

INFORME SEDIMENTOLOGICO

MAGNA

# INFORME SEDIMENTOLOGICO

## Plan M A G N A

Hoja 14-47 (San Roque)

Informe elaborado por: Juan-Antonio Vera, con la colaboración de A. Martín-Algarra y J. Rodríguez-Fernández.

Estudio de muestras: A. Martín-Algarra y J. Rodríguez-Fernández

Levantamiento de series estratigráficas y tema de datos sobre secuencias y estructuras sedimentarias: J.A. Vera, J. Rodríguez-Fernández, A. Martín Serrano y E. Piles.

### INTRODUCCION

La mayor parte del área incluida en la Hoja 14-47 (San Roque) está ocupada por materiales pertenecientes a las "Unidades del Campo de Gibraltar". Como es bien sabido se trata de un conjunto de unidades alóctonas que se colocan superpuestas dando un apilamiento de mantos. De ellas afloran dentro de la Hoja las siguientes unidades, ordenadas desde la más baja tectónicamente a la más alta: Unidad de Algeciras, Unidad de Nogales y Unidad del Aljibe, esta última ocupando una gran parte de la Hoja. Estas unidades tienen términos cuya edad oscila desde el Cenomanense al Mioceno inferior. Además de estos materiales hay afloramientos de terrenos horizontales del Plioceno y Cuaternario discordantes sobre todos los anteriores.

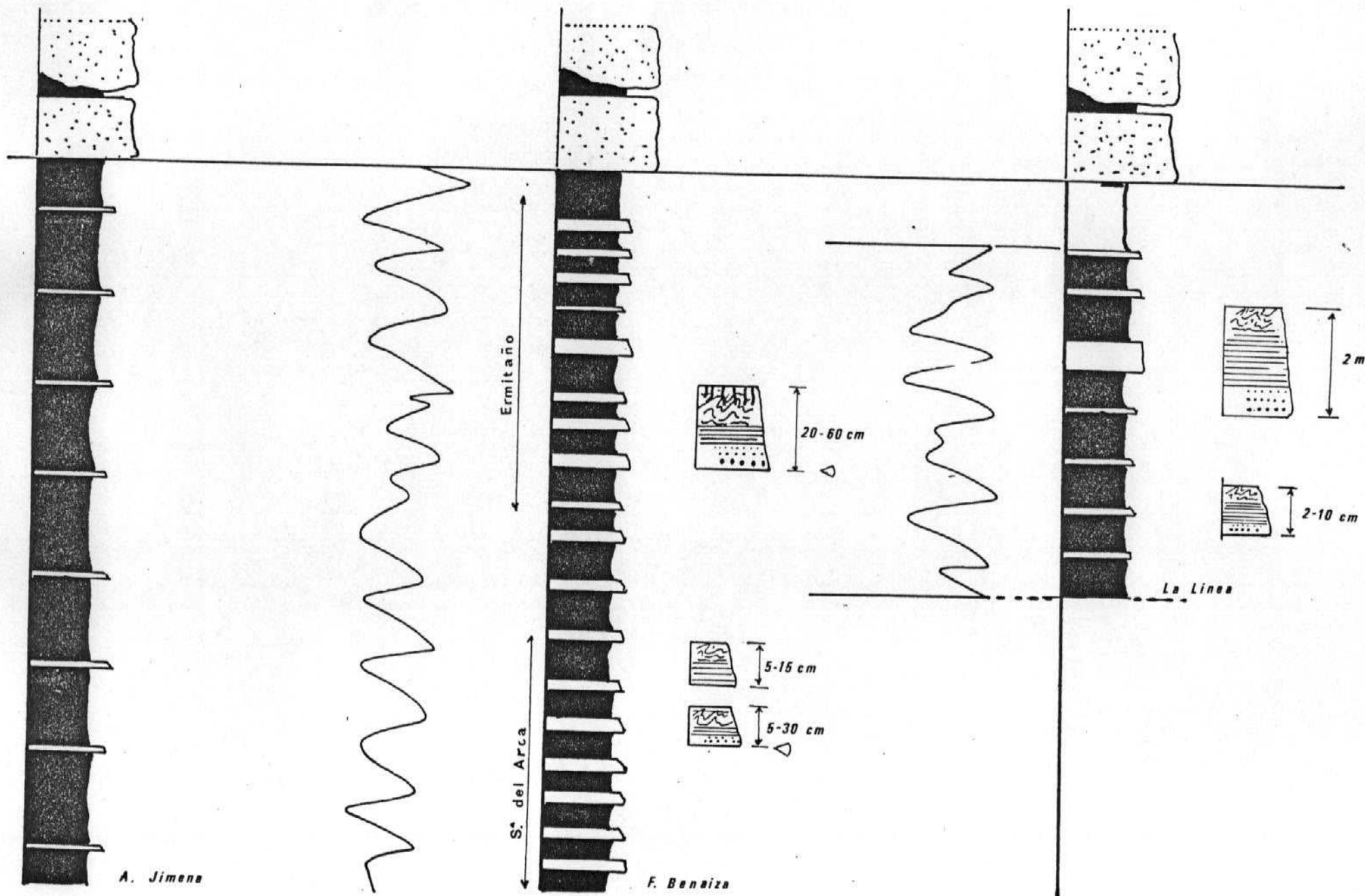
## I.- UNIDAD DEL ALJIBE

Dentro de la Unidad del Aljibe se han diferenciado por autores anteriores (DIDON, 1969, PENDON, 1978) varias unidades litoestratigráficas que se separan en cartografía y se diferencian por su composición y en especial por el tipo del material turbidítico presente. En todas se tiene una superior claramente diferenciada (Areniscas del Aljibe) y debajo de ella se tiene las unidades denominadas Arcillas de Jimena, Formación Benaiza y Calizas de la Línea. En la figura 1 se muestra de una manera gráfica la relación entre ellas. Así la Formación Benaiza y las Arcillas de Jimena equivalen entre sí por cambio lateral de facies. Se diferencian porque en las Arcillas de Jimena el dominio corresponde muy claramente a las lutitas rojas y verdes con fauna marina pelágica; las intercalaciones turbiditas de calcarenitas son muy escasas y poco potentes. En el corte tipo de las Arcillas de Jimena (Hoja 14-46) los niveles son de escala simétrica con una relación de espesor acumulado lutita a calcarenita superior a 50. La Formación Benaiza por su parte presenta numerosas intercalaciones de calcarenitas turbidíticas y se trata de un flysch calcareo semejante al término del Eoceno-Oligoceno inferior de la Unidad de Algeciras. Las Calizas de la Línea por su parte equivalen a un cambio lateral de facies de una parte de la Formación de Benaiza y se diferencia de esta por presentar bancos calcareníticos de mayor espesor.

En la Hoja a la que corresponde este informe no se tiene buenos cortes sobre la Arcilla de Jimena y nos remitimos para conocer sus características al informe de la Hoja 14-46. Se han estudiado con detalle las otras tres unidades litoestratigráficas: Formación Benaiza, Calizas de la Línea y Areniscas del Aljibe.

### I.1.- Formación Benaiza

Se han levantado dos cortes de detalle en el Cerro del Ermitaño y en la Sierra del Arca. En ambos se trata de margas y lutitas rojas y/o verdosas con intercalaciones de calcarenitas que muestran secuencias de estructuras turbidíticas. Las calcarenitas están formadas por intraclastos (incluidos los bioclásticos) con cementos esparíticos y en algunos niveles además tienen pelets y



fósiles. El contenido en cuarzo a otros elementos detríticos terrígenos varía del 1% al 13%, como se puede observar en el diagrama triangular de la figura 2. En la misma figura se observa como los componentes principales son los aloquímicos, que en algunas muestras superan el 90% y la mayoría superan el 50%. Como ortoquímicos se incluye el cemento esparítico que une los intraclastos y demás aloquímicos. En algunas muestras el contenido de bioclastos es muy alto lo que hace pensar en una procedencia de una plataforma carbonatada.

Las calcarenitas presentan secuencias de BOUMA con estructuras corrientes en el muro y bioturbación en la parte superior que destruye parcialmente la estructura interna. Entre ambos cortes se observan diferencias ya que en el Corte del Ermitaño hay un mayor espesor acumulado de calcarenitas con respecto al total y más abundancia de secuencias completas (Tabcd) y de estructuras de corrientes (flute casts y tool marks). Por el contrario en la Sierra del Arca parte de las secuencias están truncadas en la base (secuencia Tbc) y las estructuras de corrientes son menos abundantes. Los espesores medios de las calcarenitas igualmente son diferentes entre ambos cortes. En el de la Sierra del Arca los espesores varían de 5 a 30 cm, con valores inferiores cuando se trata de secuencias truncadas en la base (5 a 15 cm). En el Cerro del Ermitaño los espesores son mayores ya que oscilan entre 20 y 60 cm. Se trata de características más proximales en este segundo corte con respecto al primero. Según los datos paleontológicos el corte del Cerro del Ermitaño corresponde a materiales más modernos que los de la Sierra del Arca. (Ver figura 1). Comparando los materiales se observa que las facies del Cerro del Ermitaño son más proximales y las de la Sierra del Arca más distales lo que indica un acercamiento al área fuente a medida que pasa el tiempo. En ambos casos la relación de espesores acumulados de las calcarenitas con respecto a las lutitas es muy baja y faltan las secuencias de espesores propias de los abanicos submarinos por lo que se interpretan como turbiditas de llanura submarina. La procedencia de los intraclastos sería de la plataforma carbonatada. El material turbidítico quedaría expuesto en el fondo submarino durante intervalos de tiempo largos lo que permite su ocupación por organismos que remueven el sedimento buscando alimento y produce la bioturbación. Este es otro criterio a favor de una interpretación del depósito en la llanura submarina.



HOJA 14-47 (SAN ROQUE)

UNIDAD DEL ALJIBE

FORMACION DE BENAIZA

1.- Cerro del Ermitaño •

AS - 300

AS - 302

AS - 303

AS - 305

AS - 306

AS - 307

2. Aº. Colmenar - Cerro San Roque +

EP - 88

EP - 89

EP - 90

3.- No situadas en cortes x

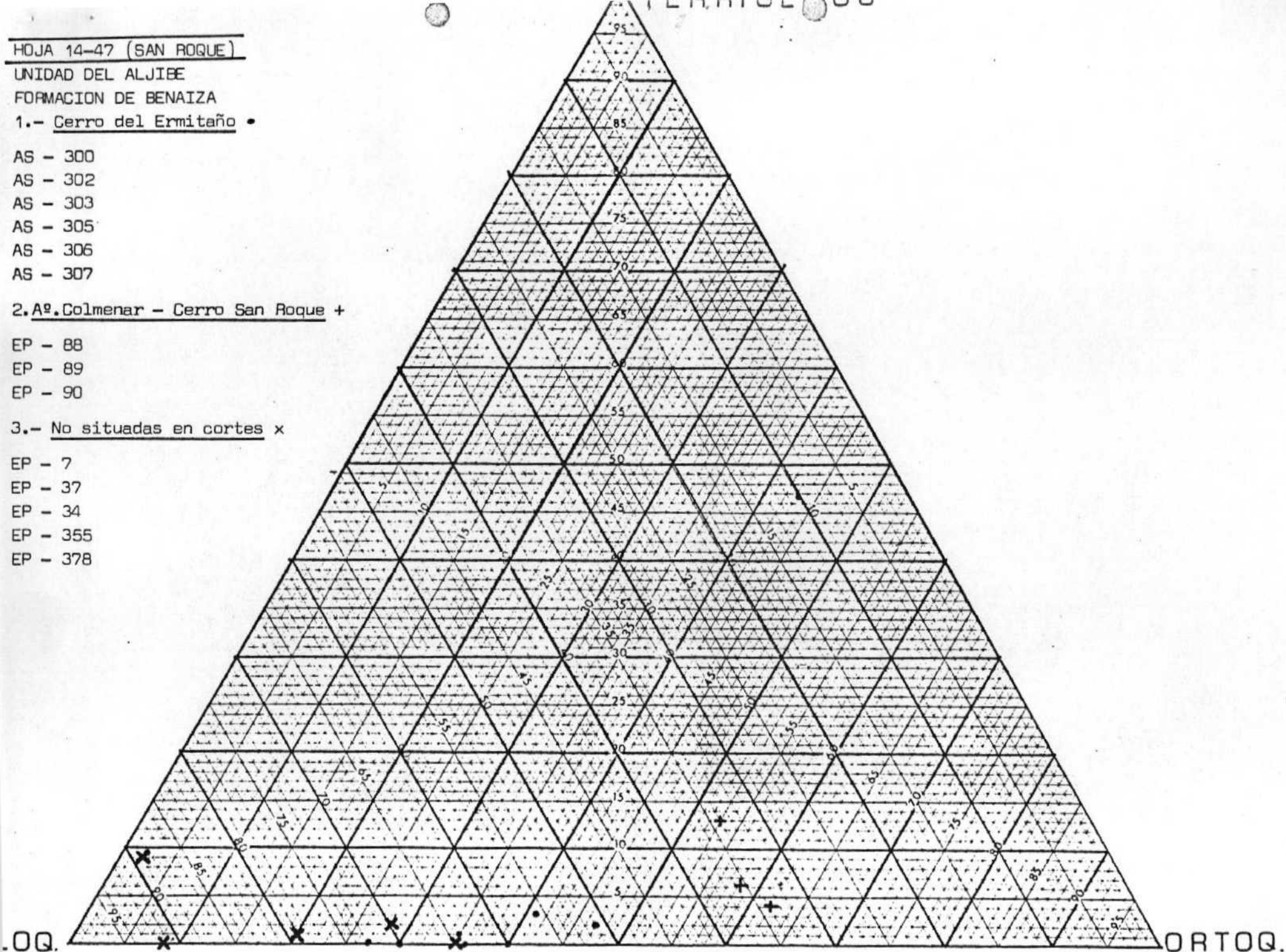
EP - 7

EP - 37

EP - 34

EP - 355

EP - 378



Las paleocorrientes indica una procedencia desde el norte y el oeste, que no es significativa ya que el conjunto de los materiales están corrido formando mantos de corrimiento y pudiendo haber sufrido giros en su totalidad. No obstante si es significativo ver como la dirección es diferente de las de las areniscas del Aljibe situadas encima y que forman un mismo manto de corrimiento; ello indica que el área fuente de los materiales turbidíticos de la Formación Benaiza y de las Areniscas del Aljibe era diferente.

### I.2.- Unidad de Calizas de la Línea.

Equivalen a un cambio lateral de facies de una parte de la Formación Benaiza (ver figura 1). La edad de los materiales es equivalente a los del corte del Cerro del Ermitaño de la Formación Benaiza y por ello se pueden establecer comparaciones que indicarían las variaciones en la cuenca sedimentaria en este intervalo de tiempo.

Se asemeja bastante a la Formación Benaiza y al flysch calcáreo de la Unidad de Algeciras. El dominio corresponde a margas con fauna marina - planctónica abundante, que ya permitido dataciones ver informe paleontológico. En las margas se intercalan niveles de turbiditas calcáreas (calcarenitas). Las calcarenitas presentan un contenido en cuarzo y otros elementos detríticos terrígenos inferior al 7% a veces nulo. La trama está formada predominantemente por intraclastos en los cuales se incluyen como en todos los casos los bioclastos. El resto de la trama corresponde a fósiles y pelets. El cemento es esparfítico y a veces está recristalizado haciendo difícil la separación del cemento los aloquímicos también recristalizados. La composición queda reflejada en la figura 3 en un diagrama triangular. Si comparamos este diagrama con el de la figura 2 de la Formación Benaiza se ve una gran analogía.

Los niveles calcareníticos presentan secuencias de BOUMA completas o truncadas, con un claro dominio de las primeras (Tabc). Se trata de bancos muy finos (2-10 cm) y excepcionalmente otros de hasta 2 m. (ver figura 1). El techo de algunos estratos está intensamente bioturbado con los que se destruye la estructura interna. El muro presenta estructuras de corrientes y "burrows". Se trata de turbiditas de llanuras submarina ligadas a desplomes que movilizan escaso material y en los que se intercalan bancos más potentes

HOJA 14-47

Calizes de La Linea

AS - 213

AS - 212

AS - 206

AS - 202

EP - 21

EP - 18

FIG. 3

ALOG.

ORTOG.



depositados a partir de desplomes de mayor envergadura.

Comparando el Corte de las Calizas de la Línea con los de la Formación de Benaiza se puede observar grandes analogías en su conjunto. Las diferencias estriban fundamentalmente en la presencia de los bancos potentes de calcarenitas en la Calizas de La Línea y en un mayor contenido en carbonatos en los términos interturbidíticos. Se puede pensar que se trata de depósito - menos profundos, dentro de la llanura submarina, y localizados claramente por encima del nivel de compensación de la calcita.

### I.3.- Areniscas del Aljibe

Corresponde a la unidad superior que a su vez es la más representativa de la Unidad del Aljibe y la que tiene una gran analogía con los materiales de la misma edad y litología presentan en diversos dominios mediterráneos (N de Marruecos, Argelia y Sicilia) y que se conoce con el nombre de numídico.

Se han realizado en el arco comprendido en la Hoja 14-47 cuatro cortes: Cerro Botijero, Embalse del Guadarranque, Sierra del Arce y Punta Chullera. En todos ellos hay aspectos comunes tales como la presencia de bancos potentes de areniscas (varios metros), la frecuencia de amalgamaciones y niveles canalizados, y la abundancia de cantos blancos. Hay también aspectos diferentes tales como la relación entre espesor acumulados de los bancos de arenas y lutita, la existencia o no de estructuras de escape de agua (dish) y la presencia o no de niveles de facies E (de MUTTI y RICCI-LUCCHI, 1975) de borde de canal.

La composición de las areniscas es muy similar en todos los cortes. La trama está constituida mayoritariamente por cuarzo que alcanza valores del 75% al 99% del total de la roca. El resto de la trama corresponde a feldespatos y fragmentos de rocas. El cemento es ferruginoso, lo que da se refleja en los materiales que en los materiales que en superficie presentan un color amarillento-parduzco. Los granos de cuarzo están bastante redondeados.

En las figuras 4 y 5 se representan los diagramas triangulares de las muestras estudiadas en estos cortes, así como de otras muestras de locali

HOJA 14-47 (SAN ROQUE)

UNIDAD DEL ALJIBE

Areniscas del Aljibe

Cortes del Cerro del Botijero y del Embalse  
del Guadarranque: •

AS - 221

AS - 222

AS - 223

AS - 225

AS - 228

AS - 229

AS - 231

AS - 238

AS - 234

AS - 235

2.- No situadas en cortes: x

AS - 204

AS - 286

AS - 288

AS - 289

AS - 370

AS - 372

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
Facultad de Ciencias  
DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA

FELD.

F. R.

EP - 80

EP - 81

EP - 82

EP - 83

EP - 84

EP - 85

EP - 86

2.- Punta Chullera ✕

AS -251

AS - 252

AS - 254

AS - 255

AS - 256

AS - 257

AS - 258

AS - 259

AS - 260

AS - 261

AS - 262

AS - 263

zación diferentes. En todos los casos se trata de muestras con una gran uniformidad en la composición por tanto escasa dispersión de los puntos en el diagrama triangular en cuyos vértices figuran cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas. Comparando ambas figuras se puede ver una ligera diferencia en el contenido en cuarzo que es mayor en las muestras estudiadas en los cortes de Sierra del Arca y Punta Chullera, que en los cortes del Embalse del Guadarranque y del Cerro Botijero. El aumento en cuarzo y la consiguiente disminución en el porcentaje - de fragmentos de rocas puede indicar una mayor madurez (más transporte) en los materiales de los cortes de Sierra del Arca y Punta Chullera. No obstante el número de muestras no es significativo y por tanto no se puede afirmar.

Las estructuras de ordenamiento interno dominantes son las masivas con cantos blandos en el techo. Son muy frecuentes las superficies de amalgamación que se detectan tanto por variaciones del tamaño de grano, como por la presencia de niveles discontinuos de lutitas y por la concentración de óxidos - de hierro en las mismas.

En la figura 6 se esquematizan los rasgos generales más representativos de los cuatro cortes. Un mayor detalle se puede tener en las series estratigráficas que figuran en la documentación complementaria de esta Hoja.

Se pueden establecer diferencias genéticas entre los cuatro - cortes por comparación de sus características con los modelos tanto de facies como de su distribución en abanicos submarinos propuestos por diferentes autores (WALKER, MUTTI, RICCI-LUCCHI, NORMAK, etc). En todos los casos se trata de facies de abanico interno y de canales del abanico medio en las que se pueden - diferenciar las partes más proximales y las más distales según sus características, aceptando que lo que se comparen verán materiales de la misma edad.

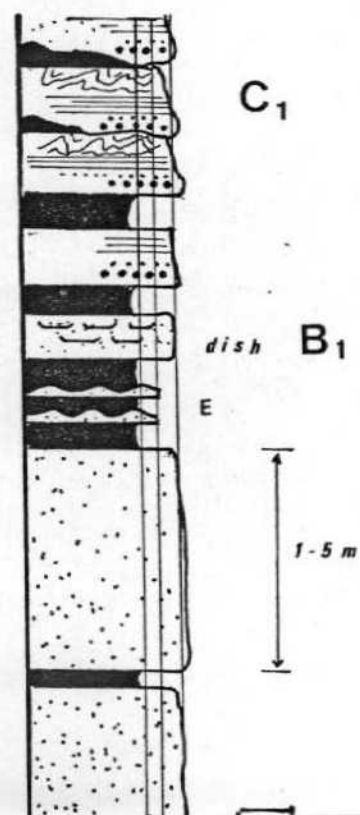
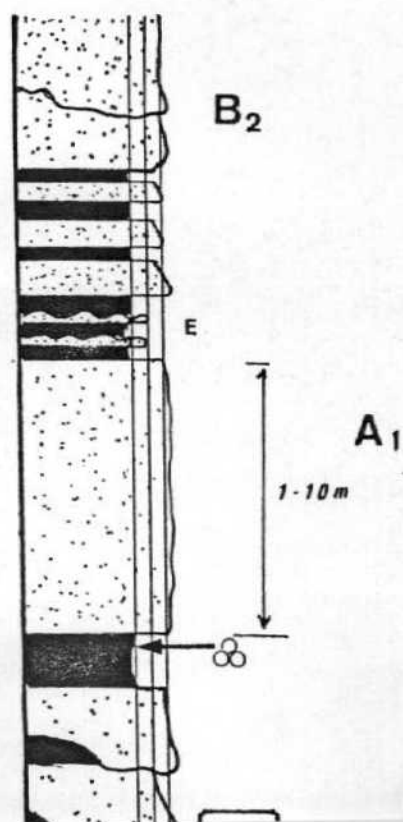
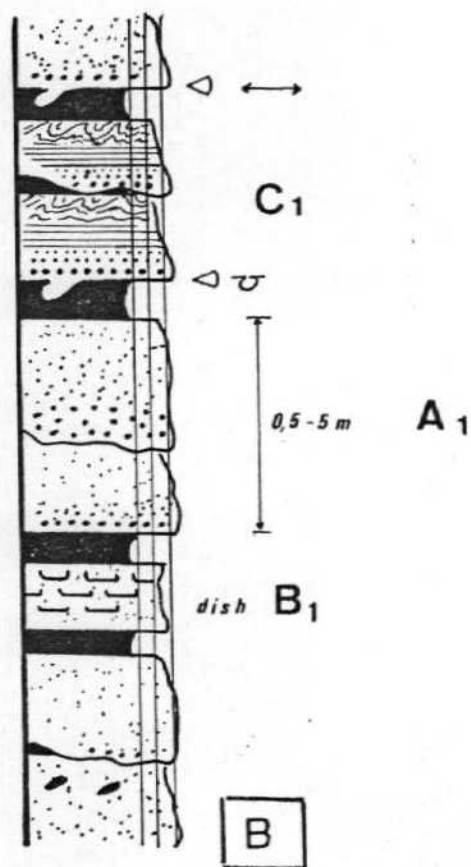
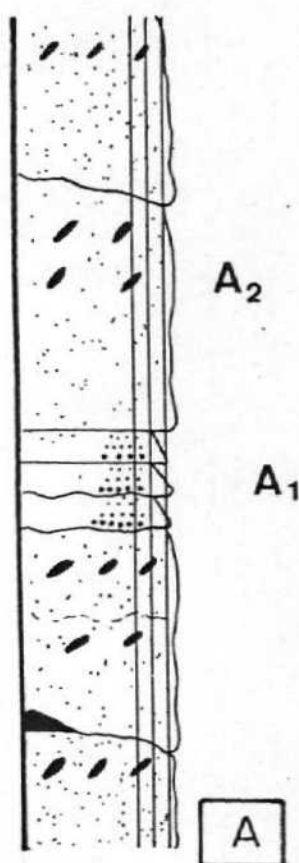
Las facies más proximales se tienen en el corte del Botijero (Figura 6A) donde los niveles de lutitas están casi ausentes (4 metros en un total de 85'5 m. de serie). Los cantos blancos son muy abundantes y las superficies de amalgamación numerosas. Las únicas estructuras internas observadas son la granuloclasificación y la estratificación masiva, ligadas a depósitos de flujo de alta concentración (grain flow) y localmente debris flow.

El corte del Embalse del Guadarranque (figura 6B) presenta características diferentes. El espesor medio de los bancos de arenas varía de 0'5 a



# UNIDAD DEL ALJIBE

14-47





5 metros valores inferiores a los del corte anterior. Los niveles de lutitas son más frecuentes y continuos. Se observan niveles con la secuencia de BOUMA así como niveles con estructuras de escapes de agua. Se trata de facies  $B_1$  y  $B_2$  de WALKER y MUTTI (1973) que corresponden al depósito en las áreas más distales del abanico interno. Se forman por procesos diversos entre ellos los grain-flow dominantes y además corrientes de turbidez y flujos fluidificados. Se ve una tendencia de formación de ciclos de espesores positivos (menos espesor hacia el techo) lo que indicaría un depósito en canales del abanico medio. Se puede destacar, aunque no tenga incidencia en la génesis de los materiales, la presencia de diques clásticos que unen niveles arenosos atravesando niveles lutíticos. Su génesis está ligada a la fluidificación y licuefacción de niveles de areniscas.

Los cortes de la Sierra del Arca (figura 6 C) y Punta Chullera (figura 6 D) presentan características análogas entre sí. En ambos los niveles de lutitas son frecuentes (significan del 10 al 20% del total de la serie) y en ambos se presentan en algunos niveles lutíticos intercalaciones de areniscas con ripples en el techo equivalentes a las facies E de MUTTI y RICCI-LUCCHI (1975) que se interpretan como los depósitos de desbordamiento de un canal, en el di que (o levee) marginal. En conjunto de estos dos cortes los aspectos principales que se observan indica que su depósito tuvo lugar en partes distales del abanico medio. Los procesos de flujo sería tanto los grain flow como las corrientes de turbidez y los flujos fluidificados.

Emperando ambos cortes se puede ver que el espesor medio de los bancos de areniscas es mayor en la Sierra del Arca (figura 6 C) que en la Punta Chullera (figura 6 D), aunque este dato es difícil de valorar ya que no se tiene constancia de que se trata de materiales de la misma edad. En cualquier caso se puede decir que los materiales de Punta Chullera son los más distales de todos los cortes, aunque muy similares a los de la Sierra del Arca.

En conjunto el depósito de las Areniscas del Aljibe en el área comprendida en esta Hoja tuvo lugar en un abanico interno y parte del abanico medio en especial en el sistema de canales del mismo. Las paleocorrientes indican una gran dispersión aunque predominantemente van desde el norte y el oeste, hacia

el Sur y este. Las serie descrita según criterios de proximidad y distalidad se disponen correctamente con respecto a las paleocorrientes ya que las más - proximales corresponden a las levantadas en los sectores septentrionales de la Hoja y las más distales en el Sur y este de la misma.

## II.- UNIDAD DE ALGECIRAS

La Unidad de Algeciras comprende varios términos litoestratigráficos. Los mas representados en el conjunto del Campo de Gibraltar son el "flysch calcáreo" del Eoceno y el "flysch areniscoso micáceo" del Oligoceno y Mioceno inferior. Entre ambos con frecuencia se intercala un término de transición eminentemente lutítico con ligeras intercalaciones de turbiditas tanto calizas como areniscosas.

El término inferior está constituido por una alternancia de calcarenitas turbiditas con lutitas rojas. En la figura 7 se representan en un diagrama triangular de las muestras estudiadas de la unidad de Algeciras en esta Hoja. Las correspondientes al término inferior y más concretamente a las calcarenitas turbidíticas se localizan en la parte inferior del triángulo con un contenido en terrígenos inferior al 10% y en general inferior al 3%. Los aloquímicos son el componente principal de la trama (55 al 75%). Estas calcarenitas se presenta en niveles de 10 a 30 cm. de espesor con una secuencia de estructuras de ordenamiento interno de tipos Tabcd (secuencia completa de BOUMA). Con gran frecuencia el techo está bioturbado con destrucción de la estructura interna - del intervalo d y en parte el c. Son muy semejantes a los del corte tipo de la unidad localizado en la Hoja 14-48 (La Linea) a cuyo informe sedimentológico no remitimos.

Se trata de materiales depositados en una llanura submarina y alimentados desde una plataforma carbonatada, sin la intervención de abanicos submarinos.

La muestra localizada en el diagrama (fig. 7) junto al vértice de los ortoquímicos corresponde a un nivel interturbidítico (calizas micríticas).

### II.1.- Término superior de la unidad de Algeciras

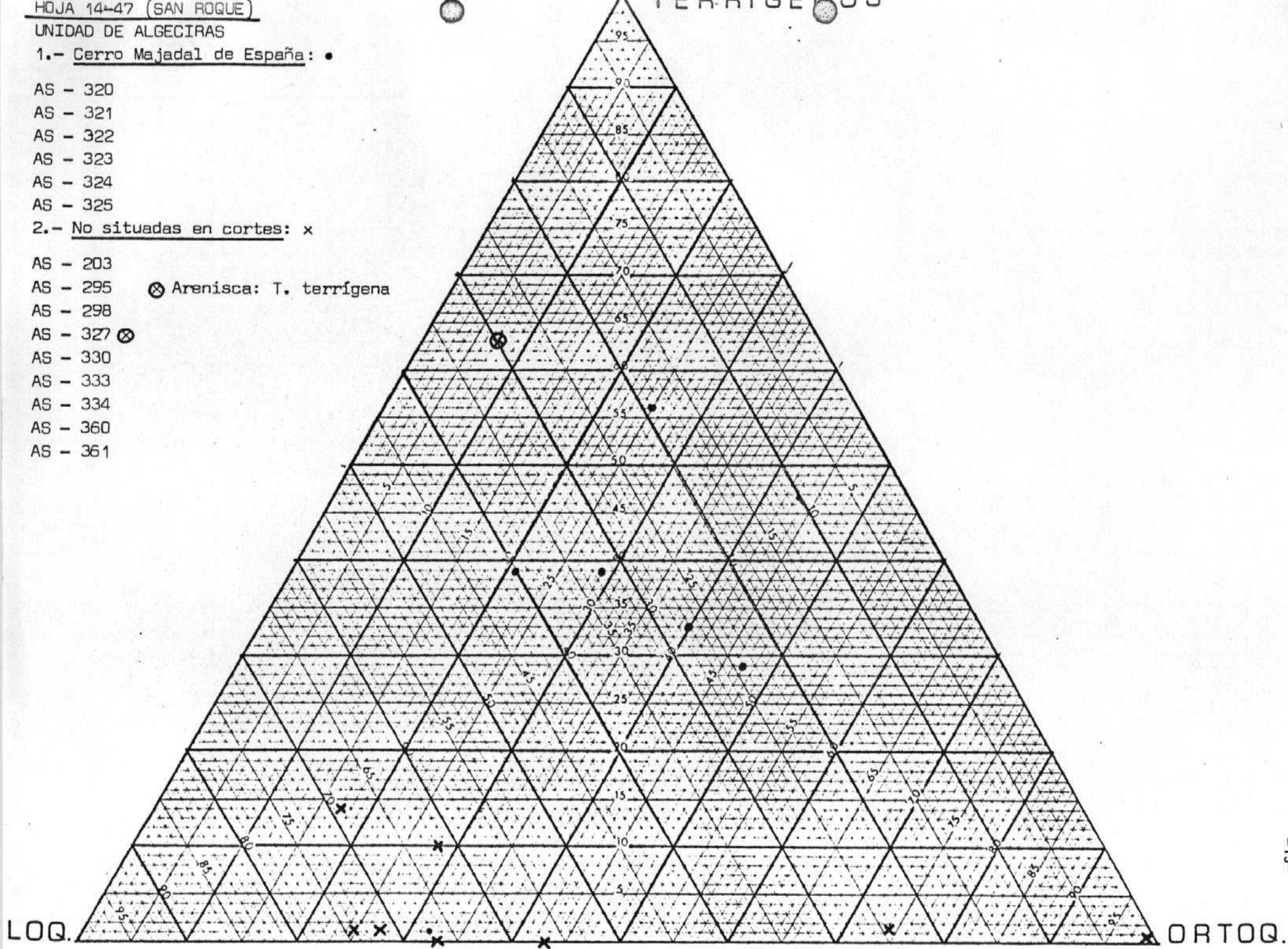
Se ha levantado un corte en el Cerro del Majadal de España. - Presenta características muy peculiares ya que se trata de una serie dominante

1.- Cerro Majadal de España: •

AS - 320  
 AS - 321  
 AS - 322  
 AS - 323  
 AS - 324  
 AS - 325

2.- No situadas en cortes: x

AS - 203  
 AS - 295    ⊗ Arenisca: T. terrígena  
 AS - 298  
 AS - 327 ⊗  
 AS - 330  
 AS - 333  
 AS - 334  
 AS - 360  
 AS - 361





mente lutítica y margosa de colores verdes con intercalaciones de niveles turbidíticos tanto arenosos como calcareníticos. Estos niveles presentan contenidos de terrígenos (cuarzo y fragmentos de rocas) normalmente entre el 30 y el 60%; sólo en alguna muestra (AS-325) es casi nulo. Los intraclastos son los otros componentes de la trama con valores comprendidos entre el 20 y el 52%. El cemento es esparítico. Su composición se puede ver en el diagrama triangular de la figura 7, donde se puede comparar con las calcarenitas del término inferior.

Los niveles de turbiditas tienen un escaso espesor no superando los 40 cm. y con un valor medio del orden de los 10 cm. Las secuencias de BOUMA son completas o truncadas en el muro. Son frecuentes las estructuras de corrientes y las pistas orgánicas en el muro. En algunos intervalos se tiene secuencias de espesores crecientes hacia el techo, aunque no son muy claras.

Todo ello lleva a una interpretación de sedimentación en una llanura submarina a la que accedían materiales procedente de un abanico, concretamente de las partes más distales de lóbulos del abanico externo.

Comparando este corte con el corte de Punta Carnero (Hoja 14-48 La Línea) se puede deducir que se trata de materiales más distales dentro del complejo abanico-llanura. Los materiales de este corte pueden ser equivalentes a los de tránsito de las dos unidades litoestratigráficas principales de la unidad y que corresponden al momento en que en la llanura llegan los primeros aportes del abanico con ciclos progradantes.

### III.- "UNIDADES INTERMEDIAS"

Se incluyen en este término los materiales que son incluidos en diversas unidades por autores anteriores (DIDON, 1969, PENDON, 1978) y que ocupan una posición tectónica intermedia entre la unidad de Algeciras y la del Aljibe. En la figura 8 se representa en un diagrama triangular la composición de las diferentes muestras estudiadas en estas unidades y que podemos comparar con los diagramas anteriores.

Los puntos situados junto a la base corresponden a turbiditas calcáreas y son muy semejantes tanto a las del Eoceno de la Unidad de Algeciras como a las de la Formación de Benaiza. Todo ello indica que muy probablemente

HOJA 14-47 (SAN ROQUE)

«UNIDADES INTERMEDIAS»

No situadas en cortes

AS - 202

AS - 205

AS - 206

AS - 207

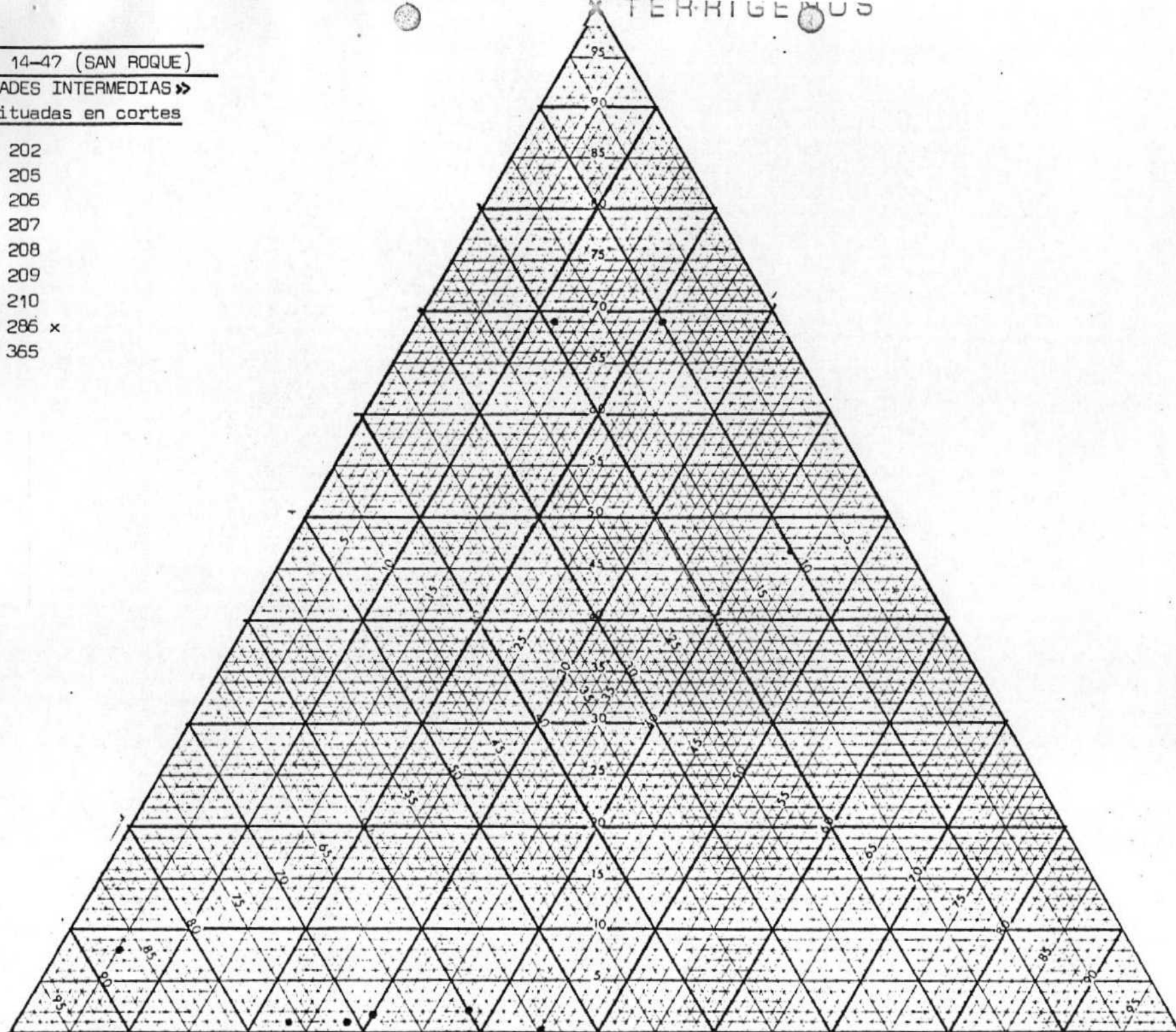
AS - 208

AS - 209

AS - 210

AS - 286 x

AS - 365





se tratase de depósito en una misma cuenca en áreas adyacentes aunque actualmente forman unidades tectónicas diferentes. Por su parte los puntos localizados en la parte superior del triángulo (70 a 100% de terrígenos) presentan características similares a las areniscas de otras unidades (Algeciras y Aljibe) aunque el escaso número de muestras no permita más que plantear la similitud.

#### IV.-PLIOCENO

Las muestras del corte de Sotogrande (15, 271 y 272) y en las otras muestras aisladas (291, 292 y 293) corresponden a intrabioesparitas según la clasificación de Folk o de grainstone según la clasificación de Dunham. Los intraclastos en su mayor parte son fragmentos de fósiles (bioclastos). Los fósiles son considerados como tales cuando no están rotos. Tanto los fósiles como los bioclastos son restos de equinodermos, briozoos, lamelibranquios y foraminíferos (ver informe paleontológico). La fracción terrígena (cuarzo y fragmentos de rocas) es muy escasa (1 al 5%). En el campo muestran el aspecto típico de una lumaquela en la que se localizan niveles de bolas de algas (rodolitos). Todo este conjunto de materiales propios de una plataforma muy somera con escaso o nulo aporte detrítico y un gran desarrollo de los organismos bentónicos.

Se han estudiado también niveles de arenas no cementadas localizados por debajo de los calizos (muestras 273, 278 y 279). En ellas el contenido en cuarzo oscila del 80 al 93%; el resto de la trama corresponde a fragmentos de rocas. Los materiales presentan una gran selección y ausencia de matriz detrítica fina. Se trata de depósitos de playas, formadas a partir de materiales de las Unidades del Campo de Gibraltar, en especial de las areniscas del Aljibe, que aflora en las inmediaciones. No se puede precisar que parte de la playa (shore face, foreshore, etc.) corresponden porque ello necesitaría una amplia información sobre las estructuras de ordenamiento interno y su evolución lateral y vertical, de la que no se dispone.

En definitiva en el Plioceno la sedimentación comienza con facies de playas con dominio de materiales detríticos y evoluciona a una cuenca marina somera sin aporte detríticos donde se forman los niveles carbonatados y calcareníticos.

## CONCLUSIONES

Los estudios sedimentológicos realizados en esta Hoja se han centrado en los materiales turbidíticos de las Unidades alóctonas del Campo de Gibraltar, que son los que afloran más ampliamente.

Aplicando las nuevas metodologías de análisis secuencial y con el estrato de las estructuras de ordenamiento interno, se pueden hacer interpretaciones por comparación con los modelos deposicionales recientemente propuestos. Dado que se trata de artículos dispersos y bastantes recientes se adjunta una adenda con las ideas generales de la metodología de estudio y los criterios de interpretación de las facies turbidíticas, que hemos utilizado, en la que se incluyen las citas bibliográficas de los principales artículos.

Las conclusiones obtenidas son que la cuenca turbidítica supuestamente única para todas las unidades (ya que originariamente estarían adyacentes) sufre variaciones en el tiempo y en el espacio.

En efecto en el tiempo cambia notablemente ya que durante el Eoceno y Oligoceno inferior, solo se encuentran turbiditas calcáreas que se intercalan en lutitas rojas y verdes. En todas las unidades son turbiditas depositadas en una llanura submarina y las variaciones consisten en su mayor o menor abundancia (expresada en la relación calcarenita/lutita) y en las secuencias de BOUMA más frecuentes, lo que permite establecer divisiones de proximalidad y distalidad de unos cortes con respecto a otros.

Por el contrario en el Oligoceno superior a Mioceno inferior los niveles turbidíticos son areniscosos en todas las unidades y con variaciones notables de unas a otras.

Las variaciones en el espacio y por tanto entre unidades son máximas en los términos más recientes (Oligoceno superior - Mioceno inferior) ya que - cambia desde los depósitos del abanico interno y partes canalizadas del abanico medio en las Areniscas del Aljibe, a las facies de abanico externo y llanura submarina de los materiales de la misma edad de la Unidad de Algeciras. En los términos inferiores los cambios consisten en la mayor o menor abundancia de niveles turbidíticos; desde las Arcillas de Jimena sin apenas intercalaciones turbidíticas a los episodios de la Formación Benaiza o del Flysch calizo de la Unidad de Algeciras donde las intercalaciones calcareníticas turbidíticas lle

ADENDA

### Criterios de interpretación de las facies turbidíticas

Los estudios sobre las facies turbidíticas han constituido uno de los temas prioritarios en la Estratigrafía y Sedimentología en el último decenio; a lo largo del mismo se han establecido los modelos deposicionales en los que actualmente se basa su interpretación sedimentaria.

El punto de partida lo constituye el trabajo ya clásico de BOUMA — (1962) es el que introduce la metodología del análisis secuencial y se establece la secuencia tipo de los materiales turbidíticos, conocida actualmente de modo general como secuencia de Bouma.

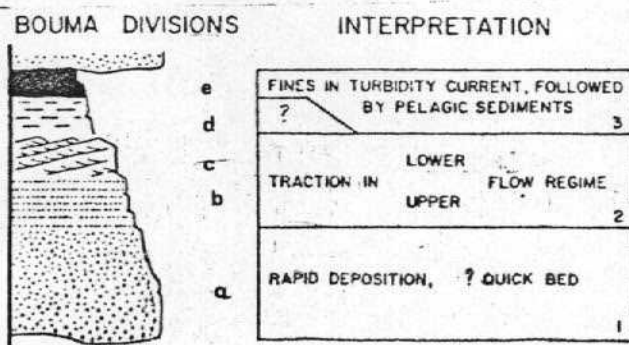


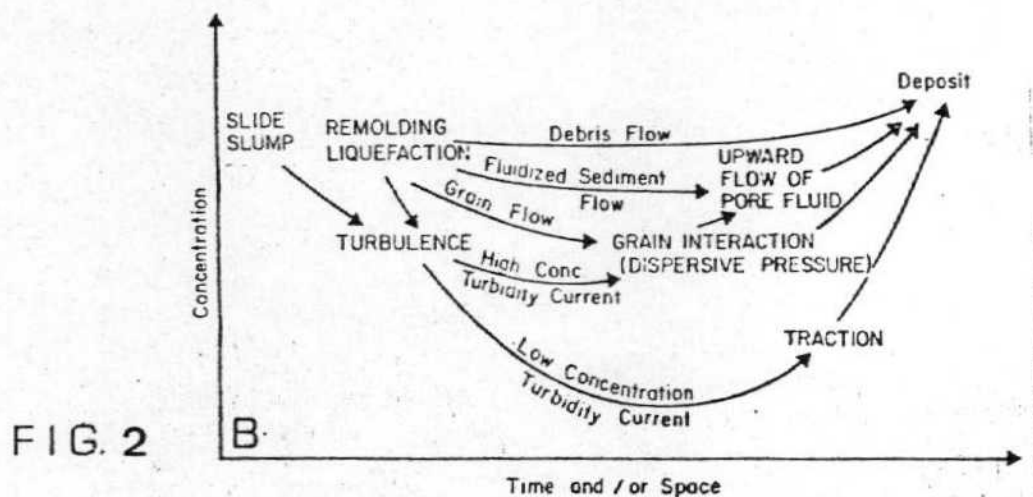
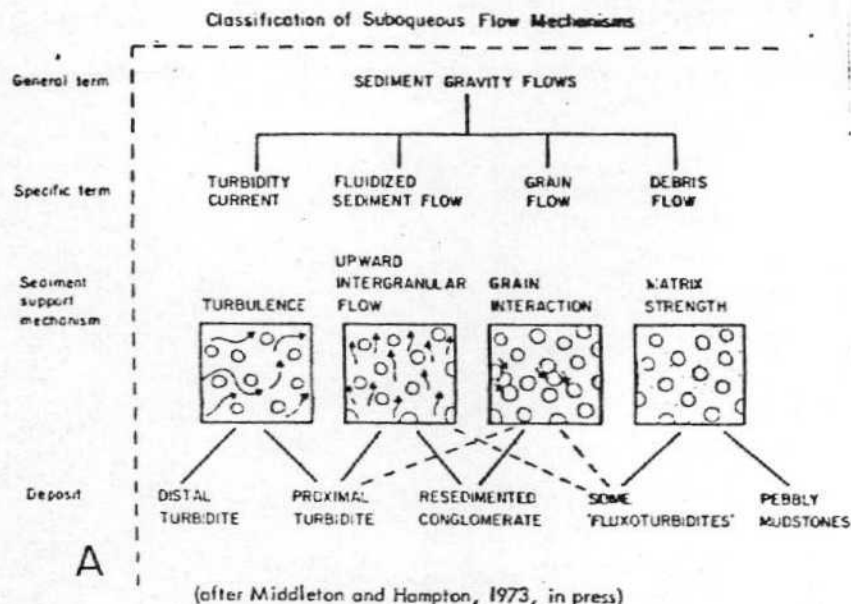
Fig.1.—Secuencia de Bouma.

Secuencia tipo aplicable a las turbiditas.

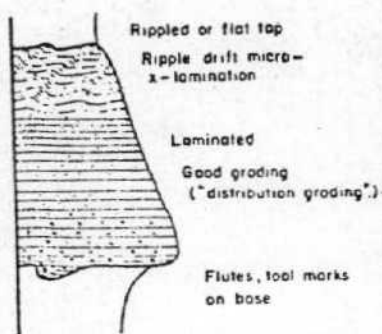
Dicha secuencia patrón es estudiada e interpretada con detalle por autores posteriores y se llega a la conclusión de que no es aplicable a todos los flujos de sedimentos por gravedad, sino que solo se aplica a los depósitos de las corrientes de turbidez propiamente dichas.

Con ello surge al inicio de esta década, como anteriormente se ha indicado un número muy amplio de artículos y monografías sobre la interpretación de los flujos de sedimentos por gravedad y su depósito. Se introduce en la nomenclatura el término de facies turbidíticas para denominar a los depósitos de dichos flujos entre los que se encuentran las corrientes de turbidez.

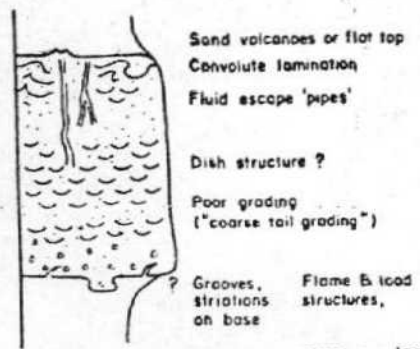
MIDDLETON y HAMPTON (1973) en un magistral artículo, que es ampliamente recogido en tratados, monografías y artículos más recientes, explican dichos procesos y los depósitos a que dan lugar.



**Turbidity Current**

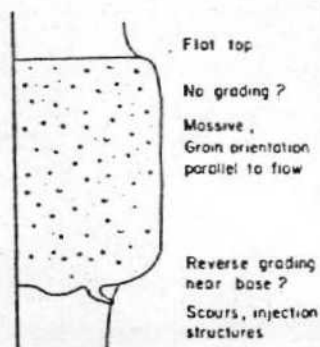


**Fluidized Flow**

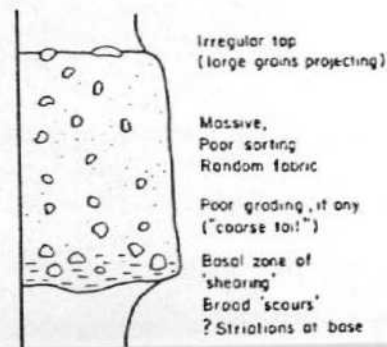


GVM, Jan, '73

**Grain Flow**



**Debris Flow**



**FIG. 3**



En las figuras 2 y 3 se reproducen los gráficos originales del trabajo de MIDDLETON y HAMPTON (1973). En la figura 2A se representan los diferentes tipos flujos de gravedad, su terminología, el mecanismo de soporte de los sedimentos y el tipo de depósito en cada uno de ellos. Se puede destacar que en las corrientes de turbidez las partículas se mantienen en suspensión debido a la turbulencia, en los flujos de sedimentos fluidificados se mantienen por los escapes de agua, ascendentes en los grain flow por las fuerzas de componente vertical producidas por los choques de unas partículas con otras y en los debris flow por estar embalados en una matriz lutítica-arenosa que hace de soporte. En la figura 2B se muestra gráficamente la relación entre los diferentes procesos y la concentración (y por tanto densidad así como con la evolución en espacio y/o tiempo. El inicio de todos los flujos en general es un desplome (slumping ó sliding) y de acuerdo con la cantidad de agua que se introduzca en el sedimento forma flujos muy densos y viscosos como los debris flow o flujos de baja concentración de densidad cercana a 1,2. Estos dos son los casos extremos y entre ellos se tienen los demás procesos de flujos por gravedad con diferente grado de concentración y por tanto de densidad.

Los materiales depositados muestran una litología y una secuencia de estructuras de ordenamiento interno diferente para cada uno de los procesos. Estas características se esquematizan en la figura 3 donde se muestran las secuencias más significativas de los depósitos de los cuatro tipos de flujos diferentes. En los materiales formados por corrientes de turbidez se tiene la secuencia de BOUMA, que puede presentarse más ó menos completa según la proximidad ó distalidad. En los depósitos de flujos fluidificados las estructuras de ordenamiento interno más abundantes son las ligadas a escapes de agua. En los grain flow la estructura interna suele ser masiva y en algunos casos presentan una granuloclasificación difusa; pueden presentar cantos blandos. Los depósitos de debris flow muestran una matriz lutítico-arenosa en la que se encuentran cantos dispuestos sin ordenamiento o con una gradación muy escasa; el techo es irregular.

Todos estos procesos actúan de manera simultánea en los abanicos submarinos profundos, en el talud y en la llanura submarina, pero algunos de ellos pueden ser dominantes en áreas diferenciables en dichos medios y establecer criterios de subdivisión.

## Facies turbiditiche

Han sido propuestas diversas clasificaciones de facies turbiditiche applicables a los depósitos ligados a los diferentes flujos de sedimentos por - gravidad. La primera clasificación la propusieron MUTTI y RICCI-LUCCHI (1972), posteriormente es completada por WALKER y MUTTI (1973) y más recientemente por MUTTI y RICCI-LUCCHI (1975). Esta última es la que nosotros hemos empleado - en este informe; un resumen de la misma se tiene en el libro de reciente publi- cación de RICCI-LUCCHI (1980) al que corresponde la figura 4. Se establecen - un total de siete tipos de facies que se denominan por orden alfabético con - letras mayúsculas (A,B,C,D,E,F y G) para evitar confusiones con la nomenclatu- ra de las divisiones e intervalos de la secuencia de BOUMA (abcde). Las carac- terísticas de los cinco primeros tipos de facies se representan en la figura 4, donde a su vez se establecen subdivisiones de rango menor dentro de los tipos A,B,C y D, que se denominan subfacies: A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>. En ca- da caso se indica el proceso que las origina, la relación de tamaños de granos y la morfología de los estratos.

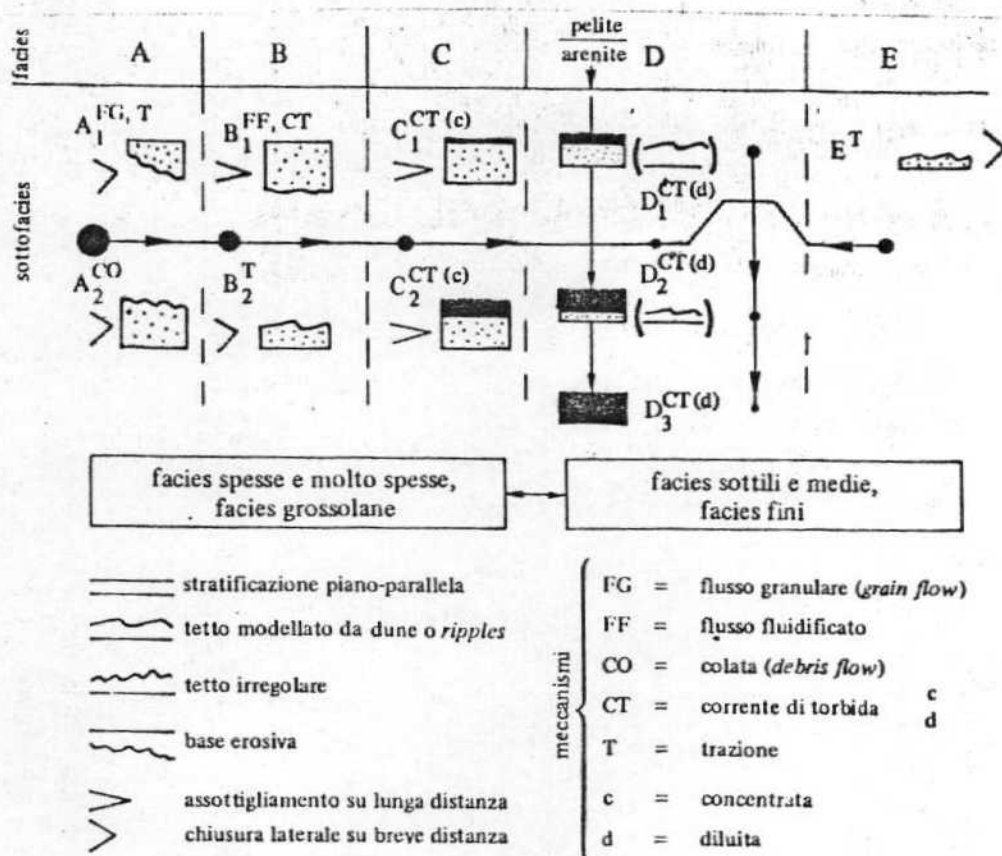


Fig. 190 - Diagramma-spettro delle facies turbiditiche l.s. La doppia freccia tra i due gruppi indica la possibilità di combinazioni diverse tra spessore dello strato e granulometria delle facies C e D. La granulometria si riferisce alla dimensione massima dei granuli, presente in genere alla base dello strato. Da MUTTI & RICCI LUCCHI, 1975.

Los datos no incluidos en la figura 4 que permiten definir a los diferentes tipos de facies son muy esquemáticamente los siguientes:

Facies A..- Espesor de estratos grande (0'6 a 15 m), textura muy grosera (conglomerados arenosos, areniscas con cantos o areniscas gruesas) y ausencia de estructura de corrientes de tracción. Relación arena/lutita muy alta; incluso llegando al 100%. El ordenamiento interno no muestra la secuencia de BOUMA y es predominantemente masivo, con amalgamaciones muy frecuentes. Los bancos tienen en el techo y/o el muro irregulares y en muchos casos rellenan canales. Se diferencian dos subfacies:

A<sub>1</sub>.- Con alguna ordenación interna (imbricación de cantos, granuloclasificación burda y cantos blandos).

A<sub>2</sub>.- Sin apenas ordenación interna.

Facies B..- Espesor medio de los bancos de 20 a 200 cm y tamaño de grano de arena media a gruesa, a veces con algunos cantos. Secuencia de BOUMA no aplicable. Se diferencian dos subfacies de acuerdo con su estructura interna:

B<sub>1</sub>.- Espesor medio de 30 a 200 cm con acunamientos laterales. Relación de arena/lutita de alta a muy alta. (más de 1). Estructura interna dominante las de escapes de agua. (dish, pilares) y menos frecuente estructuras de ripples y convolute lamination.

B<sub>2</sub>.- Espesor medio de 20 a 80 cm con techo irregular y estructura interna de laminación paralela y laminación cruzada.

Facies C..- Alternancia de areniscas (o calcarenitas) y lutitas. Los niveles de areniscas con espesores de 50 a 300 cm presentan la secuencia de BOUMA completa (Tabcd) o secuencias truncadas en el techo (Tabc, Tab). La relación arena/lutita es alta. Se diferencian dos subfacies con las siguientes características:

C<sub>1</sub>.- Arenas gruesas a finas, algunas amalgamaciones, gran parte del banco con granuloclasificación burda (coarse-tail grading).

C<sub>2</sub>.- Arenas medias a finas, con gran desarrollo de los intervalos b, c y d de la secuencia de BOUMA.

Facies D..- Como en el caso anterior se trata de una alternancia de arenas (o calcarenitas) con lutitas. La relación arenas/lutitas es variable según las subfacies. En los niveles arenosos se puede aplicar la secuencia de BOUMA que en general se presenta con la falta de los intervalos inferiores mostrando por tanto secuencias truncadas en la base (Tbcde, Tcde, Tde). Se establecen tres subfacies de acuerdo con la relación arena/lutita y el espesor medio de los estratos:



D<sub>1</sub>.- Relación arena/lutita superior a 1, espesor de estratos de 3 a 40 cm.

D<sub>2</sub>.- Relación arena/lutita inferior a 1, espesor de estratos de 30 a 150 cm.

D<sub>3</sub>.- Solo tiene niveles lutíticos; espesor de 3 a 200 cm.

Facies E.- Se trata de alternancias de arenas y lutitas, con huecos muy delgados (3 a 20 cm) y alta relación arena/lutita. Lechos lenticulares en cuyo techo hay estructuras de ripples. Se presentan relacionadas con las facies B<sub>2</sub> con cambio lateral.

Facies F.- No incluidas en la figura 4. Se trata de los depósitos de slumping y sliding, con magnitudes muy variables; en algunos casos el espesor de las masas puede llegar a ser de algunos centenares de metros.

Facies G.- Es el depósito marino "normal" que se intercalan con las turbiditas y son lutitas que pueden tener restos vegetales.

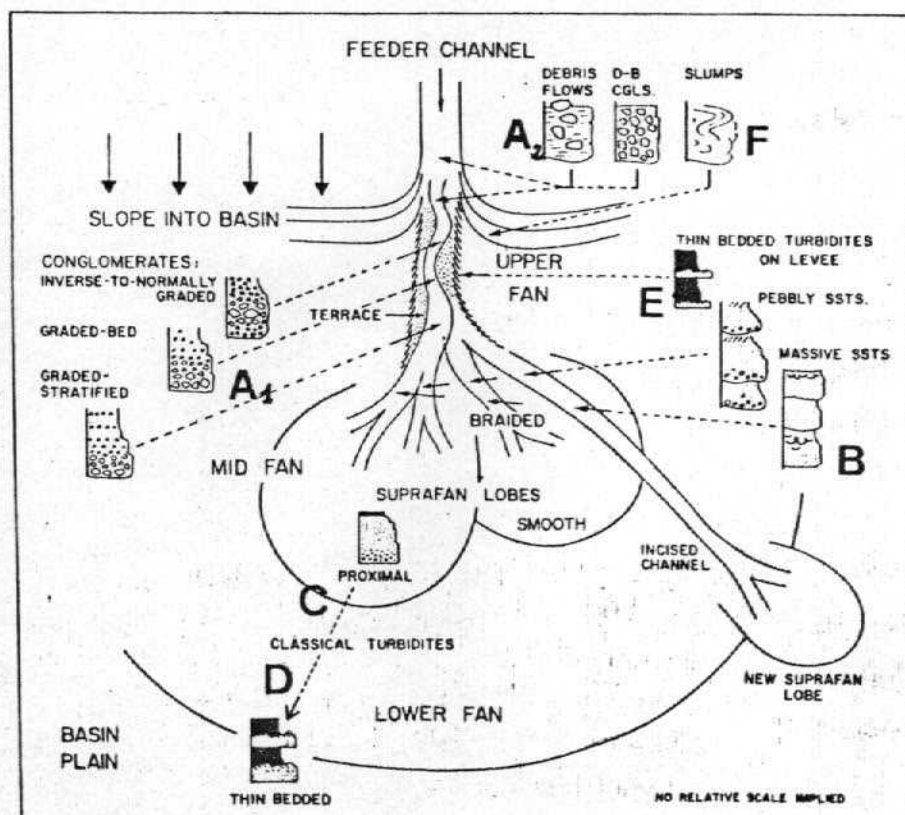
#### Interpretación de las facies y sus asociaciones.

El interés de estas clasificaciones se basa en poder aplicar modelos de sedimentación comparando la distribución de facies en los depósitos con los materiales turbidíticos antiguos. Los autores ya citados (MUTTI y RICCI-LUCCHI, 1972, 1975; y WALKER y MUTTI, 1973) proponen modelos de distribución de facies en las diferentes partes del abanico submarino, del talud y de las llanuras submarinas. Así en la llanura submarina dominan las facies D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y G; en el abanico externo las facies C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>; en el abanico medio dominan las facies A, B, C y D con una ordenación secuencial y en el abanico interno las facies A, B y F. En los bordes de los canales del abanico interno o medio representan facies D<sub>1</sub> y E, como depósitos de desbordamiento. En el talud por su parte dominan las facies F y G, y con menor importancia las facies A, ya que están localizadas a canales dentro del talud.

#### Modelos deposicionales de abanicos submarinos.

Los trabajos recientes de NORMARK (1974), WALKER (1978, 1980) y los ya citados de MUTTI y RICCI-LUCCHI (1972, 1974, 1975), proponen modelos deposicionales de abanicos submarinos actuales aplicables a la interpretación de materiales de abanicos submarinos antiguos. Estos autores diferencian varios sectores en el abanico, que básicamente son el abanico interno (upper fan), abanico

medio (mid fan) y abanico externo (lower fan). Dentro de abanico medio se diferencian dos áreas bien diferentes: canales y lóbulos. En la figura 5 se reproduce un esquema de división del abanico y su relación con el talud y la llanura submarina donde se representa la localización de las diferentes facies.



**Figure 13**  
Submarine fan environmental model. See text  
for full discussion. D-B is disorganized-bed  
conglomerate model.

WALKER 1978

**FIG. 5**

En los distintos sectores del abanico se presentan asociaciones de facies que muestran secuencias de espesores que permiten caracterizar cada uno de estos sectores. En la figura 6 se representan las secuencias de cada una de estas subdivisiones del abanico. En el abanico interno dominan los depósitos de relleno de canal con secuencia positiva con amalgamaciones con pasos laterales a facies de desbordamiento (ver figura 5). En los canales del abanico medio se tienen facies de relleno de canal con secuencias de espesores decrecientes hacia el techo y muro erosivo en los niveles inferiores. En los lóbulos del abanico medio se presentan secuencias de espesores crecientes hacia el techo que en algunos casos los niveles más altos muestran muros erosivos.



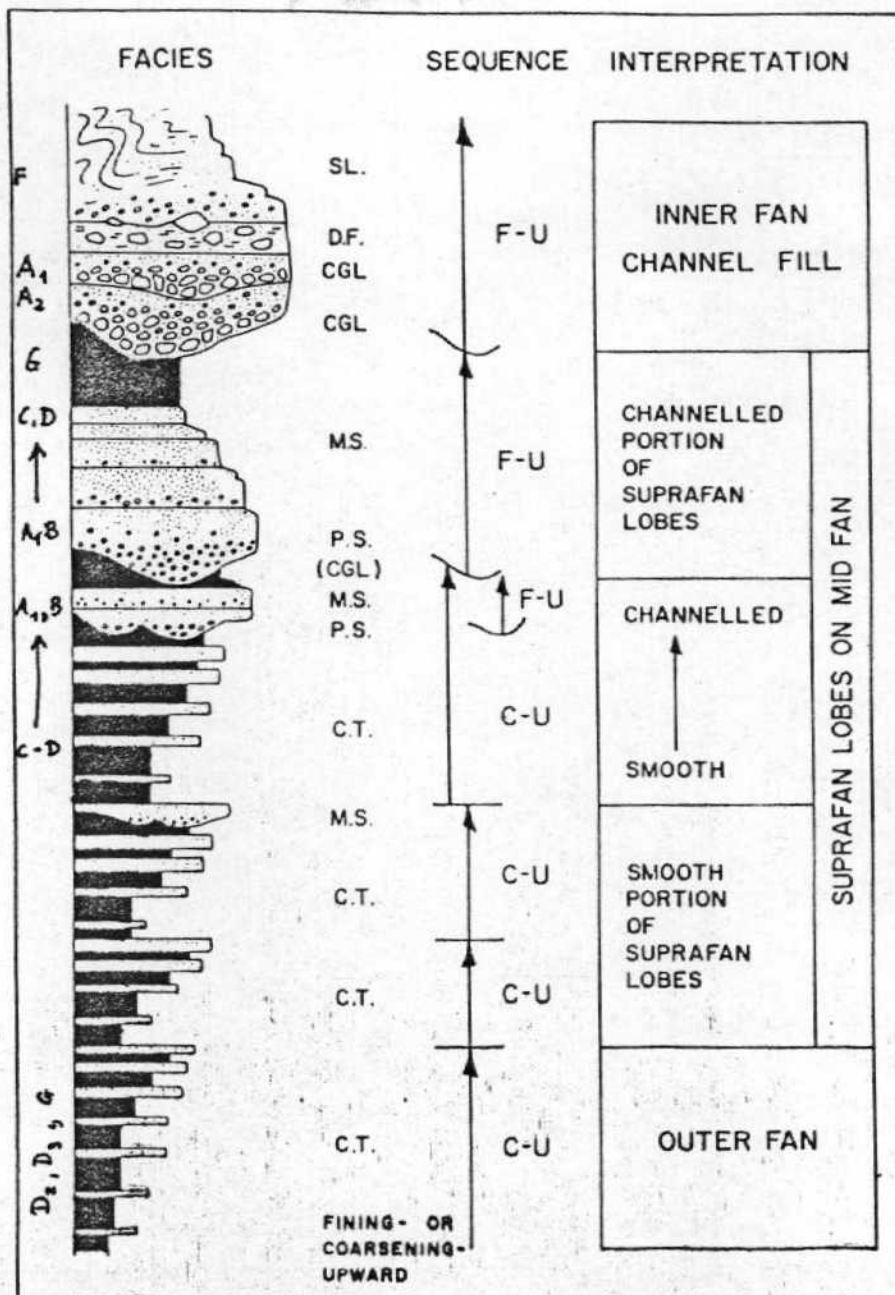


FIG. 6

Figure 14

Hypothetical submarine fan stratigraphic sequence produced by fan progradation. C.T., classical turbidite; M.S., massive sandstone; P.S., pebbly sandstone; D.F., debris

flow. Arrows show thickening- and coarsening-upward sequences (C-U) and thinning- and fining-upward sequences (F-U). See text for details.

En el abanico externo se presentan secuencias de espesor y tamaño de grano creciente hacia el techo debidos a la progradación del abanico. El muro de los estratos no es lo que le diferencia (junto a las facies) de los lóbulos de abanico medio.

\* \* \*

Estas ideas y las recogidas más ampliamente en los trabajos incluidos en la bibliografía seleccionada que se adjunta han servido para la interpretación de facies turbidíticas del Campo de Gibraltar presentes en esta Hoja, y por ello se adjunta esta adenda al Informe Sedimentológico.

## BIBLIOGRAFIA

- BOUMA, A.H. (1962) "Sedimentology of some Flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation". Ed. Elsevier, 168 págs.
- MIDDLETON, G.V. y HAMPTON, M.A. (1973) "Sediment gravity flow: mechanics of flow and de position" SEPM Pacific Section short-course. Turbidites and Deep water Sedimentation. pp.-1-38.
- MUTTI, E. (1977) "Distinctive thin-bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (South-central Pyrenees, Spain)". Sedimentology, 24, pp.-107-131.
- MUTTI, E. y RICCI-LUCCHI, F. (1972) "Le torbiditi dell'Appennine settentrionale: introduzione all'analisi di facies". Mem.Soc.Geol.Ital, 11, - pp.-161-199.
- MUTTI, E. y RICCI-LUCCHI, F. (1974) "La signification de certaines séquentielles dans la series à Turbidites". Bull.Soc.Geol.France, 16, pp.-577-582.
- MUTTI, E. y RICCI-LUCCHI, F. (1975) "Turbidite facies and facies associations". In: Examples of Turbidites Facies and Facies Associations from Selected Formations of the Northern Appennines, pp.-21-36.
- NORMARK, W.R. (1978) "Fan valleys, channels and depositional lobes on modern - submarine fans: characters for recognition of sandy turbidite environments". Am.Ass.Petr.Geol.Bull. 62, pp.-912-931.
- RICCI-LUCCHI, F. (1980) "Sedimentologia". Ed. C.L.U.E. Bologna, 3 Tomos.
- STANLEY, D.J. y KELLING, G. (Eds.) (1978) "Sedimentation in Submarine Cayons, Fans and Trenches". Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, 395 págs.
- WALKER, R.G. (1975) "Generalized facies models for resedimented conglomerates of turbidite associations". Geol.Soc. Am. Bull., 86, pp.-737-748.
- WALKER, R.G. (1978) "Deep-water sandstone facies and acient submarine dans: models for exploration for stratigraphic traps". Am.Ass.Petr.Geol.Bull. 62, pp.-932-966.
- WALKER, R.G. (1980) "Turbidites and associated course clastic deposits" In WALKER, R.G. (Editor) Facies Models Ed. Geoscience Canada, pp.-91-103.
- WALKER, R.G. y MUTTI, E. (1973) "Turbidite facies and facies associations. In: MIDDLETON, G.V. and BOUMA, A.H. (Eds), Turbidites and Deep Water Sedimentation. SEPM Pacific Section short Course Anaheim, pp.-119-158.

INFORME SEDIMENTOLOGICO DE LA HOJA 14-47 (SAN ROQUE)

<u>Indice</u>	<u>Página</u>
Introducción .....	1
Unidad del Aljibe .....	2
Formación Benaiza .....	2
Calizas de la Linea .....	6
Areniscas del Aljibe .....	8
Unidad de Algeciras .....	14
Término superior .....	14
Unidades "intermedias" .....	16
Plioceno .....	18
Conclusiones .....	19

ADENDA

Criterios de interpretación de las facies turbidíticas.