

Departamento de Geología Dinámica
Facultad de Geología
Universidad de Barcelona

**Estratigrafía y Sedimentología de las
Formaciones lacustres
del tránsito Eoceno-Oligoceno
del NE de la Cuenca del Ebro**

Alberto SAEZ RUIZ

Barcelona, 1987

BIBLIOTECA DE GEOLOGIA
Universitat de Barcelona-CSIC

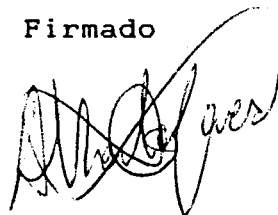
Memoria presentada por el abajo firmante Alberto SAE:
dirigida por el Dr. Oriol RIBA ARDERIU, para optar al G
Doctor en Ciencias Geológicas.

El director del trabajo



Oriol Ribà Arderiu

Firmado



Alberto Sáez Ruiz

BIBLIOTECA DE GEOLOGIA X
Universitat de Barcelona-CSIC

R3174

a Andrés y Trinidad .

Agradecimientos

1. INTRODUCCION

1.1. SITUACION GEOGRAFICA	1
1.2. ENCUADRE GEOLOGICO	
1.2.1. <u>Contexto global y regional</u>	3
1.2.2. <u>La Cuenca del Ebro</u>	7
1.2.3. <u>Estructura del área estudiada</u>	12
1.3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA	16

2. ESTRATIGRAFIA

2.1. ANTECEDENTES E INTRODUCCION	20
2.2. LITOESTRATIGRAFIA	
2.2.1. <u>Formación Yesos de Barbastro</u>	
2.2.1.1. Antecedentes y denominación.....	23
2.2.1.2. Descripción	25
2.2.1.3. Geometría y relaciones estratigráficas	30
2.2.1.4. Contenido paleontológico y edad	32
2.2.1.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	34
2.2.2. <u>Formación Limolitas de Torà</u>	
2.2.2.1. Antecedentes y denominación	35
2.2.2.2. Descripción	36
2.2.2.3. Geometría y relaciones estratigráficas	38
2.2.2.4. Contenido paleontológico y edad	40
2.2.2.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	41
2.2.3. <u>Formación Calizas de Castelltallat</u>	
2.2.3.1. Denominación	42
2.2.3.2. Descripción	45
2.2.3.3. Geometría y relaciones estratigráficas	48
2.2.3.4. Contenido paleontológico y edad	50
2.2.3.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	51

2.2.4. <u>Formación Areniscas de Súa</u>	
2.2.4.1. Denominación	52
2.2.4.2. Descripción	52
2.2.4.3. Geometría y relaciones estratigráficas	58
2.2.4.4. Contenido paleontológico y edad	60
2.2.4.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	63
2.2.5. <u>Formación Lignitos de Calaf</u>	
2.2.5.1. Antecedentes y denominación	64
2.2.5.2. Descripción	66
2.2.5.3. Geometría y relaciones estratigráficas	69
2.2.5.4. Contenido paleontológico y edad	70
2.2.5.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	73
2.2.6. <u>Formación Molasa de Artés</u>	
2.2.6.1. Antecedentes	73
2.2.6.2. Descripción	74
2.2.6.3. Geometría y relaciones estratigráficas	78
2.2.6.4. Contenido paleontológico y edad	78
2.2.6.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	81
2.2.7. <u>Formación Molasa de Solsona</u>	
2.2.7.1. Antecedentes	82
2.2.7.2. Descripción	82
2.2.7.3. Geometría y relaciones estratigráficas	85
2.2.7.4. Contenido paleontológico y edad	86
2.2.7.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	88
2.2.8. <u>Formación roja de Peraltilla</u>	
2.2.8.1. Antecedentes	89
2.2.8.2. Descripción	90
2.2.8.3. Geometría y relaciones estratigráficas	92
2.2.8.4. Contenido paleontológico y edad	92
2.2.8.5. Interpretación paleoambiental y significado de la unidad en el contexto general	93

2.3. CRONO Y BIOESTRATIGRAFIA

2.3.1. <u>Resultados del estudio palinológico</u>	96
2.3.2. <u>Biozonación mediante carófitas</u>	102
2.3.3. <u>Resultado del estudio de ostrácodos</u>	109
2.3.4. <u>Biozonación mediante mamíferos</u>	110

2.4. SISTEMAS DEPOSICIONALES

2.4.1. <u>Introducción</u>	123
2.4.2. <u>Sistema Aluvial Catalánide</u>	126
2.4.3. <u>Sistema Aluvial Pirenaico</u>	130
2.4.4. <u>Sistema Lacustre Catalán</u>	135

3. SEDIMENTOLOGIA DEL SISTEMA LACUSTRE CATALAN

3.1. LITOFACIES

3.1.1. <u>Litofacies evaporíticas</u>	139
3.1.2. <u>Litofacies carbonatadas</u>	151
3.1.3. <u>Litofacies organógenas</u>	164
3.1.4. <u>Litofacies areníticas</u>	166
3.1.5. <u>Litofacies lutíticas</u>	
3.1.5.1. Clasificación y descripción macroscópicas	177
3.1.5.2. Consideraciones en torno a la mineralogía de las arcillas en sedimentos continentales	184
3.1.5.3. Estudio mineralógico de las arcillas: resultados e interpretación	186
3.1.5.4. Consideraciones en torno a la geoquímica de algunos elementos en arcillas de origen continental	193
3.1.5.5. Estudio geoquímico de las arcillas: resultados e interpretación	196

3.2. DEPOSITOS LACUSTRES EVAPORITICOS DE LA FORMACION BARBASTRO

3.2.1. <u>Secuencias de litofacies</u>	200
3.2.2. <u>Secuencias del Mb. Artesa</u>	203
3.2.3. <u>Secuencias del Mb. Sallent</u>	205
3.2.4. <u>Secuencias de la Fm. Barbastro (s.e.) y del Mb. Copons</u>	207

3.3. DEPOSITOS LACUSTRES CARBONATADOS CON NIVELES DE CARBON ASOCIADOS. LA CUENCA LIGNITIFERA DE CALAF	
3.3.1. <u>Introducción</u>	208
3.3.2. <u>Secuencias de litofacies e interpretación</u>	210
3.3.3. <u>Los depósitos de carbón de la Cuenca lignitífera de Calaf</u>	
3.3.3.1. <u>Introducción</u>	213
3.3.3.2. <u>Características de los carbones</u>	215
3.3.3.3. <u>Distribución y tendencias acumulativas del carbón</u>	220
3.3.3.4. <u>Consideraciones generales y comparación con otras cuencas</u>	231
3.4. DEPOSITOS DE ABANICO TERMINAL DE LA FORMACION SURIA	
3.4.1. <u>Introducción: abanicos terminales actuales y antiguos</u>	234
3.4.2. <u>Secuencias de litofacies</u>	239
3.4.3. <u>Interpretación de las secuencias</u>	244
4. RELACION TECTONICA-SEDIMENTACION	
4.1. EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA	250
4.2. SECUENCIAS DEPOSICIONALES	256
5. CONCLUSIONES GENERALES	267
6. BIBLIOGRAFIA	275
7. APENDICES	
1. Lista del contenido paleontológico por perfiles y muestras	295
2. Tablas de porcentajes litológicos de los sondeos de la zona de Calaf	301
3. Método de muestreo y análisis de las facies lutíticas. Tablas de datos mineralógicos y geoquímicos	307
4. Láminas de fotografías	319

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1: Mapa de situación del área estudiada	2
Figura 2: Esquemas del contexto geológico-estructural del área estudiada	5
Figura 3: Mapa de las principales estructuras de plegamiento del sector oriental del área estudiada	11
Figura 4: Esquema de situación de los paneles de correlación de los perfiles estratigráficos	22
Figuras 5, 6 y 7 (desplegables): Paneles de correlación de los perfiles estratigráficos	22-23
Figura 8: Disposición esquemática N-S de las unidades estratigráficas estudiadas	94
Figura 9: Disposición esquemática E-W de las unidades estratigráficas estudiadas	95
Cuadro 1: Relación de los taxones de esporomoros fósiles según las muestras y unidades estratigráficas	98
Cuadro 2: Distribución cronoestratigráfica de las especies de carófitas estudiadas	103
Cuadro 3: Comparación de la distribución cronoestratigráfica de las especies de carófitas estudiadas con la distribución establecida para la Cuenca de Aquitania y Provenza francesa	105
Cuadro 4: Distribución cronoestratigráfica de las especies de mamíferos fósiles en los yacimientos del área estudiada	117

Figura 10: Esquema comparando la geometría y contexto estructural de los abanicos aluviales del margen pirenaico y del sector central del margen catalánide	127
Figura 11: Mapa de paleocorrientes del sector oriental del área estudiada	131
Figura 12: Esquema del modelo teórico de sedimentación de yesos nodulares, seleníticos y con laminación algal en el entorno de una laguna evaporítica de la Fm. Barbastro ..	145
Figura 13: Domos y hábitos cristalinos seleníticos	146
Figura 14: Modelo teórico de formación de las facies gipsareníticas del Mb. Yesos de Sallent	150
Figura 15: Tipos de litosomas areníticos de las unidades estudiadas según su geometría	167
Cuadro 5: Proporción relativa de minerales del grupo de las arcillas según las diferentes unidades estratigráficas y ambientes deposicionales en que se depositaron las lutitas	190
Figura 16: Secuencias de litofacies que implican términos evaporíticos de la Fm. Barbastro y sus miembros	201
Figura 17: Perfil estratigráfico de detalle del Mb. Artesa	202
Figura 18: Perfil estratigráfico de detalle del Mb. Sallent	204
Figura 19: Perfil estratigráfico de detalle del Mb. Copons	206
Figura 20: Perfil de detalle de la Fm. Calaf e interpretación de una secuencia de somerización	209

Figura 21: Mapa indicando la posición de los sondeos de prospección de lignito del área de Calaf y de los paneles de correlación de éstos	217
Figura 22: Corte esquemático del tramo con niveles de carbón de la Fm. Calaf construido a partir de la correlación de sondeos del Panel I (fig. 33)	218
Figura 23: Corte esquemático del tramo con niveles de carbón de la Fm. Calaf construido a partir de la correlación de sondeos del Panel II (fig. 34)	219
Figura 24: Mapas de porcentajes litológicos de la zona de Calaf	223
Figura 25: Modelo de sedimentación lacustre con depósitos de carbón de la formación Calaf	230
Cuadro 6: Comparación de las características principales de las cuencas lignitíferas de Calaf y Mequinenza	233
Figura 26: Perfil estratigráfico del Miembro Inferior de la Fm. Súrria	238
Figura 27: Perfil de detalle del Mb. Inferior de la Fm. Súrria, indicando los subambientes de abanico terminal distinguidos	241
Figuras 28 y 29: Esquemas de correlación de perfiles de detalle de la parte alta de una secuencia de abanico terminal del Mb. Inferior	242-243
Figura 30: Modelo de deposición de los depósitos lacustres y aluviales pirenaicos del área estudiada	245
Figura 31: Reconstrucción paleogeográfica del sector NE de la Cuenca del Ebro durante el tránsito Eoceno-Oligoceno	252-253

Figura 32: Esquema de la evolución tectono sedimentaria de la cuenca de antepaís surpirenaica durante el tránsito Eoceno-Oligoceno 258

Cuadro 7: Ensayo de correlación de las secuencias deposicionales del margen pirenaico y centro de la Cuenca del Ebro en su sector NE 263

Cuadro 8: Resumen de las características principales de las unidades estratigráficas estudiadas 268

Cuadro 9: Marcha analítica seguida para el estudio de las litofacies lutíticas 311

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Oriol Riba, como profesor, como director de esta tesis y como profundo conocedor de la geología de la Cuenca del Ebro, la ayuda que me ha brindado desde el inicio de los trabajos. Sus consejos en el campo y en el despacho, junto con los datos estratigráficos de base que ha puesto a mi disposición generosamente, han sido de una importancia decisiva en el desarrollo de la investigación.

También quiero destacar la valiosa ayuda proporcionada por mis compañeros y amigos los Dres. Lluís Cabrera y Juan José Pueyo. Con Lluís Cabrera (Dpto. Geología dinámica) he discutido extensamente los aspectos relacionados con la sedimentación lacustre carbonatada, la bioestratigrafía y el contexto general. Su crítica en el campo y su experiencia en problemáticas similares a la planteada, han resultado una ayuda insustituible. J.J. Pueyo (Dpt. Geoquímica) me ha ayudado a distinguir e interpretar las facies evaporíticas. Juntos, levantamos y muestreamos varios perfiles estratigráficos. Sus conocimientos de geoquímica han sido la base para el estudio de este aspecto en las lutitas.

Al Dr. Pedro Anadón (CSIC "Jaume Almera") quiero agradecerle los consejos y datos que ha ofrecido, sobre todo los relacionados con la bio y cronoestratigrafía. El y Lluís Cabrera recogieron una importante cantidad de muestras para separar carófitas y roedores.

Al Dr. Mariano Marzo (Dpt. G. Dinámica) le debo una larga serie de discusiones, algunas de ellas a pie de afloramiento. Sus ideas sobre la sedimentología de los depósitos aluviales y las unidades deposicionales de la Cuenca del Ebro han resultado una buena base para su estudio. Igualmente agradezco a los Dres. F. Colombo y P. Busquets, compañeros de departamento, sus consejos de toda índole y estímulo constantes.

Al Dr. Josep Antón Muñoz (Servei Geologic de la Generalitat) le agradezco la información de última mano que me ha ofrecido sobre la tectónica pirenaica, además de su rigurosa crítica sobre los aspectos estructurales.

En los aspectos bioestratigráficos han colaborado las siguientes personas:

Segundo Arbiol y los Dres. Jorge Agustí y Lourdes Casanovas del Instituto de Paleontología de Sabadell, con la clasificación de mamíferos fósiles. La Dra. Núria Solé (Dpt. G. Dinámica) con la clasificación de las muestras de esporomorfos y la discusión de los aspectos palinológicos. La Dra. Monique Feist y Sung Ja Choi (Universidad de Montpellier) con la clasificación de las carófitas. La Dra. Yvette Tambereau (Universidad de Lyon) y Carlos López (Dpt. G. Dinámica) con la clasificación y estudio de los ostrácodos. El Dr. Emiliano Jimenez (Universidad de Salamanca) con la clasificación de los restos de reptiles. El Dr. Elleberger con la clasificación y estudio de las pistas fósiles de aves.

En el análisis mineralógico y geoquímica de las arcillas me han ayudado las Dras. Montserrat Inglés y Laura Rosell del Dpt. de Geoquímica.

Con el Dr. Joaquin Villena (Universidad de Zaragoza) tuvimos una positiva discusión en el campo que me sirvió, sobre todo, para clarificar algunos aspectos sobre el significado de las secuencias deposicionales.

El Dr. D. Sherman (Imperial College de Londres) discutió conmigo algunos aspectos sedimentológicos de los depósitos evaporíticos. Los Dres. M. Talbot (Universidad de Bergen) y K. Kelts (EAWAG de Dübendorf) me dieron su opinión crítica y personal acerca de aspectos de la sedimentación lacustre carbonatada, al igual que el Dr. Peter Friend (Universidad

de Cambridge) lo hizo sobre los depósitos de abanico terminal.

J. Guimerà me dió datos personales sobre la tectónica del margen catalánide de la cuenca. J. Verges y A. Martínez hicieron lo mismo con el margen piranaico.

Valentin Dominguez y Estefani Dominguez de la empresa ENADIMSA colaboraron en la obtención y elaboración de datos estratigráficos a lo largo de los dos proyectos de IGME en los que hemos colaborado.

A los Sres. José Moya, Santiago Ramos, Guillermo Arrieta y José Luis Mieza de la empresa Unión de Explosivos Rio Tinto agradezco la amabilidad que tuvieron al poner a mi disposición el importante archivo de datos de subsuelo que tiene esa empresa en Cardona.

Enric Aragonés del Servei Geològic de la Generalitat me facilitó amablemente datos de sondeo de prospección de lignito del área de Calaf, al igual que hizo el Sr. Delfin Devant de la empresa Carbones Devant de Calaf.

Dolors Pi (CSIC "Jaume Almera") estudió y discutió las muestras de paleosuelos que recogimos en el campo. El Dr. Francesc Calvet (Dpt. Geoquímica) me dió su opinión y consejos sobre algunos aspectos de las facies carbonatadas. La Dra. Concepción Taberner y Rosa Utrilla (Dpt. Geoquímica) me ayudaron con el muestreo de facies lutíticas.

Joan Ros y, especialmente, Berta Andres elaboraron casi toda la parte gráfica de esta memoria. P. Chinchón (CSIC "Jaime Almera") realizó los difractogramas de Rayos X para el análisis de las muestras de lutitas y arcillas. Rosa M^a Castellanas llevó a cabo la parte mecanografiada de esta memoria. Ramón Castilla lavó varios cientos de kilos de muestra. Jordi Illa molturó las muestras para el análisis mineralógico y geoquímico. Adolfo Samper elaboró las

muestras de mano y microscópicas. Jordi Jimenez me echó una mano con las fotografías de microscopio. Miquel Canals diseñó la portada de la memoria. Ana Mendoza, Jose Luis Cuevas, Helena Catafau y Jorge Guillen me ayudaron en diversas tareas de elaboración del texto. Y en fin, agradezco a todas aquellas personas que me han contribuido a la realización de este trabajo.

Para la realización de esta Memoria se ha contado con la ayuda de una Beca de Formación del Personal Investigador del Ministerio de Educación y Ciencia.

1. INTRODUCCION

1.1. SITUACION GEOGRAFICA

Este trabajo abarca el estudio de los materiales terciarios continentales de la Cuenca del Ebro en un área comprendida entre los 2° 08' y los 0° 02' de longitud E y los 42° y 41° 35' de latitud Norte. En este área se han considerado dos sectores: uno oriental y otro occidental, estudiados con diferente grado de precisión. El sector oriental comprende un área de 35 km de anchura, entre 20 km al E de la transversal del río Llobregat y la transversal del río Segre; el sector occidental abarca una franja de 10 km de anchura que se extiende desde la transversal del río Segre hasta unos pocos kilómetros al Oeste del río Cinca (fig. 1).

El sector oriental, estudiado con mayor detalle, ocupa total o parcialmente las hojas 1:50.000 de la Cartografía Militar de España con los números: 331 (Puigreig), 363 (Manresa), 330 (Cardona), 362 (Calaf), 391 (Igualada), 329 (Ponts), 361 (Guissona) y 328 (Artesa). Este área corresponde a la totalidad o buena parte de varias comarcas catalanas de las provincias de Barcelona y Lleida: Bagès, Anoia, Solsonès, Segarra y Noguera. El sector está atravesado por cursos fluviales importantes como los ríos Llobregat, Cardener, Llobregós y Segre. En él se encuentran poblaciones importantes como Manresa, Súria, Cardona, Solsona, Calaf, Guissona, Ponts, etc., la mayoría de las cuales están enlazadas por vías de comunicación principales como las carreteras C-1410 (Manresa-Solsona), N-141 (Vic-Cervera) y C-1412 (Igualada-Ponts).

El relieve del sector oriental está condicionado por la existencia de sierras poco elevadas pero puntualmente abruptas como son las de Castelltallat, Las Garrigas, Solé, Castell y Pubill, además de por el fuerte encajamiento de la red fluvial. Las cotas más altas se sitúan en las sierras de Solé y Castelltallat donde se alcanzan los 1056 y 911 m de altura, respectivamente; la altura media del sector se sitúa en torno a los 400-600 m sobre el nivel del mar.

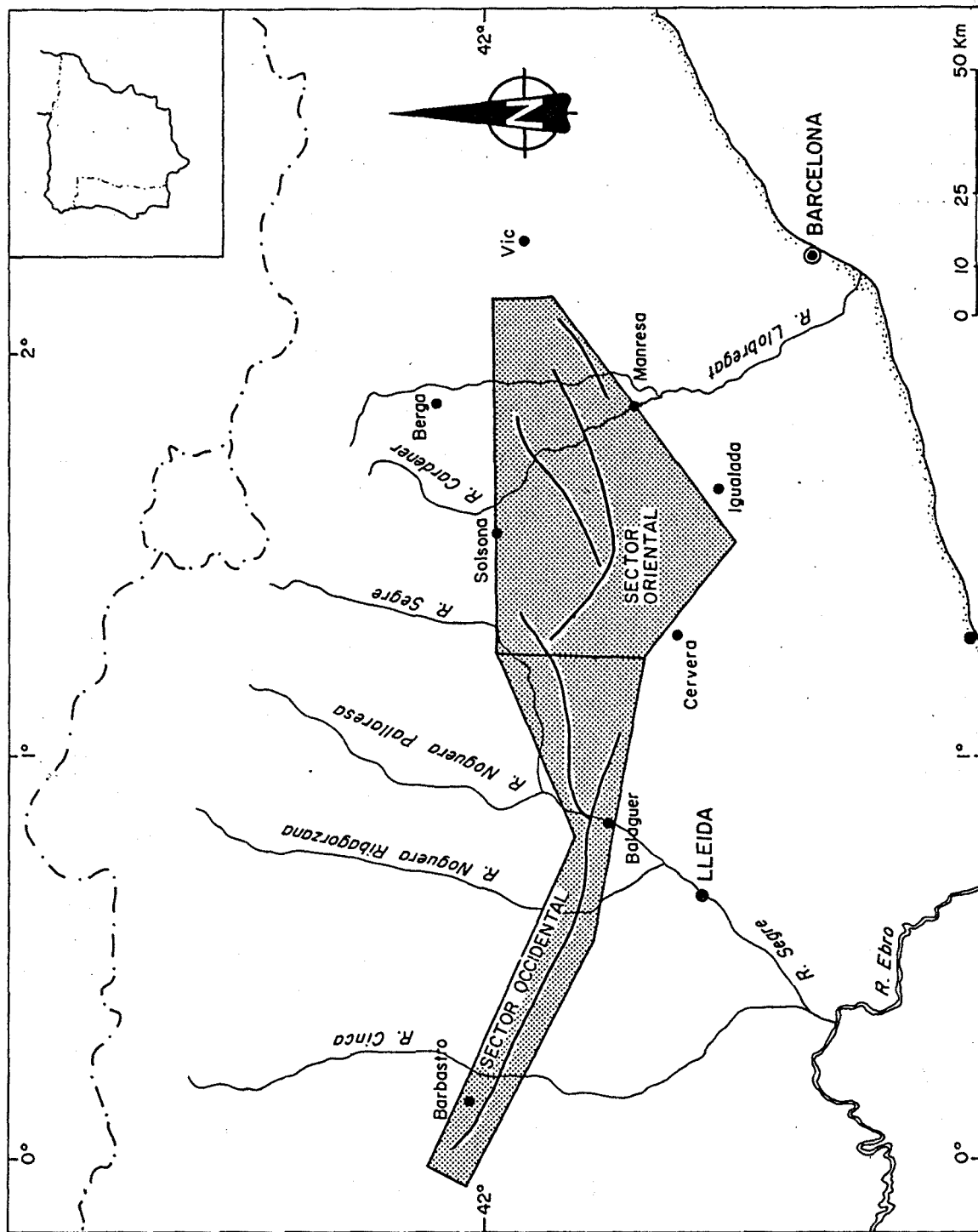


Figura 1. Mapa de situación del área estudiada. Con trazo grueso se indican las estructuras de plegamiento principales.

El sector occidental ocupa parcialmente las hojas 1:50.000 números: 327 (Os de Balaguer), 359 (Balaguer), 288 (Fonz), 287 (Barbastro), 325 (Peralta de Alcofea) y 326 (Monzón). En este área destacan las poblaciones de Balaguer y Alfarràs, en la provincia de Lleida, así como las de Tamarite de Litera, Barbastro y Binéfar, en la provincia de Huesca. Estas poblaciones se encuentran comunicadas por las carreteras C-148 (Tàrrega-Binéfar) y N-240 (Tarragona-San Sebastian).

En el sector oriental destacan las sierras de Coscollà y Larga. La mayor parte de la superficie del sector se situa entre los 300 y 500 m de altura sobre el nivel del mar.

1.2. ENCUADRE GEOLOGICO

1.2.1. Contexto global y regional

La Cuenca Terciaria del Ebro se sitúa en el sector NE de la placa Ibérica. En la actualidad, los márgenes de la cuenca los constituyen tres alineaciones estructurales que tuvieron, durante la sedimentación, entidad y actividad variables: los Pirineos al Norte, los Catalánides al Sureste y la Cordillera Ibérica al Suroeste.

La evolución estructural de estas tres alineaciones que rodean la Cuenca del Ebro, estuvo controlada por el desplazamiento relativo y colisión oblicua entre las placas de Eurásia y Africa, que tuvieron lugar desde el Cretácico superior hasta el Mioceno. A menor escala, durante el Cretácico superior y Paleógeno, y como consecuencia de la colisión entre la placa europea y la placa Ibérica, se produce un acortamiento N-S que afecta al Noreste de la Península Ibérica. El acortamiento mayor, de 100 a 120 km (HOSSACK y otros, 1984; MUÑOZ y otros, 1986), se produjo asociado a la formación del Pirineo, que se constituye así como el margen tectónico más importante de los que bordean la Cuenca del Ebro.

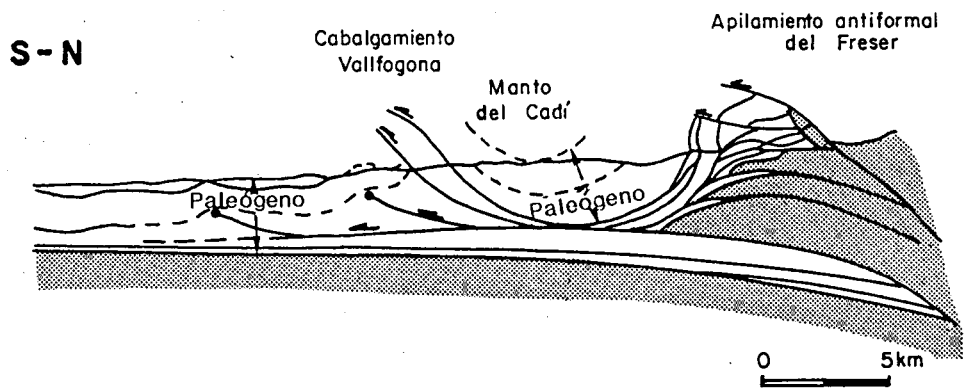
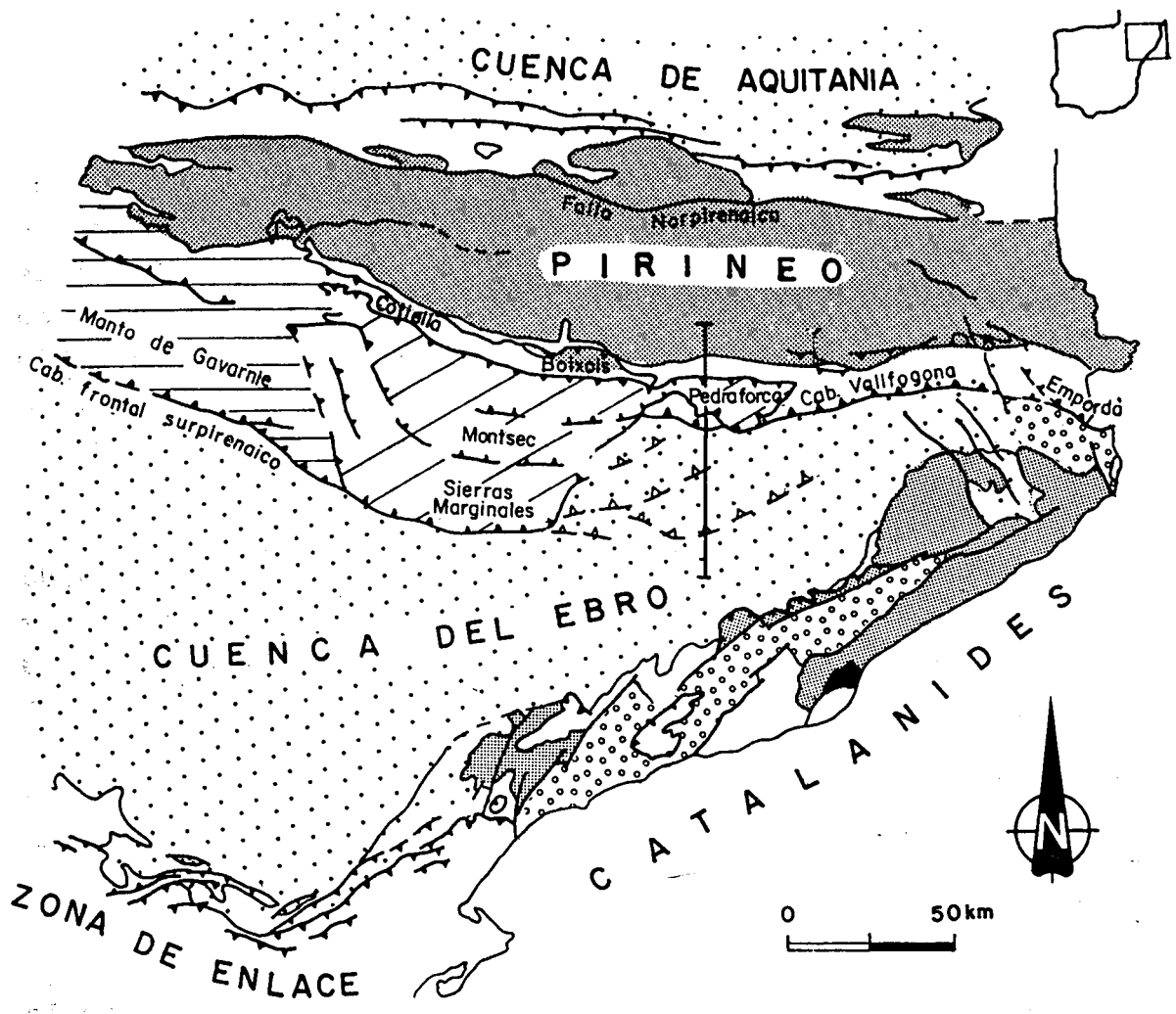
4.-

Los Pirineos constituyen un cinturón orogénico asimétrico de 200 km de ancho y más de 1500 km de largo en dirección E-W, en el que los mantos de corrimiento se desplazan hacia el Sur, hacia la Cuenca del Ebro. Este hecho configura la Cuenca del Ebro como una cuenca de antepaís surpirenaica, razón por la cual, su evolución sedimentaria está estrechamente ligada a los acontecimientos de la tectónica alpina pirenaica.

El límite entre lo que se considera antepaís plegado sur del Pirineo (en la parte Norte de la Cuenca del Ebro) y la zona surpirenaica (perteneciente al Pirineo propiamente dicho) viene señalado por el llamado cabalgamiento frontal surpirenaico.

Trabajos recientes (MUÑOZ y otros, 1986; PUIGDEFABREGAS y SOUQUET, 1986) distinguen las siguientes fases en la evolución del Pirineo meridional en su sector oriental:

1. Durante el Cretácico inferior se generan, al N de la actual Cuenca del Ebro, una serie de cuencas distensivas limitadas por fallas normales que buzcan hacia el N.
2. Durante el Cretácico superior, algunas de las estructuras de la fase anterior, pasan a ser planos de cabalgamiento (entre ellos el Cabalgamiento Superior del Pedraforca y el Cabalgamiento de Bóixols). Las unidades alóctonas formadas (Unidades Superiores más antiguas) están constituidas por potentes series de materiales del Cretácico inferior y su transporte se realiza en dirección S.
3. Durante el período de tiempo que va del Garumniense al Eoceno inferior, no hay constancia de movimientos tectónicos importantes.
4. Desde el Ilerdiense superior al Luteciense superior, involucrando materiales del Triásico, Jurásico, Cretácico, Garumniense y Eoceno inferior, se produce el desplazamiento hacia el S, de las Unidades Superiores más modernas (mantos de Cotiella, inferior del Pedraforca y Empordà).











- | | | |
|--|--|--|
|  ZOCALO HERCINICO |  Terciario incorporado en los mantos de corrimiento |  Materiales postorogénicos |
|  Mesoico |  Terciario de los Antepaíses |  Falla |
|  Cabalgamiento |  Cabalgamiento ciego | |

Figura 2: Mapa y corte esquemáticos mostrando el contexto geológico y estructural general en el que se inserta el área estudiada (adaptado de PUIGDEFABREGAS y otros, 1986 y MUÑOZ y otros, 1986).

6.-

5. A partir del límite Luteciense-Bartoniense se desarrolla un conjunto de unidades alóctonas que involucran materiales del zócalo hercínico y que constituyen, al N de los mantos superiores, el Manto del Cadí y el Apilamiento Antiformal del Fresser (que se colapsará en el Priaboniense). Frontalmente y por debajo de los mantos superiores, se empieza a formar, durante esta época, el Cabalgamiento de Vallfogona (fig. 2).

6. A partir del Priaboniense superior y al menos durante todo el Oligoceno inferior, el cabalgamiento de Vallfogona, que hasta el momento estaba en posición de rellano, pasa a una disposición de rampa respecto al bloque inferior, sobre la que se desplaza la unidad Cadí hacia el S. La emersión en la superficie sinorogénica del Cabalgamiento de Vallfogona creó el consiguiente relieve y generó, en su fase final, el actual margen Norte de la Cuenca del Ebro. En algunos puntos del frente tectónico final, el plano del cabalgamiento de Vallfogona puede coincidir con el plano del cabalgamiento inferior del Pedraforca. Este límite entre la Cuenca del Ebro y el Pirineo oriental, continúa hacia el Oeste a través del Cabalgamiento Frontal Surpirenaico (fig. 2).

Las otras dos alineaciones tectónicas que rodean la Cuenca del Ebro muestran estructuras menos complicadas que la pirenaica. La Cordillera Ibérica es una cadena de tipo intermedio, entre las que están dominadas por mantos de corrimiento y las que sólo lo están por pliegues superficiales (JULIVERT y otros, 1972). Tiene una dirección NW-SE y doble vergencia. El ámbito estructural de la Cordillera Ibérica se diferencia a partir del Mesozoico y se deforma bajo un régimen compresivo en el Terciario. La deformación se realiza a través de pliegues superficiales y pequeños cabalgamientos, fuertemente determinados por importantes fallas de zócalo (GUIMERA, 1984).

Las principales estructuras de las Cordilleras Costeras Catalanas o Catalánides son fracturas de zócalo prácticamente verticales, que constituyeron un sistema estructural paleógeno de tipo "strike-slip". Se trata de un sistema de fallas de dirección NE-SW, dispuestas "en échelon" y con juego sinistro. También se encuentran algunas fallas de zócalo transversales, orientadas NW-SE con desplazamientos menores. Todas estas fallas jugaron como fallas normales durante el Mesozoico. Después, durante la orogenia alpina, lo hicieron como fallas de dirección, asociadas a las cuales, se forman una serie de escamas cabalgantes hacia el N de importancia variable. De estas destacan, en el sector central de la cadena, la escama de Les Pedritxes y la de Els Brucs. Más tarde, durante la fase distensiva neógena, actuaron como fallas normales que generaron cuencas neógenas de tipo "rift" (ANADON y otros, 1982, 1985a).

1.2.2. La Cuenca del Ebro

Se consideran integrantes de la Cuenca del Ebro los sedimentos terciarios depositados continua y discontinuamente sobre los materiales paleozoicos hercinianos y mesozoicos que constituyen el zócalo de la cuenca.

La Cuenca del Ebro ocupa una superficie de aproximadamente 35.000 km², con una forma sensiblemente triangular cuyos lados, como ya se ha dicho anteriormente, los constituyen tres alineaciones montañosas los Pirineos al N, la Cordillera Ibérica al SW y las Cordilleras Costeras Catalanas al SE.

RIBA y otros (1986) señalan la dificultad que supone el intento de definir la Cuenca del Ebro en sentido estrictamente sedimentario. Esta dificultad se resume en los dos puntos: 1) la cuenca terciaria era más grande que la cuenca hidrográfica actual del río Ebro, de manera que parte de los terrenos terciarios antiguos (sobre todo paleocenos y

eocenos) se encuentran actualmente incorporados a los edificios estructurales de los Pirineos y Catalánides, y 2) por formar parte del antepais pirenaico plegado, la franja septentrional de la Cuenca del Ebro no corresponde a una típica depresión con relieve suave en la que las capas se disponen horizontalmente sino que, en esa franja, hay relieves topográficos relativamente significativos y las capas pueden inclinarse bastantes grados, llegando incluso a estar localmente invertidas.

El afloramiento de los terrenos terciarios de la Cuenca del Ebro se encuentra repartido de manera que los materiales más antiguos (paleógenos) afloran en sus bordes y zona oriental, mientras que los más modernos (neógenos) lo hacen en la parte central y occidental de la cuenca.

Un mapa de isobatas de la base del Terciario, realizado por O. RIBA en JULIVERT y otros (1972) muestra que, considerando la potencia total de los materiales terciarios, la máxima subsidencia ha tenido lugar al Norte de la cuenca, donde se registran espesores terciarios de más de 5000 m en la Rioja y de 3600 m Cataluña. En la parte meridional de la cuenca, al Sur de la línea Zaragoza-Lérida, los espesores no superan los 1000 m. A grandes rasgos, la base del Terciario en la Cuenca del Ebro se configura como una superficie relativamente plana que buza hacia el Norte.

Asimismo, existe una marcada disimetría de N a S en lo que al reparto de las unidades cronoestratigráficas se refiere. Mientras que en el margen pirenaico, existe una potente serie de materiales marinos hasta el Eoceno superior, ésta no está presente en el margen Sur, en donde faltan por completo las facies marinas en todo el registro terciario.

Considerando la Cuenca del Ebro en su mayor extensión, la sedimentación en su parte Norte, fue continua desde el Cretácico superior, presentándose las clásicas facies garumnienses. En las demás zonas, los materiales terciarios se presentan en disconformidad o en discordancia angular

sobre muy diversos materiales preterciarios.

Durante el Cenozoico, en la Cuenca del Ebro se producen una serie de cambios paleogeográficos acusados, debidos a movimientos orogénicos y subsidencia diferencial. Estos cambios han originado, en el espacio y en el tiempo, una contrastada variedad de facies tanto marinas como continentales. RIBA y otros (1986) señalan que segun los mapas de isobatas en la Cuenca del Ebro se diferencian dos depocentros sedimentarios: uno en Navarra-Rioja y otro en Cataluña, separados por el alto estructural aragonés de Los Monegros. Esta diferenciación se inicia seguramente a partir del final del Eoceno (O. RIBA y J.A. MUÑOZ, comunicación oral).

Por lo que respecta a la parte catalana de la cuenca, PUIGDEFABREGAS y otros (1986) distinguen tres grandes ciclos sedimentarios, separados por episodios evaporíticos importantes y condicionados por la actividad tectónica pirenaica. A grandes rasgos, a modo de resumen y teniendo en cuenta en cada momento la extensión real de la cuenca, estos ciclos son:

1) Ciclo Ypresiense-Luteciense basal:

En este ciclo, la Cuenca del Ebro tiene su límite septentrional unos 60 kilómetros más al N del su actual límite con los Pirineos. Teniendo en cuenta aquel límite, el zona Norte de la cuenca, está ocupada por materiales marinos de procedencia atlántica. Los situados más al Norte corresponden sucesivamente, con el paso del tiempo, a ambientes lutíticos profundos (Fms. Sagnari y Campdevàno), deltaicos (parte superior de la Fm. Sagnari y Fm. Coronas) y de talud (Fms. Vallfogona). Hacia el Sur, estos ambientes pasan a una extensa plataforma carbonatada (Fms. Cadí, Orpí y Peña), excepto en los momentos de máxima regresión procedente del margen S de la cuenca. Este margen, que ocupa practicamente los 2/3 meridionales de la actual cuenca, está siempre ocupado por materiales detríticos rojos de procedencia S y SE (Fm. Pontils).

Al final del ciclo, coincidiendo con el descenso generalizado del nivel del mar y las fases finales del emplazamiento del manto del Pedraforca y Empordà (CLAVELL y otros, 1987), en el centro y margen Norte de la cubeta se produce una sedimentación evaporítica generalizada (Fm. Beuda).

II) Ciclo Luteciense basal-Priaboniense

En este período de tiempo, el margen N está inicialmente ocupado por aparatos deltaicos progradantes hacia el S (Fms. Banyoles, Barcons, Coll de Malla, Bellmunt, ...). La zona central corresponde a una plataforma carbonatada (Fm. Tavertet), y el margen Sur está ocupado por materiales detríticos rojos (Fm. Orpí).

Hacia la mitad del ciclo, la plataforma carbonatada desaparece como respuesta a la restricción progresiva a que se ve sometida la cuenca. Entonces, la zona central de la cubeta queda ocupada por los depósitos de frente deltaico (Fm. Milany) y prodelta (Fm. Igualada). En el margen SE se desarrolla un frente de abanicos deltaicos que vierten sus aportes hacia el centro de la cuenca (Fms. Montserrat y St. Llorenç de Munt).

Al final del ciclo, coincidiendo con el descenso generalizado del mar Priaboniense y movimiento en rellano del cabalgamiento de Vallfogona, en la zona central de la cuenca se deposita una potente serie evaporítica todavía en facies marina (Fm. Cardona).

III) Ciclo Priaboniense-Oligoceno:

Durante este ciclo el mar ya se ha retirado definitivamente de la cubeta catalana y de la navarra, por lo que la Cuenca del Ebro se convirtió, en una cuenca de sedimentación estrictamente continental y endorreica. La tectónica activa de los márgenes N y SE crean relieves importantes que provocan la formación de abanicos aluviales

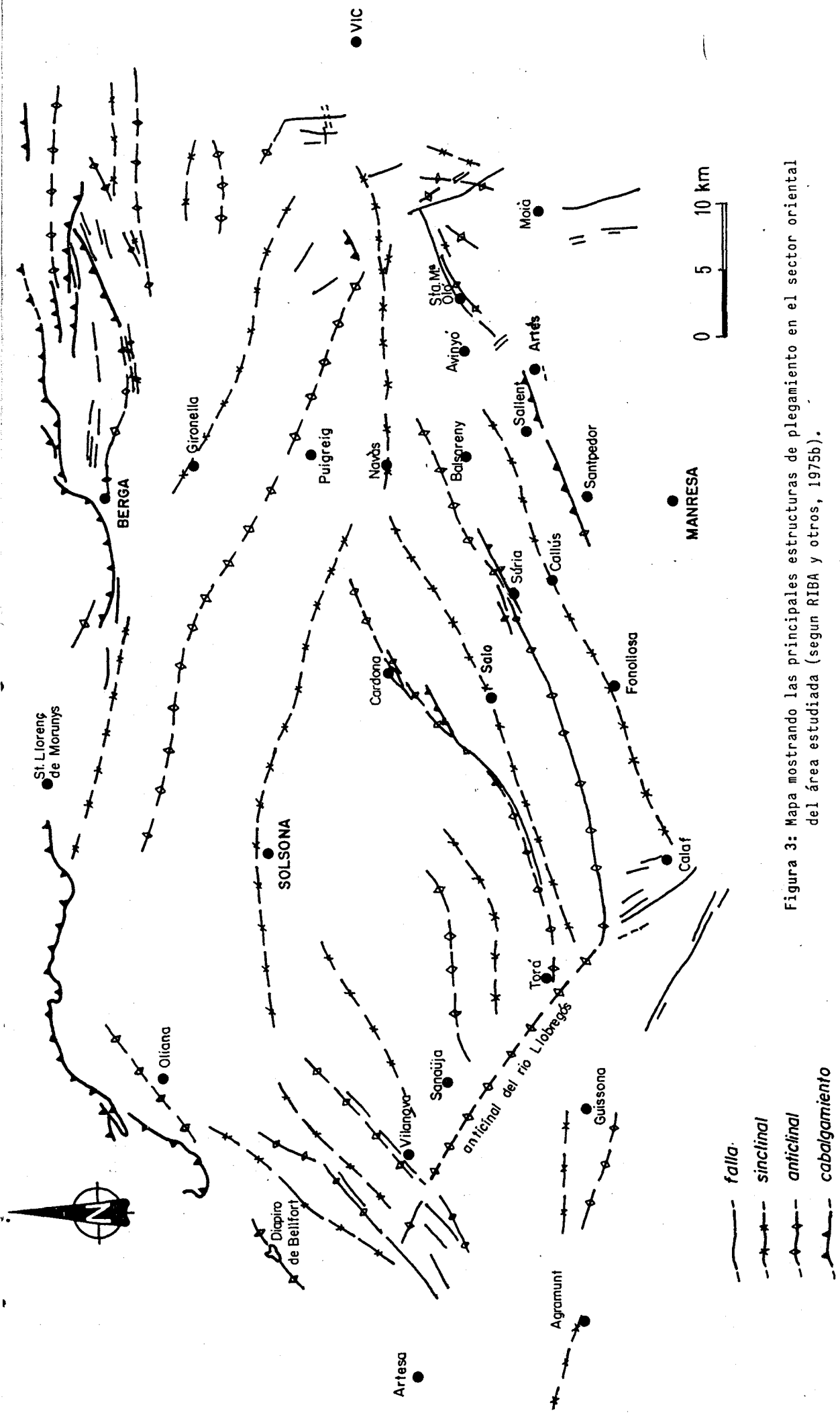


Figura 3: Mapa mostrando las principales estructuras de plegamiento en el sector oriental del área estudiada (segun RIBA y otros, 1975b).

conglomeráticos adosados a ellos (Fms. Berga, Montsant, St. Miquel y parte superior de las Fms. de Montserrat y St. Llorenç de Munt). Estos abanicos pasan hacia centro de cuenca a sistemas fluviales distributarios (Fms. Artés, Solsona, y Peraltilla entre otras) y más a centro de cuenca a depósitos lacustres (Fms. Barbastro, Calaf, Tàrraga, etc.).

1.2.3. Estructura del área estudiada

La estructura del área que nos ocupa responde a dos factores de importancia:

a) los movimientos, hacia el Sur, de los mantos de corrimiento surpirenaicos, los cuales afectan tanto a los materiales continentales como a los evaporíticos marinos, y

b) los movimientos halocinéticos, generalmente ascensionales, de los materiales evaporíticos marinos, que constituyen el substrato de los depósitos continentales estudiados (Fm. Cardona). En las zonas donde es importante la potencia de los depósitos evaporíticos de origen continental (Fm. Barbastro), estos materiales se diapirizan junto con los salinos de la Fm. Cardona.

Inicialmente, los movimientos de los mantos pirenaicos son los responsables de la formación de una serie de pliegues de complejidad variable, presentes en ambos sectores del área estudiada, y de su vergencia. La misma tectónica pirenaica provoca la formación de una familia de fracturas de importancia variable, orientadas predominantemente en dirección N-S.

En el sector oriental, la mayor parte de los materiales están plegados (fig. 3). Al Este del sector, alternan los anticlinales y sinclinales con eje paralelos orientados en dirección NE-SW. Desde los sectores septentrionales a los más meridionales, los principales pliegues son:

Anticlinal de Vilanova de l'Aguda
 Anticlinal de Cardona
 Sinclinal de Salo
 Anticlinal de Súria - Navàs
 Sinclinal Fonollosa - Callús
 Anticlinal Sallent - Sta. M^a de Olib

Los anticlinales son pronunciados y complejos, tratándose en realidad de estructuras antiformales. En la zonas de mayor deformación diapírica, los anticlinales se hallan intensamente fracturados y ligados a la extrusión de material salino. Los sinclinales son simétricos, de radio amplio y flancos suavemente inclinados.

Las estructuras de Cardona y Súria son las que constituyen un relieve mayor. Ambas estructuras son anticlinales dobles con vergencia opuesta; el anticlinal de Cardona tiene vergencia Sur y el de Súria vergencia Norte. En ambas estructuras llegan a invertirse localmente las capas (RIBA, 1967; WAGNER y otros, 1971; MALMSHEIMER y MENSINK, 1979).

O. RIBA (comunicación oral) señala la posibilidad de que las estructuras anticlinales correspondan a fallas de substrato eoceno pertenecientes a dos familias de orientación NE-SW y NW-SE. PUIGDEFABREGAS y otros (1986) y MUÑOZ y otros (1986) interpretan los anticlinales de Súria y Cardona como la deformación en superficie de dos cabalgamientos ciegos fosilizados por materiales continentales. Estos cabalgamientos tendrían su nivel de despegue entre los materiales eocenos marinos, sin mayor precisión. Los planos de estos cabalgamientos se entroncan hacia el N con el Cabalgamiento de Vallfogona (fig. 2).

A la altura de la población de Torà, los anticlinales de Súria y Cardona se unen para formar un sólo anticlinal (Anticlinal de Sanaüja). Este anticlinal tiene una dirección NW-SE, siguiendo el valle del río Llobregós hasta la localidad de Ponts, donde queda cortado por la rampa lateral del Segre.

En el sector occidental, los frentes de cabalgamiento pirenaicos se encuentran muy próximos o incluso coinciden con los pliegues del antepaís deformado, que están representados fundamentalmente por el anticlinal de Balaguer-Barbastro orientado en dirección ESE-WNW.

MARTINEZ y POCOVI (1986) afirman que, al menos en el sector de S. Esteban de Litera, la estructura de cabalgamiento que corresponde al núcleo del anticlinal Balaguer-Barbastro, representa el amortiguamiento final de los desplazamiento hacia el Sur de la cobertera surpirenaica. El nivel de despegue de esta estructura, según los mismos autores, se sitúa a techo del Terciario marino, en la base de las evaporitas continentales

Además, del de Balaguer, en la parte Este del sector occidental, se encuentran los anticlinales de La Sentiu y Montclar. Geométricamente, el anticlinal de La Sentiu es en realidad la prolongación al otro lado del río Segre del anticlinal de Balaguer-Barbastro, mientras que el anticlinal de Montclar sigue una dirección E-W, uniendo la estructura del río Llobregós con la de Balaguer-Barbastro (fig. 1).

Respecto a la edad del plegamiento no diapírico, el presente estudio confirma que la sedimentación lacustre del área estudiada, tanto la del Priaboniense superior como la del Estampiense inferior no se ve afectada, aparentemente por un posible relieve creado, ya que las unidades lacustres ocupan ambos flancos de las estructuras anticlinales, y las paleocorrientes de los depósitos de procedencia pirenaica se disponen perpendicularmente a los ejes anticlinales. En el mismo sentido, en los flancos de los anticlinales del sector oriental no se distinguen discordancias sintectónicas salvo, quizás, en la zona de Ponts, donde RIBA y otros (1975) señalan la presencia de una discordancia que afecta a los materiales detríticos rojos. Según la edad atribuida a los materiales de esta zona, como veremos en los capítulos siguientes, esta discordancia, muy localizada y situada en el extremo W del sector oriental, tendría una edad próxima al límite Priaboniense-Estampiense, seguramente oligocénica.

De lo dicho, se deducen dos posibilidades acerca de la edad del plegamiento no diapírico de los materiales del sector oriental:

a) los impulsos tectónicos más importantes del plegamiento debió de producirse posteriormente a la deposición de los materiales lacustres más modernos estudiados, es decir, posteriores al Estampiense inferior, o

b) el plegamiento se produjo durante, y seguramente también después, de la deposición de los materiales lacustres priabonienses superiores y estampienses inferiores.

Para aceptar la segunda posibilidad habría que admitir que la deformación tuvo un carácter lo suficientemente progresivo, como para no crear paleorelieves importantes que condicionaran la paleogeografía de los ambientes lacustres, ya que éstos se disponen, con continuidad, en ambos flancos de las estructuras anticlinales.

Por lo que respecta a la actividad diapírica, ésta es siempre posterior a la formación de los pliegues mayores aunque normalmente se encuentre asociada a estas estructuras. Salvo en puntos muy localizados en que el movimiento halocinético es evidente, es difícil discriminar que parte del plegamiento actual corresponde a la actividad estrictamente diapírica y que parte a la tectónica pirenaica.

Destacan las estructuras diapíricas de Cardona y Súrria, en las que los depósitos detríticos llegan a ser perforados por completo, extruyendo el material salino de la Fm. Cardona. Estas estructuras tienen forma circular y un radio de unos pocos kilómetros. El diapirismo debió iniciarse cuando las evaporitas de la Fm. Cardona y la Fm. Barbastro estaban recubiertas por varios cientos de metros de espesor de sedimentos continentales, de manera que la presión litostática ejercida sobre aquellas fuera lo suficientemente

importante como para iniciar la halocinesis. Por tanto los mayores movimientos diapíricos son seguramente postoligocénicos, prolongándose hasta el Pleistoceno, como así lo atestiguan las terrazas deformadas de esa edad en Cardona (SOLE SABARIS, 1953; RAMIREZ y otros, 1975b; PUEYO y SAEZ, 1986) y Callús, en el sector oriental, y las de los ríos Segre y Sió al N de Balaguer, en el sector occidental (SOLE SABARIS, 1953).

1.3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA

El presente estudio forma parte de la línea de investigación que el Grupo de Estratigrafía y Geología Histórica de la Universidad de Barcelona del Departamento de Geología Dinámica de la misma universidad ha emprendido, desde hace más de 10 años, sobre las formaciones terciarias de la Cuenca del Ebro.

En esta línea se inscriben las tesis doctorales de P. ANADON (1978), F. COLOMBO (1980), P. BUSQUETS (1981) y Ll. CABRERA (1983). Todos estos trabajos se enmarcan en sectores de influencia de los márgenes catalánide y pirenaico de la cuenca, si bien, el último citado presta especial atención a las formaciones lacustres de sectores más internos de la cuenca.

Más directamente relacionados con el tema y área específicos que se abordan en esta memoria, son los trabajos que O. RIBA y colaboradores han realizado sobre la estratigrafía de la zona central catalana de la Cuenca del Ebro (RIBA, 1967; RIBA y otros 1975a, 1975b; RAMIREZ y otros 1975a, 1975b, 1975c). Estos trabajos han constituido una base estratigráfica sólida, a partir de la cual se han podido abordar en este estudio aspectos más concretos de la estratigrafía y especialmente la sedimentología del área de interés.

En esta memoria no se estudian con el mismo detalle todas las unidades presentes en la región. El objetivo primordial que nos hemos propuesto es encuadrar la problemática y el contexto general de las formaciones lacustres del sector central de la parte catalana de la Cuenca del Ebro, durante el tránsito Eoceno-Oligoceno. En orden a la consecución de este objetivo general ha habido que:

- Recopilar la bibliografía existente sobre la temática y área que nos ocupan. En este sentido cabe destacar el esfuerzo realizado para obtener la máxima información procedente de los numerosos sondeos realizados en el sector oriental estudiado. También ha sido significativo el trabajo de integración de datos paleontológicos, mineralógicos y geoquímicos ya existentes en trabajos anteriores.

- Levantar en el campo perfiles detallados (a escala 1:100 y mayores dentro de ellos) en los cortes mejor expuestos y de éstos los que ocupan una posición más estratégica dentro del contexto geológico. De esta manera se han levantado 23 perfiles con un total de 10445 m registrados (22 de los cuales se encuentran representados a escala 1:500 en el volumen anexo de esta memoria).

- Muestrear los perfiles de mayor interés y rango estratigráficos con objeto de reconocer la presencia de niveles fosilíferos, y a través de ellos poder obtener una información crono y bioestratigráfica lo más precisa posible. En este sentido se han recogido un total de 97 muestras repartidas en 9 perfiles.

- Realizar una cartografía regional del sector oriental a escala 1:100.000 en la que se representen las nuevas unidades estratigráficas definidas en la memoria del trabajo. Esta cartografía se ha sintetizado a partir de datos propios, de RIBA y otros (1975a), RAMIREZ y otros (1975a, 1975b, 1975c), PEON y otros (1975) e IGME (1985, 1986).

- Tratar con ordenador los datos de sondeos de exploración de carbón del área de Calaf, con objeto de establecer un modelo evolutivo y conocer las tendencias de acumulación de carbón en dicha área.

- Muestrear estratégicamente los niveles de lutitas en los perfiles seleccionados para realizar un análisis mineralógico de roca total y arcillas y un análisis geoquímico de elementos traza y mayoritarios en estas últimas. En este sentido se recogieron un total de 61 muestras en 5 perfiles.

- Recoger muestras de mano de aquellas facies lacustres significativas, sobre todo carbonatadas y evaporíticas, con objeto de realizar secciones pulidas y láminas delgadas, y así poder estudiar a mayor detalle sus características.

Como se ve, muchas de estas tareas se orientan a precisar al máximo las correlaciones y datación de las unidades, a fin de controlar los cambios laterales de facies que a su vez reflejan los paleoambientes. Siempre que ha sido posible, para este cometido, se ha contado con los datos de subsuperficie. En el área estudiada existen tres tipos de sondeos encaminados respectivamente a la exploración de petróleo, potasas y carbón. De estos sondeos, han sido de especial utilidad los de prospección de carbón ya que, a diferencia del resto, fueron realizados en toda su longitud con testigo continuo y por tanto sus columnas estratigráficas tienen una mayor fiabilidad y precisión.

Para el establecimiento de la cronoestratigrafía, se ha puesto especial interés en el muestreo de niveles favorables a la presencia de carófitas y mamíferos fósiles, ya que son estos dos grupos los que en los depósitos continentales suelen permitir el establecimiento de una biozonación local. La biozonación local obtenida, se ha relacionado a su vez con la biozonación establecida de manera general para Europa occidental.

El límite inferior del trabajo viene marcado por el inicio de la sedimentación continental después de la regresión priaboniense ocurrida en el área estudiada. El límite superior lo marcan, indistintamente, el final del afloramiento de las unidades lacustres paleógenas en el área estudiada (debido al hundimiento de los ejes de las estructuras anticlinales) y/o la ausencia en el registro sedimentario de depósitos lacustres por cambio lateral de facies.

2. ESTRATIGRAFIA

2.1. ANTECEDENTES E INTRODUCCION

Hasta la fecha son varios los trabajos de carácter estratigráfico publicados sobre la totalidad o gran parte de los materiales paleogenos continentales del NE de la Cuenca del Ebro: RIBA (1967, 1971), IGME (1971), SOLE SABARIS (1972), RIBA y otros (1975b), BUSQUETS y otros (1986), RIBA y otros (1986). También existen trabajos que abarcan el estudio de sectores más reducidos de ese área y materiales de la Cuenca del Ebro: LARRAGAN y otros (1950, 1951), QUIRANTES (1969), IGLESIAS (1970), RAMIREZ y otros (1975a,b,c), PEON y otros (1975), RIBA y otros (1975a) y WEISS (1980).

En la mayoría de estos trabajos, los autores mencionan una serie de unidades estratigráficas sin llegar a definir las formalmente. En los trabajos se describen las características generales de las unidades en cada sector concreto de la cuenca sin, por ejemplo, señalar un perfil tipo o abundar en la geometría, edad y significado paleoambiental de las unidades.

En un trabajo reciente (SAEZ y RIBA, 1986) y en este capítulo, se definen formalmente y describen cada una de las unidades terciarias continentales que han sido aquí objeto de estudio detallado, es decir, aquellas unidades de edad terciaria, especialmente las de origen lacustre, situadas en el centro de la parte catalana de la Cuenca del Ebro. Para la definición de las nuevas unidades, se ha tratado, en la medida de lo posible, de integrar el máximo de datos estratigráficos publicados anteriormente. Igualmente, se ha intentado respetar la mayor parte de nombres propios de las unidades informales citadas en la bibliografía, con objeto de evitar confusiones terminológicas.

El resultado final de este trabajo estratigráfico se traduce en que, dentro del área estudiada, se han definido formalmente un total de 5 formaciones estratigráficas (de influencia lacustre) y 6 miembros estratigráficos dentro de ellas:

- * Formación Yesos de Barbastro
 - Miembro Yesos de Sallent
 - Miembro Yesos de Copons
 - Miembro Yesos de Artesa

- * Formación Limolitas de Torà

- * Formación Calizas de Castelltallat
 - Miembro Calizas de Moià

- * Formación Areniscas de Súria
 - Miembro Inferior
 - Miembro Superior

- * Formación Lignitos de Calaf

Además, se han estudiado parcialmente tres unidades de carácter aluvial:

- * Formación Molasa de Artés
- * Formación Molasa de Solsona
- * Formación roja de Peraltilla

Estas tres formaciones no se han llegado a definir formalmente en este trabajo debido a su gran extensión y a la falta de un estudio de detalle, comparable al realizado con las formaciones lacustres; no obstante, el estudio de los sectores con depósitos aluviales más directamente relacionados con los depósitos lacustres, conlleva a que en este capítulo se aporten nuevos datos estratigráficos y sedimentológicos de estas unidades en las zonas más estudiadas. Además hay que indicar, que la totalidad o parte de los depósitos de alguna de las formaciones lacustres-aluviales definidas ahora formalmente (Fm. Súria, por ejemplo), se consideraban integradas, con anterioridad a este trabajo, en alguna de las tres formaciones aluviales mencionadas. A partir de ahora, esas unidades informales

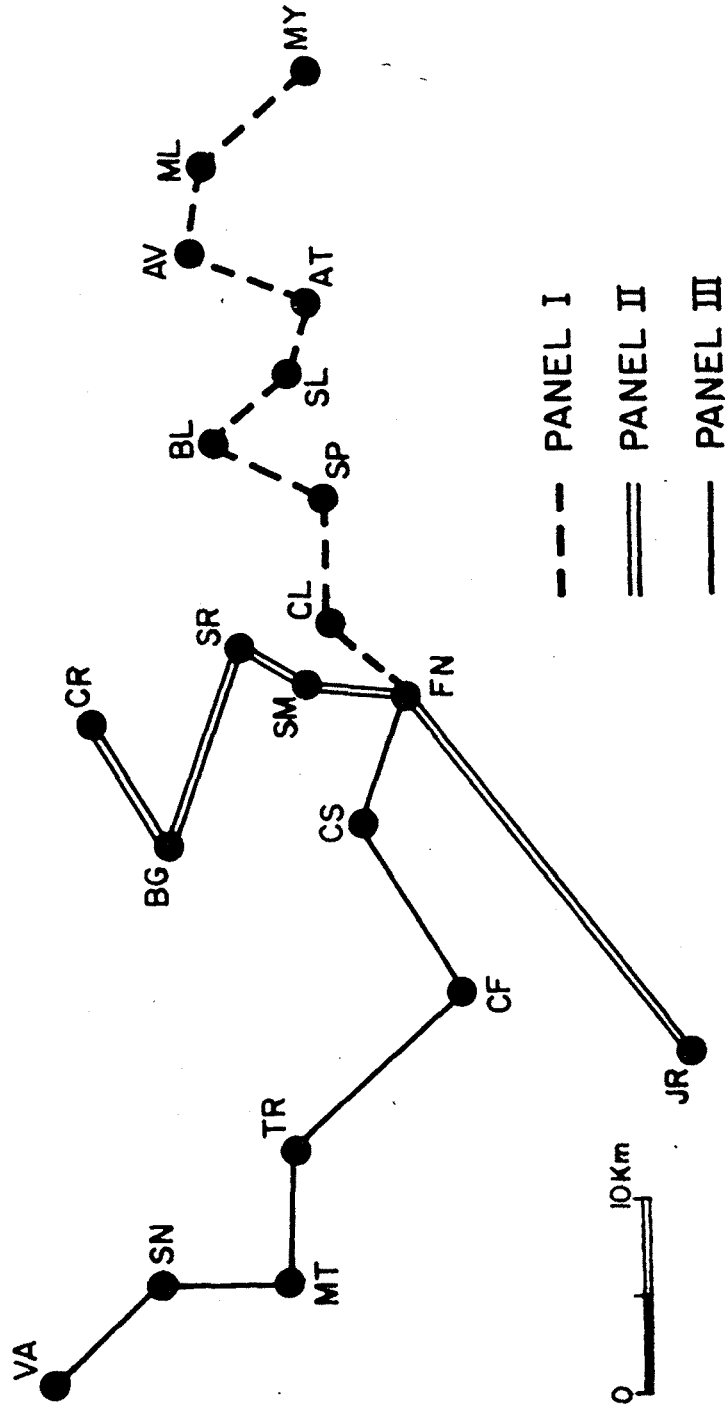


Figura 4: Situación de los paneles de correlación de perfiles estratigráficos (MY: Moià, ML: Sta. Ma de Oló, AV: Avinyó, AT: Artés, SL: Sallent, BL: Balsareny, SP: Santpedor, CL: Callús, FN: Fonollosa, CR: Cardona, BG: Bergús, SR: Súria, SM: St. Mateu de Bages, JR: Jorba, CS: Castelltallat, CF: Calaf, TR: Torà, MT: Massoteres, SN: Sanaüja, VA: Vilanova de l'Aguda).

PRIABONIENSE SUPERIOR	PM-1	ESTAMPIENSE INFERIOR	PM-3	EDAD.	BIOZONAS MAMIFEROS
	PC-1		PC-2		BIOZONAS CAROFITAS
			PC-3		

-W-

FONOLLOSA

CALLÚS

SANTPEDOR

SALLENT

ARTÉS

AVINYÓ

STA. M^o OLÓ

-E-

MOIÀ

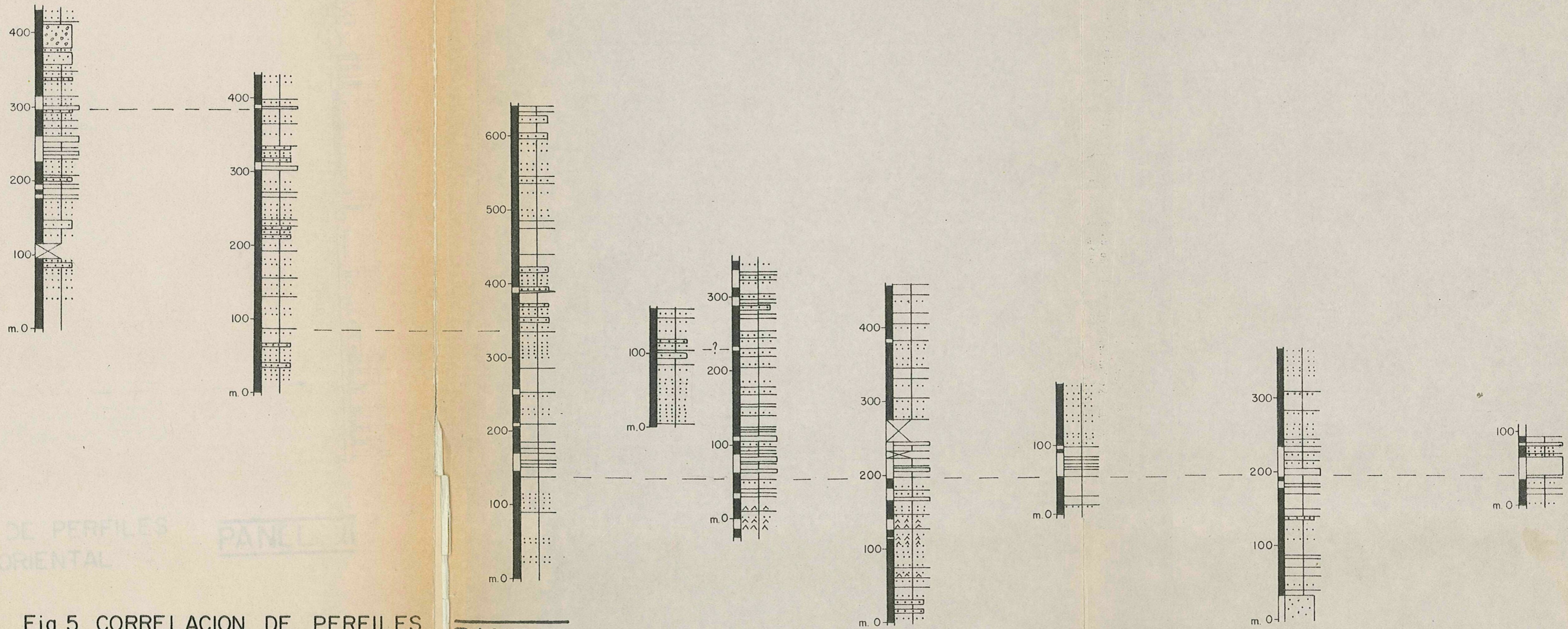


Fig.5 CORRELACION DE PERFILES DEL SECTOR ORIENTAL

PANEL I