

Sedimentología y evolución del Valle-Abanico de Valencia (Mediterráneo noroccidental)

Alberto PALANQUES y Andrés MALDONADO

U.E.I. de Geología Marina, Instituto de Ciencias del Mar, C.S.I.C., Paseo Nacional s/n, 08003 Barcelona

RESUMEN

El Valle de Valencia discurre en la zona axial de la Fosa de Valencia, hasta el extremo NW de la Llanura Abisal Balear, donde se desarrolla un abanico submarino. Los aportes canalizados que recibe este sistema proceden de los distintos cañones que atraviesan el margen continental catalán y que desembocan en el Valle de Valencia o directamente en el mismo abanico. Se han distinguido tres áreas fuente: el área meridional (cuencas del Ebro), el área central (cuencas del Llobregat y del Foix) y el área septentrional (cuencas del Besós y del Tordera). Durante el último ascenso eustático, el sistema se ha desplazado aguas arriba quedando confinado en su zona proximal dentro del sector distal del valle. Así, en esta zona, los aportes competentes no pueden desbordarse y se depositan en el interior del canal. En el margen sur del valle, que confina el inicio del abanico, se depositan secuencias de lodos turbidíticos mientras que el margen norte, por el contrario, presenta carácter erosivo.

En el abanico superior los levees están muy poco desarrollados y las arenas se concentran en el fondo del canal. En el abanico medio el canal no está confinado y se desarrollan amplios levees compuestos por secuencias donde predominan los niveles de limos y lodos. En el interior del canal del abanico medio se han desarrollado varios canales distributarios de pequeñas dimensiones como consecuencia del desplazamiento del sistema aguas arriba. En el periodo más reciente la actividad sedimentaria ha sido mínima predominando la sedimentación hemipelágica en extensas áreas del sistema. Los flujos gravitativos se han concentrado en las zonas canalizadas y en el margen sur del abanico proximal.

Palabras Clave: Mediterráneo Noroccidental. Abanico submarino. Valle de Valencia. Llanura abisal balear. Plio-Cuaternario.

ABSTRACT

The Valencia Valley has a slightly winding course along the axis of the Valencia Trough. In the more distal sector it develops into a deep-sea depositional system, the Valencia Fan, in the transition to the Balearic basin plain. The Fan system is fed by sediment supplied from several important canyons located in the continental margin of Catalonia, which merge with the Valencia Valley or directly with the Valencia Fan. Three source areas are indentified on the basis of heavy mineral associations and textural characteristics: the south-

ern area (Ebro basin), the central area (Llobregat and Foix basins) and the northern area (Besós and Tordera basins). During the last eustatic rise of sea level, the fan migrated upcurrent and partially fills the distal sector of the Valencia Valley as a confined upper fan system within the valley margins. Turbiditic mud sequences are present in the southern valley wall while the northern valley wall shows erosional features. The upper fan has poorly developed levees and prominent sand bodies located in the floor of the valley-channel. The middle fan is unconfined and shows a channel with prominent levees, composed of turbiditic silts and muds. Several small distributary channels are observed within the main channel in this sector. During the present high sea level stand, the sediment supply is low and hemipelagic processes predominate over large areas of the fan, while gravitational flows reach only the channels and the southern margin of the proximal fan.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas deposicionales profundos del Mediterráneo Nor-Occidental han sido descritos y comparados recientemente por varios autores (Aloisi et al., 1981; Nelson et al., 1982; 1984; Palanques y Maldonado, 1984; Alonso et al., 1985; Maldonado et al. 1985 a y b). Estos sistemas incluyen el abanico submarino del Ebro, el abanico del Ródano y el abanico de Valencia. Los dos primeros se emplazan en el pie del talud continental y tienden a desarrollarse perpendicularmente a éste. Así, el abanico del Ebro presenta varios valles submarinos subparalelos y ha evolucionado formando lóbulos cuya localización ha migrado lateralmente. El abanico del Ródano por el contrario está formado por un canal bien desarrollado, con amplios levees y ha evolucionado formando cuerpos lenticulares superpuestos verticalmente con una migración general hacia el mar (Aloisi et al., 1981; Bellaiche et al., 1981; Droz, 1983).

El abanico de Valencia es independiente del talud

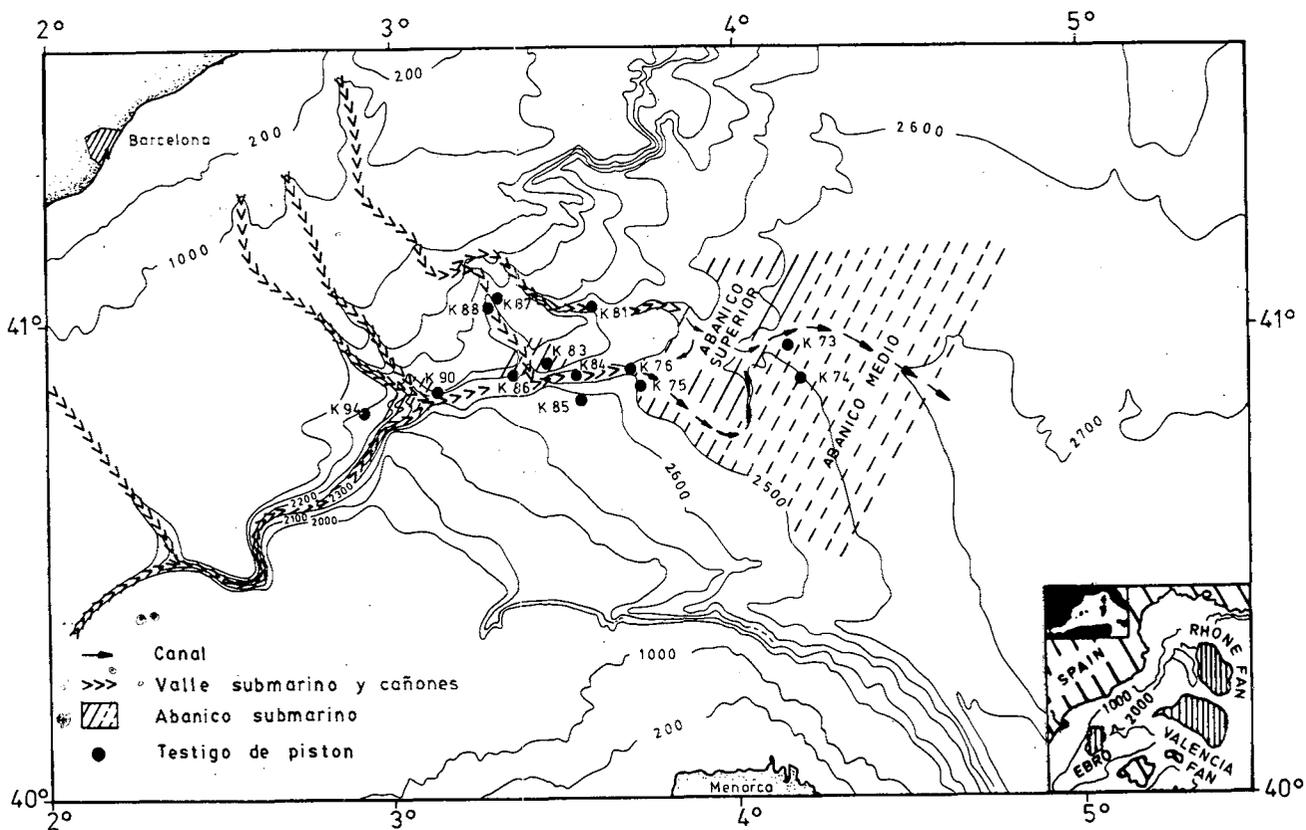


Figura 1.- Carta batimétrica basada en Genesseeux y Vanney (1979) con la localización del sistema y de las muestras extraídas.

Figure 1.- Bathymetric chart of the study area showing the location of piston cores and the main sedimentary environments. Captions: «canal»: channel; «abanico submarino»: deep sea fan; «testigo de pistón»: piston core; «abanico superior»: upper fan; «abanico medio»: middle fan.

continental localizándose al final del Valle submarino de Valencia, con una orientación subparalela al margen continental. Está formado por cuerpos sedimentarios sobrepuestos que evolucionan migrando hacia el continente y tiene una fuente múltiple de sedimentos procedentes del abanico profundo del Ebro y de los varios cañones que atraviesan el margen continental catalán. No recibe aportes canalizados del margen continental balear (Maldonado et al., 1985a). Este abanico puede ser comparable a los sistemas localizados en cinturones orogénicos de tipo alpino, desarrollados paralelamente a los márgenes continentales donde el sedimento es transportado cientos de kilómetros a través de cuencas restringidas (Maldonado y Ruiz-Ortiz, 1984; Maldonado et al., 1985a). Los estudios realizados a partir de perfiles sísmicos de Sparker y sonar de barrido lateral han permitido describir la estructura, la geomorfología y los ambientes deposicionales del sistema (Maldonado et al., 1985 a y b). Esta información, junto con los análisis de las muestras to-

madas en el sistema (Palanques, 1984), permite la descripción sedimentológica de los materiales depositados y la distribución de facies del sistema.

METODOLOGÍA

Este trabajo se ha llevado a cabo a partir de 12 testigos continuos de pistón (tipo Kulleberg) extraídos con el B/O Cornide de Saavedra en el transcurso de una campaña realizada en 1981 (Fig. 1). Los testigos fueron descritos, fotografiados, radiografiados y muestreados. Las muestras fueron sometidas a análisis granulométricos, análisis geoquímicos (calimetrías y materia orgánica) y a un estudio óptico de la fracción arena y de los minerales pesados. Todos los datos fueron procesados por ordenador, calculando varios parámetros granulométricos y construyendo curvas acumulativas, histogramas de frecuencias y curvas de densidad de las fracciones fina, gruesa y total. Las variables más significativas fueron sometidas a varios tratamientos estadísticos uni y multivariantes.

Esta información ha sido integrada al estudio del sistema conjuntamente con la información obtenida en estudios realizados recientemente en los que se interpreta una malla de 1200 km de perfiles sísmicos de Sparker obtenidos en dos campañas (MCB-79 y CO-82-2) realizadas por el B/O Cornide de Saavedra. Se integra además el estudio de 90 km de sonografías y perfiles sísmicos de alta resolución (4,5 kHz) registrados con el Sea MARC en una campaña realizada por el R/N Robert Conrad en Abril de 1984, donde también se utilizó un Seabeam (Maldonado et al., 1985 a y b).

FISIOGRAFÍA DE LA CUENCA

La Fosa de Valencia es una cuenca fisiográfica delimitada por dos márgenes pasivos: el margen continental catalán, progradante en su mayor parte, y el margen nor-balear de tipo intermedio-abrupto. Esta fosa tiene unos 40-70 km de ancho por 300 km de largo y está atravesada axialmente por un valle principal, el Valle de Valencia (Fig. 2). Hacia esta zona drenan los aportes laterales procedentes del abanico submarino del Ebro y de los diversos cañones que atraviesan el margen continental catalán (Maldonado y Ruiz-Ortiz, 1984). Los flujos gravitativos procedentes de áreas fuente diversas son transportados hacia zonas más profundas donde se depositan, intercalándose los más distales con los más proximales y dan lugar al sistema de depósito del abanico submarino de Valencia (Palanques, 1984).

Tanto el valle principal como los cañones están fuertemente encajados en los materiales del ascenso continental, debido a la influencia de fracturas del zócalo en este margen afectado por una subsidencia tectónica (Mauffret, 1979). La rotura de pendiente del ascenso continental condiciona que al pie de los cañones se desarrollen pequeños sistemas deposicionales que son truncados por el Valle de Valencia.

El Valle de Valencia

En el Valle de Valencia se pueden distinguir básicamente tres sectores (Maldonado et al., 1985a). El sector superior empieza a partir de la intersección con el abanico del Ebro y es de carácter semi-erosivo con perfil asimétrico en forma de U, llegando a encajarse 250 metros en los materiales del ascenso continental (Fig. 2). El sector medio empieza a partir de la intersección con el Cañón de Sitges, pasando a tener un carácter netamente erosivo con perfil en forma de V. El fondo del Valle se encaja más de 300 metros. El sector inferior

comienza a partir de la intersección con el Cañón del Besós, donde empieza a desarrollarse un fondo plano entre abruptas paredes que testifican un estadio erosivo anterior. Los sectores superior y medio están fuertemente afectados por deslizamientos gravitacionales en masa que se producen en las abruptas paredes del valle (Maldonado et al., 1985a; O'Connell et al., 1985).

El Abanico de Valencia

El Abanico de Valencia no está directamente conectado con la base del talud continental al contrario que gran parte de los sistemas actuales descritos (Normak y Piper, 1983/84; Maldonado y Ruiz-Ortiz, 1984). Este sistema se desarrolla alejado de los márgenes continentales, en el extremo noroeste de la Llanura Abisal Balear. El abanico submarino se localiza a partir de una rotura de pendiente en el Valle de Valencia, aproximadamente a los 2500 metros de profundidad, que puede tener un origen estructural (Maldonado et al., 1985a). El abanico superior está alimentado por un canal principal que es continuación del Valle de Valencia y por un canal tributario que es continuación del Cañón de Blanes. Ambos están confinados y presentan un perfil asimétrico con forma de U con levees muy poco desarrollados (Fig. 2). La anchura del fondo de estos canales oscila entre 0.8 y 2 km. Un macizo volcánico, relacionado con las fases iniciales de la apertura del Mediterráneo occidental al final del Oligoceno condiciona de un modo importante la morfología y evolución del abanico superior. El canal principal rodea este macizo por el flanco sur, mientras que el canal tributario se bifurca en el flanco norte hacia el Este y hacia el Oeste entrando por dos puntos del canal principal (Maldonado et al., 1985b).

Al final del valle y en el inicio del abanico de Valencia, separado del canal en el margen sur, hay una forma semejante a un levee que puede interpretarse como una forma heredada de antiguos estadios del canal (Fig. 2, perfiles 71-72 y 20-19). Esta forma, que llega a superar los 100 metros de altura en el perfil 71-72, se amortigua antes de llegar a la zona de afloramiento volcánico.

El abanico medio proximal tiene un solo canal no confinado con unos levees suaves (menos de 30 metros de altura) y extensos a ambos lados del canal cuya anchura oscila entre 2 y 3 km (Fig. 2, perfil 78-77). A medida que avanza hacia la parte distal el canal se ensancha hasta alcanzar más de 5 km de anchura y los levees pierden altura hasta desaparecer. En el interior del canal del abanico medio se desarrollan pequeños canales distributarios de 200 a 500 metros de anchura y

menos de 10 metros de profundidad. Estos distributarios siguen un curso recto en el abanico medio proximal pasando a tener un curso meandriforme hacia la parte distal. Algunos de estos distributarios están abandonados. En el abanico inferior los perfiles sísmicos no muestran canales (Maldonado et al., 1985 a y b).

LOS SEDIMENTOS DE LA FOSA DE VALENCIA

Análisis Estadístico

Se han hecho varios tratamientos estadísticos a partir del análisis de componentes principales con el fin de encontrar cuales son las variables cuantificables que caracterizan mejor los sedimentos de una cuenca como la aquí estudiada. Es decir, una cuenca turbidítica profunda, alimentada por aportes terrígenos, preferentemente silicoclasticos y situada por encima del nivel de compensación de los carbonatos (Palanques et al., 1985). Los resultados más satisfactorios se han logrado con un grupo de 10 variables: 1 Arena, 2 Limo, 3 Arcilla, 4 Carbonato, 5 Media, 6 Desviación Típica, 7 Asimetría en Phi, 8 Kurtosis, 9 Biógenos Planctónicos, 10 Biógenos y Terrígenos transportados.

El factor 1 de estas variables es estadísticamente dominante, alcanzando el 65% de la varianza total. Este factor incluye dos asociaciones de variables inversamente correlacionadas. La asociación formada por las variables Arcilla, Media, Desviación Típica y Biógenos planctónicos define los sedimentos finos (lodos), que presentan una contribución positiva al factor 1 (abscisa), mientras que la asociación formada por las variables Asimetría en phi, Kurtosis, Biógenos y Terrígenos transportados y Arena define los sedimentos gruesos (limos y arenas) que presentan una contribución negativa al factor 1.

El factor 2 alcanza tan solo el 16.7% de la varianza total, y está representado por el limo (contribución positiva) inversamente correlacionado con la arena y el carbonato (contribución negativa) (Fig. 3B). Este fac-

tor indica un contenido bajo de arena y carbonato en los limos turbidíticos y diferencia depósitos con un alto contenido de arena y carbonato.

El diagrama binario definido por los dos primeros factores (Fig. 3A) presenta una distribución en forma de V invertida que muestra la gradación progresiva entre los distintos tipos de sedimento. La discontinuidad estructural, textural y composicional entre limos y lodos puede ser explicada por la distalidad del sistema que causaría un empobrecimiento del aporte de limos acompañado por un pobre desarrollo del término T_d (Palanques et al., 1985).

El análisis estadístico, complementado con otras características del sedimento no cuantificables, tales como las estructuras sedimentarias, bioturbación, color, profundidad y disposición secuencial, permiten definir siete tipos de sedimentos. Estos sedimentos han sido agrupados en tres categorías en función del tipo de procesos que los generan: gravitativos, asociados a suspensiones y mixtos.

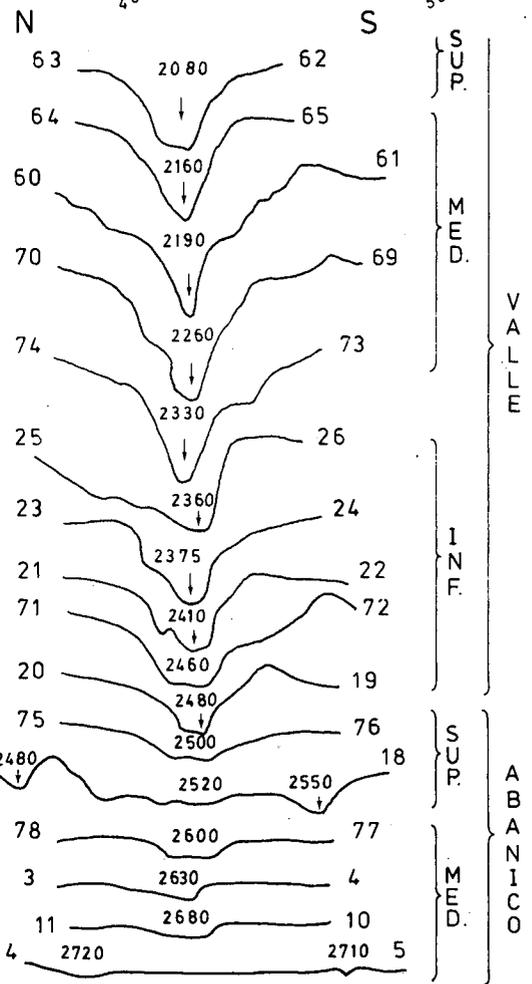
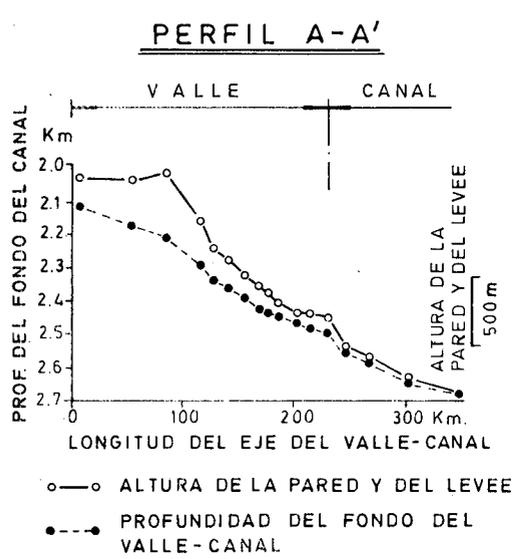
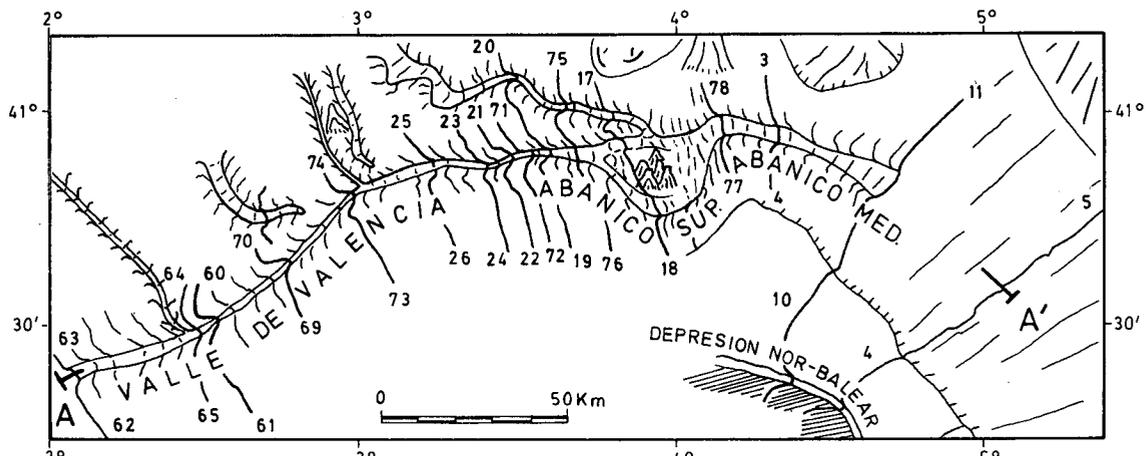
Sedimentos gravitativos

Son sedimentos generados por flujos gravitativos que transportan materiales detríticos a través de largas distancias manteniéndose las partículas en movimiento mediante distintos mecanismos en función de la energía del flujo (Middleton y Hampton, 1976). En la Fosa de Valencia se han definido 5 tipos de sedimentos gravitativos:

Gravas organizadas. Estos sedimentos están representados por niveles potentes de gravas medias y finas de distintos espesores (Fig. 4). Estos niveles están granoclassificados aumentando la matriz arenosa hacia el techo y presentan una base erosiva (Fig. 5.1). La fracción mayor de 500 micras está formada íntegramente por biógenos de plataforma, mientras que la fracción entre 63 y 500 micras está formada principalmente por minerales ligeros. Estos depósitos han sido atribuidos a flujos de cantos y se localizan en el eje de los caño-

Figura 2.- Mapa morfológico del Valle-Abanico de Valencia (modificación de Maldonado et al., 1985) con la localización de los perfiles sísmicos realizados transversalmente al valle-canal. Los perfiles transversales ilustran la evolución morfológica del sistema.

Figure 2.- Morphologic map of the study area (modified from Maldonado et al., 1985). This map shows the location of the profiles transversal to the valley-channel and illustrates the morphologic evolution of the system. The upper valley («valle sup.») is asymmetrically U-shaped, its floor is more than 2 km wide, and has 280 m high walls. The central valley («valle.med.») is V-shaped its floor is narrower (less than 500 m wide) and deeper (more than 300 m deep). The lower valley («valle inf.») has less relief with a flat bottom and is asymmetrical. In the upper fan («abanico sup.») the channel is 1-3 km wide and is confined by walls 50 to 150 m high. This channel winds around the volcanic outcrops located in this area. The channel is 3-5 km wide and is not confined at the beginning of the middle fan («abanico med.»), while the levees become shallower than 30 m and disappear downslope. Downstream small distributary channels develop inside the channel, they show an increase in number of meanders with the distance. Captions: «Altura de la pared y del levee»: levee and wall height; «profundidad del fondo del valle-canal»: channel floor depth.



nes del margen continental norcatalán.

Arenas homogéneas. Estos sedimentos corresponden a niveles potentes de arenas masivas, limpias y bien clasificadas (Fig. 4). Según su composición se distinguen las arenas litoclásticas con un 80-90% de arena y una

media próxima a 3 phi, compuestas casi íntegramente por elementos terrígenos (96-98%) y las arenas bioclásticas con un 70-80% de arena, una media de 3.5 phi y que tienen un elevado porcentaje de componentes biógenos (80%), al mismo tiempo que presentan interva-

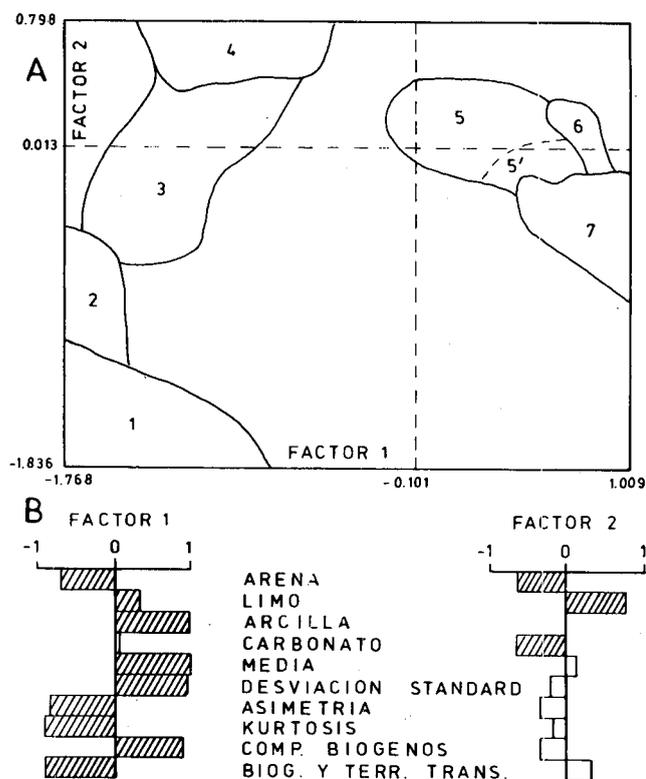


Figura 3. (A) Diagrama binario que muestra la distribución de muestras y variables; (B) Histograma que representa la contribución de las variables a los dos primeros factores (modificado de Palanques, et al., 1985). Los números se refieren al tipo de sedimento: 1) arenas homogéneas bioclásticas; 2) arenas homogéneas terrígenas; 3) arenas turbidíticas; 4) limos turbidíticos; 5) lodos hemipelágicos del techo de las secuencias turbidíticas; 6) lodos gravitativos de talud, y 7) lodos hemipelágicos.

Figure 3.- Binary diagram showing the distribution of samples and variables; (B) Histogram representing the contribution of the variables to the two first factors. Captions: «arena»: sand, «limo»: silt; «arcilla»: clay; «carbonato»: total carbonate content; «media»: mean; «desviación standard»: standard deviation; «asimetría»: skewness; kurtosis; «biogéneos planctónicos»: planktonic components; «Bio. y Terr. trans»: detrital components. Factor 1 of the principal component analysis ($n=10$, $M=250$) is statistically dominant (65% of the total variance) and included two sets of variables inversely correlated. Samples with positive values in the first factor correspond to fine grained deposits while samples with negative values belong to coarse-grained, gravitite sediment types. Factor 2 accounts for an additional 16.7% of the total variance. Samples plotted in the binary diagram defined by these two first factors depict an inverted V-shaped distribution, with fine grained sediments for positive values and coarse grained deposits for negative values of factor 1. Negative values of factor 2 differentiate deposits with high sand and carbonate content (Palanques et al., 1985). The numbers refer to the sediment type: 1: bioclastic channel sand; 2 terrigenous channel sands; 3: turbiditic sands; 4: turbiditic silts; 5: turbiditic muds; 5' hemipelagic mud top of turbiditic sequences; 6: gravitite slope muds; 7: hemipelagic muds.

Tos con laminación inclinada u ondulante (Fig. 5.2). Estos depósitos se originan a partir de flujos granulares

y se localizan en el fondo del final del Valle de Valencia y en los canales del abanico superior.

Arenas turbidíticas. Las arenas turbidíticas son niveles de 7 a 12 cm. de espesor de arenas limosas. En la base tienen de un 55 a un 60% de arena moderadamente seleccionada cuya media es de 4 phi y en el techo oscilan entre 30 y 35% de arena pobremente seleccionada con una media de 4.5 phi (Fig. 4). Presentan los términos T_b , T_c y T_d de la secuencia de Bouma (Fig. 5.3). El contacto basal es erosivo y están compuestas casi íntegramente por componentes terrígenos (92-100%). En el área del estudio, se localizan principalmente en el eje y en el margen de canal del abanico superior y más escasamente en el canal y en los levees de abanico medio (Palanques y Maldonado, 1984).

Limos turbidíticos. Estos limos consisten en niveles de 0.5 a 5 cm. de espesor, que presentan también los términos T_b , T_c y T_d de la secuencia de Bouma (Fig. 5.3). Tienen de un 75 a un 92% de limo y están moderadamente seleccionados (Fig. 4). La media oscila alrededor de 5 phi. La fracción arena está compuesta casi íntegramente por componentes terrígenos (90-100%). Se localizan principalmente en los levees del abanico medio (Palanques y Maldonado, 1984).

Lodos turbidíticos. Los lodos turbidíticos forman niveles de pocos centímetros de espesor. Tienen un porcentaje muy bajo de arena (1-2%) cuya composición es una mezcla de componentes biogénos y terrígenos. Presentan distintas estructuras en función de la localización. En los canales, los lodos turbidíticos están débilmente granoclasificados, en los laterales del valle y del canal del abanico superior tienen laminación paralela y en los márgenes del valle no tienen granoclasificación y pueden estar bioturbados. En el contacto entre distintas secuencias de lodos turbidíticos pueden haber pequeñas concentraciones laminares de monosulfuros o también láminas amarillentas las cuales representan microambientes reductores u oxidantes respectivamente (Fig. 5.4) (Palanques y Maldonado, 1984).

Sedimentos asociados con suspensiones

Estos sedimentos se generan a partir de partículas terrígenas y pelágicas que se mantienen en suspensión en la columna de agua y cuya deposición se realiza lentamente por sedimentación diferencial en la columna de agua, partícula a partícula o bruscamente por fluctuaciones dinámicas del medio. Estos materiales predominan cuando la actividad de los flujos gravitativos es mínima o nula. Las partículas que generan estos depósitos tienen distintas procedencias. Las más importantes son: las partículas procedentes de las capas de

turbidez desarrolladas entre distintas masas de agua (Aloisi, 1979), las partículas procedentes de la capa nefeloide, las partículas eólicas, las partículas pelágicas, las partículas transportadas por corrientes (Shepard y Marshall, 1973) y las partículas que quedan diluidas en la parte trasera de las corrientes de turbidez (Nelson, 1976; Piper, 1978). En la Fosa de Valencia se han definido estos sedimentos como lodos hemipelágicos.

Lodos hemipelágicos. Los lodos hemipelágicos se presentan en niveles de espesor variable y tienen un porcentaje relativamente alto de arena, la cual está compuesta principalmente por restos de organismos planctónicos (85 - 100%). Están muy pobremente clasificados y tienen una asimetría negativa o próxima a cero (Fig. 4). Se pueden distinguir dos subtipos: el primer subtipo son los lodos hemipelágicos de superficie que constituyen una secuencia de espesor variable formada de la base al techo por lodos de color gris, lodos de color amarillo sombrío y lodos de color siena. El contacto entre los dos primeros es neto, mientras que entre los dos últimos es gradual. El porcentaje de la fracción arena oscila entre un 5 y un 15%. Pueden presentar concentraciones laminares de pterópodos enteros o fragmentados (Fig. 5.5). Esta secuencia se localiza en el techo de todos los testigos excepto en los situados en el fondo de los cañones y canales, en el levee sur del abanico superior y en el margen sur del final del valle.

Los lodos hemipelágicos del techo de secuencias turbidíticas es el segundo subtipo y forma niveles muy finos que presentan bioturbación consistente en sistemas de tubos subverticales muy finos (*Micellyum*) (Fig. 5.4). El porcentaje de la fracción arena es menor (3-4%) y los componentes están más fragmentados en relación a los lodos hemipelágicos de superficie. Se localizan preferentemente en el margen del valle y los levees del abanico superior.

Sedimentos mixtos

Son depósitos de grano fino generados por procesos gravitativos (flujos gravitativos de baja densidad) y por procesos deposicionales asociados con suspensiones. Se han definido como lodos gravitativos de talud (Canals, 1980).

Lodos gravitativos de talud. Estos lodos forman niveles masivos que suelen estar muy bioturbados (Fig. 5.6), presentan un porcentaje muy bajo de arena (1-2%) (Fig. 4), la cual está integrada principalmente por biógenos planctónicos (75-95%). Se localizan en el talud y ascenso continental. Presentan características inter-

medias entre los lodos gravitativos y los asociados a suspensiones.

Un cuarto grupo apenas mencionable serían los materiales afectados por corrientes de fondo. Se han detectado algunas láminas o conjuntos de láminas muy finas de limos intercalados entre lodos hemipelágicos, así como concentraciones laminares de restos de biógenos planctónicos fragmentados en los niveles superiores de algunos testigos (Fig. 5.5). La interpretación de estas láminas es incierta.

IDENTIFICACIÓN DE FACIES Y AMBIENTES DEPOSICIONALES

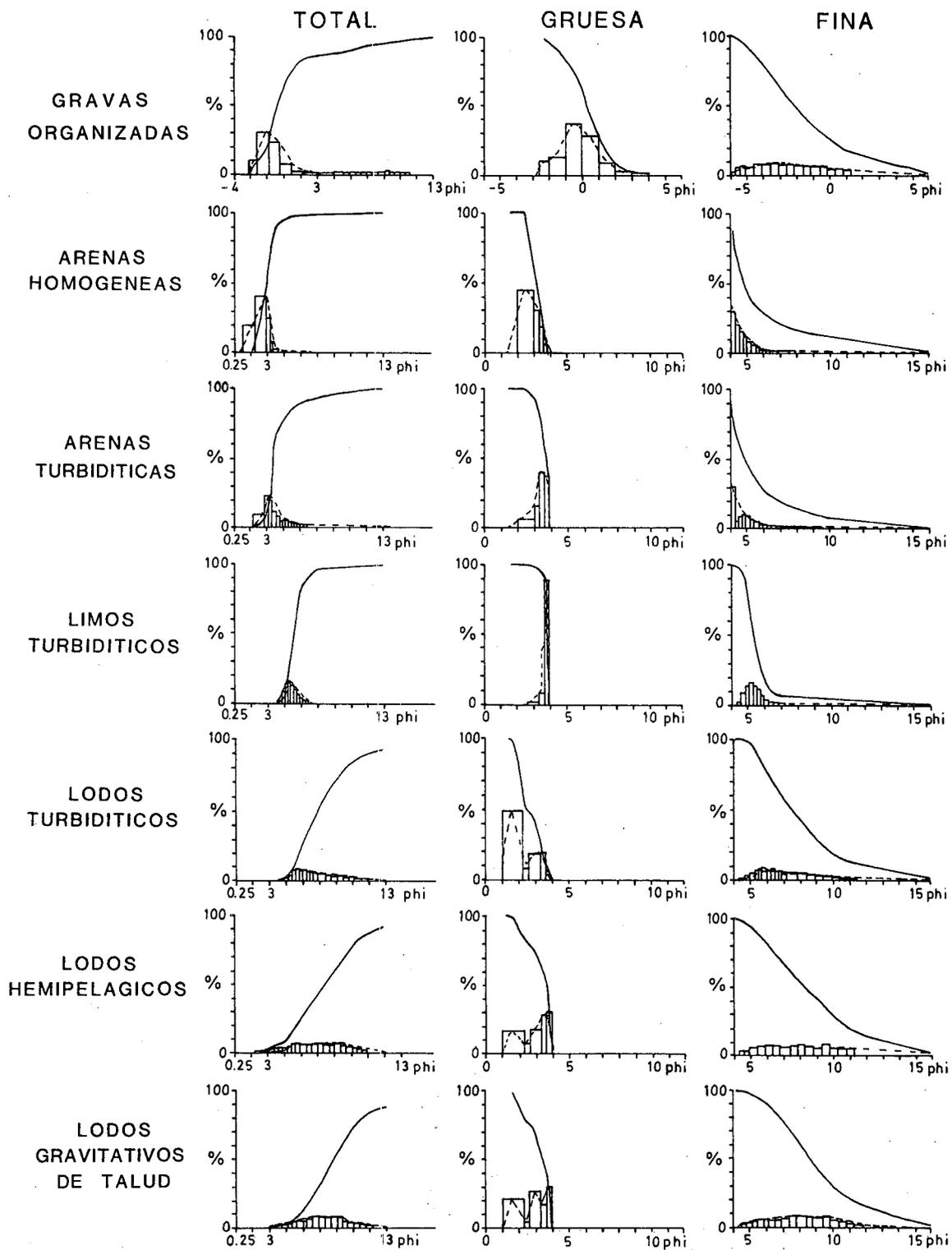
Los testigos proceden de dos ambientes deposicionales: el Valle de Valencia y el Abanico de Valencia. En cada ambiente se han definido varias provincias deposicionales distinguiendo una facies o un grupo de facies en función de los materiales muestreados y de la situación del punto de muestreo (Fig. 6).

Facies del Valle de Valencia

En el sector inferior del valle de Valencia se distinguen 3 provincias deposicionales: a) los márgenes del valle que constituyen las zonas adyacentes a éste y que se solapan con el ascenso continental, b) el fondo de valle que en este sector es plano y c) los cañones que atraviesan el margen norte del valle (Figs. 6 y 7).

Los facies de los márgenes del valle son paquetes potentes de sedimentos finos formados por varias secuencias de lodos turbidíticos sin granoclasificación (E_2) de 2 a 6 cm de espesor, con algunos niveles intercalados de lodos turbidíticos laminados y de lodos hemipelágicos que no superan los 3 cm de espesor (K-81 y K-85). Más raramente presentan algún nivel intercalado de limos arenosos cuyo espesor representa el 1.5% de la sección total. Estos paquetes pasan hacia las zonas más proximales del margen continental a lodos gravitativos de talud.

Las facies del fondo del valle son niveles potentes de arenas limpias descritas como arenas homogéneas, con intercalaciones de lodos hemipelágicos (K-84). En la base de las paredes y en los laterales del fondo del valle se acumulan paquetes formados por secuencias de lodos turbidíticos laminados que localmente están deformados (K-83). Estos lodos proceden de las paredes y del margen del valle y se depositan en el fondo por deslizamientos gravitacionales. Estos deslizamientos pueden contribuir al depósito de sedimentos pelágicos en el fondo del valle.



Las facies del fondo de los cañones presentan asimismo materiales diversos. En el Cañón de Blanes, en la zona próxima al pie del talud, hay niveles potentes de gravas granoclasificadas intercaladas con lodos de talud (K-88). En la zona más próxima al abanico predominan los depósitos turbidíticos finos. En el Cañón del Besós las facies del fondo consisten en niveles masivos de arenas limpias (K-90).

En la zona de intersección del Valle de Valencia con los distintos cañones se desarrollan pequeños sistemas deposicionales donde predominan arenas masivas y depósitos turbidíticos que presentan secuencias bien desarrolladas (términos T_{b-e} , T_{c-e} y T_{d-e} de la secuencia de Bouma) (K-86). Hay niveles de arenas turbidíticas de 5 a 15 cm de espesor y niveles de limos turbidíticos de 3 a 6 cm de potencia. El espesor total de los niveles de arenas y limos representa entre el 50 y 60% de la sección total en estos testigos.

Facies del Abanico de Valencia

En el abanico superior se han descrito dos provincias deposicionales: el fondo del canal y los levees (Figs. 6 y 7). El fondo del canal se caracteriza por la presencia de formas deposicionales tales como dunas que se concentran principalmente en el inicio del abanico (Maldonado et al., 1985b). Los levees están muy poco desarrollados debido a que el canal se halla parcialmente confinado permitiendo tan solo la salida de flujos de desbordamiento de baja densidad que actualmente tienden a depositarse en el margen y levee sur del canal mientras que el margen norte presenta niveles truncados y lineaciones de carácter erosivo (Maldonado et al., 1985b).

Las facies de canal consisten en niveles potentes de arenas, descritas en este trabajo como arenas homogéneas, con intercalaciones de depósitos turbidíticos que presentan los términos T_{b-e} y T_{c-e} de la secuencia de Bouma (K-76). Las facies de levee del abanico superior son equivalentes a las facies de los márgenes del

valle. Consisten en secuencias de lodos turbidíticos de 3 a 6 cm de espesor con escasas intercalaciones de niveles finos de limos arenosos (K-75) cuyo número y espesor aumenta hacia el abanico medio.

En el abanico medio se han definido solamente las facies de levee. Los levees en esta zona son bajos y de gran extensión lateral (Fig. 6). En el canal, se ha constatado la existencia de arenas compactadas por fenómenos todavía no estudiados.

Las facies de levee del abanico medio son depósitos turbidíticos que presentan los términos T_{b-e} , T_{c-e} , T_{d-e} y T_e de la secuencia de Bouma. Los niveles de arenas turbidíticas tienen de 6 a 10 cm de espesor y los niveles de limos de 2 a 10 cm. El espesor de ambos representa entre un 30 y un 50% del espesor total de la sección. Predominan los niveles de limos turbidíticos (K-73 y K-74).

PROCESOS EVOLUTIVOS DE LA FOSA DE VALENCIA

El desarrollo del abanico de Valencia viene ligado a la historia geológica del Mediterráneo Occidental. Los perfiles sísmicos muestran la existencia ya durante el Messiniense, del valle de Valencia y de la mayoría de cañones que atraviesan el margen continental catalán (Palanques y Maldonado, 1983; Maldonado et al., 1985a). En el abanico, los perfiles sísmicos muestran la evolución del canal principal durante el Plio-Cuaternario distinguiéndose en la zona proximal varios estadios de erosión y relleno relacionados con cambios climático-eustáticos. El estadio inferior erosiona la discontinuidad Plio-Cuaternaria. El crecimiento del abanico ha tenido lugar principalmente durante los estadios de inestabilidad eustática en los que la actividad de los flujos gravitativos es predominante. Los aportes que alimentan el abanico proceden de distintas áreas fuente y presentan diferentes características mineralógicas. Sin embargo, no es posible evaluar de momento la contribución de cada una de las distintas áreas fuente al desarrollo del sistema.

Figura 4.- Curvas acumulativas, histogramas de frecuencias y curvas de densidad de los principales tipos de sedimentos de la Fosa de Valencia. La fracción fina es la menor de 50 micras y la gruesa es la mayor de 50 micras.

Figure 4.- Textural cumulative curves, frequency curves and histograms of the different sediment types identified in the Valencia Trough. Captions: «Gravas organizadas»: organized debris flow deposits; «Arenas homogéneas»: channel sands; «arenas turbidíticas»: turbiditic sands; «limos turbidíticos»: turbiditic silts; «lodos turbidíticos»: turbiditic muds; «lodos hemipelágicos»: hemipelagic muds; «lodos gravitativos de talud»: gravitite slope muds; «Total»: total fraction; «gruesa»: coarse fraction (higher than 50 microns); «fina»: fine fraction (lower than 50 microns).

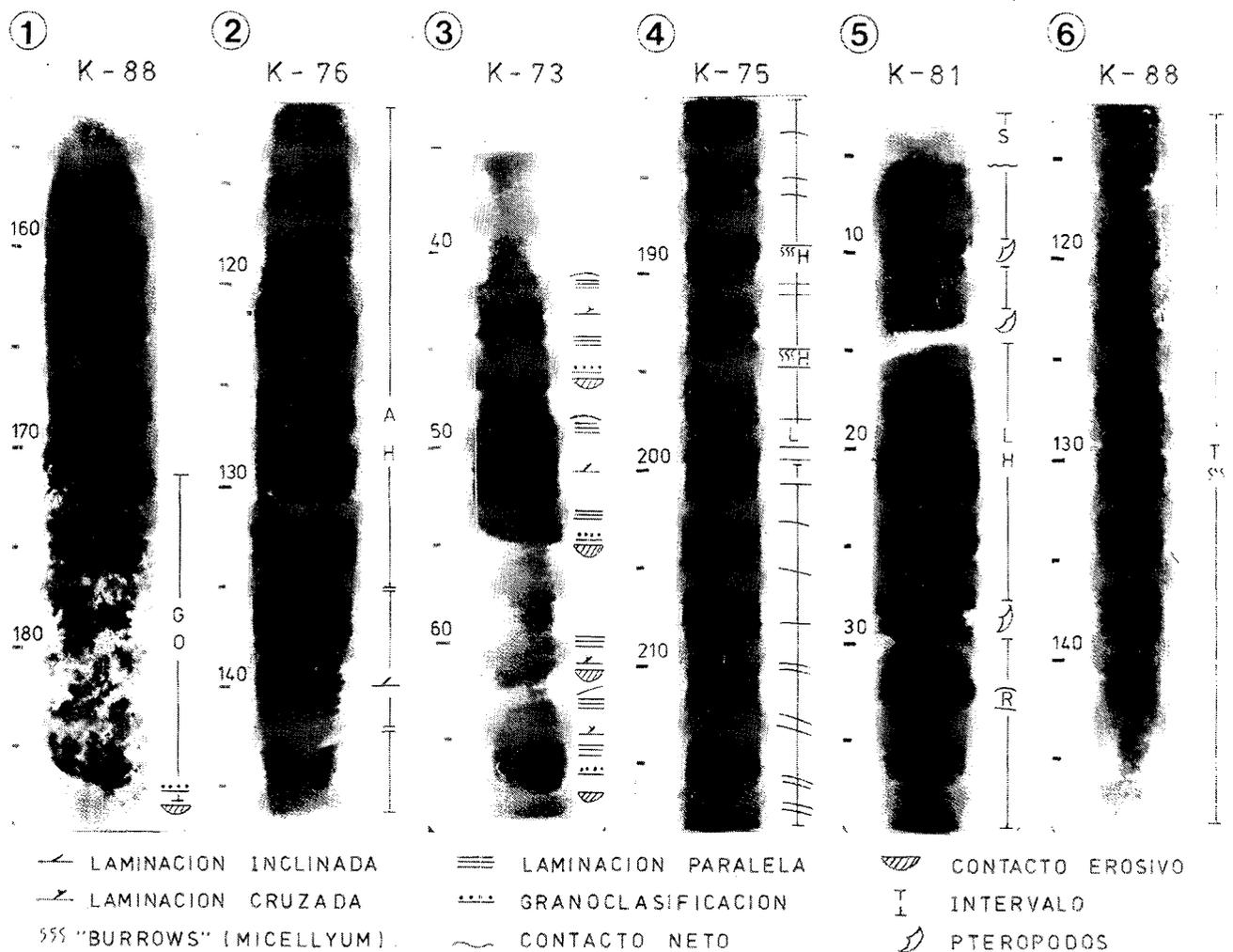


Figura 5.- Radiografías seleccionadas de los diversos tipos de sedimento mostrados en la Fosa de Valencia 1) nivel de gravas organizadas (GO) 2) arenas homogéneas (AH) 3) Secuencias de arenas, limos y lodos turbidíticos 4) Secuencia de lodos turbidíticos (LT) y lodos hemipelágicos (H) 5) Secuencias de lodos hemipelágicos (LH) con niveles laminares intercalados de pterópodos y limos reabajados (R) observar el nivel superior de lodos de color siena (S) 6) lodos gravitativos de talud (T).

Figure 5.- Selected X-radiographs of the characteristic sediment types: 1) debris flow deposits (GO); 2) channel sands (AH); 3) medium to coarse grained turbiditic sequences (turbiditic sand, silt and mud); 4) fine grained turbiditic sequences (turbiditic mud) (LT) and hemipelagic mud top of turbiditic sequences (H); 5) hemipelagic mud sequences (LH) with laminae of pteropods and reworked silts (R) (a thin layer of calcareous ooze (S) is observed at the top of this sequence); 6) gravitite slope muds (T). Captions: «Laminación inclinada»: inclined laminae; «laminación cruzada»: cross laminae; «laminación paralela»: parallel laminae; granoclasificación: graded bedding; «contacto neto»: distinct contact; «contacto erosivo»: scour and fill.

Procesos sedimentarios en la fosa de Valencia

En el sistema profundo de la Fosa de Valencia actúan una amplia gama de procesos que presentan magnitudes muy distintas en el espacio y en el tiempo (Fig. 8). Los procesos más importantes en cuanto al transporte y depósito son los flujos gravitativos. Estos flujos generan distintos procesos sedimentarios a medida que van perdiendo energía y competencia, de modo que

pasan gradualmente unos a otros tanto longitudinal como transversalmente. Estos mecanismos, dan lugar a cambios laterales mucho más rápidamente, que en sentido longitudinal.

Los flujos de mayor energía, son los canalizados de carácter discontinuo, que pueden tener un efecto erosivo importante. Entre estos, los flujos de cantos se localizan en los cañones y no llegan a alcanzar el valle

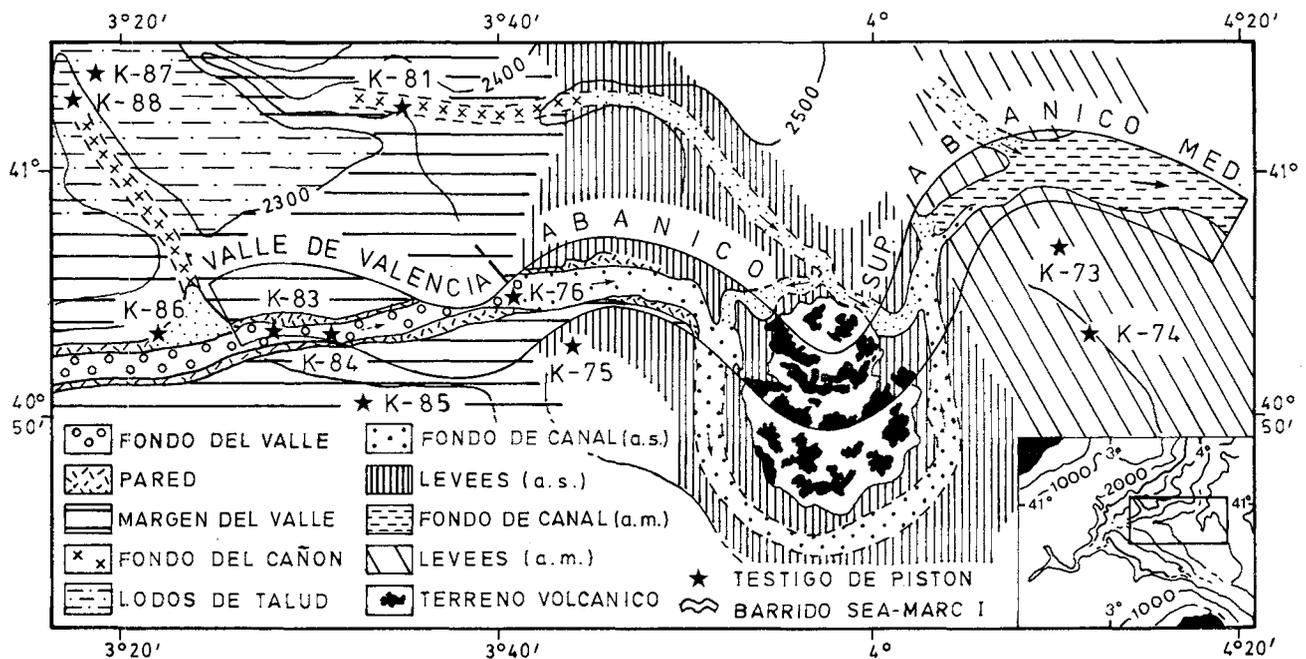


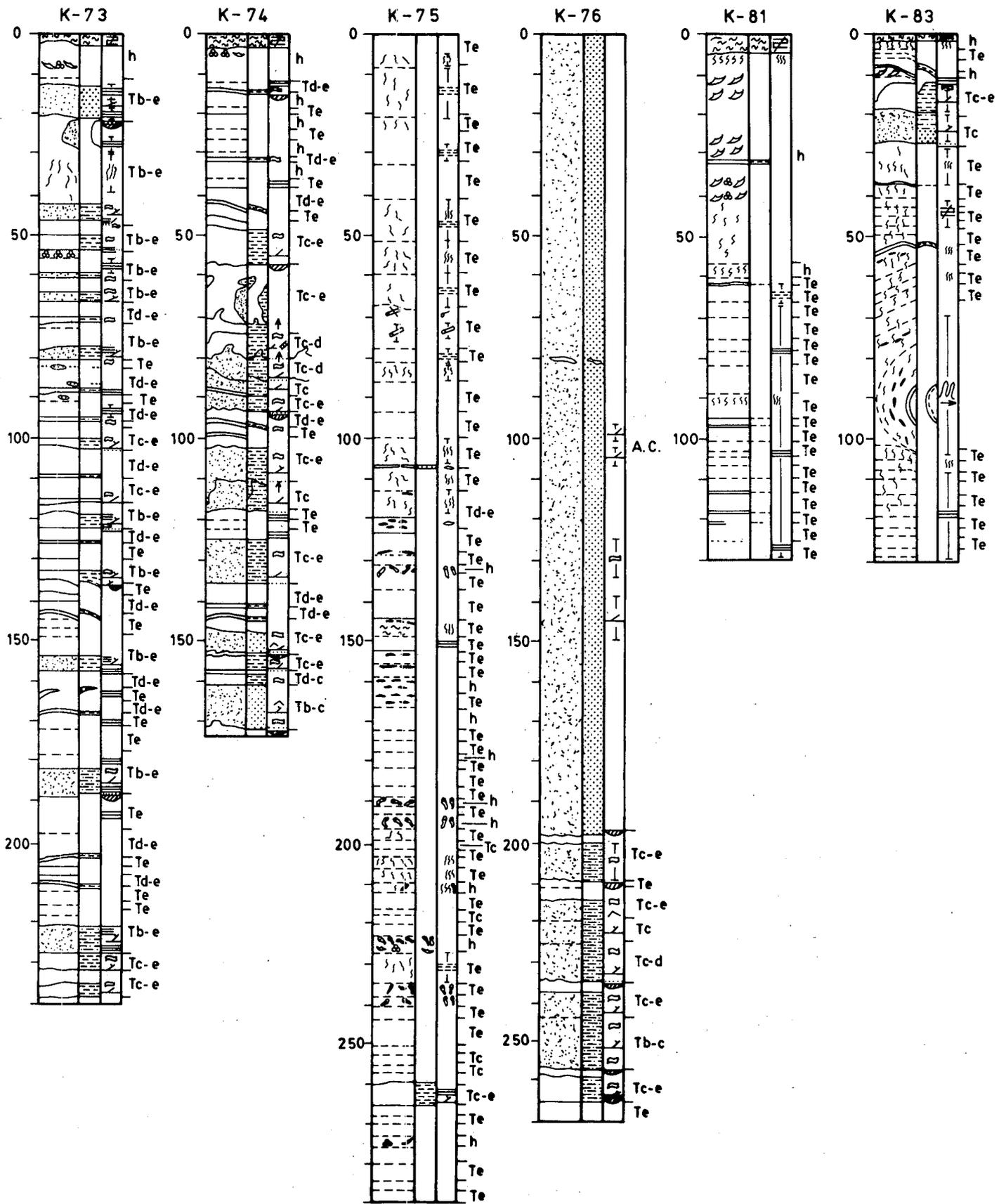
Figura 6.- Mapa de distribución de facies de la zona proximal del abanico de Valencia modificado de Maldonado et al., 1985b donde se muestran las distintas provincias deposicionales. Los límites de estas provincias situados dentro del área sondeada por el Sea Marc I son reales, mientras que los límites situados fuera de esta zona son una interpolación.

Figure 6.- Facies distribution chart of the proximal Valencia Fan based on the interpretation of the Sea Marc I sonographs, sparker profiles and piston cores. This map shows the different geomorphic provinces and depositional environments. Outside the Sea Marc swath, the boundaries between different depositional provinces are interpolated. The valley floor facies («facies del fondo del valle») are mainly thick layers of channel sands (K-84) with some mud beds attributed to hemipelagic or slump deposits from the walls (K-83). The facies of the valley margins («facies del margen del valle») consist of thin bedded turbidites (K-85). Distally, these deposits grade into gravitite slope muds (K-94). The canyon floor facies («facies de fondo de cañón») are composed of debris flow deposits intercalated with gravitite slope muds (K-88). The channel floor facies («facies de fondo de canal») are thick layers of channel sands, with intercalations of complete turbiditic sequences (K-76). The levee facies («facies de levee») are composed of thin-bedded turbidites (K-75) in the upper fan and of complete turbiditic sequences in the middle fan (K-73, K-74). In the areas where the slope canyons merge with the Valencia Valley, small depositional systems develop with channel sands and thick turbiditic sequences (K-86 and K-90). Lithologic logs of cores are represented in Figure 7. Location of core K-90 and K-94 in Figure 1.

principal. En el interior del valle-canal de Valencia actúan los flujos granulares y las corrientes de turbidez. La competencia y densidad de éstas disminuye hacia la zona trasera del flujo, de modo que el material más fino puede llegar a escaparse originando corrientes turbidíticas de baja densidad. Estas corrientes se desbordan fuera del valle-canal, o incluso pueden aumentar su dilución por incorporación de agua y pasar a la capa nefeloide (Piper, 1978). También es importante el efecto de los deslizamientos en masa que se producen en las paredes del valle-canal. En el abanico superior el canal está confinado de modo que sólo llegan a desbordarse flujos turbidíticos suspensivos de baja densidad que transportan material muy fino. Los flujos gravitativos competentes en esta zona se concentran en el fondo y en las paredes del canal. En el abanico medio el canal no está confinado y se desbordan flujos turbi-

díticos suspensivos y tractivos de mayor competencia.

Se ha comprobado la existencia de una capa nefeloide en los abanicos submarinos formada por una nube de material en suspensión semipermanente (Baker, 1976) que incorpora materiales distales y materiales finos procedentes de las corrientes de turbidez de baja densidad (Piper, 1978). Otros aportes menos importantes de material fino son transportados en suspensión desde la plataforma y el talud continental formando capas de turbidez que se desarrollan a partir de la interfase entre dos masas de agua (Aloisi, 1979). Además hay una caída continua de material particulado formado por componentes pelágicos y otras más intermitente, de partículas eólicas. Localmente puede haber un retrabajamiento de materiales por corrientes de fondo.



Áreas fuente de los depósitos del abanico de Valencia

Los estudios mineralógicos y sedimentológicos indican que las turbiditas del abanico de Valencia proceden principalmente de tres áreas fuente, todas ellas localizadas en el margen continental de la Península Ibérica.

El área fuente meridional catalana es la más extensa e incluye la cuenca del Ebro, constituida principalmente por formaciones sedimentarias del Mesozoico y del Cenozoico. Las secuencias turbidíticas procedentes de la cuenca del Ebro consisten mayoritariamente en limos y lodos con tonos marrones y un contenido en carbonato del 34 al 37%. Los minerales pesados están muy alterados. Entre los identificables, los más abundantes son anfíboles, epidota-zoisita y turmalina.

El área fuente central incluye las cuencas del Llobregat, Foix y otros pequeños ríos que circulan a través de terrenos metamórficos del Paleozoico y depósitos sedimentarios del Mesozoico y Cenozoico. Este área es más proximal y el talud es más abrupto que en el área meridional. Los aportes procedentes de este área son arenas de canal y secuencias turbidíticas con niveles de arenas, limos y lodos. El contenido de carbonato es algo menor que en el área del Ebro (31-35%) y los minerales pesados están casi tan alterados como en este área. Los más abundantes son andalucita, anfíboles, epidota-zoisita y turmalina. También hay glaucofanas.

El área septentrional es la más proximal al sistema y el talud es el más abrupto. Los ríos más importantes en este área son el Besós y el Tordera. La cuenca de estos ríos está compuesta por terrenos plutónicos y metamórficos y por depósitos sedimentarios. En el abanico los depósitos procedentes de este área son turbiditas con niveles de arenas, limos y lodos de color gris. Presentan por término medio una granulometría más gruesa que los depósitos de otras áreas y tienen el contenido más alto de minerales pesados como anfíboles (El más abundante la hornblenda), epidota-zoisita, zircón y apatito. Esta asociación refleja un área fuente de naturaleza plutónica aunque también hay una cantidad importante de andalucita, mineral típicamente metamórfico. Estos depósitos presentan un contenido más bajo de carbonatos (23-30%).

Uno de los testigos extraído del fondo del valle está compuesto casi íntegramente por arenas masivas con un contenido muy alto de componentes biógenos (60-90%) de los que 2/3 partes son biógenos planctónicos y 1/3 parte son restos de organismos bentónicos. Tienen un contenido muy bajo de minerales pesados que están alterados. Hay anfíboles, epidota, zoisita, turmalina y granate. El área fuente no está bien determinada, si bien la hipótesis más plausible sería la de un depósito generado a partir de flujos gravitativos de materiales hemipelágicos del margen continental proximal. Estos flujos estarían afectados durante su recorrido por varios procesos de transformación en el tipo de flujo que darían finalmente lugar a una alta selección del material transportado.

Evolución del sistema durante el Cuaternario.

Los cambios climático-eustáticos del Cuaternario producen unas oscilaciones cíclicas en el régimen sedimentario de la cuenca. Durante las etapas de ascenso y de descenso del nivel eustático hay un aporte importante de detríticos a la cuenca y predomina la sedimentación turbidítica en el abanico. Durante las fases de máximo y mínimo eustático los aportes detríticos son mínimos y predomina la deposición de material hemipelágico (Nelson y Kulm, 1973; Damuth y Kumar, 1975; Maldonado y Stanley, 1978 y Monaco et al., 1983; Got et al., 1984).

Los grandes ciclos climáticos del Cuaternario provocan un desplazamiento cíclico de los centros deposicionales aguas arriba y aguas abajo (Maldonado et al., 1985a). En las etapas de descenso eustático, los centros deposicionales se desplazan hacia zonas más profundas con lo que el sistema avanza hacia el interior de la cuenca, al mismo tiempo que el valle se encaja en este sector marcando una fuerte superficie de erosión. En las etapas de ascenso eustático, los centros deposicionales se desplazan aguas arriba y el sistema retrocede hacia el continente de modo que la zona canalizada del inicio del abanico queda confinada dentro de la zona inferior del antiguo valle que se rellena parcialmente (Fig. 9). Así, entre la zona superior del abanico y la parte más profunda del valle hay una zona de transición que pertenece alternativamente al valle

Figura 7.- Columnas estratigráficas de los testigos de pistón extraídos en la Fosa de Valencia (localización en figuras 1 y 6). El testigo K-85 no está representado debido a la deformación mecánica que presenta. En las columnas se indica la litología, las estructuras sedimentarias y el tipo de materiales: T_{x-x'}: secuencias turbidíticas, AC: arenas de canal, C: depósitos de flujos de cantos, h: lodos hemipelágicos.

Figure 7.- Lithologic logs of Valencia Trough cores (location in Figures 1 and 6). Core K-85 has extensive flow-in and is not shown. The lithology, sedimentary structures and sediment types are illustrated in the logs. T_{x-x'}: turbiditic sequences, AC: channel sands, C: debris flow deposits, h: hemipelagic muds.

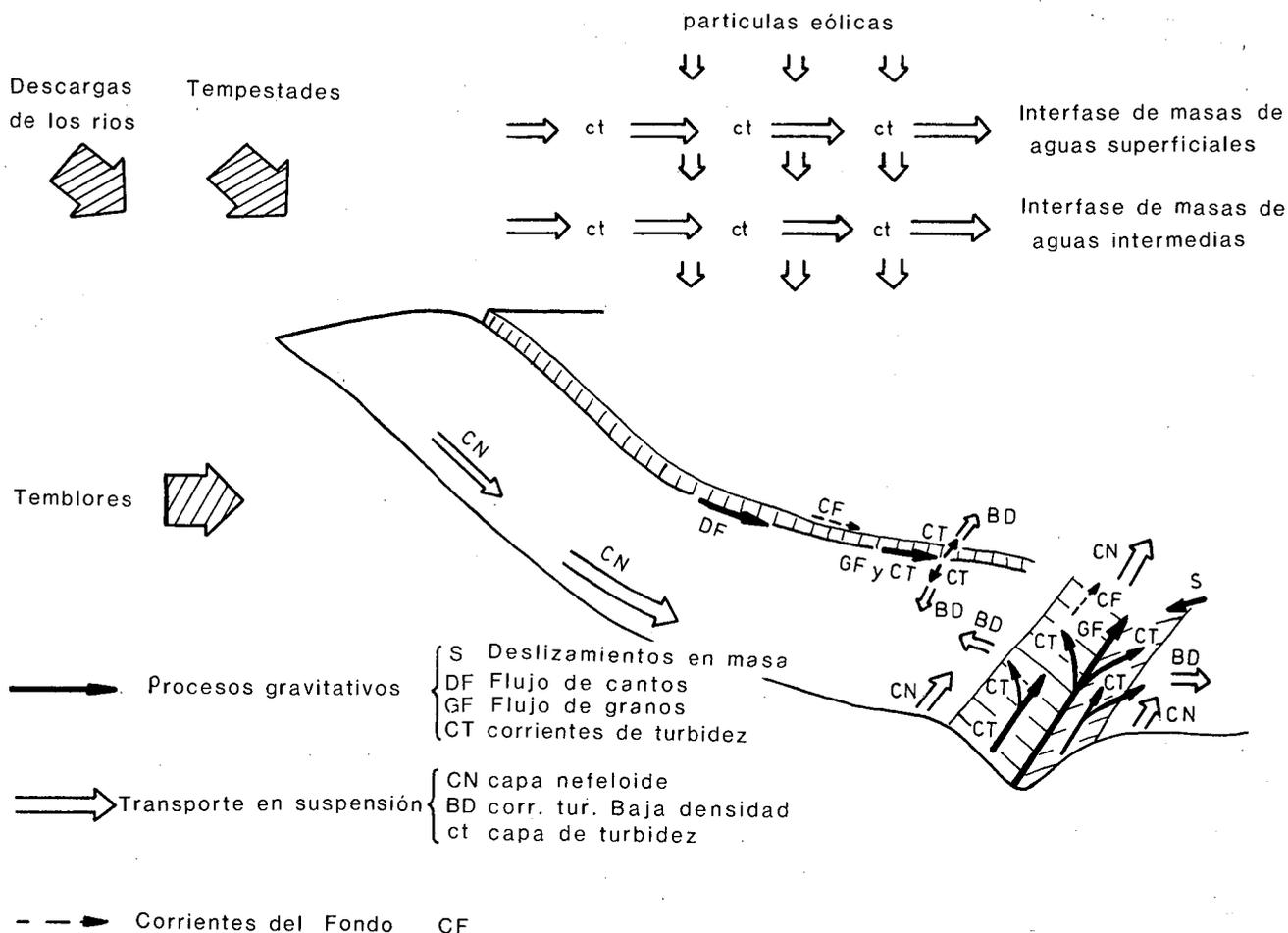


Figura 8.- Esquema de los principales procesos sedimentarios que actúan en la Fosa de Valencia.

Figure 8.- Diagram of the main sedimentary processes active in the Valencia Trough. Captions: «Procesos gravitativos»: gravitate processes; «transporte en suspensión»: suspended transport; «partículas eólicas»: eolian particles. S: slumping; DF: debris flow; GF: grain flow; CT: bottom currents.

o al abanico en función de las oscilaciones eustáticas. Los perfiles sísmicos situados en la zona de transición entre el abanico y el valle de Valencia muestran 5 ciclos completos de erosión y de relleno (Fig. 10).

En la zona distal los perfiles sísmicos muestran una secuencia vertical con una gradación de reflectores fuertemente canalizados en la base, a reflectores continuos menos canalizados en el techo. Estos canales se desarrollan durante épocas de actividad sedimentaria sin una orientación preferente (Maldonado et al., 1985a). Estos datos unidos a la existencia de pequeños canales distributarios en el interior del canal del abanico medio, indican la migración de los ambientes más distales hacia el continente (Maldonado et al., 1985a y b).

Otros factores que condicionan la evolución del sistema durante el Cuaternario son la subsidencia que afecta a toda la cuenca y la migración lateral hacia la izquierda de los canales del abanico (Maldonado et al., 1985a). Esta migración puede ser un efecto de la fuerza de Coriolis que desplaza los flujos deposicionales hacia el flanco derecho del canal. De este modo el canal se colmaría más rápidamente por el flanco derecho y migraría hacia la izquierda.

Evolución reciente

Los depósitos gravitativos recientes de alta densidad se concentran en el eje de los canales y los cañones, tal como indican los materiales del techo de los testi-

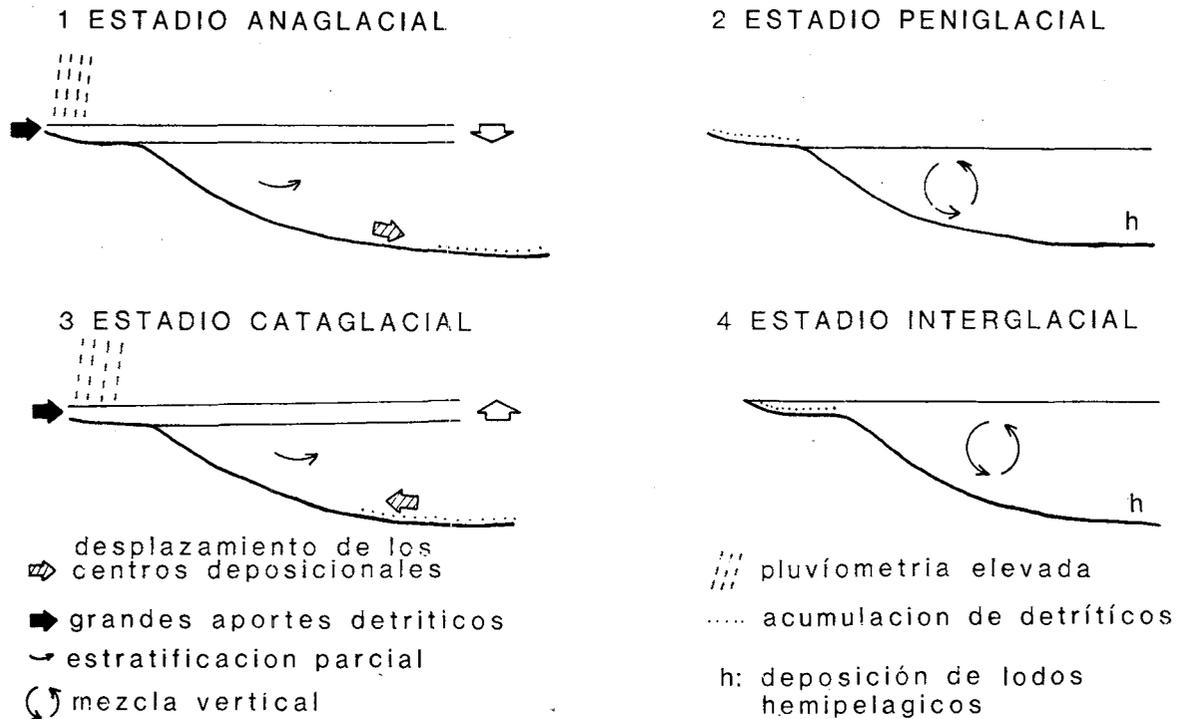


Figura 9.- Esquema de la evolución del sistema durante un ciclo climático eustático completo.

Figure 9.- Diagram illustrating the evolution of the system during a complete climatic-eustatic depositional cycle. During periods of sea level high stands hemipelagic deposition predominates while during eustatic oscillations a large amount of terrigenous material is transported from the shelf and deposited into the system. Captions: «desplazamiento de los centros deposicionales»: depocenter displacement; «aportes detríticos» terrigenous input; «estratificación parcial» partial water masses stratification; «mezcla vertical»: mixed vertical water; «pluviometría elevada»: high rain fall; «acumulación de detríticos»: terrigenous deposits; «deposición de lodos hemipelágicos»: hemipelagic mud deposits.

gos procedentes de estas zonas (K-76, K-84 y K-88) compuestos por niveles potentes de arenas y gravas. El techo de los testigos procedentes del margen sur del valle y del levee sur del canal (K-85 y K-75) están compuestos por niveles de lodos turbidíticos, indicando que los depósitos gravitativos de baja densidad tienden a acumularse actualmente en estas áreas. Los testigos procedentes de las laderas, del margen norte del valle, del levee norte del canal (K-83, K-86, K-90, K-94, K-87 y K-81) y los del levee del abanico medio (K-73 y K-74), están formados por secuencias turbidíticas depositadas durante la última etapa de ascenso eustático, pasando hacia el techo a depósitos hemipelágicos cuyo espesor aumenta proporcionalmente con la distalidad respecto al eje del valle-canal de Valencia y con la proximidad al continente.

Se deduce que la actividad reciente de flujos gravitativos se concentra actualmente en el final del valle y en el abanico superior. Los flujos gravitativos de alta densidad se localizan en el fondo del valle y en el canal, mientras que los flujos gravitativos de baja den-

sidad tienden a escaparse desbordándose únicamente por el margen sur. Por el contrario, los procesos de sedimentación hemipelágica son más importantes en las zonas proximales del margen debido al escape de los flujos de baja densidad de la plataforma continental. Esta mínima actividad es consecuencia del máximo eustático actual y afecta de diversos modos a la mayoría de los sistemas profundos estudiados (Nelson y Kulm, 1973; Damuth y Kumar, 1975; Maldonado y Stanley, 1978; Monaco et al., 1983; Maldonado et al., 1985a).

CONCLUSIONES

El abanico de Valencia es un sistema distal alimentado por una fuente múltiple de sedimentos procedentes principalmente del margen continental catalán. Los flujos de gravas y arenas gruesas no alcanzan el sistema quedando depositados en la plataforma y en el fondo de los cañones en el ascenso continental. Los flujos más competentes consisten en arenas medias y finas que se concentran preferentemente en las zonas canaliza-

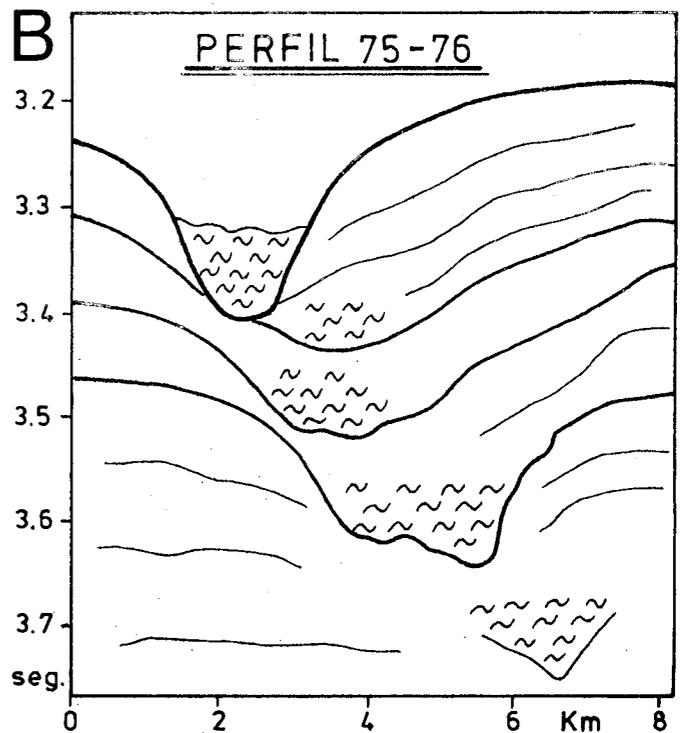
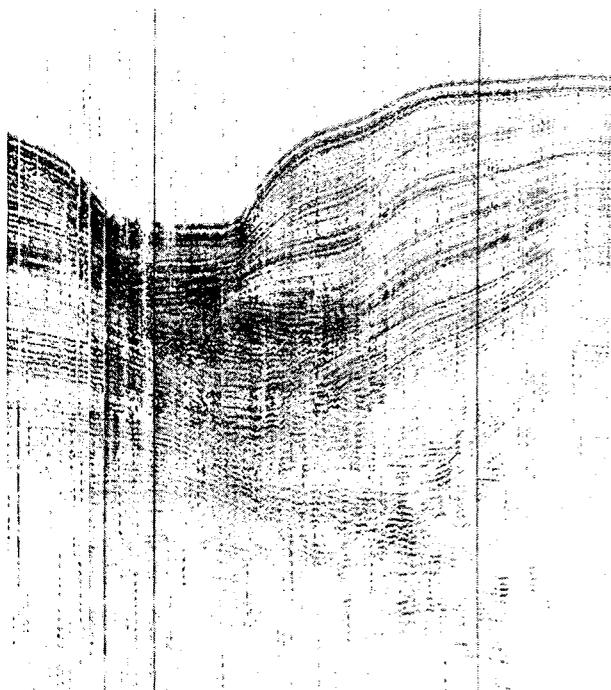
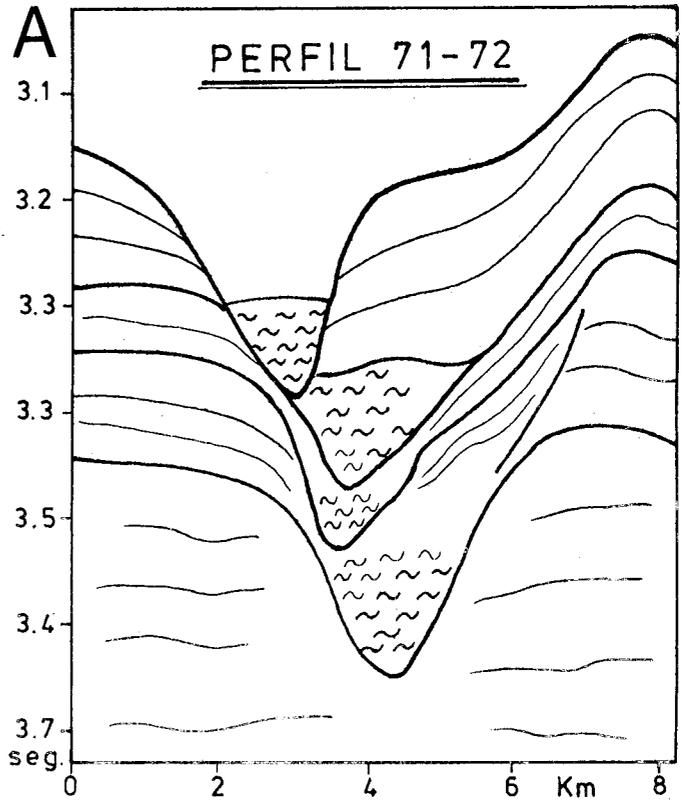
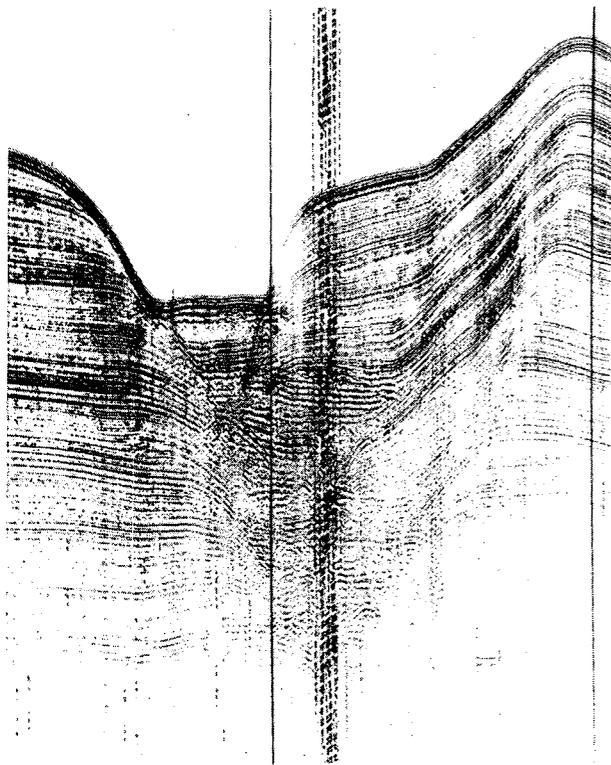


Figura 10.- Perfiles sísmicos de Sparker de la zona de transición entre el inicio del abanico y el final del valle (situación en fig. 2). Pueden observarse 5 superficies de erosión y cinco estadios de relleno que afectan al Plio-Cuaternario.

Figure 10.- Sparker profiles across the distal sector of the Valencia Valley and the upper most Fan (location in Figure 2). Five erosional surfaces are observed in the Plioquaternary deposits. The development of these surfaces may be attributed to the seaward migration of depocenters during lowering phases of sea level. During rising sea level periods the depocenters migrate landward and the valley becomes filled.

das del abanico superior formando niveles potentes de arenas homogéneas e intervalos de secuencias turbidíticas. Los limos se concentran principalmente en los levees del abanico medio formando parte de secuencias turbidíticas. La naturaleza de los sedimentos es variada y se registra una intercalación de aportes proximales y distales. Los aportes meridionales más distales, procedentes del área del Ebro, son limos y lodos de tonos marrones con un mayor contenido de carbonato y presentan un bajo contenido de minerales pesados con un alto grado de alteración. Los aportes más proximales, procedentes del área septentrional, son más gruesos, tienen un contenido más bajo de carbonatos, un contenido mayor de minerales pesados y presentan tonos grises.

La configuración actual del abanico se ha establecido durante la última etapa de ascenso eustático, depositándose secuencias turbidíticas en la mayor parte del abanico y zonas adyacentes. En la actualidad estas secuencias se encuentran recubiertas por materiales hemipelágicos excepto en las zonas canalizadas y en el levee sur del abanico superior proximal, debido a la baja actividad sedimentaria que se produce a consecuencia de la estabilización del nivel del mar.

Los ciclos climático-eustáticos del Cuaternario han producido unas oscilaciones cíclicas del régimen sedimentario del sistema desplazando los centros deposicionales varios kilómetros aguas arriba y aguas abajo de modo que en la zona de transición entre el abanico y el valle han quedado registrados varios ciclos de erosión y relleno. En el último ascenso eustático, el abanico superior proximal quedó confinado en el final del valle y se desarrollaron varios canales distributarios en el interior del canal del abanico medio.

Comparativamente con los sistemas actuales adosados al talud y a los sistemas antiguos desarrollados paralelamente a los márgenes continentales, los materiales depositados en el abanico de Valencia presentan una granulometría fina a consecuencia de la distalidad del sistema y de la naturaleza de los márgenes continentales entre los que se emplaza. Las secuencias turbidíticas no presentan el término basal (T_d) de la secuencia de Bouma y muestran un contacto brusco entre el término T_d y el término T_e . Las secuencias turbidíticas en los sectores más proximales tienen un término basal arenoso o limo-arenoso que pasa gradualmente hacia el techo a limos arenosos. Las secuencias más distales están preferentemente compuestas de limos bastante limpios con menor contenido de arena hacia el techo.

Los materiales hemipelágicos presentan un cambio gradual de la base al techo en el contenido de arena

y color. En el techo, donde hay un cambio brusco, se distingue un nivel superior que presenta un contacto neto y un alto contenido de arena. En este nivel la arena está compuesta casi íntegramente por biógenos planctónicos y pueden intercalarse niveles laminares, compuestos preferentemente de pterópodos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado dentro del Proyecto de Investigación Cooperativa Hispano-Norteamericana Ref. 0394/17 y de la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica. Nuestro más sincero agradecimiento a la tripulación del B/O Cornide de Saavedra que hizo posible la toma de muestras y el registro de perfiles sísmicos de Sparker. También a la Dra. Emma Sainz por el estudio que realizó de los minerales pesados. A los componentes del Instituto Universitario Navale que aportaron el equipo y la técnica necesarios para realizar los perfiles sísmicos. A Luis Malagrida por la elaboración del programa de proceso de los datos granulométricos. A los científicos que han intervenido en el estudio de los perfiles sísmicos de la zona y a los compañeros del Jaime Almera que intervinieron en las campañas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALOISI, J.C., MILLOT, C., MONACO, A. y PAUC, H., 1979: «Dynamique des suspensions et mecanismes sedimentogenétiques sur le plateau continental du Golfe du Lion». *C.R. Acad. Sc.*, 289 Paris: 879-882.
- ALOISI, J.C., BELLAICHE, G., BOUYE, C., DROZ, L., GOT, H., MALDONADO, A., MIRABILE, L., y MONACO, A., 1981: «L'éventail sous-marin profond du Rhône et les dépôts de pente de l'Ebre: essai de comparaison morphologique et structurale» in F.Z. Wezel, ed. *Sedimentary Basins of Mediterranean Margins*, 227-238, Bologna, Tecnoprint.
- ALONSO, B., KASTENS, K., MALDONADO, A., MALINVERNO, A., NELSON, H., O'CONNELL, S., PALANQUES, A. y RYAN, W.B.F., 1985: «Morphology of the Ebro Fan Valleys from SeaMARC and Sea Beam profiles». *Geo-Marine Letters*, 5: 141-148.
- BAKER, E.T., 1976: «Temporal and spatial variability of the bottom nepheloid layer over a deep-sea fan». *Marine Geology*, 21: 67-79.
- BELLAICHE, G., DROZ, L., ALOISI, J.C., BOUYE, Ch., GOT, H., MONACO, A., MALDONADO, A., SERRA-RAVENTOS, J. y MIRABILE, L., 1981: «The Ebro and the Rhône deep-sea fans: first comparative study». *Marine Geology*, 43: 75-85.
- CANALS, M., 1980: «Sedimentos y procesos en el margen continental sur-balear: control climático y oceanográfico sobre su distribución y evolución durante el Cuaternario superior». Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona, 210 p.
- DAMUTH, J.E. y KUMAR, N., 1975: «Amazon Cone: morphology sediments, age and growth patterns». *Bull. Geo. Soc. Ann.*, 86: 863-878.
- DROZ, L., 1983: «L'éventail sous-marin profond du Rhône (Golfe du Lion): Grands traits morphologiques et structure semi-profonde». Thèse 3 cycle, Unive. P. et M. Curie, Paris VI, 195 p.

- GOT, H., ALOISI, J.C. y MONACO, A., 1984: «Sedimentary processes on deltas and shelves of the Mediterranean Sea» in D.J. Stanley y F.C. Wezel, eds. *Geological Evolution of the Mediterranean Basins*: NATO-ERI, Conf. Erice, New York, Plenum Press.
- MALDONADO, A. y STANLEY, D.J., 1978: «Nile Cone depositional processes and patterns in the late Quaternary» in D.J. Stanley y G. Kelling, eds. *Sedimentation in Submarine Canyons Fans and Trenches*, p. 239-257, Stroudsburg, Pa, Dowden, Hutchinson and Ross.
- MALDONADO, A. y STANLEY, D.J., 1979: «Depositional patterns and Late Quaternary evolution of two Mediterranean submarine fans: a comparison». *Marine Geology*, 31: 215-250.
- MALDONADO, A. y RUIZ-ORTIZ, P.A., 1984: «Modelos de sedimentación turbidítica antiguos y modernos: la formación Cerrajón (Cretácico inferior: Cordilleras Béticas) y los abanicos submarinos del Mediterráneo Noroccidental». Congreso sobre el Cretácico de España. Albacete.
- MALDONADO, A., GOT, H., MONACO, A., O'CONNELL, S. y MIRABILE, L., 1985a: «Valencia Fan (Northwestern Mediterranean): distal deposition fan variant». *Marine Geology*, 62: 295-319.
- MALDONADO, A., PALANQUES, A., ALONSO, B., KASTENS, K., NELSON, H., O'CONNELL, S., RYAN, W.B.F., 1985b: Physiography and Deposition on a Distal Deep-Sea System: The Valencia Fan (Northwestern Mediterranean)». *Geol.-Marine Letters*, 5: 157-164.
- MAUFFRET, A., 1979: «Etude géodynamique de la marge des Illes Baléares». *Mém. Soc. Geol. Fr.* LVI (132): 1-96.
- MIDDLETON, G.V. y HAMPTON, M.A., 1976: «Subaqueous sediment transport and depositional by sediment gravity flows» in D.J. Stanley y D.J.P. Swift, eds. *Sediment Transport and Environmental Management*, pp. 197-218, New York, John Wiley.
- MONACO, A., ALOISI, J.C., GOT, H., MEAR Y. y BELLAICHE, G., 1983: «Sedimentogenese en Mediterranée Nord-Occidentale.» *Petrole et Techniques*, 299: 36-44. Paris, Technip.
- NELSON, H., 1976: «Late Pleistocene Depositional trends processes and history of Astoria deep sea fan, Northeast Pacific». *Marine Geology*, 20: 129-173.
- NELSON, H. y KULM, L.D., 1973: «Submarine fans and channels» in: G.V. Middleton y A.H. Bouma, eds. *Turbidites and Deep Water Sedimentation*. pp. 37-78. Anaheim. Soc. Ecom. Paleontol. Mineral. Pacific. Section Short Course.
- NELSON, C.H., MALDONADO, A., COUMES, F., GOT, H. y MONACO, A., 1984: «The Ebro deep-sea fan systems». *Geo-Marine Letters*. 3: 125-131.
- NORMARK, W.R. y PIPER, J.W., 1983-1984: «Navy Fan, California Boderland: growth pattern and depositional processes». *Geo-Marine Letters*. 3: 101-108.
- O'CONNELL, S., ALONSO, B., KASTENS, K., MALDONADO, A., MALINVERNO, A., NELSON, C.H., PALANQUES, A., y RYAN, W.B.F., 1985: «Morphology and downslope sediment displacement in a deep sea valley, the Valencia Valley (Northwestern Mediterranean)». *Geo Marine Letters*, 5: 149-156.
- PALANQUES, A., 1984: «La Fosa de Valencia: un sistema deposicional alimentado por aportes longitudinales y transversales». Tesis de Licenciatura. Universidad de Barcelona, 122 p.
- PALANQUES, A. y MALDONADO, A., 1983: «La superficie de erosión y las evaporitas del Messiniense en el sector septentrional de la Fosa de Valencia». *X Congreso Nacional de Sedimentología*. Menorca, pp. 7-18 - 7-21.
- PALANQUES, A. y MALDONADO, A., 1984: «Sedimentología de las turbiditas de los sistemas deposicionales de la Fosa de Valencia». *I Congreso Español de Geología*, Segovia 1: 353-360.
- PALANQUES, A., ALONSO, B. y MALDONADO, A., 1985: «Statistic definiton of deep-sea mixed siliciclastic-calcareous deposits». *6th European Regional Meeting*. Lérida. pp. 352-355.
- PIPER, D.J.V., 1978: «Turbidite muds and silts on deep sea fans and abyssal plains» in D.J. Stanley y G. Kelling, eds. *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*. pp. 163-176, Stroudsburg Pa., Dowden, Hutchinson and Ross.

Recibido, Septiembre 1985