

## Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares

por Jorge SERRA-RAVENTÓS\*, Andrés MALDONADO\*\* y Oriol RIBA\*

\*. Departamento de Estratigrafía, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona.

\*\* Instituto «Jaume Almera», C.S.I.C., c/ Egipcíacques, 15, Barcelona-1.

### ABSTRACT

The continental margin of Catalonia and Balearic Islands comprises three main types differentiated on the basis of seismic lines coupled with bottom samples. The progressive margin is located in the studied areas at the southern end of the Lion Gulf and in most of the Valencia Gulf. This type is characterized by wide and smooth shelf, rather uniform slope with restricted development of submarine canyons, and thick base-of-slope sedimentary units. The intermediate type presents the most variable morphologic features in the provinces of the margin and marked step-like physiography on the slope. This structural type is representative of many Balearic sectors and locally along the Costa Brava. Submarine canyons are best developed in this margin, together with highly variable unconsolidated sediment sequence of Plio-Quaternary that covers the acoustic basement. The abrupt type defines the prominent slopes in the southern Balearic sector. This margin is the steepest and is found on the slope and on a reduced level in the other provinces of the margin.

The features observed in the Catalanian-Balearic margin are explained as a result from the interplay of the acoustic basement structural control, structural setting factor, and the sedimentary processes, sediment input factor. The Quaternary climatic-eustatic oscillations are another important factor but has played a somewhat subsidiary role in determining the present nature of the margin. The structural framework has been the primary factor and largely controlled physiography and sediment input.

The tectonic setting is revealed by prominent structural lineations that can be laterally traced and favored volcanic activity. Subsidence has been important until recent times, however the influence of recent vertical tectonic is more difficult to evaluate. The structural setting is masked in areas of high sediment input by the development of a thick sedimentary cover that has resulted in the progressive margin type. In contrast, the abrupt type represents the opposite situation where the structural framework clearly defines the characteristics of the margin provinces and the sedimentary factor exerted a minor influence.

Finally, this study also emphasizes the importance of this critical zone of transition, between the continent and the deep Mediterranean basins, for the interpretation of the Neogene-Quaternary evolution of these two tectono-stratigraphic domains.

### RESUMEN

En el margen continental de Cataluña y Baleares esencialmente se distinguen tres tipos básicos diferentes, a partir del análisis de perfiles sísmicos de reflexión complementados con muestras de fondo. El margen de tipo progradante se localiza en el área estudiada formando la terminación meridional del Golfo de León y Golfo de Valencia. Este margen está caracterizado por poseer la plataforma continental más extensa y regular, un talud relativamente uniforme con cañones submarinos poco desarrollados, y potentes formaciones sedimentarias en la base del talud. El margen de tipo intermedio es el más variable en cuanto a extensión y morfología de las diferentes provincias, siendo característico un perfil escalonado en el talud. Se localiza fundamentalmente alrededor de las Baleares y en zonas de la Costa Brava, en este margen adquieren su máximo desarrollo los cañones submarinos, a la vez que hay una gran irregularidad en la cobertera sedimentaria del Plio-Cuaternario que cubre el basamento acústico. Por último el margen de tipo abrupto fundamentalmente localizado al Sur de las Baleares, es el más inclinado, con mayor relieve, y está caracterizado por la ausencia en el talud de una cobertera sedimentaria, la cual es además poco potente en las otras provincias del margen.

Las características del margen están condicionadas por la relación entre el control estructural del basamento acústico, factor tectónico, y los procesos sedimentarios, factor sedimentario. Los cambios climático-eustáticos del Cuaternario han sido otros factores que han cooperado, aunque a menor escala, al desarrollo de las actuales características del margen en Cataluña y Baleares. No obstante ha sido el desarrollo estructural el factor primordial que ha regido en gran medida la morfología y los aportes de sedimentos.

El control estructural se manifiesta por la existencia de grandes alineaciones, que pueden ser seguidas lateralmente, a favor de las cuales se han producido localmente edificios volcánicos. La subsidencia tiene un notable papel hasta hoy día, pero es difícil estimar la importancia de la tectónica vertical en la evolución reciente. En áreas de fuerte aporte de sedimentos el control estructural del margen ha sido enmascarado por el desarrollo de una potente cobertera sedimentaria, que ha dado lugar al margen de tipo progradante. El extremo opuesto se encuentra representado por el margen abrupto, donde la estructura del basamento define las características de las diferentes provincias del margen mientras que el factor sedimentario tuvo poca influencia.

Este estudio pone finalmente de manifiesto la importancia del análisis de esta zona crítica de transición, entre el continente y las cuencas profundas del Mediterráneo, a la hora de interpretar la evolución durante el Neógeno y el Cuaternario de estos dos dominios tectonoestratigráficos.

### INTRODUCCIÓN

El origen y evolución de los márgenes continentales y cuencas profundas del Mar Mediterráneo occidental ha sido el objeto de estudio de numerosos grupos de investigadores durante los últimos años. Este esfuerzo ha sido condicionado por dos hechos fundamentales. De una parte, el interés económico que representa el descubrimiento de yacimientos explotables de petróleo en varios sectores de la plataforma continental, como el debido a la creciente ocupación del espacio marítimo-terrestre en función de la migración de la industria y la población hacia la costa. De otra, el elevado interés científico que presenta este mar, que constituye un sistema relativamente aislado del resto de los océanos mundiales. Asimismo la evolución geológica del mismo se halla íntimamente ligada a la del sistema alpino y a los desplazamientos relativos de las placas Africano-Arabe y Euro-Asiática, y estos a su vez están condicionados por los movimientos de apertura del Océano Atlántico.

A partir de los años 60 el estudio geofísico intensivo de los fondos marinos, especialmente con sísmica continua, ha permitido emitir las hipótesis geológicas más fundamentadas acerca del Mediterráneo (Hersey, 1965; Ryan et al., 1970; Le Pichon et al., 1971; y otros). Más recientemente las dos campañas del «Glomar Challenger» en el Mediterráneo (Leg 13, 1970; Ryan et al., 1973; Leg 42A, 1975; Hsü et al.,

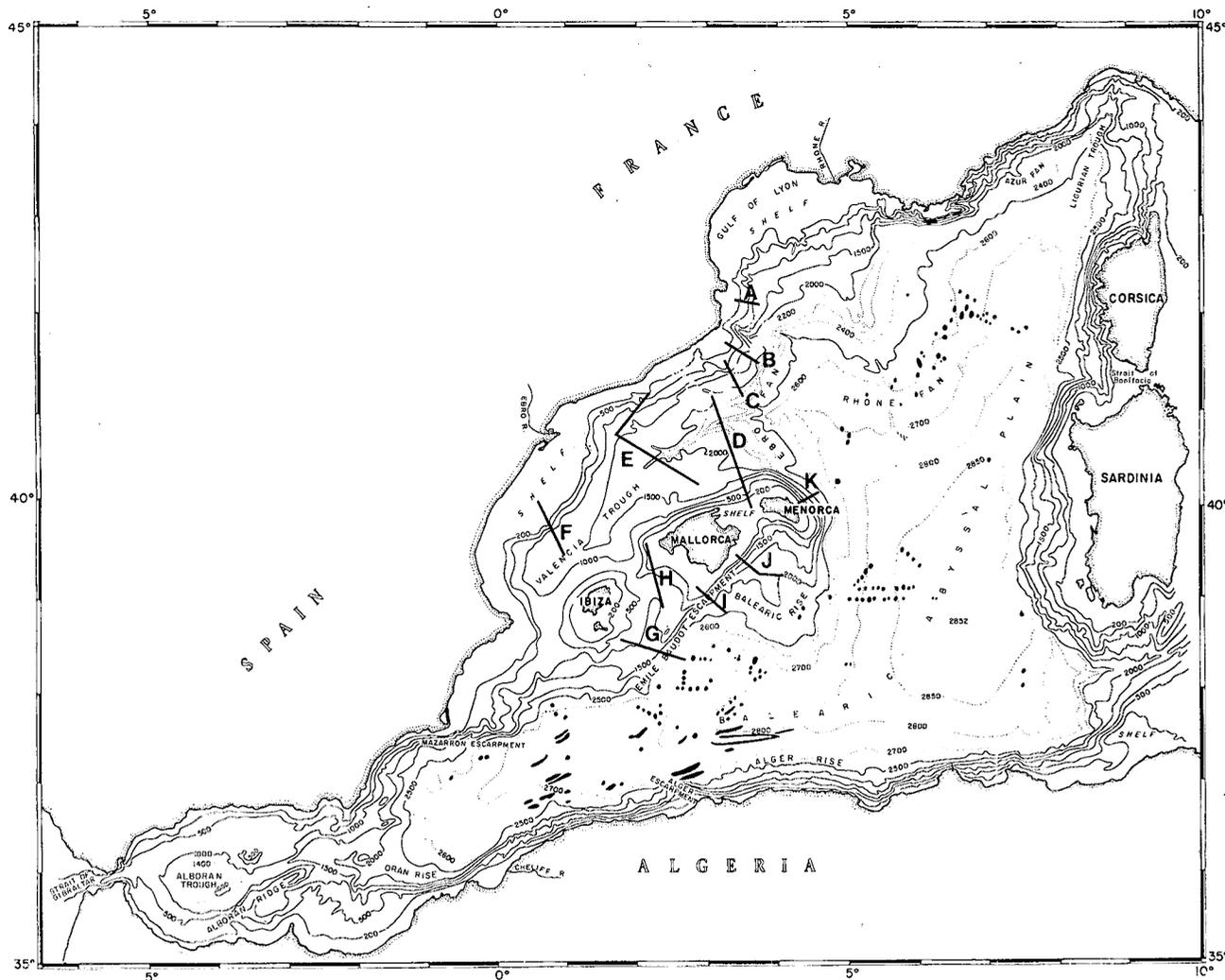


Fig. 1. Carta batimétrica del Mediterráneo occidental y localización del área estudiada. Se representa la situación de los perfiles sísmicos ilustrados con una letra de referencia (figuras 2-6). Los puntos y trazos negros corresponden a los domos salinos de la llanura abisal. Isobatas en metros (modificado de Ryan et al., 1970).

1975), el empleo de sísmica profunda y de otras técnicas geofísicas (gravimetría y magnetismo) han mejorado mucho los conocimientos que sobre el origen y evolución del Mediterráneo poseíamos, los cuales, no obstante, han promovido diversas controversias (Vogt et al., 1971; Hinz, 1972; Storetvedt, 1973; Dewey et al., 1973; Mauffret et al., 1973; Finetti y Morelli, 1973; Hsü, 1973; Rehault et al., 1974; Auzende y Olivet, 1974; Sonnenfeld 1975; Biju-Duval et al., 1974; Morelli, 1975; Stanley et al., 1976; Hsü et al., 1977; y otros). Paralelamente se ha llevado a cabo un muestreo extensivo de los fondos por medio de sacatestigos de pistón y de las dragas de arrastre que ha proporcionado muchos conocimientos acerca de la estratigrafía de la cobertura sedimentaria y de los factores que han regido su desarrollo (Got, 1973; Maldonado y Riba, 1973; Serra, 1976; Mauffret, 1976; Stanley, 1977; Maldonado, 1978; y otros).

A grandes rasgos y como resultado de estos estudios podemos considerar, como bastante conocido el origen y evolución de los márgenes continentales y cuencas profundas del Mediterráneo occidental. No obstante es aún motivo de extensa controversia el mecanismo del desarrollo geodinámico de nuestro mar y de la paleogeografía de las diversas

etapas que pueden ser diferenciadas (Drooger, 1973; Sonnenfeld, 1974). Las razones que hay para poner en evidencia la manifiesta disparidad de criterios entre los diversos grupos de investigadores deben ser buscadas tanto en la presencia de una importante cobertera sedimentaria que enmascara la estructura del basamento acústico de muchos sectores del Mediterráneo, como en la estrecha relación existente entre el desarrollo de las cuencas profundas y el de las cadenas alpinas emergidas (Biju-Duval et al., 1976).

Las diferencias de interpretación más acusadas a la hora de establecer la evolución reciente del Mediterráneo occidental surgen cuando se trata de establecer la evolución paleogeográfica de este mar a partir del Messiniense, momento que coincide con la denominada «crisis de salinidad».

Entre los dos grupos principales de teorías propuestas, se encuentran por un lado aquellas que son partidarias de una cuenca mediterránea profunda durante el depósito de las sales (Benson, 1973; Hsü, 1972; Cita, 1973; Ryan et al., 1973; Ryan, 1976) y por otro las que atribuyen la configuración actual a un hundimiento o subsidencia reciente posterior al depósito de dichas sales. Entre estas últimas están las hipótesis originalmente expuestas por Bourcart (1949, 1960)

y Glangeaud (1962), y que fueron posteriormente ampliadas por Storetvedt (1973), Got (1973), Stanley et al. (1976) y otros. Estas teorías coinciden en atribuir un papel esencial a la tectónica vertical.

Con objeto de precisar el origen y evolución reciente de las cuencas occidentales del Mediterráneo, es necesario analizar la estructura y distribución de unidades en los márgenes continentales. En esta zona crítica de tránsito ha quedado registrada tanto la evolución tectónica como la historia sedimentaria. El tipo de estructura del basamento acústico y la distribución de las unidades sedimentarias que lo recubren suministra una gran cantidad de datos que pueden ser decisivos a la hora de demostrar cual de las diversas hipótesis propuestas se aproxima más a la realidad.

Nuestra investigación en curso del margen catalano-balear ha aportado algunos datos adicionales que permiten caracterizar más precisamente su constitución. Asimismo en el presente trabajo se propone una clasificación de los distintos estilos identificables en este margen del Mediterráneo nor-occidental. Dicha clasificación es esencialmente genética y se basa en la que previamente fue propuesta para el Mediterráneo occidental por Mauffret et al. (1973) y desarrollada por Stanley et al. (1976) y Stanley (1977). En ella se distinguen tres tipos básicos de márgenes: abruptos, intermedios y progresivos, los cuales se analizan en detalle en la zona de nuestro estudio.

En consecuencia, nuestro objeto principal se centra en establecer una caracterización del margen catalano-balear que pueda servir de apoyo para estudios posteriores de síntesis en los que se considere tanto la geología de las tierras emergidas como la de las cuencas profundas. El margen continental propiamente dicho constituye la zona de transición entre estos dos dominios tectono-estratigráficos. Su estructura profunda y su recubrimiento sedimentario son de características intermedias, y su estudio establece las bases de correlación entre ambos dominios.

## METODOLOGÍA

Hemos utilizado datos procedentes de cruceros oceanográficos realizados en diferentes programas internacionales de investigación con participación de los firmantes. Estos datos comprenden batimetría, perfiles sísmicos de reflexión, con diferente nivel de resolución y penetración, y muestras de fondo (testigos de pistón, dragas de gravedad y dragas de arrastre).

El sector catalán ha sido investigado en numerosas campañas durante los años 1971 al 1976 con los buques oceanográficos «Catherine Laurence», «Winnareta Singer» y «Pr. Lacaze-Duthiers» (Serra, 1976). Más recientemente durante la campaña de agosto de 1978 con el B/O «Eastward» se ha cubierto tanto el margen continental catalán como el de Baleares. Los resultados de estas campañas constituyen el entramado básico del presente trabajo, junto con los datos publicados por Stoeckinger (1971, 1976), Got (1973); Mauffret (1976), Stanley et al. (1976) y Stanley (1977). La interpretación de los márgenes del Golfo de León y de Valencia se ha realizado a partir de los perfiles sísmicos publicados por Alla (1970), Monaco (1971), Aloisi et al. (1974), Mauffret (1976) y Stanley et al. (1976).

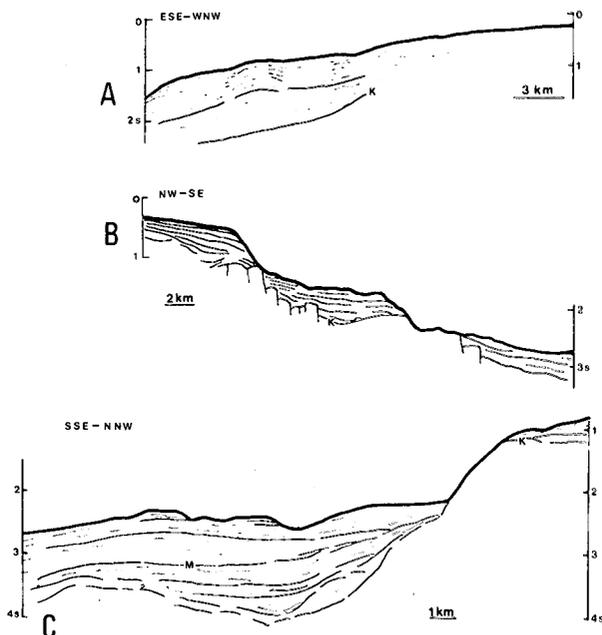


Fig. 2. Perfiles sísmicos del margen catalán en la Costa Brava. A, perfil Sparker 9000 J, en el talud continental frente a la bahía de Roses. El recubrimiento sedimentario del Plio-Cuaternario se hace progresivamente más patente aguas afuera y se ve afectado por deslizamientos gravitatorios (modificado de Got et al., 1975); B, perfil Sparker 3000 J, del talud continental frente al sector de Sant Feliu de Guixols. El substrato acústico aparece fallado, dando lugar a un perfil irregular con afloramientos locales (modificado de Got et al., 1979); C, perfil sísmico Flexichoc del margen continental al norte del cañón de Blanes. El recubrimiento del Plio-Cuaternario aparece interrumpido en el talud continental, donde aflora el substrato en continuo (modificado de Mauffret, 1976). K = contacto Mio-Plioceno; M = Messiniense.

## TIPOS DE MARGEN

Todo el margen continental del Mediterráneo nor-occidental (figura 1) se puede incluir dentro del tipo pasivo o atlántico, definido por Heezen (1974). No obstante, de unos sectores a otros hay diferencias notables en cuanto a morfología, estructura y naturaleza del basamento acústico y distribución de unidades sedimentarias. Estas características, identificadas en los perfiles sísmicos continuos permiten una diferenciación de varios estilos o tipos de margen (Figuras 2 a 6).

Básicamente podemos distinguir tres categorías principales (Mauffret et al., 1973; Stanley et al., 1976; Stanley, 1977). Estas son denominadas como margen progradante o progresivo, margen intermedio y margen abrupto.

En general, se observa una transición entre los tipos de margen abrupto e intermedio, por lo que los límites son difíciles de precisar. Análogamente ocurre entre el margen intermedio y el progradante (Figura 7).

### Margen progradante

El margen de tipo progradante está caracterizado por una plataforma continental relativamente amplia (30-60 km), en comparación con las existentes en el conjunto del Mediterráneo occidental (fig. 1). El perfil es cóncavo en su parte próxima al continente con un descenso suave hasta una profundidad de 40 a 60 metros, a partir de la cual se desarrolla una superficie muy poco inclinada que comprende la mayor extensión de la plataforma. El límite externo de la

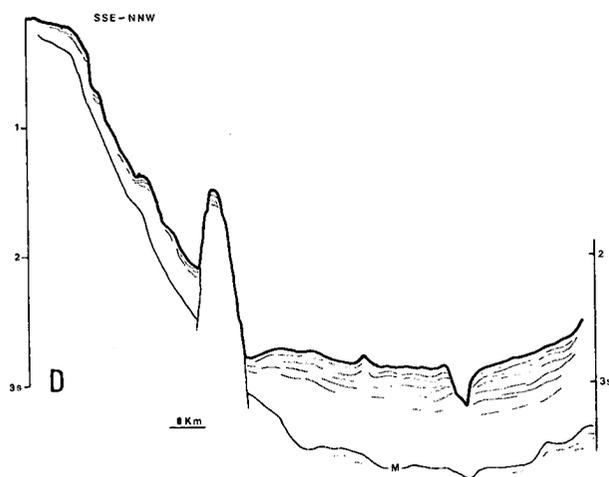


Fig. 3. Perfil sísmico Air-gun (0,7 litros) desde el margen occidental de Menorca hasta la base del margen catalán. El talud continental se halla interrumpido por un importante edificio volcánico. El valle central de la fosa de Valencia aparece marcadamente disimétrico. M = Messiniense.

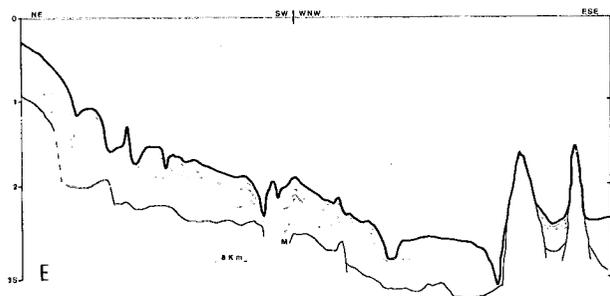


Fig. 4. Perfil sísmico Air-gun (0,7 litros) realizado oblicuamente al talud catalán, para luego atravesar normalmente la depresión de Valencia. En la primera parte aparecen los cañones submarinos que entallan el margen continental, sin alcanzar al substrato del Mioceno; en la depresión de Valencia y junto al valle central, se elevan dos pitones volcánicos que atraviesan y alteran la disposición del relleno sedimentario. M = Messiniense.

plataforma se sitúa a una profundidad de  $160 \pm 20$  metros, el cual viene marcado por un aumento progresivo de la pendiente, originando un perfil convexo que enlaza con la parte superior del talud continental (fig. 2A y 5F).

En este tipo de margen, no es frecuente encontrar accidentes morfológicos en la plataforma continental, sólo la zona próxima a la costa puede presentar pequeños relieves debidos a afloramientos del substrato rígido o a terrazas cuaternarias. Estas últimas asimismo pueden encontrarse en la parte externa de la plataforma (Oliver, 1961; Got, 1973).

El talud continental tiene pendientes del orden de  $2^\circ$  a  $3^\circ$  con un perfil convexo-cóncavo que enlaza suavemente con la llanura abisal a través de los depósitos de la base del talud, abanicos profundos, o un ascenso continental poco extenso (fig. 4). Además es frecuente la presencia de pequeños valles en la parte superior del talud (*Gullies*; cf., Golfo de México, Shepard, 1960) que no alcanzan en ningún caso el fuerte encajamiento de los cañones submarinos. Aunque las cartas batimétricas existentes no sean muy precisas, se observa una disimetría de las vertientes izquierdas, en sentido descendente, caracterizadas por un perfil más abrupto (Maldonado, 1972, 1977). En las áreas de transición al margen intermedio

ya aparecen los cañones submarinos propiamente dichos, que se encajan a lo largo de todo el talud continental.

Los accidentes morfológicos más comunes del margen progradante son los que podemos atribuir a deslizamientos gravitatorios que tienen lugar en la zona del talud continental (Got, 1973; Got y Stanley, 1974). No obstante, estos accidentes no son exclusivos de este tipo de margen, ya que incluso son más frecuentes en los de tipo intermedio (Serra, 1976).

En los perfiles sísmicos de gran penetración (Stoekinger, 1971, 1976; Maldonado y Riba, 1973) el basamento del margen progradante se caracteriza por una serie de bloques mesozoicos fracturados con un descenso escalonado hacia aguas afuera. No obstante, en gran parte de los perfiles sísmicos de reflexión, la penetración obtenida no permite observar el basamento debido al potente recubrimiento sedimentario existente (fig. 2A, 4, 5F). Dicho recubrimiento sedimentario está constituido por series potentes del Plio-Cuaternario, que alcanzan espesores del orden de 2000-3000 metros, como ocurre en la zona del golfo de Sant Jordi (Maldonado y Riba, 1973).

En los perfiles sísmicos de poca penetración las unidades superiores están caracterizadas por un nivel terminal con reflectores bien definidos, situado sobre un nivel sísmico transparente (sin reflectores) siendo atribuibles en su conjunto al Plio-Cuaternario (Leenhardt et al. 1969; Mauffret y Sancho, 1970; Mauffret et al., 1973). En algunos perfiles se llega a registrar en aguas profundas el reflector M (caracterizado por un doblete o triplete fuertemente reflectante) del Messiniense o su equivalente en el margen continental (reflector K) correspondientes al tránsito Mio-Plioceno (fig. 2A, 4, 5F). El reflector K representa, en la parte superior del margen, una superficie de erosión que afecta marcadamente al Mioceno, sobre la que descansa, en discordancia, la potente serie Plio-Cuaternaria (Maldonado y Riba, 1973; Serra, 1976; Ryan 1976).

Los accidentes tectónicos están en parte puestos de manifiesto por la presencia de edificios volcánicos, que es un rasgo común en gran parte del área estudiada. En este sentido citaremos las islas Columbretes en el Golfo de Valencia, dentro de este tipo de margen.

#### Margen intermedio

El margen de tipo intermedio se caracteriza por una gran irregularidad morfológica de la plataforma, talud y ascenso continental, debida a la repercusión de los accidentes tectónicos del basamento.

La anchura de la plataforma es muy variable, quedando generalmente comprendida entre 5 y 30 Km. Su perfil longitudinal puede presentar irregularidades en toda su extensión, aunque son más abundantes en la zona próxima al continente, donde las pendientes pueden llegar a ser del 10 % (Serra, 1976). El límite externo de la plataforma se sitúa por término medio a profundidades de 150 a 170 metros, excepto en la cabecera de los cañones submarinos que localmente cortan a la plataforma a profundidades inferiores a 100 metros.

El talud continental, presenta asimismo una gran irregularidad. Esta viene marcada en algunos casos por la presencia de un perfil típicamente escalonado, que puede estar interrumpido por pitones submarinos o por pequeñas irregularidades atribuibles a deslizamientos gravitatorios (fig. 2B, 3, 5H). En este tipo de margen, o en sus zonas limítrofes, es

donde se localizan con preferencia los cañones submarinos, tales como los del Cap de Creus, La Fonera, Blanes, Arenys y Menorca. En algunos casos, por ejemplo La Fonera y Blanes, estos cañones tienen su origen a escasa distancia de la costa (Serra, 1979; Maldonado y Stanley, 1979).

Como el recubrimiento sedimentario de estos márgenes es más delgado, se puede registrar mejor la estructura del basamento. Es frecuente que éste llegue a aflorar o se halle muy próximo a la superficie, tanto en la zona del talud como en la plataforma continental (fig. 2B, 3 y 5H). En este tipo de margen la existencia de fallas está claramente puesta de manifiesto en la mayoría de los perfiles sísmicos, mediante los cuales pueden ser seguidas sobre extensas áreas (Stanley et al., 1976; Serra, 1976; Mauffret, 1976; Kelling, et al., 1979). No obstante estas fallas del basamento no afectan por lo general al Plio-Cuaternario.

El recubrimiento sedimentario del margen intermedio presenta una distribución y potencias muy variables. En la plataforma del sector de Sant Feliu de Guixols el recubrimiento Plio-Cuaternario pasa de inexistente a varios centenares de metros de potencia en distancias muy cortas. En el talud, tiene unas características similares, siendo relativamente frecuentes los afloramientos del substrato acústico en algunos puntos como la parte interna de los peldaños estructurales (fig. 2B, 3). El trazado y continuidad de los reflectores sísmicos sigue de cerca la estructura del basamento (fig. 2B, 5H). Los mayores espesores de sedimentos se localizan en los bajos estructurales mientras que los diferentes reflectores se acuñan o quedan interrumpidos en los altos estructurales. Ello da lugar a una atenuación de las estructuras en sentido vertical que tiende a una uniformización del relieve.

Los pitones submarinos que se localizan en este tipo de margen pueden ser atribuidos bien a horsts del basamento o a edificios volcánicos. En general la naturaleza volcánica de estas estructuras suele estar puesta de manifiesto por coincidir con anomalías magnéticas de gran amplitud y relativamente poco abundantes que contrastan con el campo magnético regional (Galdeano et al., 1974; Mauffret, 1976). Estas manifestaciones volcánicas encuentran su máxima expresión alrededor de las Baleares (fig. 3).

### *Margen abrupto*

El margen de tipo abrupto presenta una plataforma continental muy variable en cuanto a extensión y morfología. Por lo general se trata de una plataforma continental bastante reducida (10-15 km) con relieve subhorizontal o suavemente inclinada aguas afuera y poco afectada por irregularidades topográficas (fig. 61, J, K). Este tipo puede presentar un contacto abrupto y definido en la zona litoral, el cual está representado por un acantilado, mientras que el tránsito al talud continental puede ser asimismo abrupto o marcado por una fuerte rotura de pendiente. En otros casos, la plataforma continental está mucho más desarrollada, alcanzando unos 30 km o más de extensión, y presenta un relieve relativamente accidentado constituido por cubetas e irregularidades topográficas (fig. 2C, 5G).

El talud continental está caracterizado por fuertes pendientes que pueden llegar a ser superiores al 10 %. Por lo general este talud no se encuentra interrumpido por accidentes morfológicos, y presenta una pendiente continua y uniforme en toda su extensión. No obstante, pueden aparecer pequeños esca-

lones estructurales, pitones submarinos y ondulaciones en el fondo, estas últimas atribuibles a deslizamientos gravitatorios (fig. 2C, 5G, 6I, 6J, 6K). En oposición a los dos tipos de margen anteriormente descritos no se observan cañones submarinos o en todo caso estos se encuentran en la zona de tránsito al margen de tipo intermedio, como el cañón de Menorca (Maldonado y Stanley, 1979; Kelling et al., 1979).

El ascenso continental es muy reducido o inexistente. Por lo general el talud se encuentra fosilizado en su base por los depósitos de la llanura abisal que forman una superficie casi horizontal (fig. 5G) o ligeramente inclinada hacia el centro de la cuenca (fig. 2C, 6I). Menos frecuentemente aparece un ascenso continental poco extenso que se adosa a la base del talud dando lugar al desarrollo de una serie de escalones morfológicos (fig. 6J, K). Solamente en el caso del abanico submarino de Menorca se encuentran formaciones de la base del talud en este tipo de margen.

En los perfiles sísmicos la característica diferencial más notable de un margen abrupto es la ausencia de cobertera sedimentaria en el talud. A su vez la plataforma continental presenta un recubrimiento sedimentario muy reducido y suele estar caracterizado por reflectores subhorizontales truncados en superficie. No obstante, localmente aparecen pequeñas cuencas sedimentarias en la plataforma (fig. 5G), aunque en ellas no se observa el nivel transparente. El basamento acústico de la plataforma puede ser asimilado al reflector K o M, o incluso a niveles más profundos.

El substrato acústico aflora en grandes extensiones del talud continental, aunque su muestreo es difícil debido a la existencia de una cobertera delgada de sedimentos que lo recubre, y que puede estar localmente litificada (Mauffret, 1976). En este basamento se han recuperado materiales del Paleozoico (NE de Menorca), del Mioceno (S de Mallorca) y rocas volcánicas (escarpe de Cabrera, mal llamado de Emile Baudot).

Asimismo en el ascenso continental, si está presente, se han muestreado depósitos antiguos, especialmente del Mioceno medio y superior (Mauffret, 1976). Este tipo de ascenso continental se identifica en los perfiles sísmicos como una serie de peldaños estructurales con descenso aguas afuera (Fontboté, 1954). El afloramiento de materiales antiguos ha sido favorecido por la existencia de corrientes de fondo que han impedido el depósito o han erosionado los materiales más modernos (Kelling et al., 1979).

El margen de tipo abrupto puede ser atribuido a accidentes tectónicos del basamento, los cuales no han sido fosilizados por una cobertera sedimentaria. Al Sur de las Baleares se encuentran bien representadas tres alineaciones estructurales dominantes, NE-SW, N-S y NW-SE (Stanley et al., 1976; Mauffret, 1976; Kelling et al., 1979). En la Península este tipo de margen tiene un desarrollo muy limitado, localizándose en zonas concretas, tal como en la parte externa del cañón de Blanes (fig. 2C), dentro del margen de tipo intermedio.

### FACTORES DE CONTROL: TECTÓNICA Y SEDIMENTACIÓN

La evolución tectónica y los procesos sedimentarios son los factores predominantes que han presidido el desarrollo de los diferentes tipos de margen caracterizados en el área catalano-balear. Otros factores, tales como los cambios climático-eustáticos del Cuaternario y los parámetros ocea-

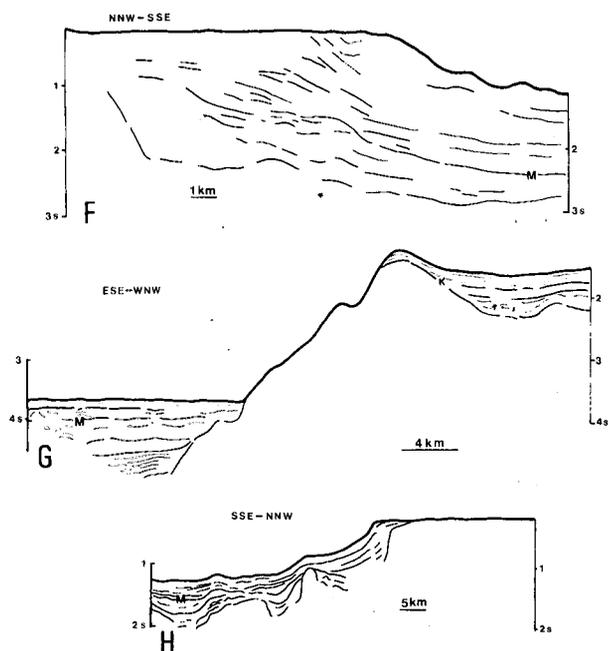


Fig. 5. Perfiles sísmicos del margen de Castellón (F) y Baleares (G, H). F, perfil Flexichoc del Golfo de Valencia, próximo a las islas Columbretes. El recubrimiento sedimentario es claramente progradante aguas afuera, con numerosas discontinuidades; G, perfil Flexotir Monotrache del margen balear, al sudeste de Ibiza en el escarpe de Cabrera. Nótese el afloramiento en continuo del zócalo acústico sobre el talud continental; H, perfil Sparker 900 J en el margen superior entre Mallorca e Ibiza. La morfología de este sector del margen refleja en gran parte la estructura del substrato acústico. Perfiles modificados de Mauffret (1976). K = contacto Mio-Plioceno; M = Messiniense.

nográficos han jugado asimismo un cierto papel. No obstante, su influencia en estos márgenes ha sido mucho menor.

De estos factores, la tectónica puede ser considerada como el elemento condicionante de los diferentes estilos de margen. No obstante, en áreas de fuertes aportes sedimentarios, la influencia tectónica es enmascarada e incluso superada, pasando a ser un factor secundario.

#### Margen progradante

La influencia tectónica sobre el tipo de margen progradante se aprecia en los perfiles sísmicos de gran penetración. Como ya ha sido indicado, la estructura del basamento se caracteriza por una serie de alineaciones estructurales, que quedan claramente puestas de manifiesto en la plataforma continental de Tarragona-Castellón (Stoekinger, 1971). En este área las principales alineaciones estructurales se mantienen esencialmente paralelas a la línea de costa con una dirección NE-SW (Solé, 1978), dando lugar a un descenso escalonado del basamento aguas afuera. Esta disposición estructural ha condicionado el depósito de las diferentes unidades sedimentarias. En general, no se observa continuidad entre la estructura del basamento y la cobertera sedimentaria del Neógeno-Cuaternario, la cual es netamente discordante. Ello implica que en gran medida el basamento acústico ha debido ser estructurado con anterioridad al depósito de la unidad transgresiva basal del Neógeno, atribuida esencialmente al Mioceno medio (Maldonado y Riba, 1973; Stoekinger, 1976).

Aunque la estructura del basamento ha condicionado la distribución de las unidades, la influencia sedimentaria, es el hecho más acusado en el dominio estudiado, además es el que ha determinado en última instancia al desarrollo y características de este tipo de margen. El gran aporte de sedimentos ha dado lugar a la fosilización de la estructura de este basamento en toda la extensión del margen. En general, la velocidad de sedimentación ha debido ser igual o superior a la subsidencia, lo que está puesto de manifiesto por potentes series progradantes. Esta evolución se observa tanto en el nivel sísmico transparente, con cuñas sedimentarias que aumentan de espesor aguas afuera, como en la unidad estratificada superior. No obstante, en esta última unidad la disposición de los diferentes conjuntos sedimentarios se ve complicada por la existencia de numerosas discontinuidades internas.

La unidad superior presenta facies someras y continentales atribuibles al Cuaternario y en su desarrollo ha jugado un importante papel los cambios eustático-climáticos (Maldonado, 1972; Maldonado y Riba, 1973). La presencia de estas potentes series de Cuaternario continental o de transición en la plataforma continental implica la existencia de una fuerte subsidencia que ha debido actuar hasta épocas muy recientes. En consecuencia, este tipo de margen ha sido desarrollado, por una serie de potentes cuñas sedimentarias que aumentan d espesor mar adentro. Sus características morfológicas actuales son esencialmente el resultado final de un proceso de colmatación del basamento y progradación sedimentaria.

#### Margen intermedio

En el desarrollo del margen de tipo intermedio es donde queda más patente la influencia entre tectónica y sedimentación. Las variaciones en la morfología y distribución de unidades sedimentarias en este margen están condicionadas por la importancia relativa de estos factores en cada sector. La variabilidad del factor sedimentación da lugar a una mayor o menor expresión de la influencia estructural. Ello queda reflejado en una amplia gama de márgenes intermedios, desde los constituidos por un débil recubrimiento sedimentario hasta los que muestran una transición al margen progradante.

El basamento presenta igualmente una estructura general en bloques, que descienden progresivamente hacia la llanura abisal. Esta estructura en bloques da localmente lugar a la existencia de altos estructurales que llegan a aflorar incluso en la plataforma continental (fig. 2B, 5H). Así, en el sector de Blanes, ha sido reconocido el substrato mioceno bajo una delgada cobertera sedimentaria cuaternaria (Serra, 1976). La estructura en bloques fallados es mucho más aparente en el talud continental, la cual origina barreras estructurales en las que se forman pequeñas cuencas sedimentarias colgadas. Otra manifestación del control estructural está representado por la existencia de edificios volcánicos que, a manera de pitones submarinos, se localizan preferentemente siguiendo las principales alineaciones estructurales de las diferentes provincias del margen (Mauffret, 1976).

Este tipo de margen ha debido ser estructurado en gran parte con anterioridad al desarrollo de la unidad transparente atribuible al Plioceno. En efecto, el Plio-Cuaternario se adapta en la distribución de potencias en gran parte a la estructura del basamento acústico, rellenando cuencas y uniformizando las irregularidades topográficas (Serra, 1976; Stanley et al., 1976; Kelling et al., 1979). Así se observan las

mayores potencias en los bajos estructurales del basamento, mientras que adelgazan hacia los bordes y altos estructurales. Esta distribución se encuentra tanto en la plataforma continental propiamente dicha como sobre el talud. En el ascenso continental puede darse, bien sea un adelgazamiento de las unidades de la llanura abisal hacia el talud, como ocurre por ejemplo entre la fosa de Valencia y el margen Balear (fig. 3), o por el contrario, una continuidad en las características sísmicas y espesores de las unidades entre el ascenso continental y el talud, como sucede en el margen catalán (fig. 2B). En este último caso las unidades sedimentarias pueden aparecer ampliamente hendidas por los cañones submarinos. En consecuencia estos cañones deben tener un origen y evolución relativamente recientes (Serra, 1979).

Los deslizamientos gravitatorios adquieren un desarrollo importante en este tipo de margen (Got et al., 1979). Aunque es difícil decidirse acerca de los factores que han condicionado los fenómenos gravitatorios, en general, deben ser atribuidos a una inestabilidad del área causada por los cambios eustáticos del Cuaternario o a reajustes estructurales del basamento acústico (cf., Stanley y Silberg, 1969).

Los cambios eustáticos han tenido por otra parte una clara influencia en la distribución de unidades de la plataforma continental y dispersión de sedimentos hacia zonas más profundas. Ello queda puesto de manifiesto por numerosas truncaciones de los reflectores de la plataforma y por la uniformización del relieve, con relleno de las depresiones. El mismo fenómeno estaría representado en los cañones submarinos por episodios sucesivos de erosión y relleno (Serra, 1979), mientras que en los abanicos submarinos dicha influencia está expresada por variaciones en los índices de sedimentación (cf., Maldonado y Stanley, 1979).

La localización de los márgenes intermedios está íntimamente relacionada con áreas en las que la estructura del basamento acústico no ha sido totalmente enmascarada por una importante cobertera sedimentaria, dando lugar a un modelado irregular. Las zonas que presentan este tipo de margen están localizadas en sectores muy concretos del precontinente de la Península, como frente a los Pirineos, y más ampliamente distribuidos en el contorno balear. La mayor frecuencia en este último sector debe ser atribuida al reducido aporte de sedimentos y al marcado carácter estructural (fallas verticales, localmente acompañadas de manifestaciones volcánicas) del margen balear (fig. 7).

Con los datos disponibles nos es difícil valorar la importancia de la actividad tectónica durante el Plio-Cuaternario. Es evidente que el margen ha debido ser en gran parte estructurado con anterioridad al depósito de la unidad transparente. No obstante la subsidencia habrá desempeñado un importante papel durante la evolución reciente, la cual ha ido acompañada de una removilización de fracturas. Dicha actividad tectónica vertical ha debido actuar eminentemente a favor de las alineaciones estructurales del basamento.

### Margen abrupto

El factor dominante que caracteriza el margen abrupto es la estructura del basamento, la cual queda resaltada por el poco espesor de la cobertera sedimentaria o ausencia de la misma. Las características estructurales del basamento se ponen de manifiesto de una manera más clara en el talud donde un accidente estructural, o unos pocos, de gran magnitud y continuidad desplazan las unidades sedimenta-

rias entre la plataforma y el ascenso continental o la llanura abisal (fig. 2C, 5G, 6). El ejemplo más característico se localiza en el escarpe de Cabrera al sur de las Baleares (fig. 1, 7). En esta zona el desplazamiento entre los niveles reflectantes, atribuibles al Mioceno superior en la plataforma y sus equivalentes en el ascenso continental, puede alcanzar unos dos mil metros (fig. 6J).

La cobertera sedimentaria sólo adquiere una cierta importancia en la plataforma y ascenso continental, mientras que es prácticamente inexistente en el talud. La existencia de un mínimo aporte de sedimentos y de un fuerte declive, condiciona un fenómeno de escape o sobrepaso de los terrígenos hacia zonas más profundas (Maldonado y Stanley, 1979; Kelling et al., 1979).

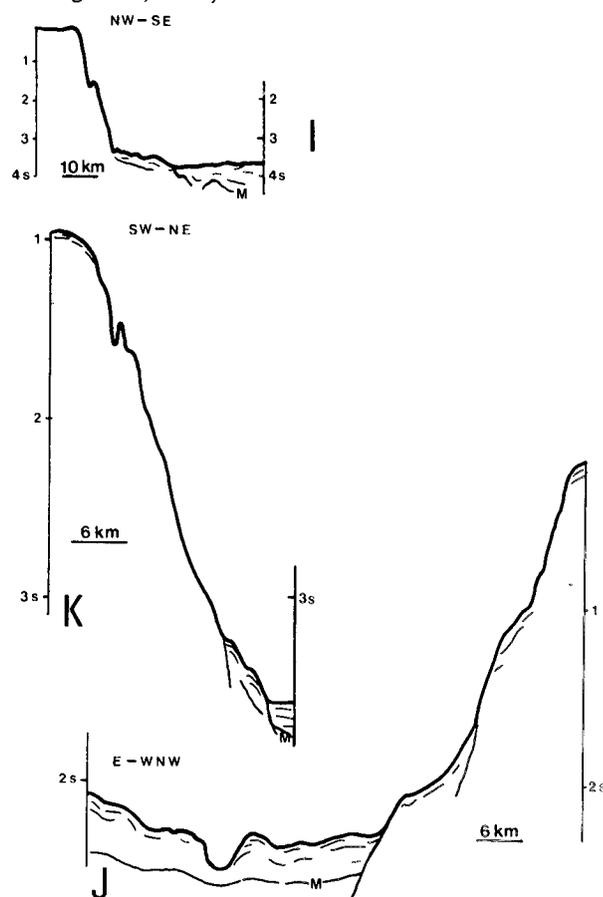


Fig. 6. Perfiles sísmicos del margen Balear. I, perfil Sparker 30.000 J del margen continental al sudeste de Mallorca, en el escarpe de Cabrera. El recubrimiento sedimentario es prácticamente inexistente sobre el talud apareciendo en su base los niveles prepliocénicos y a continuación el relleno plio-cuaternario (modificado de Stanley et al., 1976); K, perfil Air-gun (0,7 litros) del margen noreste de Menorca. En la base del talud aflora el Messiniense, que está recubierto en disposición progradante por el relleno del Plio-Cuaternario de la llanura abisal; J, perfil Air-gun (0,7 litros) del margen oriental de Mallorca, atravesando el Cañón de Menorca. El substrato acústico está afectado por varios accidentes en el talud que hacen descender bruscamente los reflectores. Nótese el recubrimiento sedimentario de la base del talud, entallado por el cañón de Menorca. M = Messiniense.

Para algunos autores la ausencia de cobertera sedimentaria en el talud, así como el desplazamiento de los reflectores, representan una tectónica vertical importante durante el Plio-Cuaternario (Stanley et al. 1976). No obstante, esta hipótesis requiere la confirmación de la similitud de facies de los

reflectores desplazados, desde el punto de vista paleobatimétrico, lo cual no ha sido confirmado. Como hipótesis alternativa se puede proponer que los reflectores, aunque similares desde el punto de vista sísmico, corresponden a depósitos formados a muy diferente profundidad sobre un relieve estructural anterior al depósito. En todo caso, la evolución tectónica, independientemente de la edad, es el factor condicionante de las características de este tipo de margen. Por el contrario, la influencia sedimentaria ha jugado un papel muy reducido, limitándose a la plataforma y ascenso continental.

### CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DE LAS PROVINCIAS DEL MARGEN: ENSAYO INTERPRETATIVO

Se ha puesto de manifiesto la gran importancia que presenta para las características de cada tipo particular de margen la relación existente entre tectónica y sedimentación. No obstante, en el estado de nuestros conocimientos es difícil

precisar la influencia efectiva de estos mecanismos en el desarrollo de las diferentes provincias del margen continental. Lo que se puede constatar es que ciertos rasgos fisiográficos y la distribución de unidades sedimentarias se repiten o son más frecuentes en uno u otro tipo de margen.

En este sentido las plataformas continentales más amplias se localizan en el margen de tipo progradante y están desarrolladas frente a costas más bajas y con mayores aportes sedimentarios, tales como el Golfo de León y Golfo de Valencia (fig. 7). Es asimismo característico de este tipo de margen la ausencia de cañones submarinos o su débil desarrollo, lo cual refleja indudablemente que ha habido elevados índices de depósito. Este fuerte aporte sedimentario ha dado lugar a la rápida fosilización de todo tipo de accidentes morfológicos y ha impedido el encajamiento y evolución de los valles submarinos. Este tipo de situación es común en los márgenes continentales aguas afuera de ríos importantes, tales como los del Mississippi, Amazonas y Nilo, entre otros (Huang y Goodell, 1970; Damuth y Kumar, 1975; Maldonado y Stanley, 1978).

Debido a los fuertes aportes sedimentarios es caracteris-

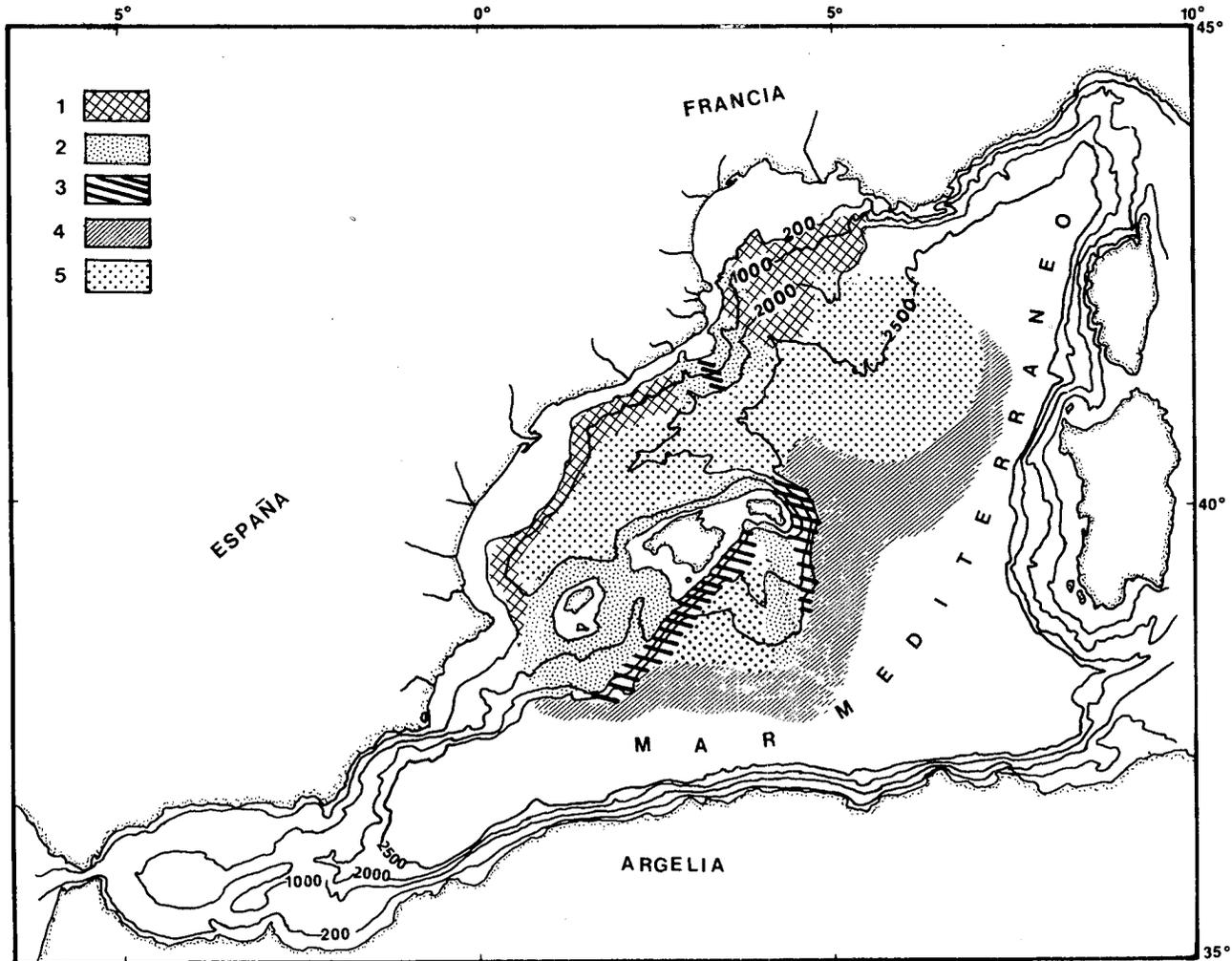


Fig. 7. Esquema de distribución de los tipos de margen diferenciados en el Mediterráneo nor-occidental. 1, margen progradante; 2, margen intermedio; 3, margen abrupto; 4, llanura abisal de la cuenca Algero-Balear; 5, depósitos de la base del talud (fosa de Valencia y abanicos submarinos del Ródano y Menorca). Ver discusión en el texto.

tica la formación de abanicos submarinos profundos ligados al ascenso continental como en el del Ródano, en el Golfo de León, y en la fosa de Valencia. En este último caso se ha desarrollado un depósito complejo, de diferentes tipos de abanicos submarinos caracterizados por una fuente múltiple de aportes sedimentarios (Ebro, Francolí, Llobregat, etc.). Además del área fuente múltiple, los procesos sedimentarios se han caracterizado por la íntima relación existente entre los aportes longitudinales, a lo largo de la fosa de Valencia, y los transversales al margen, que proceden directamente del continente.

En cuanto a extensión y morfología, las plataformas continentales más variadas, se localizan en el margen de tipo intermedio (fig. 1, 7). En este caso se conjuga un aporte sedimentario relativamente reducido, junto a una estructura accidentada del basamento. En consecuencia, la plataforma continental presenta en cada sector características diferenciales condicionadas por la importancia de cada uno de estos dos factores. Lo más notable es el gran desarrollo y fuerte encajamiento de los cañones submarinos en el talud continental. Este fenómeno debe reflejar el efecto superpuesto de diversas fases de encajamiento y relleno de los cañones submarinos como consecuencia de los cambios eustáticos del Cuaternario. En este caso, a diferencia del margen progradante, los aportes sedimentarios relativamente reducidos no han facilitado la colmatación de los valles submarinos habida entre las diversas fases erosivas. Como ejemplo intermedio entre estos dos extremos, podemos citar los cañones submarinos del Llobregat y de L'Escala, parcialmente colmatado el primero y totalmente colmatado el segundo, y que se sitúa en el tránsito entre los dos tipos de margen (Leenhardt, 1969; Got, 1973).

Los depósitos de la base del talud en el margen de tipo intermedio presentan poca extensión, no llegando siquiera a desarrollarse, por lo general, abanicos submarinos bien definidos.

El efecto combinado de un aporte reducido de sedimentos y una estructura del basamento afectada por fallas con fuertes saltos verticales, dan lugar a las características morfológicas de las diferentes provincias del margen de tipo abrupto. De esta manera se presentan plataformas continentales con una extensión generalmente reducida, aunque muy variable, condicionada por la posición de los accidentes tectónicos de gran envergadura. La ausencia de aportes sedimentarios importantes, justifica en gran medida la reducida potencia de la cobertera sedimentaria en la plataforma y su ausencia sobre el talud continental. En el caso del talud, no obstante, esta circunstancia podría ser asimismo atribuida a una actividad tectónica actuante hasta tiempos muy recientes, así como a un fenómeno de sobrepasso o no deposición de los sedimentos en el talud debido a las fuertes pendientes. Los cañones submarinos que han podido ser desarrollados en este tipo de margen son de origen tectónico, mientras que los procesos de tipo sedimentario han tenido, en su génesis una importancia reducida, tal como el caso del cañón de Menorca (Kelling et al., 1979; Maldonado y Stanley, 1979).

En el ascenso continental bajo determinadas circunstancias se han desarrollado formaciones de pie de talud, como el abanico submarino de Menorca adosado al pie del escarpe de Cabrera (fig. 7). La existencia del cañón submarino de Menorca, que marca el tránsito de un margen de tipo intermedio a uno abrupto ha condicionado que los reducidos aportes de sedimentos, concentrados y canalizados hacia aguas profundas, hayan sido depositados en la ruptura de pendiente de la

base del talud. El talud continental actúa como una zona de tránsito de los sedimentos, debido a las fuertes pendientes, lo que asimismo ha favorecido dicho depósito de pie del talud.

## CONCLUSIONES

Ha quedado patente que el factor que condiciona los rasgos de cada tipo de margen es la estructura del basamento y su evolución reciente. No obstante, las dos áreas estudiadas en las que el margen de tipo progradante alcanza un mayor desarrollo, los golfos de León y de Valencia, están caracterizadas por la recepción de notables aportes de sedimentos si se las compara con las demás. Para este tipo de margen, la influencia del factor estructural ha sido superada por el factor sedimentario. Ello queda reflejado por la potente cobertera sedimentaria que ha dado lugar a la fosilización de todas las irregularidades del basamento.

En el margen de tipo intermedio las características de cada área en particular quedan supeditadas a la estrecha relación entre tectónica y sedimentación y a la importancia relativa de cada uno de estos factores. Así, se observan fallas de crecimiento («Growth faults») que han actuado paralelamente a la sedimentación (Rider, 1978), fallas que no tienen continuidad entre el basamento y la cobertera sedimentaria, cuencas sedimentarias colgadas a diferentes profundidades sobre el margen, fenómenos de acuñamiento y deslizamiento gravitatorio a escala diversa, afloramientos del basamento acústico, etc.

El margen de tipo abrupto representa el extremo opuesto al de tipo progradante, en el que la estructura del basamento es el factor predominante y que rige las características de las diferentes provincias fisiográficas.

En consecuencia los tres tipos de margen descritos forman un espectro continuo entre los que son posibles todos los estadios intermedios. La asignación de cada margen particular a cualquiera de los tres tipos básicos es una tarea comprometida. El criterio básico que hemos seguido para esta distinción ha sido la relación entre la cobertera sedimentaria y la estructura del basamento.

Asimismo los cambios eustáticos condicionados por los cambios climáticos, han desempeñado un importante papel en las características actuales del margen catalano-balear. No obstante su influencia ha quedado fundamentalmente limitada a la cobertera sedimentaria más reciente. Dicha influencia alcanza su máxima expresión en las características de las unidades sedimentarias de la plataforma continental, en los fenómenos de deslizamiento gravitatorio del talud, en el desarrollo de los cañones submarinos y en la evolución temporal de los abanicos submarinos y formaciones de pie del talud.

Se puede concluir que el estudio del margen continental pone claramente de manifiesto las relaciones entre tectónica y sedimentación que han condicionado su desarrollo. Asimismo, las características y distribución de las unidades sedimentarias en las diferentes provincias del margen, permiten valorar la importancia real de cada factor en su desarrollo. No obstante, con los datos disponibles en el momento actual, es difícil realizar una evaluación final de la influencia tectónica en la evolución reciente del margen catalano-balear.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a los Dres. José M. Fontboté y Luis Solé-Sugrañes por la revisión crítica y comentarios constructivos que han hecho posible mejorar el manuscrito original.

Este trabajo forma parte del proyecto en curso por nuestro equipo del margen del Mediterráneo nor-occidental. Su realización ha sido posible gracias al equipo técnico y personal de los siguientes organismos e instituciones: Instituto «Jaume Almera» de Investigaciones Geológicas del C.S.I.C. (Barcelona), el Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Barcelona, el Centre de Recherches de Sédimentologie Marine (Perpignan), el Musée Océanographique de Monaco, el Institut für Geophysik (Kiel) y el Lamont-Doherty Geological Observatory (Columbia University).

La subvención económica ha corrido a cargo de los proyectos internacionales titulados: «Paleogeografía del Mar Balear durante el Neógeno», Proyecto de Cooperación Científica y Tecnológica del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano (IIIP7730394/17), y «Les mécanismes sédimentaires sur la pente continentale de la Méditerranée occidentale», A.T.P. n.º 9224» del C.N.R.S.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALLA, G. (1970): Etude sismique de la plaine abyssale au sud de Toulon. *Rev. Inst. Franç. Pétrole*, v. 25, p. 291-304.
- ALOÍSI, J. C., BARTELTSEN, H., BRIKN, J., GOT, H., LEENHARDT, O., MONACO, A., SERRA RAVENTÓS, J. et THEILEN, F. (1974): Les mécanismes sédimentaires sur la pente continentale de la Méditerranée occidentale. Résultats préliminaires. *Rap. C.I.E.S.M.*, XXIV (23): 249-250.
- AUZENDE, J. M., and OLIVET, J. L. (1974): Structure of the western Mediterranean Basin, in: *The Geology of Continental Margins*, Burk, C. A. and Drake, C. L., eds., New York: Springer-Verlag, p. 723-731.
- BENSON, R. H. (1973): An ostracodal view of the Messinian salinity crisis, in: *Messinian Events in the Mediterranean*, Drooger, C. W., ed., Amsterdam: North-Holland Publ. Co., p. 235-242.
- BIJU-DUVAL, B., LETOUZEY, J., MONTADERT, L., et al. (1974): Geology of the Mediterranean Sea basins, in: *The Geology of Continental Margins* Burk, C. A., and Drake, D. L., eds., New York: Springer-Verlag, p. 695-721.
- BIJU-DUVAL, B., DERCOUR, J., et LE PICHON, X. (1976): La genèse de la Méditerranée. *La Recherche*, v. 7, p. 811-822.
- BOURCART, J. (1949): La théorie de la flexure continentale. *C. R. XIV Congr. Int. Géogr. Lisbonne*, p. 167-190.
- BOURCART, J. (1960): La Méditerranée et la révolution pliocène, in: *Livre à la Mémoire du Professeur P. Fallot, Mém. Soc. Géol. France*, p. 103-118.
- CITA, M. B. (1973): Mediterranean evaporites: paleontological arguments for a deep-basin dessiccation model, in: *Messinian Events in the Mediterranean*, Drooger, C. W., ed., Amsterdam: North-Holland Publ. Co. p. 206-228.
- DAMUTH, J. E., and KUMAR, N. (1975): Amazon Cone: Morphology, sediments, age, and growth pattern. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 86, p. 863-878.
- DEWEY, J. J., PITMAN III, W. C., RYAN, W.B.F., and BONNIN, J. (1973): Plate tectonics and evolution of the Alpine system. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, v. 84, p. 3137-3180.
- DROOGER, C. W., ed. (1973): *Messinian Events in the Mediterranean*. Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 272 pp.
- FINETTI, I., and MORELLI, C. (1973): Geophysical exploration of the Mediterranean Sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, v. 15, p. 261-341.
- FONTBOTÉ, J. M. (1954): Sobre la evolución tectónica de la depresión del Vallés-Penedés. Arrahona, Sabadell.
- GALDEANO, A., COURTILLOT, C., LE BORGNE, E., LE MOUËL, J. L., et ROSSIGNOL, J. C. (1974): An aeromagnetic survey of the South West of the Western Mediterranean, Description and tectonic implications. *Earth and Planet Sc. Lett.*, v. 23, p. 323-336.
- GLANGEAUD, L. (1962): Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et de ses bordures. Le rôle des phases pauto-plio-quaternaires, in: *Océanographie, Géologie et Géophysique de la Méditerranée Occidentale*, Bourcart, J., ed., Coll. Nat. Cent. Nat. Rech. Sci., Villefranche-sur-Mer, p. 125-165.
- GOT, H. (1973): *Etude des Corrélations Tectonique-Sédimentation au cours de l'Histoire Quaternaire du Précontinent Pyrénéo-Catalan*, Thèse, Univ. Perpignan, Perpignan, France, 294 pp.
- GOT, H., and STANLEY, D. J. (1974): Sedimentation in two Catalanian canyons, northwestern Mediterranean. *Mar. Geol.*, v. 16, p. M91-M100.
- GOT, H., ALOÍSI, J. C., LEENHARDT, O., MONACO, A., SERRA, J., et THEILEN, F. (1979): Les mécanismes sédimentaires sur la pente continentale de la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. Géol. Fr. (en prensa)*.
- HEEZEN, B. C. (1974): Atlantic-type continental margins, in: *The Geology of Continental Margins*, Burk, C. A., and Drake, C. L., eds., New York: Springer-Verlag, p. 13-24.
- HERSEY, J. B. (1965): Sedimentary basins of the Mediterranean Sea, in: *Submarine Geology and Geophysics*, Whittard, W. F., and Bradshaw, R. D., eds., London: Butterworths, v. 17 of the Colston Papers, p. 75-91.
- HINZ, K. (1972): Results of seismic refraction investigations (Project Anna) in the western Mediterranean Sea, south and north of the island of Mallorca. *Bull. Cent. Rech. Pau. SNPA*, v. 6, pp. 405-426.
- HSÜ, K. J. (1972): When the Mediterranean dried up. *Sci. Amer.*, v. 227, p. 27-36.
- HSÜ, K. J. (1973): The dessiccated deep-basin model for the Messinian events, in: *Messinian Events in the Mediterranean*, Drooger, C. W., ed. Amsterdam: North-Holland Publ. Co. p. 60-67.
- HSÜ, K. J., MONTADERT, L., et al. (1975): Glomar Challenger returns to the Mediterranean Sea. *Geotimes*, v. 20, p. 16-19.
- HSÜ, K. J., MONTEDELT, L., BERNOUILLI, D., CITA, M. B., ERICKSON, A., GARRISON, R. E., KIDD, R. B., MELIERES, F., MULLER, C., and WRIGHT, R. (1977): History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, 267, p. 399-403.
- HUANG, T. C., and GOODELL, H. H. (1970): Sediments and sedimentary processes of eastern Mississippi Cone, Gulf of Mexico. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, v. 54, p. 2070-2100.
- KELLING, G., MALDONADO, A., and STANLEY, D. J. (1979): Salt tectonics and basement fractures: Key controls of recent sediment distribution of the Balearic Rise, Western Mediterranean. *Smithsonian Contrib. Mar. Sci.* (in press).
- LEENHARDT, O., REBUFFATTI, A., et al. (1969): Profil sismique dans le bassin Nord-Baléares. *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, v. 7, p. 249-251.
- LE PICHON, X., PAUTOT, G., et al. (1971): La Méditerranée occidentale depuis l'Oligocène, Schéma d'évolution. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 13, p. 145-152.
- MALDONADO, A. (1972): El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico. *Bol. de Estratigrafía*, v. 1, 486 pp. Univ. de Barcelona.
- MALDONADO, A. (1977): Introducción geológica al delta del Ebro. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, v. 8, p. 7-45.
- MALDONADO, A. (1978): El estancamiento de las aguas del Mar Mediterráneo. *Investigación y Ciencia*, v. 23, p. 32-44.
- MALDONADO, A., et RIBA, O. (1973): Les rapports sédimentaires du Néogène et du Quaternaire dans le plateau continental aux environs du delta de l'Ebre. *Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 1974, v. 7, p. 321-329.
- MALDONADO, A., and STANLEY, D. J. (1978): Nile Cone depositional processes and patterns in the Late Quaternary, in: *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*, Stanley, D. J., and Kelling, G., eds. Stroudsburg, Pa.: Dowden Hutchinson and Ross, p. 239-257.
- MALDONADO, A., and STANLEY, D. J. (1979): Depositional patterns and late quaternary evolution of two mediterranean submarine fans: a comparison. *Marine Geology*, v. 31, p. 215-250.
- MAUFFRET, A. (1976): *Etude Géodynamique de la marge des îles Baléares*, Thèse, Univ. P. et M. Curie, Paris, 137 pp.
- MAUFFRET, A., and SANCHO, J. (1970): Etude de la marge continentale au Nord de Majorque (Baléares, Espagne). *Rev. Inst. Franç. Pétrole*, v. 25, p. 714-730.
- MAUFFRET, A., FAIL, J. P., et al. (1973): Northwestern Mediterranean sedimentary basin from seismic reflection profile. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, v. 57, p. 2245-2262.
- MONACO, A. (1971): *Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion)*, Thèse, Univ. Scien. et Tech. du Languedoc, 295 pp.
- MORELLI, C. (1975): Geophysics of the Mediterranean. *Bull. Etude Comm. Médit. Monaco*, Sp. Publ. No. 7, p. 27-111.
- OLIVER, M. (1961): Carta de Pesca de Cataluña, I, desde el paralelo de Cabo Bear a Palamós. *Trab. Inst. Esp. de Oceanogr.*, v. 30.
- REHAULT, J. P., OLIVET, J. L., and AUZENDE, J. M. (1974): Le bassin nord-occidental méditerranéen: structure et évolution. *Bull. Soc. Géol. France*, v. 16, p. 281-294.
- RIDER, M. H. (1978): Growth faults in Carboniferous of western Ireland. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.* 62(1): 2191-2213.
- RYAN, W. B. F. (1976): Quantitative evaluation of the depth of the Western Mediterranean before, during and after the Late Miocene salinity crisis. *Sedimentology*, v. 23, p. 791-813.
- RYAN, W. B. F., STANLEY, D. J. et al. (1970): The tectonics and geology of the Mediterranean Sea, in: *The Sea*, Maxwell, A. E., ed. New York: Wiley-Interscience, v. 4 (part 2), p. 387-492.
- RYAN, W. B. F., HSU, K. J. et al., eds. (1973): *Initial Reports of the Deep Sea*

- Drilling Project*, v. 13, Washington, D. C.: U. S. Govt, Print. Office, 1447 p.
- SERRA, J. (1976): *Le precontinent catalan entre le Cap Begur et Arenys de Mar, structure et sédimentation récents. Thèse, Univ. Paul Sabatier, Toulouse*, 161 pp.
- SERRA, J. (1979): Els canyons submarins del marge continental catala, *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* (en prensa).
- SHEPARD, F. P. (1960): Mississippi Delta: Marginal environments, sediments and growth, in: «*Recent Sediments. NW Gulf of Mexico*», Shepard, F. P., Phleger, F. B., and Van Andel, T. H., eds. Tulsa, Ok.: Am. Assoc. Pet. Geol. p. 56-81.
- SOLÉ SUGRAÑES, L. (1978): Alineaciones y fracturas en el sistema catalán según las imágenes Landsat-1. *Tecniterrae*, 22, p. 1-11.
- SONNENFELD, P. (1974): The Upper Miocene evaporite basins in the Mediterranean Region a study in paleo-oceanography. *Geol. Rundschau*, v. 63, p. 1133-1172.
- SONNENFELD, P. (1975): The significance of Upper Miocene (Messinian) evaporites in the Mediterranean Sea. *J. Geol.*, v. 83, p. 287-311.
- STANLEY, D. J. (1977): Post-Miocene depositional patterns and structural displacement in the Mediterranean, in: *The ocean basins and margins*, v. 4A, Nairn, A. E. M., Kanes, W. H., and Stehli, F. G., eds., Amsterdam: Plenum Publ. Corp. p. 77-150.
- STANLEY, D. J., and SILBERGERG, N. (1969): Recent slumping on the continental slope off Sable Island Bank, southeast Canada. *Earth and Planetary Sc. Letters*, v. 6, p. 23-133.
- STANLEY, D. J., GOT, H., et al. (1976): Catalonian, eastern Betic and Balearic margins: structural types and geologically recent foundering of the western Mediterranean Sea. *Smithson. Contrib. Earth. Sci.*, v. 20, p. 1-67.
- STOECKINGER, W. (1971): Spanish Med. geology offers much for Europe's drillers. *Oil and Gas Int.*, v. 11(7): 44-48.
- STOECKINGER, W. (1976): Valencian Gulf offer dead line nears. *Oil and Gas Journal*, March 1976, p. 197-204.
- STORETVEDT, K. M. (1973): Genesis of west Mediterranean basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 21, p. 22-28.
- VOGT, P. R., HIGGS, R. H., and JOHNSON, G. L. (1971): Hypotheses on the origin of the Mediterranean basin: magnetic data. *J. Geophys. Res.*, v. 76, p. 3207-3228.

Recibido, octubre 1979.