

Bioestratigrafía y litoestratigrafía del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior del sector oriental de la Cuenca Surpirenaica

JOSEP TOSQUELLA y JOSEP M^a SAMSÓ

Departament d'Estratigrafia i Paleontologia, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes, BARCELONA-08071.

RESUMEN

Se ha realizado la revisión de las unidades litoestratigráficas del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior del sector oriental de la Cuenca Surpirenaica. Se han estudiado las asociaciones de macroforaminíferos (nummulítidos y alveolínidos) de estas unidades y se han asignado a las biozonaciones de alveolínidos y de nummulítidos.

En el sector oriental de la Cuenca Surpirenaica, la Formación Cadí y la Formación Sagnari presentan un rango cronoestratigráfico del Ilerdiense inferior a la base del Cuisiense, la Formación Coronas del Cuisiense inferior a la base del Cuisiense medio, la Formación La Peña y la Formación Armàncies del Cuisiense medio a la base del Luteciense inferior. La Formación Campdevàrol presenta una asociación de nummulítidos reelaborados que corresponde, como mínimo, a la parte alta del Luteciense inferior.

Palabras Clave: Bioestratigrafía, Litoestratigrafía, Macroforaminíferos, Paleoceno Superior-Eoceno Inferior, Cuenca Surpirenaica oriental.

ABSTRACT

This work is a revision of the Upper Paleocene-Lower Eocene lithostratigraphic units in the Southpyrenean basin and their larger foraminiferal assemblages (nummulitids and alveolinids). We assign the various assemblages to their respective alveolinid and nummulitid biozones.

In the eastern part of the Southpyrenean Basin the Cadi and Sagnari formations present a nummulitid assemblage with a chronostratigraphic range from the early Ilerdian to the lowermost Cuisian. The lower part

of the Coronas Formation hosts an alveolinid assemblage belonging to the early Cuisian, whereas the uppermost part of this unit belongs to the middle Cuisian shown by magnetostratigraphic data. The La Peña and Armàncies formations present a nummulitid assemblage with a chronostratigraphic range between the middle Cuisian and the lowermost Lutetian. Finally, the Campdevàrol Formation includes a reworked nummulitid assemblage that allows us to state the chronostratigraphic position of this unit as being no older than the late early Lutetian.

Key Words: Biostratigraphy, Lithostratigraphy, Larger Foraminifera, Upper Paleocene-Lower Eocene, Eastern Southpyrenean Basin.

ENGLISH ABRIDGED VERSION

UPPER PALEOCENE - LOWER EOCENE BIOS- TRATIGRAPHY AND LITHOSTRATIGRAPHY OF THE EASTERN SOUTH-PYRENEAN BASIN

This work is a revision of the Upper Paleocene-Lower Eocene lithostratigraphic units in the easternmost part of the Southpyrenean Basin (Fig. 1) and their larger foraminiferal assemblages (nummulitids and alveolinids). We assign the assemblages to their respective alveolinid biozones (Hottinger, 1960) and nummulitid biozones (Schaub, 1981), and correlate these biozones with the new larger foraminiferal biozones ("Shallow Benthic Zones" or SBZ) according to Serra-Kiel *et al.* (1998).

The lithostratigraphical units used here (Fig. 2, table 1) are Cadí Formation, Sagnari Formation, Corones Formation, La Peña Formation, Armàncies Formation and Campdevànol Formation. These units have been studied by several authors before, we refer to their findings in the text. Table 1 shows the terminology used here and their equivalences with that used by previous authors.

The biostratigraphy of the units was drawn primarily from nummulitid data in Tosquella (1995), with the addition of data found in Hottinger (1960) and revised data in Samsó (1989) on alveolinids.

Cadí Formation

Constituted by limestones and marly limestones with abundant alveolinids and nummulitids, representative of shelf sedimentation during the Ilerdian and early Cuisian. In the internal sectors of the basin, the Cadí Formation changes laterally to the marly sediments of the Sagnari Formation. Both formations overlie the continental sediments of Garumnian facies. The upper boundary of the Cadí Formation is a marked contact with the overlying marly-silty materials of the upper part of the Sagnari Formation. The Cadí Formation is especially well-represented in the eastern (Empordà and Garrotxa) and western (Serra de Cadí) margins of the basin.

The main parts observable in this formation are the following (Fig. 3):

- **Cadí a.** Lower, massive carbonate part with corallgal facies. The alveolinid association observed at the base of this part is representative of the biozones of *Alveolina cucumiformis* and *A. ellipsoidalis*, and of the SBZ5 and 6 corresponding to the Early Ilerdian 1 and 2 respectively. The rest of this part is not well biostratigraphically represented by larger foraminifers.
- **Cadí b.** Part of marly limestones and marls with nummulitids and siliceous nodules. The nummulitid association observed in this part is representative of the biozones of *Nummulites exilis-Assilina leymeriei* or SBZ8, of the middle Ilerdian 2.
- **Cadí c.** Calcarenitic part with cross stratification of middle and large scale. The alveolinid association observed is representative of the biozone of *Alveolina corbarica* or SBZ8, of the middle Ilerdian 2.
- **Cadí d.** Upper, marly part with intercalations of limestones with an association of alveolinids representative of the biozones of *Alveolina trempina* and *A.*

oblonga, SBZ9 and SBZ10, corresponding to the late Ilerdian and early Cuisian respectively.

Sagnari Formation

Made up of marls and marly limestones with abundant nummulitids. The lower part overlies the continental sediments of Garumnian facies and the upper part is overlaid by the sandstones of the Corones Formation. The Sagnari Formation is especially well-represented in the central sector of the basin (Ripollès and Berguedà). The stratigraphy of this formation is characterized by the following parts (Figs. 3 and 4):

- **Sagnari I.** Lower part with alternating marls and marly limestones with nummulitids. At the base of this part, the nummulitid association is representative of the lower half of the biozone of *Nummulites fraasi* and the whole biozone of *Assilina prisca* or SBZ5, of the early Ilerdian 1. The middle part yielded an association of nummulitids characteristic of the biozones of *A. arenensis* or SBZ6, of the early Ilerdian 2. The upper part lacks larger foraminifers.
- **Sagnari II.** Middle carbonate part, characterized by beds rich in nummulitids and in siliceous nodules. The association of nummulitids is representative of the biozones *N. exilis-A. leymeriei* or SBZ8, of the middle Ilerdian 2.
- **Sagnari III.** Upper part, constituted by marls or silty marls with abundant undifferentiated vegetal remains, and without larger foraminifers.

Corones Formation

Constituted by detritic and carbonate sediments, bounded at the base by the Sagnari Formation and at the top by the Armàncies Formation. It shows a high lateral continuity in the whole eastern sector of the Southpyrenean basin, with the following lithological units (Fig. 4):

- **Corones a.** Lower part, detritic with interbedded bioclastic beds. The alveolinid association observed in this part is characteristic of the biozone of *Alveolina oblonga* or SBZ10, of the early Cuisian.
- **Corones b.** Middle red part of continental origin with a grey carbonate bed rich in miliolids, ostracods and small bivalves. This part lacks larger foraminifers.
- **Corones c.** Upper, carbonate part. The top of this part is made up of a laminate carbonate bed of about one me-

ter thick and high lateral continuity, with abundant ostracods, miliolids, small bivalves, gastropods and siliceous nodules. This upper laminated limestone is easily identified because it is folded between unfolded sediments, and thus, it is useful for stratigraphic correlation.

Armànçies Formation

Constituted by monotonously alternating layers of grey limestones, marly limestones and marls, with interbedded thick carbonate breccias formed from the destruction of the Cuisian-Lutetian shelf represented by the La Peña Formation. The Armànçies Formation is especially well-represented in the central sector of the basin (Ripollès and Berguedà). Stratigraphically, it can be divided in the following parts (Fig. 5):

- **Armànçies I.** Lower part, with alternating layers of marly limestones and marls, with a high concentration of organic matter and numerous slumps. It lacks larger foraminifers.
- **Armànçies II.** Middle part, constituted by carbonate silts of nodular stratification with canal scars, tens of meters thick, of carbonate breccias originated from the destruction of the shelf. These beds yielded an association of reworked nummulitids representative of the biozones of *Nummulites praelaevigatus-Assilina laxispira* or SBZ11 of the middle Cuisian; of the biozones of *N. manfredi-A. maior* or SBZ12, characteristic of the late Cuisian; and of the biozones of *N. laevigatus-A. spira abrardi* or SBZ13 of the early Lutetian. An association of alveolinids was observed as well, representative of the biozone of *Alveolina stipes* or SBZ13 of the early Lutetian.
- **Armànçies III.** Upper part, made up of alternating layers of marls and marly limestones with nodular stratification, with occasional bioclastic beds that have yielded nummulitids representative of the biozones of *N. laevigatus-A. spira abrardi* or SBZ13, of the early Lutetian.

The middle and upper parts of the Armànçies Formation (Armànçies II and Armànçies III) represent the sedimentation of ramp and slope of the shelf sediments of the La Peña Formation.

La Peña Formation

This formation includes detritic and carbonate sediments from marine environments from the inner to

the middle shelf, with a great abundance of larger foraminifers, especially alveolinids and nummulitids. It overlies the Coronas Formation, and is overlaid by the continental sediments of the Bellmunt Formation in the marginal sectors of the basin (Empordà and Garrotxa), and by the flysch sediments of the Campdevàrol Formation in the central sector of the basin (Ripollès and Berguedà). The La Peña Formation is especially well-represented in the marginal sectors of the basin (Empordà and Serra de Cadí). Basinwards this formation shows a lateral facies change to the slope sediments of the Armànçies Formation. Stratigraphically, it can be subdivided into two parts (Fig. 5):

La Peña inferior. Basically detritic, with bioclastic levels rich in alveolinids and/or nummulitids. The association of nummulitids observed in the lower part is representative of the biozones of *Nummulites praelaevigatus-Assilina laxispira* or SBZ11 of the middle Cuisian, whereas in the upper part, the nummulitid association is representative of the biozones of *N. manfredi-A. maior* or SBZ12, of the late Cuisian.

La Peña superior. Basically detritic, with limestone beds rich in larger foraminifers (*Assilina*, *Nummulites* and *Alveolina*), particularly developed in the lower part, with high content of glauconite. The nummulitid association of this unit is representative of the biozones of *N. laevigatus-A. spira abrardi* or SBZ13 of the early Lutetian. The alveolinid association in the lower part is representative of the biozone of *A. stipes* or SBZ13 of the early Lutetian.

Campdevàrol Formation

This is made up of alternating layers of grey marls and sandstones, directly overlying the marly and silty-marly upper part of the Armànçies Formation. The top of the formation is defined by the clays and gypsum of the Coubet Formation, a marine unit transitional to the continental sediments of the Bellmunt Formation (Fig. 2). The Campdevàrol Formation is especially well-represented in the central sector of the basin (Ripollès and Berguedà). In the Berguedà sector, the upper part of this formation has a set of beds with the characteristics of massive flows from the inner shelf, with a mixed association of reworked nummulitids representative of the biozones of *Nummulites manfredi-Assilina maior* or SBZ12 of the late Cuisian, and of *N. laevigatus-A. spira abrardi* or SBZ13 of the early Lutetian.

INTRODUCCIÓN

Se denomina Cuenca Terciaria Surpirenaica a la vertiente meridional de los Pirineos, que corresponde a una unidad paleogeográfica que se extiende en dirección ESE-ONO desde el Empordà (Girona) hasta Cantabria-Asturias (Fig. 1). En la Cuenca Terciaria Surpirenaica se diferencian tres sectores morfoestructurales:

- **Sector oriental.** Se extiende desde el Empordà a la zona de fracturación del Segre. Comprende sedimentos terciarios tanto autóctonos de la Depresión del Ebro, como alóctonos de los mantos del Cadí, Port del Compte, la Garrotxa y el Empordà.
- **Sector central.** Se extiende desde la zona de fracturación del Segre hasta la falla de Pamplona. Incluye los sedimentos alóctonos de la Cuenca de Graus-tremp al este, y de la Cuenca de Jaca-Pamplona al oeste.
- **Sector occidental.** Se extiende desde la falla de Pamplona hasta Cantabria-Asturias (San Vicente de la Barquera y Colombres).

La revisión litoestratigráfica y bioestratigráfica de los sedimentos del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior del sector oriental de la Cuenca Surpirenaica, se ha realizado sobre los materiales que forman parte de las unidades estructurales alóctonas del Manto del Cadí y de los

Mantos de La Garrotxa. Para el estudio litoestratigráfico y bioestratigráfico se han levantado secciones estratigráficas a escala 1: 1000, los perfiles estratigráficos han permitido reconocer el contexto sedimentario y realizar el muestreo sistemático de macroforaminíferos. Las unidades litoestratigráficas formalmente definidas se han subdividido en tramos según las características litológicas y las asociaciones de macroforaminíferos.

Los perfiles estratigráficos realizados y las localidades puntuales que se han muestreado se localizan en tres áreas geográficas:

- **Área del Empordà.** Comprende los perfiles y las localidades de: Biure d'Empordà, Les Caules d'Empordà y Terrades, en la unidad estructural del Manto del Cadí.
- **Área de la Garrotxa.** Comprende los perfiles y las localidades de: Albanyà en el Manto del Cadí y Santuario de la Mare de Déu del Mont y Sadernes en los Mantos de la Garrotxa.
- **Área del Ripollès.** Comprende los perfiles y las localidades de St. Pau de Seguries, Ogassa-Fogonella, camino del Refugio del Saltor, camino del Taga, Carretera de Campdevàdol a Ribes de Freser, Torrente de Grats, Mataplana-Montgrony y camino de la Font de la Muga, todos ellos en el Manto del Cadí.

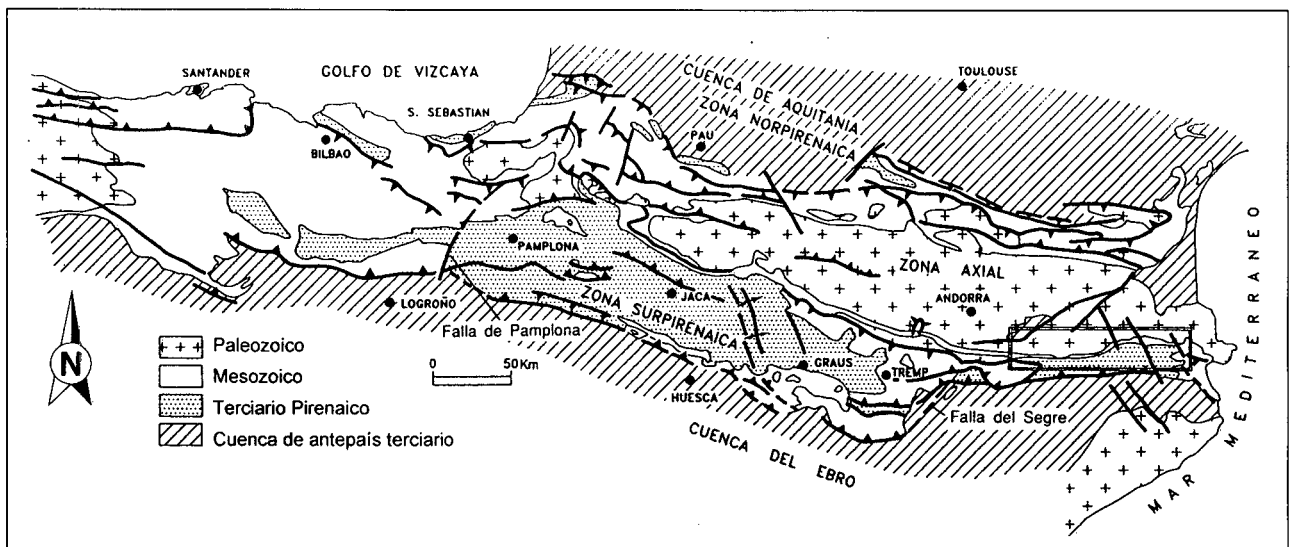


Figura 1. Mapa geológico de los Pirineos en que se indican las principales unidades morfoestructurales y las zonas de fracturación del Segre y Pamplona. Modificado de Muñoz *et al.* (1983).

Figure 1. Geological sketch of the Pyrenees showing the main morphostructural units between the Segre and Pamplona faults. Modified from Muñoz *et al.* (1983).

- Área del Berguedà-Serra de Cadí. Comprende los perfiles y localidades de: La Pobla de Lillet, Guardiola de Berguedà, Bagà y Canal del Cristall-Canal Baridana (Serra de Cadí) en el Manto del Cadí.

El estudio de los nummulítidos y alveolínidos ha permitido la atribución bioestratigráfica de los sedimentos de plataforma. La bioestratigrafía de las distintas unidades se ha establecido a partir del estudio de los nummulítidos (Tosquella, 1995) y de los alveolínidos (Hottinger 1960, Samsó 1989). Para la ubicación bioestratigráfica se han utilizado las biozonas de alveolínidos de Hottinger (1960), las biozonas de nummulítidos de Schaub (1981), y las "Shallow Benthic Zones" (SBZ) caracterizadas por Serra-Kiel *et al.* (1998). El rango bioestratigráfico de las especies de alveolínidos citadas en este trabajo se ha tomado a partir de los datos de Hottinger (1960), Drobne (1977) y Hottinger y Drobne (1988); el de las especies de nummulítidos se ha tomado a partir de Hottinger (1977), Schaub (1981) y Tosquella (1995).

Paralelamente, los datos magnetoestratigráficos obtenidos por el Laboratorio de Paleomagnetismo del Institut Jaume Almera (C.S.I.C. Barcelona), los datos de foraminíferos planctónicos y de nanoplankton calcáreo obtenidos por especialistas de las Universidades de Zaragoza y Bilbao, especialmente en el sector central de la Cuenca Surpirenaica (Serra-Kiel *et al.*, 1994), han permitido correlacionar las asociaciones de macroforaminíferos del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior de la Cuenca Surpirenaica con las "Shallow Benthic Zones" (SBZ) de Serra-Kiel *et al.* (1998).

Por último, los pisos utilizados en este trabajo son los siguientes: Tanetiense (*sensu* Hottinger y Schaub, 1960), Ilerdiense (*sensu* Hottinger y Schaub, 1960), Cuisiense (*sensu* Schaub, 1981) y Luteciense (*sensu* Schaub, 1981).

BIOESTRATIGRAFÍA Y LITOESTRATIGRAFÍA

Los principales estudios estratigráficos y bioestratigráficos realizados en este sector de la Cuenca Surpirenaica se deben a: Solé Sabarís (1958), Hottinger (1960), Kromm (1968), Mey *et al.* (1968), Gich (1969, 1972, 1973), Pallí (1972), Estévez (1970, 1973), Busquets *et al.* (1979), Busquets (1981) y Giménez (1989, 1993). Las unidades litoestratigráficas que se utilizan en este trabajo y que han sido caracterizadas por los autores precedentes son las siguientes: Formación Cadí, Formación Sagnari, Formación Coronas, Formación La Peña, Formación Armàncies y Formación Campdevàdol (Fig. 2).

La correlación entre los distintos términos litoestratigráficos utilizados por los diversos autores para los sedimentos equivalentes a los descritos en el sector oriental de la Cuenca Surpirenaica se ilustra en la tabla 1.

Formación Cadí

(Mey, Nagtegaal, Roberti y Hartevelt 1968).

La descripción original de esta unidad incluye el conjunto de calizas ricas en macroforaminíferos (alveolínidos y nummulítidos) de edad Esparnaciense-Luteciense, que forman el relieve principal de la Sierra del Cadí. En esta descripción los autores también incluyen las facies arenosas de la parte más alta de la sierra que en este trabajo se incluyen dentro de la Formación Coronas y de la Formación La Peña (Tabla 1).

Así, la Formación Cadí comprende las calizas y margocalizas con abundantes alveolínidos y nummulítidos, que representan la sedimentación marina de plataforma durante el Ilerdiense y la base del Cuisiense. La Formación Cadí es suprayacente con un contacto neto a los sedimentos continentales de facies Garumniense, e infrayacente a las margas limosas del tramo III de la Formación Sagnari. Lateralmente, hacia el norte y oeste los sedimentos carbonatados de la Formación Cadí pasan a los sedimentos margosos de cuenca de los tramos I y II de la Formación Sagnari (Fig. 3).

La Formación Cadí se halla bien representada en las unidades estructurales del Manto del Cadí, Mantos de la Garrotxa y Unidad del Port de Comte, y parcialmente representada en los Mantos del Pedraforca. Dentro de la Unidad del Manto del Cadí, esta formación se ha estudiado en:

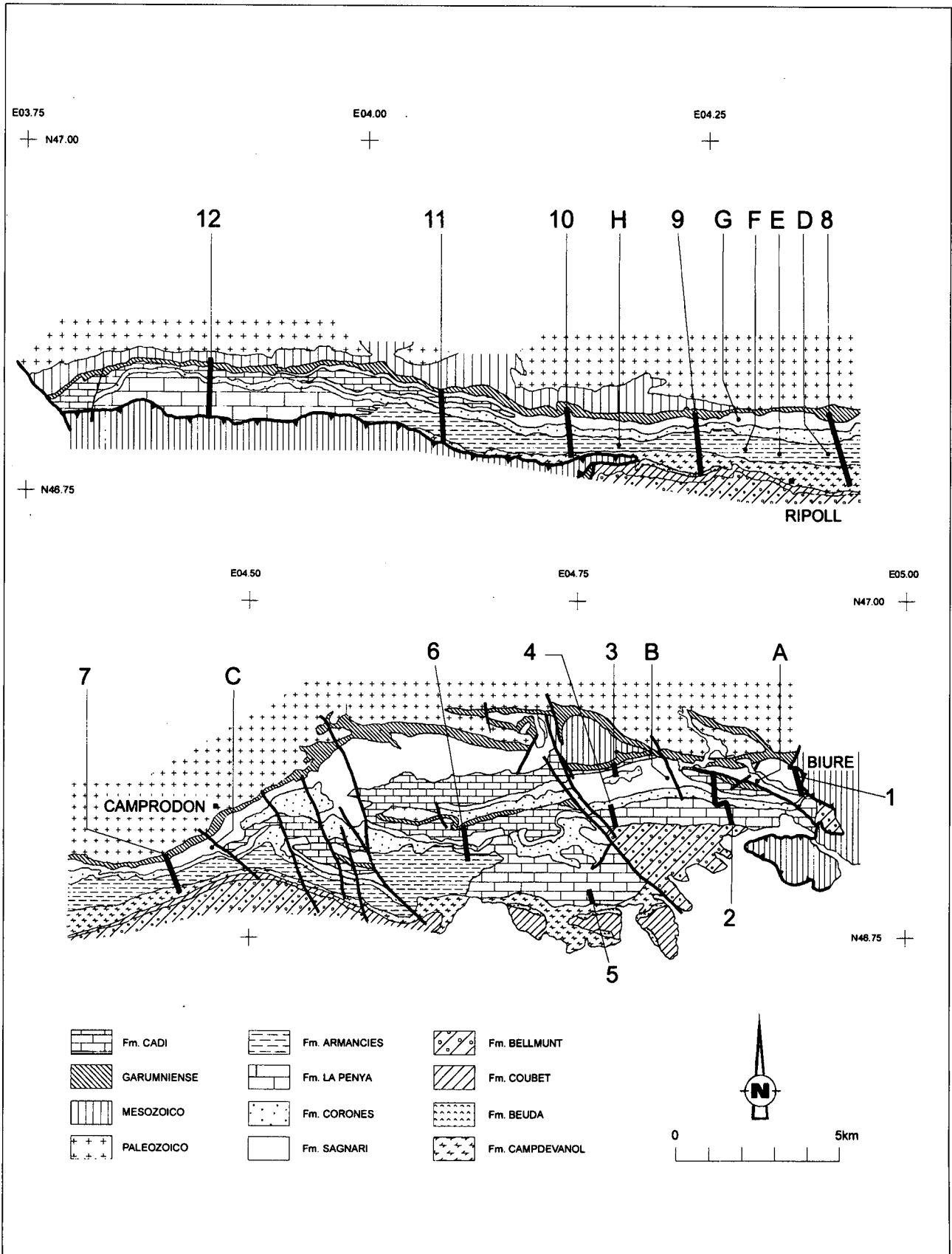
-Muntanya de Sta. Magdalena (Área del Empordà): Sección de Terrades, donde presenta una potencia aproximada de 270 m.

-Serra del Cadí: Sección del Canal del Cristall-Canal Baridana, con una potencia de alrededor de 300 m.

En los Mantos de la Garrotxa la Formación Cadí se ha estudiado en la sección de Sadernes, donde presenta una potencia aproximada de 175 m.

En esta unidad se han diferenciado los siguientes tramos (Fig. 3):

- Cadí a. Tramo inferior carbonatado de estratificación masiva y con abundantes alveolínidos, localmente



con facies pararrecifales de corales y algas rodofíceas. La parte inferior del tramo presenta en la sección de Terrades *Alveolina cucumiformis* (Muestra 1, perfil 5/fig. 3, perfil 9/fig. 5) y *A. ellipsoidalis* (Muestra 2, perfil 5/fig. 3, perfil 9/fig. 5), especies características del Ilerdiense inferior 1 y 2, o SBZ5-SBZ6. También ha sido observada la presencia de *Alveolina ellipsoidalis* y *A. pasticillata* en la parte media de este tramo en el perfil del Canal del Cristall-Canal Baridana (Muestra 1, perfil 1/figs. 3 y 5). La parte superior del tramo no contiene macroforaminíferos y su ubicación bioestratigráfica es dudosa, pero por similitud litológica con los materiales del sector central surpirenaico, puede considerarse que su edad es Ilerdiense medio.

- **Cadí b.** Tramo de calizas margosas y margas con nummulítidos y nódulos de sílex. En los niveles superiores de la sección de Terrades (Muestra 3, perfil 5/fig. 3, perfil 9/fig. 5) ha sido observada la presencia de *Nummulites atacicus*, mientras que en los niveles estratigráficamente equivalentes de la sección de Sadernes (Fig. 2) se ha identificado una asociación de nummulítidos constituida por *N. atacicus*, *N. exilis*, *N. ornatus* y *Assilina pustulosa*, que caracteriza la Biozona de *N. exilis-A. leymeriei* del Ilerdiense medio 2, o SBZ8.
- **Cadí c.** Tramo de calizas masivas con estratificación cruzada de media y gran escala, con una asociación de foraminíferos constituida principalmente por alveolínidos, orbitolítidos y miliólidos. La presencia de *Alveolina corbarica*, *A. aragonensis*, *A. triestina* y *A. ilerdensis* en la sección del Canal del Cristall-Canal Baridana en la Serra de Cadí (Muestra 2, perfil 1/figs. 3 y 5), *A. corbarica* y *A. aragonensis* en la sección de Bagà (Muestra 3, perfil 2/figs. 3 y 5) y de *A. corbarica*, *A. aragonensis*, *A. ilerdensis*, *A. triestina* y *A. decipiens* en la sección de Terrades (Muestra 4, perfil 5/fig. 3, perfil 9/fig. 5), caracteriza la Biozona de *Alveolina corbarica* del Ilerdiense medio 2, o SBZ8. Hottinger (1960) en la sección de Greixa-Brocà, equi-

valente a la sección de Bagà (perfil 2/figs. 3 y 4) identifica en el mismo intervalo estratigráfico una asociación de alveolínidos formada por *Alveolina decipiens*, *A. aragonensis*, *A. bronneri*, *A. cf. ilerdensis*, *A. laxa*, *A. cf. corbarica* y *A. cf. globosa*, que caracteriza el Ilerdiense medio 2 o SBZ8. Hottinger (*op. cit.*) considera una edad Ilerdiense medio *s.l.* para los materiales de este tramo en la sección de la Serra de Fuste, próxima a la sección de Terrades (perfil 5/figs. 3 y 4), con una asociación de alveolínidos formada por *Alveolina pisiformis*, *A. decipiens*, *A. aragonensis*, *A. cf. ilerdensis* y *A. laxa*. Por último, la presencia de *Assilina pustulosa* y *A. custugensis* en los niveles basales del tramo de la sección de Bagà (Muestra 2, perfil 2/figs. 3 y 5) en el Área del Berguedà, indica un Ilerdiense medio *sensu lato*.

- **Cadí d.** Tramo superior esencialmente margoso con intercalaciones de niveles calizos de potencia métrica con abundantes alveolínidos, orbitolítidos y miliólidos. La presencia de *Alveolina trempina* y de *A. oblonga* en estos niveles superiores de la formación en la sección de Sadernes (Samsó 1989) permite atribuir este tramo al Ilerdiense superior y Cuisiense inferior, o SBZ9 y SBZ10.

La Formación Cadí, tal y como se describe en este trabajo, representa las facies carbonatadas de la Formación Sagnari de Gich (1969, 1972) y Busquets (1981). Los tres primeros tramos calizos descritos en la Formación Cadí (Cadí a, b y c) equivaldrían a la Formación Orpí de Pallí (1972), a la Formación Cadí de Giménez (1993), y a la práctica totalidad de la Formación Sagnari de Estévez (1970, 1973).

Formación Sagnari (Gich 1969, 1972).

Solé Sabarís (1958) utilizó el término “Margas de Sagnari” al describir las margas esquistosas de los alrededores de Ripoll. Gich (1969, 1972) describió

Figura 2. Mapa geológico del sector oriental de la Cuenca Surpirenaica donde se sitúan las secciones estratigráficas realizadas y las muestras de nummulítidos suplementarias.

Perfiles estratigráficos: 1, Biure d'Empordà; 2, Terrades; 3, St. Jordi; 4, Albanyà; 5, Santuario del Mont; 6, Sadernes-St. Aniol; 7, Ogassa-Fogonella; 8, Camino del Taga; 9, Mataplana-Montgrony; 10, La Pobla de Lillet; 11, Bagà; 12, Canal del Cristall-Canal Baridana.

Muestras suplementarias de nummulítidos: A, Les Caules d'Empordà; B, St. Llorenç de la Muga; C, St. Pau de Seguries; D, Camino del Refugio del Saltor; E, Carretera de Campdevànol a Ribes de Freser; F-G, Torrente de Grats; H, Camino de la Font de la Muga.

Figure 2. Geological map of the eastern southpyrenean basin showing the location of the stratigraphic sections and the supplementary nummulitid samples. Stratigraphic sections: 1, Biure d'Empordà; 2, Terrades; 3, St. Jordi; 4, Albanyà; 5, Santuario del Mont; 6, Sadernes-St. Aniol; 7, Ogassa-Fogonella; 8, Camino del Taga; 9, Mataplana-Montgrony; 10, La Pobla de Lillet; 11, Bagà; 12, Canal del Cristall-Canal Baridana.

Supplementary nummulitid samples: A, Les Caules d'Empordà; B, St. Llorenç de la Muga; C, St. Pau de Seguries; D, Camino del Refugio del Saltor; E, Carretera de Campdevànol a Ribes de Freser; F-G, Torrente de Grats; H, Camino de la Font de la Muga.

ESTE TRABAJO		SOLE SABARIS (1958)	MERY <i>et al.</i> (1968)	1969	1972, 1973	PALLI (1972)	BUSQUETS (1981)	GIMENEZ (1993)		
Fm. CampdevànoI		Macios de CampdevànoI		Mb. Vallfogona	Fm. Vallfogona		Fm. Vallfogona			
		Margas de Armànçies	Fm. Cadf						Mb. Armànçies	Fm. Armànçies
Fm. La Penya				Mb. Corones	Fm. Corones		Fm. Corones	Fm. Corones		
Fm. Cadf				Mb. Saguari	Fm. Saguari		Fm. Saguari			
"Garumnense"										

Tabla 1. Tabla de correlación entre los términos litostratigráficos utilizados por distintos autores para los sedimentos del sector oriental de la Cuenca Surpirenaica.

Table 1. Table showing the lithostratigraphic terms used by different authors for the sediments of the eastern Southpyrenean Basin.

formalmente estos sedimentos como Miembro Sagnari dentro de la Formación Fresser, y Estévez (1970, 1973) elevó esta unidad a nivel de formación.

La Formación Sagnari está constituida por margas y margocalizas grises que, en parte, son equivalentes laterales de la Formación Cadí, y es suprayacente a los sedimentos continentales de la facies "Garumniense", e infrayacente a las areniscas de la Formación Coronas (Fig. 3).

Esta formación se encuentra bien representada en las unidades estructurales del Manto del Cadí y en los Mantos de la Garrotxa. Dentro del Manto del Cadí esta formación se ha estudiado en:

-Área del Ripollès: Sección de Ogassa-Fogonella con una potencia aproximada de 550 m, Sección del Taga con una potencia de 350 m, y Sección de Mataplana-Montgrony con una potencia aproximada de 500 m.

-Área del Berguedà: Sección de la Pobra de Lillet con una potencia alrededor de 350 m.

En las unidades estructurales más septentrionales de los Mantos de la Garrotxa, la Formación Sagnari puede presentar una potencia mayor que en las áreas precedentes y difícil de estimar por la gran tectonización de los materiales.

En las áreas del Ripollès y del Berguedà dentro de la Formación Sagnari se han caracterizado los siguientes tramos (Fig. 3):

- **Sagnari I.** Tramo inferior caracterizado por la alternancia de margas y margocalizas con nummulítidos. Bioestratigráficamente, la parte inferior de este tramo está representado por *Assilina ornata* y *A. ammonia tectosaga* en la sección de la Serra de St. Jordi (Fig. 2), por *A. dandotica* en la localidad de St. Llorenç de la Muga (Fig. 2), por *Nummulites gamardensis*, *A. ornata* y *A. dandotica* en la sección de Mataplana-Montgrony (Muestras 1-2, perfil 3/fig. 3, perfil 4/fig. 5) y *A. ornata* en la sección de Bagà (Muestra 1, perfil 2/figs. 3 y 5), caracterizando esta asociación la parte inferior de la Biozona de *N. fraasi* y la totalidad de la Biozona de *A. prisca* del Ilerdiense inferior 1, o SBZ5. En la parte media del tramo se han identificado *A. aff. subgranulosa* y *A. aff. canalifera* en las secciones de Mataplana-Montgrony (Muestras 3-4, perfil 3/fig. 3, perfil 4/fig. 5) y La Pobra de Lillet (Muestra 1, perfil 3/fig. 5), que pertenecen a la Biozona de *A. arenensis* del Ilerdiense inferior 2, o SBZ6. La parte

superior del tramo no contiene macroforaminíferos pero, por similitud litológica con los materiales del sector central surpirenaico, puede considerarse que su edad es Ilerdiense medio 1.

- **Sagnari II.** Tramo intermedio carbonatado caracterizado por niveles de concentración de nummulítidos, especialmente de *Assilina* en el Nivel de Mataplana, y niveles ricos en nódulos de sílex. Bioestratigráficamente este tramo se halla representado por *Nummulites atacicus* y *N. spirectypus* en la sección de Biure d'Empordà (Fig. 2), y por *Assilina pustulosa*, *A. subgranulosa* y *A. canalifera* en niveles equivalentes de la localidad de Les Caules d'Empordà (Fig. 2). El Nivel de Mataplana (Nivel NM, fig. 3), es un tramo calizo de fácil distinción dentro de las facies margosas monótonas de la Formación Sagnari, y presenta una asociación de nummulítidos formada por *A. leymeriei*, *A. canalifera* y *A. custugensis* en la localidad de St. Pau de Seguries (Fig. 2), *A. pustulosa* y *A. canalifera* en la sección del Taga (Muestra 1, perfil 4/fig. 3, perfil 5/fig. 5), *N. aff. praelucasi* y *A. pustulosa* en el camino de la Font de la Muga (Fig. 2), y finalmente *A. pustulosa*, *A. subgranulosa* y *A. canalifera* en la sección de La Pobra de Lillet (Muestra 2, perfil 3/fig. 5). Todas las asociaciones identificadas en este tramo pertenecen a la Biozona de *N. exilis*-*A. leymeriei* del Ilerdiense medio 2, o SBZ8.

- **Sagnari III.** Tramo superior constituido por margas o margas limosas con abundantes restos vegetales. La mala preservación de los nummulítidos de este tramo no permite su determinación específica, pero la presencia según Samsó (1989) de alveolinas de la Biozona de *Alveolina oblonga* del Cuisiense inferior, o SBZ10, en los niveles infrayacentes del tramo Cadí d en el perfil de Sadernes, y en los niveles suprayacentes del tramo Coronas a, indica que el tramo Sagnari III pertenece al Cuisiense inferior o SBZ10.

En este trabajo la Formación Sagnari es equivalente a las facies margosas del Miembro Sagnari de Gich (1969, 1972, 1973) y de la Formación Sagnari de Busquets (1981), Pallí (1972) y Giménez (1993). La Formación Sagnari de Estévez (1970, 1973) comprende solamente los tramos Sagnari I y II.

Formación Coronas (Gich 1969, 1972).

Solé Sabarís (1958) utilizó el término Caliza de Coronas, que Gich (1969, 1972) describió formalmente

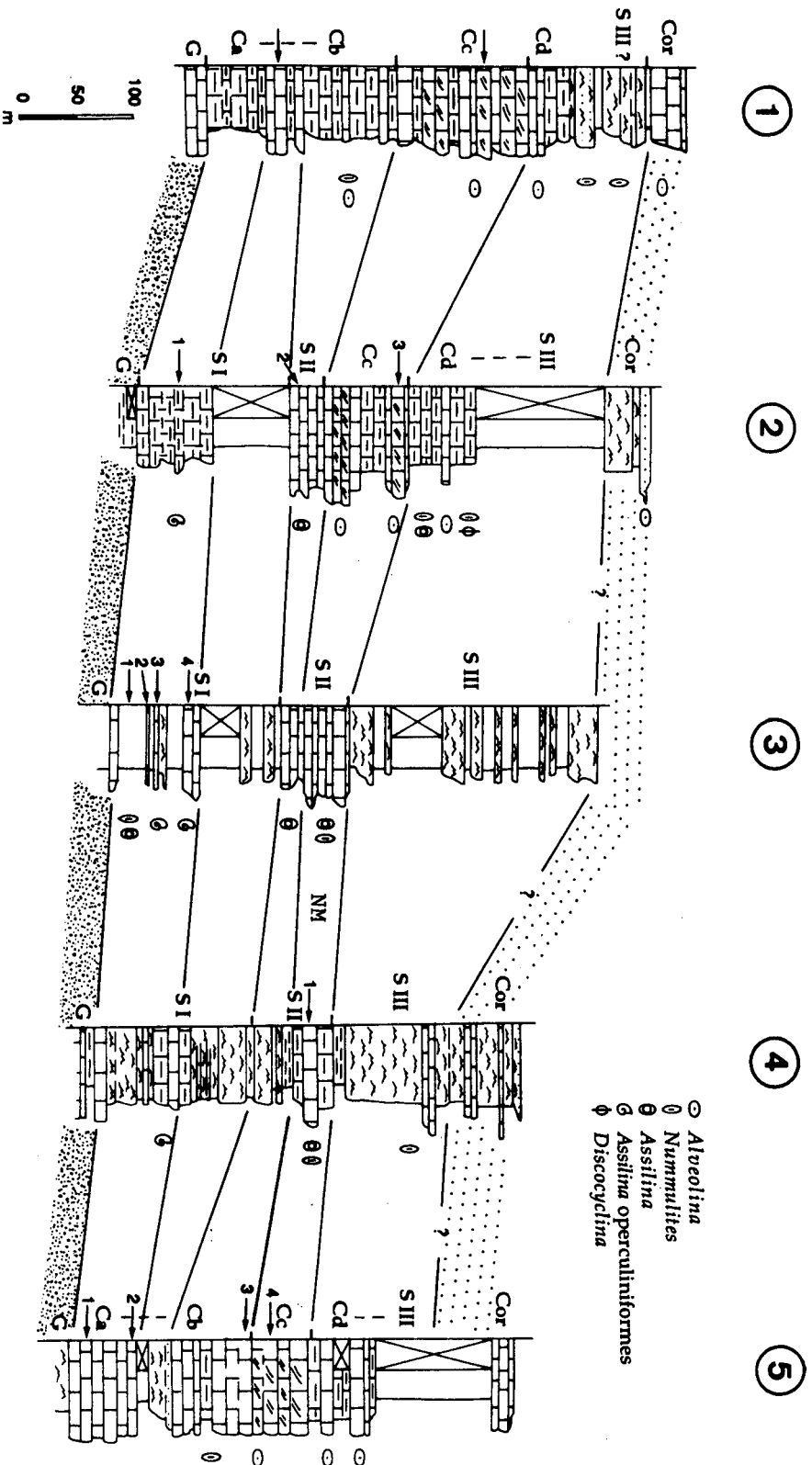


Figura 3. Relaciones laterales entre la Formación Cadi y la Formación Sagnari donde se observan los principales ramos caracterizados. Sin escala horizontal. Observar la situación de los perfiles estratigráficos en la figura 2.

Unidades litoestratigráficas: G, facies Garumniense; C, Fm. Cadi (tramos a, b, c y d); S, Fm. Sagnari (tramos I, II y III); Cor, Fm. Coronas; NM, Nivel de Mataplana. Perfiles estratigráficos: 1, Canal del Cristall-Canal Bardana; 2, Bagà; 3, Mataplana-Montgrony; 4, Taga; 5, Terrades.

Figure 3. Lateral relationship between the Cadi and Sagnari formations showing the main intervals. Without horizontal scale. Geographical locations of the stratigraphic sections are shown in figure 2.

Lithostratigraphic units: G, Garumnian facies; C, Cadi Fm. (a, b, c and d subdivisions); S, Sagnari Fm. (I, II and III subdivisions); Cor, Coronas Fm.; NM, Mataplana Level. Stratigraphic sections: 1, Canal del Cristall-Canal Bardana; 2, Bagà; 3, Mataplana-Montgrony; 4, Taga; 5, Terrades.

como Miembro Coronas dentro de la Formación Fresser, y Estévez (1970) como Formación Coronas.

En este trabajo, La Formación Coronas comprende los sedimentos detríticos y carbonatados, suprayacentes a la Formación Sagnari e infrayacentes a los sedimentos margosos de la Formación Armàncies. En el área del Empordà (sección de Terrades) y en la Serra del Cadí, esta formación es infrayacente a los sedimentos margocalizos de la base de la Formación La Peña (Fig. 4).

La Formación Coronas se encuentra bien representada en las unidades estructurales del Manto del Cadí y Mantos de la Garrotxa. Dentro del Manto del Cadí esta formación ha sido estudiada en:

-Áreas del Empordà (Sección de Terrades) y de la Garrotxa (Sección de Albanyà), donde esta unidad aflora de forma bastante incompleta.

-Área del Ripollès: Secciones de Ogassa-Fogonella, Taga y Mataplana-Montgrony, con potencias entre 250 y 350 m.

-Área del Berguedà: Secciones de La Pobra de Lillet, Bagà y Canal del Cristall-Canal Baridana, con potencias entre 200 y 300 m.

La Formación Coronas presenta una gran continuidad lateral en todo el sector oriental de la Cuenca surpirenaica, excepto en los Mantos de la Garrotxa (sección de Sadernes). En esta formación se han caracterizado los siguientes intervalos litológicos (Fig. 4):

- **Coronas a.** Tramo inferior básicamente detrítico formado por areniscas, limos y margas grises, con esporádicos niveles bioclásticos de espesor decimétrico a métrico ricos en miliólidos (Fig. 4). Este tramo se corresponde con la "Unidad Gris" del Miembro detrítico de la Formación Coronas de Giménez (1993). La presencia de *Alveolina coudurensis*, *A. oblonga* y *A. schwageri* en los niveles calizos intercalados en la base del tramo en la sección de Bagà (perfil 2/figs. 4-5) según Samsó (com. pers.) en Giménez (1989, 1993), caracteriza la Biozona de *Alveolina oblonga* del Cuisiense inferior, o SBZ10.
- **Coronas b.** En los perfiles de Canal del Cristall-Canal Baridana, Bagà, Mataplana-Montgrony y Taga (perfiles 1-4/ figura 4), se observa un tramo rojo formado por areniscas, limos y arcillas de origen continental. En las secciones de Mataplana-Montgrony y Taga (perfiles 3-4/fig. 4), este tramo presenta un nivel carbonatado gri-

sáceo de espesor métrico y origen marino, rico en miliólidos, ostrácodos y pequeños bivalvos que equivale a la "intercalación gris" de Giménez (1989). El conjunto del tramo se corresponde con la Unidad Roja del Miembro detrítico de la Formación Coronas de Giménez (1993). Este tramo no presenta macroforaminíferos que permitan su ubicación bioestratigráfica.

- **Coronas c.** Tramo superior carbonatado identificado en los perfiles de Canal del Cristall-Canal Baridana, Bagà, Mataplana-Montgrony, Taga y Terrades (Fig. 4), está formado por una alternancia de calizas masivas y margas grises, y es equivalente al Miembro Calizo de Giménez (1993). La parte superior del tramo está constituido por un intervalo carbonatado de espesor métrico y de gran continuidad lateral. Este intervalo carbonatado presenta pliegues y es fácilmente identificable, siendo de gran utilidad para la correlación estratigráfica en este sector de la Cuenca surpirenaica. El intervalo carbonatado con pliegues presenta una laminación con alternancias milimétricas a centimétricas de calizas y calizas margosas con abundantes ostrácodos, miliólidos, pequeños bivalvos, gasterópodos y nódulos de sílex. Suprayacente al intervalo carbonatado plegado se localizan calcilitas bioclásticas con algunos alveolínidos y moluscos.

En este trabajo la Formación Coronas equivale a la unidad litoestratigráfica del mismo nombre de Gich (1969, 1972, 1973), Pallí (1972) y Giménez (1989, 1993). El término de Formación Coronas utilizado por Estévez (1973) es más amplio, incluyendo el tramo margoso Sagnari III, y el tramo Armàncies I.

Formación Armàncies (Gich 1969, 1972).

Solé Sabarís (1958) es el primer autor que utiliza el término Margas de Armancies para caracterizar el tramo margoso que aflora en la Ermita de Sant Martí d'Armàncies, en las proximidades de Ripoll. Gich (1969, 1972) describió formalmente estos sedimentos como Miembro Armàncies dentro de la Formación Fresser, y Estévez (1970) elevó esta unidad a nivel de formación.

La Formación Armàncies está constituida por una alternancia monótona de calizas, calizas margosas y margas grises entre las que se intercalan potentes niveles de brechas carbonatadas de gran continuidad lateral y cuyo origen se encuentra en la destrucción de la plataforma marina de edad Cuisiense-Luteciense, representada por la Formación La Peña.

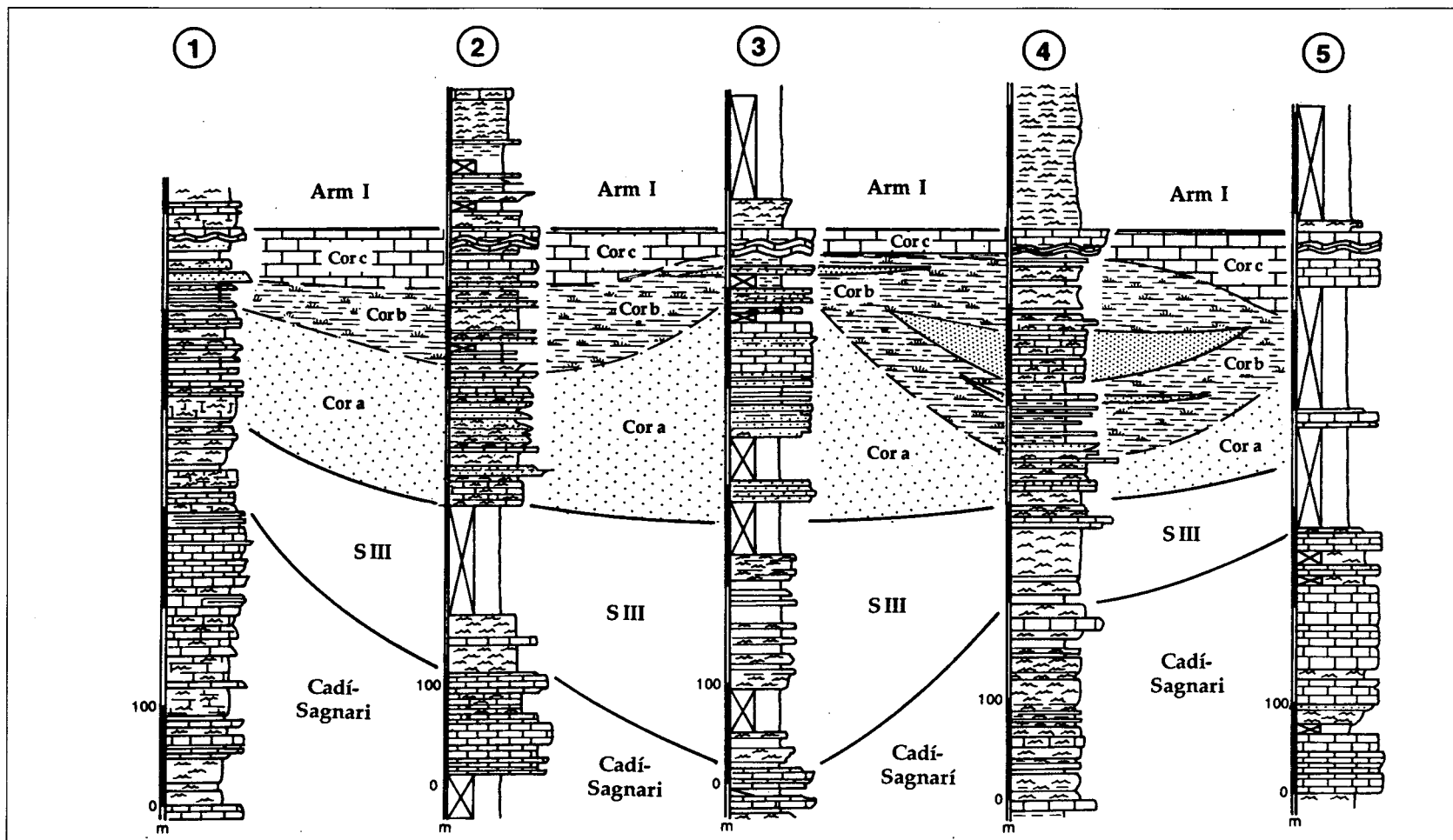


Figura 4. Relaciones laterales en el interior de la Formación Corones donde se observan los distintos tramos caracterizados: Cor a (tramo detrítico inferior), Cor b (tramo rojo intermedio) y Cor c (tramo calcáreo superior). En el tramo intermedio Cor b, el área punteada equivale a la "intercalación gris" de Giménez (1989). Sin escala horizontal. Observar la situación de los perfiles estratigráficos en la figura 2.

Arm. I: tramo inferior del Fm. Armàncies; S III: tramo superior de la Fm. Sagnari; Cadí-Sagnari: Fm. Cadí y tramos inferior y medio de la Fm. Sagnari. Perfiles estratigráficos: 1, Canal del Cristall-Canal Baridana; 2, Bagà; 3, Mataplana-Montgrony; 4, Taga; 5, Terrades.

Figure 4. Lateral relationship within the Corones Formation showing the main lithostratigraphic intervals: Cor a (lower detrital interval), Cor b (red middle interval) and Cor c (upper calcareous interval). In the middle interval Cor b, the dotted area is equivalent to the "intercalación gris" of Giménez (1989). Without horizontal scale. Geographical locations of the stratigraphic sections are shown in figure 2.

Arm. I: lower interval of the Armàncies Fm. S III: upper interval of the Sagnari Fm., Cadí-Sagnari: Cadí Fm. and lower to middle intervals of the Sagnari Fm. Stratigraphic sections: 1, Canal del Cristall-Canal Baridana; 2, Bagà; 3, Mataplana-Montgrony; 4, Taga; 5, Terrades.

La Formación Armànçies se halla bien representada en las unidades estructurales del Manto del Cadí y en los Mantos de la Garrotxa. En el Manto del Cadí esta formación ha sido estudiada en:

-Área de la Garrotxa: Sección de Albanyà, donde únicamente está representada la parte inferior de la unidad,

-Área del Ripollès: Secciones de Ogassa-Fogonella, Taga y Mataplana-Montgrony, con una potencia variable entre 700 y 1000 m.

-Área del Berguedà: Secciones de La Pobra de Lillet y Bagà, con unas potencias variables entre 500 y 700 m.

En los Mantos de la Garrotxa, la Formación Armànçies se ha estudiado parcialmente en las secciones del Santuario del Mont y Sadernes. En las áreas del Ripollès y Berguedà la Formación Armànçies presenta mayor potencia y se han caracterizado los siguientes tramos litológicos (Fig. 5):

- Armànçies I. Tramo inferior con alternancia de niveles de margocalizas, margas y localmente areniscas, caracterizado por presentar una gran concentración de materia orgánica y numerosas estructuras de deslizamiento ("slump"). Este tramo se encuentra representado en la mayor parte del sector oriental de la Cuenca surpirenaica (perfiles 2-8/fig. 5), a excepción de la Serra de Cadí y del sector de Terrades (Empordà) donde se halla sustituido por los sedimentos detríticos y carbonatados de la parte inferior de la Formación La Peña (perfiles 1 y 9/fig. 5), y es suprayacente al tramo c de la Formación Coronas.
- Armànçies II. Tramo intermedio constituido por limos carbonatados con estratificación nodular correspondiente a una sedimentación de borde de plataforma-talud. Se caracteriza por una variada gama de sedimentos entre los que destaca la presencia de brechas carbonatadas con estructuras canaliformes a gran escala de espesor decamétrico originadas por la destrucción de la plataforma (perfiles 2-6/fig. 5). En el interior de las estructuras canaliformes se observan niveles de flujos masivos, intercalados desordenadamente en secuencias de relleno de canal. Bioestratigráficamente, este tramo se caracteriza por presentar fósiles de procedencias muy diversas y edades claramente diferenciadas. En el Área del Ripollès observamos un solo nivel de brechas en la sección de Ogassa-Fogonella (Muestra 1, perfil 6/fig. 5) con una asociación de nummulítidos formada por *Nummulites*

cantabricus, *N. kapelloi*, *N. tauricus*, *N. campesinus*, *Assilina* aff. *laxispira*, *A. aff. maior* y *A. aff. exponens*. En el camino del Refugio del Saltor (Fig. 2) los tres niveles de brechas observados presentan una asociación formada por *N. cantabricus*, *N. kapelloi*, *N. tauricus*, *N. campesinus*, *N. praelorioli*, *A. aff. laxispira*, *A. aff. maior* y *A. aff. exponens*. En la Carretera de Campdevànol a Ribes de Freser (Fig. 2) se observa un primer nivel de brechas con *N. cantabricus*, *N. campesinus* y *N. praelorioli*, un segundo nivel de brechas con *N. cantabricus*, *N. praelorioli* y *N. quasilaevigatus*, y un tercer nivel de brechas con *N. campesinus*, *N. aff. obesus*, *N. lehneri*, *A. aff. maior*, *A. aff. exponens* y *A. aff. tenuimarginata*. En el Área del Berguedà, los niveles de brechas segundo y tercero del Torrente de Grats (Fig. 2) presentan *N. campesinus*, *N. praelorioli*, *N. quasilaevigatus*, *A. aff. laxispira*, *A. maior* y *A. cuvillieri*. En la sección de Mataplana-Montgrony las muestras estudiadas del último nivel de brechas (Muestras 5-6, perfil 4/fig. 5) presentan *N. cantabricus*, *N. campesinus*, *N. gallensis*, *N. praelorioli*, *A. maior*, *A. aff. maior*, *A. cuvillieri* y *A. praespira*. Cronoestratigráficamente, la asociación de nummulítidos constituida por *Nummulites cantabricus*, *N. kapelloi*, *N. tauricus* y *Assilina* aff. *laxispira* permite identificar la Biozona *N. praelaevigatus-A. laxispira* del Cuisiense medio, o SBZ11. La asociación formada por *N. campesinus*, *N. praelorioli*, *N. quasilaevigatus*, *A. maior* y *A. cuvillieri* representa la Biozona *N. manfredi-A. maior* del Cuisiense superior, o SBZ12. La asociación constituida por *N. aff. gallensis*, *N. aff. obesus*, *A. aff. maior* y *A. aff. tenuimarginata* representa la parte inferior de la Biozona *N. laevigatus-A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13. Finalmente, la asociación formada por *N. lehneri*, *A. aff. exponens* y *A. praespira* representa la parte alta de la Biozona *N. laevigatus-A. spira abrardi*, o SBZ13. Respecto a los alveolínidos, Hottinger (1960) cita en la localidad de Brocà al sur de Bagà, en niveles conglomeráticos constituidos por cantos calizos, la presencia de *Alveolina callosa* y *A. frumentiformis*, especies características del Luteciense inferior, y la presencia de *Alveolina frumentiformis* en los mismos niveles en el sector de la Serra de Morru, entre las localidades de La Pobra de Lillet y Castellar de N'Hug. Estos niveles conglomeráticos citados por Hottinger (1960) son equivalentes a los niveles de brechas del tramo Armànçies II.

- Armànçies III. Tramo superior de alternancia de margas y niveles de calcilitas con estratificación nodular, localmente se observan niveles bioclásticos de es-

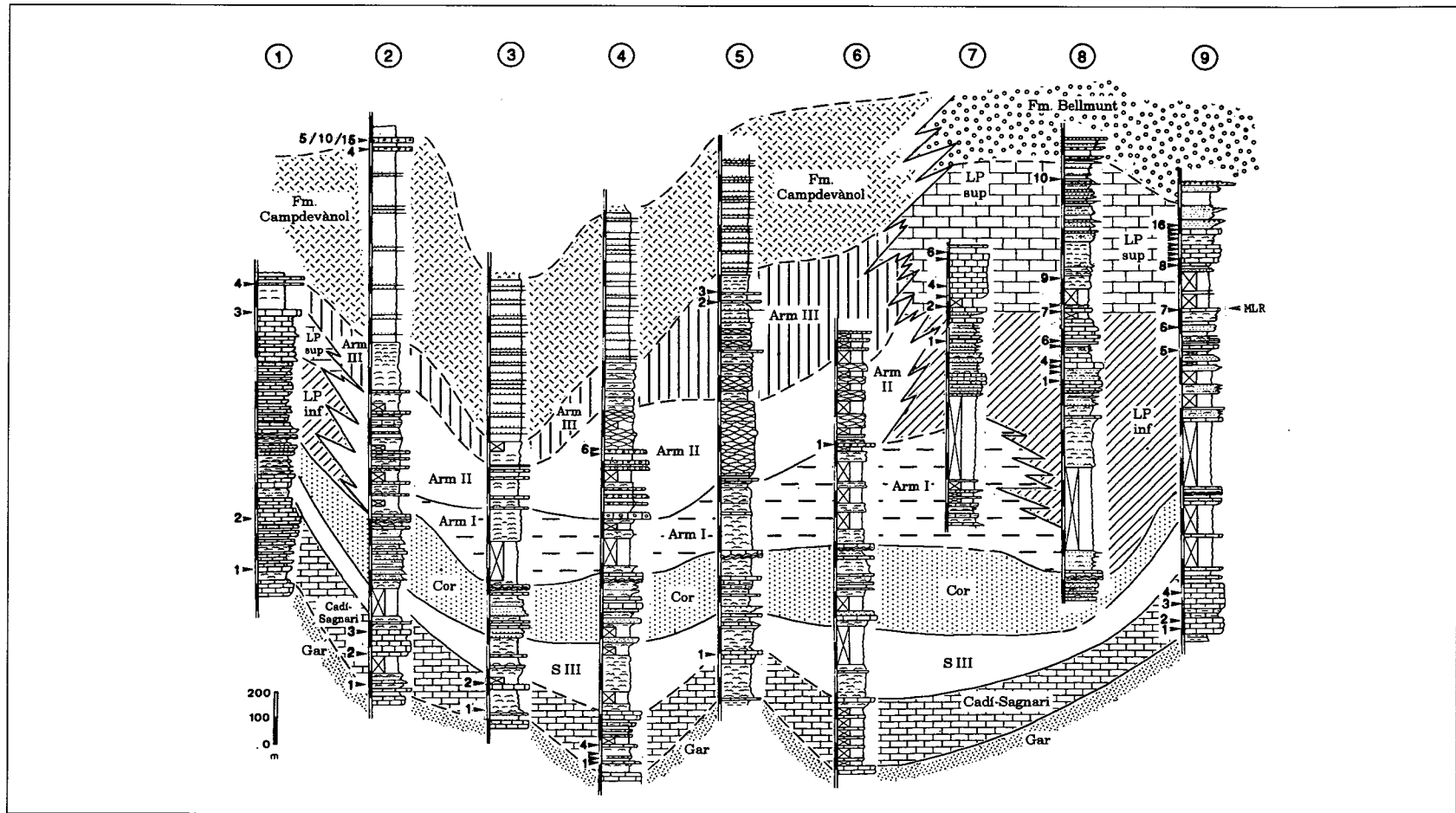


Figura 5. Relaciones laterales de las unidades litoestratigráficas consideradas en este trabajo con especial referencia a las formaciones La Peña, Armàncies y Campdevàno, donde se destacan los diferentes tramos descritos así como la ubicación de las muestras de nummulítids estudiadas en este trabajo. Sin escala horizontal. Observar la situación de los perfiles estratigráficos en la figura 2. Arm. I, Arm. II, Arm. III: tramos inferior, medio y superior de la Fm. Armàncies; LP inf.-LP sup.: tramos inferior y superior de la Fm. La Peña; Cor: Fm. Corones; S III: tramo superior de la Fm. Sagnari; Cadí-Sagnari: Fm. Cadí y tramos inferior y medio de la Fm. Sagnari; Gar: facies Garumniense. Perfiles estratigráficos: 1, Canal del Cristall-Canal Baridana; 2, Bagà; 3, La Pobla de Lillet; 4, Mataplana-Montgrony; 5, Taga; 6, Ogassa-Fogonella; 7, Santuario del Mont; 8, Albanyà; 9, Terrades.

Figure 5. Lateral relationship between the lithostratigraphic units studied in this work, with special reference to the La Peña, Armàncies and Campdevàno formations, showing the main intervals and location of the samples taken for the study of nummulitids. Without horizontal scale. Geographical locations of the stratigraphic sections are shown in figure 2. Arm. I, Arm. II, Arm. III: lower, middle and upper intervals of the Armàncies Fm.; LP inf.-LP sup.: lower and upper intervals of the La Peña Fm.; Cor: Corones Fm.; S III: upper interval of the Sagnari Fm.; Cadí-Sagnari: Cadí Fm., lower and middle intervals of the Sagnari Fm.; Gar: Garumnian facies. Stratigraphic sections: 1, Canal del Cristall-Canal Baridana; 2, Bagà; 3, La Pobla de Lillet; 4, Mataplana-Montgrony; 5, Taga; 6, Ogassa-Fogonella; 7, Santuario del Mont; 8, Albanyà; 9, Terrades.

pesor decimétrico a métrico que contienen abundantes nummulítidos (perfiles 1-6, fig. 5). Bioestratigráficamente este tramo se encuentra representado en la sección del Taga (Muestra 3, perfil 5/fig. 5) por *Nummulites lehneri*, *N. aff. verneuili* y *Assilina aff. maior*, asociación característica de la parte baja de la Biozona de *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13.

Los tramos medio y superior de la Formación Armàncies, Armàncies II y Armàncies III, bien representados en la parte central de la cuenca, corresponden a sedimentación de rampa y talud, y equivalen a los sedimentos de plataforma de la Formación La Peña.

La Formación Armàncies es equivalente a la unidad litoestratigráfica del mismo nombre de Gich (1969, 1972, 1973), Pallí (1972) y Giménez (1989, 1993). Estévez (1970, 1973) incluye el tramo inferior (Armàncies I) en la parte superior de la Formación Coronas.

Formación La Peña (Estévez 1970, 1973).

Solé Sabarís (1958) fue el primer autor en utilizar esta nominación y posteriormente Estévez (1970, 1973), describió formalmente esta unidad como formación. La Formación La Peña está constituida por los sedimentos detríticos y calizos que yacen directamente sobre la Formación Coronas y que están limitados a techo por un nivel calizo y glauconítico con abundantes macroforaminíferos ("calizas de Assilinas" de Estévez 1973).

En este trabajo se ha tomado un concepto algo más amplio de la formación respecto la definición original de Estévez (1973), añadiéndose los sedimentos detríticos de origen marino litoral que en el sector de Terrades-Albanyà, donde fue definida la unidad (sección de San Lorenzo-Albanyà de Estévez 1973) son suprayacentes al nivel glauconítico que forma el techo de la unidad según Estévez (1973). Los niveles superiores de la formación presentan abundantes macroforaminíferos (*Alveolina*, *Assilina* y *Nummulites*) que se encuentran ligeramente retrabajados formando niveles de concentración. Se ha considerado como techo de la Formación La Peña la base de las facies detríticas arenosas y conglomeráticas de colores pardos a rojizos sin fósiles, que corresponden a los sedimentos de origen continental de la Formación Bellmunt o al "tramo rojo intermedio" de Estévez (1970, 1973). En este sentido, la Formación La Peña en este trabajo sería equivalente, por lo que respecta a la extensión vertical de la unidad, a la Formación Terrades de

Pallí (1972), tomándose la nominación más antigua de Formación La Peña por el criterio de prioridad. En los sectores menos marginales de la cuenca, el límite superior de la formación está marcado por los sedimentos sin macroforaminíferos de la Formación Campdevàdol.

La Formación La Peña se encuentra bien representada en la unidad estructural del Manto del Cadí y parcialmente en los Mantos de la Garrotxa. Dentro del Manto del Cadí esta formación ha sido estudiada en:

- Área del Empordà: Sección de Terrades con una potencia aproximada de 850 m.

- Área de la Garrotxa: Sección de Albanyà con una potencia aproximada de 900 m.

- Serra de Cadí: Sección del Canal del Cristall-Canal Baridana, con una potencia aproximada de 300 m.

En los Mantos de la Garrotxa esta formación ha sido estudiada en la sección del Santuari del Mont, con una potencia aproximada de 600 m.

Litológicamente, esta unidad presenta, de oeste a este, un cambio lateral de facies a la Formación Armàncies entre los sectores de la Serra de Cadí y Bagà (Fig. 5). En el sector oriental de la cuenca, entre las localidades de Terrades y Albanyà, el cambio lateral es hacia facies de carácter marino más profundo. La Formación La Peña pasa lateralmente a las facies de talud de la Formación Armàncies, como se observa en el sector occidental entre la Serra de Cadí y Bagà, y como indica la presencia de las mismas asociaciones de macroforaminíferos reelaborados en esta formación. En sentido sur-norte, los cambios laterales de facies de plataforma a facies de talud han sido observados a partir de sondeos (Vergés, 1993).

La Formación La Peña en el sector más oriental, secciones de Terrades y Albanyà (perfiles 8-9/fig. 5), está constituida por dos tramos litológicos :

La Peña inferior. Tramo básicamente detrítico con alternancia de niveles bioclásticos ricos en alveolínidos y/o nummulítidos. La potencia aproximada de este tramo en el sector de Terrades-Albanyà oscila entre los 400 y 450 m. Bioestratigráficamente, la parte media de este tramo presenta una asociación de nummulítidos formada por *Nummulites cantabricus* en la sección de Terrades (Muestra 5, perfil 9/fig. 5) y por *N. cantabricus*, *N. kapellosi*, *N. aff. ornatus*, *N. rotularius*, *N. praelaevigatus* y *Assilina laxispira* en la sección de Albanyà (Muestras 1-

6, perfil 8/fig. 5). Estas asociaciones representativas de la Biozona *N. praelaevigatus*-*A. laxispira* del Cuisiense medio, o SBZ11. La parte superior del tramo presenta en la sección de Terrades (Muestra 6, perfil 9/fig. 5), la asociación formada por: *Nummulites campesinus*, *N. quasilaevigatus* y *N. manfredi*, representativa de la Biozona *N. manfredi* del Cuisiense superior, o SBZ12 .

La Peña superior. Tramo detrítico y carbonatado, con abundantes macroforaminíferos (*Assilina*, *Nummulites* y *Alveolina*), especialmente en la mitad inferior de la unidad. La potencia aproximada del tramo oscila entre los 400 m en la sección de Terrades y los 600 m en la sección de Albanyà. La mitad inferior de este tramo presenta en el sector de Terrades dos niveles carbonatados bien diferenciados, separados por un nivel margoso, conjunto que muestra una potencia aproximada de 250 m. El nivel carbonatado inferior, de gran continuidad cartográfica y denominado "Nivel de Mas La Riera" (nivel MLR, perfil 9/fig. 5), corresponde al "nivel de Assilinas" de Estévez (1973), se trata de una unidad carbonatada y glauconítica de textura "wackestone-packstone" con abundantes *Assilina*. El nivel carbonatado superior presenta un carácter marino somero con abundantes alveolínidos, y pasa lateralmente al oeste en la sección de Albanyà (perfil 8/fig. 5) a margocalizas y margas con abundantes macroforaminíferos (nummulítidos y ortofragminídeos). La parte superior de la formación presenta un tramo detrítico formado por niveles arenosos que alternan con niveles bioclásticos con abundantes macroforaminíferos, principalmente nummulítidos, retrabajados.

En la sección de Terrades el nivel carbonatado inferior (Muestra 7, perfil 9/fig. 5) presenta *Nummulites gallensis*, *N. laevigatus* y *Assilina* aff. *maior*. En la sección de Albanyà el mismo nivel carbonatado inferior (Muestra 7, perfil 8/fig. 5) presenta *N. campesinus*, *N. aff. obesus*, *N. lehneri*, *N. gallensis*, *A. aff. tenuimarginata*, y en la Muestra 8 del mismo perfil *N. aff. obesus*, *N. lehneri*, *N. gallensis* y *A. aff. tenuimarginata*. El conjunto de estas asociaciones de nummulítidos indica la parte inferior de la Biozona *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13. El nivel carbonatado superior de este tramo en la sección de Terrades se caracteriza por la presencia de *Alveolina frumentiformis*, *A. callosa* y *A. stipes* (Muestras 8-10, perfil 9/fig. 5), asociación representativa de la Biozona de *A. stipes* del Luteciense inferior, o SBZ13. En estas mismas muestras se ha observado una asociación de nummulítidos constituida por *Nummulites lehneri*, *N. gallensis*, *N. praelorioli* y *Assilina* aff. *tenuimarginata*, y en las Muestras 11-13 (perfil 9/fig. 5) se observa *N. aff. obesus*, *N. lehneri*, *N.*

aff. *verneuili*, *N. praelorioli*, *N. praediscorbinus*, *A. aff. maior*, *A. aff. tenuimarginata* y *A. cf. suteri*. Niveles lateralmente equivalentes de la sección de Albanyà (Muestra 9, perfil 8/fig. 5) presentan una asociación de nummulítidos constituida por *Assilina* aff. *tenuimarginata*, *A. cf. suteri* y *A. parva*. El conjunto de los nummulítidos indica la parte baja de la Biozona *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13.

Los niveles detríticos superiores del tramo están caracterizados en la sección de Terrades (Muestras 14-16, perfil 9/fig. 5) por una asociación de nummulítidos formada por *Nummulites lehneri*, *N. aff. verneuili*, *N. aff. bous-saci*, *N. praediscorbinus* y *Assilina spira abrardi*. En la sección de Albanyà (Muestra 10, perfil 8/fig. 5) los mismos niveles presentan *N. lehneri*, *N. aff. verneuili*, *N. aff. bous-saci*, *Assilina spira abrardi* y *A. praespira*, asociación representativa de la parte alta de la Biozona *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13.

La Formación La Peña en el sector del Santuario de la Mare de Déu del Mont, presenta los dos tramos muy bien diferenciados (perfil 7/fig. 5):

La Peña inferior. Tramo detrítico con una potencia de unos 350 m, con intercalaciones poco potentes de calcarenitas con alveolínidos y miliólidos, alternando con margocalizas que contienen nummulítidos. Bioestratigráficamente, las Muestras 1-2 de esta sección (perfil 7/fig. 5) contienen *Assilina laxispira*, especie característica del Cuisiense medio, o SBZ11.

La Peña superior. Tramo calizo con una potencia de unos 150 m formado por calizas masivas de textura "wackestone-packstone" con abundantes *Nummulites* y *Assilina*. Este tramo (Muestras 3-6, perfil 7/fig. 5) contiene *Nummulites campesinus*, *N. cf. gallensis*, *N. praelorioli* y *Assilina* aff. *maior*, asociación característica de la parte baja de la Biozona *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13.

Suprayacente a este tramo carbonatado superior se localiza una unidad margosa que no se ha podido caracterizar bioestratigráficamente y que puede corresponder lateralmente a los niveles detríticos superiores del tramo La Peña superior de los sectores de Terrades-Albanyà o a la Formación Armàncies según Estévez (1973).

En la Serra de Cadí, sección estratigráfica de Canal del Cristall-Canal baridana (perfil 1/fig. 5), la Formación La Peña presenta también los dos tramos bien diferenciados:

- La Peña inferior. Tramo con una potencia aproximada de 275 m, formado por calizas y calcilitas de textura “wackestone” y localmente “packstone”, con alveolínidos, orbitolítidos y miliólidos. Este tramo se halla limitado inferiormente por los sedimentos de la Formación Coronas.
- La Peña superior. Tramo con una potencia aproximada de 200 m constituido por calizas masivas de textura “packstone” con abundantes *Assilina* y *Nummulites* frecuentes. Bioestratigráficamente, este tramo presenta en la sección del Canal del Cristall-Canal Baridana (Muestra 3, perfil 1/fig. 5) una asociación de nummulítidos constituida por *Nummulites* cf. *campesinus*, *Assilina* aff. *laxispira* y *A.* cf. *maior*, que puede ser tanto la Biozona *N. manfredi-A. maior* del Cuisiense superior, o SBZ12, como de la parte inferior de la Biozona *N. laevigatus-A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13.

El tramo superior de la Formación La Peña es infrayacente a niveles margosos sin macroforaminíferos. Estos niveles pueden ser equivalentes a la parte alta del tramo La Peña superior del sector de Terrades-Albanyà, o al tramo margoso superior del sector del Santuario de la Mare de Déu del Mont.

Los equivalentes laterales de la Formación La Peña en el Ripollès y Berguedà, en las secciones de Bagà, La Pobla de Lillet, Mataplana-Montgrony, Taga y Ogassa-Fogonella (perfiles 2, 3, 4, 5 y 6/fig. 5), son los sedimentos correspondientes a los tramos intermedio y superior de la Formación Armàncies (tramos Armàncies II-III). Las brechas carbonatadas que se encuentran en el tramo intermedio de la Formación Armàncies (Armàncies II) presentan unas asociaciones de nummulítidos análogas a las de los tramos inferior y parte baja del tramo superior de la Formación La Peña en el sector de Terrades-Albanyà.

Formación Campdevàrol (Gich 1969, 1972)

Solé Sabarís (1958) utilizó el término Maciños de Campdevàrol para “el tramo de aspecto flysch que se encuentra en los alrededores del pueblo de Campdevàrol”, Gich (1969, 1972) describió formalmente estos sedimentos con la denominación de Miembro Campdevàrol y fue elevado a nivel de formación por Estévez (1970).

La Formación Campdevàrol se caracteriza por la alternancia de margas grises y areniscas suprayacente a la unidad margosa y margolimosas superior de la Formación

Armàncies (Armàncies III). El límite superior de la unidad está marcado por las arcillas y yesos de la Formación Beuda o directamente por los sedimentos de la Formación Coubet, una unidad marina transicional a la sedimentación continental de la Formación Bellmunt (Fig. 2).

La Formación Campdevàrol se halla bien representada en las áreas del Ripollès y Berguedà en la unidad estructural del Manto del Cadí, con unas potencias variables entre 600 y 700 m.

En el sector de Guardiola de Berguedà (parte superior de la sección de Bagà) se observan en la parte alta de esta unidad niveles de flujos masivos procedentes de la plataforma con una asociación de nummulítidos reelaborada (Muestras 4-5, 10 y 15 de la sección de Bagà, perfil 2/fig. 5) constituida por *Nummulites campesinus*, *N. praelorioli* y *Assilina maior*, asociación representativa de la Biozona *N. manfredi-A. maior* del Cuisiense superior, o SBZ12, *N. lehneri*, *N.* aff. *obesus*, *N.* aff. *verneuili*, *A.* aff. *maior*, *A.* aff. *tenuimarginata* y *A. parva*, representativa de la parte baja de la Biozona *N. laevigatus-A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13, y *A. spira abrardi*, *A.* aff. *exponens* y *A. praespira*, asociación representativa de la parte alta de la Biozona *A. spira abrardi* del Luteciense inferior, o SBZ13. La misma asociación de nummulítidos se ha identificado en los niveles brechoides equivalentes de la sección del Canal del Cristall-Canal Baridana (Muestra 4, perfil 1/fig. 5). Busquets *et al.* (1979) aportan datos sobre la asociación de macroforaminíferos de esta misma unidad en distintas localidades ubicadas básicamente en el flanco meridional del Sinclinatorio de Ripoll, confirmando la edad Luteciense inferior de esta formación por la presencia de *Nummulites gallensis*, *N. obesus*, *N. variolarius*, *Alveolina frumentiformis*, *A. pinguis* y *Orbitolites complanatus*. Busquets *et al.* (1986) describen en la parte alta de la Formación Armàncies y en la Formación Vallfogona, equivalente a la Formación Campdevàrol de este trabajo, en el perfil de St. Jaume de Frontanyà del flanco meridional del Sinclinatorio de Ripoll, una asociación de nanoplancton calcáreo representativa de las Biozonas NP14-NP15, que abarcan un intervalo comprendido desde la parte alta del Cuisiense medio a la parte alta del Luteciense inferior.

En este trabajo se ha utilizado la Formación Campdevàrol en el sentido de Gich (1969, 1972, 1973) y Pallí (1972), es equivalente a la Formación Lutitas y Areniscas de Vallfogona de Busquets (1981), y es parcialmente equivalente a la Formación Vallfogona de Estévez (1970, 1973) y Giménez (1993).

CONCLUSIONES

Las unidades litoestratigráficas consideradas para el sector oriental de la Cuenca Surpirenaica son las formaciones Cadí, Sagnari, Coronas, La Peña, Armàncies y Campdevànol, con un rango cronoestratigráfico que abarca desde la base del Ilerdiense a la base del Luteciense.

La Formación Cadí presenta una asociación de alveolínidos perteneciente a las Biozonas de *Alveolina cucumiformis*, *A. ellipsoidalis*, *A. moussoulensis*, *A. corbarica*, *A. trempina* y *A. oblonga*, con un rango cronoestratigráfico entre el Ilerdiense inferior 1 y la base del Cuiense, o SBZ5-SBZ10. Los nummulítidos observados en esta unidad pertenecen a las Biozonas de *Nummulites exilis* o SBZ8 del Ilerdiense medio 2.

La Formación Sagnari presenta una asociación de nummulítidos perteneciente a las Biozonas de *Nummulites fraasi* (parte inferior)-*Assilina prisca* o SBZ5, *N. fraasi* (parte superior)-*A. arenensis*, o SBZ6, *N. robustiformis*-*A. aff. arenensis* o SBZ7, *N. exilis*-*A. leymeriei* o SBZ8, y *N. planulatus*-*A. plana* o SBZ10, con un rango cronoestratigráfico comprendido entre el Ilerdiense inferior y la base del Cuiense. La Formación Coronas presenta en la parte inferior de la unidad una asociación de alveolínidos pertenecientes a la Biozona de *Alveolina oblonga* o SBZ10, característica del Cuiense inferior.

La Formación La Peña presenta una asociación de nummulítidos perteneciente a las Biozonas de *Nummulites praelaevigatus*-*Assilina laxispira* o SBZ11, *N. quasilaevigatus*-*A. maior* o SBZ12, y a la parte inferior de *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* o SBZ13, con un rango cronoestratigráfico comprendido entre el Cuiense medio y la parte baja del Luteciense inferior.

La Formación Armàncies presenta un tramo inferior pobre en macroforaminíferos (Armàncies I) atribuible al Cuiense medio-superior. El tramo intermedio de brechas carbonatadas (Armàncies II) presenta una asociación de nummulítidos, reelaborados de la plataforma, perteneciente a las Biozonas de *Nummulites praelaevigatus*-*Assilina laxispira*, *N. quasilaevigatus*-*A. maior* y a la parte inferior de *N. laevigatus*-*A. spira abrardi*. El tramo superior de la unidad (Armàncies III) presenta una asociación de nummulítidos perteneciente a la parte baja de la Biozona de *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* o SBZ13. El conjunto de la formación abarca un intervalo cronoestratigráfico comprendido entre el Cuiense medio y el Luteciense inferior.

La Formación Campdevànol presenta una asociación reelaborada de nummulítidos perteneciente a la Biozona de *Nummulites quasilaevigatus*-*A. maior* o SBZ12, y a la totalidad de la Biozona de *N. laevigatus*-*A. spira abrardi* o SBZ13, que indicaría una edad mínima para esta unidad de Luteciense inferior alto.

Por último, Busquets *et al.* (1986) describen en la parte alta de la Formación Armàncies y en la Formación Vallfogona, equivalente a la Formación Campdevànol en este trabajo, una asociación de nanoplancton calcáreo representativo de las Biozonas NP14-NP15, correspondiente con el intervalo comprendido entre la parte alta del Cuiense medio y la parte alta del Luteciense inferior.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las sugerencias y comentarios realizados por los revisores Drs. A. Estévez y P. Busquets, y por el editor de la revista Dr. Ll. Cabrera. Este trabajo ha sido subvencionado por el proyecto de investigación PB95-0883 de la DGICYT (Dirección General de Investigación Científica y Técnica), y se ha realizado en el marco de los proyectos P.I.C.G. 286 y 393.

BIBLIOGRAFÍA

- Busquets, P., 1981. Estratigrafia i sedimentologia del Terciari prepirinenc entre els rius Llobregat i Freser-Ter. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 2 vol.
- Busquets, P., Matias, I., Solé, N., 1986. Aportaciones sedimentológicas y micropaleontológicas al conocimiento de las formaciones lutecienses del Manto del Cadí-Prepirineo Catalán. Rev. Inv. Geol., 42-43, 77-88.
- Busquets, P., Serra-Kiel, J., Reguant, S., 1979. Contribución al conocimiento estratigráfico del Paleógeno de la zona septentrional de la Depresión Central Catalana entre los rios Llobregat y Merllés (provincias de Barcelona y Gerona). Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 77, 157-167.
- Drobne, K., 1977. Alvéolines paléogènes de la Slovénie et de l'Istrie. Mém. Suisses Paleont., 99: 174 pp.
- Estévez, A., 1970. La estructura de la Garrotxa (Gerona) en el sector comprendido entre Coma Negra y St. Joan les Fonts. Relaciones entre zócalo y cobertera. Cuad. Geol. Univ. Granada, 1-2, 123-133.
- Estévez, A., 1973. La vertiente meridional del Pirineo Catalán al norte del curso medio del río Fluvià. Publ. Universidad de Granada.
- Gich, M., 1969. Las unidades litoestratigráficas del Eoceno prepirenaico del Ripollés oriental (prov. de Gerona y Barcelona). Acta Geologica Hispanica, IV (1), 5-8, Barcelona.
- Gich, M., 1972. Estudio geológico del Eoceno prepirenaico del Ripollés oriental. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 477 pp.
- Gich, M., 1973. Estudio geológico del Eoceno prepirenaico del Ripollés oriental. Acta Geologica Hispanica, VIII (4), 120-124.

- Giménez, J., 1989. Els materials deltaics i de plataforma del Cuisià Inferior (Eocè Inferior) de la Conca Sudpirinenca Catalana. Sector Bagà-Pobla de Lillet. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona, 200 pp.
- Giménez, J., 1993. Anàlisi de Cuenca del Eoceno Inferior de la Unidad Cadí (Pirineo Oriental). El Sistema Deltaico y de Plataforma carbonàtica de la Formació Coronas. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 344 pp.
- Hottinger, L., 1960. Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. Mem. Suisses Paleont., 75-76, 243 pp.
- Hottinger, L., 1977. Les Foraminifères Operculiniformes. Mem. Mus. Natl. Hist. Nat. Paris, XL, 159 pp.
- Hottinger, H., Drobne, K., 1988. Alvéolines tertiaires: quelques problèmes liés à la conception de l'espèce. Benthos' 86, Genève (Septembre, 1986), Rev. Paleobiol., vol. spéc. n° 2, 665-681.
- Hottinger, L., Schaub, H., 1960. Zur Stufeneinteilung des Paleocaens und des Eocaens. Einführung der Stufen Ilerdien und Biarritzien. Eclogae geol. Helv., Basel, 53, 453-480.
- Kromm, F., 1968. Stratigraphie comparée des formations éocènes du revers sud des Pyrénées et de la Cordillère pré-littorale catalane (Province de Gerone et Barcelone-Espagne). Actes Soc. Linn. Bordeaux, 105, B, 2, 2-12.
- Mey, P.W.H., Nagtegaal, P.J.C., Roberti, K.J., Hartevelt, J.J.A., 1968. Lithostratigraphic subdivision of post-hercynian deposits in the South-Central Pyrenees, Spain. Leidse Geol. Meded., 41, 221-228.
- Muñoz, J.A., Puigdefàbregas, C., Fontboté, J.M., 1983. El ciclo alpino y la estructura tectónica del Pirineo. In J.A., Comba (ed.). Libro Jubilar José M^a Rios, Geología de España, IGME, 2, 185-205.
- Pallí, L., 1972. Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes. Publicaciones de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona, 338 pp.
- Samsó, J.M., 1989. Estudio estratigráfico, bioestratigráfico y sedimentológico del Ilerdiense de la Cuenca Surpirenaica al Este de la falla del Segre. Informe para Síntesis Pirineo. ITGE (inédito).
- Schaub, H., 1981. Nummulites et Assilines de la Tethys Paléogène. Taxinomie, phylogénèse et biostratigraphie. Mém. Suisses Paleontol., 104-106, 236 pp.
- Serra-Kiel, J., Canudo, J. I., Dinarès, J., Molina, E., Ortiz, N., Pascual, J.O., Samsó, J.M., Tosquella, J., 1994. Cronoestratigrafía de los sedimentos marinos del Terciario inferior de la Cuenca de Graus-Tremp (Zona Central Surpirenaica). Rev. Soc. Geol. España, 7 (3-4), 273-297.
- Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Caus, E., Drobne, K., Ferràndez, C., Jauhri, A.K., Less, G., Pavlovec, R., Pignatti, J., Samsó, J.M., Schaub, H., Sirel, E., Strougo, A., Tambareau, Y., Tosquella, J., Zakrevskaya, E., 1998. Larger foraminiferal Biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. Bull. Soc. geol. France, 169, (2), 281-299.
- Solé Sabarís, L., 1958. El Eoceno del Alto Valle del Ter. Guía III Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos. Excursión a Olot, Núria y Puigcerdá, 7-9, 1 corte, Gerona.
- Tosquella, J., 1995. Els Nummulitinae del Paleocè-Eocè inferior de la Conca Sudpirinenca. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 581 pp.
- Vergés, J., 1993. Estudi geològic del vessant sud del Pirineu oriental i central. Evolució cinemàtica en 3D. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 203 pp.