

INFORME SEDIMENTOLOGICO

DE LA HOJA GEOLOGICA DE

ZUERA (28-13)

323

JULIO/90

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.

INDICE

INDICE

	Págs.
1.-	INTRODUCCION 1
1.1.	SITUACION GEOGRAFICA 2
1.2.	SITUACION GEOLOGICA 2
1.3.	METODOLOGIA DE TRABAJO 3
1.4.	NOMENCLATURA 3
2.-	ESTRATIGRAFIA 5
2.1.	LITOESTRATIGRAFIA. DESCRIPCION DE FACIES 8
2.1.1.	Ambiente deposicional de abanico aluvial distal 10
2.1.1.1.	Facies de llanura de inundación 11
2.1.2.	Ambiente deposicional lacustre-palustre 13
2.1.2.1.	Facies lacustre-palustres 13
2.1.2.2.	Facies lacustres 15
2.1.3.	Ambiente deposicional de margen de lago salino 17
2.1.4.	Ambiente deposicional de lago salino 18
2.2.	BIOESTRATIGRAFIA 19
2.3.	CRONOESTRATIGRAFIA. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL 20
3.-	BIBLIOGRAFIA 31

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION.

1.1. SITUACION GEOGRAFICA

La Hoja de Zuera está situada geográfica y geológicamente en la Depresión del Ebro; en el valle del río Gállego, afluente del Ebro. El territorio de esta Hoja forma parte de las provincias de Huesca y Zaragoza y, por lo tanto, del Sector Central o Aragonés de la citada Depresión del Ebro.

1.2. SITUACION GEOLOGICA

Geológicamente, los materiales estudiados corresponden a los sedimentos que colmataron la Cuenca del Ebro, durante gran parte del Mioceno. 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 S. 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 era substancialmente diferente, puesto que el depocentro de sedimentación fluvio-lacustre se hallaba situado, principalmente, en la parte aragonesa de la Depresión.

La zona de estudio, se halla en la zona nor-occidental de la parte aragonesa de la Depresión del Ebro y, los materiales que configuran el territorio, poseen una edad comprendida entre el Mioceno inferior (Ageniense) y el Mioceno medio-superior (Aragoniense 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 Zuera (28-13). También se han levantado 4 columnas sedimentológicas de detalle y se han recogido muestras, con las que se ha realizado el estudio petrográfico. Para el estudio micropaleontológico, se han recogido muestras para levigados. También se ha realizado un estudio de micro-mamíferos, con el fin de poder datar los materiales que configuran el territorio.

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 genéticamente relacionados, y limitados por discordancias, o por sus respectivas paraconformidades (*sensu* MITCHUM et al., 1977). Esta definición, corresponde a la de secuencia deposicional (*sensu* 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 WAGOONER 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 (sensu FISCHER y MCGOWEN, 1967 y SCOTT y KIDSON, 1977).

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

2.- ESTRATIGRAFIA

2.- ESTRATIGRAFIA

Los sedimentos que comprenden el territorio estudiado poseen una edad comprendida entre el Mioceno inferior y el Mioceno medio-superior.

Dentro de la zona, existen cuatro dominios litológicos diferentes: un dominio septentrional, o nor-occidental, muy poco desarrollado constituido por arcillas y areniscas de origen fluvial, un dominio occidental y oriental, formado principalmente por facies margo-carbonatadas, ocasionalmente yesíferas, de origen lacustre-palustre. El tercer dominio se localiza en el cuadrante SE del territorio donde existe una alternancia de depósitos evaporíticos y carbonatados y, finalmente, un gran dominio central formado, a grandes rasgos, por facies evaporíticas.

Los materiales margo-carbonatados corresponderían a la Formación Alcubierre (QUIRANTES, 1969). Finalmente los materiales evaporíticos que constituyen la mayor parte de la hoja forman parte de la Formación Zaragoza (QUIRANTES, 1969).

Cabe mencionar, que los depósitos que se hallan presentes en el territorio poseen una procedencia pirenaica (fig. 1) y representan partes distales de los Sistemas de Huesca y de Luna, definidos por HIRST y NICHOLS (1986).

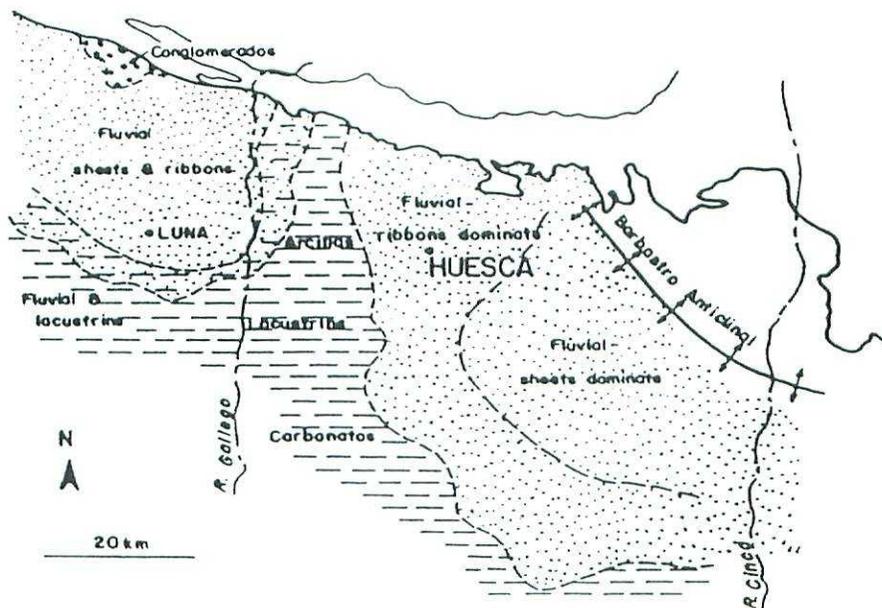


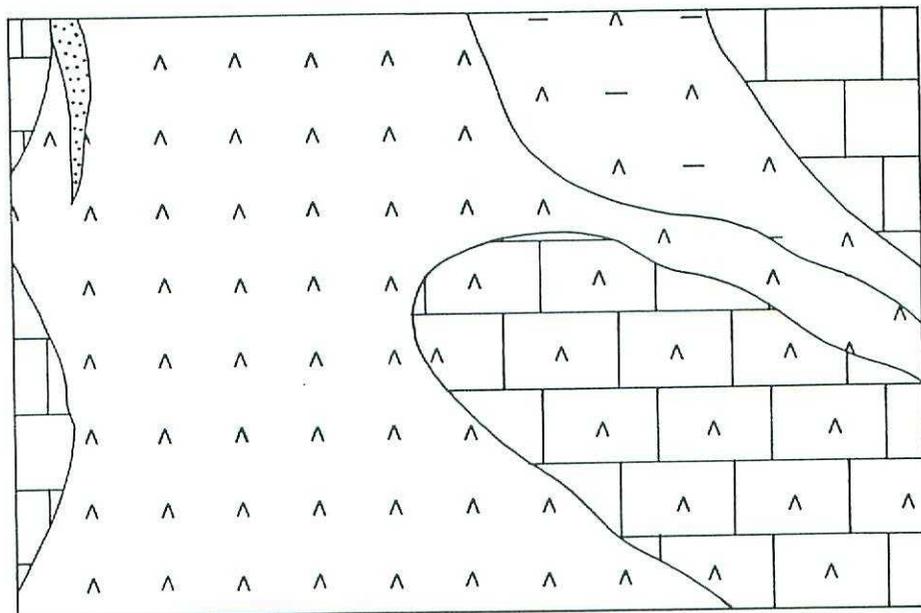
Fig.- 1 - CINTURONES DE FACIES EN LOS SEDIMENTOS DEL MIOCENO INFERIOR ENTRE LUNA Y EL RIO CINCA (según HIRST & NICHOLS, 1986)

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 cuatro ambientes deposicionales distintos (Fig 2):

- A) **Ambiente deposicional de abanico aluvial distal:** posee su mayor desarrollo en la parte septentrional de la zona, donde lo constituyen las facies fluviales que forman parte de los sistemas deposicionales de Huesca y de Luna procedentes de la Cordillera Pirenaica. Por otro lado, los materiales pelíticos que se intercalan entre los carbonatados de origen lacustre-palustre en el sector oriental y occidental, también forman parte de este ambiente deposicional.
- B) **Ambiente deposicional lacustre-palustre:** su mayor desarrollo, se halla en el cuadrante sur-oriental del territorio (ver fig. 2), el cual se halla formado predominantemente por facies carbonatadas, correspondientes a este ambiente deposicional. No obstante, entre estos depósitos, se intercalan facies terrígenas aluviales. Dentro de la zona, este ambiente también está representado por los materiales carbonatados que se hallan en el extremo NE y en el margen occidental del territorio.
- C) **Ambiente deposicional de margen de lago salino:** los depósitos que forman este ambiente deposicional, se hallan representados por las facies margo-yesíferas que configuran parte del cuadrante NE de la hoja y por las que se intercalan en todo el sector central entre las facies de lago salino.
- D) **Ambiente deposicional de lago salino:** dentro del área estudiada, toman su representación en gran parte de la superficie central ocupada por la hoja.

ZUERA (28-13)



-  SEDIMENTOS DE LAGO SALINO
-  SEDIMENTOS DE MARGEN DE LAGO SALINO
-  INTERCALACIONES DE SEDIMENTOS LACUSTRES Y EVAPORITICOS
-  SEDIMENTOS LACUSTRES Y PALUSTRES
-  SEDIMENTOS DETRITICOS

FIGURA 2.- DISTRIBUCION GENERAL DE FACIES DENTRO DE LA HOJA

2.1.1. AMBIENTE DEPOSICIONAL DE ABANICO ALUVIAL DISTAL

Los materiales correspondientes a este ambiente deposicional se hallan muy poco desarrollados en el ámbito de la hoja. En el sector NO del territorio es donde estos sedimentos se hallan mejor representados. Se han medido y estudiado materiales correspondientes a este ambiente deposicional en las columnas de Agua Baja (02) (40 m), Las Mosqueras (03) (38 m) y La Paul (04) (50 m).

La serie sintética, del territorio estudiado, consiste en una alternancia de tramos pelítico-areniscosos y de tramos carbonatados, los cuales configuran el ambiente deposicional lacustre-palustre. Los tramos pelítico-areniscosos, están formados básicamente por arcillas rojizas y ocreas entre las que se intercalan bancos de arenisca generalmente tabulares. Los bancos de areniscas tabulares y las pelitas corresponden a facies de desbordamiento. En conjunto, presentan una asociación de facies de abanico aluvial distal donde se encuentran esporádicos paleocanales.

Cabe señalar que, en la sucesión estratigráfica, el paso de las facies fluviales a las facies carbonatadas mencionadas, se realiza de forma transicional, mientras que el paso de las facies carbonatadas a las siguientes facies terrígeno-aluviales, suprayacentes, es brusco. Esto da lugar a una sucesión de carácter cíclico, la cual se repite diversas veces en la vertical. Cada uno de estos ciclos corresponde a una unidad genético-sedimentaria que, en la base está formada por un predominio de facies terrígenas y, hacia techo por un predominio de carbonatos de origen lacustre-palustre. En el ámbito de la hoja se reconocen un total de 5 unidades genético-sedimentarias.

La unidad genético-sedimentaria que posee unos sedimentos aluviales mejor desarrollados es la tercera. La primera, la cuarta y la quinta poseen unos sedimentos correspondientes a este ambiente deposicional constituidos predominantemente por pelitas. Finalmente la segunda unidad genético-sedimentaria no presenta

facies aluviales en el territorio pues éstas quedan reducidas al N, en el ámbito de la hoja de Almodóvar (28-12).

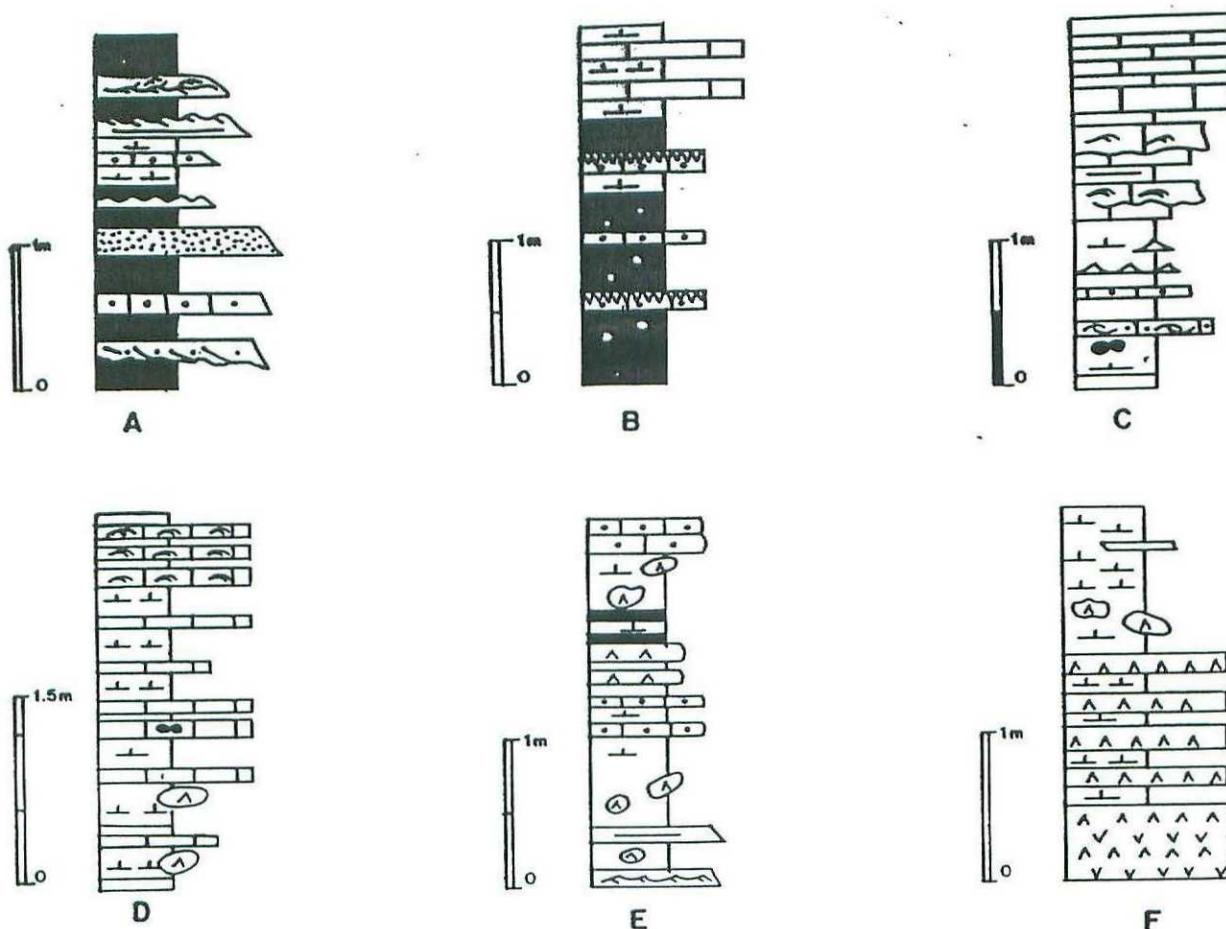
2.1.1.1. FACIES DE LLANURA DE INUNDACION

Estos depósitos son los que constituyen la casi totalidad del sedimento que se puede atribuir a este ambiente deposicional en el territorio estudiado. A excepción de la segunda unidad genético-sedimentaria, las otras cuatro se hallan constituidas en su parte basal por este tipo de sedimento.

Consisten en arcillas y arcillas limosas de coloración rojiza, con evidentes señales de edafización, tales como: moteados de reducción, moldes verticales de raíces y procesos de rubefacción. Entre los sedimentos pelíticos se intercalan capas planoparalelas de arenisca, normalmente de grano fino. Estas capas suelen ser masivas si bien pueden presentar laminación paralela y ripples de corriente a techo. Estas capas se hallan, a menudo, 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. 3a).

Entre estos sedimentos predominantemente pelíticos se intercalan, básicamente en la segunda unidad genética, cuerpos con base erosiva y que suelen mostrar estratificación cruzada planar. Estos cuerpos se pueden interpretar como efímeros paleocanales que proporcionaron el sedimento presente en el territorio (fig 3 a).

Estas pelitas y estas capas de arenisca tabulares fueron depositadas por flujos gravitativos y son el producto del desbordamiento, durante etapas de avenida, de los efímeros 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 (fig. 3a).



- A - FACIES DE LLANURA DE INUNDACION
 B - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES
 C - SECUENCIA DE FACIES LACUSTRES DE LAS DOS UNIDADES GENÉTICO-SEDIMENTARIAS SUPERIORES
 D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES
 E - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO
 F - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA

	} ARENISCAS		YESOS TABULARES		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSEN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS
			ESTRATIFICACION CRUZADA HUMMOCKY		NODULOS DE SILEX

FIG. 3 -SECUENCIAS DE FACIES REPRESENTATIVAS DE LOS AMBIENTES DEPOSICIONALES QUE SE DESARROLLAN EN LA HOJA DE ZUERA (28-13)

2.1.2. AMBIENTE DEPOSICIONAL LACUSTRE-PALUSTRE

En la parte sur-oriental de la hoja se desarrolla un complejo lacustre que corresponde a la tercera, cuarta y quinta unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja. Estos sedimentos se hallan intercalados entre sedimentos margo- evaporíticos. En el margen occidental se desarrollan, a techo de la tercera y quinta unidades genético-sedimentarias, sedimentos correspondientes a este ambiente deposicional.

Dentro de este ambiente deposicional, se pueden distinguir dos asociaciones de facies distintas:

- a) una asociación de facies constituida por tramos limo-arcillosos, con señales de edafización y con intercalaciones de carbonatos, que corresponderían a facies lacustre-palustres. En la zona de estudio, estas facies, están mejor desarrolladas en las partes media-superior de la primera y tercera unidades genético-sedimentarias.
- b) una asociación de facies constituida básicamente por una alternancia de margas y de carbonatos, que corresponderían a facies lacustres, bien desarrolladas a techo de la tercera, de la cuarta unidad y de la quinta, en las últimas estribaciones de la Sierra de Alcubierre.

2.1.2.1. FACIES LACUSTRE-PALUSTRES

Dentro del área cartografiada, estas facies se hallan muy bien representadas en el extremo NE y NO del territorio. También se hallan bien desarrolladas en buena parte de la mitad oriental del área estudiada. Consisten en una monótona alternancia de lutitas versicolores con capas calcáreas de espesor centimétrico y, oca-

sionalmente, métrico (ver DALEY, 1973). Debido al hecho que el área de estudio se halla relativamente cercana al centro de la cuenca, en algunas ocasiones pueden hallarse nódulos aislados de yeso entre el sedimento pelítico.

Los tramos lutíticos, en la base están formados por pelitas versicolores extensivamente edafizadas con marmorizaciones y, ocasionalmente, marcas de raíces (fig. 3 b). Hacia techo estas arcillas pasan a margas. Estos niveles margosos, están culminados por capas calcáreas cuyo espesor es centimétrico-decimétrico y oscila entre 5 cm y 50 cm. Los niveles calcáreos, en ocasiones llegan a formar bancos de hasta 2 m de potencia. De este modo, estas facies están organizadas en ciclos elementales de facies de escala métrica que, de base a techo, presentan las características descritas.

Estos niveles carbonatados, suelen tener un cierto contenido en limo. Normalmente presentan perforaciones producidas por raíces y, también, un importante contenido en materia orgánica y en restos fósiles (caraceas, ostrácodos y gasterópodos). La bioturbación más extensiva se localiza en las capas que constituyen el techo de los ciclos de facies.

La marmorización presenta diferente coloración indicativa 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.

Las tablas de caliza presentan porosidad vacuolar producto de las sucesivas inundaciones y desecaciones del sedimento. Esta evolución de las condiciones de humedad del sedimento permite la creación de una serie de fracturas que FREY-TET y PLAZIAT, (1982) clasificaron como: **Vertical joint planes, curved-faced nodules, horizontal joint planes, curved and craze planes, skew planes y craze planes.**

2.1.2.2. FACIES LACUSTRES

Consisten básicamente en una alternancia de margas y de calizas. Su descripción se realiza en base a los datos de numerosas estaciones puntuales de campo y de la columna de Las Mosqueras (03).

Los materiales margo-carbonatados, que constituyen la parte superior de la primera, tercera, cuarta y quinta unidades genético-sedimentarias superiores, caracterizadas en la zona, se pueden organizar en dos tipos de ciclos de facies distintos.

El primer tipo de ciclo de facies está formado, en la base, por margas grisáceas en las que ocasionalmente se intercalan capas centimétricas de margocaliza. En el techo, está constituido por biomicritas con restos de caráceas y de ostrácodos (Fig 3 d). Estos ciclos de facies, corresponden a ciclos de somerización y son similares a los descritos por FREYTET y PLAZIAT (1982). Su espesor oscila entre los 0.5 m y los 2 m. Dentro del área, se halla muy bien representados en los materiales que constituyen la parte superior de la primera y tercera unidades genético-sedimentarias.

Del estudio de las microfacies se deduce que estas calizas corresponden a **Crumbly gravelly limestones** o **coated gravelly limestones** (FREYTET, 1973). Estas calizas están compuestas por elementos micríticos pequeños y redondeados, de varios mm de longitud, que tienen una distribución irregular dentro de la roca y poseen, en ocasiones, restos fósiles.

En este tipo de capas calizas se han distinguido dos tipos de cemento, 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, o bien en contacto, o bien dispersos en la matriz. En ambos casos, los límites de estas "gravas" están mal definidos. Esta indefinición

puede ocasionar que solamente podamos observar fantasmas del fango original, y también morfologías de voids, como los *stellate voids* (FREYTET, 1973).

Los materiales lacustres que constituyen la parte superior de la cuarta y quinta unidades genético-sedimentarias, se organizan en ciclos de facies diferentes. Estos ciclos de facies son similares a los descritos por ARENAS *et al.* (1989) y poseen un espesor que oscila entre 0.5 m y 5 m, aproximadamente. Cuando el ciclo es completo de base a techo está constituido por los siguientes tramos (fig 3 c):

- 1) Un tramo basal predominantemente margoso, en el que algunas veces se intercalan arcillas ocreas.
- 2) Un segundo tramo dominado por margas con intercalaciones centimétricas de calcisiltitas y de areniscas de grano fino y muy fino, que a menudo, presentan estratificación *wavy* y *linsen*. Ocasionalmente, se intercalan niveles calcáreos con estromatolitos.
- 3) Un tercer tramo formado por capas de calizas limosas con superficies de reactivación y con desarrollo de estratificación cruzada *hummocky* y *ripples* de oscilación en el techo. Estas capas pueden presentar nódulos de sílex.
- 4) Un cuarto y último nivel formado por biomicritas con restos de caráceas y de ostrácodos y, a techo, con perforaciones verticales producidas por raíces (ver FREYTET y PLAZIAT, 1982).

Como los ciclos descritos en el párrafo anterior, corresponden a ciclos de somerización.

2.1.3. AMBIENTE DEPOSICIONAL DE MARGEN DE LAGO SALINO

Dentro del área de estudio los sedimentos depositados en este ambiente deposicional se desarrollan extensamente en el sector nor-oriental y en el sector centro-meridional. Estos sedimentos corresponden básicamente a la segunda, cuarta y quinta unidades genético-sedimentarias.

Sus características y su potencia se han estudiado parcialmente en la columna de Tardienta (01) y en base a una serie de estaciones puntuales debido a su mal afloramiento.

Estas facies corresponden a margen de lago salino y al tránsito aluvial distal-margen de lago salino. Consisten, principalmente, en arcillas, margas, efímeros canales de arenisca, niveles de yeso nodular y ocasionales capas de calcisiltita.

Generalmente se trata de yesos blancos nodulares de aspecto pulverulento y micronodulares (tipo *chicken wire*) de textura albastrina. En muchas ocasiones estos nódulos de yeso se hallan formando niveles continuos de aspecto tabular.

Los sedimentos que constituyen este ambiente sedimentario se organizan en ciclos de facies (ver fig. 3 e) que presentan las siguientes características: en la base están formados por margas y/o arcillas rojizas, donde se pueden intercalar los efímeros paleocanales de arenisca, que contienen nódulos de yeso. En algunas ocasiones, estos nódulos llegan a formar niveles estratiformes, de escaso espesor. En el techo, están formados por calizas micríticas, que presentan bioturbación y perforaciones, producidas por raíces.

2.1.4. AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LAGO SALINO

Los sedimentos correspondientes a este ambiente, poseen una representación cartográfica que se extiende por el sector NE y por el margen oeste del río Gállego.

Su estudio sedimentológico, se ha hecho en base a la columna de Tardienta (01) y a numerosos datos puntuales, ya que, la mala calidad de afloramiento que presentan estos materiales dificulta la realización de columnas continuas.

Estos depósitos están constituidos por una alternancia de capas de yeso, de niveles margosos y de calcisiltitas. Las margas son yesíferas grises y se hallan en niveles de 2-3 cms de espesor alternando con capas centimétricas de yeso de aspecto tabular. Estos yesos tabulares poseen un aspecto micronodular (*chicken wire*) y presentan textura alabastrina.

También pueden hallarse niveles de yesos nodulares entre el sedimento margoso. Son nódulos centimétricos de yeso blanco y de textura alabastrina.

Los ciclos elementales de facies, se organizan de forma similar a los que caracterizan el ambiente de margen de lago salino (ver figura 3 f) (SALVANY, 1989a y 1989b y HERNANDEZ et al., 1991). Se trata de ciclos de escala métrica que, si se presentan completos, se organizan de la forma siguiente:

TECHO

Capas centimétricas de calcisiltita

Margas con yeso nodular

Niveles decimétricos de yeso tabular

BASE

Este sería el ciclo de facies ideal, sin embargo no siempre se observan tan bien desarrollados pudiendo mostrarse, a menudo, incompletos.

2.2. BIOESTRATIGRAFIA

Los yacimientos de micromamíferos de la Sierra de la Galocha, que corresponden a la primera unidad y que se hallan localizados en la hoja de Huesca, son de edad Ageniense (2b en la escala de MEIN) según ALVAREZ-SIERRA et al. (1990).

En el ámbito de la hoja, no ha sido posible determinar la edad de la segunda unidad genético-sedimentaria, debido a la carencia de yacimientos de micromamíferos. Sin embargo en la parte media-inferior de esta unidad genético-sedimentaria dentro de la hoja de Peñalba (30-15), AZANZA et al. (1988) y CUENCA et al. (1989) han estudiado cinco yacimientos paleontológicos. En estos yacimientos han citado *Ritteneria manca*, especie que caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975). Esta biozona caracteriza la parte superior del Ageniense. Por lo tanto, el límite Ageniense-Aragoniense, se sitúa en la parte media de esta segunda unidad genético-sedimentaria.

En los materiales que forman la cuarta unidad genético-sedimentaria, no se han hallado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo se le atribuye una edad correspondiente al Mioceno medio en base a los datos paleontológicos de la unidad suprayacente.

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de la última unidad presente en la hoja, el estudio paleontológico del yacimiento de Puigladrón, situado en la parte media de la misma en la hoja de Lanaja (29-14), ha permitido acotar su edad entre el Mioceno medio y el Mioceno superior. Por otro lado, en el yaci-

miento del Barranco de San Benito, situado en la misma hoja, en la parte media-superior de la unidad, se han estudiado restos de macromamíferos, que permiten atribuirle una edad comprendida entre el Aragoniense medio y superior. Los datos aportados por el estudio de los sedimentos localizados en las inmediaciones de Santa Quiteria coinciden con los anteriormente expuestos.

2.3. CRONOESTRATIGRAFIA. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL

La ejecución de la cartografía y del estudio sedimentológico de la hoja de Zuera, forma parte del proyecto MAGNA-EBRO, 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. Estos ciclos corresponden a unidades genético-sedimentarias.

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 unidades genético-sedimentarias (desde la Unidad de Fayón-Fraga, hasta la Unidad de San Caprasio; ver Tablas I y II). Cada una de estas está formada en la base, por materiales de abanico aluvial distal, que forman parte del Sistema deposicional de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986) y hacia techo, pasan transicionalmente a materiales lacustre-palustres. De la misma forma, en la zona de Fustiñana, Ejea, Almodévar y Zuera, en la parte centro-occidental de la cuenca, la disposición cíclica de estos materiales, se realiza de forma similar, pero los materiales aluviales, que forman la base de las unidades, en este área forman parte del Sistema deposicional de Luna (HIRST y NICHOLS, 1986). La cartografía y la correlación de los límites que separan estas

unidades cíclicas, 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.

La ejecución de las hojas de Mequinenza, Bujaraloz, Gelsa, Caspe y Fabara, nos ha permitido observar que, hacia la parte meridional de la Cuenca del Ebro, estas unidades presentan una disposición cíclica y una evolución de facies, prácticamente idénticas que en los sectores septentrionales, aunque los materiales fluvio-aluviales que las constituyen, procedan de la Cordillera Ibérica.

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 Priabonense 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, en ellos, hemos podido distinguir un total de 13 unidades (desde la Unidad Sanaüja hasta la Unidad Mequinenza-Ballobar; ver Tabla I). 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. Los materiales fluvio-aluviales que constituyen la base de estas unidades, en el sector septentrional de la parte catalana de la Cuenca, proceden del Pirineo, mientras que en el sector meridional, proceden de Los Catalánides.

E D A D		UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	B I O Z O N A S	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
MIOCENO OLIGOCENO SUPERIOR	AQUITAN. AGENIENSE CHATTIENSE	Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca	▲ MN-1 ▲ Zona <u>Rhodanomys transiens</u> (1) (MP-30)	Arcillas y calizas de las Fm. Alcubierre y Mequinenza. Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell y Sariñena. Yesos de la Fm Lerín.
		Unidad Mequinenza-Ballobar		Arcillas y calizas de la fm. Mequinenza. Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell y Sariñena.
		Unidad Fayón-Fraga	▲ Zona <u>Eomys aff. major</u> (1) (MP-27) ▲ Zona <u>Eomys major</u> (1)	Arcillas y areniscas de las Fms. Urgell, Sariñena y Peraltilla
		Unidad Alfés-Ribarroja	▲ Zona <u>Eomys Zitteli</u> (1) (MP-26)	Arcillas, areniscas, calizas lacustres y caliza alfes (Embalse Secá) Aytona.
OLIGOCENO INFERIOR	ESTAMPIENSE	Unidad Castellidans	▲ Zona <u>Theridomys aff. major</u> (1) (MP-25)	Arcillas, areniscas, calizas lacustres y calizas de Castellidans
		Unidad Arbeca		Arcillas, areniscas lacustres y caliches de Vacaroja Sedimentos fluviales de la Formación Urgell
		Unidad La Floresta		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 Tárrega	▲ Zona <u>Theridomys major</u> (1) (MP-23) ▲ Zona <u>Theridomys calafensis</u> (1) (MP-22)	Calizas de Cervera y del Talladell Formación Urgell - Parte inferior
		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 Sanäuja
EOCENO SUP.	PRIABONIEN.	Unidad Sanäuja		Yesos del núcleo del anticlinal de Sanäuja

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

BIOZONAS MN: MEIN (1989)
 BIOZONAS MP: SCHMIDT-KITTLER (1987)
 (1) AGUSTI, et al. (1988)

E D A D		UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	B I O Z O N A S	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
M I O C E N O	VALLESIENSE	Unidad San Caprasio		Areniscas, arcillas y calizas de la Formación Alcubierre.
	ARAGONIENSE	Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón		Margas y calizas de la Formación Alcubierre.
		Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora		Margas y calizas de la Formación Alcubierre.
		Unidad Remolinos-Lanaja	▲ (MN-3) (?)	Areniscas, arcillas y calizas de las fm. Sariñena y Alcubierre yesos de la Fm. Zaragoza.
		Unidad Bujaraloz-Sariñena	▲ Zona <u>Ritteneria manca</u> (2b) (1)	Areniscas, arcillas y calizas de las fm. Sariñena y Alcubierre, yesos de la Fm. Zaragoza.
	AQUITANIENSE AGENIENSE	Unidad Galocha-Ontiñena		Arcillas y areniscas de la Fm. Sariñena. Arcillas y calizas de la Fm. Alcubierre y Mequinenza, yesos de la Fm Zaragoza.
		Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca	▲ Zona <u>Rhodanomys schlosseri</u> (MN-1) (2)	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.	CHATTIENSE	▲ Zona <u>Rhodanomys transiens</u> (2) (MP-30)		

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

BIOZONAS MN: MEIN (1989)

BIOZONAS MP: SCHMIDT-KITTLER (1987)

(1) MEIN (1975)

(2) AGUSTI, et al. (1988)

Según nuestro criterio, las 20 unidades que se hallan representadas en las Tablas I y II, corresponden a **unidades genético-sedimentarias**. Como se ha mencionado en el capítulo de nomenclatura, la definición de unidad genético-sedimentaria, correspondería a la de secuencia deposicional (*sensu* MITCHUM, et al., 1977) pero que, debido a que en la literatura geológica, no existe un modelo genético de las secuencias deposicionales, en cuencas continentales, creemos más oportuno utilizar el primero de los dos términos.

Cabe señalar, que cada una de estas unidades genético-sedimentarias, está organizada en ciclos de rango inferior, que corresponden a ciclos de facies y que son asimilables a parasecuencias, o ciclos de 4^o orden (*sensu* VAN WAGONER, 1985). Estos se pueden observar mejor en los ambientes deposicionales lacustre-palustres y de margen de lago salino.

Los contactos que limitan a estas unidades, se han caracterizado en base a cambios bruscos de facies, los cuales, según en la parte que nos hallemos de la cuenca, se manifiestan de tres formas distintas:

- 1) En áreas relativamente proximales de la cuenca, se ponen de manifiesto a partir del contacto existente entre las facies fluvio-aluviales de la base de cada unidad, con las facies fluvio-palustres del techo de las unidades infrayacentes.
- 2) En áreas relativamente más distales, se reflejan a través del contacto que existe entre las facies fluvio-aluviales, que caracterizan la base de las unidades y las facies lacustre-palustres, que caracterizan el techo de las unidades infrayacentes.
- 3) Finalmente, en los sectores más distales, se caracterizan a partir del contacto entre las facies, o bien aluviales distales, o bien de margen de lago salino,

que forman la base de las unidades, y las facies de lago salino que forman el techo de las unidades infrayacentes.

La dificultad de cuantificar, dada la pobre existencia de yacimientos fosilíferos de importancia cronoestratigráfica, los posibles hiatos sedimentarios ligados a estos límites, impide que los denominemos paraconformidades, aun cuando representan cambios bruscos de facies con rango cuencial y, en algunas ocasiones, haya podido constatarse su enlace con discordancias erosivas y/o cartográficas.

En base a estos datos, podemos constatar que cada una de estas unidades, está formada, según la sucesión estratigráfica y su evolución lateral, por dos partes bien diferenciadas:

- A) Una parte inferior, formada, en las áreas relativamente proximales, por facies terrígenas de origen fluvio-aluvial y, en las áreas más distales, por facies margo-yesíferas depositadas bajo un ambiente de margen de lago salino. La evolución de las facies proximales, hacia las distales, se realiza de forma transicional. En conjunto se trata de una asociación de facies de abanico aluvial distal, que termina en una llanura lutítica (*playa lake*), donde, debido a la presencia de un clima idóneo, tiene lugar la sedimentación de materiales evaporíticos. Cabe señalar, que dentro del ambiente deposicional de abanico aluvial distal, se pueden diferenciar una asociación de facies de núcleo de abanico, que pasa directamente a los depósitos de margen de lago salino y una asociación de facies de orla de abanico, que está constituida por facies terrígenas y carbonáticas de llanura de inundación.
- B) Una parte superior, formada, en las zonas relativamente proximales, por facies fluviales, en donde predominan los materiales pelíticos, edafizados, de llanura de inundación, en donde el desarrollo de paleocanales de arenisca es efímero y en donde tienen lugar el desarrollo de niveles carbonáticos de origen lacustre-palustre. Lateralmente hacia áreas más distales, estas facies

pasan transicionalmente, o bien a facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (en la mayoría de las 20 unidades genético-sedimentarias), o bien a facies terrígeno-carbonáticas lacustres (en las unidades oligocenas de Torà, de Vallbona, de Omells, de La Floresta y de Arbeca). Finalmente, en las áreas relativamente centrales de la cuenca, todo este conjunto de materiales pasa a facies margo-evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino.

Por lo que se refiere al origen de estas unidades, bajo nuestro punto de vista creemos que hay que tener en cuenta la intervención de dos factores principales para explicar su génesis y su distribución areal:

- 1) Por una parte creemos que las sucesivas oscilaciones climáticas, han jugado un importante papel en la ordenación vertical y lateral de las facies que constituyen, tanto las unidades genético-sedimentarias, como de las que constituyen los ciclos de rango inferior y, por lo tanto, en la génesis de las mismas. Estas oscilaciones, en buena parte debieron provocar sucesivos cambios del nivel de base, o de la superficie de equilibrio, entendiéndose como tal, aquella superficie imaginaria de la litosfera sobre la cual, no hay ni erosión ni sedimentación, es decir, sobre la que ámbos procesos se encuentran en equilibrio (WHEELER, 1964; SLOSS, 1964; ULIANA y LEGARRETA, 1988).
- 2) Por otro lado, opinamos que la distribución areal de estas unidades, dentro de la cuenca oligo-miocena, es debida a factores tectónicos, los cuales han propiciado, a lo largo del tiempo, un progresivo desplazamiento del depocentro lacustre de estas unidades, hacia el centro deposicional de la cuenca, es decir, de E a O y de N a S. Además, creemos que, en algunas ocasiones, los descensos del nivel de base, producidos por cambios climáticos, pueden haber estado enfatizados por la subsidencia tectónica.

En el área comprendida dentro de la hoja de Zuera, se hallan representadas 5 unidades genético-sedimentarias, que corresponden a cada uno de los ciclos sedi-

mentarios, mencionados a lo largo del texto y que de base a techo se denominan:

- 1) **Unidad Galocha-Ontiñena:** aflora tan solo su techo en el extremo NE del territorio, donde está constituida básicamente por sedimentos palustres y lacustre-palustres (fig 4). En el territorio estudiado tan solo afloran los 25 m superiores de la unidad sin embargo su potencia total debe superar los 100 m. Esta unidad posee una edad Ageniense.
- 2) **Unidad de Bujaraloz-Sariñena:** en el área cartografiada, esta unidad, es la que posee unas facies con carácter más distal. Su parte inferior está constituida por sedimentos de margen de lago salino mientras que su parte superior está constituida por sedimentos correspondientes a lago salino. No se ha podido medir la totalidad de su potencia, sin embargo ésta debe superar los 119 m parciales medidos en la columna de Tardienta (01). Su parte inferior corresponde al Ageniense, mientras que su parte media-superior, corresponde al Aragoniense.
- 3) **Unidad de Remolinos-Lanaja:** esta unidad posee una buena representación en el territorio estudiado por lo que su evolución temporal y espacial se pueden observar ampliamente. En la base está constituida por sedimentos de llanura de inundación, con escasos paleocanales de arenisca. Hacia su parte superior evoluciona a facies lacustre-palustres, y finalmente lacustres a techo. Todos estos sedimentos evolucionan, hacia el S, a sedimentos de margen de lago salino. En la columna de La Paul (04) se han medido 100 m de sedimento correspondientes a esta unidad que, por consideraciones estratigráficas, debe superar los 120 m. La edad de esta unidad es Aragoniense.
- 4) **Unidad de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora:** esta unidad aflora en la mitad meridional de la hoja. Su parte inferior está constituida por sedimentos de llanura de inundación en los que dominan los sedimentos pelíticos. Estos sedimentos, hacia su parte superior, evoluciona a facies lacustre-palustres, y

finalmente lacustres a techo. Hacia el S y el O estos materiales evolucionan a sedimentos correspondientes a margen de lago salino. En la columna de Las Mosqueras (03) se han medido 60 m de sedimento correspondiente a esta unidad que por consideraciones cartográficas debe medir alrededor de 80 m. La edad de esta unidad es Aragoniense.

- 5) **Unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón:** esta unidad aflora en la parte sur-occidental del territorio, aunque donde posee una mayor área de afloramiento es en el cuadrante sur-oriental. En la base está constituida, de forma parecida a la unidad anterior, por sedimentos aluviales muy distales que evolucionan a sedimentos lacustres hacia techo. Como la unidad anterior todo el material mencionado evoluciona, hacia el S y O, a materiales correspondientes a margen de lago salino. No se ha podido medir la potencia de esta unidad, sin embargo en la vecina hoja de Lanaja (29-14) posee unos 170 m de potencia. La edad de esta unidad es Aragoniense superior.

En la Figura 4 se representa la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector occidental de la parte aragonesa de la Cuenca del Ebro. En la Figura 5, se representa, más detalladamente, la evolución de una de estas unidades, donde se puede observar el funcionamiento de los ciclos de facies.

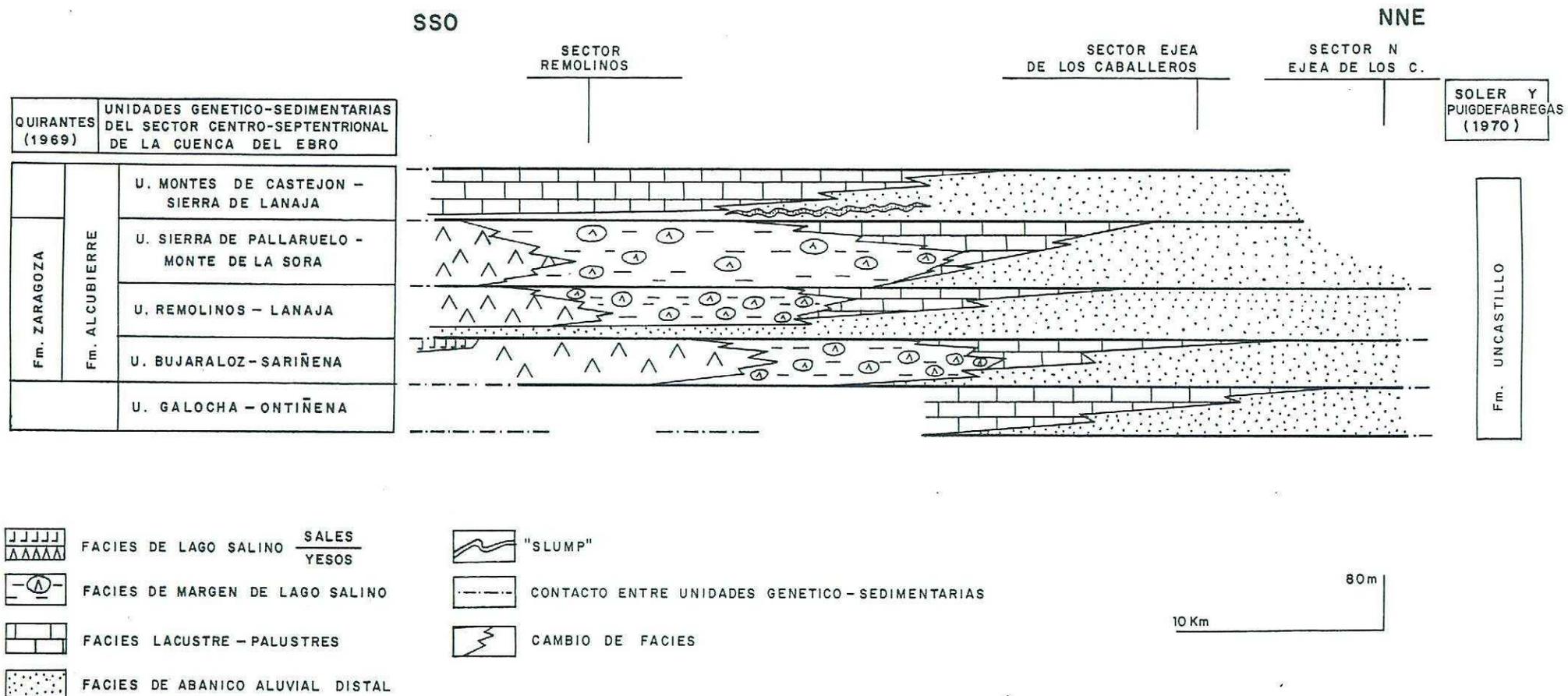
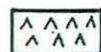
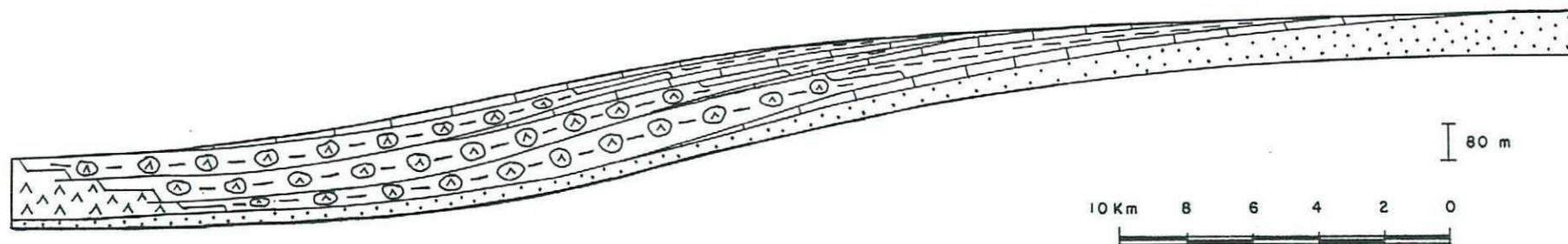


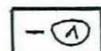
Fig. 4.- MODELO SECUENCIAL DE LAS UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS MIOCENAS EN EL SECTOR NOROCCIDENTAL DE LA PARTE ARAGONESA DE LA CUENCA DEL EBRO.

SSO

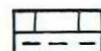
NNE



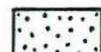
FACIES DE LAGO SALINO



FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO



FACIES LACUSTRE — PALUSTRE



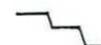
FACIES DE ABANICO ALUVIAL DISTAL



PARACONFORMIDAD



LÍNEA TIEMPO



CAMBIO DE FACIES

FIG. 5 .- MODELO SECUENCIAL DE UNA UNIDAD GENETICO-SEDIMENTARIA EN EL SECTOR NOR-OCCIDENTAL DE LA PARTE ARAGONESA DE LA CUENCA DEL EBRO.

3.- BIBLIOGRAFIA

3.- BIBLIOGRAFIA

AGUSTI, J; CABRERA, L; ANADON, P. Y ARBIOL, S., 1988.- "A late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the S.E. Ebro Basin (NE Spain): A potencial mammal stage stratotype". *Newls. Stratigr*, 18 (2), pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.

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 tp patterns of water and sediment motion". *North-Holland Publishing Company*. Amsterdam. pp. 1-422.

ALVAREZ-SIERRA, M.A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J.I.; LOPEZ-MARTINEZ, N.; VAN DER MEULEN, A.J.; SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990).- "Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligoceno-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spais)". *Scripta. Geologica*. 94: 75 pp.

AZANZA, B; CANUDO, J.I. Y CUENCA, G., 1988.- Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario Continental de la Cuenca del Ebro (Sector centro-occidental). II Congreso Geológico de España. Granada, vol. 1, pp. 261-264.

CUENCA, G; AZANZA, B; CANUDO, J.I. Y FUERTES, V., 1989.- Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, nº 6. pp. 75-77.

- CUENCA, G., 1991 a.- Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la cuenca del Ebro. 1 Congreso del Grupo Español del Terciario, CONGET'91. Vic., pp. 97-100.
- CUENCA, G., 1991 b.- Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la cuenca del Ebro. 1 Congreso del Grupo Español del Terciario, CONGET'91. Vic., pp. 101-104.
- DALEY B., 1973.- "Fluvio-Lacustrine cyclothems from the oligocene of Hampshire". *Geol Magaz.*, vol. 110, nº 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.
- HERNANDEZ, A., COSTA, J.M., SOLA, J., VAN DEN HURK, A. M., RAMIREZ, J. I., SALAZAR, A., NAVARRO, J. J., ESNAOLA, J. M., GIL, C., MARQUES, L. A. (1991).- Evolución genético-sedimentaria de la unidad Zuera. (Mioceno inferior, Cuenca del Ebro). *Volumen de Comunicaciones del I Congreso del Grupo Español de Terciario*, Vic 1991. pp.162-165.

- HIRST, J. P. P., NICHOLS, G. J., 1986.-** "Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees". *Spec. publs. Ass. Sediment*, 8, pp. 247-258.
- MEIN, P., 1975.-** "Biozonation de Néogène Méditerranéen á partir des Mammifères". IUGS. RCMNS. **Report on the Activity of the RCMNS working groups: 78-81**, Bratislava.
- 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.
- QUIRANTES J., 1969.-** Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. Granada. Publ. Instituto Fernando el Católico (CSIC) de la diputación provincial de Zaragoza, 200 pp.
- SALVANY J. M., 1989a.-** Las formaciones evaporíticas del terciario continental de la cuenca del Ebro en Navarra y la Rioja. Litoestratigrafía, petrología y sedimentología. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona. 397 pp.

- SALVANY J. M., 1989b.**- Ciclos y megaciclos evaporíticos en las Formaciones Falces y Lerin. Oligoceno-Mioceno Inferior de la Cuenca del Ebro (Navarra-La Rioja). **Comunicaciones del XII Congr. esp. de Sed.** Leioa -Bilbo, 19-20 Sep. 1989. pp. 83-86.
- SCOTT R. W., KIDSON E. J., 1977.**- "Lower Cretaceous depositional systems, West Texas". In Bebout, D.G. y Loucks, R. G. Cretaceous carbonates of Texas and Mexico. Applications to subsurface exploration. Bur. of Econ. Geol. Reprot of investigations. n° 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.
- 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
Bulletin. 169.