

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

INFORME SEDIMENTOLÓGICO

HOJA N° 359 (32-14)

BALAGUER

Autor:

Santos García, J.A. (ENADIMSA)

Julio, 1991

INDICE

	<u>Página</u>
<u>1.- INTRODUCCION.....</u>	1
<u>2.- COLUMNAS REALIZADAS.....</u>	3
<u>3.- UNIDAD EVAPORITICA.....</u>	4
<u>3.1.- Características principales.....</u>	4
<u>3.2.- Secuencias.....</u>	5
<u>3.3.- Petrografía.....</u>	6
<u>3.4.- Interpretación.....</u>	7
<u>4.- UNIDAD CARBONATADA.....</u>	9
<u>4.1.- Características principales.....</u>	9
<u>4.2.- Secuencias.....</u>	10
<u>4.3.- Petrografía.....</u>	12
<u>4.4.- Interpretación.....</u>	14
<u>5.- UNIDAD DETRITICA.....</u>	16
<u>5.1.- Características principales.....</u>	16
<u>5.2.- Secuencias.....</u>	18
<u>5.3.- Petrografía.....</u>	20
<u>5.4.- Interpretación.....</u>	21
<u>6.- BIBLIOGRAFIA.....</u>	24

1.- INTRODUCCION.-

La Hoja 359 (Balaguer) se encuadra dentro de los depósitos terciarios del Valle del Ebro, estando situada en la parte nororiental.

Esta cuenca se configura como una cuenca tardía de antepaís, relacionada con la evolución del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS et al., 1986), actuando el borde septentrional como margen de cuenca tectonicamente activo, desde fases muy tempranas.

Durante el Terciario tuvo lugar el emplazamiento hacia el S. de varias unidades alóctonas (SEGURET, 1970; SOLE SUGRAÑES, 1978; MUÑOZ et al. 1986) que condicionaron la evolución de los sucesivos surcos sedimentarios, adquiriendo la Cuenca del Ebro su identidad estructural durante el Oligoceno, en relación con las fases tardías de emplazamiento de los mantos pirenaicos.

En consecuencia, la geometría, estructura y relleno sedimentario de la cuenca, en su parte septentrional, está claramente condicionada por la evolución del diastrofismo en la cordillera pirenaica.

Los bordes pirenaicos se encuentran cabalgados y empujados hacia la cuenca, por lo que el Terciario más antiguo, generalmente, se encuentra oculto bajo los mantos de corrimiento.

La Hoja de Balaguer (359), se situa en la zona limítrofe con el "Cabalgamiento inferior de las Sierras Marginales", aunque no llegan a aflorar materiales pertenecientes a estas escamas, excepción hecha del pequeño afloramiento de Font de Rivera.

El resto de materiales terciarios, queda bien representado a lo largo del anticlinal de Barbastro-Balaguer, que cruza la Hoja en su parte septentrional, mientras que hacia el Sur, solo aflora la unidad más moderna (U. Detritica Superior) en forma de pequeños retazos, ya que los depósitos cuaternarios cubren ampliamente la superficie de la Hoja.

El objetivo principal de este informe es la caracterización de las distintas unidades terciarias (fluviales y lacustres), a partir del análisis secuencial y del establecimiento de las distintas relaciones verticales y laterales de asociación de facies, con el fin de obtener una primera aproximación sobre las características sedimentológicas de cada unidad (tipos petrológicos, facies, secuencias, ambiente sedimentario, etc).

Se han diferenciado cuatro unidades terciarias a nivel cartográfico, que de muro a techo denominamos:

- Unidad Evaporítica.
- Unidad Carbonatada.
- Unidad Detritica Inferior.
- Unidad Detritica Superior.

2.- COLUMNAS REALIZADAS.-

Con el fin de obtener las series más representativas de las diferentes unidades, las columnas realizadas se encuentran en la parte septentrional de la Hoja, a excepción de la de Alguaire (04), que se situa en la mitad centro-occidental de la misma.

Estas columnas han sido levantadas en detalle, intentando plasmar todos aquellos rasgos que puedan contribuir a una mejor caracterización como litología, estructuras, paleocorrientes, secuencias, etc., quedando representadas graficamente, en las correspondientes "Columnas Estratigráficas de Detalle", a escala 1/200.

Se ha levantado un total de 1032'3 m distribuidos en 5 columnas del modo siguiente:

COLUMNA	UNID. EVAP.	UNID. CARBO	UNID. DETR. SUPE.	UNID. DETR. INFER	TOTAL
Castelló Farfanya	21'4	76'6	125	147'3	370'3
Alguerri	78	48	63'4	-	189'4
Alfarrás I	13'4	47'6	127	23	211
Alguaire	-	-	-	66	66
Alfarrás II	-	-	-	195'6	195'6
TOTAL	112'8	172'6	315'4	431'9	1032'3

Se han tomado 121 muestras para realizar el correspondiente estudio petrográfico y 19 muestras para levigados.

3.- UNIDAD EVAPORITICA.-

Esta unidad aflora bien en la parte septentrional de la Hoja, en el núcleo del anticinal de Barbastro-Balaguer, que se extiende muchos kilómetros fuera de los límites de la misma.

Está constituida por un conjunto yesífero de aspecto bastante monótono, con algunas intercalaciones lutítico margosas, más frecuentes hacia la parte superior.

De las series realizadas, tres cortan esta unidad con las siguientes potencias:

- Castelló de Farfanya.....21'4 m.
- Alguerri.....78 m.
- Alfarras-I.....13'4 m.

aunque en ninguna de ellas se corta la potencia total de la unidad, que es mucho mayor.

3.1.- Características principales.-

Esta unidad denominada "Formación Barbastro" por RIBA (1967), está constituida fundamentalmente por yesos, entre los que a veces se intercalan lutitas y margas de color gris-verdoso.

Al tratarse de depósitos afectados por el plegamiento y dada su plasticidad, se encuentran generalmente distorsionados, lo que unido a la elevada tasa de meteorización de estos materiales, que afecta tanto a la estructura y textura como a la composición, dificulta su reconocimiento.

Al no existir en la zona explotaciones que permitan obtener muestras de roca fresca, debe tenerse en cuenta que las facies muestradas no son representativas de la roca.

Los niveles yesíferos presentan diversas estructuras, siendo las más frecuentes los yesos megacristalinos y los yesos nodulares alabastrinos.

El yeso megacristalino está formado por cristales de yeso cuyo tamaño varia de mm a cm, con morfología irregular, asociados a material lutítico o margoso dispuesto intersticialmente, lo que da al conjunto tonos grises.

Esta estructura, dadas las grandes dimensiones de los cristales y abundantes inclusiones (MANDADO, 1987), inducen a pensar en un crecimiento rápido en condiciones de equilibrio, bajo condiciones de fuerte saturación y en nuestro caso, es fácil interpretarla como el resultado de un proceso de recristalización, que ha sido favorecido por los esfuerzos de origen tectónico y halocinético, sufrido por estos materiales.

La estructura nodular, también denominada "chiken-wire", en mosaico, etc., presenta generalmente los nódulos constituidos por yeso alabastro y ha sido interpretada como el resultado de un proceso de cristalización, en un medio subaéreo, por evaporación del agua de sedimentos blandos, cargados de sulfatos (KINSMAN, 1971; SHEARMAN, 1978, etc.).

Los niveles intercalados entre los yesos, suelen corresponder a lutitas margosas con estructura masiva y ocasionalmente de aspecto laminar. Esta laminación, es producida por una alternancia de finos niveles micríticos y otros con mayor contenido de detríticos, o también por alternancia de micrita y yeso, sin descartar la posibilidad, en algunos casos, de un origen algaceo.

3.2.- Secuencias.-

Dada la elevada meteorización de estos materiales, es difícil reconocer con cierto detalle las secuencias originales, no obstante, pueden diferenciarse dos tipos de secuencias (figura 1):

-Tipo 1: Se trata de secuencias constituidas por un tramo inferior de yesos (megacristalino o nodular), que pasa hacia techo a un tramo de lutitas margosas, en las que pueden aparecer pequeños cristales o nódulos de yeso dispersos.

Se interpreta como el paso de un lago salino (tramo inferior) hacia zonas más marginales, en la llanura fangosa subacuática.

Estas secuencias se presentan a escalas muy diferentes, desde pocos cms hasta 8 o 10 m, es decir, pueden corresponder a pequeñas variaciones de la lámina de agua o a procesos más amplios en el tiempo, que dan lugar a nuevas configuraciones de los márgenes y a cambios más importantes de profundidad y de la concentración de las aguas.

-Tipo 2: Estas secuencias son muy similares a las anteriores, aunque suelen presentarse a menor escala (siempre inferior a 1 m) y están restringidas a la parte superior de la unidad.

El tramo inferior es también yesífero y el superior lutítico margoso, pero en él se intercalan finos niveles (cms) de yesoarenitas, con geometría lenticular y laminación cruzada.

Se interpretan como el paso de zonas lacustres, con predominio de precipitación en el fondo, hacia zonas marginales en la llanura fangosa subacuática, donde pequeñas corrientes retrabajan el sedimento, es decir, se produce una somerización que permite la exposición subaérea de algunas zonas, cuya erosión da lugar a pequeños canales de yesoarenitas dentro de la llanura fangosa.

3.3.- Petrografía.-

Todas las muestras de yeso estudiadas corresponden a facies muy recristalizadas, con abundantes masas de lutitas y margas, entre las que son frecuentes los cristales de yeso sin ninguna orientación.

En ocasiones se observan cristales con textura en "espiga" y bordes difusos, siendo dominante la textura alabastrina y megacristalina y esporádicamente, textura fibrosa.

Entre las litologías intercaladas con los yesos se han diferenciado niveles detríticos y carbonatados.

Los niveles detríticos corresponden a lutitas y litarenitas calcáreas, destacando la presencia de micas negras (biotitas).

Los niveles carbonatados están formados por micritas bastante homogéneas (mudstones) y sin grandes cambios texturales. Localmente algunas micritas presentan zonas de aspecto grumelar, que pueden atribuirse a procesos de recristalización o a alteraciones de micritas no consolidadas, ya que los elementos están muy mal definidos, con bordes difusos y en tránsito gradual a la micrita (SANTOS, 1985).

Es relativamente frecuente la existencia de bandeados, que pueden atribuirse a:

- Laminación algal, con zonas relictas de velos algáceos y mayor concentración de materia orgánica, que dan a la roca un aspecto bandeadado irregular y con frecuentes ondulaciones.

- Laminación por alternancia de láminas micríticas y de lutitas con clastos de cuarzo. Los niveles micríticos suelen presentar variación en el tamaño de los cristales y cavidades o "vugs planares", que se atribuyen a procesos diagenéticos tempranos (SHINN, 1968).

Algunos niveles margosos, presentan zonas con cemento yesífero y fisuras llenas por yeso fibroso que atraviesan la roca.

Destaca al final de la unidad en la columna de Castelló de Farfanya, la existencia de una facies carbonatada muy típica, consistente en una caliza de aspecto brechoide (intraesparita) formada por grandes elementos micríticos, inmersos en un mosaico de esparita. Se observan zonas con recristalización diferencial, fisuras y venas llenas de esparita y rellenos geopetales.

Esta facies se interpreta como el resultado de una primera etapa de exposición subaérea, que daría lugar a brechiación y disolución, para posteriormente producirse recristalizaciones y cementación calcítica.

3.4.- Interpretación.-

Es difícil caracterizar el medio y la evolución en una unidad como la Evaporítica, ya que la práctica totalidad de las facies yesíferas que pueden muestrearse, presentan intensa diagénesis y los efectos tectónicos sufridos han destruido casi toda evidencia de texturas primarias, por lo que muy poco se puede argumentar sobre el medio original.

Unicamente a partir de la asociación de facies finas (lutitas arcillosas y margas) intercaladas en los yesos, es posible realizar algunas consideraciones sobre el ambiente, ya que estas facies, su posición en las secuencias y características, permiten caracterizar áreas marginales de un ambiente lacustre.

Las secuencias esquemáticas definidas, representadas a diferentes escalas, denotan la evolución desde facies de lago salino hacia facies marginales, indicando variaciones de la lámina de agua (expansiones y retracciones) que justifican cambios en la concentración.

Estas secuencias caracterizan procesos de somerización a pequeña escala, que parecen bastante frecuentes.

En la columna de Castelló de Farfanya se aprecia un aumento hacia techo de las intercalaciones de facies finas de forma muy clara, mientras que en las otras dos columnas estudiadas, aunque la tendencia es similar, el proceso se realiza de forma menos marcada, lo que atribuimos a que las facies de Castelló de Farfanya son ligeramente más marginales que las de Algerri y Alfarrás (figura 2).

En el conjunto de la unidad, hacia la parte superior se observa la existencia de pequeñas zonas de exposición subaérea, que han permitido la erosión de esas zonas, aportando material a las llanuras fangosas subacuáticas donde las pequeñas corrientes existentes han podido retrabajarlo, dando lugar a los niveles de yesoarenitas y otros niveles detríticos (procedentes de áreas más marginales o de borde del lago).

La presencia de algunos nódulos de silex en las facies yesíferas la interpretamos como resultado de un proceso de diagénesis temprana (MANDADO, 1987).

En consecuencia, la U. Evaporítica en la Hoja de Balaguer podría interpretarse como el resultado de oscilaciones estacionales en un medio de playa-lago de grandes dimensiones, en donde la zona de Castelló de Farfanya parece más marginal, en términos relativos, ya que las intercalaciones de finos son más potentes y con mayor proporción de detríticos.

En la figura 3 se representa de forma esquemática el modelo idealizado de esta unidad.

4.- UNIDAD CARBONATADA.-

Esta unidad presenta un afloramiento similar al de la unidad infrayacente y se encuentra constituida por una monótona sucesión de niveles calcáreos, de orden decimétrico generalmente, entre los que se intercalan en ocasiones facies finas lutítico arcillosas y margosas.

Las series que cortan esta unidad son:

- Castelló de Farfanya.....76'6 m
- Algerri.....48 m
- Alfarrás I.....47'6 m

totalizando 172'2 m.

4.1.- Características principales.-

Esta unidad está constituida fundamentalmente, por calizas en bancos centimétricos y decimétricos entre los que se intercalan lutitas arcillosas y margas, así como niveles de silex.

La unidad está bien representada en la columna de Castelló de Farfanya, en la que en la base (tramo 3) se observa una fina alternancia de niveles (2-4 cms) de yeso y carbonatos, situados sobre calizas de aspecto brechoide, con clastos de varios centímetros y cemento yesífero, que presenta abundantes cortezas fibrosas tapizando masas de caliza mesocristalina.

Encima se observan facies calcáreas de aspecto tableado, en las que de forma localizada aparecen seudomorfos de calcita a partir de yeso lenticular, aunque casi siempre solo queda el hueco de los cristales originales.

Destaca la presencia de algunos niveles con laminación de carácter estromatolítico, a veces con formas dómicas de muy pequeño tamaño y casi siempre mal expuestas.

Los siguientes 22'4 m (tramos 4 y 5) representan un conjunto de secuencias de orden métrico, con la parte inferior bastante compacta y hacia techo términos margosos con pequeñas intercalaciones de arcilla y niveles milimétricos de yeso, dando al conjunto un aspecto laminado.

Destaca el aumento de espesor de los niveles margosos hacia la parte superior.

Encima se sitúan 7'6 m (tramo 6) de un conjunto calcáreo, en bancos de espesor centimétrico, en los que de forma local se identifica laminación, probablemente algal. Son frecuentes los ripples de oscilación y las estructuras de escape de agua. Destaca la existencia de dos niveles (3-5 cms) intercalados de silex.

A continuación hay 9'4 m (tramo 7) en los que los primeros 6'8 m están formados por una alternancia de niveles calizos (0'2 - 0'4 m) y margas, que hacia techo se hacen más detriticos, con intercalación de niveles de areniscas muy finas de tonos amarillentos, laminación cruzada y convoluta de orden centimétrico, que constituyen un nivel característico de gran continuidad lateral.

La Unidad Carbonatada termina con 2'6 m de calizas en bancos centimétrico y decimétricos que localmente presentan laminación algal.

Las columnas realizadas en Algerri y Alfarrás I, representan un conjunto carbonatado con secuencias hasta de orden métrico, pero más homogéneas, con bancos de 10 a 20 cm de calizas compactas con restos de Charáceas, Ostrácodos y Gasterópodos, bastante bioturbadas y con frecuentes niveles intercalados de silex. En ambas series, la parte final presenta intercalaciones más detriticas.

En Algerri se observan pequeños restos vegetales y plantas verticales, en finos niveles de areniscas intercaladas entre lutitas arcillosas.

En Alfarrás se intercalan niveles de areniscas y yesoarenitas entre arcillas verdosas.

4.2.- Secuencias.-

Se han diferenciado 5 tipos de secuencias en la U. Carbonatada, cuyas características principales son las siguientes (figura 1):

Tipo 1: Presenta espesores entre 0'2 y 0'6 m y aparece formada por calizas margosas, localmente con laminación cruzada debida a ripples, o margas con laminación paralela, sobre las que se sitúan calizas más compactas con superficies algo irregulares y seudomorfos de calcita, formados a partir de yeso lenticular, aunque casi siempre queda el hueco por disolución de los cristales originales.

Se interpreta como secuencias de somerización, en un ambiente lacustre de poca profundidad bajo condiciones de cierta aridez, o tambien, como secuencias lacustres marginales dentro de la llanura fangosa subacuática. Está bien representada en el tramo 3 de la columna de Castelló de Farfanya.

Tipo 2: Varian de 0'5 a 2 m de espesor y corresponden a secuencias relativamente monótonas, formadas por un término inferior lutítico margoso y otro superior de calizas tableadas. Las lutitas y margas estan por lo general laminadas y en ocasiones, intercalan arcillas o niveles milimétricos de yeso.

Los carbonatos tableados pueden presentar laminación algal. El tránsito de lutitas y margas a los carbonatos tableados es bastante rápido, mientras que el techo de las secuencias suele ser neto.

Se interpretan como secuencias de somerización en ambiente lacustre. Las lutitas y margas se depositan bajo lámina de agua de poco espesor, en zonas centrales de lagunas someras que se desecan progresivamente.

Los niveles carbonáticos representan ambientes más marginales en el borde de lagos de escasa profundidad, similares a "fringing mud flats carbonáticos" (EUGSTER y HARDIE, 1978 y SURDAN y STANLEY, 1979).

Tipo 3: Son secuencias con espesores entre 0'3 y 0'5 m, formadas por una parte inferior de calizas con ripples de oscilación, localmente pequeños estromatolitos y estructuras de escape de agua. Destaca la presencia de finos niveles de silex. La parte superior está representada por bancos masivos con estratificación tabular más neta y muy compactos. Localmente se observa laminación algal. Se interpretan como secuencias lacustres marginales, en la llanura fangosa subacuática.

Tipo 4: Presenta espesores entre 0'15 y 0'25 m, iniciandose por un nivel de arenas finas que tiene granoselección, laminación convoluta, laminación cruzada debida a ripples y zonas con climbing. Encima se situa un tramo carbonatado con límite neto, que corresponde a calizas con ligero bandeados, producido por la alternancia de finas láminas con diferente proporción de detríticos.

Esta secuencia se interpreta como depósitos relacionados con entrada de detríticos en áreas marginales, con características de facies turbidíticas, que gradualmente se estabilizan dando lugar al desarrollo del término carbonatado.

Se encuentra bien representada en la columna de Castelló de Farfanya (tramo 7).

Tipo 5: Secuencias de 0'5 a 0'8 m de espesor formadas por arenas finas en la base, sin estructura interna visible, sobre el que se sitúan yesoarenitas (con bastante biotita) y arcillas verdosas, con pequeñas intercalaciones de yeso y algún nivel calizo (5-10 cms) de poca continuidad lateral.

Se interpreta como una secuencia de áreas marginales del lago, en las que se produce entrada de detríticos y la meteorización y desmantelamiento de zonas yesíferas, que dá lugar a las yesoarenitas.

Termina con un episodio de facies de decantación, en pequeñas lagunas o "charcas" de borde, donde pueden precipitar facies carbonatadas.

Esta secuencia aparece bien representada en la columna de Alfarrás I (tramo 4).

4.3.- Petrografía.-

En esta unidad se pueden diferenciar tres zonas por las características de las rocas presentes:

- Zona inferior con frecuentes niveles finos de areniscas y calizas.
- Zona intermedia, que constituye la casi totalidad de la unidad, donde predominan las calizas tableadas.
- Zona superior tambien con niveles finos de calizas y areniscas.

Los niveles de arenisca de la parte inferior, corresponden a litarenitas calcáreas de tamaño medio próximo a 0'1 mm, con abundante cuarzo y cantidades menores de feldespato, biotita, etc. Cemento calcítico (esparita) y en algunas zonas cemento yesífero muy local, circunscrito a algunos poros, así como zonas donde se observan removilizaciones de óxidos de hierro.

Los niveles calcáreos de la zona inferior están representados por micritas de aspecto laminado, formados por una alternancia de zonas oscuras y claras debidas al diferente tamaño de cristal, que pueden

atribuirse a procesos de recristalización (BATHURST, 1979). Existe cuarzo disperso y algunas venas transversales llenas de esparita. Alguna muestra se encuentra parcialmente dolomitizada.

Destaca la presencia de una facies de aspecto brechoide, prácticamente idéntica a la descrita en el techo de la U. Evaporítica, cuyos elementos están cementados por esparita tipo blocky y con vénulas de microesparita y esparita, que a veces atraviesan dichos elementos indicando así su carácter polifásico.

Se interpreta como el resultado de una etapa de nodulización (exposición subáerea) seguida por fisuración (probablemente debida a contracciones del material) relleno de fisuras y cementación.

Este conjunto denota áreas marginales de la cuenca, con zonas localmente emergidas, en las que se observan procesos atribuibles a edafizaciones (rasgos hidromorfos y calcimorfos) y probablemente a carstificación.

La casi totalidad de la unidad (calizas tableadas) está representada por micritas fosilíferas y biomicritas (wackestone, a veces packestone y muy raramente grainstone), con abundantes restos de Ostrácodos y Charáceas, con algún cuarzo disperso pero siempre muy escaso (< 1%).

Presenta porosidad móldica, fundamentalmente con la zona interna de los moldes micritizada o rellena de cemento mesocristalino con textura blocky y ocasionalmente, se observa la presencia de algunos nódulos de silex. A veces se encuentran bioturbadas.

Este tipo petrológico domina en la columna de Algerri y en la mitad inferior de Alfarrás.

En las columnas de Castelló de Farfanya y la mitad superior de Alfarrás, el tipo petrológico más común está representado por micritas con restos fósiles escasos (Charáceas y Ostrácodos) y texturas bastante homogéneas, aunque en ocasiones se observa un bandeadado difuso, probablemente de origen algal.

Presenta recristalizaciones diferenciales y en algunas muestras se identifican pequeñas nodulizaciones y zonas de intraclastos redondeados, de bordes difusos, cuyas características permiten atribuirlos a procesos de alteración en micritas no consolidadas. También se observan ocasionalmente, zonas con removilización de óxidos de hierro y algunas venas llenas de esparita.

Estas facies presentan rasgos de zonas más lacustres (Algerri y parte baja de Alfarrás), junto con otras más palustres, permitiendo situar la zona de Castelló de Farfanya en zonas más marginales.

Finalmente los niveles de areniscas y calizas de la Zona superior, están representados por litarenitas calcáreas, con cuarzo, feldespatos y biotita fundamentalmente. Cemento calcítico y localmente silíceo.

El tamaño medio varia desde 0'08 a 0'3 mm y en ocasiones se observan pequeñas bandas con concentraciones de óxidos de hierro.

Los niveles calcáreos corresponden a micritas y biomicritas con restos algáceos y a micritas arenosas, con zonas de concentraciones diferenciales de carbonato (rasgos calcimorfos).

4.4.- Interpretación.-

El límite entre la U. Carbonatada y la Unidad infrayacente (U. Evaporítica) fué marcado por GARRIDO (1973) como una ruptura sedimentaria en zonas más al Oeste (brecha poligénica del río Isuela), sin embargo, en el área estudiada se presenta como un tránsito gradual (Algerri y Alfarrás) o con zonas ligeramente carstificadas (Castelló de Farfanya), lo cual podría interpretarse como que el área comprendida por la Hoja de Balaguer, se sitúa en zonas relativamente más centrales de la cuenca y los únicos vestigios de tal ruptura se observan en zonas restringidas espacialmente, que han podido quedar expuestas a la meteorización y sufrido procesos de carstificación.

Gradualmente la repartición de facies se hace más homogénea en todo el área y se desarrolla un ambiente lacustre-palustre de reducida profundidad, en el que son frecuentes las fluctuaciones de carácter transgresivo y regresivo, como denota la presencia común de secuencias de somerización (tipos 1 y 2) y de facies marginales (tipo 3), que en última instancia podrían atribuirse a variaciones climáticas de periodo largo (figura 2).

La parte final de la unidad presenta secuencias con mayor contenido en detriticos (tipos 4 y 5), que reflejan un descenso del nivel de base del lago, con desarrollo en las zonas marginales de pequeñas lagunas temporales, en las que pueden alcanzarse concentraciones que dan lugar a la precipitación de carbonatos e incluso niveles evaporíticos.

Las facies de yesoarenitas indican la meteorización y desmantelamiento de algunos niveles evaporíticos.

El aumento de detríticos en la parte final de la unidad, denota el tránsito hacia la unidad suprayacente (U. Detritica) que representa un cambio brusco en la sedimentación, como se verá al analizar esa unidad.

En la figura 4 se representa un modelo idealizado para esta unidad.

5.- UNIDAD DETRITICA.

Esta unidad aflora bien en la parte septentrional de la Hoja, mientras que en el resto aparecen pequeños afloramientos parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios.

Corresponde a la denominada "Formación Peraltilla" (CRUSA FONT et al. 1966), que forma una extensa franja situada al Sur de las Sierras Marginales.

Está formada por una alternancia de areniscas, limos y arcillas, intercalándose en la parte inferior niveles carbonáticos que desaparecen hacia techo. Localmente se observan niveles conglomeráticos.

Se ha realizado un total de 5 series estratigráficas que cortan esta unidad, obteniéndose una potencia real máxima de 272'3 m, en la serie de Castelló de Farfanya. No obstante, interpolando un buzamiento de unos 2° y contabilizando la serie de Alguaire, se puede estimar un mínimo de 750-800 m de espesor.

5.1.- Características principales.

Los materiales que forman esta unidad son conglomerados, areniscas, limos, arcillas y calizas.

Los conglomerados son clasto-soportados en la parte basal de las secuencias, con cantos de cuarcita, arenisca y caliza, de subredondeados a redondeados, mientras que hacia la parte superior pasan a matriz-soportados, con matriz areniscosa y microconglomerática.

Aparecen bien desarrollados en la parte SE de la Hoja, mientras que en el resto solo están presentes, de forma esporádica, como depósitos de fondo de canal o constituyendo sets y cosets complejos de estratificación cruzada, dentro de los paleocanales.

Las areniscas se presentan formando cuerpos canalizados o capas arenosas, cuya situación en las secuencias es diferente, ya que los primeros corresponden a la base de las mismas, mientras que las segundas se desarrollan en la parte superior.

Los cuerpos canalizados suelen presentarse aislados dando por lo general pequeños resaltes que destacan en el terreno, con geometría cóncava en la base y techo horizontal, rasgos típicos de depósitos de baja sinuosidad (MODY-STUART, 1966).

Las características observadas permiten distinguir 5 tipos diferentes de paleocanales:

- Complejos: presentan espesores entre 2 y 6 m y corresponden a cuerpos complejos, con frecuentes superficies de reactivación interna que indican etapas sucesivas de relleno y erosión.
Están llenos por areniscas de grano grueso y medio y por conglomerados.
- Imbricados: presentan espesores entre 1 y 2 m y corresponden a canales menores imbricados, llenos por areniscas de grano medio y grueso, destacando la presencia de incisiones internas múltiples.
- Sin estructura interna: presentan por lo general menos de 1 m de espesor y corresponden a rellenos masivos.
- Con laminación cruzada: su espesor es inferior a 1 m y presentan una organización interna con frecuentes incisiones, cuya estructura es debida a "climbing ripples".
- Con procesos edáficos: su espesor oscila entre 0'5 y 2 m, siendo su rasgo característico la presencia de frecuentes manchas de color rojizo y ocre, que interpretamos como rasgos de hidromorfismo, producidos por la instalación de vegetación (FREYTET y PLAZIAT, 1982) bajo la influencia de una capa freática permanente.

Las capas de arenisca tienen espesores centimétricos (5-40 cm) y se presentan como capas individuales, amalgamadas o alternando con limos y arcillas.

Están formadas por areniscas de grano fino y es frecuente la presencia de laminación cruzada y rasgos de hidromorfismo. Menos abundante es la laminación paralela, estructuras de escape de agua y "burrows" horizontales.

Estas capas se interpretan como depósitos de desbordamiento, tanto lateralmente a los canales como a la desembocadura de los mismos, por efecto de la desaceleración de corrientes tractivas al dejar de estar confinadas en los canales.

Los limos y arcillas se presentan con aspecto masivo y ocasionalmente se observa laminación paralela. Son frecuentes los colores de hidromorfismo. Estos depósitos corresponden generalmente a facies de inundación.

Finalmente, las calizas quedan restringidas a la parte inferior de la unidad, con espesores de 3 cms hasta 2 m, disminuyendo en vertical su presencia, hasta que llegan a desaparecer.

A la mesoescala se pueden diferenciar dos tipos: a) calizas homogéneas y b) calizas con estructura prismática.

- a) Calizas homogéneas: suelen presentar límites planos y restos de Ostrácodos, Gasterópodos y Charáceas, dando lugar a niveles de bastante continuidad lateral, que se interpretan como facies lacustres.
En ocasiones se aprecia marmorización, que probablemente esté relacionada con retracción y desecación del lago.
- b) Calizas con estructura prismática: son de menor espesor y continuidad lateral que las anteriores y esporadicamente presentan huellas de raíces, por lo que se interpretan como facies marginales del lago o también, como facies de zonas encharcadas de muy poca profundidad.

5.2.- Secuencias.-

La asociación de litologías y estructuras permite diferenciar una serie de secuencias (figura 1) que se repite en esta unidad y cuya variación lateral y vertical, posibilita obtener una idea sobre la evolución y modelo sedimentario que ha dado lugar a esta unidad.

De forma esquemática se indican las principales características de estas secuencias (figura 5):

- Tipo A: secuencia granodecreciente con espesores de 6 a 10 m. Está formada por un tramo inferior fundamentalmente conglomerático y de areniscas de grano grueso, con base erosiva y abundantes superficies de reactivación, que truncan los sets y cosets de estratificación cruzada en surco, de media a gran escala.
El tramo superior limo-arenoso, aparece por lo general cubierto, siendo difícil su caracterización.
Este tipo de secuencia solo se encuentra representado en la parte SE de la Hoja y correspondería a las facies conglomeráticas presentes en la Hoja colindante de Bellvis, bien representadas en las proximidades de la masía de Flix.

- **Tipo B:** secuencia positiva con espesores desde 6 a 18. Está constituida por un tramo basal (2-8 m) de areniscas de grano grueso y medio, cuya estructura interna presenta estratificación cruzada en surco de media y gran escala en múltiples sets y cosets, con frecuentes superficies de reactivación interna que indican etapas sucesivas de relleno.
Base claramente erosiva y abundantes cantos blandos. Hacia techo pasa a un tramo de arenas finas, limos y arcillas (4-10 m) con aspecto masivo, ocasionalmente laminación paralela y abundante bioturbación, así como rasgos hidromorfos.
Es frecuente la intercalación de arenas finas que dan lugar a capas individuales y a veces a amalgamación de las mismas, no presentando estructuración interna o, en ocasiones, alguna laminación cruzada debida a ripples. Este tipo de secuencia es representativo de la parte superior de la unidad.
- **Tipo C:** secuencia positiva con espesores entre 3 y 5 m. Está formada por un tramo inferior de areniscas de grano medio y fino (0'5-1'5 m), cuya estructura interna presenta ripples y climbing ripples, con frecuentes incisiones.
Un tramo intermedio constituido por limos y arcillas de aspecto masivo, en las que es posible diferenciar algunos niveles con laminación paralela, laminación convoluta o pequeños ripples.
Suele presentar bioturbación abundante y en ocasiones zonas marmorizadas.
El tramo superior está formado por niveles carbonatados de aspecto homogéneo y relativa continuidad lateral, que parece corresponder a facies lacustres.
Esta secuencia está representada en la parte inferior de la unidad.
- **Tipo D:** secuencia granodecreciente de 3 a 5 m de espesor. Se encuentra formada por un tramo inferior de areniscas de grano medio a fino con aspecto masivo y ocasionalmente, laminación cruzada de ripples.
El tramo superior limo-arcilloso presenta intercalados niveles carbonatados de pocos centímetros, por lo general con estructura prismática y escaso desarrollo lateral. Esta secuencia es muy similar al tipo C, representando pequeñas zonas encharcadas dentro de las facies de llanura de inundación.

- Tipo E: secuencia positiva con espesores de 2 a 5 m. Presenta un tramo inferior de areniscas con aspecto generalmente masivo y otro superior limo arcilloso, sin que se intercalen niveles carbonatados. Este tipo de secuencia, puede corresponder bien a depósitos como consecuencia de una ligera subida del nivel de base, o tambien, a depósitos de desbordamiento como resultado de la migración lateral de la sedimentación activa.

5.3.- Petrografía.-

Petrograficamente y aunque no hay grandes diferencias, dividimos la U. Detritica en una parte inferior y otra superior, como se justificará en el apartado siguiente por otros criterios.

Dentro de la U. Detritica Inferior las facies analizadas, corresponden a areniscas y a algunos niveles calizos intercalados en la serie.

Las areniscas estan representadas por litarenitas calcáreas con cuarzo, feldespatos y biotita fundamentalmente, con cemento calcítico.

Las facies de canales presentan los niveles basales con tamaño medio de 0'3 a 0'7 mm, mientras que hacia techo disminuye hasta 0'1 y 0'05 mm. Las zonas altas de los canales son litarenitas calcáreas, en las que son frecuentes las concentraciones diferenciales de óxidos de hierro (rasgos hidromorfos) y la existencia de bioturbación. Localmente presentan laminación.

Los niveles de areniscas que corresponden a capas de pocos cms de espesor tienen un tamaño medio inferior a 0'1 mm y tambien presentan rasgos hidromorfos. En ocasiones se trata de micritas arenosas.

Los niveles calizos intercalados corresponden a 2 tipos petrológicos:

- Micritas fosilíferas y biomicritas, con restos de Charáceas y Ostrácodos. Porosidad móldica y zonas recristalizadas. En ocasiones presentan concentraciones diferenciales de carbonatos (rasgos calcimorfos), dando lugar a marmorizaciones que podrian relacionarse con retracciones y desecación del lago.

- Micritas sin restos fósiles o muy escasos, generalmente recristalizadas.
Detríticos dispersos y siempre en muy pequeña proporción. En ocasiones, presentan zonas con elementos de bordes difusos y mal definidos que dan aspecto grumelar, así como concentraciones diferenciales de óxidos de hierro (rasgos hidromorfos).

La U. Detritica Superior está formada por conglomerados y areniscas fundamentalmente. Los niveles de conglomerados y de areniscas presentan tamaños al microscopio entre 8 mm y 0'5 mm, con abundantes extraclastos (rocas metamórficas, calizas mesozoicas y/o paleocenas, etc) y cuarzo. Cemento calcítico.

Los fragmentos de rocas contienen a veces biotitas, en las que se observan todos los estados intermedios entre biotitas sin alterar y biotitas totalmente cloritizadas.

Las facies de las zonas medias y altas de los canales presentan las mismas características, pero con menor tamaño medio (hasta 0'1 mm).

En el caso de las capas gruesas de arenisca, los tamaños medios varian desde 0'05 a 0'3 mm, destacando la presencia de texturas edáficas sobreimpuestas (rasgos hidromorfos y calcimorfos).

La parte final de las secuencias en las que se presentan niveles finos de arenisca, corresponden tambien a litarenitas calcáreas, con tamaño medio desde 0'02 a 0'1 mm y concentraciones diferenciales de óxidos de hierro. En ocasiones se trata de micritas arenosas con marmorización (rasgos calcimorfos), en las que muy localmente se observa laminación difusa, probablemente de origen algal.

5.4.- Interpretación.-

La distribución vertical de las secuencias establecidas, permite reconocer dos partes de características diferentes, en esta unidad, que denominamos (figura 4):

- U.Detrítica Inferior (Peraltilla de Abajo) con superposición de secuencias del tipo C, D y E.
- U. Detritica Superior (Peraltilla de Arriba) con secuencias del tipo A (en la zona SE) y B.

La U. Detritica Inferior presenta facies cuyas características indican una franja del frente distal de los sistemas de canales, en la que se pueden relacionar espacial y temporalmente, los lóbulos distales de los canales (capas de arenisca), los sedimentos lacustres y palustres (facies carbonatadas) y los sedimentos producidos por desbordamiento e inundación de la llanura (figura 6).

La repetición de estas secuencias en vertical, indica una cierta estabilidad del nivel de base en la zona durante la sedimentación, observándose pequeñas progradaciones de los sistemas fluviales, al intercalarse secuencias tipo E entre las de tipo C y D.

Otras variaciones las interpretamos como resultado de la dinámica fluvial, en relación con el relleno y abandono de canales, desplazamiento lateral de los mismos y del nivel de base local, por acumulación de sedimentos, avulsión, etc.

La U. Detritica Superior representa un brusco cambio al instaurarse secuencias del tipo A y B, con características de facies más proximales, lo que interpretamos como un episodio progradante del sistema.

La red de paleocorrientes obtenida (figura 7), indica una clara procedencia del N-NE.

El conjunto de características observadas en la U. Detritica (Inferior y Superior), indica que la sedimentación se realizó en un área continental, en la que los sistemas deposicionales están representados por abanicos aluviales de origen septentrional, ocupando la zona de estudio una franja del frente distal, donde se desarrollarian cuerpos de agua dulce dentro de la llanura de inundación, sobre la que se instalaría vegetación (figura 6).

Los canales evolucionarian aguas abajo hacia facies mas finas, con menor poder erosivo y en consecuencia, hacia canales más amplios y menos profundos, que en ocasiones pueden llegar a taponarse, originando el relleno aguas arriba, en un proceso similar al "backfilling" descrito por SCHUMM (1977).

Las características de los canales corresponden a canales rectos y a veces, a canales trenzados (braided), como es el caso de los canales imbricados descritos, pero no hemos reconocido canales de tipo meandriforme, lo cual, puede atribuirse a que no existió control por variaciones graduales (en sentido longitudinal) en el tipo de carga y en la pendiente (SCHUMM y KHAN, 1972 ; SCHUMM, 1981).

Según todo lo expuesto, la U. Detritica presenta una parte inferior (U. Detritica Inferior o Peraltilla de Abajo) que puede asimilarse a una franja distal de un abanico aluvial, en la que la mayoría de los sedimentos corresponden a depósitos de canales que alcanzan sus niveles de base, intercalándose limos, arcillas y calizas lacustres-palustres desarrolladas en la llanura de inundación.

La parte superior (U. Detritica Superior o Peraltilla de Arriba) representa un cambio en las pautas de la sedimentación, instalándose canales de mayor energía, lo que indica una marcada pogradación, que puede atribuirse al levantamiento del borde septentrional y al consiguiente desplazamiento hacia el S del nivel de base.

En la figura 8 se representa de forma esquemática el modelo idealizado de esta unidad, indicando de forma aproximada la situación de la Hoja de Balaguer.

6.- BIBLIOGRAFIA.

- BATHURST, R.G. (1979). "Carbonate sediment and diagenesis".
Develop. in Sedimentol. 12, 3^a Ed. Elsevier. 658pp.
- CRUSAFONT, M; RIBA, O. y VILLENA, J. (1966). "Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Sta. Cilia (Rio Formiga, Provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas".
Notas y Comunicaciones I.G.M.E. nº 83, pags. 7-14.
- EUGSTER, H.P. y HARDIE, L.A. (1978). "Saline Lakes".
En: Physics. and Chemistry of Lakes. Lerman, A. Ed.
Springer-Verlag. Berlin.
- FREYTET, P. y PLAZIAT, J.C. (1982). "Continental carbonate sedimentation and pedogenesis. Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France".
Contr. Sedimentology 12, 213pp.
- GARRIDO, A. (1973). "Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en la zona central (Provincias de Huesca y Lerida)".
Tesis Doctoral Univ. Granada.
- KINSMAN, D.J.J. (1974). "Calcium sulphate minerals of evaporite deposits: Their primary mineralogy".
En: Fourth Symposium on Salt. Northern Ohio.
Geol. Soc. Cleveland. Vol. 1, pp. 343-348.
- MANDADO, J.M.A. (1987). "Litofacies yesíferas del sector aragones de la cuenca del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica".
Tesis Doct. Univ. Zaragoza. 442 pags.
- MOODY-STUART, M. (1966). "High and low-sinuosity stream deposits, with examples from Devonian of Spitsbergen".
Jour. Sed. Petrol. 36, pp. 1102-1117.
- MUÑOZ, J.A.; MARTINEZ, A. y VERGES, J. (1986). "Thrust sequences in the eastern Spanish Pyrenees".
Jour. of Structural Geology. 8, pp. 399-405.

- PUIGDEFABREGAS,C; MUÑOZ,J.A. y MARZO,M. (1986). "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basins". Spec. Public. Int. Ass. Sediment. 8, pp. 319-336.

- RIBA,O. (1967). "Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la Depresión Central Catalana".
Acta Geol. Hisp. Tomo 2 nº 1, pag. 3-8.

- SANTOS,J.A. (1985). "Contribución al estudio de calizas continentales; las rocas carbonáticas de la cuenca del Jucar".
Rev. Mat. Proc. Geol. Vol. III, pag. 107-124.

- SCHUMM,S.A.y KHAN,H.R. (1972). "Experimental study of channel pattern".
Geol. Soc. Am. Bull. 83, pp. 1755-1770.

- SCHUMM,S.A. (1977). "The fluvial system".
London, John Wiley and Sons. 338 pp.

- SCHUMM,S.A. (1981). "Evolution and Response of fluvial systems, sedimentological implications".
S.E.P.M. Spec. Public. 31, pp.19-30.

- SEGURET,M. (1970-72). "Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsédimentaire: rôle de la compression et de la gravité".
Publ. Univ. Sc. Tec. Languedoc(1972). (USTELA) . Serv. Geol. Struct. nº 2, 155pp.

- SHEARMAN,D.J. (1978). "Evaporites of coastal sabkhas".
S.E.P.M. Short Course Notes 4, pp. 6-42.

- SHINN,E.A. (1968). "Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks".
Jour. Sedim. Petrol. 38, pp. 215-223.

- SOLE SUGRAÑES,L. (1978). "Gravity and compressive nappes in the Central Southern Pyrenees (Spain)".
Amm. Jour. Sci. 278, pp. 609-637.

- SURDAM, R.C. y STANLEY, K.O. (1979). "Lacustrine sedimentation during the culminating phase of Eocene Lake Gosinte, Wyoming (Green River Formation)".
Geol. Soc. Am. Bull. 90, pp. 93-110.

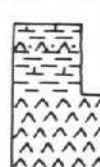
U. EVAPORITICA.

Tipo-1



(cm - 8m)

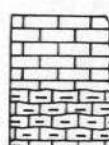
Tipo-2



(< 1 m)

U. CARBONATADA.

Tipo-1



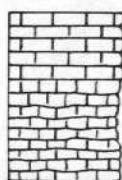
(0'2-0'6m)

Tipo-2



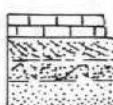
(0'5-2 m)

Tipo-3



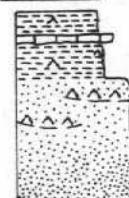
(0'3-0'5 m)

Tipo-4



(10-15 cm)

Tipo-5



(0'5-0'8 m)

LEYENDA

Yesoarenita.

Estruc. lenticular.

Cristales yeso.

Yeso.

Laminac. cruzada.

Ripples (oscilación).

Caliza margosa.

Laminac. paralela.

Climbing ripples.

Caliza.

Laminac. algal.

Nódulos de silex.

Marga.

Estruc. nodular.

Granoselección.

Arcilla.

Est. estromatolítica.

Convoluta

Lutita.

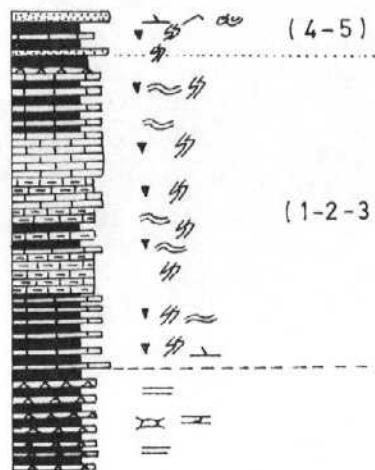
Est. escape de agua.

Edafizado.

Arenisca.

Estruc. laminada.

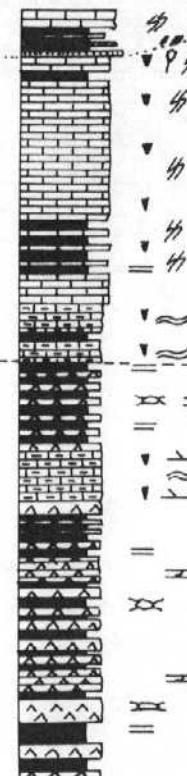
Alfarrás -1.



SIMBOLOS

- △ Lamin. cruzada.
- ↗ Ripples.
- Estruc. convoluta.
- ⚡ Bioturbación.
- ▼ Silex
- ~~ Lamin. algal.
- Lamin. paralela.
- Estruc. lamina da.
- xx Estruc. nodular.
- .. Cantos blandos.
- ∅ Restos vegetales.
- Ⓐ Estruc. estromatolítica.
- Convoluta.
- ↖ Cristales yeso.
- K Karstificación.
- (1-5) Tipo de secuencias.

Algerri



(4-5)

U. CARBONATADA

(1-2-3)

U. EVAPORITICA

LITOLOGIA

- [Wavy lines] Arenisca, lutita, marga.
- [Cross-hatch] Caliza margo-arcillosa.
- [Vertical lines] Caliza compacta.
- [X pattern] Yeso.

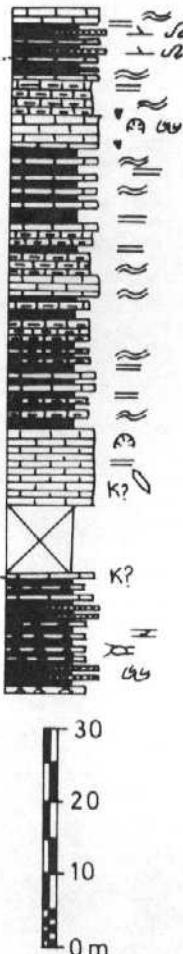
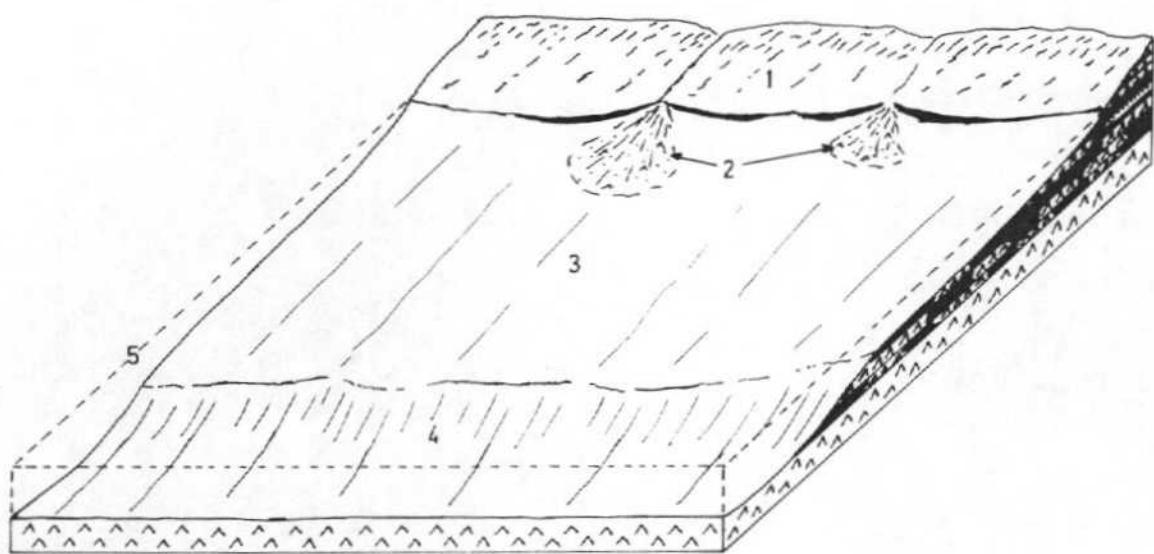


FIG.-2.



1.- Zona de exposición subaérea.

2.- Entrada de detriticos.

3.- Llanura fangosa (limos y yeso).

4.- Lago salino (yeso).

5.- Nivel del lago.

FIG.- 3

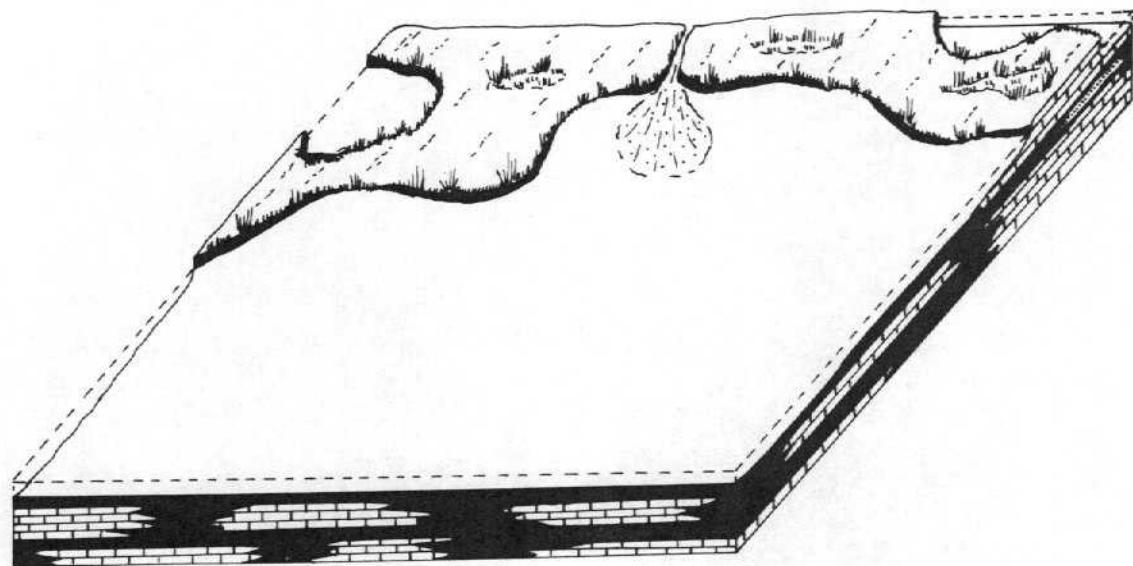
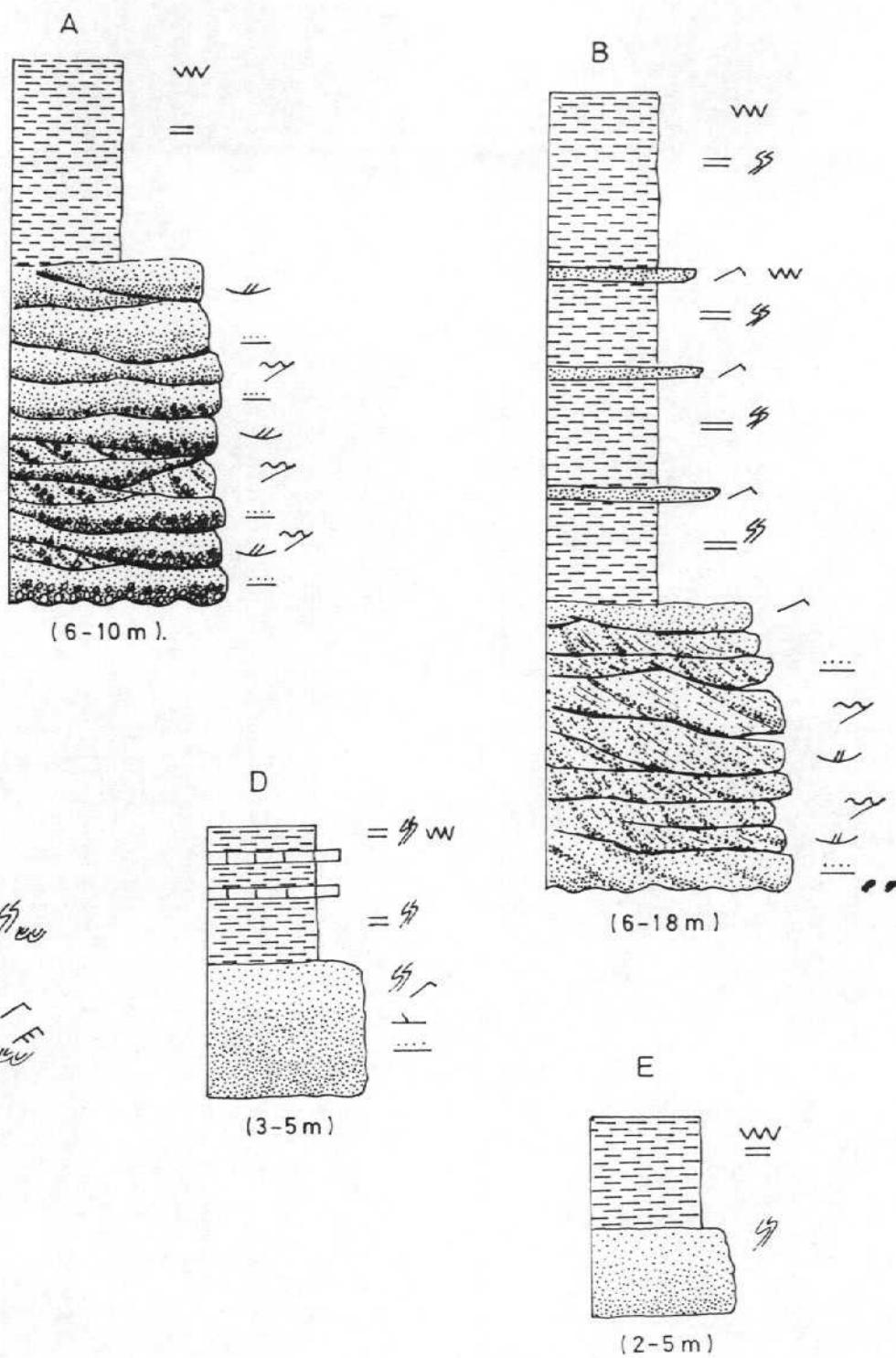


FIG.- 4.

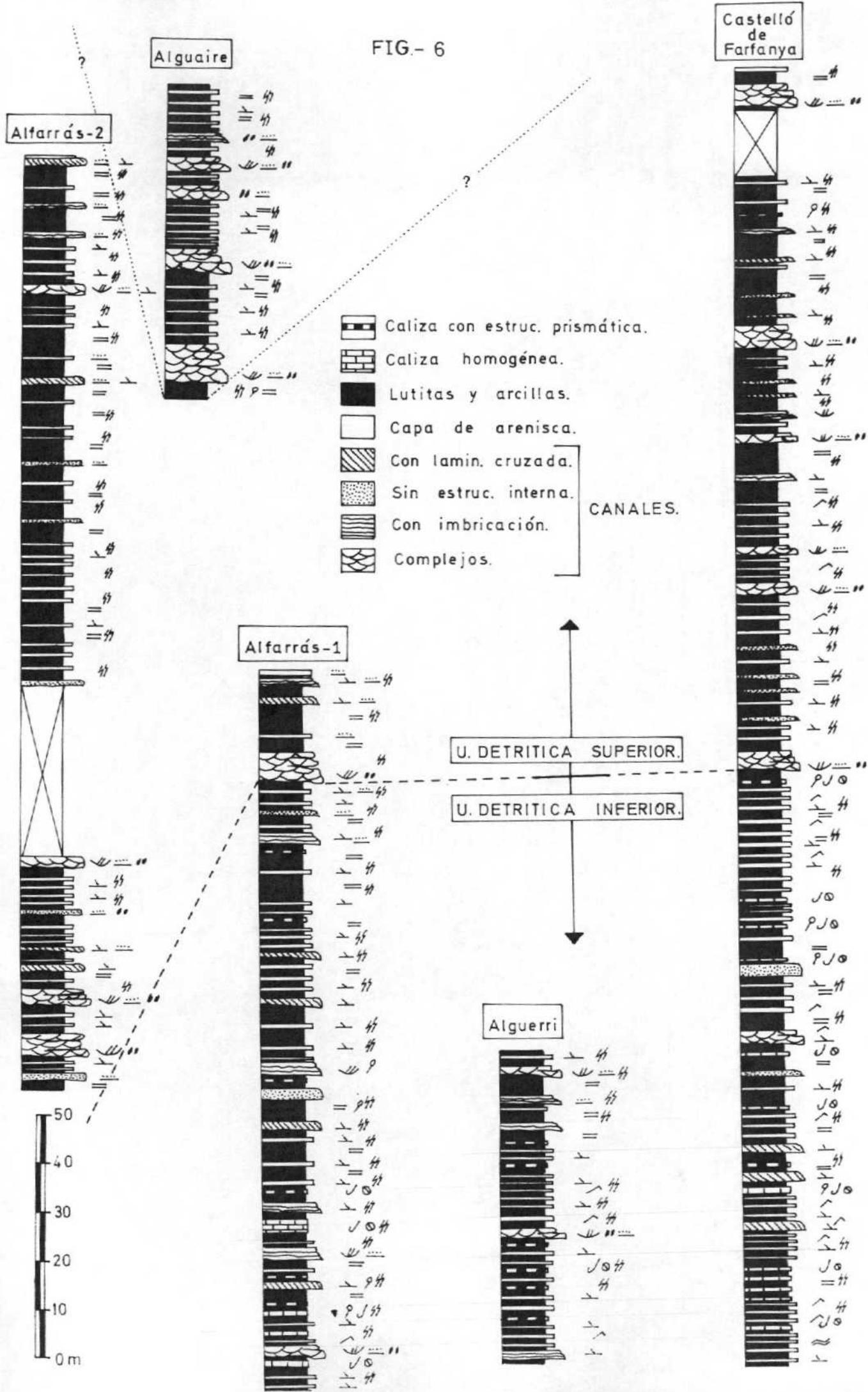


LEYENDA

- | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| [Caliza icon] | Caliza. | [Bioturbación icon] | Bioturbación. |
| [Lutita icon] | Lutita. | [Laminac. paralela icon] | Laminac. paralela. |
| [Arenisca icon] | Arenisca. | [Laminac. convoluta icon] | Laminac. convoluta. |
| [Conglomerado icon] | Conglomerado. | [Laminac. cruzada icon] | Laminac. cruzada. |
| | | [Ripples icon] | Ripples. |
| | | [Climbing icon] | Climbing. |
| | | [Edafizado icon] | Edafizado. |
| | | [Granoselección icon] | Granoselección. |
| | | [Cantos blandos icon] | Cantos blandos. |
| | | [Estr cruzada icon] | Estr. cruzada |
| | | [Superf. reactivación icon] | Superf. reactivación. |

FIG.- 5

FIG.- 6



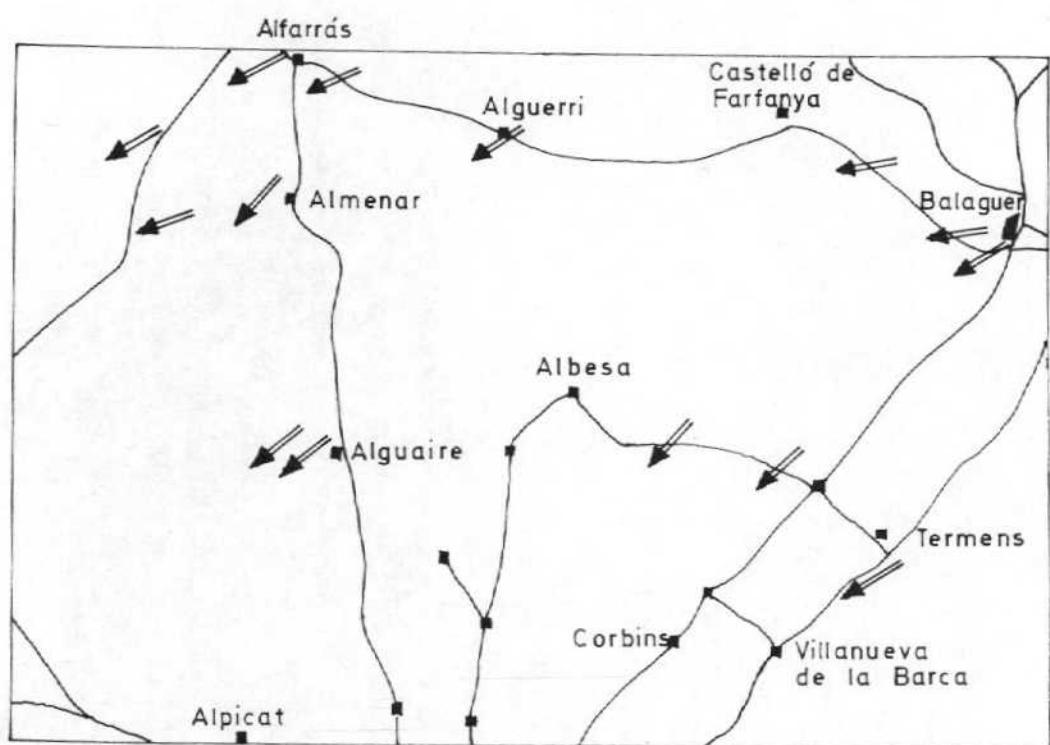
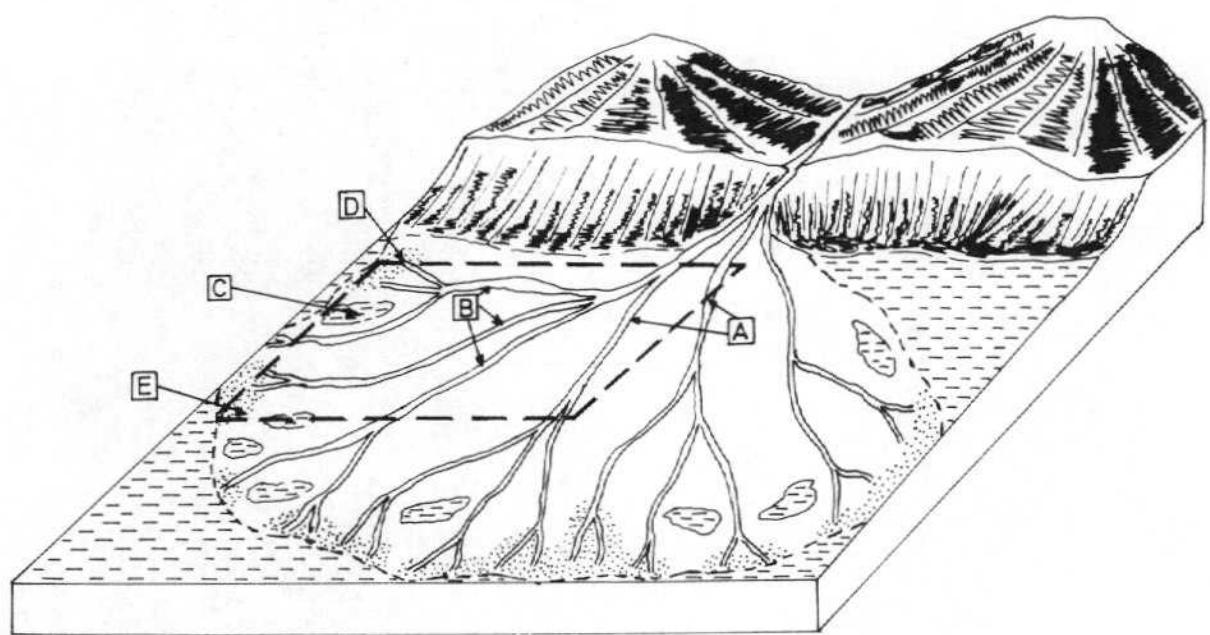


FIG.- 7.



[A] ... [E] Secuencias tipo.

[---] Situación aproximada Hoja.

FIG.-8