

INFORME SEDIMENTOLOGICO

DE LA HOJA DE TARREGA

33-15

389

JUNIO/91

INDICE

## INDICE

	Pág.
1.- <u>INTRODUCCION</u> . . . . .	1
1.1. SITUACION GEOGRAFICA . . . . .	2
1.2. SITUACION GEOLOGICA . . . . .	2
2.- <u>ESTRATIGRAFIA</u> . . . . .	5
2.1. LITOESTRATIGRAFIA. DESCRIPCION DE FACIES . .	7
2.1.1. <u>Ambiente deposicional de abanico</u> <u>aluvial distal</u> . . . . .	10
2.1.1.1. Facies de relleno de paleoca- nales. . . . .	12
2.1.1.2. Facies de llanura de inundación	14
2.1.2. <u>Ambiente deposicional lacustre-</u> <u>palustre</u> . . . . .	16
2.1.2.1. Facies lacustres detríticas .	17
2.1.2.2. Facies lacustre-palustres carbonatadas . . . . .	19
2.2. BIOESTRATIGRAFIA . . . . .	22
2.3. CRONOESTRATIGRAFIA. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL	23
3.- <u>BIBLIOGRAFIA</u> . . . . .	30

1.- INTRODUCCION



## 1.- INTRODUCCION

### 1.1. SITUACION GEOGRAFICA

La zona estudiada, comprende el territorio comprendido en la hoja topográfica de Tàrrega (389). El área se halla dentro de las Comarcas de l'Urgell, de El Plà de l'Urgell y de Les Garrigues, todas ellas ubicadas en la parte catalana de la Cuenca del Ebro.

### 1.2. SITUACION GEOLOGICA

Geológicamente, los materiales estudiados corresponden a los sedimentos que colmataron la Cuenca del Ebro, durante gran parte del Oligoceno. Esta cuenca, desde el Paleoceno hasta la actualidad, se ha comportado como una cuenca de antepaís, cuya evolución está relacionada con la de los orógenos que la circundan (PUIGDEFABREGAS et al., 1986): El Pirineo, por el N, Los Catalánides, por el SE y La Cordillera Ibérica por el SW. A grandes rasgos, durante el Paleoceno y el Eoceno inferior, en la parte septentrional de la cuenca, se desarrollaba el dominio de una sedimentación marina y, en los márgenes de la misma, el dominio de una sedimentación continental. Durante el Eoceno medio y superior, la cuenca era marina y, dentro de ella, se desarrollaron fan deltas, cuya área fuente estaba principalmente ubicada en Los Catalánides (fan deltas de Montserrat y de St. Llorenç del Munt) y en Los Pirineos (fan deltas del Puigsacalm). A finales del Eoceno, en la cuenca tuvo lugar una regresión marina generalizada, que provocó, desde el Eoceno terminal, hasta el Mioceno medio, el desarrollo de abanicos aluviales, en los márgenes de la cuenca y el desarrollo de una sedimentación lacustre en las partes centrales de la misma.

Según los conocimientos actuales, se puede afirmar que durante el Oligoceno, existían dos depocentros, de sedimentación fluvio-lacustre, dentro de la Cuenca: un depocentro oriental, situado en la parte catalana de la Depresión del Ebro, y un depocentro occidental, situado en el área de Navarra. Sin embargo, durante el Mioceno, la Paleogeografía de la cuenca cambió substancialmente, puesto que el depocentro de sedimentación fluvio-lacustre se desplazó, principalmente, en la parte Aragonesa de la Depresión.

Resumiendo, la zona de estudio se halla en la zona occidental de la parte catalana de la Depresión del Ebro y, los materiales que configuran el territorio poseen una edad correspondiente al Oligoceno inferior y al tránsito Oligoceno inferior-Oligoceno superior.

### 1.3. METODOLOGIA DE TRABAJO

El estudio de la zona, se ha realizado sobretodo en base a la cartografía geológica a escala 1:50.000, de la hoja de Tàrraga (389). Por otro lado, se han levantado un total de 11 columnas sedimentológicas de detalle. Asimismo se han recogido 79 muestras, con las que se ha realizado el estudio petrográfico. Para el estudio micropaleontológico, se han recogido un total de 7 muestras, y también se ha recogido 1 muestra para el estudio de micromamíferos.

### 1.4. NOMENCLATURA

En este apartado, se definen los principales términos que se utilizan en el presente informe sedimentológico.

UNIDAD GENETICO-SEDIMENTARIA: Utilizamos dicho término para definir a un conjunto de materiales genética-

NO SE  
ENTIENDE

¿cómo?

mente relacionados, y limitados por discordancias, o por sus respectivas paraconformidades (s.s. MITCHUM et al., 1977). Esta definición, corresponde a la de secuencia deposicional (s.s. VAIL et al., 1977), para sedimentos marinos y, también a la de hinterland sequences (VAIL et al., 1977), para sedimentos continentales. Debido a la ausencia de un modelo bien establecido, en cuencas continentales (VAN WAGONER et al., 1990), preferimos utilizar el término de unidad genético-sedimentaria.

SISTEMA DEPOSICIONAL: Con este término se entiende a una asociación tridimensional de litofacies, formada por un conjunto de ambientes relacionados fisiográficamente (s.s. FISCHER & MCGOWEN, 1967 y SCOTT & KIDSON, 1977).

AMBIENTE DEPOSICIONAL: condiciones biológicas, químicas y físicas, deducidas a partir de grupos de litofacies (SCOTT & KIDSON, 1977).



2.- ESTRATIGRAFIA

## 2. ESTRATIGRAFIA

Los sedimentos que comprenden el territorio estudiado poseen una edad correspondiente al Oligoceno inferior y al tránsito Oligoceno inferior-Oligoceno superior.

A grandes rasgos, dentro de la zona, existen tres dominios litológicos diferentes: un dominio oriental, constituido por una alternancia de facies siliciclásticas, de origen fluvial, y de facies carbonatadas, de origen lacustre, un dominio septentrional, constituido por arcillas y areniscas de origen fluvial, y, finalmente, un dominio meridional, formado principalmente por facies areniscosas, ocasionalmente margocarbonatadas, de origen lacustre. Los materiales fluviales, que se ubican en la parte septentrional de la hoja, forman parte de la Formación Urgell (RIBA, 1967); los materiales fluvio-lacustres de la parte oriental de la misma, pertenecen a la Formación Calizas de Tàrrega (RIBA, 1967), mientras que los materiales lacustres, que se desarrollan en la parte meridional, no han sido formalmente definidos ~~como~~ unidad litoestratigráfica ~~en~~ la literatura geológica.

Debemos resaltar, que los materiales fluvio-lacustres de la parte oriental del territorio (Fm. Calizas de Tàrrega), corresponden a los materiales más antiguos del área de estudio. Por encima de éstos, en la parte septentrional del territorio, se desarrolla un complejo fluvial, mientras que en la parte meridional, existe una alternancia de materiales fluviales y de materiales lacustres. Esto permite el establecimiento de 6 unidades cíclicas (la primera corresponde a las calizas de Tàrrega) formadas, en el área meridional, por materiales fluviales en la base, y por materiales de origen lacustre, en el techo. y, en la parte N de la hoja, exclusivamente por materiales fluviales. La relación existente entre los depósitos fluviales del N y los

Esto no indica nada - todos los materiales están físicamente conectados entre sí

depósitos fluvio-lacustres del S, en los tres ciclos superiores, es de difícil observación. Esto se debe a que, en el área septentrional del territorio, la parte superior de los sedimentos fluviales, se halla extensamente recubierta por materiales cuaternarios, hecho que impide la diferenciación de unidades dentro de estos depósitos. Debido a ello, se han cartografiado como una única unidad comprensiva.

Cabe mencionar, que los depósitos fluviales del N, son de procedencia pirenaica, ya que físicamente se hallan conectados con los materiales cartografiados en las zonas de Bellvís y de Gissona; forman parte de la Formación Urgell (RIBA, 1967). Por el contrario, los materiales fluviales meridionales, que se hallan intercalados en el complejo lacustre, aunque cartográficamente están conectados con los materiales septentrionales, presentan una petrogénesis y también una tipología facial distinto al de los materiales septentrionales. Este hecho hace suponer que su área de aporte sea la Cordillera Costero-Catalana, la cual se halla en proximidad geográfica (ver CABRERA et al., 1985). Dentro de la zona cartografiada pues, los materiales fluviales, forman parte de dos sistemas deposicionales distintos, los cuales se interdigitan en la parte central de la zona: un sistema deposicional pirenaico y un sistema deposicional catalánide (Fig 1).

## 2.1. LITOESTRATIGRAFIA. DESCRIPCION DE FACIES

Los materiales descritos, de forma general, en el apartado anterior y, atendiendo a las facies que los configuran, se pueden agrupar en dos ambientes deposicionales distintos (Fig 2).



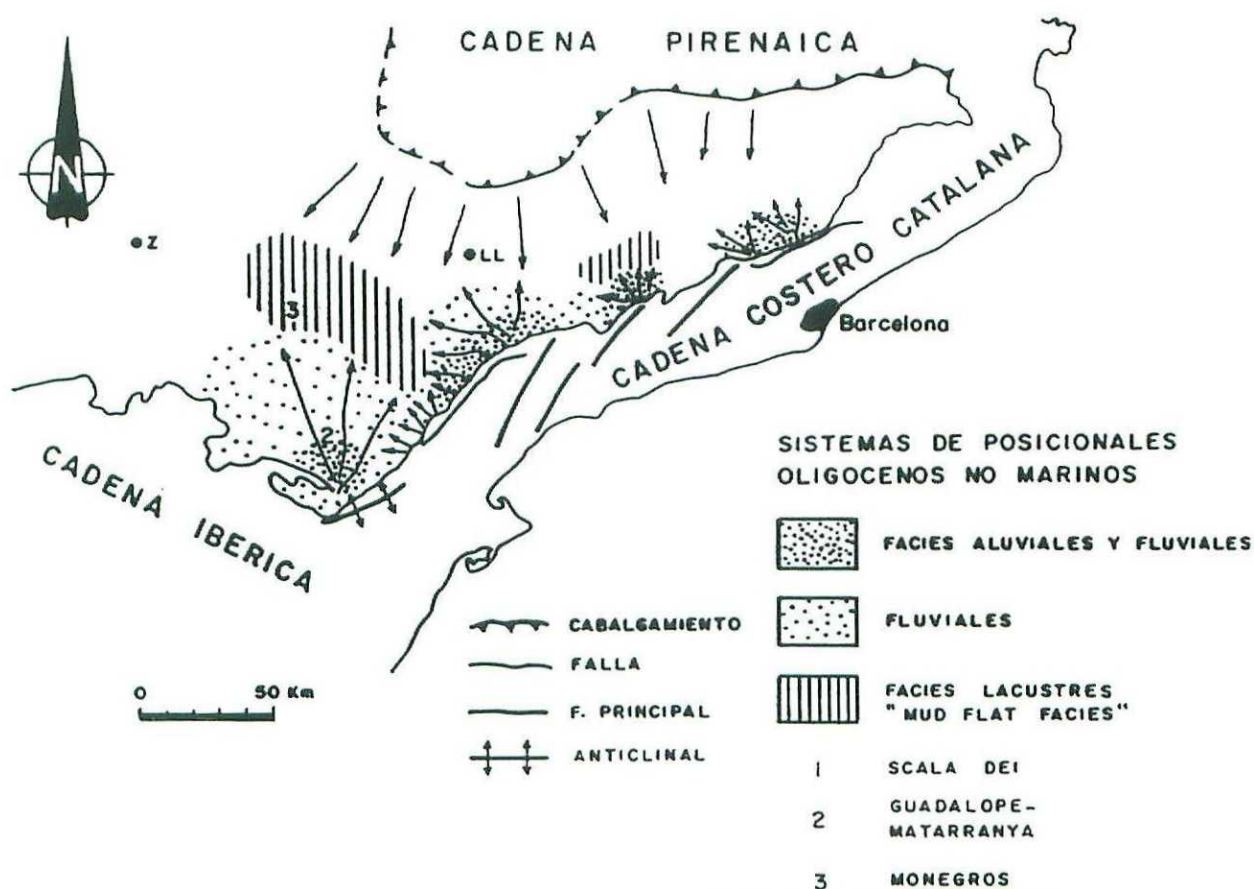


FIG. 1.- Sistemas deposicionales continentales del oligoceno de la Cuenca del Ebro (CABRERA, COLOMBO & ROBLES, 1985)

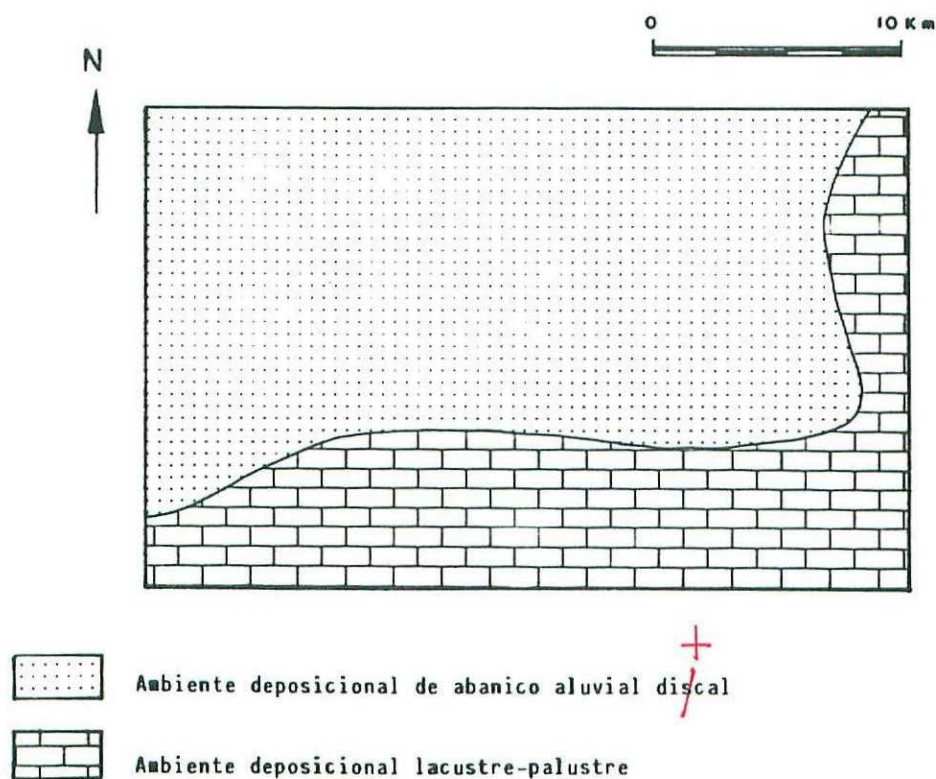


FIG. 2.- Distribución general de los ambientes deposicionales en la hoja de Tárrega (33-15)

**A/ Ambiente deposicional de abanico aluvial distal:** se desarrolla en la parte septentrional de la zona, donde lo constituyen las facies fluviales que forman parte del Sistema deposicional pirenaico. Como se ha dicho anteriormente, en el área meridional del territorio, entre los materiales que configuran, a grandes rasgos, el dominio lacustre, se intercalan materiales fluviales, los cuales también caracterizan este ambiente deposicional, pero pertenecen al sistema deposicional catalánide..

**B/ Ambiente deposicional lacustre-palustre:** en la zona estudiada, existen dos asociaciones de facies distintas, que configuran el ambiente deposicional lacustre-palustre:

1/ una asociación de facies, predominantemente carbonatada, que se halla representada, sobretodo en los materiales que configuran el primer ciclo sedimentario (formado por las calizas de Tàrrega), y también en la parte superior de los demás ciclos. Toma su mayor desarrollo en la parte oriental del territorio comprendido en la hoja.

2/ una asociación de facies lacustre-detrítica, representada por los materiales que constituyen la segunda, la tercera y la cuarta unidad, de las unidades cíclicas mencionadas. Se halla ampliamente representada, en todo el sector septentrional de la hoja.

#### **2.1.1. Ambiente deposicional de abanico aluvial distal**

En la parte septentrional de la hoja, existe una serie pelítico-arenosa, de origen fluvial, que constituye la parte distal del sistema deposicional pirenaico (Formación Urgell; RIBA, 1967). La potencia total de esta unidad, es de difícil evaluación, ya que la parte superior de la serie se halla extensamente cubierta por materiales cuater-



narios. No obstante, en la serie de Tàrrega (06), hemos medido unos 50 m de potencia, dentro de los materiales fluviales que configuran el 2º ciclo y, en las series del Màs de L'Estadella (07) y de Preixana (08), se han medido unos 40 m de potencia, dentro de los materiales fluviales que constituyen el 3º de los ciclos sedimentarios. Los materiales fluviales, que se intercalan entre las calizas de Tàrrega (ciclo 1º), también configuran este ambiente deposicional. La potencia de los materiales aluviales de los ciclos 4º, 5º y 6º, no se ha podido evaluar, a causa de que se hallan cubiertos por sedimentos de edad cuaternaria, y solamente afloran de forma puntual. Debido a ello, en la cartografía, se han distinguido como unidad comprensiva.

Dentro de este complejo fluvial, desarrollado en la parte N de la hoja, el 2º y 3º ciclo, están formados por una alternancia de pelitas rojizas y de capas de arenisca, ya planoparalelas, ya canaliformes. En el techo están coronados por calizas de aspecto nodular, las cuales, lateralmente y hacia el S, pasan a facies margo-carbonatadas que configuran el ambiente deposicional lacustre-palustre. Los materiales fluviales que caracterizan el primer ciclo sedimentario, se desarrollan en la parte oriental de la hoja y, en la parte superior, están coronados por las denominadas Calizas de El Talladell, las cuales constituyen el último nivel calcáreo de la Formación Calizas de Tàrrega (RIBA, 1967).

Los materiales fluviales, que en la parte meridional del territorio, se intercalan dentro del complejo lacustre, el cual presenta una potencia de unos 260 m, consisten en varios niveles de coloración rojiza. Existen un total de 5 niveles formados, cada uno de ellos, por pelitas rojizas con intercalaciones de areniscas, ya planoparalelas, ya canaliformes. Cada uno de estos niveles, representa la base de los 5 últimos ciclos, en el área meridional de la zona.

El primero de los niveles, se ha caracterizado en la serie de Vallbona de Les Monges (02), donde se han medido unos 25 m de potencia. El segundo, presenta una potencia media de unos 20 m, medida en las series de El Plà de la Creu (01), de Vallbona de Les Monges (02) y de Solans (03). En las secciones de El Plà de Les Eres (04), de Els Omellons (05) y de La Teuleria (11), se han medido unos 25 m de serie correspondiente al 3º de estos niveles. El 4º nivel, aflora en la parte sur-occidental de la hoja, posee una potencia aproximada de unos 45 m, 15 m de los cuales se han representado en la sección de El Camp Sant (10). El 5º y último de los niveles, únicamente aflora en el extremo sur-occidental del territorio, donde solamente están representados sus 10 m basales.

Petrográficamente, los materiales de la parte N, corresponden a litarenitas con clastos cuarcíticos y calcáreos. Por el contrario, los materiales fluviales que se intercalan en el complejo lacustre meridional, presentan una absoluta predominancia de clastos calcáreos. Por otra parte, hay que recordar, que la parte meridional de la hoja se halla geográficamente, próxima a Los Catalánides. Debido a esto, pensamos que los materiales septentrionales, tienen una procedencia pirenaica, mientras que el área fuente de los materiales meridionales, se halla ubicada en la Cordillera Costero-Catalana.

#### **2.1.1.1. Facies de relleno de paleocanales.**

Los paleocanales que configuran la parte distal del Sistema deposicional pirenaico y que se desarrollan, tanto en la parte oriental de la hoja (intercalados entre las Calizas de Tàrrega), como en todo el área septentrional, poseen las siguientes características: normalmente se organizan en bancos de arenisca de grano medio y fino, con un



*demasiadas superficies (ademas no llevan acanto)*  
 espesor comprendido entre 1m y 6 m (Fig 3). Estos bancos presentan superficies de reactivación, a menudo marcadas por cantos blandos. Estas superficies individualizan a cuerpos areniscosos que a su vez presentan superficies de acreción lateral. Entre las superficies de acreción lateral, se desarrollan cosets de láminas, dentro de los cuales existe una gradación vertical y lateral (siguiendo las superficies de acreción) de estructuras sedimentarias. Esta gradación, solamente se observa en algunos ejemplos, donde las estructuras sedimentarias se han preservado y, de base a techo, consiste en: estratificación cruzada en surco, estratificación cruzada planar y, finalmente, ripples de corriente. Según estas características, estos bancos de arenisca, corresponden a point bars de ríos meandriiformes (ver ALLEN, 1965 y 1968). Las superficies de reactivación, individualizan a diferentes scroll bars.

*Esos cuerpos*  
 Algunos cuerpos areniscosos, poseen, como los anteriormente descritos, una granulometría de arena media y fina. Su espesor oscila entre 0.5 m y 1.5 m. Están granoclasificados positivamente e, internamente, presentan estratificación cruzada de tipo planar y, hacia el techo, ripples de corriente. En ellos, raras veces se observan superficies de acreción lateral. Estos cuerpos se han interpretado como el relleno de paleocanales de ríos de baja sinuosidad. ~~Estos~~ tienen un mayor desarrollo en la parte meridional de la hoja.

Tanto en el area septentrional, dentro de la unidad comprensiva, como en el área meridional, dentro del tercer nivel rojizo, se desarrollan cuerpos, cuya granulometría oscila entre el microconglomerado y la arena fina. Poseen un espesor de hasta 6 m, estan granoclasificados positivamente e, internamente poseen estratificación cruzada en surco y, hacia techo, estratificación cruzada planar. También presentan superficies de reactivación, a menudo,

marcadas por cantos blandos. Longitudinalmente, según el sentido de la paleocorriente, tienen una considerable extensión lateral, mientras que, en un sentido transversal, se acúan rápidamente. Se interpretan como el relleno de ríos rectilíneos (Fig. 3).

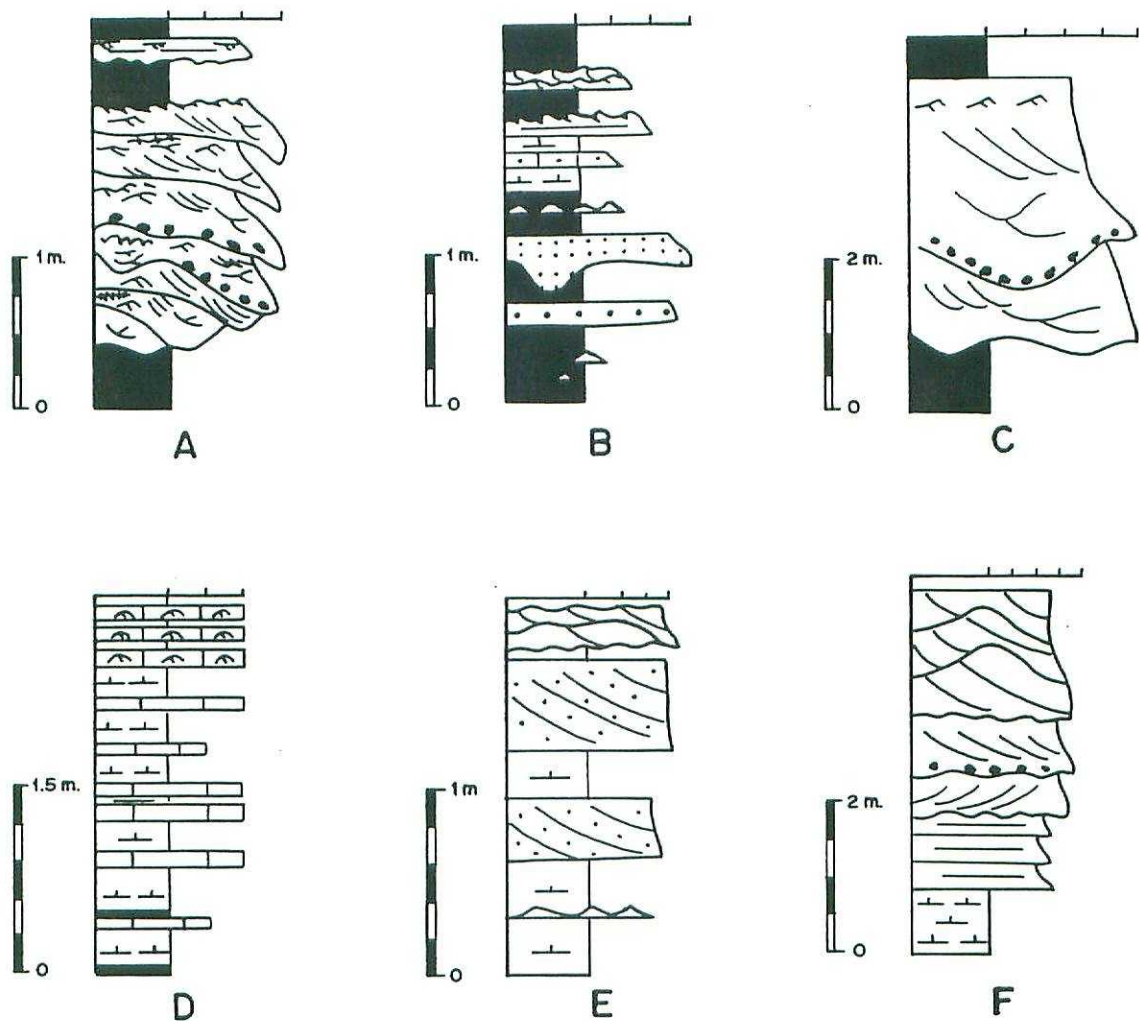
Ocasionalmente, en campo se presentan cuerpos areniscosos lenticulares, con una fuerte base erosiva. Su espesor, normalmente oscila entre los 0.5 m y los 2 m. Internamente, son cuerpos masivos, donde no se observa ninguna estructura tractiva. Según estas características se interpretan como el relleno de cicatrices erosivas (scours), durante etapas de fuertes avenidas. Estos cuerpos estarían asociados a las facies de desbordamiento (crevasses) (ver ALLEN, 1965 y SELLEY, 1977) (fig. 3).

#### 2.1.1.2. Facies de llanura de inundación

Estos depósitos se intercalan entre las facies de relleno de paleocanal, descritas en el apartado anterior. En la parte meridional de la zona de estudio, los materiales fluviales, están constituidos sobretodo por este tipo de facies.

Consisten en pelitas de coloración pardo-rojiza, con evidentes señales de edafización, tales como: moteados de reducción, moldes verticales de raíces y procesos de rubefacción. Entre las pelitas se intercalan capas planoparalelas de arenisca, normalmente de grano fino. Estas, internamente, o bien son masivas, o bien presentan laminación paralela y ripples de corriente. A menudo, se hallan bioturbadas. También se intercalan capas de grano fino y muy fino con climbing ripples, capas de espesor centimétrico con estratificación wavy y linsen, limos carbonatados y tramos margosos (Fig 3).





A.- Facies de relleno de paleocanales de ríos meandriformes. Barras de meandro.

B.- Facies de llanura de inundación.

C.- Facies de relleno de paleocanales de ríos rectilíneos.

D.- Ciclos de facies lacustre-carbonatadas.

E.- Ciclos de facies lacustre-detriticas. Depósitos de barras de desembocadura.

F.- Ciclo de facies deltaico-lacustres. Posible depósito de Gilbert delta.

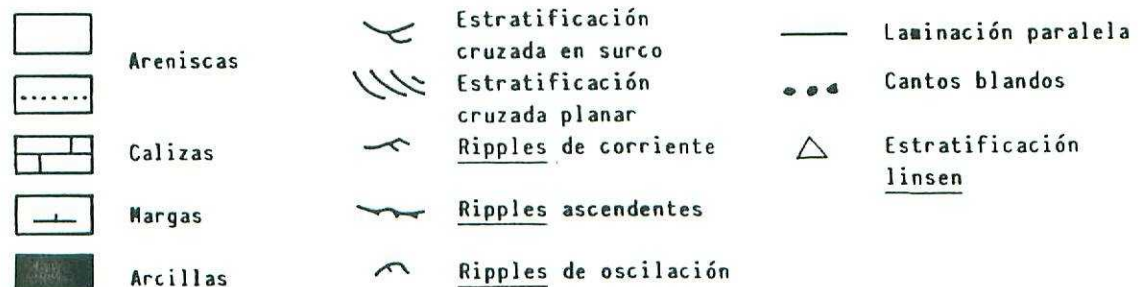


FIG. 3 - CICLO DE FACIES REPRESENTATIVOS DE LOS AMBIENTES DEPOSICIONALES QUE SE DESARROLLAN EN LA HOJA DE TARREGA (33-15).

Predominan más las facies fluviales que las lacustres, por lo que resulta incongruente llamarle complejo lacustre

Las capas de arenisca y también las pelitas, fueron depositadas por flujos gravitativos y son el producto del desbordamiento, durante etapas de avenidas, de los paleocanales descritos. Localmente, existen intercalaciones de biomicritas, de espesor centimétrico y de escasa continuidad lateral. Estos depósitos se interpretan como el producto de encharcamientos locales, que se desarrollaban en la llanura de inundación.

### 2.1.2. Ambiente deposicional lacustre-palustre

Como se ha dicho anteriormente, en toda la parte meridional de la hoja, se desarrolla un importante complejo lacustre. Dentro de este complejo, existen un total de 5 intercalaciones de materiales fluviales, por encima de la Formación Calizas de Tàrrega (RIBA, 1967).

Así pues, dentro de este complejo lacustre, podemos diferenciar un total de 6 ciclos sedimentarios, formados cada uno de ellos, en la base por facies fluviales y, en el techo, por facies lacustre-palustres. Las facies lacustre-palustres, que corresponden al primer ciclo sedimentario, son margo-carbonatadas, mientras que las que corresponden a los demás ciclos, en la base son siliciclásticas y en el techo, margocarbonatadas.

En la parte meridional de la hoja, por encima de las calizas de Tàrrega, existen 4 tramos formados por facies lacustres-siliciclásticas en la base y por facies lacustre-palustres carbonatadas a techo. Estos tramos se hallan intercalados entre los materiales fluviales descritos en el apartado anterior y, respectivamente, corresponden a la parte superior de los ciclos 2, 3, 4 y 5, ya que el ciclo 6 solamente se halla representado, dentro del área estudiada, por facies fluviales, las cuales afloran en el extremo sur-occidental de la hoja.



El primero de estos tramos, ha sido estudiado en la sección de Vallbona de Les Monges (02), donde presenta una potencia de 40 m. El segundo, posee una potencia máxima de unos 45 m, evaluada en las series del Plà de La Creu (01) y de Solans (03). El tercer tramo, ha sido estudiado en las series del Plà de La Creu (01), del Plà de Les Eres (04), de Els Omellons (05) y de La Teuleria (11), donde su potencia máxima es de 45 m. El cuarto y último tramo, únicamente se ha caracterizado en la sección del Camp Sant (10), presenta una potencia de unos 10 m.

Dentro de este ambiente deposicional, se pueden diferenciar dos asociaciones de facies diferentes:

a/ Una asociación de facies formada básicamente por una alternancia de margas y de areniscas, con intercalaciones de calizas y de calcisiltitas. Corresponden a facies lacustres detríticas. Se desarrollan dentro de los ciclos 2, 3, 4 y 5.

b/ una asociación de facies constituida por tramos margosos y limo-arcillosos, con señales de edafización y con intercalaciones de carbonatos, los cuales corresponden a facies lacustre-palustres carbonatadas. En la zona de estudio, estas facies se desarrollan tanto en la unidad cíclica estratigráficamente más inferior (Calizas de Tàrraga), como en la parte superior de las unidades suprayacentes

#### **2.1.2.1. Facies lacustres detríticas**

Su descripción, se basa en el tramo comprendido entre los 20 m y los 55 m de la serie de Els Omellons (05).

Consiste en un tramo margo-arcilloso con abundantes intercalaciones de areniscas grisáceas de grano grueso y

medio. Estas, se organizan en ciclos de facies con una clara tendencia estratocreciente y granocreciente (Fig. 3). Las capas poseen estratificación cruzada de tipo planar y superficies de reactivación. En el techo de alguna de ellas, ocasionalmente se observan ripples de corriente. El espesor de los ciclos oscila entre 0.5 m y 2.5 m. En el techo de alguno de estos ciclos se desarrollan cuerpos canaliformes, con tendencia granodecreciente, superficies de reactivación, superficies de acreción lateral, estratificaciones cruzadas en surco y planares, y ripples de corriente. Ocasionalmente, entre las margas, se intercalan capas de calcisiltitas.

Según las características mencionadas, los materiales descritos se organizan en ciclos de facies correspondientes a facies de frente deltaico-lacustre, similares a las stream mouth bar sequences marinas (ver COLLISON, 1978; TYE & COLEMAN, 1989).

En la base de este tramo, se desarrolla un cuerpo arenisco de unos 4.5 m de espesor, que está formado por tres niveles principales: 1/ un tramo inferior constituido por capas de hasta 0.5 m de espesor, con superficies de reactivación y con estratificación paralela o cruzada planar de muy bajo ángulo. Su granulometría es de arena fina. 2/ Un tramo intermedio, formado por capas de arena media y gruesa, de hasta 1 m de espesor. También presentan superficies de reactivación, marcadas por cantos blandos e internamente contienen estratificación cruzada planar. 3/ El último tramo, posee un espesor de 1.5 m, está constituido por capas de arenisca de grano medio y grueso. Internamente presenta superficies de acreción lateral y posee una cierta tendencia granodecreciente. Cabe señalar que este cuerpo tiene una continuidad lateral considerable. Según esta descripción, creemos en la posibilidad, de que represente el depósito de un fan delta de tipo Gilbert (ver ANADON, 1984) (ver Fig. 3), ya que está formado por la característica disposición en



bottomset, foreset y topset, que caracteriza a estos depósitos.

#### 2.1.2.2. Facies lacustre-palustres carbonatadas

Estas facies están bien desarrolladas dentro del ciclo 1 (formado por las Calizas de Tàrrega) y también en la parte superior de los ciclos suprayacentes, por encima de las facies lacustre-detríticas, descritas en el apartado anterior.

Consisten básicamente en una alternancia de margas y de calizas (Fig 3). Su descripción se realiza en base a los datos de las secciones de Vallbona de Les Monges (02), de Solans (03), de El Camp Sant (10) y de La Teuleria (11).

Los materiales margocarbonatados que las constituyen, se organizan en ciclos de facies (Fig.3) similares a los descritos por FREYTET & PLAZIAT (1982). Su espesor oscila entre los 0.5 m y los 2 m. Estos ciclos, en la base, están formados por margas grisáceas en las que, ocasionalmente, se intercalan capas centimétricas de calcisiltitas. En el techo, están formados por biomicritas, con restos de gasterópodos y de ostrácodos. Estos ciclos de facies, corresponden a ciclos de somerización (Fig.3).

Estos carbonatos estudiados, correspondientes a calizas lacustres, incluyen varios tipos de facies:

Se distinguen por la presencia de caracteres lacustres y la ausencia de caracteres pedogénicos. Su deposición y diagénesis temprana ha sido afectada por un ambiente subacuoso. El "retrabajamiento" que presentan es enteramente mecánico y subacuoso. Viene evidenciado por la aparición de material graveloso. La acción del burrowing por parte de animales como gusanos dejan la impronta de su

actividad en estos depósitos. Entre otras, las siguientes facies son las más corrientes en los depósitos del Terciario de esta hoja.

-a- Calizas litográficas oscuras con caráceas y ostrácodos.

-b- Las calizas oscuras y bituminosas o sapropélicas, con más o menos porcentaje de gasterópodos, ostrácodos y caráceas.

-c- Crumbly-gravelly limestones o coated gravelly limestones (FREYTET, 1973). Son las calizas lacustres más abundantes en esta hoja de Tàrrega. Están compuestas por elementos micríticos pequeños y redondeados de varios mm de longitud. Estos elementos micríticos tienen una distribución irregular dentro de la roca, y poseen en ocasiones restos de gasterópodos, caráceas y ostrácodos. ¿quién? ¿los elementos micríticos? → adarac

Quando el cemento es relativamente abundante se pueden distinguir dos subtipos: micrítico y esparítico. En el esparítico, los elementos se encuentran en contacto grano a grano y el cemento es secundario. Cuando el cemento es micrítico, los elementos individuales pueden estar en contacto o dispersos a través de la matriz. En ambos casos, los límites de estas "gravas" están pobremente definidos. Esta indefinición puede llevar al caso que nos permita ver tan solo fantasmas del fango original y morfologías de voids como los stellate voids (FREYTET, 1973). huecos

En la zona de Les Borges Blanques, del Camp Sant y en el área septentrional de la zona, este ambiente viene caracterizado por una alternancia entre pelitas versicolores y capas decimétricas de calizas micríticas (ver DALEY, 1973), con cierto contenido en limo. Las pelitas versicolores muestran señales de edafización, como marmorizaciones y,

¿Qué ambiente?

No se entiende

No se entiende



No se entiende  
ambiguamente

Hacia

ocasionalmente, marcas de raíces. En el techo, estas facies vienen coronadas por niveles carbonatados de aspecto nodular, los cuales corresponden a varios paleosuelos de tipo calcimorfo superpuestos.

Estos depósitos, presentan fango lacustre, caracterizado por las facies anteriormente descritas, el cual puede emerger en ciertos momentos, y así verse influenciado por la acción de la vegetación y oscilaciones del nivel de agua. Estos depósitos pasan a clasificarse como palustres. Las características pedológicas de estos sedimentos son extraordinariamente complicadas. A continuación se describirán e interpretarán tan solo las más importantes. Los efectos de la emersión se expresan en escalas micro y macroscópica, y así vienen explicadas como facies o microfacies.

reducción  
simplificación

#### **Facies:**

-a- Calizas con trazas de raíces: Es una caliza litográfica masiva, con perforaciones cilíndricas y abundantes microcanales. Esta porosidad suele estar rellena de nódulos cilíndricos o de calcita. También presentan zonaciones ferruginosas concéntricas alrededor de estos huecos.

-b- Calizas marmorizadas: De diferentes colores en rosa, rojo, verde, amarillo, naranja y azul-púrpura en "topos". Es indicativo de la remobilización del hierro en suelos hidromorfos (gley y pseudogley). Aunque la marmorización es la característica más importante viene siempre acompañada por nodulizaciones y concreciones, especialmente en caliches.

-c- Caliza nodular: Existen afloramientos, a techo de capas o enteramente, que describen un aspecto "pseudoconglomerático" (como el techo de los ciclos 5 y 6), resultado de la concentración de caliche y es comparable a lo que

¿qué color?

ocurre en suelos modernos en la zona de oscilación del agua freática y en suelos de abanicos aluviales.

### Microfacies:

/   
 -a- Remobilización del hierro: (o separación plásmica de los óxidos de hierro). En lámina delgada, la marmorización difumina todos los componentes de la caliza dándole un aspecto de "sopa o mousse", Con halos globulares y subsecuentemente nódulos y/o concreciones. Los pisoides pueden aparecer con su textura concéntrica característica

/   
 -b- Remobilización del carbonato: (o separación plásmica del carbonato). El más típico es la formación de nódulos de caliche en sedimentos arcillosos. Es la consecuencia de inundación y desecación del sedimento, esta evolución de las condiciones de humedad del sedimento permite la creación de una serie de fracturas que FREYTET & PLAZIAT, 1982 clasificaron como: Vertical joint planes, curved-faced nodules, horizontal joint planes, curved and craze planes, skew planes y craze planes.

Por otra parte las calizas depositadas en las áreas de inundación de los ríos, tienen siempre un componente arenoso importante y, a menudo, contienen intraclastos calcíticos y bioclastos.

### 2.2. BIOESTRATIGRAFIA

El análisis de las muestras recogidas para el estudio de microvertebrados, dentro del territorio estudiado, no ha dado resultados favorables. No obstante, a través de las dataciones realizadas en los tramos superiores de las Calizas de Tàrrega, basadas en restos de mamíferos fósiles, se ha localizado en estos niveles, a la biozona de Th. major (TRUYOLS Y CRUSAFONT, 1961; CRUSAFONT Y TRUYOLS, 1964;



ANADON et al., 1987; AGUSTI et al., 1987). Esto permite atribuirles una edad correspondiente al Oligoceno inferior más alto (ver ANADON et al., 1989). Por lo que respecta a los materiales suprayacentes a la Formación Calizas de Tàrrega, según los datos extraídos del estudio micropaleontológico (caráceas y ostrácodos), presentan una edad correspondiente al tránsito Oligoceno inferior-Oligoceno superior.

### 2.3. CRONOESTRATIGRAFIA. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL

La ejecución de la cartografía y del estudio sedimentológico de la hoja de Tàrrega, forma parte del proyecto MAGNA, que incluye la realización de 28 hojas a escala 1:50.000, en casi toda la parte central de la Cuenca del Ebro.

La magnitud del proyecto, nos ha permitido realizar un análisis detallado de esta cuenca. De esta forma, hemos podido observar que, en la parte central de la cuenca y, en áreas donde se interdigitan materiales de abanico aluvial distal con materiales de origen lacustre-palustre, los sedimentos se disponen, según la sucesión estratigráfica, de una forma cíclica.

En la parte aragonesa de la Depresión, concretamente en las áreas de Fraga, Sariñena, Peñalba y Lanaja, los materiales de edad Oligoceno Superior-Mioceno medio, se disponen en 9 ciclos sedimentarios (desde la Unidad Fraga, hasta la Unidad Alcubierre III de las tablas 1 y 2). Cada uno de éstos está formado en la base, por materiales de abanico aluvial distal y hacia techo, pasan transicionalmente a materiales lacustre-palustres. De la misma forma, en la zona de Fustiñana, Ejea y Almudébar, en la parte centro-occidental de la cuenca, la disposición cíclica de estos materiales, se realiza de forma similar. La cartografía y la correlación de los límites que separan estas unidades cíclicas

cas, hacia las áreas centrales de la cuenca, nos ha permitido observar su evolución hacia ambientes deposicionales de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, la cartografía de estos límites, hacia áreas relativamente marginales de la cuenca, donde solamente existen facies detríticas, nos ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de las unidades.

*¿Que contrario?*

*affirm*  
*NO PROCEDE*  
Por el contrario, en las hojas realizadas en la parte catalana de la Cuenca del Ebro, se han cartografiado los materiales de edad comprendida entre el Priaboniense y el Oligoceno superior. En las áreas donde se interdigitan los ambientes deposicionales de abanico aluvial distal y los ambientes lacustre-palustres, estos materiales también se organizan de forma cíclica. Así pues, dentro de ellos, hemos podido distinguir un total de 13 unidades (desde la Unidad Sanaüja hasta la Unidad Ballobar de la tabla 1). La primera de estas unidades, la Unidad Sanaüja, únicamente está representada, en el núcleo del anticlinal de Sanaüja, por facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino. Según las cartografías realizadas, sabemos que, como mínimo, la Unidad Torà, la Unidad Ivorra y la Unidad Sant Ramon, a lo largo del núcleo del anticlinal de Barbastro-Balaguer, pasan a facies evaporíticas. Las demás unidades, en las áreas septentrionales cartografiadas, están constituidas por materiales de abanico aluvial distal y, en las áreas meridionales, están formadas, en la base por facies fluviales y, en el techo, por facies lacustres.

Según nuestro criterio, las 20 unidades que se hallan representadas en las tablas 1 y 2, corresponden a unidades genético sedimentarias, cada una de las cuales se halla limitada, a base y a techo, por dos superficies de discordancia y por sus respectivas paraconformidades (s.s. MITCHUM, et al., 1977), Análogamente al origen de las



E D A D		UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	B I O Z O N A S	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
M I O C E N O	ARAGONIENSE — VALLESIENSE	UNIDAD ALCUBIERRE III	▲ Biozona 4b-8 MEIN	Areniscas, arcillas y calizas de la Formación Alcubierre.
		UNIDAD ALCUBIERRE II		Margas y calizas de la Formación Alcubierre.
		UNIDAD ALCUBIERRE I	▲ Biozona 4-9 MEIN	Margas y calizas de la Formación Alcubierre.
		UNIDAD ROSEL		Areniscas, arcillas y calizas de las Fm. Sariñena y Alcubierre yesos de la Fm. Zaragoza.
		UNIDAD ZUERA		Areniscas, arcillas y calizas de las Fm. Sariñena y Alcubierre, yesos de la Fm. Zaragoza.
	AGENIENSE	UNIDAD GALOCHA	▲ Zona <u>Ritteneria manca</u> ▲ Zona <u>Rhodanomys transiens</u>	Arcillas y areniscas de la Fm. Sariñena. Arcillas y calizas de la Fm. Alcubierre y Mequinenza, yesos de la Fm. Zaragoza.
		UNIDAD HUESCA	▲ Biozona 1 MEIN ▲ Zona <u>Rhodanomys transiens</u> (M.P. 30)  ▲	Arcillas y calizas de las Fms. Alcubierre y Mequinenza. Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell y Sariñena, yesos de la Fm. Lerín.
OLIGOCENO SUP.	ARVERNIENSE			

TABLA II.- Síntesis de las unidades genético-sedimentarias de edad miocena en el sector centro-septentrional de la cuenca del Ebro.

E D A D		UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	B I O Z O N A S	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
MIOCENO	AGENIENSE		▲ Biozona 1 MEIN ▲ Zona <u>Rhodanomys transiens</u> (MP-30)	Arcillas y calizas de las Fm. Alcubierre y Mequinenza. Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell y Sariñena. Yesos de la Fm Leriñ.
OLIGOCENO	SUPERIOR	Unidad Huesca		
		Unidad Ballobar		Arcillas y calizas de la fm. Mequinenza. Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell y Sariñena.
		Unidad Fraga		Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell, Sariñena y Peraltilla
	INFERIOR	Unidad Alfés	▲ Zona <u>Eomys aff. major</u> ? ▲ " <u>Eomys major</u> ?"	Arcillas, areniscas, calizas lacustres y caliza alfes (Embalse Secá) Aytona.
		Unidad Castellldans		Arcillas, areniscas, calizas lacustres y calizas de Castellldans
		Unidad Arbeca	▲ ?? <u>Eomys Zitteli</u> (Pla del PEPE)	Arcillas, areniscas lacustres y caliches de Vacarroja Sedimentos fluviales de la Formación Urgell
		Unidad La Floresta	▲ Zona <u>Iheridomys aff. major</u> (Pla de la MAUXA)	Areniscas y calizas lacustres de La Floresta, Arcillas Formación Urgell, Pla de la MAUXA)
		Unidad Omells		Arcillas, areniscas y calizas lacustres de Omells Sedimentos fluviales de la Formación Urgell
		Unidad Vallbona		Arcillas, areniscas y calizas lacustres de Vallbona Sedimentos fluviales de la Formación Urgell
		Unidad Iárrega	▲ Zona <u>Iheridomys major</u> ▲ Zona <u>Iheridomys calafensis</u>	Calizas de Cervera y del Talladell Formación Urgell - Parte inferior
	SUEVIENSE	Unidad Sant Ramón		Calizas de Sant Ramón - Yesos de Talavera Molasa de Solsona (Sector de Guissona)
		Unidad Ivorra		Calizas de Ivorra Molasa de Solsona (sector de Guissona)
		Unidad de Torá		Complejo lacustre de Sanājuja
		Unidad Sanājuja		Yesos del núcleo del anticlinal de Sanājuja
EOCENO SUP.	PRIABONIEN.			

TABLA I.- Síntesis de las unidades genético-sedimentarias oligocenas del Sector Oriental de la Cuenca del Ebro



secuencias deposicionales marinas, creemos que el origen de estas unidades se debe a cambios relativos del nivel de base o de la superficie de equilibrio (WHEELER, 1964; SLOSS, 1964; ULIANA & LEGARRETA, 1988). Desde este punto de vista, dentro de cada una de ellas se pueden identificar dos cortejos sedimentarios que se acumulan a lo largo de un ciclo de cambio relativo del nivel de base:

**A/** un cortejo de nivel de base bajo, donde domina el ambiente deposicional aluvial distal, a lo largo de gran parte de la cuenca.

**B/** Un cortejo de nivel de base alto, donde en áreas relativamente proximales dominan los ambientes fluviales y lacustre-palustres y, en áreas distales, los ambientes de margen de lago salino y de lago salino. Debido a las condiciones de afloramiento, en las unidades superiores del Oligoceno, no hemos podido observar el tránsito hacia ambientes de margen de lago salino y de lago salino, (Fig 4).

Cabe señalar, que cada una de estas unidades, están organizadas en ciclos de rango inferior, que corresponden a ciclos de facies y que son asimilables a parasecuencias, o ciclos de 4º orden (s.s. VAN WAGONER, 1985). Estos se pueden observar mejor en los ambientes deposicionales lacustre-palustres y de margen de lago salino. Su origen, se debe a oscilaciones menores del nivel de base. Según nuestra experiencia, podemos afirmar que las facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino, se originan en momentos de nivel relativo de base bajo, mientras que las facies carbonatadas, de origen lacustre-palustre, se desarrollan en momentos de nivel de base alto.

En el área estudiada, se hallan representadas 6 unidades genético-sedimentarias, que de base a techo se denominan:

NO PROCED

**1/ Unidad Tàrrega:** Es la unidad infrayacente y presenta una edad Sueviense (ver tabla 1). Dentro de la hoja, aflora en el área oriental. Está formada por una alternancia de niveles fluviales y de niveles carbonatados. En la zona, únicamente afloran los tres últimos niveles calcáreos. A través de la realización de los mapas de Guissona, Cervera, Bellvís y Tàrrega, se ha constatado que dicha secuencia presenta un total de 6 intercalaciones carbonatadas (Fig 4). La potencia de toda la unidad, es del orden de 100 m, aproximadamente. Está formada por 6 unidades de rango inferior, en la base constituidas por areniscas fluviales y, en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre. Cada uno de estos ciclos, posee una potencia del orden de 15 m - 20 m.

**2/ Unidad de Vallbona:** En la parte N de la hoja, está formada por materiales fluviales, de abanico aluvial distal. Estos, están coronados por un paleosuelo de tipo calcimorfo. Su potencia, en este sector, evaluada en la sección de Tàrrega (06), es de unos 60 m. En el área meridional, en la base está formada por sedimentos de abanico aluvial distal y, en el techo, por facies lacustres detríticas, quedando culminada, en la parte superior, por materiales margo-carbonatados de origen lacustre-palustre (Fig. 4). En la sección de Vallbona de les Monges (02), realizada en la parte meridional de la zona, tiene una potencia de unos 65 m. La edad de la unidad es Sueviense-Arverniense.

*esta constituida por*

**3/ Unidad de Omells:** En la parte septentrional de la zona, toda la unidad se ~~hallaba representada~~ en facies de abanico aluvial distal (Fig 4), representadas en las secciones del Màs de l' Estadella (07) y de Preixana (08), donde presentan, como mínimo, una potencia de 45 m. Cabe señalar, que en el sector de Preixana, en la parte superior de estas facies, se desarrolla un paleosuelo de tipo calcimorfo. En



la parte meridional de la hoja, la base de la Unidad Omells está formada por facies fluviales y su parte superior, inicialmente facies lacustres detriticas y, finalmente, por facies lacustre-palustres carbonatadas (Fig 4) En la serie del Plà de La Creu (01), posee, como mínimo, una potencia de unos 60 m. Su edad es Sueviense-Arverniense.

**4/ Unidad de la Floresta:** Los materiales aluviales, correspondientes a esta unidad, se hallan representados tanto en la parte septentrional como en la parte meridional de la hoja. En la parte N, éstos se han cartografiado dentro de la unidad comprensiva (Fig 4) y en la parte S, presentan una potencia de unos 20 m, en la sección de Els Omellons (05). En la parte meridional, En este mismo sector, el techo de la unidad genético-sedimentaria, está formado por facies lacustre-detriticas y, en los alrededores de El Puig del Corb, queda coronada por facies lacustre-palustres carbonatadas (Fig 4). Hacia el sector de Les Borges Blanques, estas facies carbonatadas, pasan a calizas nodulares, que representan un paleosuelo de tipo calcimorfo. La edad de la Unidad es Sueviense-Arverniense.

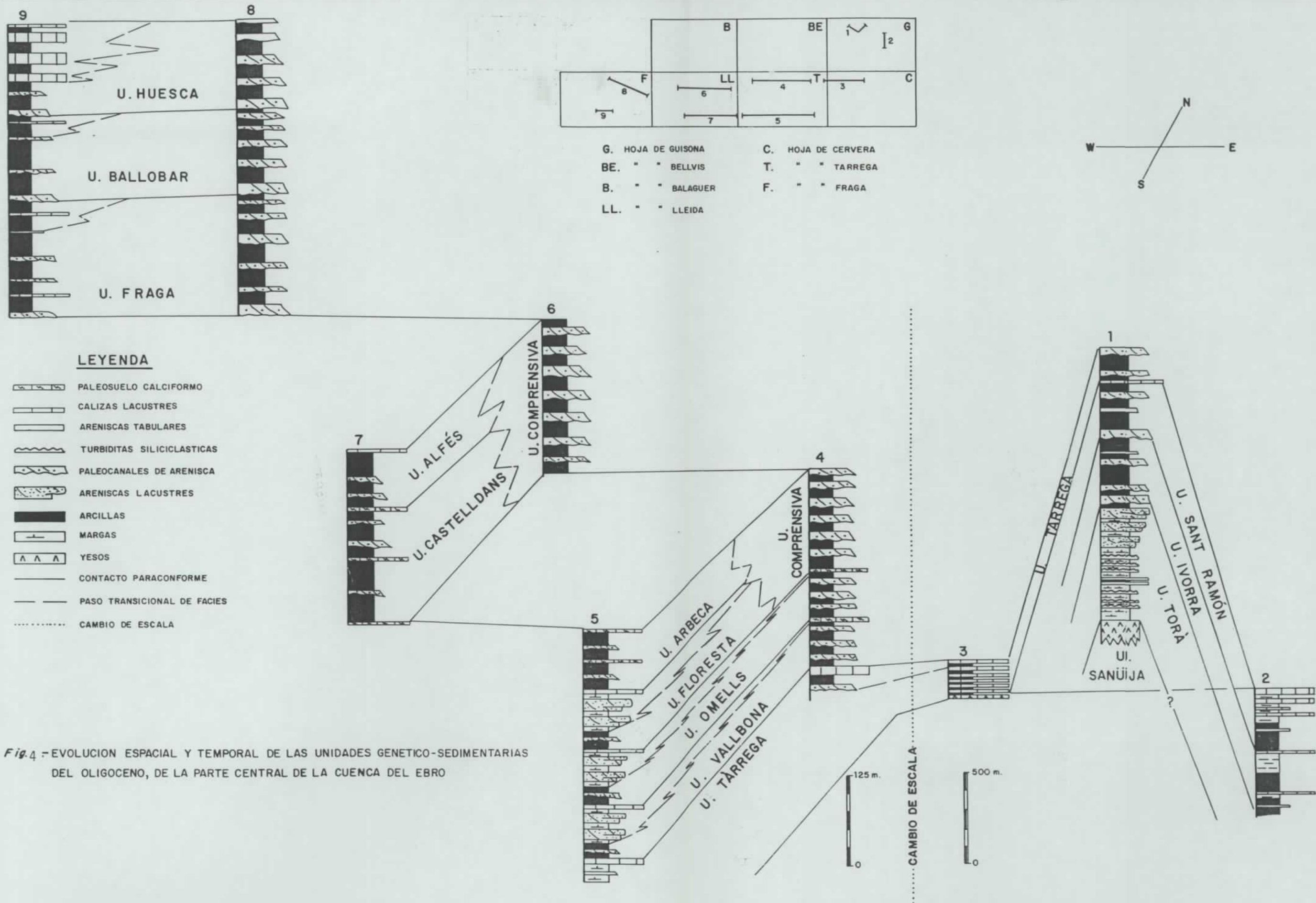
*Al igual*  
**5/ Unidad de Arbeca:** *pen* Igualmente *constituyen esta unidad* que la unidad anterior, los materiales fluviales, ~~que en la parte N de la~~ *en el norte de la hoja* hoja la configuran, se han cartografiado dentro de la unidad comprensiva. En la parte S de la hoja ~~se halla representada~~ *ahora* en el sector sur-occidental, donde se halla representada básicamente por facies de llanura de inundación, dentro de las que se intercalan 2 niveles de origen lacustre detrítico muy poco desarrollados: uno en la parte media de la unidad y otro en la parte superior. La potencia de la unidad, es del orden de unos 70 m (Fig 4). El nivel lacustre que se halla intercalado en su parte media, permite subdividirla en dos subciclos de rango inferior. Estos depósitos lacutres, en el extremo sur-occidental del territorio, pasan a carbonatos

nodulares, los cuales representan paleosuelos de tipo calcimorfo. Posee una edad Sueviense-Arverniense.

**6/ Unidad de Castellidans:** En la parte meridional de la zona, únicamente aflora en el extremo sur-occidental, donde está formada por facies de llanura de inundación, ~~las~~ <sup>que</sup> cuales recubren los paleosuelos carbonatados del techo de la unidad anterior (Fig 4). En la parte N de la hoja, parte de los materiales fluviales de la unidad comprensiva, pertenecen a esta unidad genético-sedimentaria. Su edad es Sueviense-Arverniense.

En la Figura 4 se representa la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en la parte catalana de la Cuenca del Ebro.





### 3.- BIBLIOGRAFIA

### 3. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI J., ANADON P., ARBIOL S., CABRERA LL., COLOMBO, F., SAEZ A., 1987 - "Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins)" Münchner Geowiss. Abh. (A), 10: 35-42.
- ALLEN J.R.L., 1965 - "A review of the origin and characteristics of Recent alluvial sediments". Sedimentology, v. 5, p. 89-191.
- ALLEN J.R.L., 1968 - "Current ripples. Their relation to patterns of water and sediment motion". North-Holland Publishing Company. Amsterdam. pp. 1-422.
- ANADON P., 1984. - LAGOS. Curso de Sedimentología. Tomo I. Madrid.
- ANADON P., VIANEY-LIAUD M., CABRERA LL., HARTENBERGER J. L., 1987. - "Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. Paleont. i Evol., 21: 117-131.
- ANADON P., CABRERA LL., COLLDEFORNIS B., SAEZ, A., 1989. - Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. Acta Geológica hispánica, v. 24, nº 3/4, pp. 205-230.
- CABRERA LL., COLOMBO F., ROBLES, S., 1985. - "Sedimentation and tectonics interrelationships in the Paleogene marginal alluvial systems of the Ebro basin. Transition from alluvial to shallow lacustrine environments". In M. D. Milà & J. Rosell eds. 6 th. European Regional Meeting Excursion Guidebook. Lleida, 1985. pp 395-492.



- COLLISON J. D., 1978.- "Lakes" Sedimentary Environments and facies. H. D. Reading Ed., 61-79, Blackwell Sc. Pub.
- CRUSAFONT M., TRUYOLS J., 1964. - " Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental de Bassin de l' Ebre (Espagne)". Coll. sur le Paléogène (Bordeaux, 1969). Mem. Bur. Rech. Geol. Min., 28.
- DALEY B., 1973 - "Fluvio-Lacustrine cyclothems from the oligocene of Hampshire". Geol Magaz., vol. 110, n° 3, pp. 235-242.
- FISHER W.L., MCGOWEN J. H., 1967 - "Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas": Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies. v. 17, pp. 105-125.
- FREYTET P., 1973 - " Petrography and paleo-environment of carbonate deposits with particular reference to the upper Cretaceous and lower Eocene of Languedoc (southern France)". Sed. Geol., 10, pp. 25-60.
- FREYTET P., PLAZIAT J. C., 1982 - " Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis -Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France". Contributions to Sedimentology, 12,.Füchtbauer H., Lisitzyn, A., Milliman J. D., Seibold E., Eds. Stuttgart, 1982.
- MITCHUM R. M., VAIL P. R., THOMPSON III S., 1977 - " Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: the depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis" C. E. Payton Ed., Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration": AAPG Memoir 26, pp. 53-62.



- PUIGDEFABREGAS C., MUÑOZ J. A., MARZO M., 1986: "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin". Spec. Publs. Int. Ass. Sediment. t. 8, pp. 229-246.
- RIBA O., 1967. - Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte Este de la Depresión Central Catalana. Acta Geológica Hispánica, 1: 1-6.
- SCOTT R. W., KIDSON E. J., 1977 - "Lower Cretaceous depositional systems, West Texas". In Bebout, D.G. & Loucks, R. G. Cretaceous carbonates of Texas and Mexico. Applications to subsurface exploration. Bur. of Econ. Geol. Reprot of investigations. nº 89, Austin, Texas.
- SLOSS L. L., 1964 - "Tectonic cycles of north american craton". Kansas Geological Survey Bulletin. pp. 450-460, 4 fig., 1 tabl.
- SELLEY R.C., 1977 - "An introduction to Sedimentology". Acade. Press. London, 1-408.
- TRUYOLS J., CRUSAFONT M., 1961. - Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tàrrrega. Not. y Com. Inst. Geol. Min. España, 61: 99-108.
- TYE R. S., COLEMAN J. M., 1989. - "Evolution of Atchafalaya lacustrine deltas, South-Central Louisiana". Sedimentary Geology, 65, pp. 95-112
- ULIANA M. A., LEGARRETA L., 1988 - Introducción a la Estratigrafía secuencial. Analisis de discontinuidades estratigráficas. Informe de la Asociación Geológica Argentina e Instituto Argentino del Petróleo. Noviembre de 1988.

- VAIL P. R., MITCHUM R. M., THOMPSON III S., 1977 - "Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap, in C. W. Payton, ed., Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration": AAPG Memoir 26. pp. 63-97.
- VAN WAGONER J.C., 1985 - " Reservoir facies distribution as controlled by sea level change, abstract": Society of Economic paleontologists and mineralogists mid-year Meeting. Golden, Colorado, August 11-14, p. 91-92.
- VAN WAGONER J. C., MITCHUM R. M. CAMPION K. M., RAHMANIAN V. D., 1990 - " Siliciclastic Sequence. Stratigraphy in well logs, cores, and outcrops". AAPG Methods in Exploration Series. N° 7, 55 pp.'
- WHEELER H. E., 1964 - "Base-level transit cycles. Kansas Geological Survey Bulltin". 169.



