escala 1:10.000 insiste en el contenido paleontológico del afloramiento. Nuestras propias investigaciones sobre este lugar se han efectuado desde 1986 (*cf.* Esteras *et al.*, 1988).

Estructura de Los Pastores. Las sucesiones estratigráficas se han descrito en detalle: el Trías (Baudelot *et al.*, 1993; Martín-Algarra *et al.*, 1993), el Lías y el Dogger (Durand-Delga *et al.*, 2005a) y el Malm y Cretácico (*id.*, 2005b).

El afloramiento de Los Pastores –ver cartografía de detalle (Durand-Delga *et al.*, 2005a)– está compartimentado en tres bloques separados por fracturas. Por el Oeste, el conjunto cabalga, según un contacto vertical o invertido, al flysch de Almarchal.

Compartimento Norte: La sucesión (Fig. 4, corte C-C'), vertical o invertida y con dirección N-S (Trías-Cretácico), termina con unas pelitas polícromas del Cretácico superior sobre las que descansa tectónicamente una escama de flysch de la unidad de Algeciras con una serie de igual buzamiento y polaridad.

Por el Norte, el afloramiento de Los Pastores está interrumpido por un accidente WNW-ESE, cubierto por los aluviones del Arroyo Saladillo.

Un accidente tectónico SW-NE, que se encuentra bajo la carretera de Tarifa-Algeciras y los aluviones del Río Pícaro, separa el compartimento Norte de los afloramientos meridionales.

Compartimento Sur-Oeste: Las capas de dirección E-W se encuentran verticales y el Trías (al Norte) está en contacto mecánico con una serie del Lías medio al Cretácico superior.

El afloramiento del compartimento Sur se prolonga hacia la playa de Getares, según una estrecha banda subvertical (Fig. 4, corte E-E') con una serie tectónicamente muy adelgazada. Esta banda en el cruce de carreteras (punto 3), se intercala entre el flysch de Almarchal, al Sur, y el de Algeciras, al Norte. Los dos accidentes Norte (falla del Arroyo Saladillo) y Sur (falla de Getares) pueden interpretarse como las rampas laterales del cabalgamiento del bloque de Los Pastores desplazado hacia el Oeste, dentro de la amplia zona de falla de desgarre del Estrecho.

En conjunto, el grupo de Los Pastores cabalga hacia el Oeste a la unidad de Almarchal y podría ser retrocabalgado por escamas de la unidad de Algeciras.

Grupo Musa

Evolución de su conocimiento. El primer estudio del Grupo Musa se debe a P. Fallot (*in* Marín *et al.*, 1930) y

concluye que este macizo es el elemento más septentrional de la «cordillera caliza» (=Hauz) que corona al Paleozoico más oriental. La interpretación estructural es análoga a la de Milans del Bosch (Marín *et al.*, 1917; A.A., 1926): los bloques calizos emergen entre fallas y todo sería sub-autóctono. Sin embargo existe una complicación. El Jurásico carbonatado del J. Fahies (Fig. 5), elemento septentrional de la Dorsal del Hauz, es un anticlinal volcado hacia el Noroeste. Una línea de contacto anormal J. Fahies-Benzu SW-NE lo separa del grupo Musa. En el seno de este grupo, las calizas de la unidad de Punta Leona estarían plegadas en un anticlinal vergente al SE. La parte superior de este pliegue volcado se encontraría en el J. Musa como un klippe en «tête plongeante», que se enraizaría en su extremidad occidental. Bailey (1953) mostró la imposibilidad geométrica de un klippe enraizado de esta forma, así como también lo inverosímil de vergencias hacia el SE, en una zona donde las vergencias son hacia el Oeste. Como para Gibraltar, Bailey concluye: «In brief, I regard Musa and his

companions as klippe, separate remnants of a thrustmass, and am satisfied that their travel has been from the East». Esta interpretación aloctonista de Bailey fue retomada por M. Mattauer (1960), pero en el marco «ultra-mantos», que reinaba en la época: para este autor el Musa es un elemento de la cadena del Hauz, que viene muy lejos, del NE, desde una zona situada más allá del «macizo antiguo» rifeño.

Entre las «têtes plongeantes» que Mattauer imagina en el Hauz «la más clara [...] es sin lugar a dudas la del célebre Jebel Musa». La cartografía (Kornprobst, 1966; *cf.* Raoult, 1973) establece la inexistencia de estas estructuras, en particular en el Musa (Durand-Delga y Villiammey, 1963).

La cartografía oficial (Kornprobst y Durand-Delga, 1985), se tomó como base de razonamiento por los autores de numerosas interpretaciones hechas entre 1980 y 1990 (ver a continuación).

Estructura del conjunto del Grupo Musa (Fig. 5). Se descompone en seis elementos, de los que tres, J. Juima, J. Musa y Punta Leona, son los más importantes.

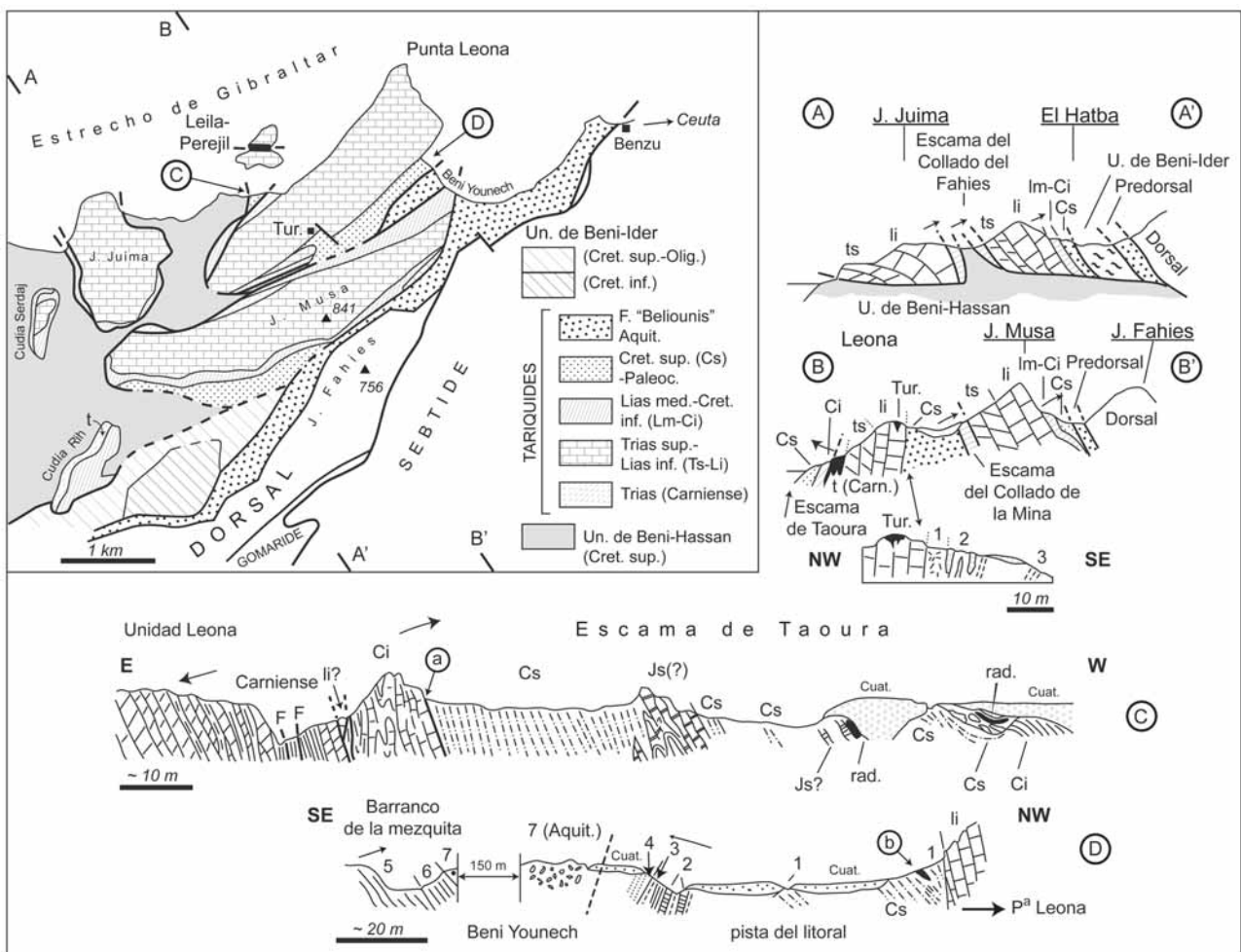


Figura 5.- Esquema estructural y cortes del grupo Musa. Corte B-B' (detalle): Tur, Turoniense (karst en el Lias inf.); 1, brecha poligénica con matriz arcillosa violácea (Cretácico superior?); 2, bancos resedimentados de calizas nodulosas con Calpionelas; 3, «Pelitas policromas» (cs: Senoniense). Corte C: Unidad Leona: F, lugares datados como Carniense. Escama de Taoura: a, caliza negruzca (paleo-costra?) en la base de las pelitas policromas. Olistolitos: calizas estratificadas (Js) y radiolaritas (rad.) del Jurásico medio-superior. Cuat.: Cuaternario. Corte D: 1, pelitas oliváceas, Cretácico superior (b: brecha de radiolaritas y calizas con Calpionelas); 2, pelitas oliváceas y violetas, con dos bancos métricos de margas violeta oscuro, límite Paleoceno-Eoceno; 3, margas castaño-rojizas, Eoceno sup.- Oligoceno basal; 4, margas ocreas, Eoceno sup.- Oligoceno inf.; 5-6: margas violeta oscuro (5) y después amarillo-oliváceas (6), Oligoceno medio-sup.; 7, areniscas groseras, Formación de Belionis, Aquitaniense. Cuat.: Cuaternario

En la parte Nor-occidental, los elementos de Cudia Rih, Serdaj y el J. Juima descansan sobre margas flyschoides de la unidad de Beni-Hassan (= «Tanger oriental» auct.), de edad Cretácico superior. A pesar de los depósitos de ladera, es verosímil que los extremos Oeste de los elementos Punta Leona y J. Musa (s.s) estén también sobre el mismo Cretácico. Por el contrario, en su parte oriental, estas dos grandes láminas se encuentran en contacto directo (Fig. 5, corte B-B').

La unidad del J. Musa (s.s.) es una lámina monoclinas de carbonatos del Trías superior-Lías inferior. Su parte Sur muestra los términos estratigráficos más recientes: del Lías medio al Cretácico inferior, y posteriormente con contactos mal visibles, pelitas polícromas datadas, en este lugar, del Cretácico superior. El conjunto se hunde (Fig. 5, corte A-A') bajo los flyschs predorsalienses de Beliounis, por el intermedio, en el Oeste, de elementos del manto de Beni-Ider (=Algeciras). El conjunto está cabalgado con fuerte buzamiento por las unidades internas (Dorsal del J. Fahies, etc.). La delgada «escama del Collado de la Mina» (Lías inferior - Malm), muy coluvionada, aflora a lo largo del borde Norte del J. Musa, bajo el cual se hunde con fuerte buzamiento.

La unidad de Punta Leona es también una lámina monoclinas subvertical (Fig. 5, corte B-B'). En su base, situada al Norte, aparecen en la costa dolomías claras con intercalaciones de pelitas oscuras, datadas del Carniense (det. de Sra. Solé de Porta: comunicación de A. Martín-Algarra en muestras tomadas en común en 1993). En su parte meridional, la unidad de Leona presenta, directamente sobre las calizas del Lías inferior, su cobertera cretácica seguida (Fig. 5, corte D, términos 1 a 7) de capas terciarias (ver posteriormente). En su borde noroeste, la unidad Leona está en contacto tectónico con la «escama de Taoura»: esta última, en su parte costera (Fig. 5, corte C) muestra, encima de las margo-calizas del Neocomiense, «pelitas polícromas» que atribuimos, como en otras zonas, al Cretácico superior. Mas al Oeste, los paquetes de calizas y radiolaritas jurásicas se han interpretado (*cf.* El Hatimi y Duée, 1989; El Kadiri *et al.*, 1990) como olistolitos dentro de pelitas. Aunque difiriendo anteriormente de estos autores, esta interpretación nos parece hoy razonable (observaciones realizadas con K. El Kadiri en 2006).

Los elementos del grupo Musa se encuentran en el seno de una zona de falla de salto dextra, de dirección SW-NE que interrumpe al Norte la Dorsal rifeña del Hauz. Las diversas unidades del J. Musa forman las piezas de un puzzle difícil de ordenar por falta de referencias fiables. Sin embargo, las coberteras (Lías medio a Malm) idénticas de la parte Oeste del J. Musa (s.s.) y del J. Juima permiten suponer que las formaciones de estas dos unidades eran contiguas.

El Peñón de Lechkrach (Durand-Delga y Maaté, 2003). Es un pequeño afloramiento de 300 por 200 m, de materiales jurásicos (Lías inferior a Malm superior),

cuya base está constituida por dolomías triásicas. Está pinzado (Fig. 8) entre los flyschs de Beni-Hassan (= Tanger oriental) al Oeste y el de Beni-Ider, al Este. La lámina de materiales terciarios con facies predorsalienses (margas areniscosas eo-oligógenas, flysch Aquitaniense de Beliounis) que bordea, por el Oeste, al peñón de Lechkrach, tal vez pudo estar inicialmente en continuidad estratigráfica.

Si los términos más característicos de los Taríquides (Carniense detrítico, pelitas polícromas del Cretácico superior) no se conocen aquí, el elemento posee ciertos caracteres que permiten esta atribución: facies con braquiópodos, datados del Carixiense (Olivier, 1984); margas arcillosas coloreadas con nódulos silíceos en el Dogger, como en Los Pastores y como en el Musa; y una importante tectónica anterior al Domeriense, que es discordante.

La sucesión estratigráfica de los Taríquides: su originalidad

Como vamos a ver, las facies de las series estratigráficas de los Taríquides presentan muchas diferencias con las facies coetáneas de las unidades actualmente vecinas, mostrando que la tectónica ha aproximado esas unidades paleogeográficamente muy alejadas. Para las descripciones detalladas de estas sucesiones se pueden consultar: para el Penibético a Martín-Algarra (1987); para la Dorsal, la síntesis más reciente es la de El Kadiri *et al.* (1992) y para la Predorsal, la de Olivier (1984).

Trías taríquide. En Los Pastores (Fig. 6A) ha sido objeto de dos estudios (Baudelot *et al.*, 1993; Martín-Algarra *et al.*, 1993) con resultados convergentes. En la base, una formación detrítica (unos 150m) con pelitas versicolores dominantes, comienza con arcillas yesíferas (Los Pastores) o carniolas en el J. Musa en las que se ha datado el Ladiniense-Carniense (facies «Lettenkohle»). Esta formación termina con pelitas oscuras con niveles dolomíticos del Carniense medio. Sólo se conoce una serie comparable en la Dorsal interna (y en los Maláguides – Gomárides, próximos) en la parte superior de la «Formación Saladilla» (Martín-Algarra *et al.*, 1995), en el techo de areniscas y conglomerados rojos «Verrucano».

Al Trías superior se deben atribuir las potentes dolomías claras (Fig. 6B, C y D), que han proporcionado en Los Pastores una Dasi cladácea del Noriense (Martín-Algarra *et al.*, 1993). En el Penibético (Dürr, 1967; Martín-Algarra, 1987), si el término medio (Noriense?) del Trías superior es dolomítico, en el Carniense (?) son margas con niveles carbonatados y el Retiense (?) presenta una facies «Keuper» de arcillas abigarradas con yeso; litologías que contrastan considerablemente con las litologías de los Taríquides. Con la Dorsal externa (Fig. 7, IV) las diferencias son también grandes. El «Carniense (?)» (Wildi *et al.*, 1977) se ha determinado en la masa dolomítica, que es coronada por potentes

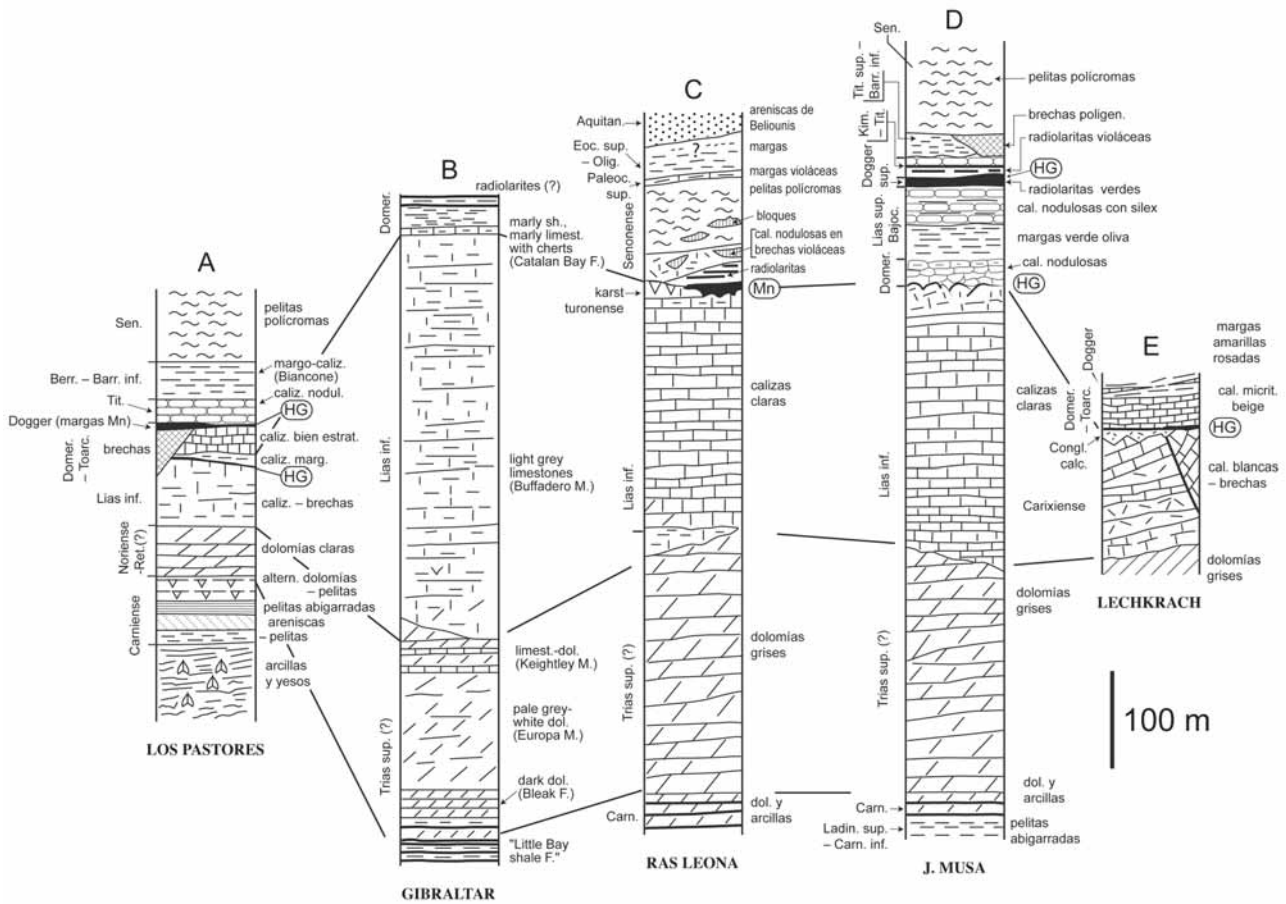


Figura 6.- Columnas estratigráficas de las diversas unidades de los Taríquides, tomadas: para Los Pastores, J. Musa y Ras (o Punta) Leona, de Durand-Delga *et al.* (2005a y b); para el Peñón de Gibraltar de Rose y Rosenbaum (1990); para Lechrach, de Durand-Delga y Maaté (2003). HG: «hard-ground». Mn: karst con manganeso.

«alternancias» margo-calizo-dolomíticas del Retiense, con «*Avicula contorta*» (tipo «lombard», desconocido en el margen sud-ibérico).

Lías inferior. Las potentes calizas claras de los Taríquides están estratificadas en bancos pluridecimétricos a métricos, a veces brechíticos (Los Pastores). La fauna de braquiópodos de Gibraltar los relaciona con el dominio del Tethys norafricano. En Lechrach se señala la presencia de braquiópodos carixienses en los últimos bancos con crinoides (Olivier, 1984). Estas facies con algas y pseudo-oolitos caracterizan una plataforma subsidente poco profunda.

En el Penibético el Lías no está datado en la base de las potentes calizas jurásicas y su existencia puede suponerse en las «carniolas» de los antiguos autores. En la Dorsal externa, al paquete de calizas vacuolares «hettangienses» le siguen (Fig. 7, IV) calizas en bancos («Lías gris» de Olivier, 1984), a veces con aspecto noduloso, o de «falsas brechas», y con abundante sílex, en las que se han encontrado ammonites del Lotharingiense (como en la serie predorsal de Beni Derkoul). El contraste es muy grande con el «Lías blanco» de los Taríquides. Por el contrario, existe especialmente una cierta analogía con las «calizas blancas» de la Dorsal interna, si bien es cierto que esas últimas no están estratificadas y son de un medio menos «abierto».

Un karst se encuentra generalmente en los Taríquides en el techo de las calizas (carixienses) que coronan al Lías inferior. Es especialmente reseñable en el Grupo Musa en el que las calizas pelágicas domerienses cubren un «hard-ground» ferruginoso con grandes ammonites. Las irregularidades de este karst pueden estar rellenas por bloques calizos del substrato (Lechrach: Fig. 6E). Esta carstificación es un fenómeno frecuente en el Mediterráneo occidental, donde expresa la ruptura generalizada de la plataforma post-hercínica.

Por el contrario, ni en la Dorsal externa (y el Predorsal) ni en el Penibético, se ha señalado ningún «hard-ground» a este nivel. Habría que ir a la Dorsal interna para encontrar un notable paleo-karst a techo del Lías inferior (Maaté y Martín-Algarra, 1992; El Kadiri *et al.*, 1992).

Lías medio (Domeriense) hasta comienzos del Dogger. En este periodo se observa en los Taríquides una serie (máximo unos 50m) de calizas pelágicas caracterizadas por ammonites, especialmente en el grupo Musa (Olivier, 1984; El Kadiri *et al.*, 1990): calizas nodulosas (Domeriense); calizas margosas amarillo-oliváceas con «filamentos», secciones de Posidonomías (Toarciense); calizas nodulosas bicolors con sílex (Toarciense a Bajociense inferior).

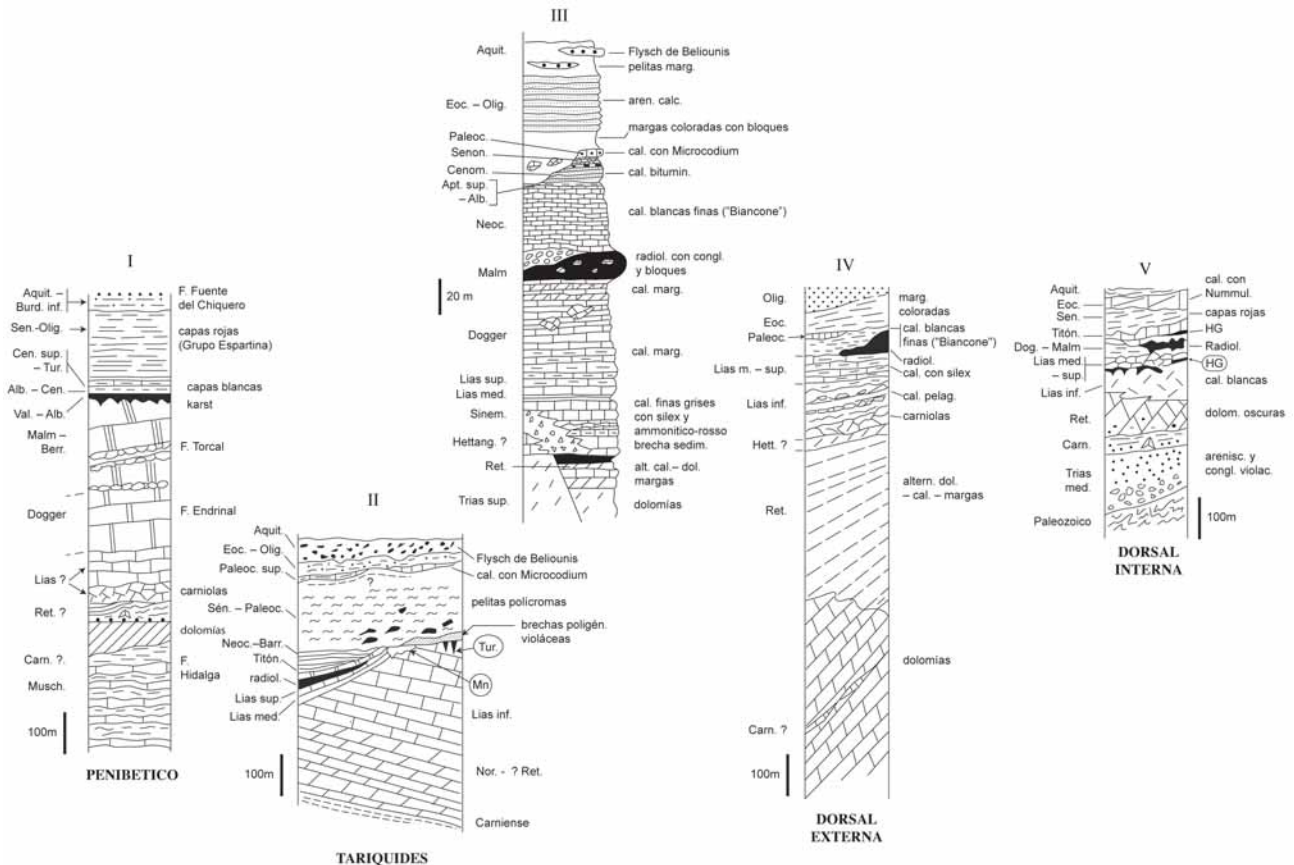


Figura 7.- Columnas litoestratigráficas comparadas: el Penibético (según Martín-Algarra, 1987); los Taríquides (columna sintética: Mn, karst con manganeso; Tur., relleno de un karst turoniense); unidades del margen del Bloque de Alborán (Predorsal, columna III; según Olivier, 1990); Dorsal interna y externa (según diversos autores). HG «hard-ground».

En Los Pastores, no se pueden atribuir al Lías medio más que las finas margo-calizas gris amarillentas y, al Lías superior las margo-calizas coloreadas con «filamentos», ambos niveles, sin silex. En el compartimento de Los Pastores-N (figura 4-D in Durand-Delga *et al.*, 2005a), el depósito de brechas groseras del Lías terminal es el resultado de una tectonización intensa.

En el Penibético, no se ha caracterizado ningún piso del Lías. Por el contrario, la Dorsal posee una serie «condensada», análoga a la de los Taríquides, pero sin que pueda establecerse una correspondencia con precisión. En la zona predorsaliense (unidades de Beni-Derkoul: Olivier, 1984), las calizas bien estratificadas con «filamentos» se depositan sobre un Sinemuriense datado, al que removiliza en bloques.

En la Dorsal externa, calizas análogas cargadas de silex negros, parcialmente datadas del Domeriense, contrastan con las calizas nodulosas del Musa.

Del Dogger al Kimmeridgiense. En el Grupo Musa, la mayor parte de las unidades contienen radiolaritas, a veces removilizadas en el Cretácico. En el J. Musa (s.s.) a las calizas nodulosas bicolors con silex les suceden radiolaritas estudiadas por El Kadiri (1991): su mitad inferior de color verde, representa el Dogger superior, y se encuentra separada por una superficie endurecida de radiolaritas rojo-violáceas del Kimmeridgiense. En Los Pastores las radiolaritas son desconocidas. Rellenando un karst labrado en el Lías inferior (tal vez

reutilización del karst ante-domeriense) se encuentran algunos metros de margas oscuras o coloreadas ferromanganesíferas, con gruesos nódulos, ricas en belemnites claramente removilizados, que han proporcionado (S. Gardin in Durand-Delga *et al.*, 2005a) nannofloras del Dogger inferior y superior. En la unidad de Punta Leona, rellenando un karst en el Lías calizo, existen depósitos manganesíferos, antiguamente explotados, a los que siguen radiolaritas verdes, también cargadas de manganeso.

La sedimentación radiolarítica está generalizada en el entorno Sur del Bloque de Alborán: en la base de los flyschs mauritanicos, en la zona predorsaliense y en las Dorsales externa y «mediana» (unidad de Hafa Ferkennix, cerca de Tetúan). Sólo está ausente en la Dorsal interna s.s. Esta profundización general, ligada a la apertura oceánica atlántica, plantea la cuestión de las condiciones de la formación de los depósitos manganesíferos del Dogger, tanto sobre el origen del Mn (¿viniendo de una cordillera oceánica?) como sobre la profundidad de depósito, por encima del CCD (preservación de la nannoflora).

El Penibético (Fig. 7, I), en la misma época, se caracteriza por una potente sedimentación de plataforma poco profunda (calizas oolíticas) en el Dogger, y después por calizas pelágicas, nodulosas y oolíticas, en las que todos los pisos del Malm se han datado con ammonites. El contraste con los Taríquides es espectacular.

Malm terminal-Cretácico inferior. En los Taríquides, existen capas delgadas de Titóniense (calizas pelágicas, frecuentemente coloreadas, con *Aptychus* y después con Calpionelas) del Neocomiense-Barremiense (margocalizas blancas con *Aptychus*). Las calizas titónienses no difieren en nada de las del Penibético, situadas en la parte superior de la «Formación Libar» (Martín-Algarra, 1987), ni de las de la Dorsal interna. Por el contrario, curiosamente, estas facies titónienses no se encuentran en la Dorsal externa ni en la Predorsal. Por lo que respecta a las margo-calizas claras del tipo «Biancone», son por el contrario, muy conocidas en la Dorsal externa, donde pueden reposar en discordancia incluso sobre el Lías (Raoult, 1966) o, con abundantes bloques, en el Predorsaliense (Olivier, 1984). En el Penibético tienen facies análogas algunos de los escasos sedimentos que aparecen entre los sucesivos «hard-grounds» del Cretácico inferior.

Cretácico «medio». En un punto (P. Leona, Fig. 5) de los Taríquides, las calizas rojas con *Helvetotruncana helvetica* (det. J. Magné) del Turoniense medio rellenan un karst en el Lías inferior. No se conoce ningún sedimento entre las margo-calizas del Barremiense inferior (?) y este Turoniense del dominio taríquide. Por el contrario, las calizas pelágicas de edad aptense-cenomanense conocidas en el Penibético y las de igual edad, localmente conservadas en la Dorsal o en la Predorsal, prueban que el mar cubría estos dominios.

Cretácico superior. Es la época en la que los Taríquides presentan la mayor originalidad, con sus pelitas polícromas (= «arcillas esquistosas violetas» in Durand-Delga y Villiaumey, 1963) que se habían englobado en el «flysch nummulítico» de los antiguos autores. Esta formación ha sido también atribuida erróneamente al Cretácico inferior (El Hatimi y Duée, 1989) y, localmente, en la unidad de Taoura, al Dogger (El Kadiri *et al.*, 1990). Diversos hechos militan para interpretarlas como un depósito por debajo del CCD: la composición de las arcillas (Pletsch, 1997), los nódulos ferro-magnesíferos (H. Paquet in Durand-Delga *et al.*, 2005b), denominados «polimetálicos» (El Hatimi y Duée, 1989), la extrema escasez de nannoplancton y foraminíferos planctónicos que datan el Campano-Maastrichtiense, y la abundancia de formas arenáceas del Maastrichtiense-Paléoceno según W. Kuhnt (lista p. 80 in El Kadiri, 1991). Esta sedimentación es comparable a la de los flyschs mauritánicos de igual edad (*cf.* Pletsch, 1997, p. 58), salvo en la ausencia casi total de niveles turbidíticos.

En Los Pastores, las pelitas polícromas descansan directamente en concordancia sobre las margo-calizas del Hauteriviense-Barremiense inferior: el descenso bajo el CCD (¿después de emersión?) se hizo sin basculamiento. Por el contrario, en el Grupo Musa y especialmente en la unidad de Taoura (Fig. 5, corte C), las pelitas polícromas engloban olistolitos de calizas y radiolaritas del Dogger-Malm (El Hatimi y Duée, 1989; El Kadiri *et al.*, 1990). En la unidad de Punta Leona, microbrechas violáceas («mass-flow» de El Hatimi y

Duée, 1989) rellenan un karst en el Lías inferior (Fig. 5, corte B-B', término 1). Estas microbrechas han sido hasta ahora consideradas (Durand Delga *et al.*, 2005b) como una facies lateral del «Biancone» Neocomiense-Barremiense. Es más verosímil unir las a la base de las pelitas polícromas: las atribuiremos pues, al Cretácico superior, a pesar de la abundancia de formas del Cretácico inferior (*Calpionelas*, *Aptychus*), probablemente removilizadas en la matriz de estas microbrechas.

En el Penibético, durante el Turoniense-Senoniense se depositan las célebres «capas rojas», margas rojosalmón ricas en plancton. Esta facies, más margosa, continúa en el Terciario hasta el Oligoceno superior, evocando una llanura submarina de profundidad media. En la Dorsal, especialmente en la interna, y en la Predorsal se encuentran a veces margas rojizas pelágicas análogas, aquí poco potentes, del Cretácico superior. Todas estas facies contrastan mucho con las pelitas polícromas taríquides.

La cobertera terciaria de los Taríquides. Entre las unidades del J. Musa y de Punta Leona, al N de Beni Younès aparecen sedimentos terciarios. El techo de las pelitas polícromas puede estar constituido por pelitas violáceas (Fig. 5, corte D, término 2) que contienen dos niveles calizos métricos, ricos en foraminíferos arenáceos y nannoplancton del límite Paleoceno-Eoceno (det. H. Feinberg). Y siguen margas (términos 3 y 4) con nannofloras del Eoceno superior-Oligoceno inferior que, por una falla, se encuentran separadas del «flysch arenoso de Belionis» (término 7). Bajo éste, y hacia el SE, unas pelitas margosas coloreadas (términos 5 y 6) han proporcionado nannofloras (H. Feinberg) del Oligoceno medio-superior, lo que es concordante con la supuesta edad Aquitaniense de las areniscas de Belionis.

La continuidad de estos términos terciarios con el Mesozoico taríquide subyacente, se puso en duda (Durand Delga y Villiaumey, 1963) por el hecho de ser unas facies «típicamente predorsalienses».

Las dataciones obtenidas en nuestro muestreo de 1996 permiten aceptar la continuidad estratigráfica de este terciario con las pelitas polícromas, lo cual ha sido admitido, después de P. Olivier (1984), por el resto de autores. Y ello, a pesar del recubrimiento cuaternario que enmascara los contactos.

Las margas pelíticas eo-oligocenas son claramente del tipo dorsaliense-predorsaliense. Las areniscas «numidoides» del flysch de Belionis, con facies muy específicas, corresponden a la generalización en el Aquitaniense de los aportes detríticos arenosos presentes en todas las zonas paleogeográficas, comprendido el Penibético (Formación de «La Fuente del Chiquero» de Martín-Algarra, 1987).

Hipótesis paleogeográficas

Hasta el final de los años 1950, la atribución de las rocas carbonatadas aflorando, en ambas orillas del

Estrecho de Gibraltar, en el núcleo de estructuras anticlinales en medio de los flyschs no planteaba problemas: todas esas formaciones, supuestas autóctonas, debían pertenecer al Penibético (Marín *et al.*, 1930; Fallot, 1937).

El descubrimiento de la aloctonía generalizada en el Arco de Gibraltar modificó considerablemente las ideas. De esta forma, el dominio paleogeográfico del Penibético andaluz, autóctono relativo, debería encontrarse alejado del de la Dorsal, ya que ésta era de procedencia más o menos lejana según la hipótesis tectónica adoptada. Fue entonces cuando el análisis de las series del J. Musa (Durand-Delga y Villiaume, 1963) y Los Pastores (Didon, 1969) puso de manifiesto la originalidad de sus sucesiones estratigráficas, y dio origen a la noción de «Tariquídes» (Durand Delga, 1972).

El análisis cartográfico (Campo de Gibraltar: Didon, 1969; Esteras *et al.*, 1988; Rif: Kornprobst y Durand Delga, 1985) mostró la situación estructural de los elementos tariquídes. Se intercalan entre: por debajo, las formaciones flyschoides atribuibles al dominio «masílico» (unidad de Almarchal = Unidad de Beni-Hassan, ex «Tanger oriental»); por encima, los flyschs mauritánicos (Unidades de Algeciras/Nogales = Unidades Beni Ider/ Tisirène). Estas situaciones se observan en Los Pastores (Fig. 4), en el Grupo Musa (Fig. 5) y en Lechrach (Durand-Delga y Maaté, 2003).

Hipótesis de la «cordillera tariquíde». A partir del argumento estructural anterior, se formuló (Didon *et al.*, 1973) la hipótesis de que el dominio tariquíde había constituido en el Cretácico una zona elevada, preservada de aportes detríticos, situada entre los dos surcos de los flyschs masílicos y mauritánicos.

Esta hipótesis no plantea problemas para el periodo Triás-Jurásico, mientras que la naturaleza del sustrato de los flyschs cretácicos fuese desconocida. Pero, por el contrario, en el Cretácico inferior (Berriasiense a Hauteriviense) habría que suponer que el pre-flysch margo-calizo con microbrechas del dominio mauritánico tendría que situarse entre los dos dominios con sedimentación del tipo «Biancone» de los Tariquídes y de la Dorsal (s.e.). También resultaba difícil en la hipótesis «cordillera» colocar las pelitas polícromas del Cretácico superior tariquíde entre dos surcos profundos con series turbidíticas. Esta hipótesis supondría finalmente que las formaciones terciarias (con facies predorsalienses, en particular las areniscas de Beliounis) del techo del Grupo Musa, no podrían ser su cobertera estratigráfica.

Atribución al Predorsaliense (Olivier, 1984). A partir del momento en que estos afloramientos terciarios se han considerado como la auténtica cobertera estratigráfica del Grupo Musa, la hipótesis de la «cordillera» no era ya viable y fue tácitamente abandonada. De esta forma, el dominio predorsal (Olivier, 1984, figuras 88 a 93) se subdividió en varios compartimentos («sub-dominios») que, salvo en el Lías inferior, se van hundiendo por paneles, al pie del

margen, hacia el surco de los flyschs. En el Rif, el subdominio «Musa» se habría separado de esta forma de la Dorsal por un sub-dominio de «Beni-Derkoul».

Un argumento para «enraizar» el dominio tariquíde entre la Dorsal externa y el manto de Beni Ider se encuentra en el puerto de Tleta Taghramt, a mitad de distancia entre Lechrach y el J. Musa. Una delgada escama (Kornprobst, 1966) muestra la siguiente asociación de facies, desconocida en la Dorsal próxima: calizas con ammonites del Kimmeridgiense superior; calizas con protoglobigerinas y «filamentos» del Aalenense; calizas con crinoides y braquiópodos (*Glossothyris* cf. *nimbata*) del Lías inferior. Todas estas facies, especialmente la última, son análogas a las que se encuentran en el J. Musa. Puede tratarse, en consecuencia (Kornprobst, 1966), de una lámina tectónica tariquíde que ha permanecido en su posición original.

Después del trabajo de Olivier (1984) los autores, manifiestamente poco convencidos del valor de la noción «Tariquíde», no utilizaron más este término. Unos se interesan únicamente por la zona andaluza de Los Pastores, y otros solamente en el Grupo Musa.

Hipótesis de los klippes sedimentarios. Para A. Ben Yaïch (1981) el Grupo Musa pertenece a la parte más externa de la Dorsal rifeña (Hauz). Las «marnes bigarrées très chiffonnées» situadas en dos minúsculos afloramientos en las proximidades de la base del Jurásico eran, para él, un resto de la matriz que habría englobado a los grandes elementos calizos del Musa. Estos klippes sedimentarios (=olistolitos) habían sido incluidos en las «marnes à blocs» oligo-aquitanienses. En 1988, Duée, El Hatimi y El Kadiri se unieron a Ben Yaïch, reafirmando que «la matriz de la formación con los klippes sedimentarios puede aparecer sobre y bajo los diversos elementos del Grupo Musa que corresponden a bloques...». Igualmente se reduciría a una «formation à blocs» la unidad predorsal de Olivier.

Hipótesis de pertenencia al margen ibérico. El Hatimi y Duée (1989) consideran que los elementos de tipo Musa tienen una procedencia del Norte de la línea Azores-Gibraltar, a partir de un margen ibérico de tipo «atlántico». Por el contrario, la Dorsal calcárea rifeña (especialmente su parte norte, el Hauz) correspondería al margen Sur, en desgarre, del Bloque de Alborán. Poco después, para El Hatimi *et al.* (1991), la disposición meridiana de la Dorsal rifeña del Hauz (margen africano) y del J. Musa (margen europea, sud-ibérica) sería original. De esta forma, no existiría un arco de Gibraltar.

Martín-Algarra (1987, *cf.* p. 590-592), si bien considera las series del Musa y del Peñón de Gibraltar como idénticas, diferencia el Grupo de Los Pastores en el que las margo-calizas del Cretácico inferior y las pelitas polícromas no existirían (su presencia sería demostrada ulteriormente). Estos tres elementos presentan «una evolución de tipo subbético» (*cf.* igualmente Martín-Algarra, *in* Vera, 2004, p. 396).

El J. Musa, doble margen a la vez «rifeña y subbética». En función de un estudio estratigráfico del Grupo Musa (El Kadiri, 1991) se expresó la idea (El Kadiri *et al.*, 1990) de que este dominio posee la situación de «una doble margen» a la vez sobre el futuro dominio externo rifeño y sobre el dominio bético meridional. La mitad occidental del Grupo recordaría a la Dorsal externa, así como al Subbético medio meridional, mientras que la mitad oriental se parecería a la Dorsal interna y a la unidad de Almarchal. Esta hipótesis cuestionaría totalmente los grandes rasgos tectónicos del arco bético-rifeño.

Discusión y conclusiones

En presencia de tantas hipótesis contradictorias, retomamos el estudio de los afloramientos de Los Pastores y J. Musa analizando, especialmente con la ayuda de la micropaleontología, la edad de las formaciones arcillosas y margo-calizas. Los resultados

(*cf.* Fig. 6) se han detallado en Durand-Delga *et al.* (2005a y b). Nuestras conclusiones son las siguientes:

1. En el intervalo de tiempo que va desde el Trías inferior al Aquitaniense, salvo el breve periodo del Titóniense-Berriasiense en el que las facies son banales, a la escala del Mediterráneo occidental, las formaciones taríquides difieren netamente de las formaciones penibéticas, en particular en el Lías-Dogger y en el Cretácico superior. Excluimos, en consecuencia, al dominio taríquide del margen sud-ibérico.
2. Por el contrario, existen ciertas semejanzas entre las facies taríquides y las del margen (Dorsal-Predorsal) del Bloque de Alborán. Su vecindad sería también la posición lógica para el Trías, a la vez «germánico» y «alpino». Los braquiópodos lotharingienses de Gibraltar del tipo «nor-africano» (especialmente del Atlas marroquí) difieren de los braquiópodos del margen sud-ibérico en el Lías inferior.

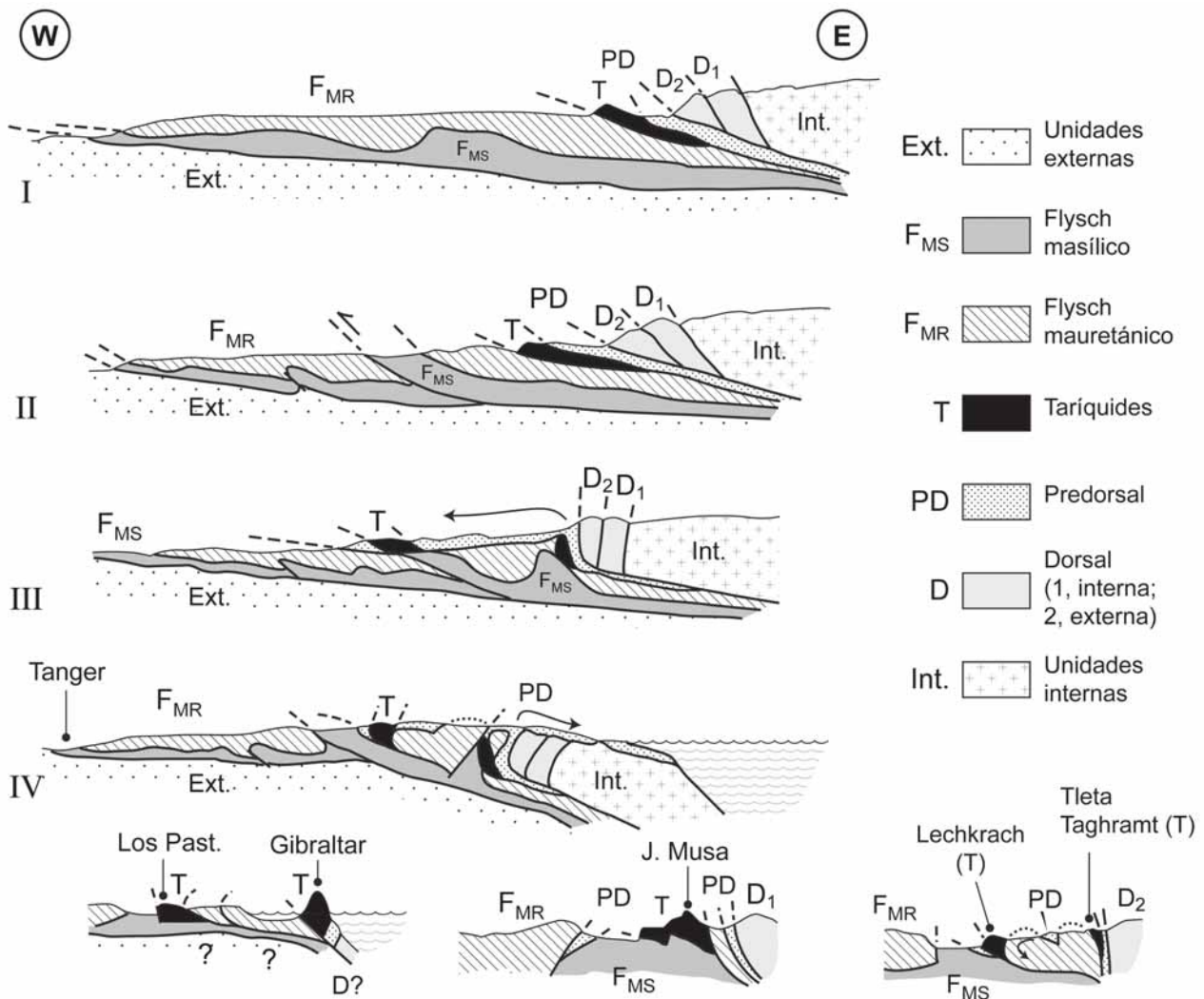


Figura 8.- Un escenario posible para explicar la situación estructural actual de los Taríquides. I: Apilamiento de los mantos de Flysch, despegados de su substrato y expulsados bajo las Zonas Internas (Bloque de Alborán). II: Cizallamiento de los flyschs, llevando a superficie al flysch masílico (Unidad de Almarchal) por encima del flysch mauritánico. III: Expulsión de debajo del bloque interno del material Predorsal y Taríquides del «manto de Anjra» (Durand Delga y Maaté, 2003) y deslizamiento, probablemente epigléptico, hacia el Oeste. IV: Bloqueo del sistema: inversión de polaridad y deslizamientos superficiales hacia el interior. En la parte inferior, tres cortes esquemáticos para mostrar la situación actual de los diversos elementos taríquides (T) con relación a las unidades de flysch.

3. Las radiolaritas, muy desarrolladas en el Grupo Musa, del Batoniense al Kimmeridgiense (incluido), se encuentran, igualmente y en el mismo intervalo de tiempo, en el sustrato de los flyschs mauritánicos, en la Predorsal y en la Dorsal, especialmente en la externa. Por el contrario las radiolaritas están totalmente ausentes en el Penibético; y, en el Subbético medio (mucho más alejado), los depósitos silíceos, frecuentemente arcillas con radiolaritas, no sobrepasan en su parte superior el Oxfordiense (en Vera, 2004, p. 381).
4. Como se ha establecido (Olivier, 1984), las facies de las formaciones terciarias (visibles en el Grupo Musa) situadas sobre el Cretácico superior taríquide son del tipo predorsal (flysch arenoso aquitaniense de Beliounis) o, más generalmente, dorsaliense-predorsaliense (margas pelíticas coloreadas del Eo-Oligoceno). A partir del momento en que se acepta - como hacemos aquí - que éste Terciario esté ligado al Cretácico taríquide, los elementos del Musa son claramente en esta época del dominio predorsal.
5. Para los periodos mesozoicos, esta posición - que es la defendida por uno de nosotros (Olivier, 1984)- puede ser discutida. En efecto, en las concepciones actuales, el Bloque de Alborán (parte más occidental de una gran «microplaca» meso-mediterránea ALKAPEKA) se situaba en el Mesozoico varios centenares de kilómetros al Este de su situación actual. Se puede formular la hipótesis de que, durante su avance hacia el Oeste, el Bloque de Alborán ha podido agregar elementos situados más allá de su margen, por ejemplo los Taríquides.

Las pelitas polícromas (Campaniense-Paleoceno) tienen caracteres de formación infra-CCD. Pueden representar el relleno de una cuenca elevada, al abrigo de los aportes turbidíticos de los flyschs del surco mauritánico próximo. Se conoce también la intensidad de la tectonización sin-sedimentaria manifestada en los Taríquides por movimientos diferenciales de bloques, y por desprendimientos submarinos (en el Domeriense en Lechkrach; en el Toarciense en Los Pastores) y por deslizamientos de olistolitos en el Cretácico superior (Grupo Musa). La posición de un dominio taríquide - individualizado únicamente antes del Terciario- en la amplia zona de desgarre que separa las placas Iberia y África podría estar de acuerdo con estos fenómenos. Pero no puede excluirse que este elemento taríquide haya sido, desde el Mesozoico, un subdominio distal del margen de Alborán (Olivier, 1984): las facies en el Cretácico inferior son análogas en los Taríquides y la Dorsal.

Finalmente es factible encontrar una explicación al hecho de que los elementos taríquides se hayan pinzado entre los mantos de flyschs. Entre los diversos escenarios posibles, se puede suponer la siguiente

sucesión de eventos durante el Mioceno inferior: a) los flyschs masílicos cabalgan parcialmente a los flyschs mauritánicos (Fig. 8, estadio II); b) expulsión de una parte del material predorsaliense (comprendidas los Taríquides) deslizando hacia el Oeste sobre una superficie de erosión (Fig. 8, estadio III); c) bloqueo del sistema provocando retrocabalgamientos con el pinzamiento y verticalización de ciertos elementos taríquides (Fig. 8, estadio IV).

«Hércules» (!) sólo tendrá ya que separar el Peñón de Gibraltar y el J. Musa: las fracturas del Estrecho y la erosión, ligada a la invasión del mar plioceno, se lo facilitarán.

Agradecimientos

Agradecemos a C. Cavaré-Hester la realización de los dibujos, a A. Michard la traducción del inglés y a J. C. Balanyá Roure la atenta revisión de una primera versión de este artículo.

Referencias

- A.A. (1926): Excursión A 1, «Déroit de Gibraltar». XIV^e Congrès géologique international, Madrid (Côté espagnol du déroit, par J. Gavala; Ceuta-Tetuan, par J. Milans del Bosch). *Instituto Geológico de España*, I, Madrid.
- Andrieux, J., Fontboté, J.M. y Mattauer, M. (1971): Sur un modèle explicatif de l'arc de Gibraltar. *Earth and Planetary Science Letters*, 12: 191-198.
- Ansted, D.T. (1857): On the Geology of the Southern Part of Andalucía between Gibraltar and Almería. *Quarterly Journal, Geological Society (London)*, 15: 130-133.
- Bailey, E. (1953): Notes on Gibraltar and the Northern Rif. *Quarterly Journal, Geological Society (London)*, 108: 157-176.
- Balanyá, J.C. y García-Dueñas, V. (1988): El cabalgamiento cortical de Gibraltar y la tectónica de Bética y Rif. Congreso de Geología de España (Simposium), 35-44.
- Baudelot, S., Durand-Delga, M., Esteras, M. y Freneix, S. (1993): Le Trias des «Taríquides» (arc de Gibraltar), indice d'une zone paléogéographique originale à l'Ouest de la Méditerranée. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, 317, sér. II: 1649-1658.
- Ben Yaïch, A. (1981): *Etude géologique de la Dorsale calcaire entre Tleta Taghramt et Ben Younis (Haouz, Rif, Maroc)*. Dipl. Etudes Supérieures, Faculté des Sciences de Rabat, 202 p.
- Ben Yaïch, A., Duée, G., El Hatimi, N. y El Kadiri, K. (1988): La formation à klippes sédimentaires d'âge oligo-burdigalien du Rif septentrional (Maroc): signification géodynamique. *Notes du Service géologique du Maroc*, 334: 99-126.
- Coquand, H. (1847): Description géologique de la partie septentrionale de l'empire du Maroc. *Bulletin de la Société géologique de France*, 4: 1188-1249.
- Didon, J. (1969): *Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)*. Thèse Doctorat ès Sciences, Faculté des Sciences de Paris, 539 p.
- Didon, J., Durand-Delga, M. y Kornprobst, J. (1973): Homologies géologiques entre les deux rives du Déroit de Gibraltar. *Bulletin de la Société géologique de France*, 15: 77-104.
- Durand-Delga, M. (1972): La courbure de Gibraltar, extrémité

- occidentale des chaînes alpines, unit l'Europe et l'Afrique. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 65: 265-278.
- Durand-Delga, M. (2006): Geological Adventures and Misadventures of the Gibraltar Arc. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 157/4: 687-716, Stuttgart.
- Durand-Delga, M. y Villiaumey, M. (1963): Sur la stratigraphie et la tectonique du Groupe du Jebel Musa (Rif septentrional, Maroc). *Bulletin de la Société géologique de France*, 5: 70-79.
- Durand-Delga, M. y Maaté, A. (2003): Illustration de la notion de «zone Tariquide» au Jurassique: le rocher de Lechkrach dans le Rif septentrional (Province de Tétouan, Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique (Rabat), sér. Géologie*, 21: 127-134.
- Durand-Delga, M., Gardin, S., Esteras, M. y Paquet, H. (2005a): Le domaine Tariquide (Arc de Gibraltar, Espagne et Maroc). Succession sédimentaire et événements structuraux au Lias et au Dogger. *Comptes-rendus Geoscience*, 337: 787-798.
- Durand-Delga, M., Esteras, M., Gardin, S. y Paquet, H. (2005b): Le domaine Tariquide (Arc de Gibraltar, Espagne et Maroc). Succession et hiatus de la sédimentation du Jurassique supérieur au Paléocène. *Comptes-rendus Geoscience*, 337: 849-860.
- Dürr, S. (1967): Geologie der Serranía de Ronda und ihrer südwestlichen Ausläufer (Andalusien). *Geologica Romana*, 6, 73 p.
- El Hatimi, N. y Duée, G. (1989): Les séries jurassiques et éocénocènes du Groupe du Moussa (Rif septentrional, Maroc), témoins d'une tectonique distensive en blocs basculés. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, série II, 308: 1789-1796.
- El Hatimi, N., Duée, G. y Hervouet, Y. (1991): La Dorsale calcaire du Haouz: ancienne marge continentale passive téthysienne (Rif, Maroc). *Bulletin de la Société géologique de France*, 162: 79-90.
- El Kadiri, K. (1991): *La Dorsale calcaire (Rif interne, Maroc): stratigraphie, sédimentologie et évolution géodynamique d'une marge alpine durant le Mésozoïque. Mise en évidence d'un modèle*. Thèse Doctorat de Sciences naturelles, Faculté des Sciences de Tétouan, 358 p.
- El Kadiri, K., Linares, A. y Olóriz, F. (1990): Les éléments du Groupe du J. Moussa (chaîne du Rif, Maroc). Evolution stratigraphique et géodynamique au cours du Jurassique-Crétacé. *Comunicaciones del Servicio Geológico de Portugal*, 76: 141-161.
- El Kadiri, K., Linares, A. y Olóriz, F. (1992): La Dorsale calcaire rifaine (Maroc septentrional): Evolution stratigraphique et géodynamique durant le Jurassique-Crétacé. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 366, 247-265.
- Esteras, M. (1982): Geología de la orilla europea del Estrecho de Gibraltar. En: Coloquio internacional sobre la factibilidad de una comunicación a través del Estrecho de Gibraltar, SECEG, Madrid: 305-324.
- Esteras, M., Muñoz, P. y Sandoval, N. (1988): Mapa geológico del Estrecho de Gibraltar, orilla norte (1:100.000), SECEG, Madrid.
- Fallot, P. (1937): Essai sur la géologie du Rif septentrional. *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, 40: 553 p.
- Gavalá y Laborde, J. (1924): Mapa geológico de la provincia de Cádiz. *Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*.
- Gavalá y Laborde, J. (1929): La geología del Estrecho de Gibraltar. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*. LI, 1-35, con mapa tectónico a 1:200.000.
- Gentil, L. (1912): *Le Maroc physique*. Libr. Félix Alcan (Nouvelle Collection Scientifique), Paris, 319 p.
- Gentil, L. (1918): Sur l'âge des nappes de recouvrement de l'Andalousie et sur leur raccordement avec les nappes pré-rifaines (Maroc septentrional). *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, 167: 373-375.
- Kober, L. (1932): Beiträge zur Geologie von Spanien und Marokko. Das Rifproblem. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, B: 381-390, Stuttgart.
- Kornprobst, J. (1966): La chaîne du Haouz, de la Hafa Queddana au col d'Azlu d'Arabia. *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, 184: 9-60.
- Kornprobst, J. y Durand-Delga, M. (1985): Carte géologique du Rif à 1:50.000, feuille de Sebta. *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, 297 p.
- Le Play, F. (1834): Itinéraire d'un voyage en Espagne, précédé d'un aperçu sur l'état actuel et sur l'avenir de l'industrie minérale dans ce pays. *Annales des Mines (Paris)* 5:175-236.
- Maaté, A. y Martín-Algarra, A. (1992): Evolution paléogéographique au Lias de la Dorsale interne du Haouz et de la couverture des Ghomarides entre El Onsar et El Kouf (Rif septentrional, Maroc). *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, série II, 314: 1485-1491.
- Marín, A., Dupuy de Lôme, E. y Miláns del Bosch, J. (1917): Estudios relativos a la geología de Marruecos. *Boletín del Instituto Geológico de España*, (2), 18, Madrid.
- Marín, A., Blumenthal, M. y Fallot, P. (1930): Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif espagnol. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 30: 659-735.
- Martín-Algarra, A. (1987): *Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera bética*. Tesis doctoral, Univ. de Granada, 2 vol., 1171 p.
- Martín-Algarra, A., Márquez-Aliaga, A., Solé de Porta, N. y Valenzuela, J.M. (1993): La serie triásica de Los Pastores (Algeciras). *Estudios Geológicos*, 49: 21-39.
- Martín-Algarra, A., Solé de Porta, N. y Maaté, A. (1995): El Triásico del Maláguide-Gomáride (Formación Saladilla, Cordillera Bética occidental y Rif septentrional): Nuevos datos sobre su estratigrafía y significado paleogeográfico. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 49: 21-39.
- Mattauer, M. (1960): Nouvelles données sur la «Dorsale calcaire» du Rif. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 250: 374-376.
- Olivier, P. (1984): *Evolution de la limite entre Zones internes et Zones externes dans l'arc de Gibraltar (Maroc-Espagne)*. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Paul-Sabatier (Toulouse), 229 p.
- Olivier, P. (1990): Les unités de Beni Derkoul (Rif, Maroc). Place et signification dans l'évolution alpine de la marge nord de la Téthys maghrébine. *Bulletin de la Société géologique de France*, 6; 145-154.
- Owen, F. y Rose, E.P.F. (1997): Early Jurassic Brachiopods from Gibraltar and their Tethyan Affinities. *Paleontology*, 40: 277-305.
- Pletsch, T. (1997): Clay Minerals in Cretaceous deep-water Formations of the Rif and the Betic Cordillera (Northern Morocco and Southern Spain). *Bulletin de la Société géologique du Nord*, 26: 106 p.
- Ramsay, A.C. y Geikie, J. (1878): On the Geology of Gibraltar.

- Quarterly Journal, Geological Society* (London), 34: 505-541.
- Raoult, J.F. (1966): La Chaîne du Haouz, du col d'Azlu d'Arabia à Bab Aonzar. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 184, 61-147.
- Raoult, J.F. (1973): Réunion extraordinaire de la Société géologique de France «L'Arc de Gibraltar», Compte-rendu. *Bulletin de la Société géologique de France*, 15: 129-159.
- Rose, E.P.F. y Rosenbaum, M.S. (1989-1990): Royal Engineer Geologists and the Geology of Gibraltar. *The Royal Engineers Journal*, 103: 142-151; 103: 248-259; 104: 61-76; 104: 128-144.
- Rose, E.P.F. y Rosenbaum, M.S. (1991): *A Field Guide to the Geology of Gibraltar*. The Gibraltar Museum, 192 p.
- Sanz de Galdeano, C. (1997): *La zona interna bético-rifeña*. Universidad de Granada (Colección «Tierra del Sur»), 18: 316 p.
- Valenzuela Tello, J.M. (1993): *El afloramiento paleontológico de «Los Pastores», Algeciras (Cádiz)*. Instituto de Estudios Campogibraltereños, 145 p.
- Valenzuela Tello, J.M. (1996): Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna mesozoica del Campo de Gibraltar. *Almoraima* (Revista de Estudios campogibraltereños), 15: 53-68.
- Vera, J.A. (Ed.) (2004): *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero, 884 p.
- Wildi, W., Nold, M. y Uttinger, J. (1977): La Dorsale calcaire entre Tétouan et Assifane (Rif interne, Maroc). *Eclogae geologicae Helvetiae*, 70: 371-416.

Manuscrito recibido el 14 de septiembre de 2007
Aceptado el manuscrito revisado el 26 de marzo de 2008