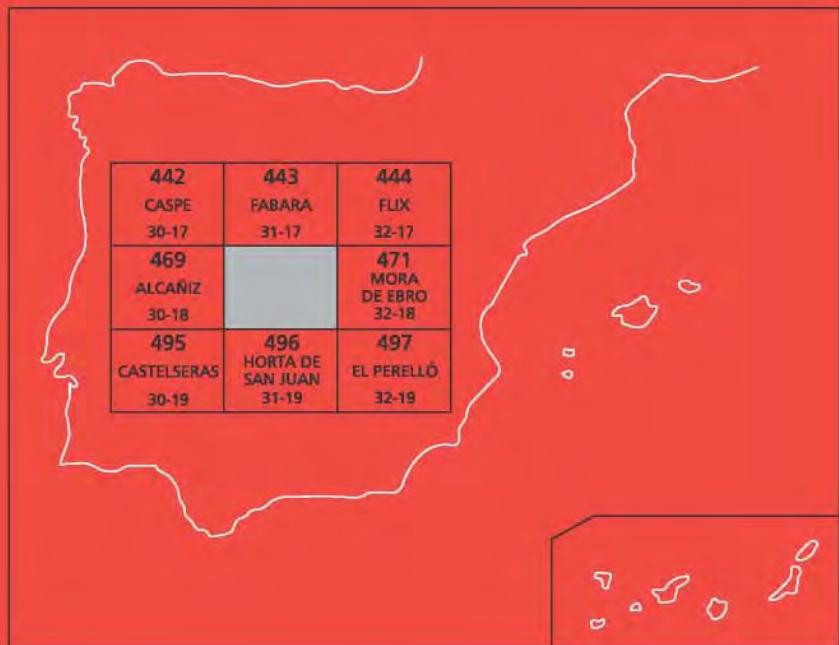




# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# GANDESA

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# GANDESA

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 44052-2006  
ISBN: 84-7840-653-0  
NIPO: 657-06-008-0

Fotocomposición: I.M.G. Impresión Gráfica  
Impresión: I.M.G. Impresión Gráfica

La presente hoja y memoria ha sido realizada por INFORMES Y PROYECTOS S.A. (CGS), dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Han intervenido:

### **Autores**

Josep Maria Costa Mercadal (CGS). Cartografía del Mesozoico y Terciario. Secciones estratigráficas. Sedimentología. Memoria. Puntos de Interés Geológico. Tectónica.  
Joan Sola Subiranas (CGS). Cartografía del Terciario y Secciones estratigráficas. Cuaternario. Sedimentología. Memoria. Puntos de Interés Geológico. Tectónica.  
Antonio Hernandez Samaniego (CGS). Coordinación y dirección. Geotecnia.  
Guillermo Portero Garcia (CGS). Geomorfología. Memoria. Cartografía del Cuaternario.  
Jose Ramirez Del Pozo. Micropaleontología  
David Gomez-Gras (Univ. A. Barcelona). Sedimentología de Laboratorio. Petrografía.  
Gloria Cuenca Bescos (Univ. Zaragoza). Micromamíferos.

### **Informes Complementarios**

Alejandro Garcia Villar (CGS). Recursos Minerales  
Jose Javer Navarro Juli (CGS). Neotectónica. Lineamientos  
Joan Sola Subiranas (CGS). Sedimentología  
Jose M<sup>a</sup> Costa Mercadal (CGS). Sedimentología

### **Coordinación**

Alejandro Robador Moreno (IGME). Coordinación y dirección por parte del IGME



## Í N D I C E

0. INTRODUCCIÓN .....	11
1. ESTRATIGRAFÍA.....	13
1.1. MESOZOÍCO.....	16
1.1.1. Secuencia superior triásica .....	20
1.1.1.1. Calizas, dolomías y margas (Muschelkalk superior, M <sub>3</sub> ) (1) (Ladiniense).....	20
1.1.1.2. Lutitas versicolores con nódulos de caliche y de yeso. Dolomías, yesos y ocasionalmente areniscas. (Facies Keuper) (2) (Carniense). .....	21
1.1.1.3. Dolomías tableadas (3) (Noriense). .....	22
1.1.2. Secuencia basal jurásica.....	22
1.1.2.1. Megabrechas dolomíticas. Carbonatos resedimentados (4) (Hettangjiense).....	24
1.1.2.2. Calizas, dolomías y margas (5) (Hettangiense-Pliensbachiense)....	25
1.1.2.3. Alternancia de calizas nodulosas y margas bioclásticas. Margas rojizas con Braquiópodos y Ammonites (6) (Pliensbachiense). .....	26
1.1.3. Secuencia basal cretácica.....	26
1.1.3.1. Lutitas versicolores con nódulos de hierro y areniscas. (Facies Utrillas) (7) (Albiense). .....	27
1.1.3.2. Dolomías, Calizas y margas (8) (Cenomaniense). .....	27
1.1.4. Secuencia superior cretácica .....	28
1.1.4.1. Margas y calizas (9) (Senoniente). .....	28
1.2. TERCIARIO.....	30
1.2.1. Unidad paleocena.....	33
1.2.1.1. Lutitas versicolores, calizas, calcisiltitas y areniscas (10) (Paleoceno) .....	34
1.2.2. Unidad Eocena .....	34
1.2.2.1. Lutitas, areniscas, yeso fibrilar y calizas (11) (Eoceno) .....	35
1.2.3. Unidades oligocenas.....	35
1.2.3.1. Unidades oligocenas de la cuenca del Ebro .....	36

1.2.3.1.1.	Unidades oligocenas 1, 2 y 3 .....	38
1.2.3.1.1.1.	Conglomerados, areniscas y lutitas (12) (13) (14) (Estampiense) .....	40
1.2.3.1.2.	Unidades oligocenas 4 y 5 .....	40
1.2.3.1.2.1.	Conglomerados, lutitas y areniscas (15) (17) (Estampiense) ....	41
1.2.3.1.2.2.	Lutitas, areniscas y yeso fibrilar (16) (18) (Estampiense) .....	41
1.2.3.1.3.	Unidad oligocena 6.....	42
1.2.3.1.3.1.	Conglomerados, lutitas y areniscas (19) (Chattiene....	42
1.2.3.1.3.2.	Lutitas, areniscas, calizas y yeso fibrilar. (20) (Chattiene). .	43
1.2.3.1.3.3.	Margas, calizas, yeso fibrilar y areniscas. (21) (Chattiene).	43
1.2.3.1.4.	Unidad oligocena 7. (Unidad de Fayón-Fraga) .....	44
1.2.3.1.4.1.	Conglomerados, microconglomerados, areniscas y lutitas (22) (Chattiene) .....	47
1.2.3.1.4.2.	Lutitas, areniscas, calizas y yeso fibrilar (23) (Chattiene)	47
1.2.3.1.4.3.	Paleocanales individuales de arenisca (24) (Chattiene) .	48
1.2.3.1.4.4.	Paleocanales amalgamados de arenisca.(25) (Chattiene)	49
1.2.3.1.4.5.	Lutitas versicolores edafizadas, calizas y areniscas (26) .. (Chattiene) .....	49
1.2.3.1.4.6.	Calizas y lutitas versicolores (27) (Chattiene).....	50
1.2.3.1.5.	Unidad oligocena 8 (Unidad de Mequinenza-Ballobar) .....	51
1.2.3.1.5.1.	Conglomerados, areniscas y lutitas (28) (Chattiene)....	54
1.2.3.1.5.2.	Lutitas, areniscas y calizas, ocasionalmente yeso fibrilar (29) (Chattiene) .....	54
1.2.3.1.5.3.	Paleocanales individuales de arenisca (30) (Chattiene) .	55
1.2.3.1.5.4.	Paleocanales amalgamados de arenisca (31) (Chattiene)..	55
1.2.3.1.5.5.	Lutitas versicolores edafizadas, areniscas y calizas (32) (Chattiene) .....	56
1.2.3.1.5.6.	Calizas y lutitas (33) (Chattiene) .....	56
1.2.3.1.6.	Unidad oligocena 9 (Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca)....	57
1.2.3.1.6.1.	Conglomerados, areniscas y lutitas (34). (Chattiene)....	60
1.2.3.1.6.2.	Lutitas, areniscas y calizas (35). (Chattiene).....	60
1.2.3.2.	Unidades oligocenas de la Cuenca de Mora.....	61
1.2.3.2.1.	Conglomerados y areniscas (36) (Oligoceno inferior de la Depresión de Mora de Ebro).....	61
1.2.3.2.2.	Conglomerados, microconglomerados y areniscas (37) (Oligoceno superior de la Depresión de Mora de Ebro) .....	63
<b>1.3.</b>	<b>CUATERNARIO .....</b>	<b>63</b>
1.3.1.	Limo-arcillas. Calizas a techo. Costras calcáreas (38). Plioceno Pleistoceno .	63
1.3.2.	Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Terrazas de los ríos Matarraña y Algars (43, 41, 40, 39).....	64
1.3.3.	Limo-arcillas y arenas. Meandros abandonados del río Algars (44, 42). Pleistoceno-Holoceno .....	65
1.3.4.	Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Fondos de valle (45). Holoceno.....	65
1.3.5.	Arenas y limo-arcillas. Cantos dispersos. Coluviones (46). Holoceno ....	65
1.3.6.	Bloques y cantos calcáreos. Canchales (47). Holoceno .....	65
1.3.7.	Limo-arcillas y arenas. Cantos subordinados. Conos de deyección (48). Holoceno.....	66
1.3.8.	Limo-arcillas y arenas con sales. Depósitos endorreicos (49). Holoceno .	66

1.3.9.	Limo-arcillas y arenas con cantos esporádicos (50). Depósito aluvial-coluvial .....	66
1.3.10.	Limo-arcillas y arenas con algún canto. Rellenos de val (51). Holoceno .....	66
1.3.11.	Limo-arcillas y arenas con algún canto. Terrazas poligénicas (rellenos de val colgados) (52). Holoceno .....	66
<b>2.</b>	<b>TECTÓNICA .....</b>	<b>67</b>
2.1.	MARCO TECTÓNICO REGIONAL .....	67
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	69
2.3.	EVOLUCIÓN TECTÓNICA.....	70
2.4.	NEOTECTÓNICA.....	71
<b>3.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>71</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.....	71
3.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....	72
3.2.1.	Estudio morfoestructural .....	72
3.2.2.	Estudio del modelado.....	72
3.2.2.1.	Laderas .....	72
3.2.2.2.	Formas fluviales.....	73
3.2.2.3.	Formas kársticas .....	74
3.2.2.4.	Formas endorreicas/lacustres .....	74
3.2.2.5.	Formas poligénicas.....	74
3.2.2.6.	Formas antrópicas .....	74
3.3.	EVOLUCIÓN DINÁMICA .....	74
3.4.	MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	75
<b>4.</b>	<b>HISTORIA GEOLÓGICA .....</b>	<b>75</b>
<b>5.</b>	<b>GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>78</b>
5.1.	RECURSOS MINERALES .....	78
5.1.1.	Minerales metálicos y no metálicos .....	78
5.1.1.1.	Aspectos generales e historia minera.....	78
5.1.1.2.	Tipos de mineralizaciones. Minerales no metálicos .....	79
5.1.2.	Minerales energéticos .....	79
5.1.2.1.	Aspectos generales e historia minera.....	79
5.1.3.	Rocas industriales .....	79
5.1.3.1.	Aspectos generales e historia minera.....	79
5.1.3.2.	Descripción de los materiales .....	79
5.2.	HIDROGEOLOGÍA .....	84
5.2.1.	Climatología-Hidrología.....	84
5.2.2.	Inventario y usos del agua.....	85
5.2.3.	Caracterización hidrogeológica.....	86
5.3.	CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES.....	87
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>93</b>



## 0. INTRODUCCIÓN

La hoja topográfica, a escala 1:50.000, de Gandesa (31-18) se halla situada entre los meridianos  $0^{\circ}08'49'',5$  y  $0^{\circ}28'49'',4$  y los paralelos  $4^{\circ}10'04'',2$  y  $41^{\circ}00'04'',2$ . La mayor parte del territorio comprendido en la hoja corresponde a la parte sur-oriental de la Depresión del Ebro, exceptuando el extremo SE del mismo, en donde se ubican las estribaciones meridionales de la Cordillera Costero-Catalana (Los Catalánides) y también, una superficie muy reducida correspondiente a la Depresión terciaria de Móra d'Ebre. Administrativamente la superficie de la Hoja se reparte entre las provincias de Tarragona, de Teruel y de Zaragoza.

La zona comprendida en la hoja posee dos unidades de relieve muy diferenciadas: **a/** el extremo sur-oriental de la hoja se halla representado por relieves abruptos, configurados por los materiales dominanteamente carbonáticos de Los Catalánides (Sierra de Pàndols) y por los materiales conglomeráticos de la Sierra de Puig Cavallé, los cuales corresponden a facies aluviales proximales, desarrolladas en el extremo SE de la Cuenca del Ebro. En este área, se alcanzan altitudes de 705 m en el Cerro de Santa Magdalena (Sierra de Pàndols) y de 703 m en el Cerro de Puig Cavallé. **b/** El resto de la hoja, que corresponde a la mayor parte de su superficie, está formada por un relieve más o menos llano. La mitad occidental se halla constituida por un relieve irregular con valles y barrancos que disectan los materiales lutítico-arenosos, de origen fluvio-aluvial, que configuran la Depresión del Ebro. En este área, las altitudes topográficas oscilan entre los 180 m, en el cauce del Río Algars y los 590 m, en los alrededores de Calaceite. La parte nor-oriental, se halla representada por un relieve en cuestas y mesas, favorecido por la presencia de niveles carbonáticos, de origen lacustre-palustre, entre las facies lutítico-arenosas de origen fluvio-aluvial. En este sector, se alcanzan los 543 m de altitud, en el Cerro de La Gaeta.

El territorio está drenado por tres cursos de agua perennes: el del Río Matarranya, situado en el extremo occidental de la hoja, el del Río Algars, que cruza, en un sentido S-N, toda la zona en la mitad occidental y, finalmente, el del Río Canaletas, que únicamente discurre por el extremo sur-oriental de la hoja, atravesando Los Catalánides. A parte de estos Ríos, en la región se desarrolla una red de valés o cursos de agua esporádicos y estacionales, que desaguan en los cursos de agua perennes. Entre estos cursos estacionales, destacan el Barranco de la Vall Major, el Barranco de Massaluca y el Barranco de Barballs.

El clima de la región es de tipo mediterráneo continental. Las temperaturas son extremas: los inviernos son muy fríos y brumosos y los veranos muy cálidos. La amplitud térmica anual alcanza los 29(. La lluvia es muy escasa (alrededor de los 400 mm); existe además una pronunciada sequía estival.

En las zonas montañosas (Sierras de Pàndols y de Puig Cavallé), la vegetación consiste básicamente en bosques de pino blanco, mientras que en las zonas llanas, la vegetación autóctona, consistente en pinos y carrascas, ha sido substituida ampliamente por cultivos de viñas, olivos, almendros y cereales.

La densidad de población es baja y los principales núcleos habitados son Gandesa (2807 h), Batea (2192 h), La Fatarella (1650 h), Calaceite (1621 h), Corbera d'Ebre (1268 h), Bot (1200 h) y Vilalba dels Arcs (891 h).

Dentro del área cartografiada existen tres dominios tectoestratigráficos diferentes: Los Catalánides, La Cuenca del Ebro y la Depresión de Móra d' Ebre. Los Catalánides, representados por la Sierra de Pàndols, consisten en una banda de deformación situada entre dos bloques poco deformados, correspondientes a las Cuencas terciarias del Ebro (situada al NO) y de Móra (situada al SE) (ORCHE et al., 1981; TEIXELL, 1988). Su estructura consiste en un anticlinorio formado por pliegues oblicuos menores "en échelon" (TEIXELL, 1988). Este anticlinorio se halla desarrollado en materiales mesozoicos (comprendidos entre el Triásico medio-superior y el Cretácico superior), mientras que en las depresiones adyacentes afloran materiales terciarios (comprendidos entre el Paleoceno y el Paleógeno superior-Mioceno).

Durante el Paleógeno inferior, tanto el extremo sur-oriental de la Cuenca del Ebro como la Cuenca de Móra, representaban la cuenca de antepaís (primitiva Cuenca del Ebro) de Los Catalánides, ya que los materiales paleocenos y eocenos son similares en ambas cuencas. El progresivo desarrollo del anticlinorio mencionado, en el interior de la Cuenca del Ebro, originó la formación de un relieve barrera que produjo el aislamiento de la Cuenca de Móra. De esta forma los materiales de edad oligocena y de tránsito Oligoceno-Mioceno, evolucionaron por separado en las dos cuencas (TEIXELL, 1988).

Los materiales de estos tres dominios tectoestratigráficos, se hallan recubiertos por sedimentos de edad cuaternaria, que consisten en niveles de terraza correspondientes a los Ríos Matarranya y Algars, en depósitos aluviales que recubren los fondos de valés, en depósitos coluviales de poca extensión y también, en depósitos de zonas endorreicas.

En el borde sur-oriental de la Cuenca del Ebro (área de Puig Cavallé), la estructura de los materiales terciarios (calcáreos, lutíticos y arenosos en la base y conglomeráticos en la parte superior), los cuales se hallan en contacto con los materiales mesozoicos de la Sierra de Pàndols, consiste en una discordancia progresiva (COLOMBO y ROBLES, 1983). La parte inferior de la serie se halla con buzamientos localmente invertidos y hacia el techo, éstos se atenuan progresivamente, llegando a alcanzar un buzamiento subhorizontal hacia el NO, que coincide con el buzamiento regional de esta cuenca. No obstante, en el sector nor-occidental del área cartografiada, se desarrolla una estructura monoclinal, de dirección E-O, que provoca un buzamiento anómalo de la serie hacia el S, dirección en la cual la serie recupera rápidamente el buzamiento regional. Esta estructura se prolonga hacia el W, a través de la hoja de Alcañiz (30-18).

En la Cuenca de Móra, la serie Paleógena, presenta un buzamiento de unos 30°-40° hacia el SE, mientras que la serie atribuida al tránsito Oligoceno-Mioceno), yace discordantemente sobre la anterior, con un buzamiento subhorizontal (GARCIA BOADA, 1974).

Los trabajos de mayor interés, referidos a La Cordillera Costero Catalana, del área cartografiada, son los siguientes: ROBLES (1974), ROBLES (1975), ROBLES e INIESTA (1977), ANADON et al. (1979), ORCHE et al. (1981), LOPEZ OLMEDO et al. (1985), ANADON et al. (1985) y TEIXELL (1988). En la Cuenca de Móra, destacan los trabajos de GARCIA BOADA (1974), de TEIXELL (1988) y de COLOMBO (1991). Finalmente entre los estudios estratigráficos sobre el sector suroriental de la Depresión del Ebro, cabe destacar los de ANADON et al. (1979), COLOMBO (1980), ROBLES (1982), COLOMBO y ROBLES (1983), CABRERA et al. (1985), COLOMBO (1986), CABRERA y COLOMBO (1986) y ANADON et al. (1989) y entre los estudios de yacimientos de vertebrados, cabe destacar el de COLOMBO et al.(1991).

Para el estudio geológico de la hoja de Gandesa, además de la realización de la cartografía, se han levantado un total de 18 columnas estratigráficas para el análisis sedimentológico, así como también se han efectuado los habituales estudios de Tectónica y de Geomorfología. Asimismo se ha procedido a la recolección de muestras para el estudio petrográfico, para el estudio de levigados y para estudios especiales de Rayos X.

## 1. ESTRATIGRAFIA

Como se ha comentado en el capítulo de introducción, dentro del territorio comprendido en la Hoja de Gandesa (31-18), afloran materiales que poseen una edad comprendida entre el Triásico medio-superior y el tránsito Oligoceno-Mioceno.

La serie mesozoica, representada en las Sierras de Cavalls y de Pàndols, ambas situadas en las estribaciones meridionales de Los Catalánides, está formada por materiales cuya edad se halla comprendida entre el Triásico medio-superior y el Cretácico superior. Los materiales jurásicos y cretácicos presentan una reducida potencia y en el área cartografiada se hallan poco representados, debido a que en la serie se presentan importantes superficies de interrupción sedimentaria que, en numerosos casos, representan importantes hiatos estratigráficos.

Los materiales triásicos dentro de la zona están representados por el tramo carbonatado superior de las facies Muschelkalk, conocido en la literatura como M3 (VIRGILI, 1958), por las suprayacentes facies Keuper y finalmente, por un nivel de dolomías tableadas equivalentes, según LOPEZ OLMEDO et al. (1985), a la Formación Dolomías tableadas de Imón, definida en la Cordillera Ibérica por GOY et al. (1976) (ver Fig. 1a).

El Jurásico únicamente se halla representado en sus tramos más inferiores, correspondientes al Lías. La serie está formada por tres niveles: el nivel inferior está constituido por un potente tramo de megabrechas dolomíticas. El tramo intermedio está formado por un nivel calcáreo y el superior, por una alternancia de margas y de calizas. Según LOPEZ OLMEDO et al. (1985), estos tres tramos son respectivamente equivalentes de las Formaciones Cortes de Tajuña, Cuevas Labradas y Cerro del Pez, definidas en la Cordillera Ibérica por GOY et al. (1976) (ver Fig. 1a).

SERIE	PISO	SECUENCIAS DEPOSITIONALES	FORMACIONES ASIMILABLES	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE GANDESA
CRETACICO	Senon.	Secuencia superior Cretáctica		9.Margas y calizas
Cenom. Albién.		Secuencia inferior Cretáctica	Facies Utrillas	8.Dolomías, calizas y margas 7.Lutitas versicolores con nódulos de hierro
JURAS.	Pliens. Sinem. Hettan.	Secuencia basal Jurásica	Fm. Cerro del Pez Fm. Cuevas Labradas Fm. Cortes de Tajuña	6.Calizas y margas con Braquíopodos y Ammonites 5.Calizas, dolomías y margas dolomíticas. Carb. resedimentados 4.Megabrechas dolomíticas. Carb. resedimentados
TRIAS.	Norien. Carni. Ladin.	Secuencia superior Triásica	Fm. Imón Keuper Muschelk. 3	3.Dolomías tableadas 2.Lutitas versicolores con nódulos de caliche y yeso 1.Calizas, dolomías y margas

Figura 1.a Cuadro sintético de los materiales mesozoicos de la hoja de Gandesha

Por encima de este último nivel descrito, dentro del área estudiada yacen discordantemente los materiales del Cretácico inferior, correspondientes al Albienense, no habiendo representación de los materiales jurásicos del Dogger y del Malm, ni tampoco de los que constituyen la mayor parte del Cretácico inferior (Fig. 1a). Este hecho, en este área de Los Catalánides, puede interpretarse como debido a un depósito escaso y en su mayor parte, a etapas de emersión en las que la erosión, llega a profundizar hasta el Lías superior (ROBLES, 1975). El Albienense está formado por materiales terrígenos, correspondientes a las Facies Utrillas. Estos en vertical pasan a los materiales carbonáticos cenomanienses, ya del Cretácico superior (Fig. 1a). Por encima de estos últimos, en la zona de estudio, se hallan los sedimentos margo-carbonáticos correspondientes al Senoniense, llegándose a constatar otra laguna estratigráfica que abarca el Turoniense (Fig. 1a). El Senoniense, está representado por una escasa potencia de sedimentos, la edad de los cuales, según las dataciones bibliográficas, probablemente oscila entre el Coniaciense y el Maastrichtiense (ver ANADON *et al.*, 1979).

La serie terciaria se halla representada tanto en la Cuenca de Móra, donde posee una potencia de unos 500 m, como en la Cuenca del Ebro, donde tiene una potencia de unos 1000 m.

La base del Terciario está constituida por los materiales lutítico-carbonáticos del Paleoceno, que según las dataciones realizadas, pertenecen al Thanetiense superior (ver ANADON *et al.*, 1979). Estos materiales configuran la Formación Mediona (ANADON, 1978) (Fig. 1b). Por encima, se desarrollan sedimentos lutíticos, arenosos y evaporíticos del Eoceno a los cuales, según las dataciones realizadas, se les atribuye una edad comprendida entre un Thanetiense superior y un Luteciense (COLOMBO *et al.*, 1991). Estos materiales forman el Grupo Cornudella, definido por COLOMBO (1980, 1986) (Fig. 1b). Las características de los materiales paleocenos y eocenos, son muy similares tanto en la Cuenca de Móra, como en la Cuenca del Ebro.

Por encima de los materiales eocenos, en las dos cuencas mencionadas se desarrolla una potente serie conglomerática. En la Cuenca del Ebro, estos conglomerados forman el conocido en la literatura geológica como Complejo de Horta-Gandesa (COLOMBO y ROBLES, 1983, CABRERA *et al.*, 1985). Consiste en un importante sistema aluvial, formado por conglomerados proximales, de margen de cuenca. La edad de estos materiales, probablemente oscila entre un Priaboniense alto y un Oligoceno superior (ver ANADON *et al.*, 1979) y forma parte del Grupo Scala Dei (COLOMBO, 1980, 1986) (Fig. 1b). Debido a la ausencia de dataciones precisas de la base de este complejo y dado el brusco cambio de facies existente, entre estos conglomerados y las facies eocenas infrayacentes, en este trabajo hemos considerado que el límite Eoceno-Oligoceno, coincide con la base del Complejo de Horta-Gandesa.

Los niveles conglomeráticos que constituyen este complejo, se disponen en un abanico de capas que consiste en una discordancia progresiva. En planta, se puede observar que este complejo conglomerático posee una extensión radial de unos 5 Km (CABRERA *et al.*, 1985). Lateralmente, estos conglomerados pasan a materiales lutítico-arenosos, representando facies de orla de abanico (ROBLES, 1982).

El Complejo conglomerático de Horta-Gandesa, aflora en el cuadrante SE de la Hoja de Gandesa (31-18), adosado a Los Catalánides (Sierra de Pàndols). En el resto del territorio comprendido en la Hoja, afloran facies lutítico-arenosas, de origen fluvio-aluvial. En conjunto presentan una edad comprendida entre el Oligoceno inferior y el tránsito Oligoceno-Mioceno. Los

términos inferiores y medios de la serie estratigráfica, formada por estas facies finas, son equivalentes laterales de los conglomerados proximales, mientras que los términos superiores, suprayacen a los mismos.

En la parte occidental de la Hoja, estos materiales lutítico-arenosos, forman parte del denominado Sistema de Guadalupe-Matarranya (CABRERA *et al.*, 1985), sistema fluvio-aluvial cuyo área fuente se sitúa en la Cordillera Ibérica y aflora ampliamente, en las Hojas de Alcañiz (30-18) y de Caspe (30-17). Sin embargo en la mitad oriental de la Hoja, estas facies finas proceden de Los Catalánides y forman parte de la Formación Flix (COLOMBO, 1980, 1986) (Fig. 1b). En la parte superior de las mismas, se intercalan facies margo-carbonáticas, de origen lacustre-palustre, las cuales forman parte de la Formación La Fatarella (COLOMBO, 1980, 1986) (Fig. 1b).

En la Cuenca de Móra, por encima de los materiales lutítico-arenosos del Eoceno, se desarrollan facies conglomeráticas, equivalentes temporales de las que constituyen la base del Complejo de Horta-Gandesa, pero que fueron depositadas en cuencas sedimentarias diferentes ya que, como se ha puntualizado en el capítulo de Introducción, la Cuenca de Móra, se individualizó de la Cuenca del Ebro durante el Eoceno medio y superior, posteriormente a la sedimentación de las facies finas del Eoceno inferior-medio (TEIXELL, 1988). Igualmente que los niveles inferiores del Complejo de Horta-Gandesa, es probable que la edad de estos conglomerados corresponda al Eoceno superior, pero por las mismas consideraciones realizadas en los apartados anteriores, para los conglomerados de la Cuenca del Ebro, en este trabajo los consideraremos como correspondientes a la base del Oligoceno.

En esta cuenca, la serie estratigráfica finaliza con la presencia de otro nivel de conglomerados que yace en clara discordancia angular y erosiva, sobre los conglomerados anteriormente descritos (GARCIA BOADA, 1974). Tradicionalmente, han sido atribuidos al Mioceno pero según TEIXELL (1988), participan en el plegamiento alpino, por lo que cabe la probabilidad de que fueran depositados en el Paleógeno superior.

## 1.1. MESOZOICO

El hecho de que la porción de Catalánides que aflora en la Hoja de Gandesa (31-18), presente un mesozoico de escasa potencia, tal y como ya hemos apuntado en el capítulo anterior, puede explicarse por la situación paleogeográfica de esta parte de la Cordillera, dentro de la cuenca sedimentaria mesozoica.

Desde el punto de vista estratigráfico, la Sierra de Pàndols y la Sierra de Cavalls, pertenecen al Dominio meridional de Los Catalánides y, dentro de este, se sitúan en el denominado Sector externo (*sensu* ANADON *et al.*, 1979). Según estos autores el Dominio meridional de Los Catalánides se halla entre el Río Francolí y la vertical de Fontespatla-Peña Roja y se caracteriza por poseer un Jurásico y un Cretácico calcidolomíticos y margosos, con una potencia mayor que en los Dominios Central y Septentrional, definidos por los mismos autores en áreas situadas más al N y con características estratigráficas diferentes.

Dentro de cada dominio, diferencian sectores internos, intermedios y externos. Los sectores internos corresponden a sectores situados relativamente más aguas adentro de la Cuenca mesozoica, mientras que los externos corresponden a zonas más marginales de la misma, que inclu-

SERIE	PISO	UNIDADES GENETICO-SEDIMENT.	FORMACIONES ASIMILABLES	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE GANDESA
O L I G O C E N O		ESTAMPIENSE		
		CHATTIENSE		
U n i d a d 9 U. Tor-Alcol. de Cincea	*			35.Lutitas, areniscas y calizas 34.Conglomerados y lutitas 37**
U n i d a d 8 U. Mequi-Ballobar				32/33.Lutitas versicolores y calizas 28/28/30/31.Conglomerados, lutitas y areniscas
U n i d a d 7 U. Fayon-Fraga				26/27.Lutitas versicolores y calizas 22/23/24/25.Conglomerados, lutitas y areniscas
U n i d a d oligocena 6				21.Margas, calizas, yeso fibrilar y areniscas 19/20.Conglomerados, lutitas y areniscas
U n i d a d oligocena 5				18.Areniscas y yeso fibrilar 17.Conglomerados, lutitas y areniscas
U n i d a d oligocena 4				16.Lutitas y areniscas 15.Conglomerados, lutitas y areniscas
U n i d a d oligocena 3				14.Conglomerados, areniscas y lutitas
U n i d a d oligocena 2				13.Conglomerados, areniscas y lutitas
U n i d a d oligocena 1				12.Conglomerados, areniscas y lutitas
Secuencia Eocena		Grupo Cornudella		11.Lutitas, areniscas, yeso fibrilar y calizas
Secuencia Paleocena	Fm. Mediana			10.Lutitas versicolores, calizas y areniscas
				36.Comglomeraodos y areniscas
				Fm. Caspe-Fm. Flix
				Fm. la Faurella
		Grupo Scala Dei		
				Oligoceneo interior de la Depresión de Móra d'Ebre

Figura 1.b Cuadro sintético de los materiales cenoíticos de la hoja de Gansesa

\* Oligoceneo superior de la Depresión de Móra d'Ebre

\*\*37 Conglomerados, areniscas y microconglomerados

so, temporalmente, han estado fuera de ella (s.s. ANADON *et al.*, 1979). Los sectores externos se encuentran entre la Cuenca del Ebro y entre los sectores internos o intermedios, es decir que la Cuenca mesozoica se profundizaba hacia el actual Mediterráneo.

En el Dominio meridional, el Sector externo, posee una serie mesozoica muy reducida e incompleta, con importantes lagunas estratigráficas y discordancias cartográficas. El Jurásico es incompleto, sólo se encuentra hasta la base del Dogger, salvo en el extremo sur-occidental (Beseit), donde existe la base del Malm, falta el Cretácico inferior y el Cretácico superior está muy poco desarrollado (s.s. ANADON *et al.*, 1979).

Como se ha descrito en el capítulo anterior, dentro del área estudiada, el Jurásico todavía está más incompleto ya que falta incluso el techo del Lías y la base del Dogger. En base a las interrupciones sedimentarias y a las discordancias cartográficas, existentes en la serie mesozoica, ha sido posible la caracterización de diversas secuencias deposicionales (*sensu* MITCHUM *et al.*, 1977), dentro de esta serie (Figs. 1b y 2). Estos autores, definen una secuencia deposicional como un conjunto de estratos, relativamente concordantes, genéticamente relacionados y limitados, por la base y por el techo por discordancias o por sus correlativas conformidades.

A grandes rasgos, las secuencias deposicionales que se describirán para esta zona, coinciden con las descritas por ESTEBAN Y ROBLES (en ANADON *et al.*, 1979), para el conjunto de Los Catalánides. De esta forma se han caracterizado un total de cuatro secuencias deposicionales (Figs. 1b y 2) en los materiales que caracterizan la serie mesozoica, las cuales son:

**a) Secuencia superior triásica.-**

Formada por la parte superior del M<sub>3</sub> (Muschelkalk superior), por las facies Keuper y por las dolomías tableadas del Noriense.

**b) Secuencia basal jurásica.-**

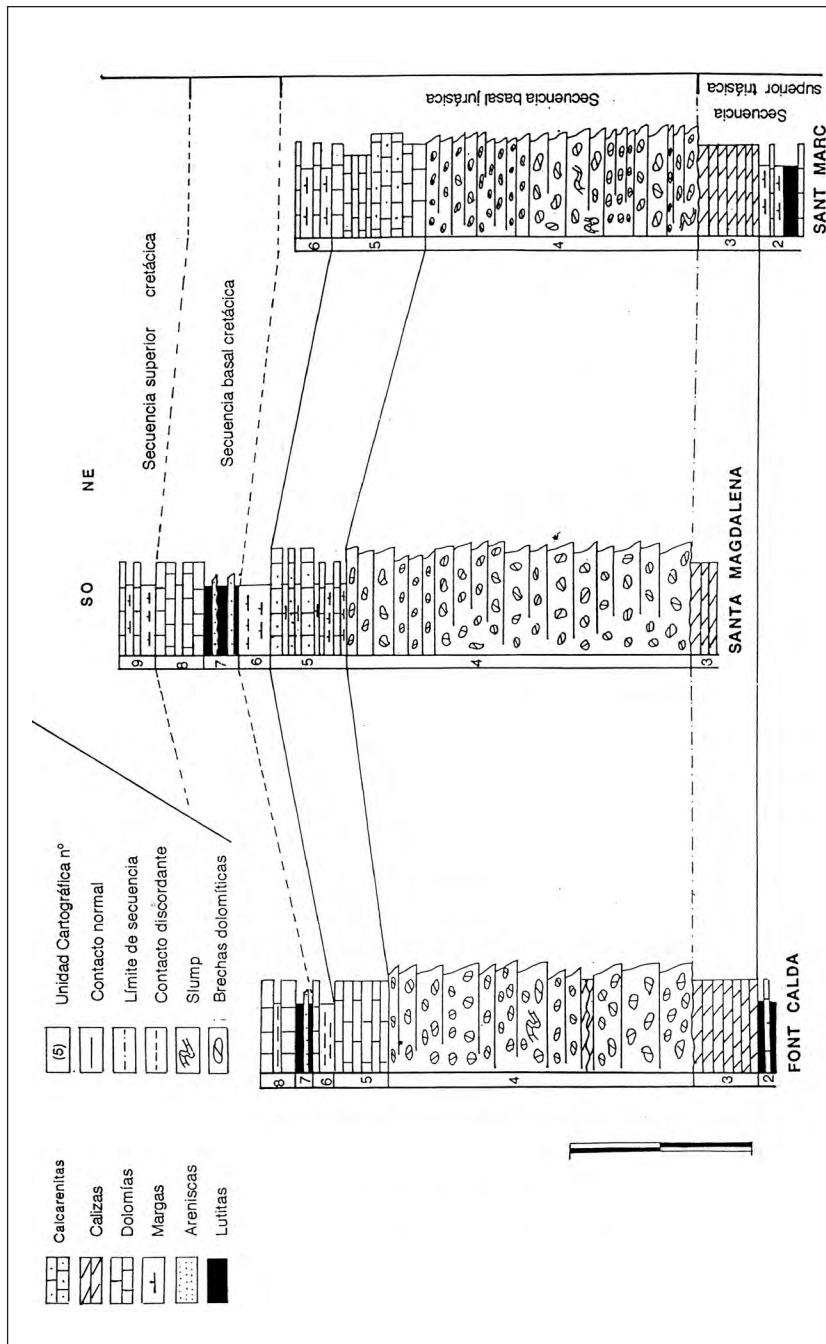
Formada por las megabrechas de la base del Jurásico, por las calizas suprayacentes y por la alternancia de margas y de calizas que, dentro del área cartografiada, constituyen el último nivel del Lías.

**c) Secuencia basal cretácica.-**

Formada por los materiales terrígenos de las Facies Utrillas (Albiense) y por las facies carbonáticas del Cenomanense.

**d) Secuencia superior cretácica.-**

Formada por los materiales margo-carbonáticos senonienses.



### 1.1.1. Secuencia Superior Triásica

Según ESTEBAN y ROBLES (en ANADON *et al.*, 1979), la base de esta secuencia, estaría situada en la mitad del tramo superior de las facies Muschelkalk ( $M_3$ ), por encima de un nivel ferruginizado, con mineralizaciones y de concentración de **Ceratites**. Las facies, por encima de este nivel, corresponden a amplias plataformas carbonáticas, de aguas relativamente profundas que, hacia la parte superior pasan a facies someras de llanura mareal y progresivamente, a las facies evaporíticas y lutíticas del Keuper. Encima de las Facies Keuper, vuelven a aparecer bancos dolomíticos, en facies de llanura mareal. Estas dolomías corresponden al Noriense (s.s. ESTEBAN y ROBLES, *op. cit.*). El techo de la secuencia se localiza en la irrupción de las megabrechas calcáreo-dolomíticas de la base del Jurásico. Este contacto es claramente irregular y erosivo en muchas localidades (s.s. ESTEBAN y ROBLES, *op. cit.*).

En el área cartografiada, tanto las facies Muschelkalk ( $M_3$ ), como las facies Keuper, se hallan fuertemente tectonizadas, ya que ambas afloran únicamente en los núcleos de pliegues anticlinales. Debido a ello el estudio de sus facies y la medición de su potencia, se ha podido realizar de forma parcial, en afloramientos puntuales. No obstante y, atendiendo al tipo de facies que presenta el  $M_3$ , creemos que dentro del área únicamente aflora la parte superior de este nivel, por lo cual el Muschelkalk superior de la zona pertenecería íntegramente a la **Secuencia Superior Triásica**.

El fuerte grado de tectonización que presentan las facies Keuper, ha impedido la observación de su completa evolución en la sucesión estratigráfica y por lo tanto, no se ha podido constatar la existencia de algún cambio brusco de facies, o de alguna superficie de interrupción sedimentaria, que hubieran permitido caracterizar la base de una nueva secuencia deposicional, en el interior de este nivel sedimentario, tal y como algunos autores lo han constatado en el Keuper de la Cordillera Ibérica. No obstante los afloramientos de la zona, nos han permitido observar que las facies Keuper hacia la parte superior, pasan transicionalmente a las dolomías tableadas del Noriense.

#### 1.1.1.1. Calizas, Dolomías y Margas (Muschelkalk superior; $M_3$ ) (1) (Ladiniense).

Su área de afloramiento, se restringe en el extremo sur-oriental de la Hoja, en las inmediaciones del cauce del Río Canaletas, en el núcleo del anticlinal, de dirección NE-SO, que cruza la Hoja en este cuadrante.

En las escasas observaciones puntuales que hemos podido realizar, debido a su alto grado de tectonización, hemos podido constatar que se trata de una serie margosa, con frecuentes intercalaciones, de carácter rítmico, de calizas y dolomías (mudstones y wackestones), que presentan un espesor centimétrico y decimétrico. Hacia la parte superior, la serie es carbonatada, constituida por calizas y dolomías, que presentan una intensa bioturbación, caracterizada por una abundante presencia de burrows. Ocasionalmente, los niveles presentan laminación paralela y ripples de oscilación (Fig. 3a). Las microfacies suelen ser de dolomicritas y micritas. En la vecina Hoja de Móra de Ebre (32-18), ORCHE *et al.* (1981), constatan la existencia de microfauna de Bivalvos y ROBLES (1974), cita abundante fauna de Moluscos, Equinídos, Crinoideos y Braquiópodos.

En conjunto y de acuerdo con las ideas de ESTEBAN y ROBLES (en ANADON *et al.*, 1979), podemos interpretar que estas facies fueron depositadas en una amplia plataforma carbonática, con aportes lutíticos rítmicos. Hacia la parte superior, estos materiales pasan a facies someras de llanura mareal.

El Muschelkalk superior, está datado por VIRGILI (1958), por ROBLES (1974) y por los hallazgos de peces, reptiles y otra fauna encontrada en la Sierra de Prades en este nivel. Dicha fauna data este tramo como Ladiense. Por otro lado, según ORCHE *et al.* (1981), el límite Ladiense-Carniense es probable que corresponda al límite Muschelkalk superior-Keuper, según las dataciones de VIRGILI (1958) y de VIA y VILLALTA (1971).

#### 1.1.1.2. *Lutitas versicolores con nódulos de caliche y de yeso. Dolomías, yesos y ocasionalmente arenásicas. (Facies keuper) (2) (Carniense).*

Aflora en los dos extremos (NE y SO) de La Sierra de Pàndols y en el extremo sur-occidental de La Sierra de Cavalls, que es el único retazo de esta Sierra que queda comprendido dentro de la Hoja de Gandesa (31-18). En el extremo nor-oriental de la Sierra de Pandols, aflora en el núcleo del anticlinal de dirección NE-SO, que se desarrolla en el área de la Fonteta. En el extremo sur-occidental de la misma Sierra, aflora en el núcleo del anticlinal de Font Calda y también en el núcleo del anticlinal del Río Canaletas suprayacendo al Muschelkalk superior, descrito en el apartado anterior. Finalmente en la Sierra de Cavalls, aflora en el núcleo del anticlinal del Cerro de Sant Marc.

Sus características sedimentológicas parciales, ya que su fuerte tectonización ha impedido su estudio global, se han analizado con la realización de las series de Sant Marc (01) y de Font Calda (03). En estas secciones se ha caracterizado la parte superior de esta unidad cartográfica, mientras que niveles estratigráficos infrayacentes, pertenecientes a la misma unidad, se han analizado en afloramientos puntuales y aislados. La potencia total de la unidad, no se ha podido estimar en la zona, aunque ORCHE *et al.* (1981), asignan al Keuper una potencia de unos 70 m, en la vecina Hoja de Móra de Ebre (32-18).

Dentro del área cartografiada tampoco se ha podido observar con claridad la evolución vertical del M3 a las facies Keuper, aunque los estudios realizados en áreas adyacentes (ROBLES, 1974; ESTEBAN y ROBLES en ANADON *et al.*, 1979; ORCHE *et al.*, 1981; etc.), muestran que esta evolución es transicional.

Consiste en una serie constituida fundamentalmente por lutitas versicolores, con predominio de los colores rojizos y verdosos. Estas lutitas poseen numerosas intercalaciones de yesos, en su mayoría nodulares también masivos y de dolomías carniolares. Ocasionalmente se intercalan niveles arenosos planoparalelos, normalmente de grano fino y muy fino, con laminación paralela, ripples y climbing ripples. En la parte superior se intercalan numerosos niveles de dolomías y de margas blanquecinas, que marcan el tránsito gradual a la unidad suprayacente.

Al microscopio, los niveles dolomíticos corresponden a dolomicritas, con una alta porosidad de fractura, rellena por esparita y por yeso.

El conjunto de estos materiales, se interpretan como depositados en un ambiente de transición marino-continental, representado por facies de llanura lutítica costera (Fig. 3b), con ambientes de sabkha continental asociados.

De acuerdo con los datos bioestratigráficos aportados da por VIRGILI (1958) y por VIA y VILLALTA (1971), la edad de las Facies Keuper puede considerarse como Carniense.

#### 1.1.1.3. *Dolomias tableadas* (3) (Noriense).

Esta unidad cartográfica, aflora a lo largo de toda la vertiente NO de la Sierra de Pàndols, en donde fosiliza la superficie de cabalgamiento que pone en contacto estos materiales con las megabrechas jurásicas suprayacentes. También aflora en las inmediaciones de los núcleos de los anticlinales de Fontcalda y del Río Canaletas, este último en la vertiente SE de la Sierra de Pàndols.

Sus características se han analizado en las secciones de Sant Marc (01), de Santa Magdalena (02) y de Font Calda (03). Su potencia es de unos 40 m.

Se trata de un nivel cartográfico muy homogéneo, que a gran escala se presenta muy bien estratificado, con claras superficies de estratificación. De ahí proviene el adjetivo de dolomías tableadas, con el que se conoce a esta unidad, en la literatura geológica. En detalle se trata de niveles de dolomícritas y micritas, que ocasionalmente poseen laminaciones paralelas y ripples simétricos, posiblemente de oscilación. También se pueden observar laminaciones marcadas por diferencias de color, que posiblemente sean de origen algal, aunque la fuerte recristalización que normalmente afecta a estos materiales, no permite asegurarla. Las intercalaciones margosas son muy escasas y muy delgadas. Se organizan en ciclos de facies estratocrecientes, en el techo de los cuales las capas dolomíticas presentan señales de bioturbación vertical, probablemente producida por raíces. Estos ciclos, corresponden a ciclos de somerización (Fig. 3a). En la serie de Sant Marc (01), en el techo de la unidad, existen numerosas e importantes superficies de ferruginización, las cuales representan superficies de interrupción sedimentaria.

Petrográficamente, los niveles dolomíticos corresponden a dolomícritas recristalizadas y a calizas esparíticas. Ocasionalmente se presentan fantasmares de fósiles.

Según la descripción efectuada, estas facies se pueden interpretar como correspondientes a un ambiente de llanura mareal carbonática.

La concreción de la edad de esta unidad es problemática, ya que no existen criterios faunísticos que permitan datarla. Los diferentes autores que la han estudiado, tanto en la Cordillera Ibérica, como en Los Catalánides, le atribuyen una edad correspondiente al Noriense (GOMEZ y GOY, 1979; CADILLAC *et al.*, 1981, etc.), teniendo en cuenta que representa los términos superiores de la última secuencia deposicional triásica.

### 1.1.2. Secuencia Basal Jurásica

La base de esta secuencia está formada por unos materiales brechoides dolomíticos, a los que se les atribuye una edad correspondiente a los inicios del Jurásico. Su contacto con las dolom-

ías del Noriense, es localmente erosivo y discordante en numerosos puntos (*sensu* ESTEBAN y ROBLES, en ANADON *et al.*, 1979) del Dominio Meridional de Los Catalánides y del Dominio Central; esta erosión llega a afectar al Keuper e incluso al techo del Muschelkalk superior (ver ANADON *et al.*, 1979). La inclusión de cantes del Muschelkalk y de areniscas rojas y la presencia de niveles "eslumpizados" en estas brechas dolomíticas, sugiere que fueron depositadas en un ambiente de talud deposicional (*sensu* ESTEBAN y ROBLES, *op. cit.*).

En el Dominio meridional, por encima de las megabrechas dolomíticas, se desarrollan facies calcáreas y calcareníticas correspondientes a facies de plataforma interna, las cuales constituyen la parte superior de la Secuencia basal jurásica y cuya edad llega al Toarcense. En la parte media de este tramo carbonático, existen intercalaciones margo-calcáreas con fauna perteneciente al Pliensbachiense.

El techo de esta secuencia deposicional, viene marcado por un nivel de condensación, el cual contiene fauna correspondiente al Toarcense, al Aalenense y a la base del Bajociense. Por encima de esta superficie, en la mayor parte de Los Catalánides, se desarrolla la secuencia suprayacente, es decir la Secuencia media jurásica, formada por materiales del Dogger (*sensu* ESTEBAN y ROBLES, *op. cit.*).

Dentro del área cartografiada, la secuencia basal está constituida por las megabrechas dolomíticas, por un nivel formado por calizas y calcarenitas bioclasticas y finalmente, por un nivel margo-carbonático con braquíópodos y ammonites, correspondiente al Pliensbachiense. Es decir que los niveles carbonáticos de la parte superior de la secuencia, correspondientes al Toarcense, dentro de la zona no están representados debido a que directamente encima del último nivel descrito, se desarrollan materiales terrígenos, de edad infracenomaniense, los cuales están considerados como equivalentes de las Facies Utrillas y por lo tanto, se les ha atribuido una edad correspondiente al Albienense.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, cabe señalar que en la zona estudiada existe una laguna estratigráfica que abarca parte del Lías, el Dogger, El Malm y gran parte del Cretácico inferior. Se ha interpretado que este hecho es debido tanto a una falta de depósito, mayormente justificada si tenemos en cuenta que esta zona se halla en el Sector Externo de Los Catalánides, como a la existencia de un periodo de erosión anterior al Albienense.

Las Facies Utrillas, a lo largo de casi toda la sierra de Pàndols, se apoyan sobre los materiales margo-carbonáticos pliensbachienses, los cuales presentan poca potencia, pero en el extremo SO de esta sierra, en las cercanías de Font Calda, estos materiales poseen un espesor tan reducido, que no se han podido representar en esta cartografía. Esta reducción de potencia, reafirma la discordancia cartográfica existente las Facies Utrillas y los niveles infrayacentes.

El contacto entre las brechas dolomíticas jurásicas y las dolomías norienses infrayacentes, localmente es erosivo y discordante. En el sector de Sant Marc, en el techo de las dolomías de la secuencia superior triásica, existen diferentes niveles ferruginizados, el superior de los cuales presenta una potencia de unos 2 m. A escala de afloramiento, se observa como las brechas son erosivas respecto a este nivel. A parte de esto, cabe señalar que las megabrechas basales, presentan cantes y bloques de la misma litología y características que las dolomías infrayacentes. Todos estos hechos corroboran el carácter discordante entre ambas unidades.

#### 1.1.2.1. Megabrechas dolomíticas. Carbonatos resedimentados (4) (*Hettangiense*).

Aflora a lo largo de toda la Sierra de Pàndols y también en el extremo SO de la Sierra de Cavalls. En la vertiente NO de la Sierra de Pàndols, esta unidad cartográfica se halla cabalgada por las dolomías norienses infrayacentes.

Se ha caracterizado en las series de Sant Marc (01), de Santa Magdalena (02) y de Font Calda (03). La potencia medida para esta unidad, oscila entre 150 m y 200 m.

En los dos extremos de la Sierra de Pàndols, esta unidad presenta características algo diferentes: en el sector de Sant Marc, en el extremo NE de esta sierra, la serie que caracteriza esta unidad, consiste en una superposición de niveles dolomítico-carbonatados de aspecto brechoide. En la parte inferior y media de la serie, los niveles están formados por brechas de diferente tamaño, predominando las de diámetro métrico e incluso existen bloques dolomíticos laminados, de tamaño decamétrico, que se hallan "eslumpizados". La composición de estos niveles basales es idéntica a la de las dolomías norienses infrayacentes. En la parte superior de la serie, predominan los niveles de brechas poligénicas de tamaño decimétrico. Suelen ser angulosas. Es frecuente el contacto erosivo, entre los diferentes niveles de brechas. Ocasionalmente, se intercalan capas dolomítico-carbonáticas, con abundantes laminaciones algales de tipo estromatolítico. A escala de afloramiento, parece que se hallen "in situ", pero observadas a mayor escala, se puede constatar que se hallan "eslumpizadas" y, a la vez, erosionadas por los niveles superiores. En el sector de Font Calda, en el extremo SE de la Sierra de Pàndols, la serie consiste en niveles de brechas poligénicas, que ocasionalmente contienen bloques carbonáticos "eslumpizados". Entre los niveles de brechas se intercalan niveles carbonáticos micríticos, que en ocasiones contienen brechas de diámetro reducido. Normalmente presentan una estratificación ondulada muy marcada, probablemente debida a que están afectados por procesos de "slump". También presentan laminaciones algales.

Al microscopio, los niveles carbonatados se presentan como calizas esparcidas y microesparcidas, totalmente recristalizadas. Alguna de las muestras estudiadas corresponde a biomicroesparitas, con restos de algas.

En la literatura geológica, el origen de estas brechas se ha interpretado de diferentes formas: algunos autores les atribuyen un origen diagenético, tratándose de colapso-brechas, por disolución de evaporitas. Otros, consideran que su origen es tectosedimentario, depositados en un escarpe de falla, a favor de una tectónica sinsedimentaria (ROBLES, 1974). Finalmente hay autores que consideran que poseen un origen mixto, tectosedimentario y diagenético.

Según las características descritas para estos materiales, dentro del área cartografiada, creemos que estos niveles corresponden a megabrechas resedimentadas. La presencia de "slumps", de bloques, de cantos y de brechas dolomíticas, procedentes de la unidad noriense infrayacente, las superficies de erosión entre los diferentes niveles y el carácter poligénico de las brechas, son hechos que pueden justificar suficientemente este origen. No presentan siempre una organización clara, pero tienen tendencia a organizarse en niveles de dos términos (Fig. 3c): **a/** un término inferior formado por bloques y brechas y **b/** un término superior formado por facies más

finas "slumpizadas". Este tipo de organización es similar a la que ROSELL y WIETZCOREK (1979) describen para las megaturbiditas poco evolucionadas, que han sufrido un escaso transporte y únicamente están formadas por los términos más densos. De esta forma, el conjunto de estas megabrechas, representaría una sucesión temporal de eventos megaturbidíticos, cada uno de los cuales podría estar en gran parte originado por movimientos tectónicos (sismoeventos).

A pesar de la imposibilidad de datar faunísticamente estos materiales, los diferentes autores les atribuyen una edad correspondiente a la base del Jurásico (Hettangiense), debido a que genéticamente representan la base de la macrosecuencia jurásica (ver ANADON et al., 1979)

#### 1.1.2.2. Calizas, dolomías y margas (5) (Hettangiense-Pliensbachienne).

Esta unidad cartográfica aflora a lo largo de toda la Sierra de Pàndols, dando una morfología muy característica, ya que forman el escarpe principal de esta Sierra, así como también forma el escarpe del Cerro de Sant Marc, en la Sierra de Cavalls. Se trata de un nivel muy continuo estratigráficamente, que resalta en la serie mesozoica, debido a que es un nivel muy homogéneo, en comparación con las megabrechas infrayacentes.

Se ha estudiado en las secciones de Sant Marc (01), de Santa Magdalena (02) y de Font Calda (03). Su potencia oscila entre 30 m y 40 m.

Consiste básicamente en mudstones y wackstones bioclásticos, con algunas intercalaciones de tramos margosos y de margocalizas, más frecuentes en la base de la unidad. Existen niveles de calcarenitas bioclásticas que, en ocasiones, presentan estratificación cruzada de tipo planar. En el área de Santa Magdalena, estos niveles calcareníticos presentan un abundante contenido en rinconélidos, terebratúlidos, ostrídeos y pectínidos, mientras que en el área de Font Calda, el contenido faunístico de la unidad es menos importante. Los niveles presentan una organización en ciclos estratocrecientes, correspondientes a ciclos de somerización (Fig. 3d).

En la zona de Font Calda, los últimos 2 m de la serie, en realidad correspondientes a la unidad suprayacente, se han incluido en esta unidad cartográfica, debido a su escasa potencia. Consisten en una alternancia de margas y de calizas nodulosas.

Del estudio petrográfico, se deduce que la mayoría de muestras estudiadas corresponden a calizas micríticas y microesparíticas recristalizadas. También existen muestras correspondientes a biomicritas con fragmentos de lamelibranquios, braquiópodos y placas de equinodermos.

El contenido micropaleontológico de esta unidad, consiste en *Cornuspira orbicula* (TERQ. y BERTH.). *Ammodiscus* sp., *Bentallina* sp., moldes de ostrácodos, artejos y restos de crinoideos y pequeños lamelibranquios.

Las facies descritas corresponden a facies de plataforma carbonática. La presencia de niveles calcareníticos, ocasionalmente con estratificación cruzada planar, indica una cierta energía en el medio sedimentario.

En la parte superior del tramo, ORCHE *et al.* (1981), citan fauna perteneciente al Pliensbachiense, por lo que la mayor parte del tramo corresponde todavía al Lías inferior. Debido a ello se le asigna una edad comprendida entre el Hettangiense alto y la base del Pliensbachiense.

#### 1.1.2.3. *Alternancia de calizas nodulosas y margas bioclásticas. Margas rojizas con braquiópodos y ammonites (6) (Pliensbachiense).*

Posee un área de afloramiento idéntica a la de la unidad anteriormente descrita. Como se ha puntualizado anteriormente, en la parte SO de la Sierra de Pàndols, en las inmediaciones de Font Calda, esta unidad se ha cartografiado junto a la unidad infrayacente, debido a la escasa potencia que presenta en este área.

Se ha caracterizado en las series de Sant Marc (01), donde afloran los 25 m basales y de Santa Magdalena (02), donde posee una potencia de 15 m. En la Serie de Font Calda (03), los últimos 2 m de la unidad infrayacente, en realidad corresponden a esta unidad. Tanto en la zona de Santa Magdalena, como en la zona de Font Calda, por encima de la unidad, suprayacen los materiales terrígenos de las Facies Utrillas, hecho que explicaría la escasa potencia que presenta esta unidad, teniendo en cuenta que la zona habría estado sometida a un fuerte periodo de erosión con anterioridad al Albienense.

En el área de Sant Marc, su base está formada por mudstones y margocalizas de aspecto brechoide, mientras que la parte superior corresponde a una alternancia de margas y de mudstones nodulosos, con contenido faunístico. Las características en la zona de Font Calda son similares. Sin embargo en el área de Santa Magdalena, la unidad cartográfica consiste en margas rojizas, con abundante contenido en rinconélidos, terebratúlidos, ammonites y burrows. Este tipo de facies recuerdan a las típicas facies Ammonítico-Rosso del Jurásico.

El estudio petrográfico de muestras, indica que la mayoría de ellas corresponden a biomicritas con fragmentos de bivalvos, de placas de equinoides, de lamelibranquios, de espículas y con ostrácodos y foraminíferos planctónicos.

El contenido micropaleontológico consiste en *Spirillina cf. polygirata* GÜMB., *Lenticulina minuta* BORN., fragmentos de lamelibranquios y artejos, radiolas y restos de crinoideos.

Tanto la alternancia de margas y de calizas nodulosas, como la presencia de ammonítidos en esta unidad, parece indicar que se trata de facies más profundas que las que caracterizaban la unidad anterior, por lo que corresponderían a facies de plataforma externa.

La fauna encontrada en esta unidad indican una edad correspondiente al Pliensbachiense (ver ANADON *et al.*, 1979 y ORCHE *et al.*, 1981).

#### 1.1.3. **Secuencia basal cretácea.**

En el ámbito de Los Catalánides, esta secuencia fue caracterizada por ESTEBAN y ROBLES (en ANADON *et al.*, 1979). La base de la secuencia está formada por los materiales terrígenos de

ambiente continental, correspondientes a las Facies Utrillas. En la mayor parte de Los Catalánides, esta secuencia se apoya sobre los materiales del Cretácico inferior, exceptuando en los sectores externos, donde llega a apoyarse sobre el substrato jurásico, desmantelado por la erosión pre-albiense. Tal es el caso del área cartografiada. Por lo tanto esta secuencia se apoya en discordancia cartográfica, sobre las secuencias infrayacentes.

La parte superior de la secuencia es transgresiva, ya que se halla formada por los materiales carbonáticos con prealveolíndos, que caracterizan el Cenomaniense.

En la zona estudiada, las Facies Utrillas se apoyan encima de los materiales liásicos. La discordancia cartográfica, existente en la base de esta unidad, se pone de manifiesto, por la progresiva reducción de potencia que sufre la unidad infrayacente (unidad cartográfica 6), desde el sector NE hasta el sector SO de la Sierra de Pàndols. El tránsito de las Facies Utrillas a las facies marinas del Cenomaniense, se realiza de forma gradual, a través de facies de transición marino-continentales.

#### *1.1.3.1. Lutitas versicolores con nódulos de hierro y areniscas. (Facies utrillas) (7) (Albiense).*

Aflora a lo largo de toda la Sierra de Pàndols, coronando a los materiales liásicos infrayacentes. Debido a su composición terrígena fina, a su escasa potencia y a que se presenta entre los escarpes que forman las infrayacentes calizas liásicas y las suprayacentes dolomías cenomanienses, esta unidad cartográfica suele estar recubierta por derrubios de pendiente.

Sus características sedimentológicas se han estudiado en las Series de Santa Magdalena (02) y de Font Calda (03). Su potencia oscila entre 10 y 20 m.

Está formada por lutitas de coloración predominantemente rojiza, con tonos blanquecinos y verdosos. En la parte media e inferior de la unidad, las lutitas presentan nódulos de hierro. Existen intercalaciones de capas areniscosas, de granulometría fina y media. Suelen ser capas planoparalelas, de aspecto masivo, pero que en ocasiones presentan ripples de corriente y estratificación cruzada de tipo planar (Fig. 3e).

Al microscopio, las areniscas corresponden a cuarzoarenitas puras, con un 48% de fragmentos de cuarzo y con cemento calcáreo y silíceo. El estudio de algunas muestras, indican que ocasionalmente, el cemento de estas areniscas ha sufrido procesos de dedolomitización, probablemente debido a la acción de las aguas meteóricas.

Según la descripción efectuada, corresponden a facies fluviales y de llanura de inundación.

A esta unidad se le asigna una edad albiense, debido a que se la considera equivalente de las Facies Utrillas de La Cordillera Ibérica y sobre todo porque se desarrollan por debajo de los carbonatos correspondientes al Cenomaniense (ver ANADON et al., 1979).

#### *1.1.3.2. Dolomías, calizas y margas (8) (Cenomaniense).*

Aflora a lo largo de toda la Sierra de Pàndols, formando un segundo escarpe, por encima del que forman las calizas del Lías.

La unidad ha sido representada y analizada en las secciones de Santa Magdalena (02) y de Font Calda (03). Su potencia oscila entre 15 m y 20 m.

Está formada por dolomías y por mudstones y wackstones recristalizados, con fantasmas de microfósiles. La base de la serie presenta un aspecto noduloso brechificado, con numerosas marcas verticales de bioturbación, posiblemente producidas por raíces. Existen algunas intercalaciones margosas, de coloración rojiza. En nuestra opinión, estos niveles basales marcarían la transición de las infrayacentes Facies Utrillas a esta unidad. Los niveles del techo de la unidad son mucho más homogéneos (Fig. 3f).

El estudio petrográfico de muestras, indica que la mayoría de éstas corresponden a microesparitas y a biomicroesparitas, probablemente biomícritas en origen. Ocasionalmente se presentan fantasmas de foraminíferos, fragmentos de algas (cocolitofóridos) y de corales.

El estudio micropaleontológico, muestra la presencia de *Biplanata peneropliformis* HAMAOUI y SAINT-MARC.

Según la descripción efectuada, la base de la unidad se puede interpretar como depositada en un medio de transición marino-continental, mientras que hacia la parte superior, la unidad presenta facies de plataforma marina restringida.

Según LOPEZ OLMEDO *et al.* (1985), esta unidad es equivalente a la que CADILLAC (1979), encuentra abundantes *Praealveolina cretacea*., por lo que la edad de esta unidad corresponde claramente al Cenomaníense.

#### **1.1.4. Secuencia superior cretácica.**

ESTEBAN y ROBLES (en ANADON *et al.*, 1979), en La Cordillera Costero-Catalana, definen una Secuencia intermedia cretácica, formada por facies pelágicas turonienses y una Secuencia superior cretácica, formada por facies lacustres salobres, de edad Senoníense

Dentro del área de estudio, por encima de los materiales carbonáticos del Cenomaníense, se desarrolla una alternancia de margas, lutitas y calizas, con abundante fauna de ostrácodos y de caráceas, datadas como senoníenses (llegando al Campaníense y, posiblemente al Maastrichtiense). Por lo tanto, estos materiales corresponden a la Secuencia superior cretácica, definida por los autores anteriormente citados. Existe pues una laguna estratigráfica, dentro de la zona cartografiada, que abarca el Turoníense, lo cual implica que el contacto basal de los materiales que constituyen esta secuencia, sea discordante.

##### **1.1.4.1. Margas y calizas (9) (Senoníense).**

Afloran en el extremo NE de la Sierra de Pàndols, cerca del Cerro de Santa Magdalena. También afloran en el sector SE de esta sierra, en las inmediaciones de la Estación de Pinell de Brai. Sus condiciones de afloramiento son pésimas, ya que normalmente se hallan recubiertas por derrubios de pendiente. No se han caracterizado en ninguna de las series realizadas, pero se han

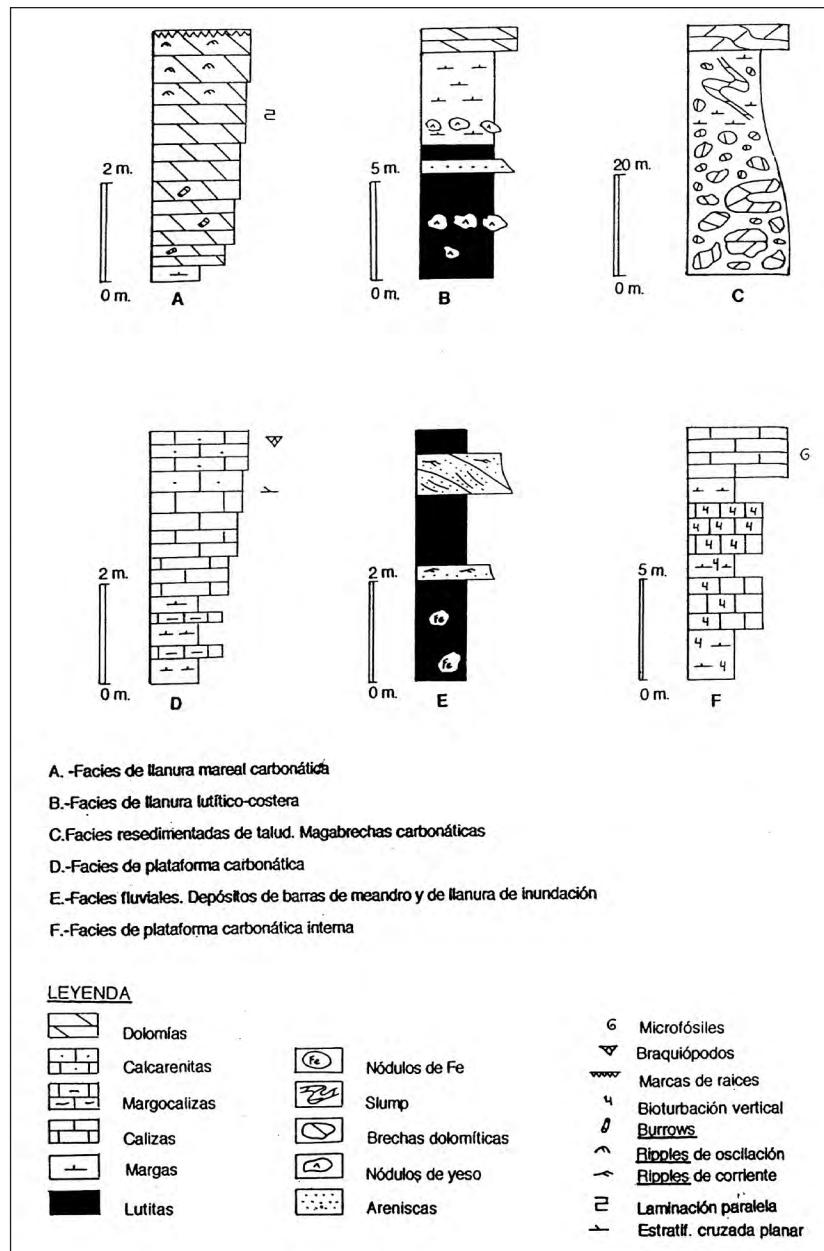


Figura 3. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales de los materiales mesozoicos de la Hoja de Gandesa (31-18)

tomado datos puntuales de esta unidad en las inmediaciones de Santa Magdalena y también en la zona de Les Argiles.

Corresponde a una alternancia de margas y de calizas micríticas de poco espesor. Ocasionalmente las margas son de coloración rojiza. Presentan restos de ostrácodos y de carófitas.

El contenido micropaleontológico de la unidad, consiste en *Montcharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Valvulammina (Nezzazzatinella)* sp. PICARDI HENSON, *Spiroplectammina* sp., *Neocyprideis* sp, *Cythereis* sp. y fragmentos de lamelibranquios y de gasterópodos.

Según ESTEBAN y ROBLES (*op. cit.*), corresponden a facies salobres y lacustres.

Según la fauna que presenta esta unidad, es representativa del senoniense, abarcando el Campaniense y, probablemente, el Maastrichtiense.

## 1.2. TERCARIO

Como se ha mencionado en el capítulo de Estratigrafía, en la Hoja de Gandesa (31-18) se desarrolla una potente serie de materiales paleógenos. En la Cuenca de Móra la potencia aproximada de estos materiales es del orden de 500 m y en la Cuenca del Ebro, es del orden de 1000 m.

A grandes rasgos la serie paleógena se puede dividir en tres tramos (Fig. 4):

- a) Un tramo inferior formado por materiales lutítico-carbonáticos y lutítico-arenosos, de origen fluvio-lacustre y de origen fluvio-aluvial, respectivamente. Los primeros corresponden al Paleoceno (Thanetiense) y los segundos al Eoceno inferior-medio.
- b) Un tramo intermedio formado por conglomerados de origen aluvial en áreas proximales y por lutitas y areniscas de origen fluvio-aluvial, en áreas más distales. En la Cuenca del Ebro, se hallan representadas ambos tipos de facies y los conglomerados proximales o apicales, constituyen el denominado Complejo de Horta-Gandesa (CABRERA *et al.*, 1985). Este complejo se halla adosado a la Sierra de Pàndols, en el cuadrante SE del área cartografiada y los términos conglomeráticos medios y superiores de la serie, hacia el NO, pasan a facies lutítico-arenosas. Esta serie conglomerática y sus equivalentes laterales, poseen una edad comprendida entre el Oligoceno inferior (Estampiense) y el Oligoceno superior (Chattiense). Probablemente la base corresponda al Eoceno superior (Priabonense), tal y como apuntan los datos bibliográficos (ANADON *et al.*, 1979), pero dada la dificultad que supone la obtención de dataciones faunísticas en este tipo de materiales y, atendiendo al hecho de que genéticamente se hallan relacionados con los materiales pertenecientes al Oligoceno, creemos que es oportuno considerarlos en su conjunto, como correspondientes a esta edad.

En la reducida superficie de la Cuenca de Móra, que queda comprendida en la Hoja de Gandesa, este tramo es exclusivamente conglomerático. Dentro de esta serie conglomerática, tiene lugar la existencia de una fuerte discordancia angular que separa dos unidades: una unidad inferior de edad Eoceno superior-Oligoceno inferior, aunque por las mismas razones

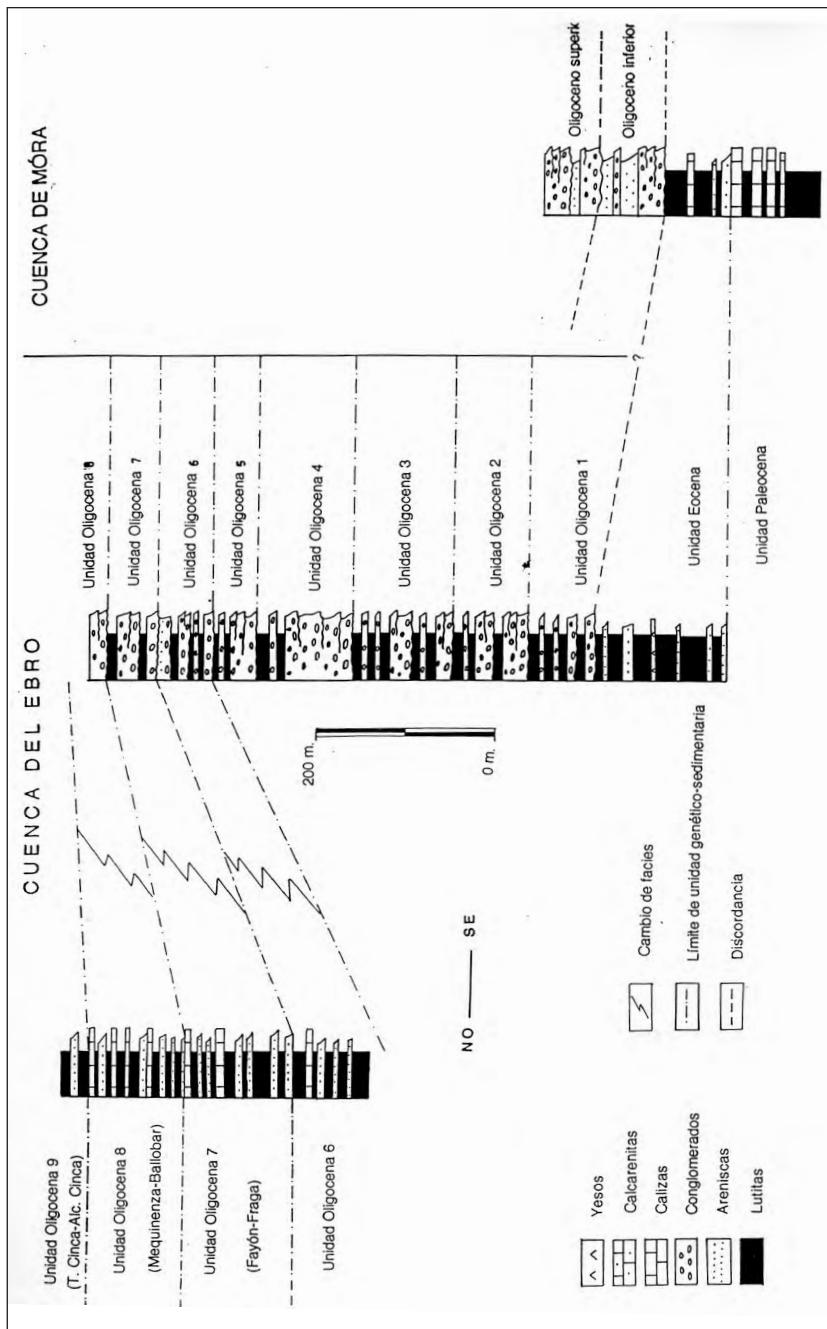


Figura 4. Series sintéticas del Terciario de la Hoja de Gandesa (31-18).

expuestas anteriormente para la edad basal del Complejo de Horta-Gandesa, en este trabajo la consideraremos oligocena, y una unidad superior correspondiente al Oligoceno superior más alto.

- c) Finalmente la serie terciaria está formada por un tramo superior que únicamente se halla representado en la Cuenca del Ebro. Se trata de un tramo lutítico-arenoso, de origen fluvio-aluvial, que presenta intercalaciones de materiales carbonáticos, de origen lacustre-palustre, en el cuadrante NE de la Hoja. Estos materiales suprayacen a los términos lutítico-arenosos, que son equivalentes distales de la parte superior del Complejo de Horta-Gandesa. Poseen una edad correspondiente al Oligoceno superior más alto.

El estudio sedimentológico y cartográfico de esta potente serie, nos ha permitido analizarla desde un punto de vista secuencial. De esta forma podemos observar como en la sucesión estratigráfica, tiene lugar una disposición cíclica de los sedimentos, tanto en las facies lutítico-arenosas, como en las facies conglomeráticas. Esta disposición viene marcada sobretodo por la existencia de niveles estratigráficos depositados en períodos de reactivación de los sistemas fluvio-aluviales, dentro de estas cuencas de antepaís. En estos períodos existe un incremento de energía de los medios de sedimentación, ya sea por razones tectónicas (incremento de la subsidencia), ya sea por razones climáticas, ya sea por la suma de ambas. Estos niveles, en la serie estratigráfica, se reflejan por la irrupción de facies areniscosas, fluvio-aluviales, sobre facies lutítico-carbonáticas, de origen lacustre-palustre, o bien por la brusca superposición de niveles brechoide-conglomeráticos, con cantos de diámetro considerable, sobre tramos de menor granulometría. La base de cada uno de estos niveles, representa una superficie de discontinuidad sedimentaria (*sensu* VAIL *et al.*, 1977) y su continuidad cartográfica, a nivel de la cuenca, permite evaluar y jerarquizar la importancia de cada evento cíclico.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, hemos podido subdividir la serie paleógena de la Hoja de Gandesa (31-18), en 11 unidades cíclicas (Figs. 1b y 4). La parte inferior de cada una de estas, está formada por facies relativamente más energéticas, que las que constituyen la parte superior de la unidad infrayacente. El paso de una unidad a la unidad suprayacente es neto y brusco, mientras que los cambios verticales de facies, dentro de cada unidad, se realizan de forma transicional.

Estas 11 unidades de carácter genético-sedimentario, corresponden a secuencias deposicionales (*sensu* MITCHUM *et al.*, 1977), es decir a unidades estratigráficas, relativamente concordantes, compuestas por una sucesión de estratos, genéticamente relacionados y cuyos límites, a techo y a muro, son discordancias y sus relativas conformidades. Debido a la ausencia de un modelo bien definido en cuencas continentales (VAN WAGOONER *et al.*, 1990), hemos preferido denominarlas Unidades Genético-Sedimentarias.

Las dos primeras unidades, corresponden, cada una de ellas, a los materiales paleocenos (Thanetienses) y eocenos (Eoceno inferior-medio), que se hallan representados en la Hoja de Gandesa (31-18) y es por este motivo, que las denominaremos respectivamente, como Unidad paleocena y Unidad eocena (Figs. 1b y 4). Las 9 unidades restantes, corresponden al Oligoceno.

El límite inferior de la Unidad paleocena, corresponde a una discordancia cartográfica que pone en contacto la base de esta unidad con diferentes niveles de la serie mesozoica. Su límite su-

terior, corresponde al contacto entre las facies carbonáticas, de origen lacustre, que constituyen el techo de esta unidad, con las facies lutítico-areniscosas, de origen fluvio-aluvial, que forman la base de la Unidad eocena (Fig. 4).

El límite superior de la Unidad eocena, corresponde al contacto entre las facies predominantemente lutíticas del techo de esta unidad, con las facies conglomeráticas oligocenas, que corresponden a la base del Complejo de Horta-Gandesa (Grupo Scala Dei, según COLOMBO, 1980, 1986) (Fig. 4).

Las 9 unidades genéticamente-sedimentarias oligocenas, que afloran en la hoja de Gandesa, se hallan representadas por facies conglomeráticas dentro del Complejo de Horta-Gandesa, exceptuando la última de ellas, que únicamente aflora en los extremos NE y SO de la Hoja (Fig. 4).

Por lo tanto, en el Complejo de Horta-Gandesa, se han identificado un total de 8 unidades genéticamente-sedimentarias oligocenas (Fig. 4). Su caracterización se ha realizado en base a criterios de ciclicidad sedimentaria, identificando los diferentes niveles conglomeráticos, pertenecientes a cada unidad, que representan verdaderas reactivaciones del sistema aluvial y también, en base a criterios cartográficos, comprobando que los límites que separan las diversas unidades, posean una continuidad lateral, a través de todo el complejo aluvial. Además, las 8 unidades se han podido representar cartográficamente a escala 1:50.000, de tal modo que la representación de unidades de jerarquía menor, a esta escala, hubiera resultado muy difícil. De esta forma, el criterio cartográfico también ha resultado útil a la hora de establecer la jerarquía de las unidades genéticamente-sedimentarias.

Dentro del área cartografiada, se puede observar el paso de facies conglomeráticas proximales, a facies lutítico-arenosas distales, que efectúan las unidades oligocenas 4, 5, 6, 7 y 8. Por otro lado la unidad oligocena 9, en el extremo NE de la zona, se halla únicamente representada por facies lutítico-arenosas, mientras que en el extremo SO, está formada por facies conglomeráticas, las cuales se hallan desligadas espacialmente del Complejo de Horta-Gandesa (Fig. 4).

Las facies conglomeráticas de la Cuenca de Móra, atribuidas en este trabajo al Oligoceno inferior, probablemente son equivalentes temporales de las que forman la parte basal del Complejo de Horta-Gandesa. Sin embargo se han cartografiado independientemente de los conglomerados de la Cuenca del Ebro, debido a la falta de datos que permitieran una correlación fiable entre ambos cuencas. De la misma forma las facies conglomeráticas de la Cuenca de Móra, discordantes sobre las anteriores, se han considerado como equivalentes temporales de la Unidad 9 de la Cuenca del Ebro, ya que probablemente representen al Oligoceno superior más alto; no obstante, también se han cartografiado como unidades cartográficas diferentes.

### **1.2.1. Unidad paleocena**

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, esta unidad engloba los materiales que, en esta zona, poseen una edad correspondiente al Thanetiense y que con toda probabilidad, pertenecen a una sola unidad genéticamente-sedimentaria.

El contacto basal de la unidad es discordante, ya que cartográficamente se apoya sobre diferentes niveles de la serie mesozoica: en el extremo SE de la Sierra de Pàndols, se apoya sobre los ma-

teriales senonienses, en la parte SO de la misma sierra, se apoya sobre los materiales cenomanienses y en el extremo NO, se pone en contacto sobre las megabrechas del Lías.

La parte inferior de la unidad está formada por facies terrígenas de origen fluvial, mientras que hacia techo, pasa progresivamente a facies carbonáticas de origen lacustre.

Dentro de esta unidad genético-sedimentaria, hemos distinguido un único nivel cartográfico.

#### 1.2.1.1. *Lutitas versicolores, calizas, calcisiltitas y areniscas* (10) (Paleoceno).

Su área de afloramiento se restringe al extremo sur-oriental de la Hoja, en las dos vertientes de la Sierra de Pándols, orlando a los materiales mesozoicos.

Sus características sedimentológicas han sido estudiadas en la sección de la Estació de Pinell de Brai (06), donde se han medido unos 100 m de potencia correspondientes a esta unidad.

El tramo inferior de la serie es fundamentalmente lutítico. Son lutitas versicolores, aunque predominan los tonos rojizos. A menudo contienen nódulos de hierro. Ocasionalmente se intercalan capas areniscosas planoparalelas, de grano fino. Están muy bioturbadas y, por lo tanto, en éstas no se observan estructuras sedimentarias primarias. El tramo superior, es predominantemente carbonático, formado por niveles de carbonatos entre los que se intercalan lutitas rojas y algún nivel arenoso delgado (Fig. 10a). Los niveles carbonáticos consisten en una alternancia de mudstones, calcarenitas y calcisiltitas. La bioturbación es intensa en algunos niveles. Ocasionalmente se constata la presencia de *Microcodium* y de oncolitos con perforaciones biogénicas (COLOMBO, 1991).

Petrográficamente los carbonatos corresponden en su mayoría a biomicroesparitas con fragmentos de ostrácodos y de gasterópodos. Con el estudio micropaleontológico, se ha constatado la presencia de *Raskyella* aff. *vadaszi* (RASKY) L. y N. GRAMB.

El tramo inferior corresponde a facies de llanura de inundación fluvial, mientras que el tramo superior presenta facies de origen lacustre carbonatado.

En el Dominio meridional de los Catalánides, estos materiales, correspondientes a la Formación Mediona, han sido datados como Thanetiense superior (ver ANADON *et al.*, 1979).

#### 1.2.2. Unidad eocena

Esta unidad está formada por los materiales que, en la Hoja de Gandesa (31-18), poseen una edad correspondiente al Eoceno inferior-medio y que, aparentemente, constituyen una única unidad genético-sedimentaria, a juzgar por su evolución vertical de facies.

Limita con la infrayacente unidad paleocena, a través del contacto neto entre las facies areniscosas, de origen fluvio-aluvial, que constituyen la base de esta unidad y las facies carbonáticas, de origen lacustre, que forman el techo de la unidad paleocena (Fig. 4).

Se halla formada por una alternancia de facies fluviales y de facies evaporíticas, donde las primeras son más importantes en la base de la serie.

Presenta un único nivel cartográfico.

#### 1.2.2.1. *Lutitas, areniscas, yeso fibrilar y calizas* (11) (Eoceno).

Aflora en las dos vertientes de la Sierra de Pándols, por encima de la Unidad Paleocena. En la vertiente NO de esta sierra, su área de afloramiento se ubica en la "Vall del Navarro", por debajo de los materiales conglomeráticos que constituyen el complejo de Horta-Gandesa.

Se ha estudiado en las series estratigráficas de la Estación de Pinell de Brai (06), donde posee una potencia de 125 m y de la Estación de Prat de Comte (07), donde posee una potencia parcial de 150 m.

En el área de Pinell de Brai, en la Cuenca de Móra, la base de la unidad está formada por una alternancia de lutitas rojizas y de areniscas. Estas últimas se presentan tanto en niveles planoparalelos (Fig. 10b), como en niveles de base erosiva, los cuales frecuentemente poseen superficies de acreción lateral y estratificación cruzada en surco (Fig. 10c). La parte superior de la unidad es esencialmente lutítica, con alguna intercalación de calizas y margocalizas bioturbadas y también de algún nivel areníscoso.

En la "Vall del Navarro", ya en la Cuenca del Ebro, la base de la unidad, también está formada por una acumulación de capas areníscosas de características similares a las de Pinell de Brai, con superficies de acreción lateral y con estratificaciones cruzadas en surco. Hacia la parte superior el número de capas areníscosas disminuye en favor de la presencia de lutitas, las cuales contienen abundantes vetas de yeso fibrilar. Ocasionalmente se desarrollan nódulos de yeso que llegan a formar verdaderos niveles. Hacia techo de la unidad, se desarrollan nuevamente, niveles areníscosos con superficies de acreción y estratificación cruzada planar.

Al microscopio las areniscas se presentan como litoarenitas y litoarenitas feldespáticas, con un alto contenido de bioclastos. Los fragmentos de roca calcáreas son de tipo micrítico y evaporítico, mientras que los feldespatos son de tipo plagioclasa, ortosa y microclina.

Según la descripción realizada, el conjunto de estos materiales se halla formado por facies fluviales meandriformes y por facies de llanura de inundación, con desarrollo efímero de facies evaporíticas, en zonas de encarcamiento.

Esta unidad corresponde al denominado Grupo de Cornudella (COLOMBO *et al.* 1991) y como tal, en la zona de Ulldeholms se ha encontrado fauna de esta unidad perteneciente a una edad comprendida entre el Thanetiense y el Luteciense (ver COLOMBO *et al.* 1991).

### 1.2.3. Unidades oligocenas

Tal y como se ha comentado en el capítulo de Terciario, en este trabajo se han cartografiado independientemente los materiales oligocenos de la Cuenca del Ebro de los de la Cuenca de Móra.

En la Cuenca del Ebro, se han caracterizado 9 unidades de carácter genético-sedimentario en la serie oligocena, representando un periodo de tiempo comprendido entre el Oligoceno inferior y el Oligoceno superior más alto.

Por el contrario en la Cuenca de Móra, únicamente se han reconocido dos unidades: una unidad inferior, suprayacente a los materiales que configuran la Unidad eocena, cuya edad probablemente corresponda al Oligoceno inferior (e incluso podría corresponder al Eoceno superior) y una unidad superior, que se apoya con una marcada discordancia angular sobre la unidad inferior, la edad de la cual probablemente corresponda al Oligoceno superior más alto.

#### 1.2.3.1. *Unidades oligocenas de la Cuenca del Ebro*

De las 9 unidades genético-sedimentarias oligocenas, caracterizadas en esta parte de la Cuenca del Ebro, las ocho primeras están representadas por facies conglomeráticas proximales, en el denominado Complejo de Horta-Gandesa (Figs. 4 y 6).

CABRERA *et al.* (1985), dentro del Complejo de Horta-Gandesa, caracterizaron un total de 6 macrosecuencias de primer orden (Fig. 5). Dentro de cada macrosecuencia, definen unidades de jerarquía menor, que los mismos autores denominan macrosecuencias de segundo orden. Estas últimas pueden establecerse en zonas localizadas, pero su seguimiento cartográfico, a través de todo el Complejo, resulta muy difícil. A grandes rasgos, las macrosecuencias definidas por CABRERA *et al.* (*op. cit.*), coinciden bastante bien con las 8 Unidades Genético-Sedimentarias, definidas en este trabajo. Cabe señalar que la macrosecuencia V del citado autor, contiene las Unidades 5 y 6 del presente trabajo, así como la macrosecuencia VI, contiene a las Unidades 7 y 8 (Fig. 5).

Existe la posibilidad que los límites entre las Unidades 4 y 5 y las Unidades 6 y 7 sean localmente erosivos, tal y como ya apuntan CABRERA *et al.* (*op. cit.*), entre el área de Puig Cavallé y la carretera que une Gandesa con Pinell de Brai. A nuestro parecer, ambas superficies de erosión, se ponen más de manifiesto por criterios sedimentológicos, que por la existencia de fuertes incisiones en las Unidades 4 y 6, respectivamente. Uno de estos criterios sedimentológicos, es la existencia de cantos de conglomerados en la base de la Unidad 7 (macrosecuencia VI de CABRERA *et al.*, 1985).

Las Unidades 4, 5, 6, 7 y 8, hacia el NO y hacia el O, pasan a facies lutítico-arenosas, de origen fluvio-aluvial. De estas unidades, las tres primeras (4, 5 y 6), únicamente afloran en el cuadrante sur-oriental de la Hoja. En la parte superior de la Unidad 6, se desarrollan facies margo-carbonáticas y evaporíticas, de origen lacustre-palustre (Figs 4 y 6).

Por el contrario las unidades 7 y 8, poseen una amplia representación cartográfica en la Hoja, en facies lutítico-arenosas. En la parte media y superior de estas unidades, se desarrollan facies edafizadas y carbonáticas, de origen lacustre-palustre. Estas últimas, son más importantes, en cuanto a espesor, en el sector nor-oriental. Dos niveles carbonáticos, muy representativos de la Hoja, son los que respectivamente se intercalan, en la parte media y superior de la Unidad 7. Los de su parte intermedia, afloran en la localidad de Maella y los de su parte superior, afloran en la población de Batea.

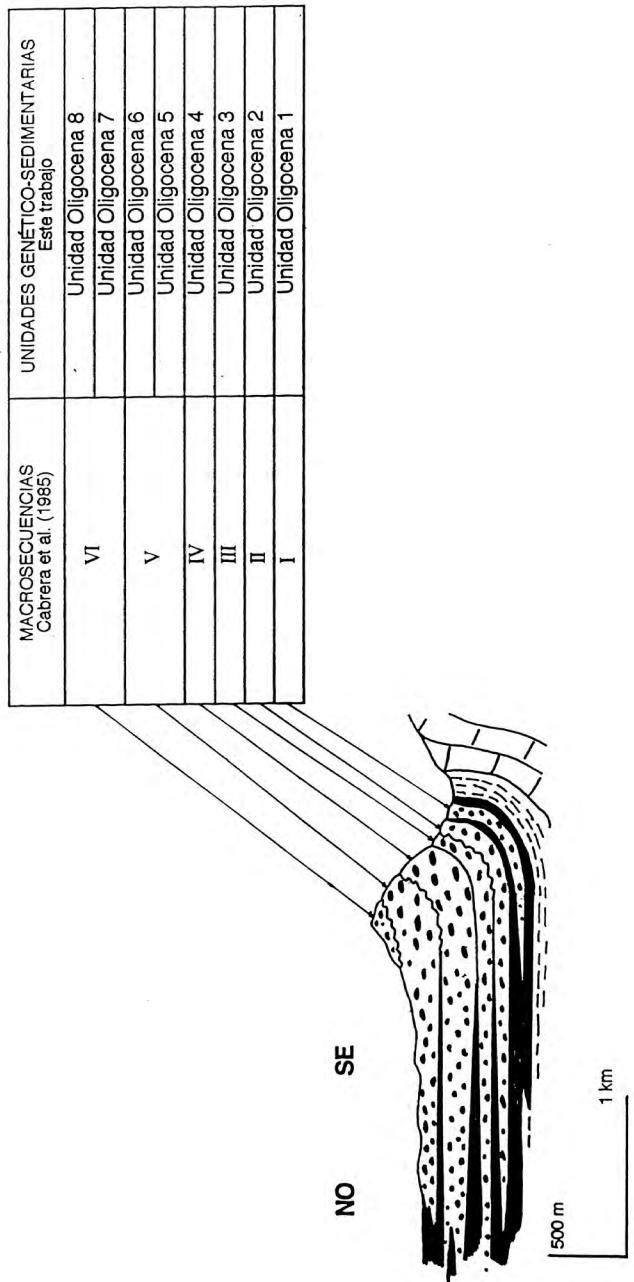


Figura 5. Ensayo de correlación entre las Unidades Genético-sedimentarias definidas en el Sistema de Horta-Gandesa y las Macrosecuencias definidas por CABRERA et al. (1985) en el mismo sistema.

La Unidad 9, que es la única que no posee representación en el Complejo de Horta-Gandesa, solamente aflora en el extremo NE de la Hoja, donde está constituida por facies distales de abanico y también en el extremo SO de la misma, donde presenta facies proximales de abanico.

En la Figura 6, se ha intentado representar y modelizar, la evolución lateral y vertical de facies que efectúan las unidades genético-sedimentarias caracterizadas en este trabajo.

Durante los años 1989 y 1992, los equipos de C.G.S. y ENADIMSA, elaboraron 28 Hojas MAGNA, en la parte central de la Cuenca del Ebro. Como resultado de este estudio, fueron caracterizadas 20 unidades genético-sedimentarias en esta parte de la cuenca, en materiales de edad comprendida entre el Eoceno superior y el Mioceno. La Hoja de Gandesa (31-18), enlaza con dos de las hojas realizadas durante la etapa mencionada: con la Hoja de Caspe (30-17) y con la Hoja de Fabara (31-17). Debido a ello, podemos afirmar que 3 de estas unidades caracterizadas, la Unidad de Fayón-Fraga, la Unidad de Mequinenza-Ballobar y la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, todas ellas de edad Chattiene, corresponden respectivamente a las Unidades 7, 8 y 9 de la presente Hoja. Por el contrario, no hemos podido correlacionar las demás unidades oligocenas infrayacentes, con las caracterizadas en la parte central de la Cuenca, debido a que no existe una conexión cartográfica entre ellas.

#### 1.2.3.1.1. Unidades oligocenas 1, 2 y 3.

Estas unidades se describirán conjuntamente, debido a que todas ellas poseen la misma disposición areal y las mismas características sedimentológicas.

Corresponden a las tres unidades genético-sedimentarias de la base del complejo de Horta-Gandesa. La primera de ellas se pone en contacto con la unidad eocena infrayacente. Es un límite neto que pone en contacto los conglomerados que caracterizan la unidad oligocena 1, con las facies lutítico-arenosas de la unidad eocena.

Cada una de estas tres unidades está formada por niveles conglomeráticos, entre los que se intercalan algunos niveles lutíticos y areniscosos. En cada unidad existe una tendencia a una progresiva disminución del diámetro de los cantes hacia la parte superior, acompañado de un progresivo aumento de niveles lutíticos y/o arenosos. En la base de cada unidad, se manifiesta una brusca irrupción de facies conglomeráticas de gran diámetro, en comparación con las que caracterizan el techo de la secuencia infrayacente (Fig. 6).

Estas tres unidades no efectúan cambios significativos de facies dentro del área cartografiada, ya que básicamente son conglomeráticas. Unicamente cabe señalar, que en el área de Puig Cavallé y, sobre todo la unidad 1, dominan las intercalaciones de lutitas, mientras que en la transversal de Gandesa-Pinell de Brai, predominan las intercalaciones areniscosas.

Existe una única unidad cartográfica (U.C.) para cada unidad genético-sedimentaria (U.G.S.): la U.C. 12, corresponde a la U.G.S. 1, la U.C.13 corresponde a la U.G.S. 2 y la U.C. 14, caracteriza a la U.G.S. 3.

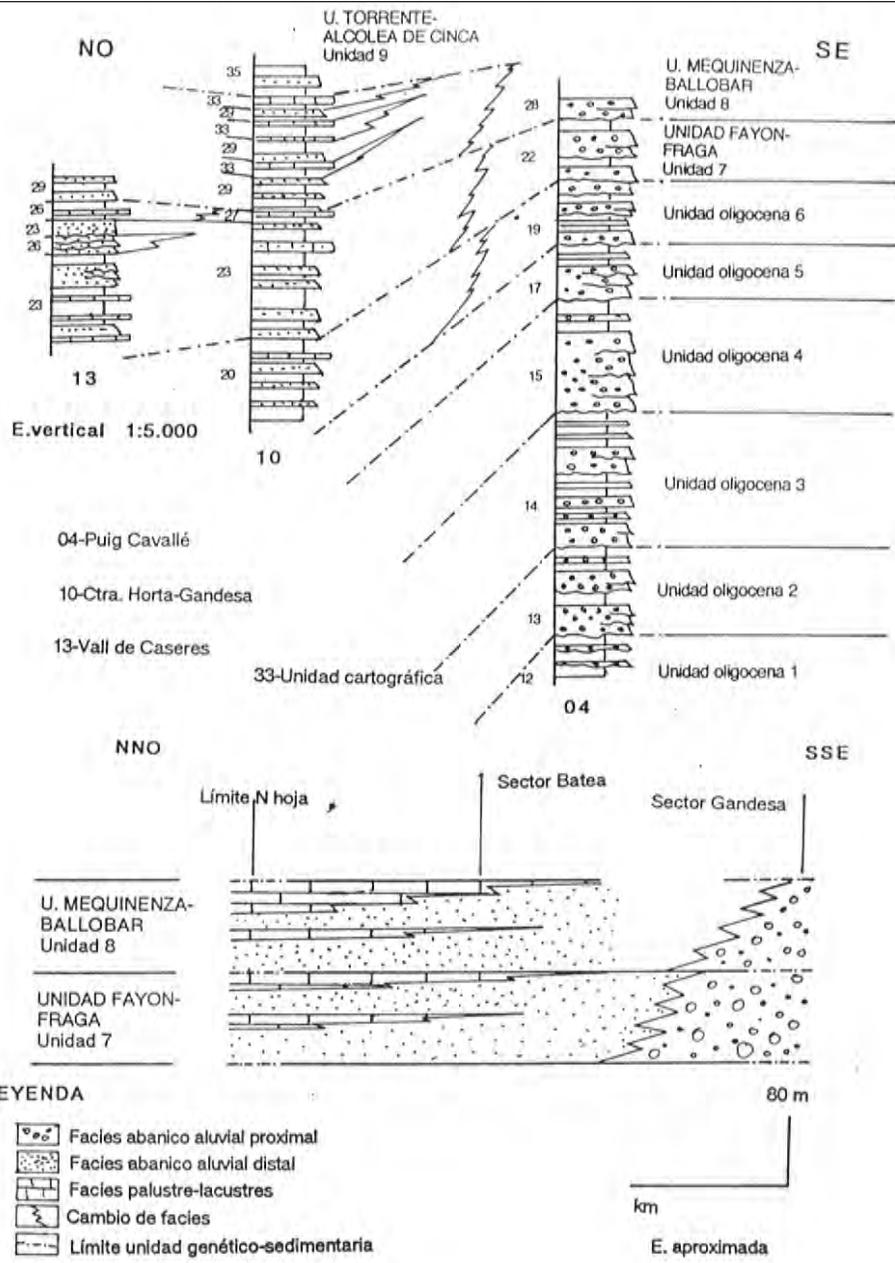


Figura 6. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector SE de la Cuenca del Ebro.

#### **1.2.3.1.1.1. Conglomerados, areniscas y lutitas. (12), (13) y (14) (Estampiense)**

Estas unidades afloran en el extremo SE de la Hoja, en una franja paralela a la Sierra de Pàndols.

Sus características sedimentológicas se han analizado en las series de Puig Cavallé (04) y de la carretera de Gandesa-Pinell (05). En el sector de Puig Cavallé, cada una de estas unidades posee una potencia que oscila entre los 90 m y 100 m., mientras que en el sector de la vertical de Gandesa-Pinell, oscila entre 140 y 200 m.

Consisten en niveles de conglomerados, con estratificación horizontal y, a menudo, con imbricaciones. Las diferentes superficies de reactivación individualizan los diversos niveles. Entre estos depósitos se intercalan niveles de conglomerados con cantos de diámetro inferior, ocasionalmente de microconglomerados, que presentan estratificación cruzada planar de mediana a gran escala. También se intercalan niveles areniscosos, que se presentan como cuñas irregulares que tapizan las facies conglomeráticas y niveles areniscosos con estratificación cruzada planar. En el área de Puig Cavallé, entre los conglomerados se intercalan niveles lutíticos, con mayor o menor cantidad de arena (Figs. 10d y 10e).

Al microscopio, las capas areniscosas se presentan como litoarenitas, con un alto porcentaje de fragmentos de rocas calcáreas y de cuarzo y con matriz calcárea.

En conjunto corresponden a facies proximales de abanico aluvial, formadas por un sistema de barras y canales longitudinales, mientras que los conglomerados y areniscas con estratificación cruzada planar representarían depósitos de barras transversales. Las cuñas arenosas irregulares, corresponden a facies de tapiz y las lutitas arenosas, corresponderían a depósitos de desbordamiento (ver ROBLES, 1982).

Como ya se ha señalado en capítulos anteriores, la base de estos materiales ha sido atribuida al Eoceno superior (ANADON *et al*, 1979; COLOMBO, 1980; COLOMBO, 1986). Sin embargo, dada la dificultad de obtener dataciones faunísticas de los mismos y ya que genéticamente están relacionados con los materiales oligocenos, hemos creído oportuno considerarlos como pertenecientes, en su conjunto, al Oligoceno inferior (Estampiense).

#### **1.2.3.1.2. Unidades oligocenas 4 y 5**

Estas dos unidades, dentro del área, presentan unas características sedimentológicas y una evolución de facies idénticas, por lo que las describiremos conjuntamente.

En el área de Puig Cavallé, están constituidas por facies conglomeráticas proximales, mientras que tanto hacia el NO, como hacia el SO (en un sentido frontal y radial, respecto a la parte apical del sistema de Horta-Gandesa) pasan a facies lutítico-arenosas distales.

Esta evolución de facies se observa mejor en la unidad 5, ya que al ser la unidad suprayacente, posee una mayor expresión cartográfica.

El límite inferior de la unidad 4, en el área de Puig Cavallé consiste en un contacto brusco, entre los conglomerados de esta unidad y las facies conglomeráticas, con intercalaciones lutítico-arenosas, que configuran el techo de la infrayacente unidad 3. En esta misma área, el límite entre las unidades 4 y 5, posee las mismas características.

El área de Puig Cavallé, representa la zona más apical del sistema de Horta-Gandesa, por lo que las dos unidades están aquí representadas por facies conglomeráticas. Sin embargo la zona de Bot, al SO de Puig Cavallé, representa un área de franja de abanico, en donde ambas unidades pasan a facies lutítico-arenosas. En esta área, la base de las dos unidades, se halla constituida todavía por facies conglomeráticas mientras que su parte media y superior esta constituida por facies finas. Por lo tanto, el límite entre ambas unidades, en esta zona, es de fácil caracterización.

Cada una de estas unidades genético-sedimentarias (U.G.S.) está formada por dos unidades cartográficas que se describirán conjuntamente.

#### 1.2.3.1.2.1. Conglomerados, lutitas y areniscas. (15) y (17) (Estampiense).

Afloran en la Sierra de Puig-Cavallé y se extienden hacia el NE, de este área, en una franja paralela a la Sierra de Pándols.

Han sido estudiadas en las series de Puig-Cavallé (04) y de la carretera de Gandesa-Pinell (05). La unidad 15 posee variaciones laterales de potencia, ya que en la serie 04 presenta una potencia de 90 m y en la 05, de 70 m. La unidad 17, tanto en la serie de Puig Cavallé (04) como en la serie de la carretera de Gandesa-Pinell, su potencia es de unos 50 m.

Consisten en niveles de conglomerados con estratificación paralela y con numerosas superficies de reactivación (Fig. 10d). Ocasionalmente existen niveles conglomeráticos con estratificación cruzada planar (Fig. 10e). Hacia la parte superior de cada tramo se intercalan niveles arenosos y/o lutítico-arenosos heterométricos.

Estos niveles arenosos, petrográficamente corresponden a litoarenitas, con un alto porcentaje de fragmentos de roca calcáreos y un menor porcentaje de fragmentos de cuarzo. El cemento es calcáreo.

Corresponden a facies proximales de abanico, caracterizadas por un sistema aluvial de tipo "braided", con depósitos de barras longitudinales, de barras transversales y de tapiz

Se les atribuye una edad correspondiente al Estampiense, ya que, forman la parte media del Complejo de Horta-Gandesa.

#### 1.2.3.1.2.2. Lutitas, areniscas y yeso fibrilar (16) y (18) (Estampiense)

Afloran en los alrededores de la población de Bot, extendiéndose hacia el NE, en un sentido radial respecto de la Sierra Puig Cavallé.

Sus características sedimentológicas se han estudiado en la serie de la Carretera de Bot a Coll del Moro (08), en la que se ha medido una potencia parcial de 100 m, correspondientes a la unidad cartográfica 18.

Cada una de estas unidades, consiste en una serie fundamentalmente lutítica, con frecuentes intercalaciones de areniscas de grano medio y fino. Las areniscas suelen ser plano-paralelas y poseen laminaciones paralelas, como única estructura sedimentaria interna (Fig. 10b). También existen niveles arenosos de bases erosivas, las cuales presentan superficies de acreción lateral, que individualizan a cosets de láminas con estratificación cruzada planar, ripples y climbing ripples (Fig. 10c). La parte superior de cada unidad es predominantemente lutítica.

Al microscopio, las areniscas corresponden a litoarenitas, con un cierto porcentaje de fragmentos feldespáticos y con cemento dolomítico.

Las facies descritas corresponden a facies fluviales distales, formadas por depósitos de barras de meandro y también por facies de llanura de inundación asociadas.

Igualmente que las unidades descritas en el apartado anterior, se les atribuye una edad correspondiente al Estampiense.

#### 1.2.3.1.3. Unidad oligocena 6.

Esta unidad genético-sedimentaria en los alrededores de Puig Cavallé, se halla constituida por facies conglomeráticas proximales. En un sentido radial respecto a esta sierra es decir, hacia el SO, hacia el NO y hacia el NE, estas facies apicales pasan rápidamente a facies lutítico-arenosas, de franja de abanico. No es el único cambio de facies que efectúa la unidad dentro de la Hoja, ya que entre Gandesa y Corbera d'Ebre, las facies distales mencionadas, pasan a materiales margo-carbonáticos, con presencia de niveles evaporíticos, correspondientes a facies lacustre-palustres. Estos cambios de facies también se realizan en un sentido vertical, en el área de Corbera d'Ebre.

Su contacto con la unidad infrayacente, se pone de manifiesto por la irrupción de capas conglomeráticas, en las zonas proximales, o de capas areniscosas, en áreas distales, en la base de esta unidad.

##### 1.2.3.1.3.1. Conglomerados, lutitas y areniscas. (19). (Chattiene).

Aflora en los alrededores del Cerro de Puig Cavallé, extendiéndose hacia el NE de este área, hasta las inmediaciones de Corbera d'Ebre.

Ha sido caracterizada en las series de Puig Cavallé (04) y de la Carretera de Gandesa-Pinell (05). Posee una potencia de unos 60 m.

Está formada por niveles de conglomerados con estratificación paralela, marcada por numerosas superficies de reactivación (Fig. 10d). Existen algunos niveles con estratificación cruzada en surco y otros con estratificación cruzada planar (Fig. 10e). En la serie se intercalan tramos lutítico-arenosos irregulares.

Los niveles areniscosos, al microscopio se presentan como litoarenitas con un altísimo porcentaje de fragmentos de rocas calcáreas y con cemento también calcáreo. El contenido en fragmentos feldespáticos es nulo.

Corresponden a facies proximales de abanico, representadas por depósitos de barras y canales de tipo braided.

A los materiales que constituyen la Unidad genético-sedimentaria 6, les hemos asignado una edad correspondiente al Chattiene. En la parte central de la Cuenca del Ebro, el límite Oligoceno inferior-Oligoceno superior, se sitúa en la base de la denominada Unidad Alfés, según el estudio realizado por los equipos de C.G.S. y ENADIMSA, durante la elaboración de 28 hojas MAGNA en esta parte de la cuenca, entre 1989 y 1992. Esta unidad es infrayacente de la Unidad Fayón-Fraga, la cual corresponde a la Unidad 7, caracterizada en la presente Hoja. Por lo tanto, es muy probable que la Unidad Alfés y la Unidad 6, sean temporalmente equivalentes, por lo que hemos situado la base del Oligoceno superior, en la base de esta última unidad.

#### 1.2.3.1.3.2. Lutitas, areniscas, calizas y yeso fibrilar. (20). (Chattiene).

Los materiales que configuran el llano donde se halla situada la población de Gandesa, corresponden a esta unidad cartográfica. Desde esta zona se extiende hacia el SO, bordeando la Sierra de Puig Cavallé.

Se han caracterizado en la serie de la carretera de Bot a Coll del Moro (08), donde presentan una potencia de unos 60 m.

Consiste en una serie lutítica, con intercalaciones de capas areniscosas, más frecuentes en la base de la unidad. Las areniscas son de grano medio y fino y presentan superficies de acreción lateral (Fig. 10c). También existen capas planoparalelas con laminación paralela (Fig. 10b). Las lutitas ocasionalmente contienen vetas de yeso fibrilar.

El estudio petrográfico indica que las areniscas corresponden a litoarenitas, con un cierto contenido en fragmentos feldespáticos. Alguna de las muestras estudiadas, se halla muy dolomitizada.

Representan facies fluviales formadas por depósitos de barras de meandro y por las facies de desbordamiento asociadas.

Su edad corresponde al Chattiene, debido a las consideraciones realizadas en el apartado anterior.

#### 1.2.3.1.3.3. Margas, calizas, yeso fibrilar y areniscas. (21). (Chattiene).

Aflora en los alrededores de Corbera d'Ebre, en el límite oriental de la Hoja. Representa un cambio lateral de facies de la unidad anteriormente descrita.

Se ha caracterizado de forma parcial, en la serie de Corbera d'Ebre (09), donde tiene 60 m de potencia.

Sus facies más características se encuentran en los alrededores de la venta del Fusilé, cerca de la población de Corbera. Consisten en margas y lutitas, con intercalaciones de capas de caliza de espesor centimétrico. Las lutitas contienen vetas de yeso fibrilar entrelazadas, que en ocasiones llegan a formar verdaderos niveles. También se intercalan niveles de arenisca, que presentan superficies de acreción lateral (Fig 3c).

Petrográficamente las areniscas corresponden a arcosas líticas, con un alto porcentaje en fragmentos de cuarzo y de feldespato potásico. La matriz es dolomítica.

En conjunto, podemos interpretarlas como depósitos de origen lacustre-palustre, con desarrollo local de facies evaporíticas. Los niveles arenosos corresponden a depósitos efímeros de barras de meandro.

Igualmente que las demás unidades cartográficas, correspondientes a la Unidad 6, le hemos asignado una edad perteneciente al Chattiene.

#### 1.2.3.1.4. Unidad oligocena 7. (Unidad de Fayón-Fraga)

Dentro del área cartografiada, esta unidad aflora en la parte occidental del territorio, a lo largo de los escarpes del cauce del Río Algars. En la mitad oriental, aflora en una franja de dirección SO-NE, paralelamente a la Sierra de Pàndols. La parte superior de la unidad, también aflora en las inmediaciones de los Barrancos de la Vall Major, de Massaluca y de Barballs, en el N del territorio cartografiado. Por otro lado, también aflora de forma puntual en la parte superior de la Sierra de Puig Cavallé.

En el área de Puig Cavallé, se halla formada por facies conglomeráticas de núcleo de abanico aluvial. Su base se pone de manifiesto a través del contacto entre las facies conglomeráticas, con cantos de gran diámetro, que forman la base de la unidad, y las facies conglomeráticas, con intercalaciones lutítico-arenosas, que constituyen el techo de la Unidad oligocena 6. En el resto de la mitad oriental de la Hoja, donde se halla constituida por facies lutítico-arenosas de franja de abanico, su límite inferior consiste en el contacto existente entre las facies arenosas, que forman la base de la unidad y las facies lutíticas y margosas que forman el techo de la Unidad oligocena 6 (Figs. 4 y 6).

Presenta una clara evolución vertical de facies (Figs. 4 y 6), ya que su parte basal, en todo el territorio se halla constituida exclusivamente por facies lutítico-arenosas, de origen fluvio-aluvial, mientras que en su parte media y superior, se intercalan niveles carbonáticos y niveles lutíticos edafizados, de origen lacustre-palustre (Figs. 4 y 6). El paso de unas facies hacia las otras se realiza de forma transicional. De estas intercalaciones, dos son las más importantes. La primera de ellas, se realiza en la parte media de la serie y consiste en un importante nivel lutítico-carbonático que aflora en la población de Maella. La segunda, constituye el techo de la unidad y está formada por las facies carbonáticas que afloran en la población de Batea. Debido a esto, en este área meridional de la Cuenca del Ebro, esta unidad genético-sedimentaria parece estar formada

por dos subunidades, hecho no tan evidente en áreas más centrales de esta Cuenca (áreas de Lleida, de Fraga y de Caspe), donde la intercalación carbonática de la parte media de la unidad, es menos importante.

Las facies carbonáticas, predominan en el sector nor-oriental de la Hoja. Hacia el SO y hacia el O, estas facies carbonáticas, pasan progresivamente a facies lutíticas edafizadas.

En el área de Puig Cavallé, donde afloran las facies proximales, la potencia de la unidad es de 60 m. Las facies distales de la unidad, afloran completamente en la mitad oriental de la zona, donde poseen una potencia de unos 110 m, que ha sido evaluada en las series de la Carretera de Bot a Coll del Moro (08), de Corbera d'Ebre (09) y de la Carretera de Gandesa-Vilalba (10). En la mitad occidental, su potencia se ha evaluado de forma parcial en las series de Groguetes (11) (70 m intermedios), de Gratallops-Balaguer (12) (85 m superiores), de la Vall de Caseres (13) (114 m superiores, representando casi la totalidad de la unidad), del Río Matarraña (15) (65 m superiores), de Batea (16) (23 m superiores), de la Vall de la Cova Cremá (17) (86 m superiores) y de la Vall de Aguilar (18) (77 m superiores).

En la parte central de la Cuenca del Ebro, esta unidad se ha reconocido y cartografiado en las hojas de Fraga (31-15) y de Lérida (32-15), donde presenta, a grandes rasgos, una asociación de facies de abanico aluvial distal en la base, y una asociación de facies lacustre-palustres hacia el techo (Fig. 7). En este sector, los materiales aluviales, tienen una clara procedencia pirenaica.

En el área comprendida en las hojas de Mequinenza (31-16) y de Fabara (31-17), es fundamentalmente carbonática (Fig. 5), aunque su base, también está constituida por materiales terri-genos, los cuales probablemente procedan de los Catalánides. En la Hoja de Caspe (30-17), también se han reconocido sedimentos dominanteamente aluviales en la base y palustres en el techo. En esta zona, las facies aluviales probablemente proceden de la Cordillera Ibérica (ver Fig. 7).

Como parece indicar el estudio petrográfico de muestras, pueden existir dos áreas fuentes diferentes, para los materiales aluviales de la Hoja. Mientras que los materiales presentes en la mitad oriental de la Hoja, sobretodo los que forman el Complejo de Horta-Gandesa, están constituidos por fragmentos de roca dominante calcáreos, los que constituyen el resto de la hoja presentan abundantes fragmentos de roca feldespáticos. Este hecho, junto al estudio de evolución lateral de las facies, parece indicar que los materiales de la parte oriental, posiblemente procedan de Los Catalánides (Complejo de Horta-Gandesa, *sensu* CABRERA et al., 1985) y, los de la mitad occidental, procedan de la Cordillera Ibérica (Sistema de Guadalupe-Matarranya, *sensu* CABRERA et al., 1985).

Dentro de la zona de estudio, no existen datos bioestratigráficos que permitan datar a la unidad, pero los estudios de microvertebrados realizados por AGUSTI et al. (1988), en los yacimientos de Fraga-2 y Fraga-4, ubicados en la hoja de Fraga (31-15), permiten incluirla dentro del Chattiene (Oligoceno superior). Según estos autores, quedaría comprendida dentro de las biozonas de Eomys major y de Eomys aff. major.

Los materiales que constituyen esta unidad, en la mitad occidental de la zona, forman parte de la Formación Caspe definida por QUIRANTES (1969) (Fig. 1b). Asimismo, es equivalente a las uni-

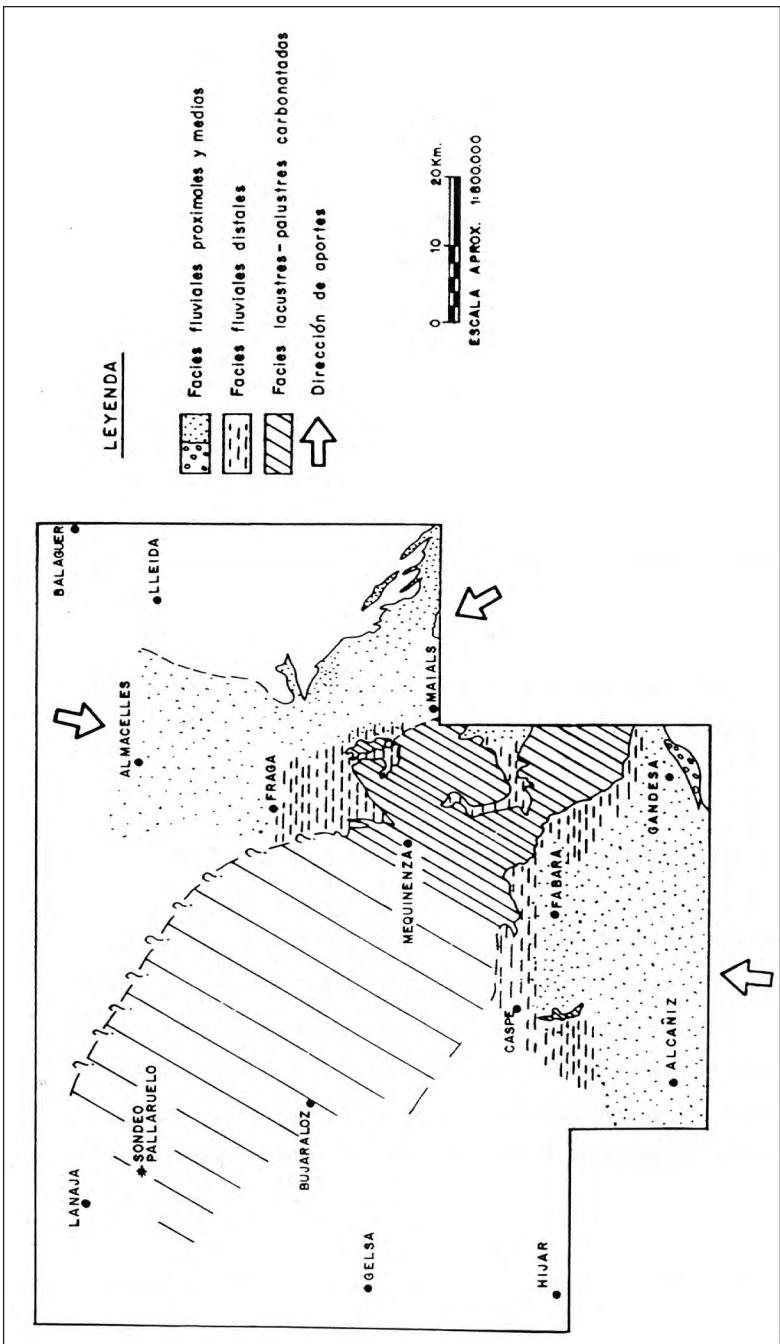


Figura 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga

dades de lutitas y areniscas de Fraga y de lutitas y calizas de la Granja d'Escarp, definidas por CABRERA (1983). En la mitad oriental del territorio, los materiales conglomeráticos que representan las facies proximales de la unidad, forman parte del Grupo Scala Dei (COLOMBO, 1980, 1986), los areniscosos, que representan las facies distales, forman parte de la Formación Flix (COLOMBO, 1980, 1986) y los carbonáticos de origen lacustre-palustre, forman parte de la Formación La Fatarella (COLOMBO, 1980, 1986).

En la cartografía geológica hemos diferenciado seis unidades cartográficas, separadas por contacto normal, como componentes de la Unidad oligocena 7 (Unidad Fayón-Fraga).

#### 1.2.3.1.4.1. Conglomerados, microconglomerados, areniscas y lutitas. (22). (Chattiene)

Esta unidad cartográfica, aflora en la parte superior de la Sierra de Puig Cavallé. Su límite inferior, en este área, se ha considerado discordante debido a que los niveles conglomeráticos inferiores de la unidad, contienen cantos de conglomerados de las unidades inferiores. Este hecho, refleja la erosión efectuada sobre las unidades infrayacentes. Además, en el área que va de Puig Cavallé, a la Carretera de Gandesa a Pinell de Brai, esta unidad es ligeramente erosiva sobre la unidad infrayacente.

Se ha estudiado en la serie de Puig Cavallé (04), donde posee unos 60 m de potencia.

Está formada por niveles conglomeráticos con estratificación paralela y con numerosas superficies de reactivación (Fig. 10d). En alguno de estos niveles se observan estructuras tractivas, como estratificación cruzada en surco. Hacia la parte media-superior de la serie se intercalan facies lutítico-arenosas.

Según las características descritas, corresponden a facies proximales de abanico, representadas por un sistema aluvial de barras y canales (braided), con efímeros depósitos de inundación.

Debido a que forman parte de la Unidad Fayón-Fraga, posee una edad correspondiente al Chattiene.

#### 1.2.3.1.4.2. Lutitas, areniscas, calizas y yeso fibrilar. (23). (Chattiene).

Los sedimentos correspondientes a esta unidad cartográfica están constituidos por dos niveles en la mayor parte de la hoja. En la mitad occidental de la Hoja estos materiales afloran en la parte media-inferior de las vertientes del río Algars y en las partes medias-bajas de la vertiente meridional de la Sierra del Moro. En la mitad oriental, aflora en una franja al N de Gandesa, de dirección NE-SO, paralelamente a la Sierra de Pàndols.

La potencia de la unidad cartográfica se ha evaluado totalmente en las series de Bot a Coll del Moro (08), de Corbera d'Ebre (09) y de Gandesa-Vilalba (10), donde es de unos 110 m. También se ha evaluado de forma parcial en las series de Gratallops-Balaguer (12) (35 m.), de Vall de Caseres (13) (68 y 20 m), de Batea (16) (tan sólo los 3 m. superiores), de Vall de la Cova Cremá (17) (12 m.) y de Vall de Aguilar (18) (54 m.).

Se trata de una alternancia de arcillas ocres y rojizas con paleocanales de arenisca, algunas capas tabulares de arenisca y capas de caliza limosa.

Los cuerpos de arenisca suelen ser canaliformes y pueden poseer acreción lateral de tipo point-bar (Fig. 10c). Estas capas son de escala métrica-decimétrica y presentan una secuencia vertical de estructuras sedimentarias, que en ocasiones no es visible, constituida por estratificación cruzada en surco, planar y climbing ripple hacia el techo. En algunos casos estos cuerpos se pueden hallar amalgamados. Existen otros cuerpos canaliformes que no poseen acreción lateral y que muestran una secuencia de estructuras sedimentarias constituidas por estratificación cruzada en surco, planar y ripple en el techo.

Las arcillas poseen coloraciones ocres, y en ocasiones rojizas, y se hallan ligeramente edafizadas por lo que pueden mostrar algunos colores de edafización. Las capas de arenisca tabular poseen en una base ligeramente erosiva. Estas capas de escala centimétrica-decimétrica suelen poseer unas estructuras sedimentarias constituidas por laminación paralela y ripple a techo (Fig. 10b). En ocasiones también se encuentran capas de escala centimétrica de calcisiltita. Estas capas poseen una extensión lateral a escala de afloramiento y se hallan ligeramente afectadas por procesos de edafización y de perforación por raíces.

Petrográficamente, las areniscas se presentan como litoarenitas, con un alto porcentaje en fragmentos calcáreos y de cuarzo. También contienen un importante porcentaje de fragmentos feldespáticos, un poco más elevado en las muestras recogidas en la mitad occidental de la Hoja. Alguna de las muestras puede clasificarse como una litoarenita feldespática. Los niveles carbonáticos, corresponden a microesparitas con restos de ostrácodos, moluscos, algas y espículas.

El estudio micropaleontológico, ha constatado la presencia de *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Sphaenochara Hirmeri longiuscula* GRAMB y PAUL, *Stephanochara cavelieri* RIVELINE, *Rhabdochara pralangeri* CASTEL, *Eocypteropteron* sp., Ostracodo sp. RAMIREZ.

En base al reconocimiento sedimentológico de los materiales que constituyen esta unidad cartográfica y al estudio petrográfico de las muestras, interpretamos estos sedimentos como depositados en un ambiente de abanico aluvial distal con algunas etapas de dominio de llanura de inundación. Los cuerpos canaliformes de arenisca, que a veces se encuentran amalgamados, representan el depósito de barras de meandro, mientras que las capas de arenisca tabular, junto con las arcillas, representan las facies de llanura de inundación. Los niveles calcáreos representan zonas de encharcamiento, dentro de la llanura de inundación, o bien se depositaron en períodos de expansión lacustre-palustre. A juzgar por la poca continuidad que poseen dichos niveles carbonatados, pensamos que la primera opción es más apropiada, para explicar su génesis.

No existen datos paleontológicos de interés correspondientes a esta unidad cartográfica en el área de estudio, sin embargo por las consideraciones efectuadas en el apartado anterior, se atribuye a esta unidad una edad Chattiene.

#### 1.2.3.1.4.3. Paleocanales individuales de arenisca. (24). (Chattiene).

Esta unidad cartográfica se halla intercalada de forma puntual entre la unidad (23), descrita en el apartado anterior.

Se trata de cuerpos individuales de arenisca que por distintas razones, sedimentológicas y geomorfológicas, se han diferenciado en la cartografía. Desde el punto de vista sedimentológico representan depósitos de barras de meandro (Fig. 10c), cuyas características internas, corresponden a las de las areniscas descritas para la unidad (23). Desde el punto de vista geomorfológico, son cuerpos de arenisca aislados, con formas alargadas y curvadas. Estas formas son debidas a la propia morfología del depósito, y el hecho que en la actualidad se presenten individualizados es debido a la erosión que han sufrido los materiales pelíticos, correspondientes a facies de llanura de inundación, entre los que se intercalaban.

Las areniscas poseen las mismas características petrológicas que las de la unidad cartográfica (23).

Esta unidad posee una edad Chattiense puesto que se halla intercalada entre la unidad anterior.

#### 1.2.3.1.4.4. Paleocanales amalgamados de arenisca.(25). (Chattiense)

De igual forma que la unidad (24), los paleocanales correspondientes a esta unidad cartográfica se hallan intercalados entre los sedimentos que constituyen la unidad (23).

Cuando los depósitos constituidos por paleocanales amalgamados poseen una buena expresión geomorfológica y una cierta extensión lateral ha sido posible diferenciarlos en la cartografía.

Su descripción, coincide con la expuesta en el apartado anterior, ya que estos cuerpos de arenisca amalgamados, corresponden a los depósitos de barras de meandro descritos (Fig. 10c).

Las características petrográficas de las areniscas, son idénticas a las de las unidades anteriormente descritas (23 y 24), correspondiendo a litoarenitas con un alto contenido en fragmentos feldespáticos.

Les asignamos una edad Chattiense, ya que esta unidad se halla intercalada dentro de los sedimentos de la unidad (23) descritos con anterioridad.

#### 1.2.3.1.4.5. Lutitas versicolores edafizadas, calizas y areniscas. (26). (Chattiense).

Esta unidad está constituida por dos niveles, cada uno de los cuales es equivalente a los niveles carbonáticos de Maella y a los niveles carbonáticos de Batea, ambos mencionados en apartados anteriores. Por lo tanto, El equivalente a las calizas de Maella, se intercala en la parte media de la unidad cartográfica (23) y el equivalente a las calizas de Batea, suprayace a la misma unidad cartográfica, ya que representa el techo de la Unidad Oligocena 7 (Unidad Fayón-Fraga). Afloran en la mitad occidental de la hoja y también en el extremo SO de la mitad oriental.

Estos sedimentos se han estudiado y medido en distintas columnas estratigráficas. En la serie de Groquetes (11) se han medido los 38 m. superiores, en la serie de Gratallops-Balaguer (12) se han medido los 50 m. superiores, en la serie de Vall de Caseres (13) se han medido dos tramos de 70 y 20 m. respectivamente, en la serie del río Matarraña (15) se han medido los 65 m. su-

periores, en la serie de la Vall de la Cova Cremá (17) se han medido unos 70 m., y en la serie de la Vall de Aguilar (18) se han medido los 20 metros superiores.

Se trata de una serie dominanteamente lutítica en la que localmente se pueden intercalar capas de arenisca y de caliza. En algunos puntos localizados del territorio, como pueden ser las inmediaciones de Caseres y la zona de Groguetes-Balaguer, las capas de caliza se hallan mejor desarrolladas.

Las arcillas poseen coloraciones ocres, rojas y grises. Estos sedimentos lutíticos muestran abundantes signos de edafización, entre ellos las abundantes marmorizaciones, las estructuras verticales de perforación, producidas por raíces y los moteados de reducción.

Las capas de caliza, tienen un espesor centimétrico-decimétrico y pueden agruparse en bancos de escala métrica-decimétrica, que pueden poseer una gran continuidad lateral (Fig. 10f). Estas capas presentan generalmente abundante contenido en materia orgánica y restos organógenos (ostrácodos y caráceas). A menudo estos carbonatos forman superficies estructurales en cuyo caso, se han seguido cartográficamente como líneas de capa.

Las areniscas por su parte no son muy abundantes, suelen ser planoparalelas y poseen granosección positiva, laminación paralela y ripple. En ocasiones, existen cuerpos areniscosos de base erosiva y con un espesor, que oscila entre 50 cm y 2 m. Presentan superficies de reactivación, superficies de acreción lateral y cosets de láminas con estratificación cruzada planar y ripples (Fig. 10c).

Al microscopio, las calizas se presentan como microesparitas, micritas en origen, con restos de ostrácodos, de algas, de moluscos y de gasterópodos. También existen niveles de biomicritas. Las areniscas, corresponden a litoarenitas con un cierto contenido en fragmentos feldespáticos.

El contenido micropaleontológico consiste en *Chara microcera* GRAMB Y PAUL, *Sphaerochara hirmeri longiuscula* GRAMB Y PAUL, *Stephanochara ungeri* FEIST-CASTEL *Nitellopsis (Tectochara) meriani* L. y N. GRAMB, *Darwinula cf. stevenson* BRADY y ROBERTSON, etc...

De la descripción efectuada en base al estudio sedimentológico y petrográfico, se deduce que esta unidad presenta una asociación de facies de llanura de inundación con influencias lacustre-palustres. La presencia de carbonatos, de cierta continuidad lateral, indica los períodos de expansión lacustre-palustre.

Puesto que esta unidad está constituida por dos niveles que se sitúan estratigráficamente en la parte media y superior de la Unidad Fayón-Fraga, le asignamos una edad correspondiente al Chattiene.

#### 1.2.3.1.4.6.- Calizas y lutitas versicolores. (27). (Chattiene).

Dentro de la zona cartografiada, esta unidad aflora prácticamente tan sólo en la parte norte y nor-oriental del territorio. En el sector de Batea es donde estos materiales muestran unos mejores afloramientos.

En la mitad oriental de la Hoja, consiste en dos niveles, el primero de los cuales es equivalente a las facies lutítico-carbonáticas de Maella y el segundo, a las facies carbonáticas de Batea. En la mitad occidental del área cartografiada, únicamente existe el nivel superior de esta unidad, el cual representa la parte superior de la unidad Fayón-Fraga. Ambos niveles, lateralmente, hacia el O y hacia el SO pasan a las facies que constituyen la unidad cartográfica (26).

Consisten en una alternancia de capas de caliza y de lutitas versicolores. En la zona de Batea, el resalte morfológico que efectúan las capas carbonáticas, de la parte superior del segundo nivel, ha sido cartografiado como línea de capa

El espesor de los niveles calcáreos, oscila entre los 30 cm y 180 cm. Se presentan como varios niveles individuales separados por tramos margosos y por lutitas versicolores (Fig. 10a), que ocasionalmente contienen vetas de yeso fibrilar. El número y espesor de los tramos calcáreos aumenta progresivamente hacia el N. Las capas de caliza son micríticas, suelen presentar un gran contenido en materia orgánica, que se refleja por su olor fétido y también, contienen restos de caráceas y de ostrácodos.

El estudio petrográfico indica que las calizas corresponden a microesparitas, normalmente muy recristalizadas, con restos de caráceas, ostrácodos, moluscos y gasterópodos.

El contenido paleontológico de la unidad, consiste en *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Eocyprheron sp.*, *Darwinula cf. stevenson* BRADY y ROBERTSON, *Stephanochara cavalieri* RIVELLINE, *Rhabdochara praelangeri* CASTEL, *Hornichara lagenalis* (STRAUB HUANG y XU), Ostracodo sp. RAMIREZ.

Estos sedimentos de carácter carbonatado se interpretan, en base a los reconocimientos sedimentológico y petrográfico, como depositados en un ambiente de expansión lacustre-palustre.

Teniendo en cuenta las dataciones realizadas por AGUSTI *et al.* (1988), en el territorio comprendido en la hoja de Fraga (31-15), asignamos una edad correspondiente al Chattiene a esta unidad cartográfica que constituye la parte superior de la Unidad de Fayón-Fraga.

#### 1.2.3.1.5. Unidad oligocena 8 (Unidad de Mequinenza-Ballobar)

En la hoja de Gandesa esta unidad es la que posee una mayor superficie de afloramiento ya que se halla presente en toda la Hoja a excepción del cuadrante SE, en el que apenas posee representación.

El contacto con la unidad inferior (Unidad de Fayón-Fraga), se realiza a través de un cambio brusco existente entre las facies fluvio-lacustres, que caracterizan la parte superior de la Unidad de Fayón-Fraga y las facies aluviales, dominadas por paleocanales de ríos meandriformes, que constituyen la parte basal de la Unidad de Mequinenza-Ballobar (ver Figs. 4 y 6). Este contacto, que en las partes proximales se refleja por una entrada brusca de sedimentos conglomeráticos, es el reflejo de la existencia de una reactivación a nivel de la cuenca de los sistemas aluviales que proporcionaron el sedimento y, por lo tanto, indican el inicio de la sedimentación de una nueva uni-

dad genético-sedimentaria. En la zona de la Vall de las Garzas, hacia el N del territorio comprendido en la hoja y en las inmediaciones de la zona dónde se halla mejor representada la estructura tectónica monocinal mencionada, existe un cierto adelgazamiento de esta unidad, con respecto la inferior, dando la impresión de que ámbas son angularmente discordantes, aunque este hecho no se ha podido demostrar cartográficamente.

En la mayor parte del territorio comprendido en la Hoja de Gandesa, esta unidad está constituida dominante por sedimentos de origen aluvial. Entre estos sedimentos, y mayoritariamente hacia el NE y hacia el techo de la unidad, se intercalan niveles de calizas limosas de origen lacustre-palustre (Fig. 4). En la mitad occidental de la Hoja y en la parte media de la unidad se desarrolla un tramo lutítico-carbonático, con abundantes edafificaciones, de origen palustre. Por otra parte los niveles de conglomerados que en el sector SE, coronan el Cerro de Puig Cavallé se han asociado a esta unidad.

En el área de estudio, esta unidad muestra una evolución de proximal a distal desde el SE hacia el N y NE. El hecho de que las facies carbonatadas estén mejor desarrolladas en el sector norte y nor-oriental, responde a la presencia de un depocentro lacustre, situado al N del área cartografiada y que corresponde al Sistema Lacustre de Los Monegros (CABRERA, 1983; ANADON et al., 1989) localizado mayoritariamente en las hojas de Fabara (31-17) y Mequinenza (31-16).

Esta unidad ha sido caracterizada en la hoja de Fraga (31-15) y se ha podido seguir cartográficamente a través de las hojas de Lérida (32-15), de Mequinenza (31-16), de Fabara (31-17), de Bujaraloz (30-16), de Caspe (30-17) y de Gelsa (29-16) (Fig 8).

En las áreas de Fraga y de Lleida, se trata de una unidad constituida por sedimentos siliciclásticos, procedentes del Pirineo, que hacia techo evolucionan a sedimentos de origen lacustre-palustre (Fig. 8). En el sector de Mequinenza y de Fabara, está formada principalmente por una alternancia de areniscas fluvio-lacustres y de calizas de origen lacustre-palustre (Fig. 8). Finalmente en los sectores de Caspe, de Bujaraloz y de Gelsa, viene nuevamente representada por sedimentos terrígenos de carácter aluvial, procedentes de la Cordillera Ibérica, en los que se intercalan materiales carbonáticos de origen lacustre-palustre; estas intercalaciones son más frecuentes hacia el techo de la unidad (ver Fig. 8).

La potencia de la unidad, dentro de la zona, únicamente se ha evaluado totalmente en el sector oriental, concretamente en la serie de Gandesa-Vilalba (10), donde es de unos 110 m. En el sector occidental, su potencia total es de difícil evaluación, debido a que la unidad aflora en un área muy extensa, sin embargo teniendo en cuenta los espesores parciales evaluados, puede ser del orden de los 150 m.

La datación cronoestratigráfica de estos materiales, se conoce con bastante precisión en el área de Fraga, gracias a la presencia de diversos yacimientos paleontológicos de micromamíferos (Fraga-6 y Fraga-7) estudiados por AGUSTI et al. (1988). Estos estudios permiten incluir esta unidad dentro del Oligoceno superior, en la biozona de *Rhodanomys transiens* y probablemente ocupando la parte superior de la biozona *Eomys aff. major*.

En la cartografía, hemos distinguido seis unidades cartográficas, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

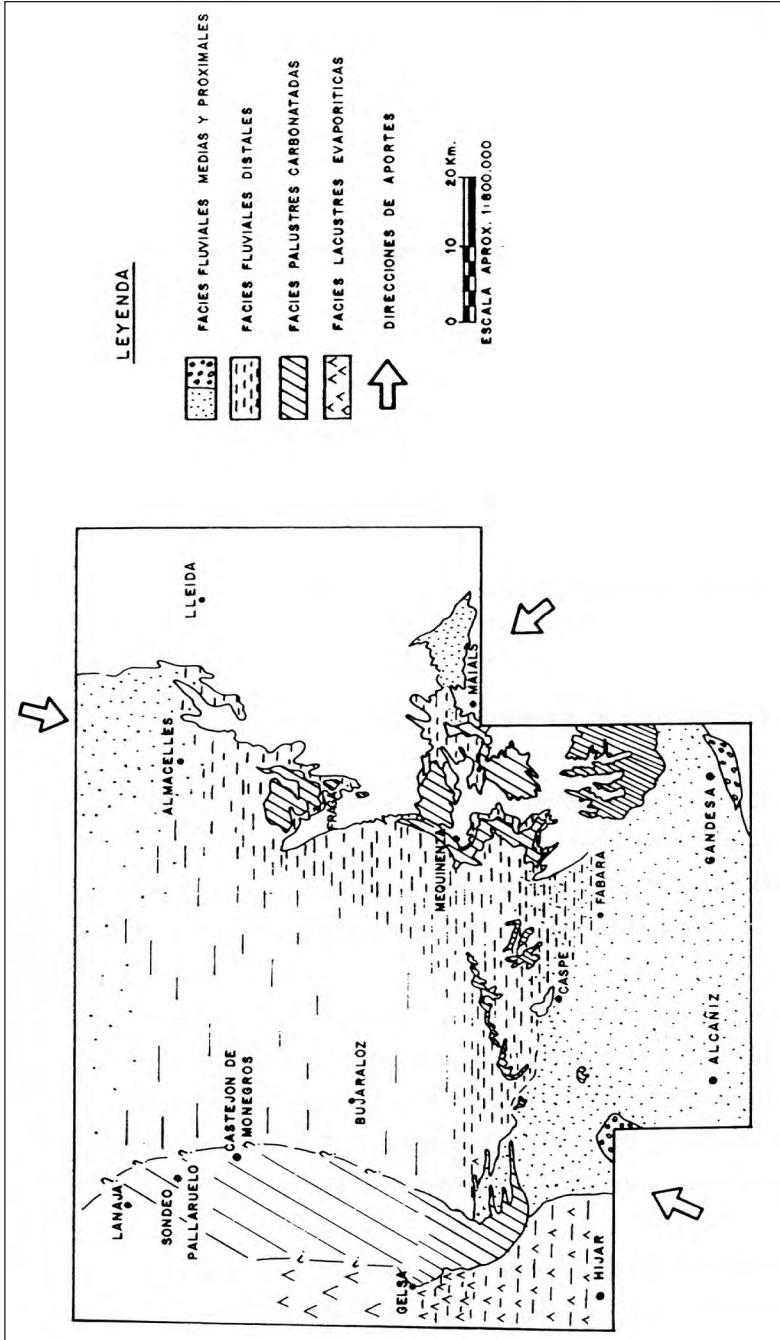


Figura 8. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinienza-Ballobar

#### 1.2.3.1.5.1 Conglomerados, areniscas y lutitas. (28). (Chattiene)

Este nivel cartográfico, corona el Cerro de Puig Cavallé, en un área de extensión muy reducida.

Su potencia se ha evaluado en la serie de Puig Cavallé (04), donde afloran los 20 m basales.

Consiste en niveles de conglomerados, normalmente con estratificación paralela y con numerosas superficies de reactivación (Fig. 10d). Existen niveles con granoselección positiva, ya que a techo gradan a microconglomerados y a areniscas, ocasionalmente con estratificación cruzada de tipo planar (Fig. 10e).

Petrográficamente, las areniscas corresponden a litoarenitas con un 40% de fragmentos de roca calcárea y con un pequeño porcentaje de feldespatos.

Le asignamos una edad Chattiene, ya que representa la base de la Unidad Mequinenza-Ballobar.

#### 1.2.3.1.5.2. Lutitas, areniscas y calizas, ocasionalmente yeso fibrilar. (29). (Chattiene)

Los materiales pertenecientes a esta unidad cartográfica, afloran a lo largo de todo el territorio comprendido en la hoja, exceptuando el cuadrante sur-oriental. Dentro de ésta unidad se intercalan el resto de unidades cartográficas que conforman la unidad oligocena 8 (Unidad Mequinenza-Ballobar)

En la sección de Gandesa-Vilalba (10), se han medido 110 m correspondientes a esta unidad. Estos materiales se han medido también en las siguientes secciones: Corbera d'Ebre (09) (55 m), Groguetes (11) (30 m), Gratallops-Balaguer (12) (55 m), Poblado Ibérico de Calaceite (14) (58 m), Río Matarraña (15) (52 m), Batea (16) (35 m), Vall de la Cova Cremà (17) (29 m), y Vall de Aguilar (18) (45 m).

Esta unidad está constituida dominante por una alternancia de arcillas ocres-rojizas, capas de arenisca y, ocasionalmente, niveles centimétricos de caliza.

Las capas de arenisca son más abundantes hacia la parte baja de la unidad y pueden poseer dos secuencias de estructuras sedimentarias. Los primeros cuerpos de arenisca tienen base erosiva y acreción lateral (Fig. 10c1). Estos cuerpos poseen estructuras sedimentarias internas si bien en muchas ocasiones son difíciles de apreciar. El segundo tipo de cuerpos areniscosos que constituyen la unidad poseen también base erosiva y estructuras internas constituidas por estratificación cruzada planar o surco hacia la base y laminación cruzada planar y ripple en la parte superior de la capa (Fig. 10c2).

Las arcillas poseen un color ocre dominante si bien también pueden mostrar coloraciones rojizas y, ocasionalmente, gris-verdosas. Entre ellas se intercalan capas planoparalelas areniscosas, con laminación paralela y ripples (Fig. 10b). A menudo presentan vetas de yeso fibrilar.

Las capas de caliza son de escala centimétrica-decimétrica y son poco abundantes. Estas calizas son micríticas, con cierto contenido en materia orgánica y con perforaciones verticales producidas por raíces, a menudo llenas de arcillas gris-verdosas.

El estudio petrográfico muestra que las areniscas corresponden a litoarenitas y a litoarenitas feldespáticas. todas las muestras poseen un cierto porcentaje de feldespatos y un cemento calcáreo. Los niveles calcáreos corresponden a microesparitas y micritas con fragmentos de moluscos, gasterópodos, algas y ostrácodos.

El contenido micropaleontológico, consiste en *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Rhabdochara cf. praelangeri* CASTEL y *Ostracodo* sp. RAMIREZ.

Esta unidad se interpreta como depositada en un ambiente deposicional de abanico aluvial distal. En él se desarrollaban extensas llanuras de inundación, constituidas por los depósitos de desbordamiento de los paleocanales, generalmente, de tipo meandriforme, llenados por barras de meandro o point bars. Los paleocanales que no poseen acreción lateral representarían el relleno de ríos de baja sinuosidad. En las zonas de encharcamientos locales, tenía lugar la sedimentación de los niveles de caliza.

Teniendo en cuenta los datos paleontológicos que aportan AGUSTI, et al. (1988) en la hoja de Fraga, esta unidad cartográfica posee una edad correspondiente al Chattiene.

#### 1.2.3.1.5.3. Paleocanales individuales de arenisca. (30). (Chattiene).

Esta unidad cartográfica, se halla puntualmente intercalada entre la unidad (29), descrita en el apartado anterior.

En realidad se trata del afloramiento de algunos de los cuerpos areniscosos individuales descritos en la unidad anterior que debido a su buena expresión morfológica y fotogeológica se han diferenciado en la cartografía.

Estos cuerpos corresponden al relleno de paleocanales de tipo meandriforme o de baja sinuosidad, por lo que su descripción coincide con la expuesta en el apartado anterior.

Las características petrográficas de estas areniscas son las que se han expresado en la unidad anterior.

Les asignamos una edad Chattiene, puesto que los materiales de esta unidad se hallan intercaladas entre la unidad descrita en el apartado anterior.

#### 1.2.3.1.5.4 Paleocanales amalgamados de arenisca. (31). (Chattiene)

Igualmente que la unidad (30), esta unidad se halla intercalada entre los materiales que configuran la unidad cartográfica (29)

Consiste en cuerpos canaliformes de arenisca amalgamados que, por razones básicamente geomorfológicas, se han diferenciado en la cartografía. Desde el punto de vista sedimentológico representan depósitos de barras de meandro cuando poseen acreción lateral, o de relleno de paleocanales de ríos de baja sinuosidad cuando no lo poseen. Sus características internas son las mismas que las descritas para los paleocanales de la unidad cartográfica (29).

Las características petrográficas de estos materiales son las mismas a las de las dos unidades anteriormente descritas.

Esta unidad se halla intercalada entre los sedimentos de la unidad cartográfica (29) por lo que le asignamos una edad correspondiente al Chatiense.

#### 1.2.3.1.5.5. Lutitas versicolores edafizadas, areniscas y calizas (32) (Chattiense).

Esta unidad cartográfica se halla presente en toda la mitad occidental del territorio comprendido en la hoja. Estos materiales se disponen en un nivel muy continuo intercalado entre los sedimentos de la unidad cartográfica (6) en la parte media de la unidad genético-sedimentaria. Hacia el O va perdiendo entidad hasta desaparecer antes de llegar al límite con la hoja vecina de Alcañiz (30-18).

Consiste en arcillas rojizas y versicolores edafizadas con intercalaciones de capas caliza y de arenisca tabulares.

Las arcillas son de color rojizo con niveles versicolores y algunas nodulizaciones de carácter carbonatado producto de los procesos edáficos.

Las capas de caliza son ligeramente limosas, blancas y de escala centimétrica. En general se muestran bastante edafizadas y poseen perforaciones verticales producidas por raíces.

Las capas de arenisca son tabulares y de escala centimétrica. Poseen base ligeramente erosiva pudiendo ser masivas o bien mostrar laminación paralela y ripple.

Según las características sedimentológicas de estos materiales, los interpretamos como depositados en un ambiente de llanura de inundación, en que las arcillas y areniscas representarían los depósitos de desbordamiento, con frecuentes intervalos de encarcamiento que permitieron la deposición de las capas de caliza.

En base a las consideraciones que se han tenido en cuenta para la Unidad Mequinenza-Ballobar, atribuimos una edad Chattiense a esta unidad cartográfica.

#### 1.2.3.1.5.6. Calizas y lutitas. (33). (Chattiense).

Los sedimentos cartografiados en esta unidad se hallan aflorando en el cuadrante nor-oriental del territorio en tres niveles diferentes, los cuales se desarrollan en la parte media y superior de la unidad oligocena 8 (Unidad Mequinenza-Ballobar).

Consiste en diferentes niveles carbonatados intercalados entre sedimentos detriticos de origen aluvial correspondientes a la unidad cartográfica (29). En el territorio de la hoja se intercalan un total de 3 niveles carbonatados correspondientes a esta unidad. Estos niveles se han cartografiado en el cuadrante nor-oriental dónde presentan superficies estructurales, mientras que hacia el W van perdiendo entidad, acuñándose progresivamente y llegando a desaparecer en el meridiano de Batea.

Son niveles que en general presentan una gran continuidad lateral y se siguen cartográficamente a lo largo de todo el sector dónde afloran así como también en las áreas comprendidas en las hojas de Caspe (30-17), de Bujaraloz (30-16) y de Fabara (31-17). El último de estos niveles, según la sucesión estratigráfica, constituye el techo de la Unidad Mequinenza-Ballobar.

La potencia de los niveles oscila entre los 50 cm y los 2 m. Normalmente están formados por una alternancia de capas calcáreas y de lutitas rojizas y margas grisáceas. Las calizas poseen un espesor centimétrico y decimétrico, son micríticas y poseen un alto contenido en materia orgánica reflejado en su olor fétido. Suelen presentar restos de caráceas y de ostrácodos, así como bioturbación y perforaciones producidas por raíces (Fig. 10f). Las lutitas ocasionalmente presentan signos de edafización.

Al microscopio, las calizas se presentan como biomicritas con ostrácodos, fragmentos de gasterópodos y moluscos.

El estudio micropaleontológico ha permitido constatar la presencia de *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB), *Limnocythere cf. pterigoyentrata* DICK y SWAIN y *Sphaenochara hirmeri longiuscula* GRAMB y PAUL.

Los sedimentos correspondientes a esta unidad cartográfica representan un conjunto de depósitos sedimentados en un ambiente de expansión lacustre-palustre.

Por las consideraciones mencionadas en apartados anteriores, y puesto que esta unidad cartográfica pertenece a la Unidad de Mequinenza-Ballobar, le asignamos una edad correspondiente al Chattiene.

#### **1.2.3.1.6. Unidad oligocena 9 (Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca)**

Esta unidad genético-sedimentaria aflora únicamente en dos extremos del territorio comprendido en la hoja, en el sector de la Fatarella en el cuadrante nor-oriental, y en las inmediaciones del poblado Ibérico de Calaceite en el cuadrante sur-occidental.

En el sector sur-occidental afloran únicamente los metros basales de la unidad, la cual está constituida por materiales conglomeráticos de carácter aluvial.

En el sector de la Fatarella se trata de una alternancia de sedimentos terrígenos, de origen aluvial distal y sedimentos carbonáticos, de origen lacustre-palustre.

La potencia total de la unidad no se ha podido evaluar en el ámbito de la hoja puesto que no aflora en su totalidad, sin embargo en la serie de Gandesa-Vilalba (10), se ha medido una potencia parcial de 30 m.

El contacto de esta unidad genético-sedimentaria con la inferior (Unidad Mequinenza-Ballobar) se realiza a través del brusco contacto existente entre las facies aluviales, distales o proximales según el sector, que caracterizan la base de esta unidad, y las facies palustre-lacustres que caracterizan el techo de la unidad infrayacente (Figs 4 y 6). Este cambio brusco de facies posee una importancia regional que indica una reactivación de los sistemas aluviales procedentes del S y por lo tanto, indican el inicio de la sedimentación de una nueva unidad genético-sedimentaria.

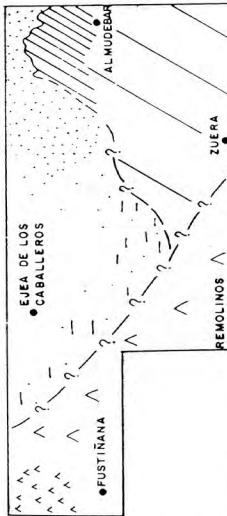
Dentro del territorio cartografiado, no se aprecia una evolución espacial continua de la unidad, debido a que sus áreas de afloramiento no poseen una conexión física. Sin embargo los afloramientos del NE poseen un carácter marcadamente más distal que los del SW. Hacia el O-NO de este sector, es decir hacia la zona comprendida en la hoja de Caspe (30-17) los sedimentos correspondientes a esta unidad son de origen aluvial, mientras que aún más hacia el NO, en la hoja de Gelsa (29-16), estos materiales evolucionan a facies de origen lacustre-palustre y, posteriormente, a facies de margen de lago salino (ver Fig.9). Por el contrario hacia el N de la zona estudiada, en el territorio comprendido en las hojas de Fabara (30-18), de Bujaraloz (30-16) y de Mequinenza (31-16), observamos que los materiales predominantemente terrígenos del S y del sector de Caspe, pierden entidad, a favor de sedimentos de origen lacustre-palustre (Fig. 9).

El área fuente de los materiales que componen esta unidad en la Hoja, es la Cordillera Costero Catalana y, muy probablemente, también la Cordillera Ibérica. En las áreas septentrionales de la cuenca del Ebro los sedimentos terrígenos que constituyen esta unidad poseen una procedencia pirenaica.

En el área estudiada no existen yacimientos paleontológicos que permitan determinar la edad de estos materiales, sin embargo, les atribuimos una edad Chattiene en base a los datos paleontológicos aportados por AGUSTI, *et al.* (1988) y por CUENCA (1991). Estos autores realizan la datación de esta unidad, en los yacimientos de Fraga 11 y de Ballobar 12, localizados en la hoja de Fraga (30-16). Ambos yacimientos, están situados en la parte media-superior de esta unidad e indican una edad correspondiente al techo del Chattiene. Por otra parte CUENCA (1991) ha estudiado el yacimiento de Ontiñena, comprendido en la hoja de Sariñena (30-14), el cual se sitúa en la parte superior de esta unidad. Los restos de micromamíferos estudiados, han permitido atribuir una edad Ageniense (Biozona 1 de Mein) para el techo de esta unidad genético-sedimentaria. Debido a que en el territorio comprendido en la hoja tan sólo afloran los materiales que constituyen la parte inferior y media de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, atribuimos una edad correspondiente al Chattiene a los materiales aflorantes en la Hoja de Gandesa (31-18).

En la cartografía geológica se han distinguido dos unidades cartográficas que corresponden, respectivamente, a los sedimentos terrígenos proximales, y a los distales, los cuales incluyen las intercalaciones carbonáticas.

ABANICO  
DE LUNA



ABANICO  
DE  
HUESCA

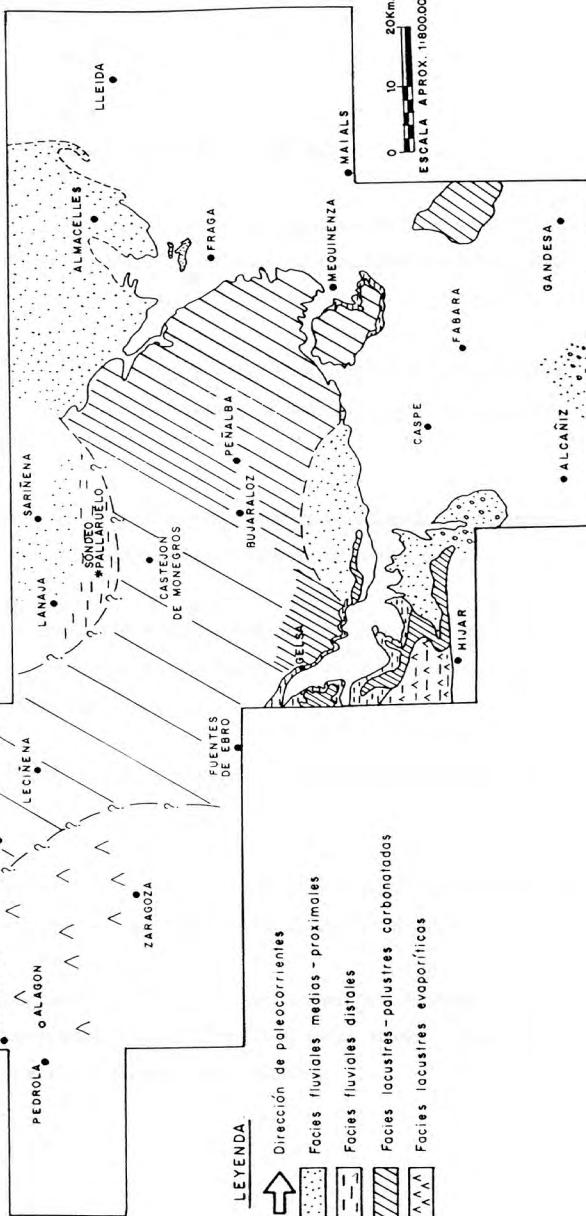


Figura 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

#### 1.2.3.1.6.1. Conglomerados, areniscas y lutitas. (34). (Chattiene)

Los materiales correspondientes a esta unidad cartográfica afloran solamente en la parte sur-occidental de la hoja, en las inmediaciones de Calaceite, concretamente en el cerro donde se ubican el Poblado Ibérico y la Ermita de San Cristobal.

Los sedimentos que constituyen esta unidad cartográfica se han medido en la serie del Poblado Ibérico de Calaceite (14) donde se han representado los 10 metros basales aflorantes de la misma.

En el reducido sector de afloramiento esta unidad está constituida por paleocanales de conglomerados y areniscas con intercalaciones de arcillas ocres.

Los paleocanales poseen una base marcadamente erosiva y muestran una sucesión granodecresiente. Poseen estratificación cruzada en surco y planar (Fig. 10e), con presencia de cantos blandos.

Entre las diferentes reactivaciones se intercalan arcillas muy poco potentes, de color ocre.

Por sus características sedimentológicas, interpretamos estos sedimentos como depositados en un ambiente deposicional de abanico aluvial proximal.

Según las consideraciones realizadas en el apartado anterior, referente a la edad de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, atribuimos una edad Chattiene a esta unidad cartográfica.

#### 1.2.3.1.6.2. Lutitas, areniscas y calizas. (35). (Chattiene).

Aflora en el extremo NE de la Hoja de Gandesa, en las inmediaciones de la población de La Fatarella.

Sus características sedimentológicas se han estudiado en la sección de Gandesa-Vilalba (10), donde se han medido unos 30 m de serie, correspondientes a esta unidad cartográfica.

Consiste en una alternancia de lutitas y capas de arenisca. Entre las primeras se intercalan diversos niveles de calcisiltitas, de espesor decimétrico. Las areniscas, son de grano medio y fino, normalmente son cuerpos de base erosiva, que presentan superficies de acreción lateral (Fig. 10c), pero también existen capas planoparalelas, con laminación paralela y ripples de corriente.

El estudio petrográfico, indica que las areniscas corresponden a litoarenitas con un importante porcentaje de fragmentos feldespáticos y con cemento calcáreo.

Según la descripción realizada, corresponden a facies fluvio-aluviales, representadas por depósitos de barras de meandro y por depósitos de llanura de inundación asociados.

### 1.2.3.2. *Unidades oligocenas de la cuenca de Mora*

Como se ha comentado en capítulos anteriores, en la Cuenca de Móra, por encima de los materiales lutítico-areniscosos, que constituyen la Unidad eocena, se desarrolla una serie conglomerática, de la que, dentro de la Hoja de Gandesa (31-18), únicamente aflora la parte basal. Estos conglomerados, en este trabajo se consideran como pertenecientes al Oligoceno inferior, aunque probablemente, la base de los mismos corresponda al Eoceno superior.

Esta serie conglomerática, en el extremo SO de la Cuenca de Móra, se halla en contacto con la Sierra de Pàndols y presenta un considerable buzamiento hacia el SE. Por encima de ésta, yacen otros materiales conglomeráticos, que se apoyan sobre los primeros, a través de una marcada discordancia angular y erosiva, puesto que estos últimos son sub-horizontales. La erosión llega a afectar a los materiales paleocenos, adosados a la vertiente meridional de la Sierra de Pàndols.

Por lo tanto, en la Cuenca de Móra, se hallan representadas dos unidades conglomeráticas: la unidad inferior, ha sido atribuida al Oligoceno inferior y probablemente, sea equivalente a la Unidad oligocena 1, definida en el complejo de Horta-Gandesa de la Cuenca del Ebro. La unidad superior, según TEIXELL (1988), probablemente posea una edad correspondiente al Oligoceno superior más alto, ya que se halla implicada en la tectónica alpina. Debido a ello, existe la posibilidad de que sea temporalmente equivalente a la Unidad oligocena 9 (Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca), definida en la Cuenca del Ebro y que representa el tránsito Oligoceno-Miocen<sup>¶150</sup>.

#### 1.2.3.2.1. Conglomerados y areniscas. (36). (Oligoceno inferior de la Depresión de Móra de Ebre)

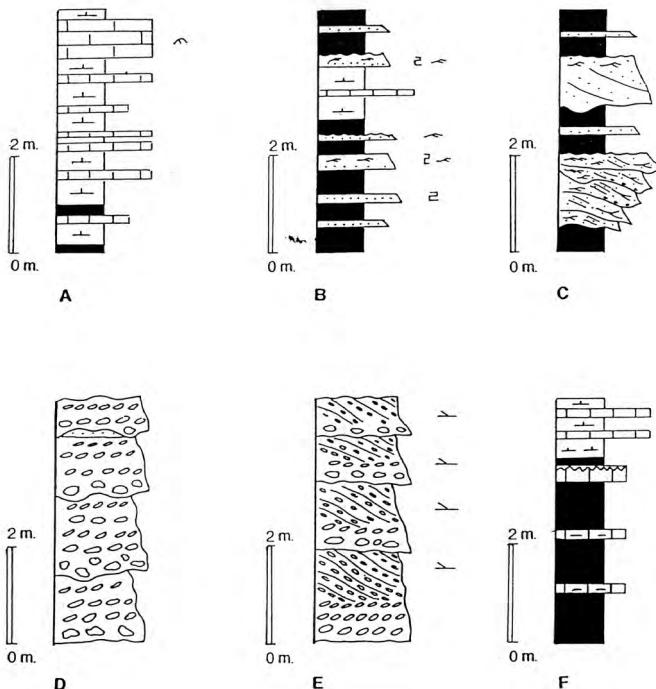
Afloran de forma muy puntual, en el extremo SE de la Hoja, ya que se hallan recubiertos y erosionados por los conglomerados que forman la unidad cartográfica suprayacente.

Sus características sedimentológicas, se han evaluado en la sección de la Estació de Pinell de Brai (06), donde posee una potencia de 65 m.

Consiste en niveles conglomeráticos, entre los que se intercalan abundantes niveles areniscosos. Los primeros poseen granoselección positiva y, ocasionalmente, superficies de reactivación. Internamente presentan laminación cruzada planar (Fig. 10e). Los niveles areniscosos son masivos, contienen cantos conglomeráticos.

Según la descripción efectuada, representan depósitos de barras transversales y de canales, correspondientes a un sistema aluvial de tipo braided.

Por las consideraciones realizadas en capítulos anteriores, les atribuimos una edad correspondiente al Oligoceno inferior.



A.-Secuencias de facies lacustres

B.-Facies de llanura de inundación

C.-Facies fluviales: 1-depósitos de barras de meandro, 2-depósitos de ríos de baja sinuosidad

D.-Depósitos de barras longitudinales de canales "braided"

E.-Depósitos de barras transversales de sistemas "braided"

F.-Secuencias de facies palustres

#### LEYENDA



Calizas



Margocalizas



Margas



Conglomerados



Areniscas



Lutitas



Marcas de raíces



Laminación paralela



Ripples ascendentes



Ripples de corriente



Ripples de oscilación



Estratif. cruzada planar



Estratif. cruzada en surco

Cantos blandos

Figura 10. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Gandesa.

#### 1.2.3.2.2. Conglomerados, microconglomerados y areniscas. (37). (Oligoceno superior de la Depresión de Móra de Ebre)

Afloran en el extremo SE de la Hoja, recubriendo a los materiales anteriormente descritos. Se apoyan sobre ellos, mediante una discordancia erosiva y angular.

En la serie de la Estació de Pinell de Brai (06), se han medido los 50 m basales de serie, correspondientes a esta unidad.

Consisten en niveles conglomeráticos, con efímeras intercalaciones de areniscas. Los conglomerados presentan superficies de reactivación y estratificación paralela (Fig. 10d). Ocasionadamente se intercalan niveles con estratificación cruzada planar (Fig. 10e).

Corresponden a facies proximales de abanico, representadas por un sistema aluvial de tipo braided, con desarrollo de barras longitudinales y transversales.

Por las consideraciones realizadas en el capítulo anterior, se le atribuye una edad correspondiente al Oligoceno superior más alto.

## 1.3. CUATERNARIO

A excepción del margen suroriental, la hoja de Gandesa se encuentra recubierta en buena parte por un conjunto de formaciones superficiales cuaternarias, de origen fluvial (terrazas, fondos de valle y conos de deyección), de vertiente (coluviones), endorreicos y sobretodo mixtos o poligénicos (rellenos de "vales", depósitos aluvial-coluvial y encostramientos calcáreos).

A continuación se describen estos materiales en orden a su edad y génesis.

### 1.3.1. Limo-arcillas, calizas a techo, costras calcáreas (38). Plioceno-pleistoceno

Estos depósitos se localizan en las inmediaciones de la partida de Collet y en el interfluvio comprendido entre el Barranco de las Planas y el río Algárs.

En el primero caso, el más representativo, se observa un perfil de 7 a 8 m de potencia constituido por:

- a) Limos y arcillas de facies roja y blanca de aspecto noduloso y localmente brechoide, que ocupan los 5 m basales.
- b) Facies limo-arcillosa laminada de unos pocos decímetros.
- c) Costra calcárea en los 2,5-3 metros superiores.

No existen argumentos para datar estos depósitos si bien por consideraciones regionales se les incluye en el Plioceno terminal y Pleistoceno "antiguo" sin más precisiones.

### **1.3.2. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Terrazas de los ríos Matarraña y Algárs (43, 41, 40, 39).**

En la hoja de Gandesa se han delimitado 4 secuencias deposicionales del río Algárs y 2 del Matarraña.

Las alturas observadas sobre los cauces o **talweds** actuales son:

Nivel	Río Algárs	Río Matarraña
43	5-6 m	5 m
41	8-10 m	-
40	15-20 m	20 m
39	45 m	-

En el Sistema fluvial del Algárs, los depósitos son de reducida extensión areal, salvo el nivel inferior (5-6 m) que ocupa superficies superiores a 1 km<sup>2</sup> aguas arriba de Tosal del Moro y al S de la localidad de Caseras.

Dicho nivel (43 en el mapa geológico) está constituido por arcillas limosas de colores pardos y oscuros, con algo de fracción arenosa, sobre la que se empastan gravas y cantos de arenisca, caliza y cuarcita, con centiles que nunca superan los 10-15 cm. La potencia es de unos 2 m.

La terraza a 8-10 m (41) se compone de gravas y cantos de arenisca con calizas y cuarcitas en menor proporción; modas entre unos pocos mm y unos 5 m y centiles que rondan el medio metro. La potencia oscila entre 2 y 3 metros, localizándose a ambas márgenes del Algárs, al S de Tosal del Moro (Santa Cándida) y Cuesta Rodrigo, además de en las inmediaciones de Venta del Puente, próximo a la carretera N-420.

El depósito a 15-20 m se conserva en el margen septentrional, en Mas Nou y al Sur de Cuesta Rodrigo. Su litología es sensiblemente similar a la anterior, si bien es mayor el predominio de la matriz limo-arcillosa o arenosa. A techo se encuentra encostrada en niveles de 1-2 m de espesor. La potencia total es de 5-6 m.

La terraza superior se localiza en Santa Cándida, Barberáns, El Piñeral, El Mas Cremat y sobre todo en las inmediaciones de la población de Caseras. Las litologías son idénticas a las anteriores y el espesor oscila entre 3 y 6 m.

El río Matarraña ha desarrollado una amplia terraza inferior, a 5 m sobre el cauce actual, que soporta con el fondo de valle, y un nivel a 20 m conservado en el margen occidental de la hoja.

Este último consta de 8 a 10 m de cantos de arenisca y caliza muy cementados con algunos bloques de casi 1 m de diámetro. La matriz, arenosa y limo-arcillosa es de color ocre blanquecino.

Los niveles de terraza descritos se inscriben en el Pleistoceno, salvo el inferior que debe considerarse como Holoceno.

### **1.3.3. Limo-arcillas y arenas. Meandros abandonados del río Algás (44, 42). Pleistoceno-holoceno**

Se han considerado como depósitos de llanura de inundación o cauces abandonados las morfologías de planta meandriforme situadas al Sur de Tosal del Moro y en el margen septentrional (Mas de Comas).

Se corresponden con los momentos de deposición de las terrazas 5-6 m (44) y 8-10 m (42) del río Algás.

Se consideran de edad Pleistoceno para el depósito superior y Holoceno el más reciente.

### **1.3.4. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Fondos de valle (45). Holoceno**

Los depósitos de relleno de los fondos de valle actuales de los ríos Matarraña y Algás son bloques, cantos y gravas de naturaleza areniscosa y calcárea, englobados en sedimentos finos, limo-arcillosos y arenosos de color pardo u ocre.

El fondo de valle del río Matarraña se localiza en el borde noroccidental de la hoja, donde alcanza una amplitud de unos 200-250 m.

El Algás conforma un valle que oscila entre 50 y 300 m.

La potencia de los depósitos es de difícil estimación, si bien no deben superar los 4 ó 5 m.

### **1.3.5. Arenas y limo-arcillas. Cantos dispersos. Coluviones (46). Holoceno**

Son acumulaciones de poca entidad, que recubren las bases de algunas laderas y enlazan con las llanuras aluviales del río Algás o con algún fondo de "val", como ocurre en la parte oriental de la hoja (Barranco de las Huertas, entre Gandesa y Corbera de Ebro).

Se consideran depósitos subactuales, de poco espesor, que pueden presentar reactivaciones o flujos en el presente y/o futuro.

### **1.3.6. Bloques y cantos calcáreos. Canchales (47). Holoceno**

Se ha cartografiado un único depósito de este tipo, instalado al pie de la vertiente noroccidental de la Sierra de Pàndols, entre Casa del Troco y Mas d'en Suñé.

Se compone de bloques calcáreos heterométricos procedentes de los materiales mesozoicos que conforman este sector del territorio.

Son depósitos subactuales de funcionalidad actual.

### **1.3.7. Limo-arcillas y arenas. Cantos subordinados. Conos de deyección (48). Holoceno**

Representan formaciones de génesis torrencial localizadas a la salida del Barranco de la Vall de Antués y en el margen septentrional de la hoja, al Este de las Planas del Piñeral.

Se consideran subactuales, de posible actividad en el presente y futuro.

### **1.3.8. Limo-arcillas y arenas con sales. Depósitos endorreicos (49). Holoceno**

El endorreismo no es un proceso característico en la hoja de Gandesa, reduciéndose a unos pequeños focos situados al SE de la localidad de Calaceite, constituido por limo-arcillas y arenas con sales, de génesis próxima en el tiempo y actual.

### **1.3.9. Limo-arcillas y arenas con cantos esporádicos (50). Depósito aluvial-coluvial**

Estas formaciones de naturaleza limo-arcillosa con arenas y algún canto, recubren algunas zonas llanas o deprimidas, sobre todo en el área oriental, en las inmediaciones de Gandesa.

Su espesor es muy reducido, inferior al metro y su edad Holoceno reciente.

### **1.3.10. Limo-arcillas y arenas con algún canto. Rellenos de val (51). Holoceno**

Según ZUIDAM, 1976, las “vales” son valles llenos de material detrítico, de origen aluvial-coluvial, por removilización de los suelos de las laderas.

Otros autores (LLAMAS, 1962) suponen un origen eólico para estos materiales, o bien una combinación de procesos eólico-vertiente fluvial (ALBERTO *et al*, 1984).

La hoja de Gandesa se encuentra surcada por una densa red de “vales” que llegan en muchos casos a adoptar morfologías dendríticas.

Su litología está compuesta por limo-arcillas con algo de fracción arenosa y algunos cantos aislados.

Se datan como Holoceno subactual y actual.

### **1.3.11. Limo-arcillas y arenas con algún canto. Terrazas poligénicas (rellenos de val colgados) (52). Holoceno**

En los barrancos de la Val Major, Roca de Rufes, Vall del Pi y Barballs, se observan dos o más secuencias de relleno de las “vales”, por lo que se ha estimado conveniente diferenciar el nivel inferior (51), anteriormente descrito, del resto de las etapas de depósito.

La elevada antropización de estos materiales (cultivos de viñedos) no permite, sin embargo, una clara diferenciación de los mismos, salvo en zonas muy puntuales, lo que obliga a cartografiarlos como un deposito único (52), eso si, diferenciable del relleno inferior o fundamental.

La composición litológica es idéntica en todos los casos y su edad debe abarcar un amplio lapso de los tiempos holocenos.

## 2. TECTÓNICA

### 2.1. MARCO TECTÓNICO REGIONAL

La hoja de Gandesa (31-18) está situada en el límite SE de la Cuenca Terciaria del Ebro, junto al borde catalánide.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la fosa de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie, sus límites están marcados por esta cadena, por la Cordillera Ibérica y por los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por las unidades alóctonas del Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica, y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca.

Los materiales sobre los que se disponen los sedimentos terciarios y que constituyen el sustrato de la Cuenca del Ebro, son principalmente de edad triásica y jurásica, con retazos cretácicos aislados, excepto en la parte oriental, donde llega a aflorar extensamente el zócalo paleozoico. Los mapas de subsuelo permiten observar (RIBA *et al*, 1986) la inclinación generalizada de la superficie superior del sustrato hacia los Pirineos, llegando a sumergirse bajo las unidades deslizadas que constituyen el frente surpirenaico. Esta superficie alcanza en la parte Norte de la Cuenca profundidades superiores a los 4.000 m bajo el nivel del mar (mas de 5.000 en La Rioja Alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1.000 m.

Esta disimetría de la cuenca se manifiesta también en la edad del relleno sedimentario. Los primeros sedimentos depositados sobre la superficie basal de la cuenca son de edad paleocena y eocena y de carácter marino sólo en la parte septentrional (en buena parte bajo los cabalgamientos pirenaicos), siendo continentales y de edad progresivamente más moderna cuanto más próximos al margen ibérico se encuentran, de manera que en la parte meridional-occidental de la cuenca es el Mioceno quien constituye la base del Terciario.

El relleno sedimentario de la cuenca se organiza en secuencias deposicionales controladas por la evolución de las cordilleras circundantes (PUIGDEFABREGAS *et al* 1986). En líneas generales, la deformación es más joven, o ha perdurado durante más tiempo, en sentido E a O. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, hasta el Mioceno superior en las Sierras de Cameros y Demanda (MUÑOZ, 1992, data el final de la compresión como mínimo en el Vallesiense, pudiendo haberse prolongado de forma decelerada hasta el Turolense), y hasta el Vindobonense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante. La complejidad de esta evolución tec-

tónica, con migración de la deformación en el espacio y en el tiempo, se refleja en las características de las secuencias deposicionales y la complejidad de sus límites respectivos.

El estudio de superficie de la Cuenca del Ebro muestra una estructura geológica muy sencilla, con capas subhorizontales o con buzamientos muy suaves en la mayor parte de la cuenca, excepción hecha de aquellas áreas próximas a las cadenas colindantes. Las deformaciones más abundantes en la cuenca están ligadas a fenómenos halocinéticos. Sin embargo, la cartografía de detalle pone de manifiesto la existencia de estructuras que, si bien no suelen ser deformaciones de gran intensidad, sí presentan cierta continuidad lateral reflejada por la presencia de direcciones paralelas a las estructuras ibéricas a lo largo de prácticamente la totalidad de la cuenca, así como otras de orientación NNE a NE, más difíciles de detectar. Estas direcciones preferentes también se manifiestan en los lineamientos detectados con imágenes de satélite y parecen ser reflejo en superficie de estructuras mayores que en algunos casos llegan a afectar al sustrato, como ponen de relieve los, hasta el momento no muy abundantes, datos del subsuelo.

La hoja de Gandesa (31-18) está ubicada en el extremo SE de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición adyacente al borde la Cordillera Costero-catalana. Esta proximidad, unida al carácter sinorogénico de los sedimentos que configuran la hoja en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, permite la existencia de deformaciones de cierta entidad en la hoja, si bien la mayor parte de la misma presenta una estructura geológica muy sencilla.

En cuanto a la Cordillera Costero-Catalana, está constituida por un basamento hercínico recubierto por materiales triásicos cuya parte inferior permanece solidaria al zócalo. Las lutitas y evaporitas superiores del Trías (Keuper y parte del Muschelkalk) actúan como nivel de despegue, separando el basamento de la cobertura, constituida esencialmente por depósitos carbonáticos de edad jurásica y cretácica. Este despegue, sin embargo, nunca llega a tener una magnitud importante (no hay grandes mantos de cabalgamiento).

Las estructuras dominantes en la cadena son fallas subverticales de zócalo con una disposición en relevo. La dirección de estos accidentes varía desde ENE-OSO a NE-SO a lo largo de la cordillera, siendo ligeramente oblicua a la orientación general de la cadena. La posición relativa de los materiales en ambos lados de las fallas muestra que tienen un desplazamiento resultante en sentido sinistral, en ocasiones con componente inversa. Tal es el caso de la "Falla de Gandesa-Ulldemolins", que da lugar al cordón de afloramientos mesozoicos que atraviesan la esquina SE de la hoja y que separan, durante el Oligoceno, la pequeña Cuenca de Móra y la Cuenca del Ebro.

También hay algunas fallas de zócalo transversas a la cordillera (NO-SE), con movimientos en general dextrales y de menor magnitud y que, en ocasiones, desplazan a los accidentes principales.

Las únicas deformaciones intensas se localizan a lo largo de estas fallas, constituyendo delgadas bandas deformadas que limitan bloques relativamente poco deformados. La mayor intensidad se presenta en la banda deformada del NO de la fosa del Vallés-Penedés, con láminas de Paleozoico cabalgantes sobre el Terciario, con un desplazamiento kilométrico.

La actuación de estas fallas ha sido continua desde el Paleozoico terminal a lo largo de todo el Ciclo Alpino. Su importancia durante el Mesozoico queda reflejada en la compartmentación en

bloques con diferentes características estratigráficas, fenómeno estudiado y sistematizado por ANADON *et al.* (1979), y que se continúa durante el Paleógeno en el contexto de la colisión entre la Placa Ibérica y la Placa Europea, mediante la reactivación de tales fracturas.

Durante el Neógeno las fallas actúan con componente normal en una situación francamente distensiva y dan lugar al relieve actual de los Catalánides. Asociada a esta distensión neógena se desarrolla en algunas áreas una intensa actividad volcánica que se continúa durante el Cuaternario.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Gandesa se pueden diferenciar tres áreas según la disposición estructural de sus materiales: los Catalánides, la Cuenca del Ebro y la Cuenca de Móra d'Ebre.

En la cuenca de Móra d'Ebre los sedimentos aluviales correspondientes al Oligoceno poseen unos buzamientos de hasta 60 hacia el S y SSE debido a que se hallan depositados sobre los materiales que configuran la estructura tectónica de la Cordillera Costero-catalana. Los materiales correspondientes al Oligoceno terminal poseen un buzamiento subhorizontal.

En la cuenca del Ebro los sedimentos de edad Oligocena presentan una disposición estructural variable con la proximidad a la Cordillera Costero-catalana. En las cercanías de esta cordillera los materiales aluviales se disponen en discordancia progresiva como producto de su sedimentación sintectónica con la elevación de la cordillera en este sector. Los buzamientos son importantes, llegando a ser invertidos en las proximidades de la Sierra. En dirección NO este buzamiento se atenúa rápidamente hasta poseer un buzamiento regional de unos 1-2 hacia el NNO, que es la disposición estructural más extendida a lo largo de la hoja. En la zona NO del territorio comprendido en la hoja esta disposición subhorizontal sufre una alteración. Se trata de una estructura monocinal, la "flexura de Maella", que constituye una franja estrecha (0.5 Km.) donde los sedimentos oligocenos sufren un repentino buzamiento de hasta 45 hacia el SSE y una rápida recuperación de la subhorizontalidad de las capas. Hacia el E esta estructura se atenúa en el meridiano de Batea, mientras que hacia el W posee una excelente continuidad por la hoja de Alcañiz (30-18), llegando a la hoja de Albalate del Arzobispo (29-18), donde esta estructura enlaza con la estructura anticlinal de Puigmoreno, con afloramiento de materiales paleozoicos entre los sedimentos terciarios de relleno de la cuenca del Ebro. La "flexura de Maella" parece estar originada por la acomodación de las capas oligocenas a la deformación producida por el frente de una cuña retrocabalgante emplazada bajo el Oligoceno.

Las Sierras de Pàndols y de Cavalls forman parte de la Cordillera Costero-catalana y consisten en una banda deformada entre las dos cuencas descritas con anterioridad. La estructura de las sierras es un anticlinorio, desarrollado en los materiales mesozoicos, paleocenos y eocenos.

Las Sierras de Pàndols y de Cavalls constituyen una banda de deformación orientada NE-SW consistente en un anticlinorio vergente hacia la cuenca del Ebro formado, en detalle, por un sistema de pliegues menores oblicuos y con disposición escalonada ("en échelon"). El carácter lineal de la estructura y la presencia de pliegues "en échelon" denotan que el origen de la estructura está ligado a una falla de zócalo, la "Falla de Gandesa-Ulldemolins", con un movimiento direccional sinstro dominante.

## **2.3. EVOLUCIÓN TECTÓNICA**

Los datos existentes en el marco de la hoja permiten establecer algunas precisiones sobre su evolución tectónica, aunque también deben contemplarse en el contexto regional de relleno de la Cuenca del Ebro y de Móra d'Ebre.

El relleno de la cuenca del Ebro por depósitos moláicos fluviales y lacustres está condicionado por la actividad tectónica de las sierras circundantes. Desde el Oligoceno la actividad tectónica del Pirineo originó una gran subsidencia relativa de la Cuenca del Ebro. Los datos de subsuelo (RIBA *et al.*, 1986) indican que el eje del surco sedimentario sufre una traslación hacia el Sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separados por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental de la cuenca la sedimentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos sinclinales de Navarra y La Rioja (formados a comienzos del Mioceno), prolongándose durante el Mioceno superior al menos en la Rioja Alta y la Bureba, cuyo Terciario más moderno llega a enlazar con el de la Cuenca del Duero.

La actividad tectónica pirenaica se desarrolla fundamentalmente durante el Eoceno (emplazamiento de los mantos del Cotiella y Pedraforca) y Oligoceno (emplazamiento del manto de Gavarnie y reactivación del Pedraforca), aunque la deformación migra hacia el Oeste, de manera que en Cataluña los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son anteriores al Eoceno, e incluso al Paleoceno, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el Vindobonense.

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución general de la Cuenca del Ebro, la Cordillera costero-catalana ha sido la que ha tenido una mayor importancia en la evolución tectónica de la hoja de Gandesa.

La actividad tectónica en el territorio comprendido en la hoja se inició con posterioridad al depósito de los sedimentos eocenos puesto que se hallan afectados por el anticlinalorio de las Sierras de Pàndols y de Cavalls. Así, durante el Oligoceno se produjo el relleno de las cuencas del Ebro y de Móra d'Ebre, que se van diferenciando al evolucionar la etapa de deformación del mencionado anticlinorio. El relleno de ambas cuencas se produjo coetáneamente a la evolución de la deformación por lo que se desarrollaron discordancias progresivas y angulares en los sedimentos aluviales proximales procedentes del relieve que se estaba formando.

La estructura monoclinal observada en la zona NO de la hoja puede responder a una estructura del sustrato pre-oligoceno que pudo mostrar actividad durante el Oligoceno, puesto que se observa un cierto adelgazamiento de las unidades aflorantes en la charnela de la estructura monoclinal, llegando a afectar como mínimo a la Unidad Mequinenza-Ballobar (Chattiene medio).

En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca del Ebro, sobre todo detectada en los extremos NO (frente de las sierras de Cameros y Demanda) y SE (enlace con los Catalánides).

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica dominante extensional que afecta a la mayor parte del NE peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca del Ebro, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se sobreimponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

El régimen distensivo generalizado da lugar, no sólo en el borde oriental, sino en la totalidad de la cuenca y en las cadenas periféricas, a una fracturación y diaclasado (SIMON, 1989) que ponen de manifiesto la presencia en profundidad de accidentes mayores.

## 2.4. NEOTECTÓNICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por estructuras cartográficas, en la hoja, si produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo que afecta también al cuaternario y débiles pero extensos basculamientos hacia el NNO, probablemente controlados por fracturas del subsuelo. El campo de esfuerzos puede definirse, en primer aproximación, como una distensión tendente a radial con O<sub>3</sub> próximo a E-W, que produciría el desarrollo de una familia principal de diaclasas en torno a N-S. No obstante, en dicho campo de esfuerzos se producirían, además, dos tipos de anomalías:

- 1) El intercambio de O<sub>2</sub> y O<sub>3</sub><sup>3</sup> en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W.
- 2) La desviación de las trayectorias de O<sub>2</sub> y O<sub>23</sub> por efecto de hipotéticas fallas mayores preexistentes de dirección NW-SE, en el sustrato.

Además, en una extensa región comprendida entre Gelsa y las inmediaciones de la presente hoja, se observan rasgos geomorfológicos anómalos que apuntan a una posible elevación relativa de la mencionada área durante el Pleistoceno (RAMIREZ *et al.* 1992).

## 3. GEOMORFOLOGÍA

### 3.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA

Salvo el margen suroriental, perteneciente ya a la Cadena Catalánide, la hoja de Gandesa se inscribe en la terminación de la gran morfoestructura o unidad fisiográfica constituida por la Depresión o Cuenca del Ebro.

Los principales relieves son las Sierras de Puig Cavallé y Pandols, pertenecientes al dominio Catalánide, que superan los 700 m de altura s.n.m. (Racó del Abaetxo y Puig Cavallé con 705 y 703 m, respectivamente).

Los ríos Matarraña y Algárs constituyen las únicas arterias fluviales de régimen permanente. El primero discurre por un reducido sector del margen occidental, mientras que el segundo disecta la mitad Oeste de la hoja.

La red de drenaje se completa por un denso entramado de barrancos o "vales" de directrices NNO-SSE, NE-SO, O-E y E-O.

El clima se caracteriza por una marcada continentalidad de carácter semiárido, a excepción del margen SE que adquiere ya condiciones de templado seco.

Los valores anuales medios son de unos 16°C para las temperaturas y entre 450 y 550 mm para las precipitaciones.

## 3.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

### 3.2.1. Estudio morfoestructural

El relieve está condicionado por las características lito-estructurales del conjunto, por lo que la erosión diferencial ha dado lugar a dos tipos de relieves bien contrastados: por un lado los macizos rocosos de las Sierras de Puig Cavallé y Pandols, sobre los que se instalan escarpes estructurales netos a favor de series monoclinales y cresterías que confieren un aspecto majestuoso y bravío al paisaje; de otra parte, formas de tipo tabular, mal desarrolladas y dispuestas por todo el resto de la hoja.

En el interfluvio de los ríos Matarraña y Algárs, las areniscas y conglomerados aflorantes adoptan morfologías en cordones de mayor o menor extensión, discontinuos que siguen una estructura típica de paleocanales. En ellos los procesos de meteorización han dado origen a pequeñas cubetas cerradas, de dimensión decimétrica (**gnammas**), desarrolladas sobre los afloramientos subhorizontales de las areniscas en paleocanales (GUTIERREZ e IBAÑEZ, 1979).

Finalmente, se han cartografiado en el ámbito de la hoja otras formas estructurales menores como cerros cónicos, originados por el desmantelamiento erosivo de antiguas superficies estructurales.

### 3.2.2. Estudio del modelado

En la hoja de Gandesa tienen particular importancia los procesos de erosión-acumulación de génesis mixta ("vales").

#### 3.2.2.1. Laderas

De una forma simplificada *una vertiente puede definirse como una superficie inclinada que sirve para enlazar el área de interfluvio con el fondo de valle o talweg correspondiente*.

Las vertientes de la Depresión del Ebro son el resultado de una historia geomorfológica compleja, cuya evolución en el tiempo ha sido bastante rápida y ha dependido de un elevado número de factores (ALBERTO et al., 1984).

En el territorio investigado las laderas se encuentran ligadas a la excavación de barrancos o "vales", salvo el margen suroriental (Sierras de Pandols y Puig Cavallé) conformado por vertientes en acantilado de origen tectónico.

Las oscilaciones climáticas ocurridas durante el Holoceno, unidas a la actividad antrópica, favorecen decisivamente los procesos de desmantelamiento y lavado erosivo de las vertientes, con la consiguiente acumulación al pie de las mismas de coluviones que enlazan con el Valle del Algárs y algunas "vales".

En la Sierra de Pandols la meteorización ha actuado intensamente sobre los materiales calcáreos, generando depósitos de bloques (canchales) al pie de la ladera NO.

La vertiente meridional de la Sierra de Puig Cavallé se encuentra parcialmente recubierta por bloques caóticos, de dimensiones métricas y en algunos casos decamétricas, de naturaleza conglomerática, englobados en un potente depósito de detritícos finos arcillo-arenosos. La discontinuidad en el depósito de estos materiales, unido a su elevado recubrimiento por vegetación, no permiten la cartografía de detalle de estas formaciones, por lo que se ha optado por señalarlos tan solo en el mapa geomorfológico (rayado de color marrón vertical).

### 3.2.2.2. *Formas fluviales*

Las acumulaciones fluviales cuaternarias presentes en la hoja se reducen a las terrazas y llanuras aluviales actuales de los ríos Algárs y Matarraña.

Ambos presentan un curso de tendencia meandriforme bien acentuado en el primero, en el que a lo largo de su evolución se reconocen cauces abandonados (Sector septentrional de la hoja).

Se han distinguido 4 secuencias de terrazas correspondientes al río Algárs y 2 al Matarraña, cuyas alturas respectivas sobre los **talwegs** actuales, ya reflejadas en el capítulo de Estratigrafía del Cuaternario son como sigue:

Nivel	Río Algás	Río Matarraña
f	5-6 m	5 m
d	8-10 m	-
c	15-20 m	20 m
b	45 m	-

Otros procesos geomorfológicos de índole fluvial, detectados en el contexto de la hoja son la incisión lineal y en menor medida los fenómenos fluviogravitacionales (conos de deyección). Los primeros se localizan en las cabeceras de algunas "vales", los segundos se sitúan a la salida de un par de barrancos tributarios del río Algárs.

Los procesos descritos han actuado a lo largo del Holoceno, no descartándose una cierta funcionalidad en el presente o futuro.

### 3.2.2.3. *Formas kársticas*

Se ha señalado como garganta o cañón kárstico el valle en V labrado por el Baranco de la Vall de Navarro, entre las Sierras de Puig Cavallé y Pandols, que puede seguirse durante varios kilómetros a lo largo de la hoja.

Su anchura máxima llega a alcanzar los 500 m y la profundidad rebasa en algún punto los 200 m.

### 3.2.2.4. *Formas endorreicas/lacustres*

Los focos endorreicos alcanzan muy poca entidad en la hoja de Gandesa, habiéndose cartografiado tan solo algunas cubetas endorreicas localizadas en el margen suroccidental.

### 3.2.2.5. *Formas poligénicas*

Se incluyen en este apartado las formas y depósitos en cuya génesis interviene más de un proceso formador.

Se han distinguido varias morfologías de este tipo: alteraciones (costras calcáreas), rellenos de "val", rellenos de "val" colgados y depósitos aluvial-coluvial.

Todos ellos han sido descritos en el capítulo de Estratigrafía de la presente memoria.

### 3.2.2.6. *Formas antrópicas*

Las labores agrícolas, obviamente no señaladas en el mapa geomorfológico constituyen la principal actuación antrópica en el contexto de la hoja de Gandesa. Las "vales" constituyen un excelente terreno para el cultivo de la vid y el olivo, principales actividades de la región.

Se han reflejado aquellos aterrazamientos o bancales agrícolas, localizados en las inmediaciones de las poblaciones principales y de dimensiones cartografiables.

## 3.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA

El establecimiento de la red fluvial del Ebro como un sistema de transporte y erosión exorreico hacia el Mediterraneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región.

En la Depresión del Ebro este cambio, que condiciona el inicio del vaciado erosivo, debió producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno, momento que debió acompañarse además de un levantamiento generalizado de la Cuenca.

Durante el Pleistoceno se suceden las fases de aluvionamiento y encajamiento de los sistemas fluviales del Algárs y Matarraña, que se continúan en el Holoceno, periodo en el que se configura definitivamente la red de drenaje y el modelado estructural de las Sierras de Pandols y Puig Cavallé, a los que se suma la actuación de los procesos erosivos de Arroyada (incisión lineal) y el relleno de las "vales".

### **3.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS**

El clima de una región resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se repiten, más o menos periódicamente, a lo largo del tiempo (ALBERTO *et al.*, 1984).

Cualquier estudio geomorfológico debe anteponer al estudio del modelado, un análisis de los procesos generadores de las formas presentes. El clima, como factor de gran importancia en esta actividad morfogenética, incide directamente sobre el paisaje, variando su fisonomía e imprimiéndole unas características propias, que oscilarán en función de la litología, textura y estructura de la roca, paleomorfología, vegetación actividad antrópica, etc. De ahí la obligatoriedad de reconocer detalladamente los aspectos climáticos existentes en la zona estudiada, entresacando los parámetros que mejor definan los procesos morfogenéticos generadores modificadores o conservadores del modelado actual (ALBERTO *et al.*, 1984).

La mayor parte de la hoja de Gandesa pertenece a un sistema morfoclimático semiárido en el que los procesos dominantes son la desecación, la alteración mecánica, la acción del viento y la arroyada. Las formas de paisaje actuales presentes son los barrancos esporádicos ("vales"), arroyos e incisión lineal.

El margen SE del territorio (Sierras de Pandols y Puig Cavallé) participa de unos caracteres morfoclimáticos de tipo continental seco, donde los procesos funcionales son meteorización mecánica y química unidas a movimientos en masa.

En el futuro próximo es muy previsible que continúen las condiciones morfoclimáticas actuales, e incluso aumenten las condiciones de aridez. La actividad antrópica (deforestación, agricultura y pastoreo) será un eficaz agente en la evolución futura de los procesos citados.

### **4. HISTORIA GEOLÓGICA**

La hoja de Gandesa (31-18) se halla situada en la parte sur-oriental de la Depresión del Ebro, exceptuando el extremo SE de la misma, en donde se ubican las estribaciones meridionales de la Cordillera Costero-Catalana (Los Catalánides) y también, una superficie muy reducida correspondiente a la Depresión terciaria de Móra d'Ebre.

El registro sedimentario más antiguo del territorio comprendido en la hoja corresponde a los materiales de la Secuencia Superior Triásica. Así, la sedimentación de los materiales presentes en la hoja se inicia en el Triásico medio-superior con la deposición de las facies Muschelkalk 3 (M3) de edad Ladinense. Estas facies corresponden a amplias plataformas carbonatadas que hacia techo evolucionan a sedimentos de llanura mareal hasta depositarse los sedimentos evaporíticos co-

rrespondientes a las facies Keuper (Carniense). Por encima de estos sedimentos evaporíticos, y de forma continua, se depositaron las dolomías tableadas, en facies de llanura mareal, equivalentes a la Fm. Imón, correspondientes al Noriense (s.s. ESTEBAN y ROBLES, en ANADON, et al. 1979), y que constituyen el techo de la Secuencia Superior Triásica.

Por encima de los sedimentos del triásico se disponen mediante un contacto irregular, y erosivo en muchas localidades (s.s. ESTEBAN y ROBLES, en ANADON, op. cit.), los materiales correspondientes a la Secuencia basal Jurásica. La sedimentación de esta secuencia se inicia con unos materiales brechoides dolomíticos depositados en un ambiente de talud deposicional (sensu ESTEBAN y ROBLES, op. cit.). Por encima de estas megabrechas dolomíticas se desarrollan calizas y carenitas bioclásticas y, finalmente, unos niveles margo-carbonatados con braquiópodos y ammonites, que corresponden a un ambiente de plataforma interna y que poseen unas edades comprendidas entre el Sinemuriense y el Pliensbachiano.

El registro sedimentario correspondiente al resto del Jurásico y de la base del Cretácico no aparece en el territorio comprendido en la hoja. Los materiales correspondientes a estas edades que pudieron llegar a sedimentarse fueron posteriormente erosionados, por lo que existe una importante laguna estratigráfica.

Por encima de esta laguna estratigráfica se inicia una etapa de sedimentación continental de edad Albienense, constituida por los materiales de las facies Utrillas que se apoyan en discordancia cartográfica, sobre las secuencias infrayacentes. Hacia el techo se constata una evolución transgresiva que permite la deposición de los materiales carbonatados con deposición de prealevínidos de edad Cenomaniense que culminan la Secuencia Inferior Cretácea.

La sedimentación cretácea continuó, después de una laguna estratigráfica que abarca el Turoniense y que se caracteriza por un contacto discordante, con una sedimentación de margas, lutitas y calizas lacustres con abundantes ostrácodos y caráceas correspondientes a la Secuencia Superior Cretácea (Senoniense).

Después de una importante laguna estratigráfica ligada a una regresión marina, se inició la sedimentación, en condiciones continentales, de los depósitos que constituyen la Secuencia Paleocena. Esta sedimentación se inicia con una deposición de materiales fluviales y culmina con una deposición de materiales carbonatados, de origen fluvio-lacustre, que indican una importante etapa de expansión de las condiciones de sedimentación lacustre-palustre.

Posteriormente, en contacto neto, se inicia la deposición de los materiales de la Secuencia Eocena en facies fluviales que evolucionan a facies lutítico-evaporíticas hacia el techo y que indican una evolución similar a la observada en la unidad anterior, pero con una predominancia de sedimentos evaporíticos, con respecto a los sedimentos carbonatados, que caracterizan el techo de la Unidad paleocena.

Una vez depositados los materiales del paleoceno y eoceno se inició en la antigua cuenca del Ebro una etapa de actividad tectónica en la parte constituida por el área ocupada actualmente por las sierras de Cavalls y de Pándols.

La franja implicada en la deformación, presenta una forma alargada debida a una zona de falla de zócalo de movimiento direccional sinistro, que permitió el desarrollo de pliegues "en échelon". El desarrollo de pliegues menores oblicuos contribuyeron a la formación de un anticlinorio que llegó a delimitar dos cuencas, la del Ebro y la de Móra d'Ebre, en la zona que hasta entonces era la antigua cuenca del Ebro y en la que se habían depositado los sedimentos paleocenos y eocenos.

Esta actividad tectónica que implicó la formación del anticlinorio de las Sierras de Cavalls y de Pàndols se inició con posterioridad a la deposición de los materiales de la secuencia eocena y continuó durante la sedimentación de toda la serie oligocena en las individualizadas cuencas del Ebro y de Móra d'Ebre.

La sedimentación oligocena en ambas cuencas correspondió a una sedimentación de abanicos aluviales coetáneos a la actividad tectónica responsable de la formación del anticlinorio, que propició el desarrollo de discordancias progresivas (COLOMBO y ROBLES, 1983) y angulares (CABRE-RA *et al.*, 1985).

En la cuenca del Ebro los materiales aluviales oligocenos se depositaron durante un periodo de continua actividad tectónica, dentro del cual es posible diferenciar diferentes etapas de sedimentación. La sedimentación oligocena se inicia con la deposición de tres unidades (Unidades oligocenas 1, 2 y 3) conglomeráticas, grano y estratodecrecientes que indican tres etapas de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales procedentes del relieve que se hallaba en proceso de levantamiento.

La sedimentación Estampiense prosiguió con la deposición de dos unidades conglomeráticas más (4 y 5), de las cuales se observan las facies aluviales distales hacia el N, y que indican dos nuevas reactivaciones de los sistemas deposicionales procedentes del S.

Durante el Chattiene en la cuenca del Ebro continuó la sedimentación con las mismas características que en todo el oligoceno inferior y se depositaron las unidades 6, 7 y 8. Estas unidades muestran una evolución espacial de sus facies más amplia por lo que en las unidades 7 y 8 (U. de Fayón-Fraga y U. Mequinenza-Ballobar, respectivamente) llegaron a sedimentarse en sus áreas más distales, sedimentos correspondientes a una etapa de expansión lacustre-palustre.

En la etapa final del Chattiene se produjo la deposición de la última unidad oligocena ( Unidad 9, o Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca). Esta unidad se inició con la sedimentación de materiales aluviales en la base y prosiguió con la deposición de sedimentos lacustre-palustres que indican una nueva etapa de expansión lacustre.

En la cuenca de Móra d'Ebre también se desarrolló un proceso de sedimentación aluvial a lo largo de todo el Oligoceno. Dentro del área cartografiada, únicamente existe registro de las facies conglomeráticas de la base del Oligoceno, probablemente coetáneas a las de la Unidad oligocena 1 de la Cuenca del Ebro. Directamente encima de éstas, se hallan facies conglomeráticas del Oligoceno superior (probablemente coetáneas con la Unidad oligocena 9), en clara discordancia angular y erosiva, que constata una laguna estratigráfica, que abarcaría gran parte del Oligoceno inferior y del Oligoceno superior, en esta área de la Cuenca de Móra.

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios, no existe registro sedimentario en la hoja de Gandesa. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación en la cuenca del Ebro se prolongó durante el Mioceno con la sedimentación de unidades de características similares a las descritas para el Oligoceno superior, localizándose sus depocentros sedimentarios hacia el NO de la zona estudiada.

A partir del Aragoniense, el campo de esfuerzos regional corresponde a un estado distensivo que se prolonga hasta el Cuaternario (SIMON GOMEZ, 1989). Localmente existen indicios de una actividad neotectónica que afectaría a los sedimentos oligocenos del sector de Batea.

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura, por parte del río Ebro, de una salida a través de la Cordillera Costera Catalana, se modifica el régimen sedimentario dominante hasta entonces. Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas de erosión y sedimentación en la región, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas en las que domina la sedimentación, permiten la formación de sucesivos niveles de terrazas asociadas a los cauces fluviales principales y la deposición de otros depósitos de carácter aluvial, coluvial, etc.

## 5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

#### 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

##### 5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera

En lo referente a los minerales metálicos, no se conocen indicios o explotaciones antiguas ni actuales de este tipo de sustancias en el ámbito de la hoja.

De minerales no metálicos, considerando a las arcillas refractarias como tales, ha habido numerosas explotaciones, pero actualmente están todas abandonadas. Estas explotaciones se concentran en la esquina SE de la hoja y continúan por la hoja de Horta de S. Juan. Son explotaciones a cielo abierto, siendo el material fácilmente ripable, aunque con monteras de calizas o areniscas que dificultaban la explotación.

Estas canteras, debieron de surtir de materia prima a la fábrica de refractarios sílico-aluminosos de las inmediaciones de Pinar de Bray. Posiblemente también fuesen utilizadas como correctores alumínicos en fábricas de cemento como la de Cementos del Mediterráneo de Amposta.

### 5.1.1.2. Tipos de mineralizaciones. Minerales no metálicos

En la hoja se han reseñado 6 explotaciones de arcillas refractarias como más significativas. Todas ellas explotan un nivel del Paleoceno de 6 a 21 m de potencia con calizas o areniscas a techo.

Son arcillas versicolores, con predominio de los tonos rojizo-violáceos o morados, de naturaleza caolínítica-illítica, cierto contenido en óxidos de hierro y moderadamente altas en sílice.

Un análisis tipo de la zona sería el siguiente:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_2\text{3}$	PPC
63	21,73	3,54	0,64	0,84	-	1,50	0,31	0,36	8,08

El contenido relativamente alto en alúmina y bajo en alcalis, les confiere cierto carácter refractario. En algunos tipos el punto de sintetización es superior a la 1.100°C.

### 5.1.2. Minerales energéticos

#### 5.1.2.1. Aspectos generales e historia minera

No hay constancia de indicios o explotaciones antiguas o actuales de minerales energéticos.

### 5.1.3. Rocas industriales

#### 5.1.3.1. Aspectos generales e historia minera

El territorio que comprende la hoja es eminentemente agrícola y relativamente poco poblado por lo que el consumo de rocas industriales ha sido muy modesto.

A los últimos 20 años se han explotado o están en explotación los siguientes materiales:

Arenas, gravas y zahorras cuaternarias: 10 explotaciones

Areniscas para roca de construcción: 1 explotación

Dolomías para áridos: 1 explotación

#### 5.1.3.2. Descripción de los materiales

Las mayores explotaciones de gravas y zahorras se localizan a lo largo del río Elgas, especialmente en la zona de Caseras y al SE de esta población. De las 10 explotaciones reseñadas en el mapa, solo cuatro se pueden considerar con actividad, aunque sea de una manera intermitente. Tres de ellas (nºs. 8, 9 y 10) extraen gravas y arenas del cauce y márgenes del río Algas y la otra (nº

3) explota gravas heterogéneas y con abundante matriz de una terraza de este mismo rió.

Las gravas de cauce son utilizadas como árido natural en subbases de carreteras. Las gravas de terraza se usa como árido natural o material de préstamo, en pistas y caminos.

También se han señalado en la hoja otras dos canteras abandonadas, una de areniscas pardas (nº 15) de la unidad oligocena de Mequinenza-Ballobar, que se debieron utilizar como roca de construcción en Calaceite, y otra de dolomías de la secuencia basal jurásica que se explotaron posiblemente para áridos de machaqueo.

**MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS**

NÚMERO	COORD.UTM X: Y:	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGÍA Y/O TIPO	MINERALOGÍA	OBSERVACIONES
12	X: 287.990 Y:4543.690	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios
14 (147)	X: 287.625 Y:4542.750	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios.
15 (148)	X: 287.400 Y:4542.525	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios.
16	X: 287.100 Y:4542.350	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios.
17 (149)	X: 287.200 Y:4542.200	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios.
18 (151)	X: 287.075 Y:4542.100	Arcilla refractaria	Pinell de Bray (Tarragona)	Estratiforme	Caolinita-illita	Explotación abandonada de arcillas para usos refractarios.

## MINERALES ENERGETICOS Y ROCAS INDUSTRIALES

NUMERO	COORD.UTM X: Y:	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
1	X: 265.230 Y:4554.450	Grava y arena	Batea (Tarragona)			Explotación abandonada de gravas y arenas cuaternarias para áridos naturales o de machaqueo.
2	X: 273.950 Y:4552.550	Arena	Batea (Tarragona)			Explotación abandonada de arenas amarillas cuaternarias para áridos naturales.
3	X: 267.510 Y:4548.575	Grava	Caseras (Tarragona)			Explotación activa de gravas para áridos naturales. Es un material de terraza cuaternaria muy heterogéneo y mal clasificado, con abundante matriz, que se aproxima a una zahorra.
4	X: 268.450 Y:4546.950	Grava y arena	Arenys de Lledó (Teruel)			Explotación parada, aunque existe un pequeño stock. Son gravas con lechos de arenas del aluvial del río Algás. Se deben emplear como áridos naturales.
5	X: 268.050 Y:4546.700	Grava y arena	Caseras (Tarragona)			Explotación abandonada de gravas cuaternarias con matriz arenito-arcilloso para áridos naturales.
6	X: 267.700 Y:4546.650	Zahorra	Caseras (Tarragona)			Explotación inactiva de zahorras compuestas de gravas, areniscas y arcillas que se emplearon como subbase para carreteras.
7	X: 267.780 Y:4546.050	Zahorra	Arenys de Lledó (Teruel)			Explotación abandonada de niveles arenito-arcillosos con gravas y areniscas amarillas. Se utilizaron para subbase de carreteras.
8	X: 270.300 Y:4545.450	Grava y arena	Caseras (Tarragona)			Extracción intermitente de gravas del río Algás para subbase de carreteras. Explota la empresa Aridos Matarranya, S.A.

**MINERALES ENERGÉTICOS Y ROCAS INDUSTRIALES (Continuación)**

<b>NUMERO</b>	<b>COORD.UTM X: Y:</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>MUNICIPIO (Provincia)</b>	<b>MORFOLOGÍA Y/O TIPO</b>	<b>MINERALOGÍA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
9	X: 270.850 Y:4544.650	Grava y arena	Arenys de Lladró (Teruel)			Extracciones intermitentes del lecho del río Algas, de gravas y arenas para subbase de carreteras. Explota la empresa Andos Matarraña, S.A.
10	X: 270.550 Y:4544.600	Grava	Horta de S. Juan (Tarragona)			Extracciones intermitentes de aluvial del río Algas.
11	X: 263.000 Y:4543.900	Arenisca	Calaceite (Teruel)			Explotación antigua abandonada de areniscas pardas en bancos pluvioclimáticos. Su uso debió ser como roca de construcción.
13	X: 283.500 Y:4542.475	Dolomías	Prat de Compte (Tarragona)			Cantera abandonada que se debió utilizar como áridos naturales o de machaqueo.

## 5.2. HIDROGEOLOGÍA

### 5.2.1. Climatología-hidrología

El Instituto Nacional de Meteorología controla un total de tres estaciones de tipo termopluvímetro en la zona, todas ellas en la provincia de Tarragona:

CÓDIGO ESTACIÓN	DENOMINACIÓN
9948	Villalba de Los Arcos
9949	Fatarella
9970	Gandesa

Estas estaciones llevan controlándose durante más de 30 años de manera casi continua. Según datos elaborados por la C.H. del Ebro, las precipitaciones y temperaturas medias para el periodo 1940-1984 son las siguientes:

Estación 9948 - Precipitaciones medias mensuales

MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
MEDIA	53.8	40.0	49.0	29.3	23.2	39.0	44.4	53.5	27.3	13.6	26.2	44.8	444.2

Estación 9948 - Temperaturas medias mensuales

MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MEDIA
MEDIA	16.2	10.9	7.8	7.1	8.7	11.4	14.2	17.4	21.5	24.4	24.0	21.3	15.4

Se puede observar como las épocas más lluviosas corresponden a la primavera y el otoño, con máximos en mayo y octubre. La precipitación total media es del orden de 450 mm.

Las temperaturas muestran la distribución típica de valores máximos en la temporada estival (máximo en julio) y mínimos en diciembre y enero, con una diferencia entre ambas de 17C. La temperatura media anual es de 15.4 C.

Siguiendo la clasificación agroclimática de Papadakis que considera como características fundamentales del clima el régimen térmico y el régimen de humedad, traduciéndolos al tipo de cultivo que puede vegetar en estas condiciones, se han podido distinguir dos zonas en la Hoja. En la mitad norte se presenta un tipo de clima mediterráneo continental, con invierno avena cálido y verano algodón menos cálido. En la mitad Sur el clima es mediterráneo templado con invierno avena fresco y verano tipo arroz. El régimen de humedad en la totalidad de la Hoja corresponde al mediterráneo seco.

La red hidrográfica principal está formada por los ríos Matarraña (apenas representado en el borde occidental de la Hoja) y Algárs, que atraviesa de Sur a Norte la mitad oeste de la Hoja. El resto de barrancos o "vales" sigue las directrices estructurales NNO-SSE, NE-SO, O-E y E-O, y se trata de cursos de agua de carácter estacional.

La Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de una estación de aforo en el río Algárs a su paso por Batea, codificada con el número 177.

### **5.2.2. Inventario y usos del agua**

El inventario total existente en la Hoja consta de 40 puntos, cuya distribución por octantes figura en la siguiente tabla.

Se puede observar como la mayoría de los puntos de agua se sitúan en el extremo suroriental de la Hoja, correspondiendo a la serie mesozoica, que es considerada en conjunto como integrante del sistema acuífero 59: Mesozoico de los Puertos de Beceite.

OCTANTE		Nº DE PUNTOS		TOTAL
	MANANTIALES	POZOS	SONDEOS	
1				
2		3	3	6
3	1	1	1	3
4	1	3	2	6
5	2	2		4
6	1			1
7		1		1
8	2	3	14	19
TOTAL	7	13	20	40

Este acuífero es aprovechado fundamentalmente a través de sondeos, de 100 m de profundidad media. Estos sondeos aprovechan los niveles permeables conglomeráticos y calizos, siendo su productividad bastante variable, desde captaciones surgentes a sondeos negativos.

Los pozos excavados son de escasa profundidad (máximo de 10-15 m) y se sitúan sobre los depósitos cuaternarios, preferentemente aluviales, que son las formaciones con mejores características para su explotación.

La mayoría de los puntos de agua se utilizan para cubrir las demandas de abastecimiento urbano (Batea, Villalba de Los Arcos, Fatarella, Bot, Corbera, Gandesa). Otro uso bastante extendido es el regadío.

Mención aparte merece la denominada Font Calda (registro 311880007), que por sus características geotermales se utiliza con fines terapéuticos. Esta surgencia emerge a 28 C de temperatura y aparece asociada a la superficie de cabalgamiento de la Sierra de Pandòls.

### **5.2.3. Caracterización hidrogeológica**

#### **Acuífero mesozoico**

La división en unidades acuíferas que ha efectuado el Servicio Geológico distingue la unidad denominada Cubeta de Móra (9.31.1) y la de Los Puertos de Beceite (9.42), que a su vez corresponderían con el denominado sistema acuífero 59 del ITGE.

Como horizontes permeables dentro del acuífero mesozoico están los niveles liásicos de conglomerados y calizas. Un ensayo de bombeo realizado en el sondeo 311880020 ha proporcionado unos valores de transmisividad en torno a  $30 \text{ m}^2/\text{día}$ , que sólo ha de considerarse estimativo, ya que las características del acuífero pueden variar substancialmente en función del grado de compactación y fracturación de los materiales.

No se ha podido definir piezometría aunque parece que la dirección general de flujo es hacia el río Ebro.

Este acuífero recibe sus recursos a partir de la infiltración directa sobre los afloramientos y a través de su contacto con el río Ebro en la vecina Hoja de Móra de Ebro (32—18). Su descarga, además de la inducida antropídicamente, se realiza a través de las formaciones terciarias adosadas, a las que recarga.

En general se trata de aguas de buena calidad, con mineralización ligera y de tipo bicarbonato cálcico-magnésico.

#### **Materiales terciarios**

Las formaciones terciarias no tienen mucha importancia desde el punto de vista hidrogeológico debido a su litología esencialmente lutítico-arenosa. Unicamente se pueden reseñar los niveles

conglomeráticos como pueden presentar algún tipo de interés, pero su pequeña extensión y potencia limita mucho su posible aprovechamiento.

El funcionamiento hidrogeológico de los materiales terciarios de la cuenca del Ebro se suele asimilar a un conjunto de baja permeabilidad. La alternanacia de horizontes de cierta permeabilidad con capas prácticamente impermeables implica una marcada anisotropía en la vertical. El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y adaptado a la misma.

## **Depósitos cuaternarios**

Consisten en los distintos niveles de terrazas de los ríos Matarraña y Algárs, fondos de valle, co-lluviones y glacis.

Por sus características litológicas tienen permeabilidad media, pero su reducida extensión superficial y espesor hacen que los recursos de agua que puedan albergar sean muy limitados y capaces de atender demandas puntuales. Los depósitos de los ríos se recargan de manera importante por los retornos de regadio.

### **5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES**

En la hoja de Gandesa pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamiento geotécnico diferente. Estas a su vez se han subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas del mapa geológico.

En el cuadro resumen se han diferenciado las características geotécnicas más importantes de los materiales de la hoja.

**AREA I:** comprende los depósitos mesozoicos y terciarios que con predominio de facies carbonatadas y conglomeráticas, respectivamente, constituyen los relieves por encima de la cota 500 de las Sierras Puig Cavallé y de Pàndols, en la esquina SE de la hoja.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

**Zona I<sub>1</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas: (1), (3), (4), (5) y (8).

Está constituida por calizas desde aspecto masivo a tableadas, de edades comprendidas entre la Facies Muschelkalk y el Cretácico superior. Están estructuradas formando anticlinales y sinclinales, en ocasiones con buzamientos subverticales.

Estas formaciones no son ripables, y presentan una capacidad de carga elevada. El drenaje tanto superficial como profundo es elevado. La estabilidad de los desmontes es elevada, existiendo riesgos de desprendimientos de bloques cuando el corte del talud sea a favor de la estratificación y con un ángulo mayor al del buzamiento.

**Zona I<sub>2</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas (6), (7) y (9).

Está constituida por alternancias de lutitas versicolores, areniscas y calizas.

Estas unidades son por lo general ripables, salvo en aquellos puntos en los que la potencia de las capas de caliza lo impidan. El drenaje superficial y profundo es deficiente, por lo general, por la impermeabilidad de las lutitas. La capacidad de carga es moderada, pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

**Zona I<sub>3</sub>:** a ella pertenece la unidad cartográfica. (2).

Está constituida por lutitas versicolores con bancos de yeso, correspondientes a la facies keuper.

Es una formación ripable e impermeable. La estabilidad de los desmontes es deficiente. Puede presentar problemas de asientos y de agresividad en los hormigones, por la presencia de yesos.

**Zona I<sub>4</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas siguientes: (12), (13), (14), (17), (19), (22), (28), (34), (36) y (37).

Está constituida por conglomerados, areniscas y lutitas en bancos de más de 5 m de potencia media.

Esta unidad se comporta como no ripable, sobre todo en las zonas en que los tramos conglomeráticos presentan una cimentación elevada.

Posee mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad de los niveles arcillosos. La capacidad de carga es elevada.

La alternancia de tramos coherentes e incoherentes, puede ocasionar el desprendimiento de bloques, de los tramos resistentes, por la socavación de los incoherentes.

**AREA II:** comprende los depósitos terciarios con predominio de facies arenosas y margo-carbonatadas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

**Zona II<sub>1</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas (24), (25), (30) y (31).

Está constituida por arcillas con paleocanales de areniscas, en ocasiones amalgamados y algunos niveles de caliza.

Es una zona compuesta por capas y bancos subhorizontales, de pendientes suaves. Esta disposición facilita el ripado, sobre todo en los tramos lutíticos y de estos con niveles de areniscas poco potentes, en los niveles de canales amalgamados la ripabilidad es baja.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente debido a la impermeabilidad de los tramos arcillosos.

La estabilidad en desmontes es deficiente, sobre todo por desprendimiento de bloques, debido a la erosión diferencial sobre los bancos más blandos.

**Zona II<sub>2</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas: (10), (11), (16), (18), (20), (21), (23), (26), (27), (29), (32), (33), (35) y (38).

Está constituida por calizas con intercalaciones de margas, en capas de escasos centímetros. Disposición subhorizontal.

No presenta problemas de ripabilidad, por la escasa potencia de los niveles carbonatados.

Posee mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad de las margas. Capacidad de carga moderada pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

**ZONA III:** comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, limos y arcillas, generalmente.

Se han distinguido las siguientes zonas:

**Zona III<sub>1</sub>:** está formada por las unidades cartográficas: (39), (40), (41), (42), (43) y (44).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de rocas metamórficas y carbonatadas y arenas.

Presentan morfología de Terrazas.

Esta formación es perfectamente ripable y estos materiales son aptos para la obtención de gravas y préstamos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

En general son materiales permeables, donde el drenaje se efectúa por filtración.

**Zona III<sub>2</sub>:** está formada por las unidades cartográficas: (46), (47) y (48)

Está constituida por cantos y gravas en matriz limo-arcillosa.

Estos materiales presentan la estructura típica tipo coluvión.

Los taludes que presentan, en general, son bastante inestables por su fácil erosiónabilidad.

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja y puede presentar problemas de aterramientos locales.

**Zona III<sub>3</sub>:** está formada por las unidades cartográficas: (45), (50), (51) y (52).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

Estos depósitos llenan cauces fluviales y son, por lo general, poco potentes.

La ripabilidad de estos depósitos es alta y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.

**Zona III<sub>4</sub>:** está formada por la unidad cartográfica: (49).

Está constituida por arcillas y limos. Corresponden a fondos de origen endorreico, en disposición horizontal.

Representan zonas inundables, debido a su baja permeabilidad y más drenaje superficial.

Puede presentar problemas de asientos y de agresividad en los hormigones por la presencia de yesos.

**CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTÉRISTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE CASPE**

ÁREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLOGÍA	ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
I	I <sub>1</sub>	(1),(3),(4),(5) y (8)	Cálizas	Capas plegadas en ocasiones subverticales	Ni ripable. Capacidad de carga elevada. Drenaje superficial y profundo elevado. Estabilidad en desmontes elevada.
	I <sub>2</sub>	(6),(7) y (9)	Lutitas, areniscas y calizas plegadas	Formas estructurales plegadas	Ripables. Drenaje superficial y profundo deficiente. Capacidad de carga moderada.
	I <sub>3</sub>	(2)	Lutitas y yeso	Máscaras	Ripable e impermeable. Estabilidad en desmontes deficiente. Problemas de asentamientos y de agresividad en los hormigones.
II	I <sub>4</sub>	(12),(13),(14),(15), (17),(19),(22),(28),(34), (36) y (37)	Conglomerados arenicos y lutitas	Bancos de mas de 5 m de potencia	Ni ripable. Drenaje profundo deficiente. Capacidad de carga elevada.
	II <sub>1</sub>	(24),(25),(30) y (31)	Arcillas con paleocanales de areniscas	Capas subhorizontalas	Formación fácilmente ripable a excepción de los bancos potentes de canales amalgamados. Drenaje superficial y profundo deficiente. Estabilidad en desmontes deficiente.
III	II <sub>2</sub>	(10),(11),(16),(18),(20), (21),(23),(26),(27),(29), (32),(33),(35) y (38)	Calizas con intercalaciones de margas	Disposición subhorizontal Morfología de terrazas	Materials de ripabilidad elevada. Deficiente drenaje tanto en profundidad como superficial.
	III <sub>1</sub>	(39),(40),(41),(42),(43) y (21)	Bloques y cantos redondeados y arenas	Coluviones	Formación ripable. Materials aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes prácticamente verticales. Elevada permeabilidad.
III	III <sub>2</sub>	(46),(47) y (48)	Cantos y gravas en matriz limo-arillosa	Relleno de cauces poco potentes	Taludes instables. Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja.
	III <sub>3</sub>	(45),(50),(51) y (52)	Limos, arcillas, arenas y gravas	Zonas endorreicas	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.
	III <sub>4</sub>	(49)	Arcillas y limos		Zona inundable y con mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de asentamientos y de agresividad a los hormigones.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI, J.; CABRERA, L.; ANADON, P.; ARBIOL, S. (1988).** - A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage straztotype. **Newsl. Stratigr.** 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- ANADON, P. (1978).** - El Paleógeno continental anterior a la transgresión biarritzienne (Eoceno medio) entre los Ríos Gaià y Ripoll (Provs. de Tarragona y Barcelona). **Est. Geol.** Vol. 34. pp. 341-440.
- ANADON, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P.; SOLE SUGRAÑES, L. (1979).** - Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. **Acta Geol. Hispánica.** 14: 242-270.
- ANADON, P.; CABRERA, LL.; COLLDEFORNS, B.; COLOMBO, F.; CUEVAS, J.L.; MARZO, M. (1985).** - Alluvial Fan evolution in the Ebro basin: Response to tectonics and lacustrine base level changes. M. MARZO y C. PUIGDEFABREGAS Eds. **4th International Conference on Fluvial Sedimentology.** Excursion Guidebook nº 9. Publicacions del Servei Geològic de Catalunya.
- ANADON, P.; CABRERA, L.L.; COLLDEFORNS, B.; SAEZ, A. (1989).** - Los Sistemas Lacustres del Eocene Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. **Acta geológica Hispánica.** v. 24, nº 314, pp. 205-230.
- CABRERA, L. (1983).** - Estratigrafía y Sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro. **Tesis doctoral,** Univ. de Barcelona. 443 pp.
- CABRERA, L.; COLOMBO, F.; ROBLES, S. (1985).** - Sedimentation and tectonics interrelationships in the Paleogene marginal alluvial systems of the S.E. Ebro Basin. Transition from alluvial to shallow lacustrine environments. **6th European Regional Meeting Excursion guidebook,** Lleida, 1985. M. D. MILA y J. ROSELL Eds. Excursion No 10. pp.393-492.
- CABRERA, L.; COLOMBO, F. (1986).** - Las secuencias de abanicos aluviales del Montsant y su tránsito a sucesiones lacustres someras (Sistemas de Scala Dei y de Los Monegros, sector SE de la Cuenca del Ebro). **XI Congreso Español de Sedimentología,** Barcelona. Guía de las Excursiones.
- CADILLAC, H (1979).** - Teledetection et géologie, essai d'utilisation des images Landsat dans les Pyrénées, le bassin de l' Ebre et la Catalone, tomo III. Tesis doctoral. **Universidad Toulouse,** 172 pp.
- CADILLAC, H.; CANEROT, J.; FAURE, PH. (1981).** - Le Juvrassique inférieur aux confins des Iberides et de Catalánides (Espagne). **Est. Geol.,** vol. 37, nums. 3-4. pp. 187-198.
- COLOMBO, F. (1980).** - Estratigrafía y Sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides. **Tesis doctoral.** Univ. de Barcelona. 608 pp.

**COLOMBO, F. (1986).** - Estratigrafía y Sedimentología del Paleógeno continental del Borde meridional occidental de los Catalánides (Provincia de Tarragona, España). **Cuadernos de Geología Ibérica.** Vol. 10 pp. 55-115. Madrid.

**COLOMBO, F. (1991).**- Perforaciones biogénicas en los oncolitos paleocenos del Pinell del Brai (Tarragona): significado sedimentológico. **I Congreso del Grupo Español del Terciario**, Vic, 1991. Libro de Comunicaciones, pp. 78-81.

**COLOMBO, F.; ROBLES, S. (1983).** - Evolución de los sistemas sedimentarios del borde SE de la Depresión del Ebro entre Gandesa y Horta de Sant Joan (Prov. de Tarragona), in A. OBRADOR ed. **Libro de Comunicaciones del X Congreso Nacional de Sedimentología**, Menorca 83. 1.76-1.79.

**COLOMBO, F.; MOYA,S.; AGUSTI, J.; CHECA, LL. (1991).**- Implicaciones estratigráficas de los yacimientos de vertebrados en el Paleógeno (Grupo Cornudella) de la zona de Ulldeholins (Tarragona). Resultados preliminares. **I Congreso del Grupo Español de Terciario**. Vic, 1991. Libro de Comunicaciones. pp. 82-83.

**CUENCA, G. (1991).** - Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. **I Congreso del Grupo Español del Terciario, CONGET'91**. Vic, pp. 97-100.

**GARCIA BOADA, J. (1974).** - El Terciario de la Depresión de Móra y su relación con el Borde oriental de la Depresión del Ebro (Prov. de Tarragona). **Sem de Estratigrafía**, 9; 11-20.

**GOMEZ, J.J.; GOY, A. (1979).**- Las unidades estratigráficas del Jurásico medio y superior, en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. **Est. Geol.**, vol. 35, pp. 569-598.

**GOY, A.; GOMEZ,J.J.; YEBENES, A. (1976).**- El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte): I. Unidades litoestratigráficas. **Est. Geol.** vol. 32. pp. 391-423.

**LOPEZ OLMEDO, F.; GARCIA DE DOMINGO, A. (1985).**- Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja de Horta de San Juan. **IGME**, Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria y Energía.

**MITCHUM, R.M.; VAIL, P.R.; THOMPSON,S. (1977).**- Seismic Stratigraphy and global changes of sea level . Part III: Relative change of sea level from coastal onlap. In: Seismic Stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration. **A.A.P.G. Bull.** Memoir 26. pp. 63-81.

**ORCHE, E.; ROBLES,S.; ROSELL, J. (1981).**- Mapa Geológico de España. E 1:50.000. Hoja de Móra de Ebro nº 471 (32-18). **IGME**, Servicio de Publicaciones.

**RAMIREZ, J.I.; OLIVE, A. y PASCUAL, H. (1992):** Evidencias geomorfológicas de la existencia de actividad neotectónica durante el Pleistoceno en un sector de la zona central de la Cuenca del Ebro. En LOPEZ, F.; CONESA, C. y ROMERO, M.A. (eds.) "Estudios de Geomorfología en España", tomo II, pp. 643-651. **Sociedad Española de Geomorfología**.

**ROBLES, S. (1974).**- Estudio geológico del Mesozoico del Bloque del Cardó y sectores adyacentes. Tesis doctoral, **Universitat Autònoma de Barcelona**, Bellaterra, 436 pp.

**ROBLES, S. (1975).** - Síntesis de la evolución estratigráfica y tectónica de los materiales secundarios del bloque del Cardó y sectores adyacentes (Prov. de Tarragona). **Acta Geol. Hisp.** t. X p. 59-66.

**ROBLES, S. (1982).**- Estudio comparativo del Sistema aluvial del borde suroccidental de Los Catalánides en la transversal de Prat de Comte (Tarragona) y los abanicos aluviales de la Pobla de Segur (Prepirineo de Lérida); **Acta Geol. Hisp.**, 17 (4): 255-269.

**ROBLES, S.; INIESTA, J. (1977).**- Pliegues superpuestos en el Mesozoico de la Sierra de la Vall de la Torre (Tarragona) y su relación con desgarres regionales del zócalo, transversales a la orientación catalánide. **Acta Geol. Hisp.**, t. XII, p. 18-22.

**ROSELL, J.; WIETZCOREK, J. (1989).** - Main features of megaturbidites in the Eocene of southern Pyrenees. **Annales Societatis Geolgorum Poloniae**. Vol. 59, pp. 3-16.

**TEIXELL, A. (1988)** - Desarrollo de un anticlinorio por transpresión, aislando una cuenca sedimentaria marginal (Borde Oriental de la Cuenca del Ebro, Tarragona). **Rev. Soc. Geol. España**, 1, (1-2). 229-238.

**VAIL, P.R.P; MITCHUM, R.M., THOMPSON, S. (1977).**- Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, part IV: Global cycles of relative changes of sea level. **A.A.P.G. bull.** Memoir 26, pp. 83-97.

**VAN WAGONER J.C.; MITCHUM R.M.; CHAMPION, K.M.; RAHMANIAN V.D. (1990).**- Siliciclastic sequence Stratigraphy in well logs, cores and outcrops. **A.A.P.G. Methods in exploration Series**, nº 7, 55 pp.

**VIA, L.; VILLALTA, J.F. (1971).**- Restos de Crustáceos decápodos en el Triásico de Montréal. **Centr. Real Soc. Esp. Hist. Nat.** tomo 1, pp. 495-514. Madrid.

**VIRGILI, C. (1958).** - El Triásico de Los Catalánides. **Bol. Inst. Geol. y Min. España**. t. LXIX, p. VII-XIII y 1-856, Madrid.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

ISBN 84-7840-653-0

9 788478 406531