



**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Geologia  
Unitat de Paleontologia

**LA FAMILIA SIDEROLITIDAE  
(MACROFORAMINÍFEROS DEL CRETÁCICO SUPERIOR):  
ARQUITECTURA DE LA CONCHA, BIOESTRATIGRAFÍA,  
DISTRIBUCIÓN PALEOAMBIENTAL Y PALEOBIOGEOGRAFÍA**

TESIS DOCTORAL  
SEPTIEMBRE 2014

RAQUEL ROBLES SALCEDO



**La Familia Siderolitidae (macroforaminíferos del Cretácico superior):  
Arquitectura de la concha, Bioestratigrafía, Distribución paleoambiental y  
Paleobiogeografía**

Tesis doctoral realizada por Raquel Robles Salcedo en la Unitat de Paleontologia Departament de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona dentro del programa de Doctorado en Geología, para la obtención del grado de Doctora en Geología

Bellaterra, Septiembre 2014

Dra. Esmeralda Caus Gracia    Dr. Vicent Vicedo Vicedo    Raquel Robles Salcedo

Directora de la Tesis  
Unitat de Paleontologia (UAB)

Codirector de la Tesis  
Consorti del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (Dpt. Paleontologia)

Autora



### Nota aclaratoria

En la redacción de esta memoria se ha utilizado tanto la lengua española como la inglesa. Ello se debe a que se pretende obtener la mención de *Doctor europeus* en el título de doctor. Por ese motivo, y tal como estipula la normativa de la Universitat Autònoma de Barcelona, parte de la tesis doctoral debe haber sido redactada en una de las lenguas oficiales de la Unión Europea distinta a las lenguas oficiales en España, y el resto utilizando una de las lenguas de presentación de esta universidad.

### Explanatory note

In the writing of this work, Spanish and English languages have been used. It has been necessary to obtain the mention of *Doctor europeus* in the Ph.D. diploma. For this reason, and as it stipulates the internal normative of the Universitat Autònoma de Barcelona, part of the Ph.D. thesis must be written in one of the official languages of the European Union (but different from the official languages in Spain), and the rest using one of the presentation languages of this university.



*Sense tu no hagués sigut el mateix*





## AGRADECIMIENTOS

He estado pensando durante un tiempo a quién y cómo agradecer este trabajo. Se lo agradecería a mucha gente, a cada uno de ellos por algo diferente que de algún modo u otro me han ayudado a ser quien soy y, por lo tanto, a acabar esta tesis tal y como la podéis ver. Pero el espacio es finito y los agradecimientos serían largos. Sin embargo, pensad en lo que hemos vivido junt@s y hallaréis la respuesta. Muchas gracias y un gran abrazo.

Seguidamente, le agradezco a la Dra. Esmeralda Caus por confiar y darme la oportunidad de descubrir el mundo de los macroforaminíferos. Gracias también por tu enérgica ayuda y participación ya que sin ellas, no hubiera sido posible finalizarlo.

Al Dr. Vicent Vicedo le agradezco muchísimo, en todos los aspectos, su gran ayuda. Muchas gracias, sin ti tampoco hubiera sido posible. Además de codirector has sido y eres un gran amigo.

Gracias Gonzalo Rivas, responsable del *Centre de Suport Territorial de Tremp* (CSST) del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*, por hacerme saber de la beca predoctoral, creer que sería capaz de realizarla y por abrirme las puertas del CSST. También agradezco a Mariana Losantos sus consejos y ayuda durante mi periodo en el antiguo *Institut Geològic de Catalunya*. Gracias.

Doy las gracias al Dr. Mariano Parente (*Università degli studi di Napoli "Federico II"*). Gracias por enseñarme material y la zona de tu tesis que ha ayudado mucho a aumentar la calidad de la presente memoria, además de la dedicación durante mi estancia en Nápoles. También agradezco, los datos de estroncio de la zona pirenaica aportados conjuntamente con los Drs. Gianluca Frijia y Mateo Di Lucia.

Al profesor Martin Langer (Universität Bonn), le agradezco su hospitalidad, su oferta y sus consejos durante mi estancia en Bonn. Muchísimas gracias.

A los profesores de la *Unitat de Paleontologia*: Dr. José María Pons le agradezco sus sabios consejos y explicaciones sobre rudistas; Dr. Ricard Martínez me gratifican, a parte de lo estrictamente académico, sus grandes apariciones surrealistas por el despacho de doctorandos; Dr. Enric Vicens gracias por resolver mis dudas sobre los horizontes de rudistas y macinformáticos.

Agradezco al Dr. Jaume Gallemí y Daniel Reyes por haberme acompañado al campo en Valencia. Además, al Dr. Gallemí por sus consejos y cederme material.

Al *Laboratori de Preparació de Lámines Primes*, Jaume Qués, Luís Gordon y Marc Puigcerver. Muchísimas gracias por vuestro trabajo y dedicación.

Jordi Maria, no llegué a regalarte un jamón, ni grande, ni bueno.

Marta, te podría escribir un libro o incluso una enciclopedia, pero todo eso sería poco para demostrarte lo agradecida que estoy. Carolina, contigo también me quedaría cortísima, gracias por comprenderme, a veces resulta un tanto difícil. Ferran Llorens, ¿cuándo vamos a buscar *bolets*? Un beso para los “tres”.

A mis compañeros de la Unitat de Paleontologia: Gerard, Vicent, Luís, Maru, Lorenzo, Erzica y Álex. Gracias por darme vuestro apoyo y comprensión, la paleontología necesita instantes de desconexión y con vosotros son grandes momentos.

A mis geonenas, a mis jamelgas, a mis *encantadors*, a mis paleobirras y a mis *bikers*, muchas gracias por compartir vuestro tiempo libre y risas, que no falten risas. Dani Martín, gracias por tu incansable humor, algún día llegaré a tu

nivel.

Le estoy infinitamente agradecida a mis padres, Petra y Andrés, por su ayuda y apoyo incondicional. A mi familia, abuelos, hermanos y tíos, gracias por vuestro interés. ¡Ya está! Ya he acabado de “estudiar”. A mi sobrina Cristina por ser tan especial y llenarme de alegría por cada carcajada que da.

Le doy las gracias al Ministerio de Economía y Competitividad, proyecto CGL 2012-33160.

Finalmente, agradezco a la *Cushman Foundation for Foraminiferal Research* por concederme el premio *William V. Sliter Research Award 2014* por el proyecto “*New methodology for the determination of the shell-architecture in Siderolitidae (Upper Cretaceous larger foraminifera): the 3D techniques and their applications*”.

Gracias, gracias y mil veces gracias.

## RESUMEN

En este trabajo se estudian los representantes de la familia Siderolitidae FINLAY y se realiza una revisión profunda y una redefinición de los caracteres taxonómicos del grupo y de los taxones (géneros y especies) que lo constituyen. Los siderolítidos, importantes como marcadores bioestratigráficos en los depósitos del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense), son foraminíferos lamelar perforados con una disposición de las cámaras planispiral involuta, múltiples aberturas y un sistema de canales complejo. Éste está formado por canales marginales, radiales y periféricos, canales envolventes, canales intraseptales, canales espirales y umbilicales. Algunos géneros pueden presentar camarillas suplementarias y/o espinas canaliculadas. La estructuración de este sistema de canales constituye la base de su clasificación genérica. Se discuten e ilustran cuatro géneros ya descritos: *Praesiderolites* WANNIER, *Arnaudiella* DOUVILLÉ, *Pseudosiderolites* SMOUT y *Siderolites* LAMARCK, y se describe un nuevo género *Wannierina* (especie tipo: *W. cataluniensis*).

*Praesiderolites* se caracteriza por su pequeño tamaño con un sistema de canales simple, sin canales envolventes ni camarillas suplementarias. Se han atribuido tres especies a este género: *Praesiderolites praevitali* (NEUMANN), *Praesiderolites douvillei* WANNIER y *Praesiderolites* cf. *dordoniensis* WANNIER, que se suceden en el tiempo en el intervalo Campaniense inferior-superior. A *Arnaudiella*, con camarillas suplementarias muy desarrolladas, se le atribuye una única especie, *A. grossouvrei*

DOUVILLÉ, de edad Campaniense medio al superior basal. *Pseudosiderolites* presenta un sistema de canales muy complejo, que forma una red tridimensional envolvente que cubre todas las cámaras, y está representado por tres especies: *Ps. vidali* DOUVILLÉ, *Ps. n. sp.* y *Ps. aff. vidali*. La extensión en el tiempo de estas especies va desde el Campaniense medio terminal hasta la mitad del Campaniense superior. A *Siderolites*, con espinas canaliculadas o borde denticulado, se le han reconocido cinco especies: *S. praecalitrapoides* NEUMANN, *S. calitrapoides* LAMARCK, *S. aff. calitrapoides*, *S. denticulatus* DOUVILLÉ y *Siderolites n. sp.*, que abarcan el intervalo de tiempo del Campaniense superior terminal al Maastrichtiense superior. *Wannierina* n. gen. muestra canales marginales radiales que se bifurcan y dan una morfología particular en forma de espina de pez. Éste género está representado por dos especies sucesivas en el tiempo, *W. n. sp.* y *W. cataluniensis* (WANNIER), en el intervalo del Campaniense superior terminal al Maastrichtiense inferior.

Para la revisión de la Familia Siderolitidae, se ha estudiado material procedente de localidades de los Pirineos (sur de Francia y noreste de España), Cordilleras Ibérica y Bética (provincias de Valencia y Alicante), Maastricht (Holanda) e Italia (Península de Salento e Isla de Sicilia), donde los siderolítidos son abundantes y están bien conservados.

Además del estudio taxonómico y bioestratigráfico, se discute la distribución paleoambiental y paleobiogeográfica de este grupo en los océanos del Cretácico superior.

## ABSTRACT

This work includes a study of the FINLAY representatives of the family Siderolitidae, as well as a detailed review. Furthermore, it has also been possible to redefine the taxonomic features and its taxa (genera and species). The siderolitids are an important group of biostratigraphic indicators in upper Cretaceous deposits (Campanian–Maastrichtian). As regards their architecture, siderolitids are lamellar-perforate foraminifera planispiral-involute coils, a row of multiple intercameral foramina and a complex canal system. The canal system is constituted by marginal canals (radials and peripherals), enveloping canals, intraseptal canals and umbilical and spiral canals. Some genera could have supplemental chamberlets and/or canaliferous spine. The architectural position of these features gives us its generic classification. It is discussed and illustrated four genera are discussed and illustrated, which have already been described: *Praesiderolites* WANNIER, *Arnaudiella* DOUVILLÉ, *Pseudosiderolites* SMOUT and *Siderolites* LAMARCK, as well as a new genus, *Wannierina* (type species: *W. cataluniensis*).

*Praesiderolites* is characterised by its small size with a simple canal system, with no enveloping canals or supplemental chamberlets. Three species have been assigned to this genus: *Praesiderolites praevitali* (NEUMANN), *Praesiderolites douvillei* WANNIER and *Praesiderolites* cf. *dordoniensis* WANNIER, which were succeeded during the early and late Campanian. *Arnaudiella*, with big isometric supplemental chamberlets, is assigned only one species, *A. grossouvrei* DOUVILLÉ, from middle to

earliest Campanian. *Pseudosiderolites* present such a complex canal system, which forms an enveloping tridimensional mesh and covers all the chambers. It has been represented by three species: *Ps. vidali* DOUVILLÉ, *Ps.* n. sp. and *Ps.* aff. *vidali*. These species were succeeded from latest deposits of middle Campanian to the middle part of the late Campanian. *Siderolites*, with canaliferous spines or denticulated periphery, has been assigned five species: *S. praecalcitrapoides* NEUMANN, *S. calcitrapoides* LAMARCK, *S.* aff. *calcitrapoides*, *S. denticulatus* DOUVILLÉ and *Siderolites* n. sp. These species were deposited from the early Campanian to latest Maastrichtian. Finally, *Wannierina* n. gen. shows marginal radial canals that are bifurcated and gives a particular morphology in a herringbone. This genus is been represented by two species, *W.* n. sp. and *W. cataluniensis* (WANNIER). The two species are succeeded from late Campanian to early Maastrichtian.

In the review of the Siderolitidae, a study has been made of material from different localities such as the Pyrenees (south of France and northeastern Spain), Betic and Iberic Range (Valencia and Alicante province), Maastricht (Holland), and Italy (Salento peninsula and Sicily Island), where the siderolitid groups are abundant and well preserved.

Finally, a discussion is presented on the paleoenvironmental and paleobiogeographic distribution for the siderolitids group in the upper Cretaceous oceans.

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1: Introducción</b>	<b>15</b>
1.1. Los macroforaminíferos: principales características ambientales y bioestratigráficas.....	17
1.2. El Cretácico superior: principales características de este período de la historia de la Tierra.....	18
1.3. Los siderolítidos: problemas y soluciones.....	19
<b>Capítulo 2: Metodología</b>	<b>21</b>
2.1. Estudio bibliográfico.....	24
2.2. Trabajo de campo.....	24
2.3. Trabajo de laboratorio.....	24
2.3.1. Registro de muestras.....	24
2.3.2. Preparación de las muestras: láminas delgadas y levigados.....	25
2.3.3. Secciones orientadas.....	26
2.3.4. Secciones seriadas.....	26
2.3.5. Reconstrucción 3D.....	26
2.4. Estudio del material.....	26
2.4.1. Fotografiado con lupa binocular y/o microscopio electrónico de barrido (scanning).....	27
2.4.2. Identificación y contajes.....	27
2.4.3. Microfacies.....	27
2.4.4. Morfometría.....	27
2.4.5. Realización de modelos 3D.....	28
2.5. Análisis de los resultados.....	28
<b>Capítulo 3: Procedencia del material estudiado</b>	<b>29</b>
3.1. Pirineos.....	31
3.1.1. Zona norpirenaica.....	32
Saint Marcet.....	32
Larcán.....	34
Gensac.....	34
3.1.2. Zona surpirenaica.....	34
Torallola.....	34
Vilavella.....	36
Zona de Homes Morts.....	37
Serra del Montsec.....	38
El Coscoll.....	42
3.2. Cordilleras Ibérica y Bética.....	43
3.2.1. Serra de les Agulles.....	44
3.2.2. El Matet y Mas del Racó Pellicer.....	46
3.3. Montaña de Saint-Pierre (Maastricht, Holanda).....	46

3.4.	Italia.....	49
3.4.1.	Península de Salento.....	49
3.4.2.	Isla de Sicilia.....	50
<b>Capítulo 4: Antecedentes</b>		<b>51</b>
4.1.	Siglos XVIII-XIX.....	53
4.2.	Primera mitad del siglo XX.....	53
4.3.	Segunda mitad del siglo XX.....	54
4.4.	Siglo XXI.....	57
<b>Capítulo 5: Textura y arquitectura de la concha de los representantes de la familia Siderolitidae</b>		<b>59</b>
5.1.	Textura de la pared.....	61
5.2.	Morfología externa y ornamentación.....	62
5.3.	Cámaras y aberturas.....	64
5.4.	Elementos endoesqueléticos.....	66
5.5.	Esqueleto suplementario.....	67
5.6.	Sistema de canales.....	68
5.6.1.	Sistema de canales marginales.....	70
5.6.2.	Sistema de canales envolventes.....	70
5.6.3.	Sistema de canales intraseptales .....	71
5.6.4.	Sistema de canales espirales y umbilicales.....	71
<b>Capítulo 6: Sistemática</b>		<b>73</b>
	Láminas.....	94
<b>Capítulo 7: Características paleoambientales</b>		<b>145</b>
7.1.	Comparación reciente-fósil.....	147
7.2.	Los calcarínidos actuales.....	147
7.3.	Los siderolítidos del Cretácico superior.....	148
<b>Capítulo 8: Repartición bioestratigráfica</b>		<b>153</b>
<b>Capítulo 9: Paleobiogeografía</b>		<b>159</b>
9.2.	Bioprovincias actuales .....	161
9.2.	Paleoprovincias del Cretácico superior.....	161
<b>Capítulo 10: Conclusiones/Conclusions</b>		<b>163</b>
<b>Capítulo 11: Bibliografía</b>		<b>169</b>

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**





## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. LOS MACROFORAMINÍFEROS: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y BIOESTRATIGRÁFICAS

Los foraminíferos son organismos “protistas” del grupo de los *Rhizaria*, que comprende foraminíferos y radiolarios. La característica más distintiva de los foraminíferos es la presencia de un esqueleto mineralizado, de naturaleza calcárea y mecánicamente resistente, que recubre las partes internas del protoplasma. El tamaño de los foraminíferos varía de pocos micrómetros a varios centímetros; algunos de ellos (los denominados macroforaminíferos) tienen un tamaño excepcional, pudiendo alcanzar más de 10 centímetros de diámetro. Además, presentan una arquitectura extremadamente compleja con la concha dividida en numerosos compartimentos (cámaras y/o camarillas) y su interior es ocupado por estructuras esqueléticas.

Esta compleja morfología de la concha de los macroforaminíferos permite diferenciar los caracteres que reflejan una adaptación a un determinado hábitat y/o tipo de vida, de los que cambian con el tiempo; los primeros permiten ser utilizados en la interpretación de los medios sedimentarios fósiles, mediante su comparación con los macroforaminíferos que viven en los océanos y mares actuales. Mientras, los segundos permiten reconocer los sucesivos reemplazamientos de macroforaminíferos a través de los tiempos geológicos, desde el Paleozoico superior hasta nuestros días, y ser usados en bioestratigrafía.

Los macroforaminíferos recientes viven en aguas

tropicales y subtropicales; están restringidos a un cinturón climático donde la temperatura del agua no desciende en invierno por debajo de los 14-20 °C (Langer y Hottinger, 2000). Prefieren medios oligotróficos, aunque pueden adaptarse a medios mesotróficos (Hallock, 1987; Renema y Troelstra, 2001). Son exclusivamente bentónicos y muchos de ellos tienen una clara dependencia del substrato en el que viven; los hay adaptados a substratos duros (firmes) o blandos, mientras otros viven independientemente del tipo de substrato. La naturaleza del substrato se refleja en la morfología de las conchas, principalmente en sus caras aperturales (Hottinger, 2005). La mayoría de macroforaminíferos actuales alojan en el interior de su protoplasma “algas” (clorofitas, rodofitas, dinofitas o diatomeas) como simbiosis, las cuales son responsables de la distribución en profundidad de los macroforaminíferos que las albergan (Leutenegger, 1984; Hallock y Glenn, 1986; Hallock, 1988; Lee y Anderson, 1991). Viven en la zona fótica de áreas neríticas, extendiéndose desde las zonas litorales (hipo o hipersalinas) hasta el límite inferior de la zona fótica; este último límite en aguas claras, como por ejemplo las plataformas carbonatadas de los océanos tropicales, puede alcanzar los 140-150 m de profundidad (Reiss y Hottinger, 1984). Pero en áreas con abundante material terrígeno en suspensión, como por ejemplo los deltas, el incremento de la turbidez del agua reduce drásticamente la penetración de la luz en la columna de agua, reduciendo, a su vez, la profundidad a la que pueden vivir los macroforaminíferos (Billman et al., 1980; Hallock, 1987). En ambos medios aparecen las mismas su-

cesiones de macroforaminíferos, pero sus respectivos rangos en zonas poco iluminadas, aparecen comprimidos (Hottinger, 1973; Hallock, 1979; Romero et al., 2002).

El modelo de evolución de los macroforaminíferos a través de los tiempos geológicos, desde el carbón superior hasta nuestros días, muestra sucesivos episodios de drástica reducción de su diversidad (extinciones en masa) y períodos de diversificación y especialización (ciclos globales de maduración de las comunidades de macroforaminíferos -*GCMC* en sus siglas en inglés- Hottinger, 1998, 2001). Durante los episodios de crisis los macroforaminíferos pierden la información genética acumulada durante los períodos de diversificación y especialización (por ejemplo, la capacidad de construir conchas de gran tamaño adaptadas a una estrategia de vida K), siendo necesario, después de cada crisis, un período de tiempo de varios millones de años para su recuperación; durante esta “recuperación”, los macroforaminíferos pasan por las fases de preparación para conseguir la estrategia K, experimentación, éxito y diversificación, y adaptación a la estrategia K (Hottinger, 2001). El grupo de macroforaminíferos que es objeto de la presente memoria -**LOS SIDEROLÍTIDOS**- corresponde al “*GCMC*” del Cretácico superior, que está limitado por las crisis de los límites Cenomaniense-Turoniense y Maastrichtiense-Daniense, respectivamente (KGCMC, Caus et al., 2010).

## 1.2. EL CRETÁCICO SUPERIOR: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTE PERÍODO DE LA HISTORIA DE LA TIERRA

El Cretácico superior estuvo marcado en todo el

planeta por una importante subida del nivel del mar, la cual propició la inundación de grandes áreas pericontinentales que, juntamente con un clima extraordinariamente cálido, fueron responsables de la formación de extensas plataformas carbonatadas y/o mixtas que permitieron el desarrollo y diversificación de numerosos grupos de macroforaminíferos, entre ellos los siderolítidos. Además, durante este período de tiempo su extensión geográfica alcanzó regiones situadas mucho más al N y S que las alcanzadas en épocas anteriores. Se conocen macroforaminíferos del Cretácico superior, entre ellos representantes de los siderolítidos, en regiones situadas aproximadamente a 40° latitud N y 40° latitud S (por ejemplo, el sur de Escandinavia en el hemisferio norte o Madagascar en el hemisferio sur).

La mayoría de autores (véase por ejemplo Loeblich y Tappan, 1988) sitúan la aparición de los primeros siderolítidos en el registro fósil en el Santoniense superior (alrededor de 10 millones de años después de la crisis del límite Cenomaniense-Turoniense, que marca el inicio del *GCMC* del Cretácico superior). Estos se diversificaron durante el Campaniense y desaparecieron en la extinción en masa del límite Maastrichtiense-Daniense, que marca el fin del ciclo. La rápida diversificación y los sucesivos reemplazamientos de géneros y/o especies en cortos períodos de tiempo confieren a los siderolítidos, juntamente con los foraminíferos orbitoidiformes, un alto valor para el establecimiento de una bioestratigrafía de alta resolución (biozonas) para los sedimentos depositados en las plataformas continentales poco profundas del Cretácico superior tardío.

### 1.3. LOS SIDEROLÍTIDOS: PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Los siderolítidos son foraminíferos lamelar perforados de forma lenticular que pueden desarrollar espinas. A ambos lados de la concha, presentan una típica ornamentación formada por gránulos, que son el resultado de la superposición de las sucesivas lamelas externas que forman la pared bilamelar del foraminífero. La concha de los siderolítidos está formada por cámaras dispuestas planispiralmente, que se comunican entre sí por múltiples orificios (*foramina*) localizados en la base del septo. Es rasgo común en todos los representantes de los Siderolitidae la presencia de un esqueleto suplementario (Carpenter et al., 1862) formado por un retículo tridimensional (*canal system* en Hottinger, 1978), cuya estructuración constituye la base de su clasificación genérica (Wannier, 1980).

La compleja arquitectura de los Siderolitidae llamó la atención de algunos investigadores ya a principios del siglo XIX; así, Lamarck (1801) describió el género *Siderolites* (especie tipo: *S. calcitrapoides*) de los materiales cretácicos de Maastricht (Holanda). No obstante, no fue hasta la primera mitad del siglo XX cuando el estudio del grupo tuvo su primer momento de auge; Douvillé (1906) describió dos nuevas especies de *Siderolites*: *S. vidali* de la localidad pirenaica de Poble de Segur (Lleida, NE de España) y *S. denticulatus* de Maastricht (la misma localidad que *S. calcitrapoides*) y un nuevo género, *Arnaudiella* (especie tipo: *A. grossouvrei*), de la región de Charente (SW de Francia). Posteriormente, el mismo autor (Douvillé, 1910) definió una nueva variedad de *S.*

*vidali* de los sedimentos de Royan (desembocadura del río Garona, SW de Francia), a la que denominó *S. vidali minor*, debido al menor tamaño de esta forma con respecto a *S. vidali* tipo. Arni (1932) describió una nueva especie de siderolítido, *S. heracleae*, de la Sierra de Pindos (NW de Grecia).

En la segunda mitad del siglo XX, Smout (1955) introdujo un nuevo género, *Pseudosiderolites* (especie tipo: *S. vidali* DOUVILLÉ), que diferenció del género *Siderolites* por la ausencia de espinas. Pero son los trabajos de Wannier (1980, 1983) que marcaron un avance importante en el conocimiento de la arquitectura de los siderolítidos; describió un nuevo género, *Praesiderolites*, para designar las formas estructuralmente más simples y de tamaño pequeño; citó tres especies sucesivas en el tiempo: *P. santoniensis*, *P. douvillei* y *P. dordoniensis*. Aceptó el género *Pseudosiderolites*, que mantuvo con una única especie, *P. vidali*, y describió una nueva especie de *Siderolites*, *S. cataluniensis* de la región de Tremp (NE de España).

Sin embargo, las ideas y nuevos géneros y/o especies descritas por Wannier (1980, 1983) no fueron aceptados por algunos autores (véase por ejemplo, Andreieff y Neumann, 1983; Neumann, 1986, 1997), que mantuvieron únicamente el género *Siderolites* como género válido, y del cual establecieron 3 especies, *S. praevidali*, *S. charentensis* y *S. praecalitrapoides*. Estos últimos trabajos crearon una dualidad en la caracterización de los géneros y especies del grupo, lo que dio lugar a algunos errores de identificación y/o de la edad atribuida a los representantes de esta familia en trabajos regionales. Actualmente, algunos de estos errores persis-

ten en la literatura micropaleontológica.

Con objeto de solventar los problemas anteriormente citados, en esta tesis se han abordado las siguientes tareas:

a) la identificación y caracterización de la arquitectura de los representantes de la familia Siderolitidae como base para la correcta identifica-

ción de los taxones, tanto a nivel genérico como específico;

b) el establecimiento de la repartición bioestratigráfica y paleoambiental de los taxones identificados;

c) la delimitación de la extensión paleobiogeográfica del grupo.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**



## 2. METODOLOGÍA

El trabajo, que ha dado lugar a la presente memo-

ria, ha comprendido varias fases y tareas. Estas han sido realizadas sucesiva y/o paralelamente y se describen a continuación:

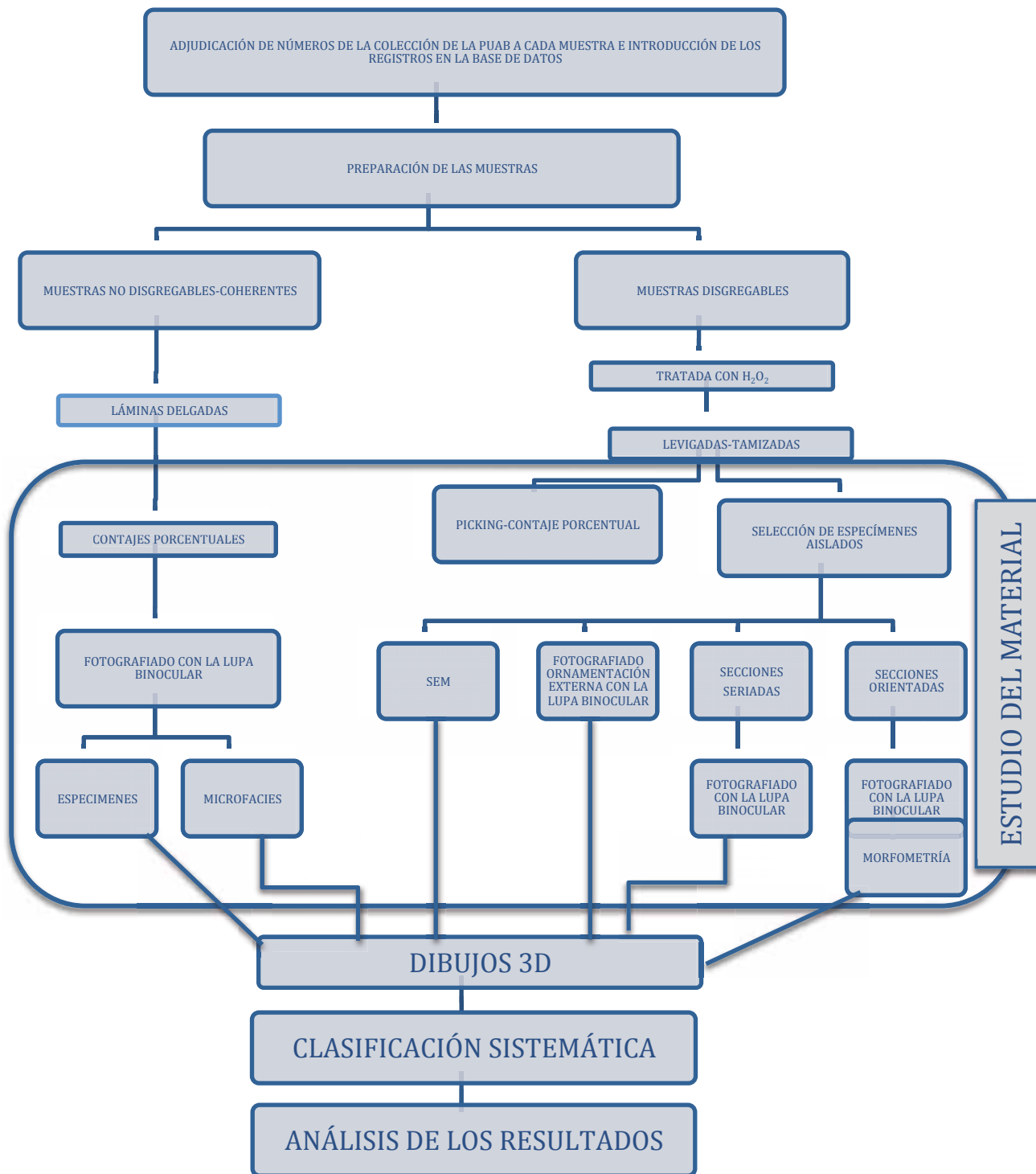


Figura 2.1: Metodología del trabajo de laboratorio y análisis de los resultados.

## 2.1. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

---

El estudio bibliográfico se ha centrado en dos líneas paralelas:

- el análisis crítico de los trabajos sobre la arquitectura de los macroforaminíferos en general y de los siderolítidos en particular.
- el análisis crítico de las citas de siderolítidos en los trabajos de geología regional.

La primera incluye principalmente aquellos trabajos que hacen referencia a la arquitectura de la concha de los macroforaminíferos y su relación con los distintos hábitats representados en los depósitos fósiles por los diferentes tipos de facies. La segunda se ha basado en la búsqueda de todas las citas de los trabajos que presentan reproducciones de los siderolítidos en las que pueda interpretarse su arquitectura en detalle. Se han obviado aquellos trabajos en que no se dan figuras de siderolítidos.

## 2.2. TRABAJO DE CAMPO

---

El estudio bibliográfico ha permitido seleccionar un número determinado de áreas o localidades en las que los siderolítidos son abundantes y están bien conservados. De estas localidades, se han escogido como preferentes aquellas que, en estudios paralelos de otros grupos fósiles o de quimioestratigrafía, han permitido contrastar los datos bioestratigráficos y paleoambientales de los siderolítidos. El eje vertebral del estudio se ha situado en los Pirineos (NE de España y SW de Francia), pero también han sido consideradas las cordilleras Ibérica y Bética (E y SE de España), Maastricht (SE de Holanda), los Apeninos meridionales (Apulia, SE de la Península Itálica) y Capo Passe-

ro (SE de Sicilia) (véase el Capítulo 3 para más detalle).

En estas regiones, que se han visitado en diversas campañas de campo, el trabajo ha consistido en:

- la realización de pequeñas cartografías de reconocimiento.
- secciones estratigráficas de detalle.
- recolección de muestras para el estudio de los siderolítidos.

Se han recolectado también muestras para el estudio comparativo de otros grupos y/o para estudios de quimioestratigrafía. Todas las muestras se han posicionado en el terreno mediante *waypoints* (conjunto de coordenadas tomadas con sistemas de navegación como los *Global Positioning System* (GPS), que permiten su localización exacta).

## 2.3. TRABAJO DE LABORATORIO

---

El trabajo de laboratorio ha incluido las siguientes tareas:

### 2.3.1. Registro de muestras

Para poder gestionar adecuadamente el material recolectado durante la realización de este trabajo, las muestras recolectadas se han introducido en la base de datos de la colección de Paleontología de la Universitat Autònoma de Barcelona. Así, se ha adjudicado a las muestras un número de colección o registro y éstos, junto con otros datos asociados, han sido introducidos en una base de datos informática. Para realizar esta labor se han elegido los softwares de Acces para Windows y/o FileMaker para Mac y Windows. La información se incorpora a la base de datos que se detalla en el trabajo de



Vicedo y Gallemí (2012), en el que se dan experiencias previas en gestión de colecciones paleontológicas. El número completo de registro consta de los siguientes campos: Acrónimo de la institución (PUAB), Número de registro, Acrónimo de la lámina delgada (LP), Número de LP, Número de ejemplar (Fig. 2.2).

En la numeración de especímenes se ha considerado toda la casuística posible, desde el material disgregable al no disgregable. Así, y siguiendo con las directrices de Vicedo y Gallemí, (2012) se ha adjudicado número de registro a la muestra de roca (disgregable o no).

A. INST.	N. REG.	A. LP	N. LP	N. EJEMPLAR
PUAB	82319			MUESTRA DE ROCA
PUAB	82319	LP	01	NÚMERO DE SECCIONES DELGADAS
PUAB	82319	LP	01	.01
PUAB	82319	LP	02	

Figura 2.2: Se muestra un ejemplo del número completo de registro para muestras no disgregables de una lámina delgada, donde el primer registro es la muestra de roca, el segundo y el cuarto muestra en número de secciones y, en la tercera fila, el número de ejemplares referenciados en la lámina. Abreviaturas: A. INST: Acrónimo Institución; N. REG.: Número de Registro; A. LP: Acrónimo LP; N. LP: Número LP; N. EJEMPLAR: Número Ejemplar.

Esto es especialmente útil, por una parte, en el caso de materiales no disgregables, ya que la muestra de roca siempre estará referenciada y se pueden hacer sucesivas láminas delgadas a partir de la misma muestra en diferentes momentos sin perder la correlación numérica (Fig. 2.2). Para referenciar un foraminífero de una lámina delgada, en este caso, se añade un **número de ejemplar** detrás del

número de registro y del **número de lámina delgada** (Fig 2.2).

A. INST.	N. REG.	A. LP	N. LP	N. EJEMPLAR
PUAB	82321			
PUAB	82321			.01
PUAB	82321			.02
PUAB	82322			

Figura 2.3: Se muestra el número completo de registro para rocas disgregables con individuos aislados. El recuadro muestra el número de ejemplares referenciados en cada muestra. Abreviaturas: A. INST: Acrónimo Institución; N.REG.: Número de Registro; A.LP: Acrónimo LP; N.LP: Número LP; N. EJEMPLAR: Número Ejemplar.

Por otra parte, cuando se trata de una **muestra disgregable** y se seleccionan especímenes aislados, éstos se numeran utilizando solamente el campo **número de registro (muestra) y número de ejemplar** (Fig. 2.3). Sin embargo, cuando se efectúan secciones orientadas de los especímenes aislados, a estos se les da el trato de roca no disgregable para cada sección orientada que se realice (Fig. 2.2).

### 2.3.2. Preparación de las muestras: láminas delgadas y levigados

El trabajo de preparación depende principalmente del tipo de muestra y de su utilización posterior. Las muestras no disgregables se han trasladado al “Laboratorio de láminas delgadas de la UAB”, para la elaboración de las respectivas láminas delgadas. El número de láminas delgadas realizadas es alrededor de 900. Las muestras disgregables se han tratado con una solución de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 35% w/w para eliminar la materia orgánica, la fracción arcilla y conseguir la separación

ración de los microfósiles. Estas muestras se han tamizado con un tamiz de abertura de malla de 4 mm (para extraer los elementos más grandes) y con dos tamices de luz de 0,35 y 0,21 m/m, respectivamente. Esta diferenciación granulométrica hace más fácil el trabajo de identificación de especímenes con la lupa binocular donde se han separado los componentes, con especial interés en los siderolíticos.

### 2.3.3. Secciones orientadas

La realización de secciones orientadas se aplica al material fósil levigado y separado de las muestras disgregables siendo una de las herramientas de trabajo más artesanales que posee un micropaleontólogo. Este método se realiza para una mayor comprensión de la estructura interna, ya que al tener material disgregable con especímenes aislados da la oportunidad de realizar secciones en la orientación que se desea. Para la confección de las secciones orientadas se ha seguido la metodología clásica descrita en la literatura (Müller-Merz, 1980; Boix, 2007).

### 2.3.4. Secciones seriadas

Se trata de una técnica similar a la utilizada en las secciones orientadas (apartado 2.3.3), pero con un seguimiento fotográfico (la lupa binocular con luz reflejada) a intervalos fijos de decenas de micras. Para la aplicación de esta técnica se requiere una preservación del macroforaminífero excepcional, cumpliendo dos propiedades: por un lado, las partes vacías de la concha deben estar parcial o totalmente “rellenas” de micrita y con procesos de ferruginización. Por otro lado, la concha debe pre-

servar sus condiciones originales, con el típico aspecto vítreo que presentan los foraminíferos lamelar-perforados. Estas dos condiciones dan un contraste notable que hace visible la estructura interna del foraminífero. Para una mejor resolución y calidad fotográfica la toma se hace cubriendo la sección con un portaobjetos y/o sumergiéndola en agua. El resultado final de las fotografías permite la comparación con las secciones de los moldes internos realizados con un tipo de resina, denominada “*Araldite*”, en los macroforaminíferos actuales (véase esta última técnica en Billman et al., 1980).

### 2.3.5. Reconstrucción 3D

La reconstrucción 3D se realiza mediante la computarización de imágenes que se han tomado en el proceso de elaboración de las secciones seriadas (apartado 2.3.4). Para la reconstrucción tridimensional del espécimen se ejecuta el software de imágenes biomédicas OsiriX para Mac que se puede descargar de forma gratuita en la web: <http://www.osirix-viewer.com> (véase Pascual-Cebrian et al., 2013a, 2013b para más detalles). Este programa nos aporta una nueva visión tridimensional de los especímenes mediante la computarización de imágenes y la realización de secciones aleatorias que nos ayuda a relacionar los diferentes planos de la arquitectura del foraminífero para la comprensión de su estructura interna.

## 2.4. ESTUDIO DEL MATERIAL

Los puntos que se siguen para el estudio del material son:

#### 2.4.1. Fotografiado con la lupa binocular y/o microscopio electrónico de barrido (scanning)

Las láminas delgadas (microfacies y secciones aleatorias y orientadas de los macroforaminíferos) han sido fotografiadas con una lupa binocular Leica Z16 APO, conectado a una cámara digital Leica DFC320. Las fotografías se han realizado a escalas estandarizadas (x12,5 para las microfacies, x25 ó x50 para los especímenes según su tamaño y x100 ó x200 para algunos detalles).

Los ejemplares aislados han sido fotografiados exteriormente, con la lupa binocular y/o el microscopio electrónico de barrido (SEM). El SEM nos permite ver detalles, inclinar y/o rotar un mismo individuo, métodos no utilizables con una lupa binocular.

#### 2.4.2. Identificación y contajes

El material preparado ha sido estudiado cualitativa y cuantitativamente. El estudio cualitativo ha implicado la identificación de los siderolítidos y la fauna y flora acompañante, tanto en los residuos de las muestras levigadas como en las láminas delgadas. El estudio cuantitativo ha implicado contajes y su tratamiento estadístico; la metodología empleada ha sido distinta en los residuos de levigados y en las láminas delgadas. En los primeros se han contado 300 especímenes de macroforaminíferos, mientras en las segundas se ha contado el número total de macroforaminíferos, tanto enteros como fragmentados, existentes en una superficie de 24 x 40 mm. Para ambos tipos de muestras se ha calculado la frecuencia relativa con la utiliza-

ción del software de hojas de cálculo de Microsoft Excel.

#### 2.4.3. Microfacies

Las láminas delgadas, además de ser la base del estudio de las secciones aleatorias de los macroforaminíferos, han sido utilizadas como herramienta de identificación del medio sedimentario de los depósitos que contienen los siderolítidos. Para su clasificación se han utilizado los criterios de Folk (1959) y Dunham (1962). De cada microfacies se ha realizado una ficha, como parte del inventario del estudio.

#### 2.4.4. Morfometría

En el estudio morfométrico de los siderolítidos se toma como referencia los siguientes parámetros: el espesor (E), diámetro (D), la relación entre el espesor y el diámetro (E/D), el número de vueltas ( $r_1, r_2, r_3, \dots$ ), el número de cámaras por vuelta y el diámetro de la protoconcha y la deuterconcha (Fig. 2.3).

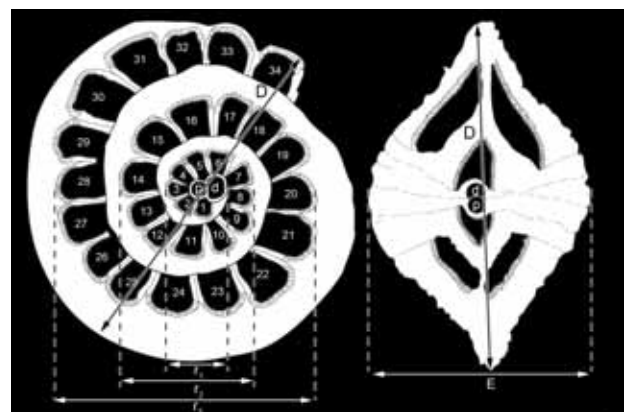


Figura 2.4: Esquema de los parámetros morfométricos que se han medido para el estudio de los siderolítidos. Abreviaturas: p: diámetro de la protoconcha; d: diámetro de la deuterconcha; D: diámetro total; E: espesor; r1: primera vuelta; r2: segunda vuelta; r3: tercera vuelta.

### 2.4.5. Realización de Modelos 3D

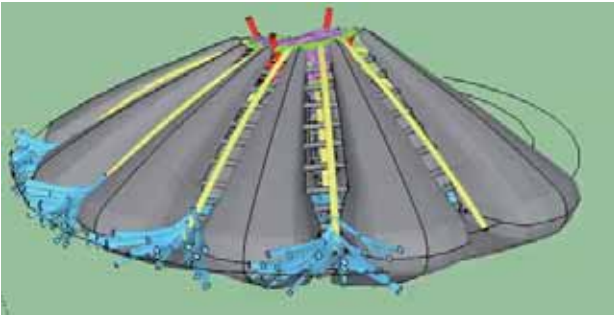


Figura 2.5: Modelo tridimensional de las cavidades internas de un *Praesiderolites* elaborado con el software SketchUp.

Se han realizado modelos 3D de la arquitectura de los siderolítidos una vez ya estudiados en detalle. Se ha utilizado el software gratuito de Google,

SketchUp (<http://www.sketchup.com/es>) para dibujar e interpretar la compleja estructura de los siderolítidos. Con este software se pueden realizar dibujos y/o modelos completos de las estructuras tridimensionales de manera relativamente sencilla, pudiéndose sobreponer diferentes planos y ver como interactúan entre ellos (Fig 2.4).

## 2.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos mediante la metodología anteriormente expuesta ha permitido alcanzar los resultados propuestos en el capítulo 1 de la presente memoria.

# **CAPÍTULO 3**

**PROCEDENCIA DEL**

**MATERIAL ESTUDIADO**



### 3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO

Tal como se ha indicado en el capítulo anterior, el material estudiado procede de varias regiones y localidades europeas (Fig. 3.1):

- Pirineos: SW de Francia y NE de España;
- Cordilleras Ibérica y Bética (E y SE de España);
- Montaña de Saint-Pierre, Maastricht (Holanda);
- Península de Salento (SE de Italia) y Capo Passero (SE de la Isla de Sicilia);

Estas localidades contienen siderolítidos en el intervalo Campaniense-Maastrichtiense (Cretácico superior).

#### 3.1. PIRINEOS

Los Pirineos constituyen una cadena montañosa de doble vergencia, que de norte a sur, consta de las siguientes unidades estructurales: la cuenca de



Figura 3.1: Situación geográfica de las regiones de estudio: 1 y 2) Pirineos (SW de Francia, NE de España); 3) Cordillera Ibérica; 4) Cordillera Bética; 5) Montaña de Saint-Pierre, Maastricht; 6) Península de Salento; 7) Capo Passero.

antepaís norte o Cuenca de Aquitania, la Zona Norpirenaica constituida por un conjunto de escamas tectónicas con vergencia norte, la zona de la falla Norpirenaica, la Zona Surpirenaica o conjunto de escamas tectónicas con vergencia sur y la cuenca de antepaís sur o Cuenca del Ebro (Muñoz, 1992; Berástegui et al., 1993). Las muestras del presente trabajo proceden de la Zona Norpirenaica y Zona Surpirenaica. En la Zona Norpirenaica el estudio se ha restringido a la región de Petits Pyrénées (departamento de Haute Garon-

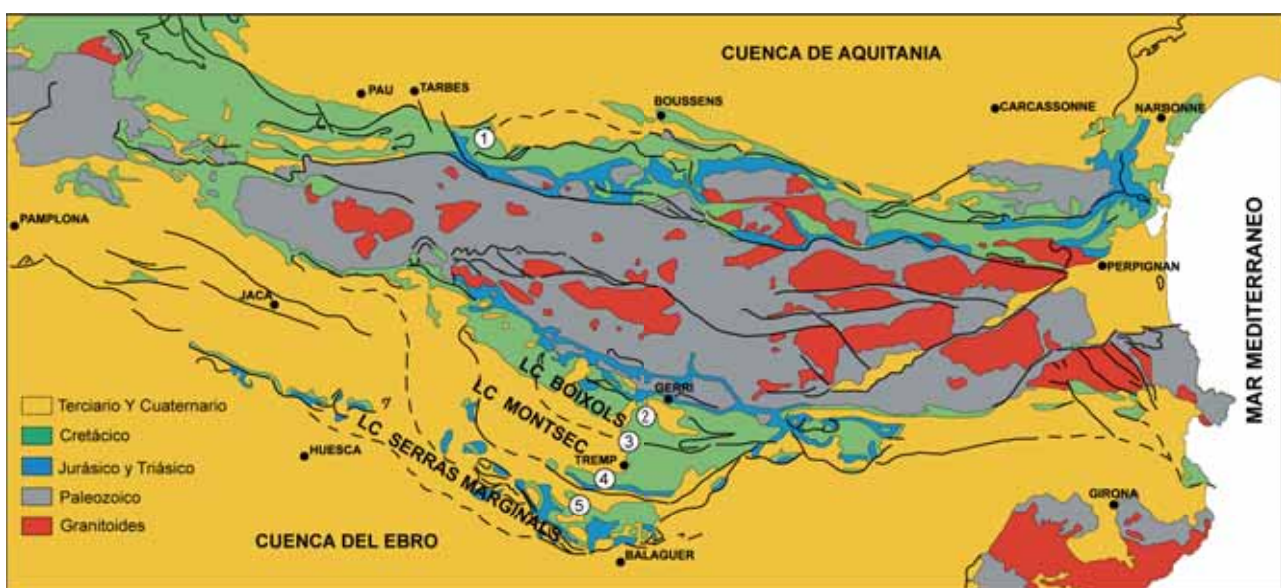


Figura 3.2: Mapa geológico del Pirineo central y oriental con la situación de la zonas de estudio. 1) secciones de la zona Norpirenaica; 2-5) secciones Surpirenaicas: Torallola, Homes Morts y Vilavella, Serra del Montsec, El Coscoll (Berástegui et al., 1993).

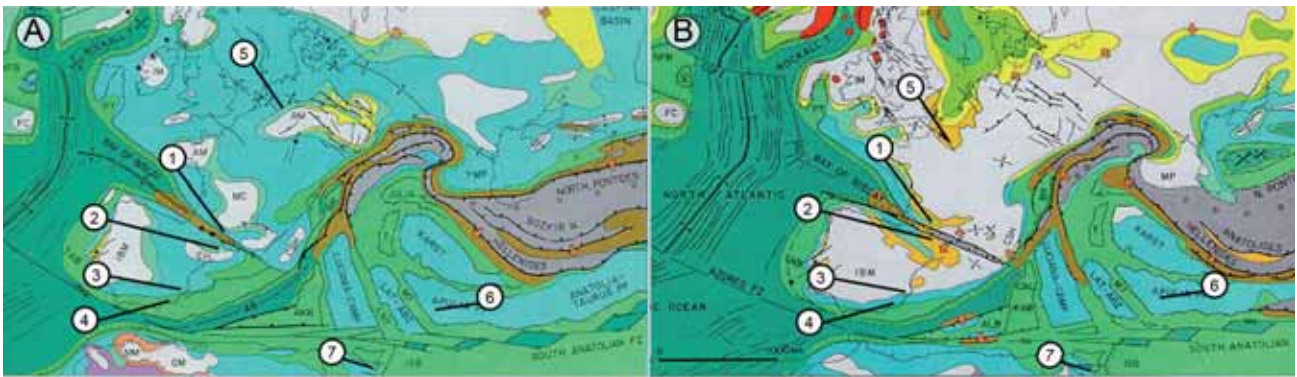


Figura 3.3: Mapa paleogeográfico de Europa y el norte de África durante el Cretácico superior. A) Situación durante el Turoniense al Campaniense; B) Situación durante el Paleoceno basal. Se indica la situación de las áreas de estudio: 1: Zona Norpirenaica; 2: Zona Surpirenaica; 3 y 4: Cordillera Ibérica y Bética; 5: Montaña de Saint-Pierre, Maastricht; 6: Península de Salento; 6: Capo Passero (extraído de Ziegler, 1988).

ne), mientras en la Zona Surpirenaica se ha centrado en la Unidad Surpirenaica central (Seguret, 1972) (Fig. 3.2).

Durante el Cretácico superior, el área ocupada actualmente por los Pirineos era parte de la Cuenca Pirenaica, la cual formaba un golfo profundo, relativamente estrecho y con una orientación aproximada W-E, que se extendía desde el *offshore* de Galicia hasta Provenza, y del norte de la Meseta castellana hasta el sur del Macizo armoricano. La Cuenca Pirenaica se abría hacia el proto-Atlántico (Golfo de Vizcaya) (Fig. 3.3).

### 3.1.1. Zona Norpirenaica

La zona de estudio, desde un punto de vista estructural, está formada por un conjunto de pliegues de orientación aproximada WNW-ESE formados por materiales del intervalo Campaniense-Maastrichtiense. Las muestras proceden de las localidades de **Saint Marcet**, **Larcan** y **Gensac**, que forman parte del anticlinal de Saint Marcet-Saint Martory, del sinclinal de Latoue-Sepx y del anticlinal de Blajan-Bazordan, respectivamente (Fig. 3.4).

A grandes rasgos, los depósitos estudiados corresponden a tres unidades estratigráficas clásicas, que de base a techo, son: Margas de Plagne – Saint-Martory, Calizas de Nankin y Margas de Auzas. En estudios recientes estas unidades han sido subdivididas en dos secuencias deposicionales: Saint Marcet y Gensac. La primera secuencia comprende, de base a techo, las siguientes unidades: Margas de Saint-Martory, Calizas de Nankin, Margas de Lestailats, Calcarenites de Jadet y Margas inferiores de Auzas. Mientras la segunda secuencia está formada por las unidades siguientes: Margas de Saint Loup, Calizas con “*Simplorbites*” de Saint Marcet, Margas superiores de Auzas y Margocalizas de Gensac (Fig. 3.5) (véase por ejemplo Laurent et al., 2002; Bilotte y Andreu, 2006; Bilotte et al., 2010).

A continuación, se detalla la litoestratigrafía de las unidades y la fauna de cada una de las localidades estudiadas:

#### Saint Marcet

Saint Marcet es una sección clásica que ha sido objeto de numerosos trabajos (para más detalles



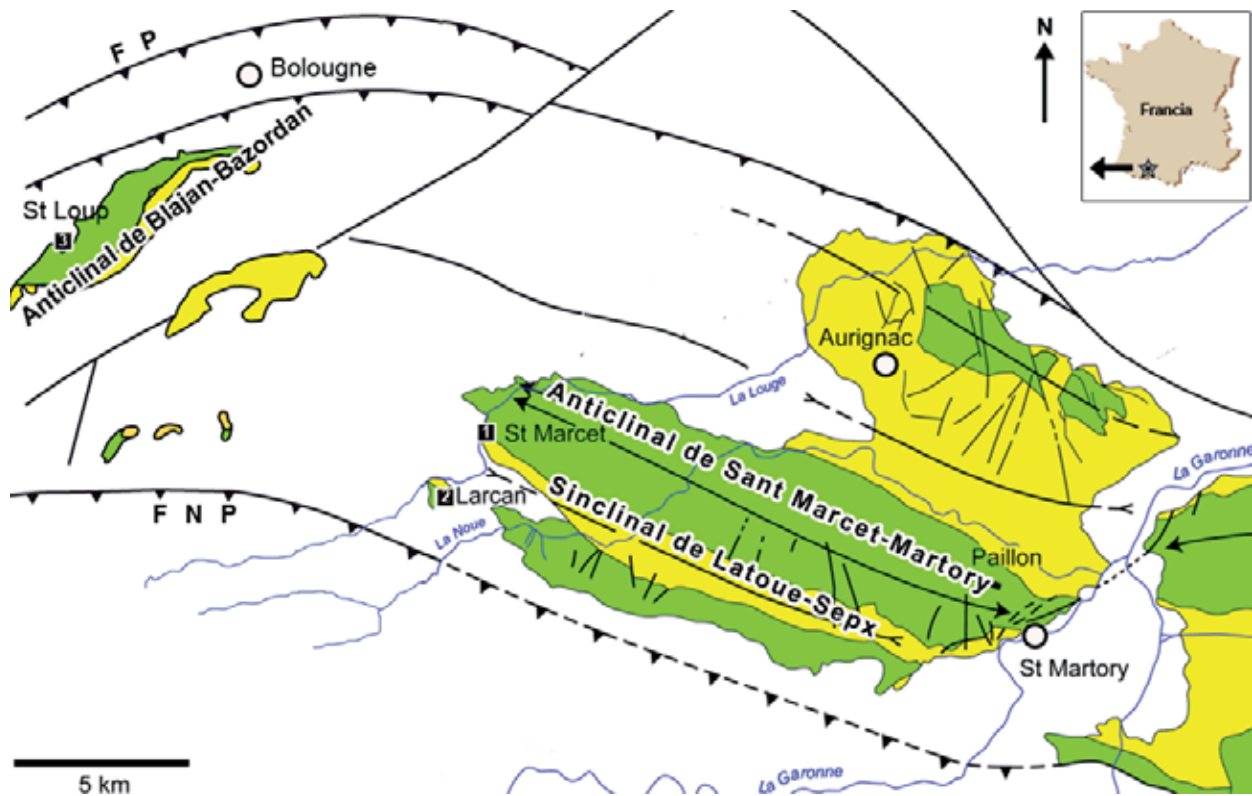


Figura 3.4: Esquema geográfico y geológico de los Petits Pyrénées (modificado de Lepicard, 1985). Verde: formaciones del Cretácico terminal; Amarillo: formaciones terciarias. Abreviaturas: FP: Frente de cabalgamiento de los Petit Pyrénées; FNP: Frente de cabalgamiento Nord Pirenaico; 1: Saint Marcet; 2: Larcan; 3: Gensac.

véase Lepicard, 1985; Caus et al., 1988a; Laurent et al., 2002). La sección comprende, de base a techo, las siguientes unidades:

- Margas de Plagne – Saint-Martory: constituidas por margas grises ricas en foraminíferos planctónicos y nanoplancton calcáreo de las zonas de *Gansserina gansseri* y *Lithraphidites quadratus* (CC25 b-c, véase discusión en Caus et al., 1988a).

- Calizas de Nankin: constituidas por unos 75 m de calcarenitas amarillas que pasan a rojizas en la parte superior. De esta unidad proceden las muestras F1 a F5 que contienen principalmente *Lepidorbitoides socialis*, *Siderolites calcitrapoides* y *S. denticulatus*.
- Margas de Auzas: constituida de unos 60 m de calizas arenosas y margas grises en la parte inferior y calizas amarillas muy bioturbadas en la

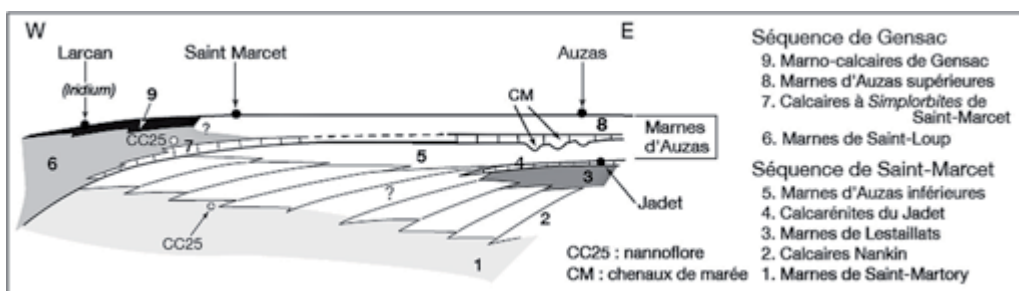


Figura 3.5: Secuencias deposicionales de los materiales del Maastrichtiense de los Petits Pyrénées (según Bilotte y Andreu, 2006; Bilotte et al., 2010).

parte superior. Hay una única muestra F6 que presenta como macroforaminíferos más abundantes *S. calcitrapoides* y *L. socialis*.

### Larcán

Las muestras F7 a F-9 proceden de la parte superior de una monótona sección constituida por unos 160 m de margas algo arenosas de color amarillo pertenecientes a las Margas de Saint-Loup. Los afloramientos de Larcán son parcialmente equivalentes a los de Saint Marcet (Fig. 3.5). Para más detalles véase Lepicard, 1985 y Caus et al., 1988a. Rocchia et al. (1998) citan en el techo de la sección de Larcán (secuencia de Gensac) la presencia de un estrato de iridio, lo que indicaría el límite Cretácico–Paleógeno (véase figura 3.5).

### Gensac

De esta localidad procede la muestra F-10, que corresponde a calizas margosas amarillas con gran cantidad de fauna de macroforaminíferos (Calizas margosas de Gensac, Fig. 3.5); es la localidad tipo de *Orbitoides* ('*Simplorbites*') *gensacicus*. Los foraminíferos planctónicos de niveles inferiores a los estratos donde fue recogida la muestra F-10 contienen foraminíferos planctónicos de las zonas de *G. gansseri* y *Abatomphalus mayaroensis* (base), mientras los nanofósiles indican la zona cc26, (discusión en Lepicard, 1985; Caus et al., 1988a).

En conjunto, todas las muestras estudiadas tienen una edad Maastrichtiense superior en la escala global de Gradstein et al., 2004. No obstante, las edades reportadas en los trabajos de Lepicard

(1985) y Caus et al. (1988a) son referidas al esquema temporal de Bolli et al., (1985). En consecuencia, la relación entre las zonas de foraminíferos planctónicos y las zonas de nanoplancton calcáreo siguen un patrón diferente, lo que implica ciertas dificultades de comparación entre los datos de los autores antes citados y la escala utilizada en este trabajo.

### 3.1.2. Zona Surpirenaica

El área de estudio se localiza en la Zona Surpirenaica Central (Seguret, 1972), que forma parte de las Láminas Cabalgantes Superiores del Sistema Surpirenaico (Muñoz, 1985). Está constituida por tres escamas imbricadas que, de norte a sur, son: Bóixols, Montsec y Serres Marginals (Figs. 3.2). Estos mantos se desarrollaron en un sistema de cabalgamientos imbricados o *piggy-back* de vergencia sur que únicamente involucran materiales de la cubierta mesozoica y terciaria (Cámara y Klimowitz, 1985; Puigdefábregas y Souquet, 1986; Muñoz, 1992). Las muestras estudiadas proceden, de N a S, de las áreas de Torallola, Vilavella, Homes Morts, Serra del Montsec y El Coscoll (Fig. 3.6).

### Torallola

Esta localidad, situada 2,5 km al oeste de Poblade Segur, en la comarca del Pallars Jussà, es una localidad fosilífera clásica por la gran cantidad de restos fósiles reportados desde finales del siglo XIX (Vidal, 1875; Dalloni, 1930; Bataller, 1937; Caus et al., 1981; Gómez-Garrido, 1987; entre otros). Además, el Serrat de Santa Magdalena, localidad tipo indicada por Douvillé (1910) para *Siderolites*

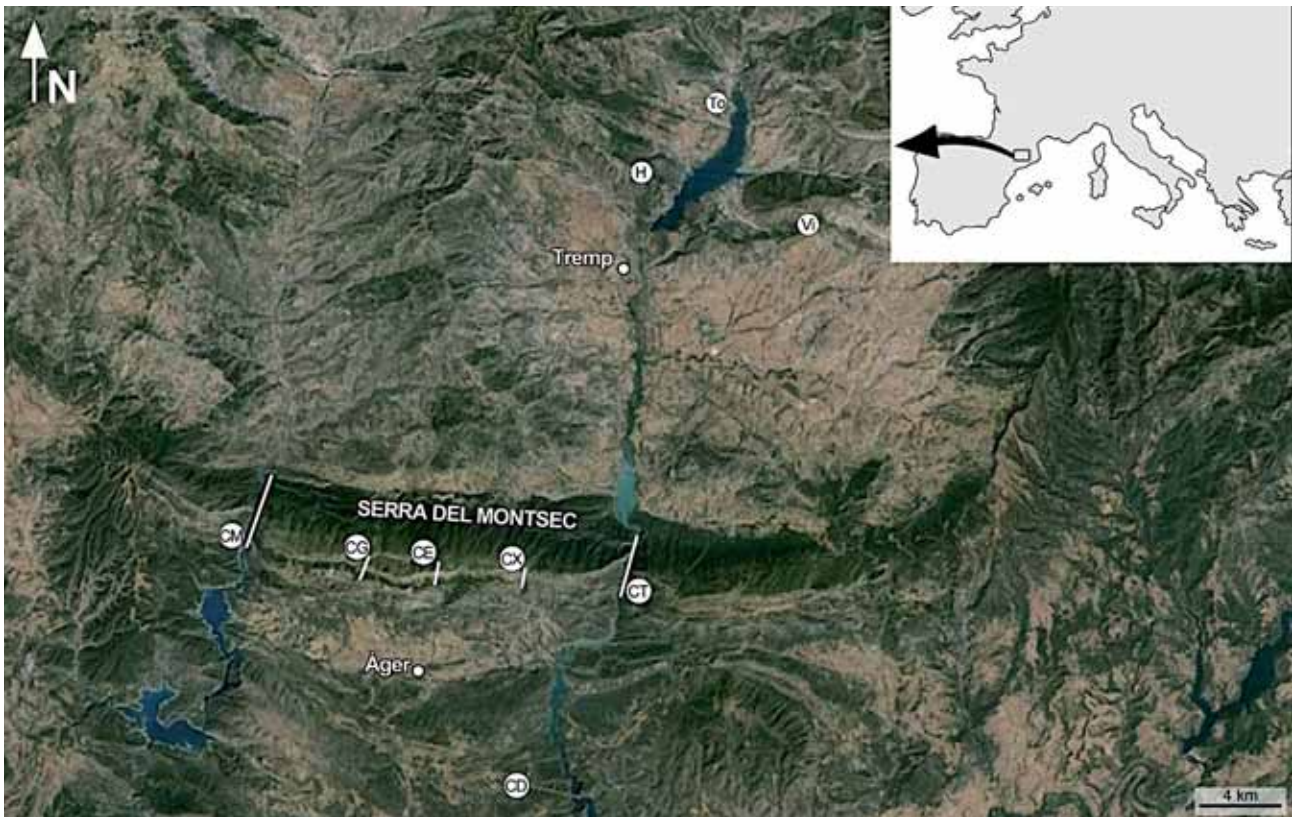


Figura 3.6: Ortofotomapa de la zona Zona Surpirenaica y situación de las localidades estudiadas (extraído de ICGC). Abreviaturas: To: Torallola; Vi: Vilavella; H: zona de Homes Morts; CM: Congost de Montrebei; CG: la Canal de Gabrieló; CE: la Canal de l'Embut; CX: la Canal de Xurulla; CT: Congost de Terradets; CD: El Coscoll.

*vidali*, está situada a poca distancia de Torallola y los depósitos que libran los macroforaminíferos estudiados por Douvillé (1910) se consideran equivalentes a los depósitos basales de Torallola. Geológicamente estos depósitos se enmarcan en el manto de Bóixols (véase su situación en la Fig. 3.2) y corresponden a la Fm. Vallcarga de Mey et al. (1968). Esta formación, de la base al techo, comprende tres miembros: Mb. Mascarell, Mb. Olistostroma de Puimanyons y Mb. Margas de Salàs (Fig. 3.7).

En esta zona únicamente se ha recogido una muestra, denominada To, y corresponde al Mb. Olistostroma de Puimanyons.

Esta unidad está constituida por materiales autóctonos formados por arcillas azules con algunos ni-

veles muy delgados de areniscas de grano fino, entre los que se mezclan depósitos alóctonos que se interpretan como un depósito olistostrómico producto de una colada fangosa que incorpora bloques procedentes de una plataforma carbonática (IGC, 2009). Son precisamente los depósitos olistostrómicos los que muestran una importante fauna de siderolítidos formada por *Pseudosiderolites vidali*, *Ps. aff. vidali*, *Praesiderolites douvillei*.

La arcillas azules contienen foraminíferos planctónicos de la zona de *Globotruncana ventricosa* (Gómez-Garrido, 1987) y ammonítidos de la zona de *Botrichoceras polyplocum* (Martínez, 1982), que indican el Campaniense medio (parte terminal) – Campaniense superior (parte inferior). No obstante, los siderolítidos forman parte de un depósito

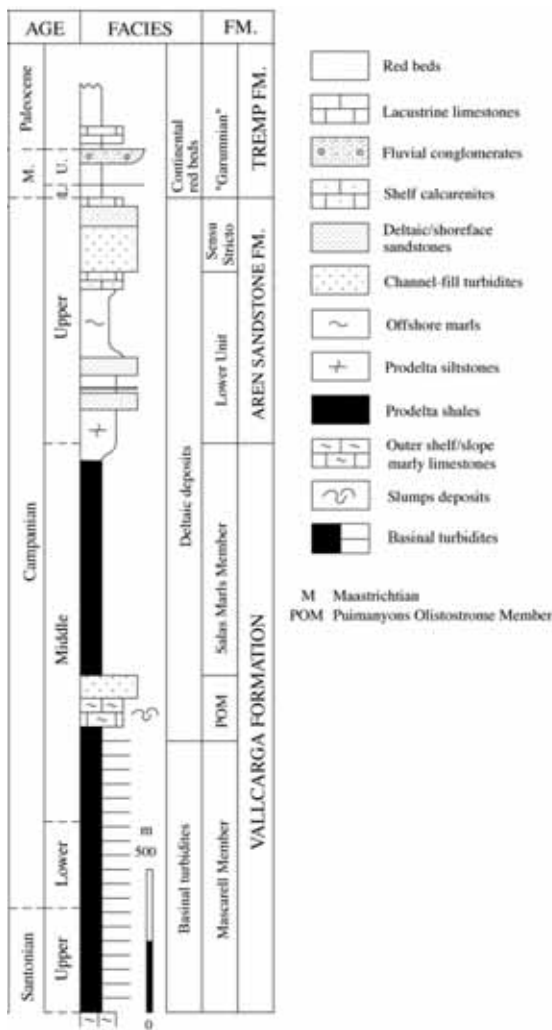


Figura 3.7: Sección estratigráfica sintética del Cretácico superior tardío del N de Tremp donde se muestran las unidades litoestratigráficas (modificado de Ardèvol et al., 2000).

retrabajo (olistostroma), por lo que su edad podría también ser más antigua.

### Vilavella

Las ruinas de la ermita de Vilavella se sitúan al E de Orcau (Fig. 3.8), también en la comarca del Pallars Jussà (Lleida) (Fig. 3.6). Se trata de un área afectada por la tectónica (emplazamiento del manto de Bóixols), que queda reflejada en los depósitos sinsedimentarios. Las muestras estudiadas en este trabajo forman parte del conjunto de muestras recogidas durante la realización del trabajo de Hottinger y Caus (2007) sobre la subfami-

lia Clypeorbinae (véase la situación de las muestras en la Fig. 11 de este trabajo). De esta área proceden, además, diversos trabajos paleontológicos (Gallemí et al., 1982; 1983; Gómez-Garrido, 1989; Gallemí, 1993; Mercedes, 2005; entre otros). De la base al techo se identifican los siguientes niveles estratigráficos:

- Arcillas grises con intercalaciones muy finas de calizas margosas con espículas de esponjas, inocerámidos y escasos foraminíferos planctónicos pertenecientes a la parte superior de la zona de *Globotruncana ventricosa* (Gómez-Garrido, 1989). Pertenecen a la Fm. Hervasavina (IGC, 2009) y corresponden al nivel 1 de Hottinger y Caus (2007).
- Arcillas grises que intercalan calizas bioclásticas con gran cantidad de *Lepidorbitoides*, algunos orbitoididos y siderolítidos, y fragmentos de briozoos, rodofíceas y bivalvos. Corresponde a las muestra 306 y 340 y al nivel 2 de Hottinger y Caus (2007, véase apéndice). En este nivel se ha identificado *S. praecalciatrapoides*.
- Margas arcillosas que alternan con calizas margonodulosas con abundantes macroforaminíferos, entre los que destacan *Neumannites granulosis*, *Sirtina ornata*, *S. calciatrapoides* y *Wannierina* n. gen n. sp., en la parte inferior y *Vanderbeekia catalana*, *Lepidorbitoides* sp., *S. praecalciatrapoides* y *Wannierina* n. gen n. sp., en la parte superior. Corresponde a los niveles 3 y 4 de Hottinger y Caus (2007). Muestras: 302, 343, 112, 113 de la parte inferior y 114 de la parte superior.
- Arcillas y margas nodulosas con intercalaciones de calizas bioclásticas y, en la parte superior,



Figura 3.8: Ortofotomapa del área de Vilavella. El recuadro indica la zona de estudio (extraído de ICGC).

presentan calcarenitas ocre. Los macroforaminíferos son abundantes: *S. aff. calcitrapoides*, *Wannierina* n.gen. *cataluniensis*, *Fallotia jacquotti* y *Solenomeris*, entre otros. Éste intervalo corresponde a los niveles 5 y 7 de Hottinger y Caus (2007). La muestra 341 corresponde a la calcarenita ocre superior.

### Homes Morts

El área, conocida regionalmente como “Homes Morts”, se sitúa entre las localidades de Talarn y Salàs de Pallars, al NW del embalse de Sant Antoni, en la comarca del Pallars Jussà.

Esta zona corresponde a la terminación occidental del anticlinal de Sant Corneli–Bóixols (Specht et al., 1991; Déramond et al., 1993; Mencòs, 2011) (Figs. 3.6 y 3.9). Desde un punto de vista litoestratigráfico corresponde a la Formación Arenisca de Arén (Mey et al., 1968; Nagtegaal, 1972) que descansa sobre el Miembro Margas de Salàs de la Fm. Vallcarga (Fig. 3.7). La Fm. Arenisca de

Arén es una unidad compleja que corresponde a depósitos deltaicos, entre los que se identifican sedimentos de prodelta, arrecifales y litorales, respectivamente, y se distinguen dos subunidades (Nagtegaal, 1972): la Unidad Inferior de la Arenisca de Arén y la Arenisca de Arén *sensu stricto*. La Unidad Inferior está compuesta por alrededor de 320 m de arcillas grises y margas arcillosas con intercalaciones de calcarenitas y calizas, mientras que la unidad superior está constituida principalmente por calcarenitas, areniscas y arenas con un espesor cercano a los 190 m. Para más detalles véase Robles-Salcedo et al. (2013).

En la base de la Unidad inferior de la Arenisca de Arén, las margas arcillosas grises situadas por debajo de los estratos que contienen siderolítidos, han librado foraminíferos planctónicos de la zona de *G. falsostuarti* (Gómez-Garrido, 1987) y amonítidos de la zona de *Pachydiscus neubergicus* (Martínez, 1982), que según la escala de Gradstein et al. (2004) corresponden al Campa-



Figura 3.9: Localización del área de estudio. Posición de las secciones: RT-I y RT-II (Roca Tosa), RP (Roques Pelades) y HM (Homes Morts) (Robles-Salcedo et al., 2013).

niense superior.

Los siderolítidos estudiados proceden de cuatro secciones estratigráficas: Roca Tosa I (RT-I) y II (RT-II), Roques Pelades (RP) y Homes Morts (HM) (Figs 3.9 y 3.10), realizadas en la parte superior de la Unidad Inferior de la Arenisca Arén. Los macroforaminíferos son muy abundantes: *S. aff. calcitrapoides*, *Wannierina* n. gen. *cataluniensis*, *Lepidorbitoides socialis*, *Clypeorbis mammillata* y *Fallotia jacquoti*, entre otros (véase Robles-Salcedo et al., 2013). Cabe destacar también, en esta parte superior de la Unidad Inferior de la Arenisca de Arén la existencia de un horizonte rico en rudistas (nivel con *Hippurites radiusus* en Vicens et al., 2004).

Los datos de estratigrafía isotópica del estroncio

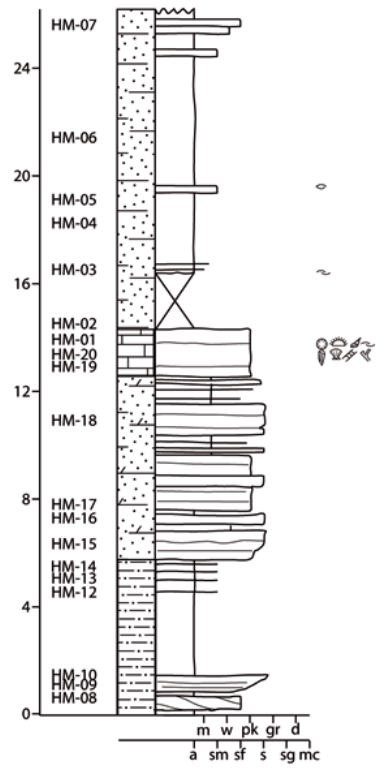
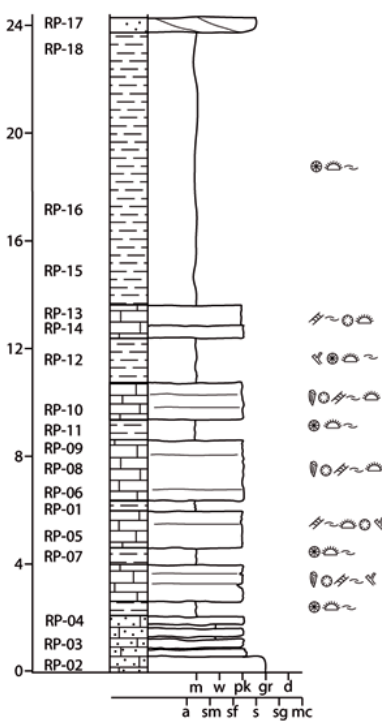
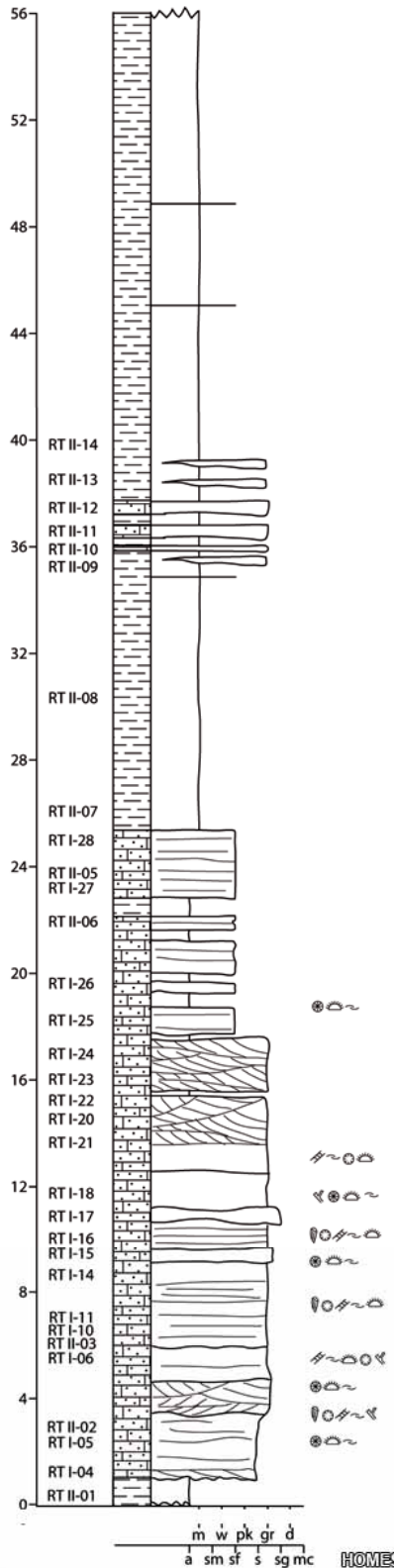
(SIS) indican una edad Maastrichtiense inferior basal para la parte superior de la Unidad Inferior de la Arenisca de Areny (Caus et al., 2014).

### Serra del Montsec

La Serra del Montsec forma una cadena montañosa que se extiende de este a oeste, en una extensión de más de 50 km y separa las comarcas de Pallars Jussà, al norte, y La Noguera, al sur (Figs. 3.2, 3.6). Forma parte de la unidad tectónica del Manto del Montsec y está formada por depósitos principalmente mesozoicos, entre los que destacan los pertenecientes al Cretácico superior, que alcanzan un espesor de casi 1000 m (Fig. 3.11). El Cretácico superior tardío está constituido, de la base al techo, por:

Figura 3.10: Secciones estratigráficas y fotografías de campo de la zona de Homes Morts. Sección estratigráfica sintética de RT-I y RT-II de Roca Tosa, Homes Morts y Roques Pelades con la situación de las muestras. A) y B) fotografías de campo de Roques Pelades con diferentes orientaciones; C) Panorámica de la zona de Homes Morts; hacia el oeste se observa el pueblo de Santa Engràcia. Las líneas discontinuas indican la posición de la columna estratigráfica. Véase leyenda en la figura 3.12. ➔

SECCIÓN SINTÉTICA DE ROCA TOSA: RT I Y RT II      SECCIÓN DE ROQUES PELADES      SECCIÓN DE HOMES MORTS



- Arcillas y margas de la Font de les Bagasses (Pons, 1977): Con un espesor que varía de 250 a 300 m, la unidad está constituida por margas grises y/o amarillas con intercalaciones de calizas margosas y más raramente calizas bioclásticas con abundantes fósiles, entre los que destacan los foraminíferos, equinodermos, braquiópodos, corales y bivalvos. En la parte más alta de la sucesión se observan nódulos de sílex. La edad de esta unidad es Campaniense inferior (Albrich et al., 2014). De esta unidad, no estudiada en el presente trabajo, Wannier (1980, 1983) describió *Praesiderolites santoniensis*.
- Calizas de Terradets (Pons, 1977): Es una unidad muy potente, que alcanza los 500 m de espesor. Está constituida por calizas bioclásticas y calizas margosas, que varían de masivas a bien estratificadas. El contacto con la unidad infrayacente es gradual, mientras la unidad suprayacente (Arenas, calizas arenosas y areniscas equivalentes a la Fm. Arenisca de Arén) es erosiva sobre las Calizas de Terradets. Simó (1985, 1986) subdividió la unidad en dos conjuntos, Calizas de Terradets inferiores y Calizas de Terradets superiores. El conjunto presenta abundantes fósiles, entre los que destacan los macroforaminíferos y varios niveles de rudistas (Vicens et al., 2004). Entre los siderolítidos se han identificado *Praesiderolites praevidali* y *Pseudosiderolites* n. sp. son propios de las Calizas de Terradets inferiores. *Praesiderolites douvillei*, *Ps. vidali*, *Ps. aff. vidali* y *P. cf.*

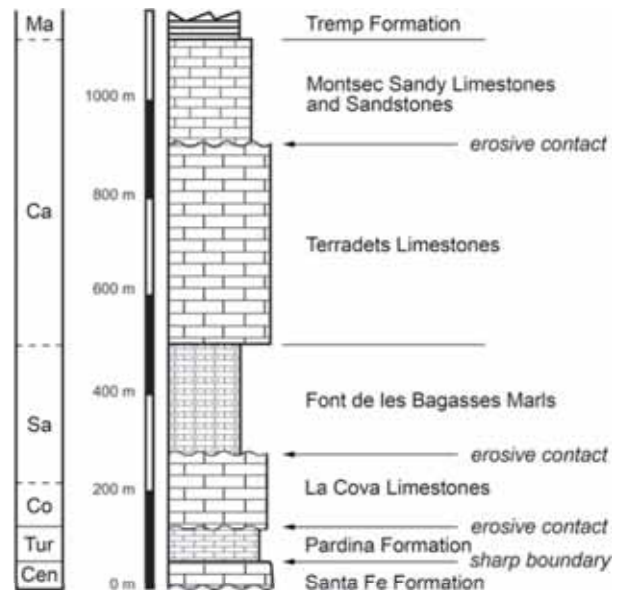


Figura 3.11: Unidades estratigráficas del Cretácico superior en la Serra del Montsec (Boix et al., 2011).

*dordoniensis* ocurren en la parte inferior de las Calizas de Terradets superiores. *Siderolites praecalcitrapoides* y *Wannierina* n. gen. n. sp. ocurren en la parte más alta de la unidad.

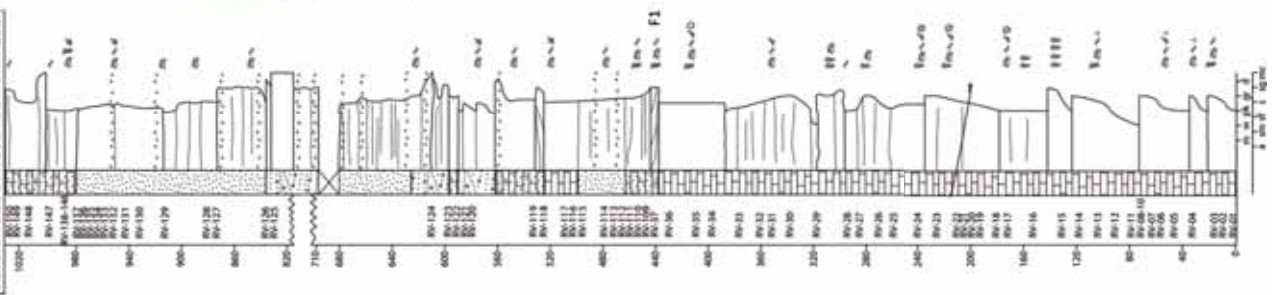
Los datos de estratigrafía isotópica del estroncio (comunicación personal de M. Di Lucia, G. Frijia y M. Parente) sugieren para las Calizas de Terradets una edad Campaniense inferior terminal–Campaniense superior.

- Arenas, calizas arenosas y areniscas (Pons, 1977): Esta unidad está constituida principalmente por calizas arenosas, areniscas y arenas. Pons (1977) correlacionó esta unidad con la Fm. Arenisca de Arén, que aflora al norte de la Serra del Montsec (afloramientos de Homes Morts y Vilavella). Constituye la última unidad marina del Cretácico antes de las facies continentales de la Fm. Tremp (Mey et al., 1968).

Figura 3.12: Secciones estratigráficas y fotografía de campo de la zona de la Serra del Montsec. De izquierda a derecha se presentan las secciones del Congost de Monrebei, Cabana Gabrieló, Canal de l'Embut, Canal de Xurul·la y Congost de Terradets (extraído de Villalonga, 2009). ➔



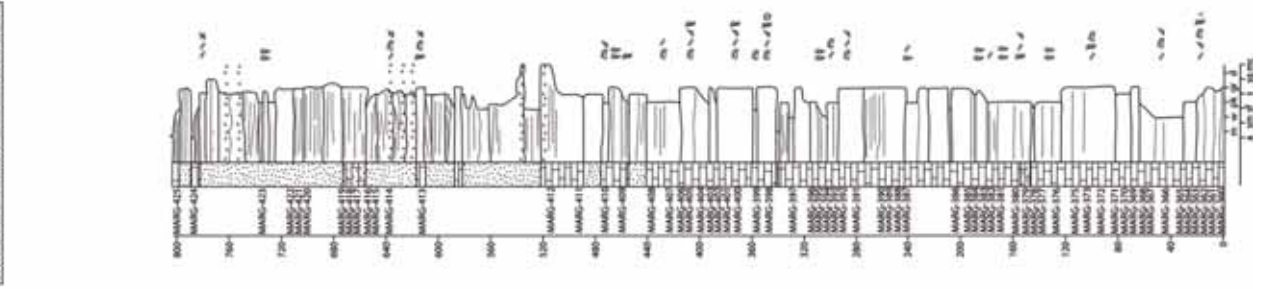
SECCIÓN DEL CONGOSTO DE MONTREBEI



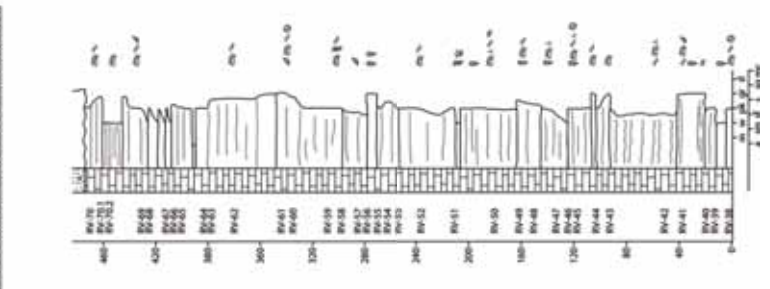
F1

- CONTENIDO FOSILÍFERO**
- ▬ rudistas
  - ▬ gasterópodos fragmentados
  - ▬ gasterópodos fragmentados
  - ▬ bivalvos
  - ▬ bivalvos fragmentados
  - corales coloniales
  - corales coloniales frag.
  - corales individuales
  - equinodermos
  - ▬ equinodermos fragmentados
  - ▬ braquiópodos
  - ▬ braquiópodos fragmentados
  - ▬ pectínidos
  - ▬ pectínidos fragmentados
  - ▬ algas rodofícias
  - ▬ briozoos
  - ▬ espículas de esponja
- LITOLOGÍA**
- ▬ caliza
  - ▬ calcarenita
  - ▬ arenisca
  - ▬ margas
  - ▬ alternancia de calizas y dolomías
  - ▬ dolomía
  - ▬ arenisca dolomitizada
- LITOTIPOS**
- m mudstone
  - w wackestone
  - pk packstone
  - gr grainstone
  - d dolomía
  - a arcilla
  - fm arena muy fina
  - f arena fina
  - s arena media
  - sg arena gruesa
  - mc microcongionerado

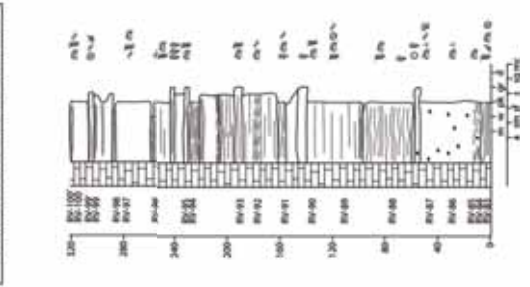
SECCIÓN DEL CONGOSTO DE TERRADETS



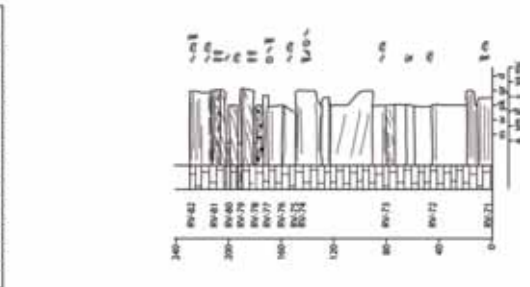
SECCIÓN DEL CONGOSTO DE GABRIÉLO



SECCIÓN DE LA CANAL DE L'EMBUR



SECCIÓN DE LA CANAL DE XURULLA



Se trata de depósitos marinos, carbonatados en su base, pero con clara influencia de materiales terrígenos en la parte superior. Vicens et al., (2004) correlacionan el horizonte de *H. radiosus* de esta unidad con el que está presente en la zona de Orcau–Vilavella y Homes Morts. Entre los macroforaminíferos hay *S. calcitrapoides*, *Wannierina* n.gen. *cataluniensis*, *Fallotia jacquoti*, *Orbitoides* sp., *Omphalocyclus macroporus*, entre otros.

Las muestras estudiadas pertenecen a 5 secciones estratigráficas paralelas, comprendidas entre los desfiladeros de Montrebei y Terradets, que de oeste a este son (Figs. 3.6): Congost de Montrebei, Cabana de Gabrieló, Canal de l'Embut, Canal de Xurulla y Congost de Terradets (Fig. 3.12).

Para más detalles sobre las secciones estratigráficas, véase Villalonga (2009).

### El Coscoll

La “Muntanya del Coscoll” está situada al sur de la Sierra del Montsec y forma parte de la escama más septentrional del Manto de las Serres Marginals (Figs. 3.2, 3.6 y 3.13). El Cretácico superior tardío en esta área está constituido, de abajo a arriba, por:

- Calizas arenosas (Souquet, 1967) o Fm. Adraén (Mey et al., 1968): Esta unidad está constituida por arenas, generalmente, blancas con intercalaciones de calizas arenosas y un importante nivel de rudistas.
- Calizas de las Serres (Souquet, 1967) o Fm.

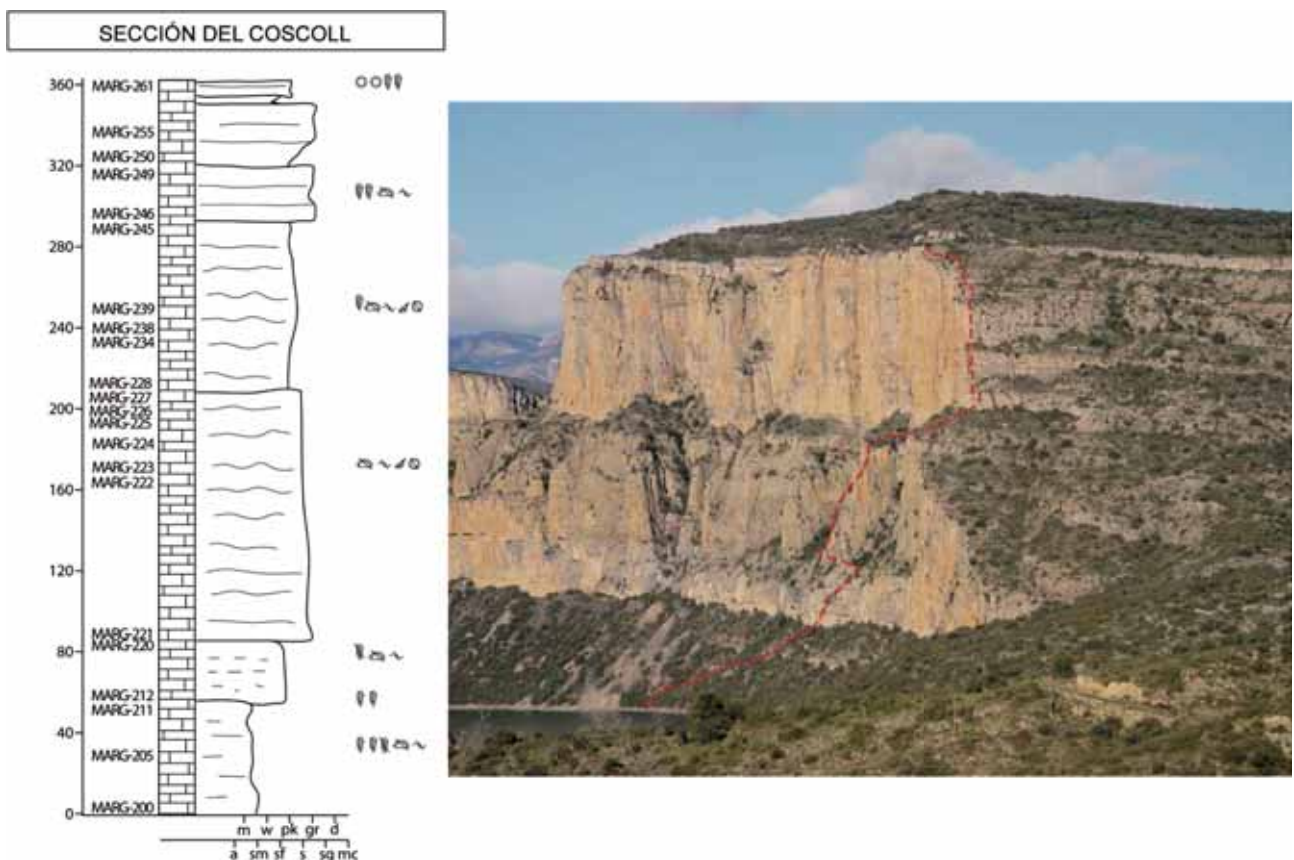


Figura 3.13: Sección estratigráfica de El Coscoll y fotografía, marcándose en rojo la localización de la sección (extraído de Villalonga, 2009).

Bona (Mey et al., 1968): Esta unidad, que forma un espectacular relieve sobre el embalse de Camarasa, está constituida por calizas bioclásticas y en menor proporción por calizas margosas. En su parte superior, los materiales carbonatados dominantes presentan algunos elementos terrígenos, en general de grano fino. En la parte más alta de la sierra, la secuencia anterior está coronada por un nivel de calizas con rudistas, que forman un nivel poco potente pero continuo, que puede reconocerse en la carretera C-13 (km-55); las muestras recogidas para análisis isotópicos del estroncio del nivel de rudistas han permitido atribuir a este nivel una edad Maastrichtiense inferior basal (Caus et al., 2014). Estas calizas pasan, probablemente de manera transicional, a las calizas grises con carofíceas atribuidas a las facies garum-

nienses (garumniense gris en Rosell et al., 2001). Esta unidad ha librado únicamente *Siderolites praecalitrapoides* en la parte inferior del último cuerpo carbonatado. Aunque en esta sección no ha sido encontrado, en secciones paralelas realizadas en otras unidades de las Serres Marginalis se ha encontrado *S. aff. calitrapoides* en el techo de esta unidad.

### 3.2. CORDILLERAS IBÉRICA Y BÉTICA

La zona de estudio se localiza en la **Serra de les Agulles**, al sureste de la provincia de Valencia, y en las localidades de **el Matet** y **Mas del Racó Pellicer** en la provincia de Alicante, situadas en las **Cordilleras Ibérica y Bética**, respectivamente (Fig. 3.14).

La Cordillera Ibérica o Sistema Ibérico es una cadena montañosa que forma un conjunto de aline-

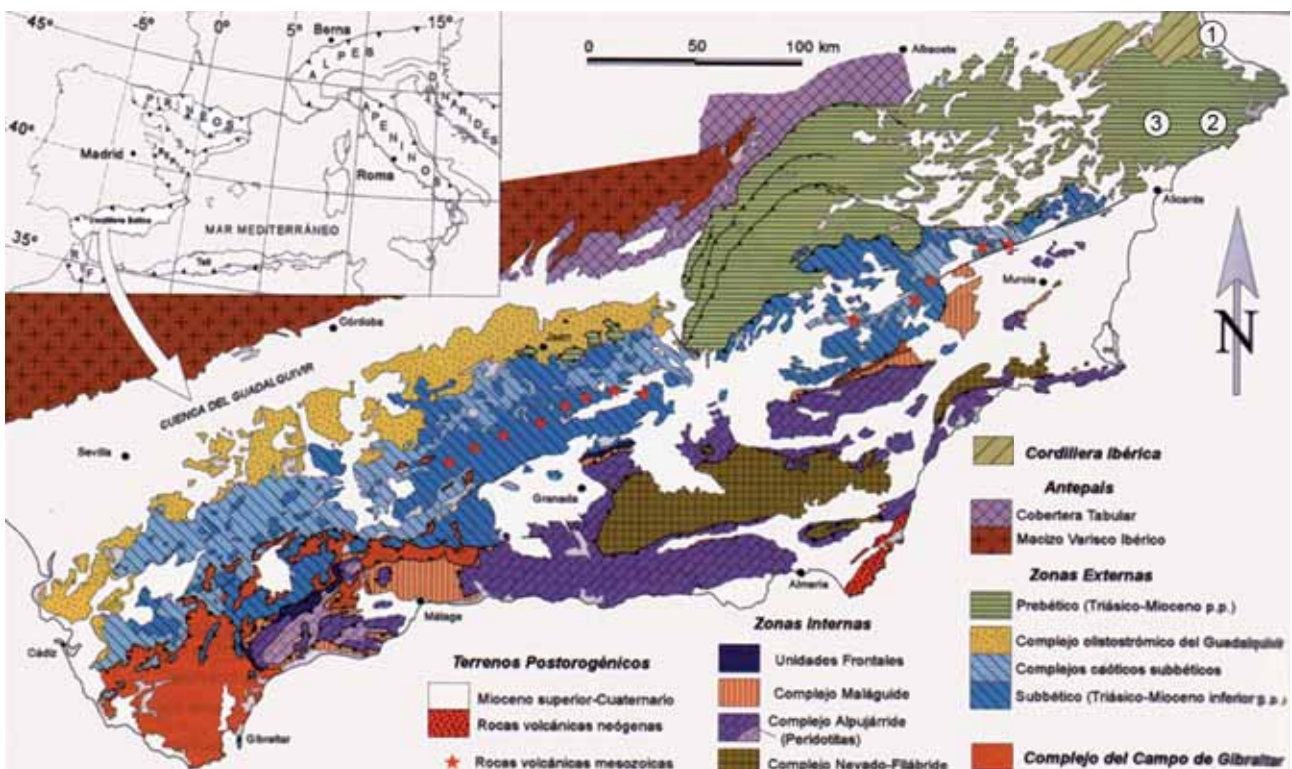


Figura 3.14: Mapa geológico de la Cordillera Bética con un fragmento de la Cordillera Ibérica, la Ibérica Valenciana (Vera, 2004).

En ella se muestra la posición de los afloramientos estudiados: 1) Serra de les Agulles; 2) El Matet; 3) Mas del Racó Pellicer.

ciones montañosas, de dirección NW a SE, y se extiende desde la Meseta Ibérica hasta el Mar Mediterráneo, con una longitud de aproximadamente 400 km y una anchura de 200 km. Gil et al. (2004) dividen la Cordillera Ibérica en 8 sectores, situando la **Serra de les Agulles** en el sector de la Ibérica Valenciana. Sin embargo, Sopena (2004) lo denominan Sector Levantino. Ésta es la parte de la Cordillera Ibérica que limita con la Cordillera Bética.

Durante la mayor parte del Cretácico, el área ocupada por la Cordillera Ibérica formaba parte de la cuenca intracontinental Ibérica que actuaba de comunicación entre la cuenca Bética, abierta al Tethys y el proto-Atlántico (bahía de Vizcaya) (Fig. 3.3). La cuenca Ibérica estaba limitada por dos áreas emergidas, el Macizo Ibérico en el oeste y el Macizo del Ebro al noreste.

La Cordillera Bética es una cadena alpina localizada en el sur de España en la que se diferencia tres unidades de rango mayor (Vera, 2004) (Fig. 3.14): **Zonas Internas**, el **Complejo del Campo de Gibraltar** y **Zonas Externas**. Estas unidades están constituidas por unidades tectónicas aloctonas donde su grado de aloctonía disminuye hacia las áreas tectónicamente más externas (cercanas al antepaís). Las muestras estudiadas en este trabajo corresponden a las **Zonas Externas**.

Las **Zonas Externas** están situadas en la parte más septentrional y constituidas, principalmente, por rocas sedimentarias fuertemente deformadas, que abarcan del Triásico al Mioceno inferior-medio. A su vez, esta unidad se divide en el **Prebético** y el **Subbético**; el Subbético, situado al sur, está cons-

tituido por rocas sedimentarias pelágicas. Mientras, el Prebético se compone principalmente de rocas sedimentarias de medios marinos someros que forman parte de las plataformas carbonatadas del Tethys occidental. Es de esta última unidad de donde proceden las muestras estudiadas, de las localidades de **el Matet y Mas del Racó Pellicer**.

### 3.2.1. Serra de les Agulles

La **Serra de les Agulles** es una sierra que se extiende de NW a SE y se localiza a unos 4 km del pueblo de Tavernes de la Valldigna, al sureste de la provincia de Valencia (Fig. 3.15). Geológicamente, la **Serra de les Agulles** es el flanco sur de un sinclinal verticalizado, que comprenden depósitos desde el Jurásico hasta el Terciario. Además, la unidad de la **Serra de les Agulles** está limitada por dos fallas longitudinales que la hundieron topográficamente.

En la **Serra de les Agulles** se han realizado anteriormente algunos estudios geológicos que citan la presencia de siderolítidos (IGME, 1982; Eckstaller, 1993). En referencia a los trabajos de estrictamente paleontológicos, cabe citar el trabajo de Pons y Vicens (2002) sobre los rudistas del Cretácico superior. En este trabajo los autores realizan una correlación entre las unidades cartográficas utilizadas en distintos trabajos como, la Hoja de Alzira del mapa geológico 1:50.000 del IGME (1982), Philip (1983) en la zona de Quatretonda (situada más al sur) y su propio trabajo. En la figura 3.16 se detalla esta equivalencia para las unidades cartográficas del Cretácico superior. Las unidades cartográficas de Pons y Vicens (2002) son las que se tienen en cuenta para la presente te-



Figura 3.15: A) Situación geográfica de la Serra de les Agulles con la posición de las columnas estratigráficas SA 1 y SA 2 (extraído de *GoogleEarth*); B) y C) Detalles de la posición de las secciones estratigráficas de SA 1 y SA 2 (extraído de IGME).

sis, y de la base a techo son (Fig. 3.16):

- A, Calizas masivas de *packstone* y *grainstone*;
- B, Calizas arenosas y areniscas calcáreas con *Orbitoides*;
- C, Calizas con *Hippurites*;
- D, Calizas micríticas con caroficies y gasterópodos;
- E, Conglomerados del Terciario.

Los autores sitúan las unidades A y B en el Campaniense, la unidad C correspondería al Campaniense en la base y al Maastrichtiense inferior en

la parte superior.

Se han realizado dos secciones, **Serra de les Agulles 1 (SA 1)** y **2 (SA 2)**; la primera (SA 1) se sitúa a la derecha de la *Cantera de Nicolasa* y la segunda (SA 2) en *el Barranc de la Casella* (Figs. 3.16 y 3.17). Estas secciones han librado *Arnaudiella grossouvrei* y *Praesiderolites douvillei* en estratos correspondientes a la parte superior de la unidad B y la parte inferior de la unidad C de Pons y Vicens (2002).

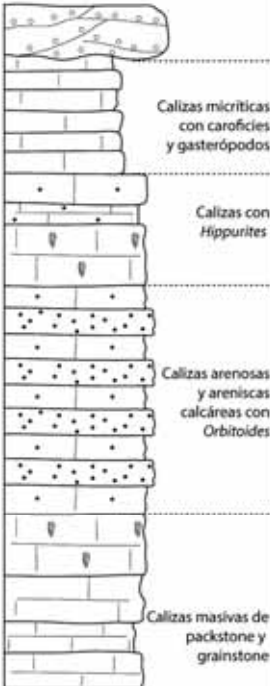
EDAD	SECCIÓN ESQUEMÁTICA	Philip, 1983	Alzira 1: 50.000 (IGME, 1982)	Pons y Vicens, 2002
T		Conglomerados del Terciario		E
Maastrichtiense	Calizas micríticas con corofícies y gasterópodos		Cg26	D
	Calizas con Hippurites	Fm. Bastida Mbs. II-III-IV	C26	C
Campaniense superior		Mbs. I-II Fm. Torrella		
	Calizas arenosas y areniscas calcáreas con Orbitoides	Fm. Chaume	Cs25	B
		Fm. Bastida Mb. I		
	Calizas masivas de packstone y grainstone	Fm. Cuellaret	Cc25	A

Figura 3.16: Sección esquemática del Cretácico superior de la Serra de les Agulles. Obsérvese la equivalencia de las unidades cartográficas de diversos trabajos (IGME, 1982; Philip, 1983; Pons y Vicens, 2002).

### 3.2.2. El Matet y Mas del Racó Pellicer

Las localidades de el Matet y Mas del Racó Pellicer se localizan en la provincia de Alicante, en los alrededores de las ciudades de Benidorm (cerca de la localidad de Polop) y Alicante (cerca de Castilla), respectivamente (Fig. 3.18). Los depósitos corresponden a la Fm. Raspay asignada al Maastrichtiense superior (Martín-Chivelet, 1994; Bardet et al., 2012). La edad de la Fm. Raspay en estas zonas está basada en la asociación de foraminíferos planctónicos, pertenecientes a la parte superior de la biozona de *Gansserina gansseri* sin alcanzar la parte superior del Maastrichtiense superior (Chacón y Martín-Chivelet, 2005; Bardet, et al., 2012).

En el Mas del Racó Pellicer se presentan unos niveles margosos que descansan en una sucesión

carbonatada correspondiente a la Fm. Aspe o Carche (Chacón y Martín-Chivelet, 2005). Estos niveles margosos tienen una apariencia caótica con la presencia de numerosos olistolitos de calizas carbonatas que incluyen pequeños equinodermos, macroforaminíferos y briozoos (Bardet et al., 2012). Se han recolectado las muestras PM y MRP y se han reconocido *Siderolites praecalitrapoides*. En la localidad de el Matet, se ha recolectado una muestra (Ma) procedente de este afloramiento donde se han reconocido también a *S. praecalitrapoides*.

### 3.3. MONTAÑA DE SAINT-PIERRE (MAASTRICHT, HOLANDA)

La localidad de Maastricht, serie tipo del piso Maastrichtiense, estaba situada paleogeográficamente mucho más al norte que el resto de locali-

dades estudiadas, formando parte de una plataforma Atlántica (Fig. 3.3).

Las muestras de Maastricht fueron recogidas en la explotación ENCI, situada en la carretera Lana-ye-Maastricht, y corresponden a los miembros

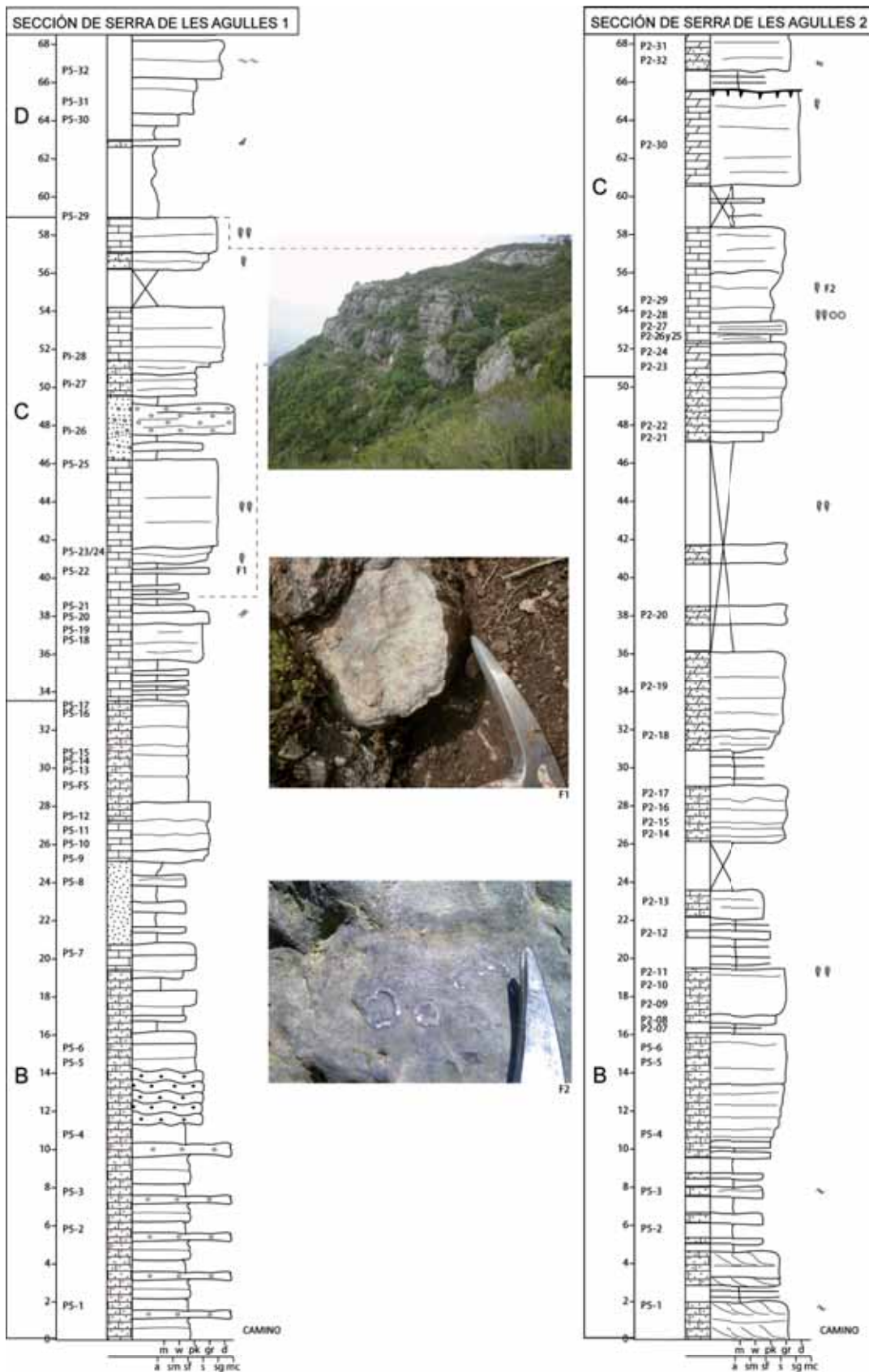


Figura 3.17: Secciones estratigráficas y fotografías de campo de la Serra de les Agulles.



Figura 3.18: Situación geográfica del Mas del Racó Pellicer y El Matet. A) Situación general de las dos localidades en la provincia de Alicante (extraído de *Google Earth*); B) Detalle de la situación del Mas del Racó Pellicer en las cercanías de Castalla; C) Detalle de la situación de la localidad de El Matet en las cercanías de Polop (extraído de IGME).

Nekum (nivel Mc) y Meerssen (nivel Md) pertenecientes a la Formación de Maastricht. Para una descripción detallada de la posición de las muestras véase Uhlenbroek (1912) y Villain (1977).

Las muestras del Mb. Nekum se recolectaron en la unidad IVe-2 y las del Mb. Meerssen en la unidad

IVf-1, justo por encima del horizonte Van Caster (véase Jagt y Jagt-Yazykova, 2012). Los foraminíferos planctónicos situados inferiormente al nivel del Mb. Nekum indican la zona de *Gansserina gansseri* y el nanoplancton calcáreo la zona (CC25c). Mientras el intervalo inferior del Mb.



Mb. Meersen corresponde a la biozona de *Belemnitella junior*. En las muestras recolectadas se han identificado *Siderolites calcitrapoides* y *S. denticulatus*.

### 3.4. PENÍNSULA DE SALENTO Y CAPO PASSERO

#### 3.4.1. Península de Salento

La Península de Salento se localiza al SE de Italia (Figs. 3.1 y 3.19). Geológicamente, el área estudiada forma parte de la Plataforma Apúlica, que es un ejemplo característico de plataforma carbonatada intraoceánica del Tethys central (Fig. 3.3). En esta área, la sedimentación de los carbonatos de aguas poco profundas se extendió durante todo el Mesozoico; el resultado es una acumulación de 6000 m de rocas carbonatadas (Ricchetti et al., 1992). Se trata de un área muy estudiada, tanto desde un punto de vista micro como macropaleontológico, destacando los trabajos de De Castro (1990), Parente (1994; 1997), Cestari y Sartorio (1995) y para los trabajos de cronoestratigrafía véase Schlüter et al., (2008).

Las muestras estudiadas en la presente tesis pertenecen a las unidades litoestratigráficas de Calizas de Santa Cesarea y Calizas del Ciolo. La edad atribuida a las Calizas de Santa Cesarea es del Campaniense inferior-medio y la de las Calizas del Ciolo es Campaniense medio-Maastrichtiense superior (Schlüter et al. 2008).

Las muestras estudiadas han sido recolectadas en las localidades de **Ciolo** (Calizas del Ciolo) y **Cava Vitigliano** (Calizas de Santa Cesarea) (Fig. 3.19). En el **Ciolo** se ha realizado una sección, que con-



Figura 3.19: Situación de la zonas de estudio en la península de Salento. 1: Cava Vitigliano; 2: Ciolo (modificado de Schlüter et al., 2008).

siste en unos 20 metros de calizas de textura *floatstone-rudstone* y *grainstone*, que contienen *Orbitoides gensasicus*, *Hellenocyclina* sp., *Lepidorbitoides socialis* y *Siderolites* n. sp. (Fig. 3.20). Los análisis isotópicos del estroncio dan un rango de edad de 67 Ma hasta 65 Ma (Maastrichtiense terminal) para los depósitos de este afloramiento (Schlüter et al., 2008).

En **Cava Vitigliano**, que es la localidad tipo de *Cuvillerinella salentina*, se han recolectado diversas muestras (CC-1, CC-2a, CC-2b y CC-4), al norte y al este de la cantera, de unos 2 m de altura. En esta cantera, De Castro (1990) citó *Pseudosiderolites vidali*; sin embargo, las láminas obtenidas de las muestras recolectadas están parcialmente dolomitizadas y contienen únicamente fragmentos

muy escasos de siderolítidos que no han permitido su determinación. No obstante se, en estas muestras se ha identificado *C. salentina*, *Dicyclina schlumbergeri* y pequeños rotálidos indeterminados. Los análisis isotópicos del estroncio dan un rango de edad de 77 Ma hasta 76 Ma para los depósitos del afloramiento de Cava Vitigliano (Schlüter et al., 2008).

### 3.4.2. Isla de Sicilia

Las muestras con siderolítidos se han recolectado en el sureste de la Isla de Sicilia, a unos kilómetros de la población de Pachino, en el lugar conocido como Capo Passero (Figs. 3.1 y 3.21). La parte este de la isla consiste en una unidad estructural autóctona del margen de África que se considera débilmente afectada por la orogenia Alpina (Grandjacquet y Mascle, 1978). En conjunto formaba parte de una plataforma carbonatada denominada la Plataforma de Pachino. Esta plataforma se formó debido a un alto morfológico del fondo marino causado por la actividad volcánica durante el Campaniense superior y el Maastrichtiense inferior (Pons y Sirna, 1992) (Fig. 3.3).

Los afloramientos del Maastrichtiense de Capo Passero corresponden a la unidad litoestratigráfica de las Calizas de Portopalo, de unos 20 m de espesor y constituida por calizas con rudistas y corales principalmente (Colacicchi, 1963), aunque los macroforamíniferos son también abundantes y hay

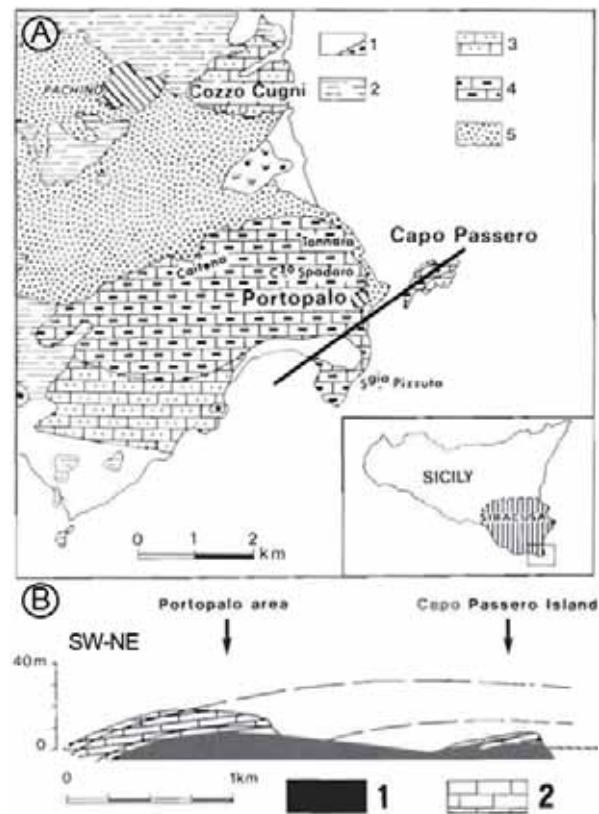


Figura 3.21: A) Mapa geológico de el área de Pachino. (1) depósitos recientes y del Pleistoceno. (2) Margas del Oligoceno y del Mioceno; (3) calizas bioclásticas con corales y *Nummulites* del Luteciense; (4) Calizas con corales y rudistas del Maastrichtiense, Calizas de Portopalo; (5) rocas volcánicas alcalinas del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense); B) Corte geológico ilustrado que muestra la relación entre las dos unidades carbonatadas maastrichtienses del área de Pachino (Portopalo y la Isla de Capo Passero). (1) Basamento volcánico; (2) unidades carbonatadas (modificado de Camoin et al., 1988).

también algas rojas.

La muestra recolectada, CP, contiene *Siderolites* n. sp., asociado a *Solenomeris*, *Orbitoides gensacicus*, *Omphalocyclus* sp., *Hellenocyclus* sp., y *Sirtina ornata*.

## **CAPÍTULO 4**

### **ANTECEDENTES**



## 4. ANTECEDENTES

Se citan y comentan a continuación — cronológicamente— los trabajos más destacados realizados anteriormente a la presente tesis y que tratan sobre la taxonomía de los siderolítidos.

### 4.1. SIGLOS XVIII-XIX

Las primeras citas bibliográficas, que hacen referencia al grupo de los siderolítidos, se referían a ellos como “pequeños fósiles de forma estrellada”. Estas citas son de finales del siglo XVIII y principios del XIX. Así, Knorr (1705-1761) designó pequeñas formas recolectadas en los sedimentos cretácicos de la Montaña de Saint-Pierre (Maastricht, Holanda) como “estrellas marinas”. Faujas de Saint-Foud (1778) insistió en estas pequeñas formas con protuberancias y pequeñas espinas que coexistían en los sedimentos de los alrededores de Maastricht con formas discoidales más grandes y con una elevación en su centro (actuales *Lepidorbis*), que por aquel tiempo eran llamados “numismales”. Este autor reprodujo un magnífico gravado de Knorr donde se muestran los siderolítidos (Fig. 4.1). Finalmente, Lamarck (1801) describió estas formas como género *Siderolites* (especie tipo: *S. calcitrapoides*) con ejemplares suministrados por Faujas de Saint-Foud. El género fue descrito como “pólipo libre y en forma de estrella, convexo por encima y por debajo, lleno de puntos de pústulas, el borde tiene cuatro o cinco espinas cortas desiguales, y con poros bien desarrollados”.

En 1826, d’Orbigny establece una segunda especie, bajo el nombre de *Siderolina laevigata*, de otra forma del mismo nivel que el descrito por

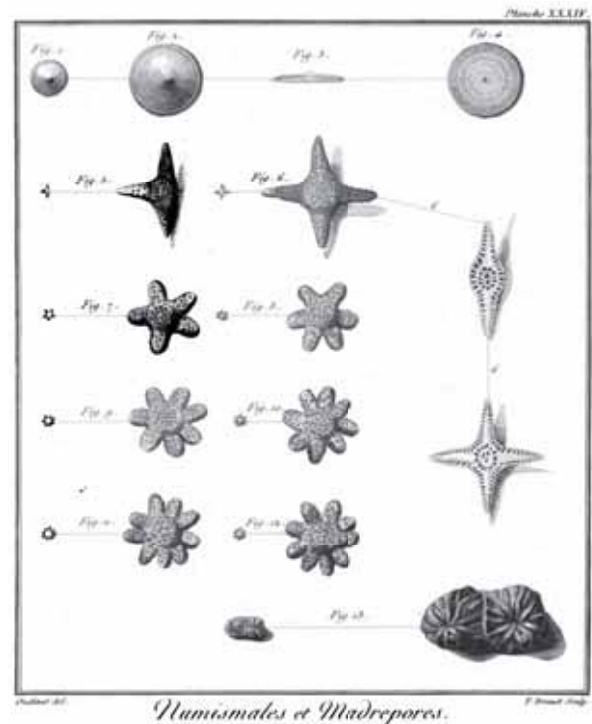


Figura 4.1: Figura perteneciente a Faujas-Saint-Fond (1798) donde muestra a *Siderolites calcitrapoides* (figs. 5-6) y algunos calcarínidos (figs. 7-12).

Lamarck (1801). La descripción que recibe esta segunda especie coincide con la del *Siderolites calcitrapoides* “obertura oculta; concha abombada, proporcionada con apéndices en forma de estrella irregular”.

### 4.2. PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX

Ya en el siglo XX, Douvillé (1906) describió dos nuevas especies de *Siderolites*, que denominó *S. denticulatus* y *S. vidali*, y un nuevo género, *Arnau-diella* (especie tipo: *A. grossouvrei*). *Siderolites denticulatus* procede de la misma localidad que *S. calcitrapoides*, del cual se distingue, según Douvillé, por la “forma más rara que *S. calcitrapoides*, siendo el borde casi circular y presentar en la periferia numerosas denticulaciones aplanadas que normalmente son poco prominentes”. La otra especie, *S. vidali* procede de las arcillas azules que forman el Serrat de

Santa Magdalena, en las proximidades de Poblade Segur (Lleida, Pallars-Jussà, NE de España), cuyo material fue enviado a Douvillé por el ingeniero L. M. Vidal. Douvillé indicó como característica de esta especie “carecer de las prolongaciones radiales de *S. calcitrapoides*”; *Siderolites vidali* fue atribuido al Campaniense. El otro género, *Arnaudiella* fue recolectado del Campaniense de la región de Charente (suroeste de Francia) y según Douvillé se diferencia de *Siderolites* por “la presencia en sus paredes de camarillas vacuolares”. El mismo autor (Douvillé, 1907), en una obra mucho más general sobre la clasificación de los foraminíferos, diferenció seis grupos: fusulínidos, orbitoídeos, miliólidos, lituólidos, nummulítidos y rotálidos, situando a los siderolítidos entre estos últimos. En 1910, Douvillé definió una nueva variedad de *S. vidali* de Royan (norte de Bordeaux, Suroeste de Francia) como *S. vidali minor*, debido al menor tamaño de esta forma respecto *S. vidali* tipo.

Arni (1932) estudió la estructura interna del género *Siderolites* y definió una nueva especie, *S. heracleae*, de Pindos, atribuyéndole una edad Senoniense. En su trabajo da una magnífica reproducción de su arquitectura (Fig. 4.2).

Desde un punto de vista supragenérico, Cushman (1931) situó los géneros *Siderolites* y *Arnaudiella* en la familia Calcarinidae SCHWAGER, 1876, junto a los géneros terciarios y/o actuales: *Baculogypsina*, *Pellatispira* y *Calcarina*. Por su parte Galloway (1933) los situó en la familia Camerinidae MEEK Y HAYDEN, 1865. Finalmente, Finlay (1939) sugirió una nueva familia, **Siderolitidae**.

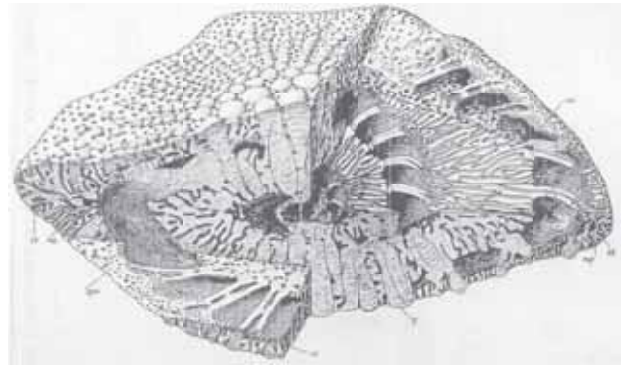


Figura 4.2: Reproducción de *Siderolites heracleae* (extraído de Arni, 1932).

### 4.3. SEGUNDA MITAD SIGLO XX

A mediados del siglo XX, Smout (1955) describió el nuevo género *Pseudosiderolites* para designar las formas descritas por Douvillé como *S. vidali* y por Arni como *S. heracleae*. Ambas formas, a diferencia de las especies atribuidas al género *Siderolites*, no desarrollan espinas en el plano ecuatorial de sus conchas. Smout (1955) definió el nuevo género como: “concha lenticular bicónica, bilateralmente simétrica, con cámaras dispuestas según una espira plana. Indica una textura fibrosa radial, laminada, perforada y formada por calcita. Con numerosos canales radiales. Sin espinas y con un canal marginal u otra diferenciación marginal”. Le atribuyó una edad Cretácico superior. Sistemáticamente situó el nuevo género, conjuntamente con el género *Arnaudiella*, en la familia Miscellaneidae SIGAL, 1952, mientras que situó el género *Siderolites* en la familia Baculogypsinidae SMOUT, 1955. Todos ellos los incluyó en la superfamilia Rotaliidea.

Hofker (1959) cita la presencia de *Siderolites vidali* en las Calizas Tuffoides de Charente (Dordogne, SW de Francia) del Campaniense y *S. laevigata* en el Md inferior de Maastricht (Holanda).

En 1963, Reiss retomó parcialmente las ideas de

Finlay (1939) y consideró el grupo como Subfamilia Siderolitinae; en ella situó únicamente el género *Siderolites*, mientras *Arnaudiella* y *Pseudosiderolites* fueron situados en la subfamilia Miscellaneinae SIGAL, 1952,

Van Gorsel (1978) en su trabajo sobre los foraminíferos orbitoidales del Cretácico superior, estudió el género *Arnaudiella* y concluyó que era un *Pseudosiderolites* con camarillas laterales orbitoidales entre las vueltas espirales involutas. Además situó ambos géneros, *Pseudosiderolites* y *Arnaudiella*, en la superfamilia Rotaliacea.

Wannier (1980, 1983) describió, de manera detallada, la estructura de los géneros ya descritos anteriormente: *Siderolites*, *Arnaudiella* y *Pseudosiderolites*, estableciendo la diferencia entre ellos. Además, describió un nuevo género, *Praesiderolites*, más primitivo y simple que los anteriores, y una nueva especie del género *Siderolites*, *S. catalunien-sis*, de los sedimentos del área de Homes Morts, cerca de Talarn (Pallars Jussà, NE de España). Las diferencias establecidas para cada uno de ellos por Wannier (1980, 1983) se citan a continuación:

*Siderolites*. Sistema de canales envolvente complejo, pero no llega a formar camarillas laterales. Edad: Maastrichtiense. Identificó tres especies: *S. calcitrapoides*, *S. denticulatus* y *S. catalaunien-sis*.

*Arnaudiella*. Camarillas laterales de morfología vacuolar y un sistema de canales sin mallas laterales. Edad: Campaniense. Cita *Arnaudiella* como un género monoespecífico: *A. grossouvrei*.

*Pseudosiderolites*. Sistema de canales envolvente complejo, que forma camarillas laterales en los

espacios interseptales. Identifica una única especie: *P. vidali*.

*Praesiderolites*. Sistema de canales simple y sin camarillas laterales. El autor indica que *S. vidali minor* (Douvillé 1910) corresponde probablemente a este género. Describe, además, tres especies consecutivas en el tiempo: *P. santoniensis*, *P. douvillei* y *P. dordoniensis*. Edad: Santoniense superior-Campaniense.

Este autor (Wannier, 1980, 1983) incluye todos los géneros citados en la familia Calcarinidae SCHWAGER, 1876, y en la subfamilia Siderolitinae FINLAY, 1939, la cual enmienda y describe como: “foraminíferos con concha lamelar perforada y morfología lenticular simétrica, que a menudo disponen de una quilla ecuatorial. Su ornamentación está formada por grandes pústulas, que forman costillas radiales y, en algunos casos, espinas. Las cámaras tienen disposición planiespiral involuta y en algunos géneros pueden llegar a formar camarillas laterales, las cuales forman parte del esqueleto suplementario. La comunicación entre las cámaras se establece por medio de una hilera de aberturas situadas en la base de los septos. Desarrollan un complejo sistema de canales representado por: canales marginales, dos canales espirales, dos canales umbilicales verticales y canales intraseptales, que están distribuidos según una red tridimensional más o menos compleja según los géneros”. Asimismo, realizó modelos de la geometría del sistema de canales para tres géneros, *Praesiderolites*, *Pseudosiderolites* y *Siderolites*, que se reproducen en la figura 4.3.

Paralelamente, Andreief y Neumann (1983) y Neumann (1986) estudian también en detalle los

siderolítidos utilizando una nomenclatura diferente a la establecida por Wannier (1980; 1983). Estos autores denominan “*peine*” al canal marginal, “*brazos*” a las espinas y fijan su sistemática sobre los caracteres externos de los especímenes: número y dimensiones de las pústulas, dimensiones totales de las conchas, etc., pero en ningún caso hacen referencia a los caracteres internos. Concluyen que únicamente son válidos los géneros *Siderolites* y

*Arnaudiella*. Para estos autores, el género *Pseudosiderolites* no es válido, volviendo así a la nomenclatura de Douvillé (1910). Además, consideran que el género *Praesiderolites* no pertenece a los siderolítidos. Neumann (1986) describió varias nuevas especies de *Siderolites*: *S. praevitali*, que diferenció de *S. vitali* por su menor tamaño, tanto de la concha como de las cámaras embrionarias, su menor número de cámaras y su periferia redondeada y no

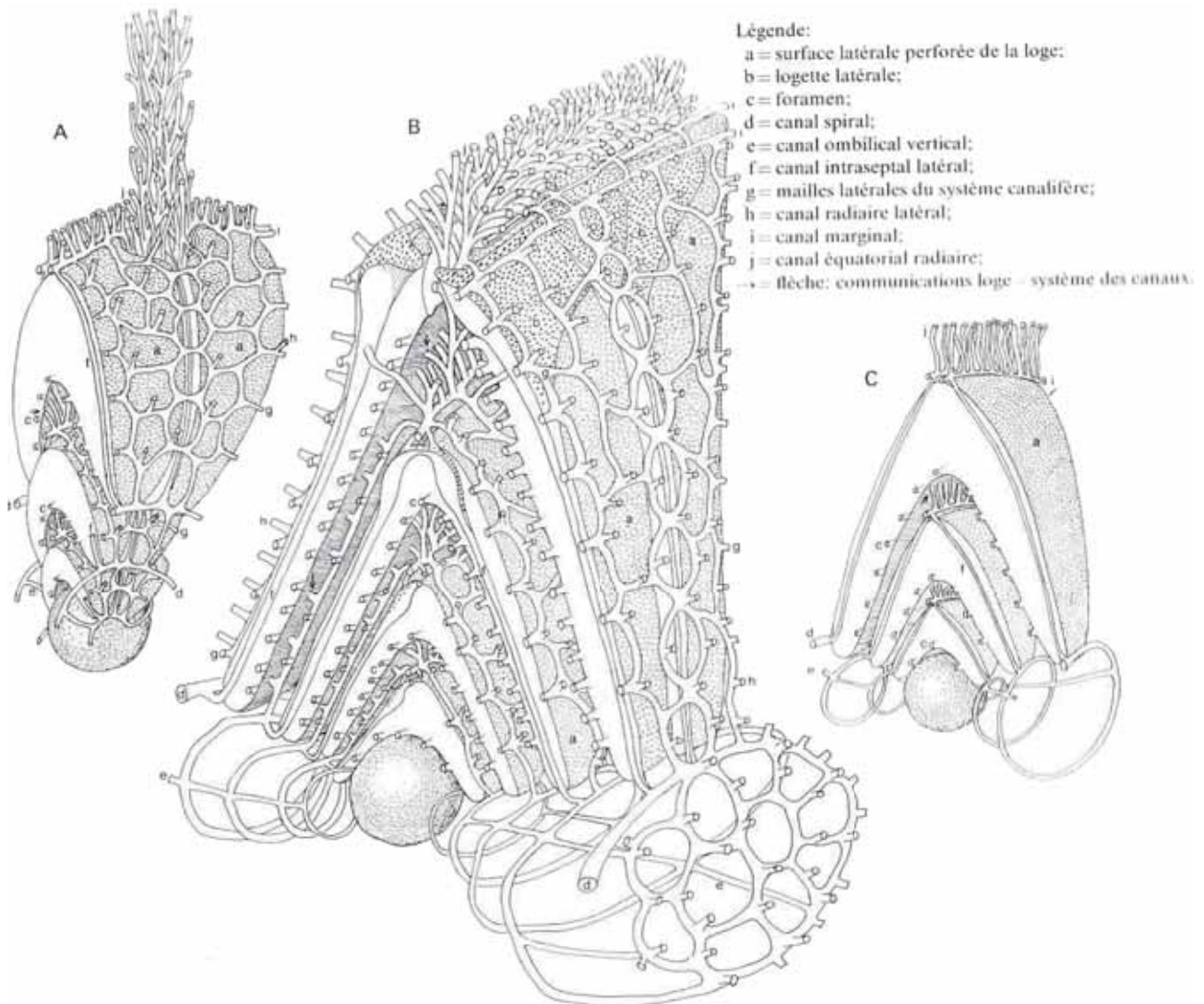


Figura 4.3: Dibujo esquemático del molde interno de los siderolítidos. Se muestra la geometría y la comunicación de las cámaras con el sistema de canales. A) *Siderolites calcitrapoides*, característico por el gran desarrollo de los canales ecuatoriales radiales en forma de haz situados en las espinas; B) *Pseudosiderolites vitali*, con un sistema de canales similar a *Praesiderolites* pero con un mayor desarrollo, además de las mallas laterales con sus canales radiales laterales y las camarillas laterales C) *Praesiderolites*, característico por un sistema de canales constituido por dos canales espirales que se comunican con los canales intraseptales laterales y los canales marginales y los ecuatoriales radiales (extraído de Wannier 1980).



aguda como *S. vidali*. La edad atribuida a esta nueva especie fue Campaniense (biozona C IVa). *Siderolites praecalcitrapoides*, descrito como un “foraminífero planiespiral involuto, de aspecto globoso con brazos más o menos desarrollados y una ornamentación formada por pústulas más o menos repartidas en toda la superficie de la concha”; lo diferencia de *S. calcitrapoides* por carecer de verdaderas espinas y su menor tamaño. Fue considerado del intervalo: Campaniense (biozona C VIII) – Maastrichtiense. Esta misma autora estableció una filogenia para el género *Siderolites*, en la que diferenció cinco morfotipos.

Loeblich y Tappan (1988) no tienen en cuenta los estudios de Wannier (1983) y enmarcan el género *Siderolites* dentro de la familia Calcarinidae SCHWAGER, 1876, junto con los siguientes géneros: *Baculogypsina*, *Baculogypsinoides*, *Calcarina*, *Quasirota*, *Schlumbergella* y *Silvestriella*. Esta clasificación taxonómica a nivel de familia se basa en la siguiente descripción: “concha enrollada que muestra un pequeño o no diferenciado enrollamiento y una superficie umbilical; comúnmente con grandes espinas; sistema de canales difusos y que se confunden con perforaciones”. Otros géneros como *Praesiderolites*, *Pseudosiderolites* y *Arnaudiella*, también pertenecientes a este grupo, los sitúan en la subfamilia Lepidorbitoidinae VAUGHAN, 1933, dentro de la familia Lepidorbitoididae VAUGHAN, 1933. Loeblich y Tappan (1988) describen la familia Lepidorbitoididae VAUGHAN, 1933, de la siguiente manera: “estadio bilocular del embrión seguido por cámaras ecuatoriales hexagonales y por unas cámaras laterales diferenciadas; no contiene un sistema de canales”. Y la subfamilia Lepidorbitoidinae

VAUGHAN, 1933, como: “concha simétrica, con un embrión bilocular megaloesférico y con una capa de cámaras ecuatoriales” y dentro de esta subfamilia sitúan géneros como *Lepidorbitoides*, *Hellenocyclina*, *Daviesina*, *Helicorbitoides*, entre otros.

#### 4.4. SIGLO XXI

A continuación se detallan diversos trabajos que citan a algunas especies del grupo de los siderolítidos. Sin embargo, estos trabajos no son trabajos de taxonomía de detalle y si de identificación de los macroforaminíferos.

Albrich (2008) figuró *Praesiderolites* sp. en la parte superior de la Font de les Bagasses (Serra del Montsec).

Villalonga (2009), en su tesis doctoral sobre los macroforaminíferos de la plataforma Campaniense del margen sur de la Cuenca Pirenaica, identificó: *P. cf. douvillei*, *P. cf. dordoniensis* y *Ps. vidali*, *Ps. sp.* y *S. gr. calcitrapoides*. En este último género, incluyó tanto las formas de *S. calcitrapoides* tipo como las formas más antiguas, *S. praecalcitrapoides* de Neumann (1986).

Robles-Salcedo et al., (2013) estudiaron la repartición paleoambiental de los macroforaminíferos en el área de Homes Morts, e identificaron dos morfotipos de siderolítidos: *S. calcitrapoides* y *S. cataluniensis* (*Wannierina* n. gen. *cataluniensis* en este trabajo), considerando el primero típico de facies energéticas, principalmente “arrecifales”, mientras el segundo formaría parte de facies de baja energía del agua, en sedimentos interpretados como de prodelta. Los resultados de este trabajo forman parte, parcialmente, de esta tesis.



## **CAPÍTULO 5**

# **TEXTURA Y ARQUITECTURA DE LA CONCHA DE LOS REPRESENTANTES DE LA FAMILIA SIDEROLITIDAE**



## 5. TEXTURA Y ARQUITECTURA DE LA CONCHA DE LOS REPRESENTANTES DE LA FAMILIA SIDEROLITIDAE

Para el estudio, descripción y comparación de los distintos elementos que constituyen la concha de los siderolítidos se han utilizado los términos definidos e ilustrados por Hottinger (2006a). Estos términos, originalmente en inglés, han sido traducidos al castellano (algunos de los términos empleados fueron adaptados previamente por Boix (2007) en su tesis doctoral); sin embargo, para facilitar su lectura, en la primera cita se ha añadido el término inglés entre paréntesis. Aunque la mayoría de términos se hallan reflejados en la obra de Hottinger (2006a), ha sido necesaria la introducción y definición de algunos términos nuevos para designar algunas estructuras particulares de los siderolítidos, siendo todos ellos justificados detalladamente.

### 5.1. TEXTURA DE LA PARED

Los siderolítidos tienen textura **lamelar perforada** (*lamellar-perforate*) con **pared bilamelar** (*bilamellar wall*). La textura lamelar implica la existencia de lamelas formadas en un proceso de biomineralización extracelular sobre la **membrana orgánica** (*organic lining*) de la célula. La pared bilamelar conlleva la formación de dos lamelas, la **lamela interna** (*inner lamella*) y la **lamela externa** (*outer lamella*), separadas por una **capa media** (*median layer*), que juega un papel significativo en el inicio de la biomineralización hacia dentro y fuera, res-

pectivamente (Fig. 5.1). La capa media, en secciones a partir de láminas delgadas, se observa como una línea negra entre las lamelas interna y externa, que son translúcidas (Fig. 5.2). Ambas lamelas, interna y externa, pueden actuar independientemente una de otra. En los foraminíferos bilamelares, durante la formación de una nueva cámara, la lamela externa recubre todas las partes previamente formadas y expuestas de la concha, y da lugar a un conjunto de lamelas externas superpuestas. Este proceso se denomina **lamelación secundaria** (Smout, 1954) (*secondary lamellation*). La superposición de lamelas da modelos ornamentales muy variados que juegan un papel importante en la identificación de los distintos representantes de los siderolítidos.

Las conchas lamelares tienen perforaciones llamados **poros** (*pores*), cuya misión es el intercambio gaseoso a través de la pared mineralizada

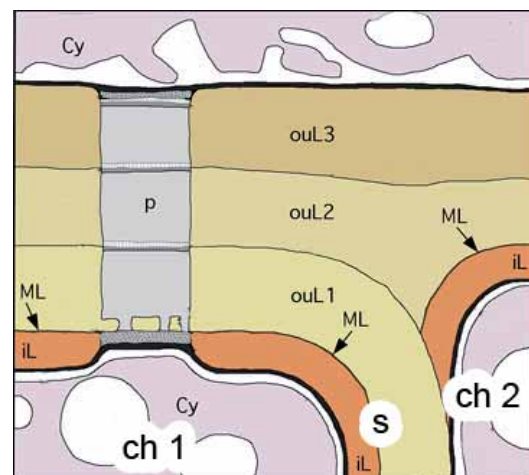


Figura 5.1: Textura lamelar en un foraminífero actual (simplificado de Hottinger, 2006a). Obsérvese la posición del citoplasma dentro y fuera de las cámaras, el septo, la lamela interna, las sucesivas lamelas externas, la capa media y los poros que perforan todas las lamelas. Abreviaturas: ch: cámaras; Cy: citoplasma; iL: lamela interna; ML: capa media; ouL: lamela externa; p: poros.

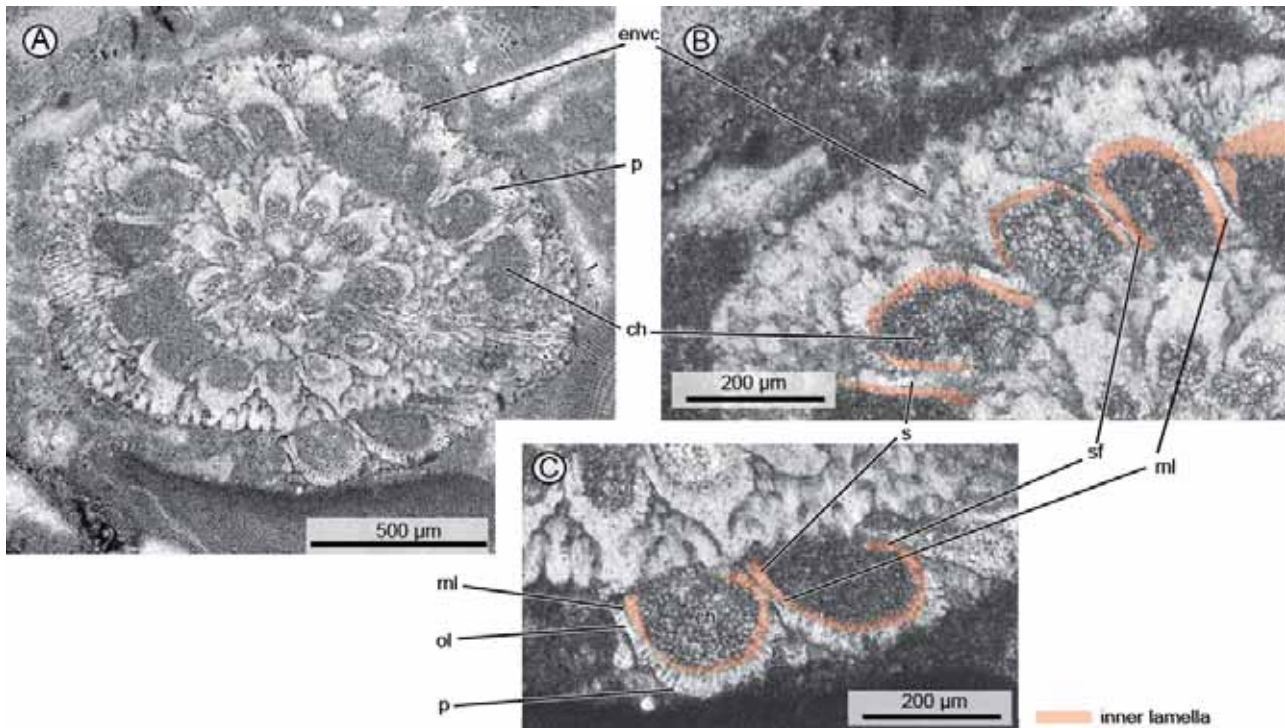


Figura 5.2: Elementos de la textura lamelar perforada de un siderolítico en una sección oblicua centrada de una lámina delgada observada con luz transmitida. A) *Siderolites cataluniensis*; B) y C) Detalles de A donde se muestran las diferentes lamelas en una concha bilamelar. Abreviaturas: ch: cámara; envc: canales envolventes; p: poros; ml: capa media; ol: lamela externa; s: septo; sf: pliegue septal.

(Leutenegger y Hansen, 1979). Los poros son como estrechas chimeneas, abiertas perpendicularmente a las lamelas, en los que no se produce mineralización y tapizados internamente por la capa orgánica (Fig. 5.1).

## 5.2. MORFOLOGÍA EXTERNA Y ORNAMENTACIÓN

Los siderolítidos son macroforaminíferos de tamaño medio (su diámetro es de pocos milímetros, aunque los morfotipos más grandes alcanzan medio centímetro). Son fácilmente distinguibles en el campo con ayuda de una lupa de mano, tanto en secciones de rocas duras como sueltos en rocas disgregables. En fractura fresca de las rocas, presentan un color gris claro y aspecto brillante (Fig. 5.3). La morfología externa es variable, aunque

guardan siempre simetría bilateral, dando formas lenticulares más o menos gruesas; algunas tienen **quilla** (*keel*) muy pronunciada en el plano medio de la concha, mientras otras presentan una forma más roma. Hay morfotipos que presentan prolongaciones de la concha en forma de **espinas** (*spine*) más o menos gruesas (Fig. 5.4). Las espinas están situadas, generalmente, en el plano ecuatorial de la concha; no obstante, en algunos especímenes, se han observado fuera del mismo.

La concha de los siderolítidos se presenta cubierta de gránulos, que son protuberancias subcónicas formadas por el engrosamiento de las lamelas externas, en las superficies laterales y constituyen la **ornamentación** (*ornamentation*). Siguiendo la terminología de Hottinger (2006b), según su posi-



Figura 5.3: Acumulación de *Pseudosiderolites vidali* en una roca de edad Campaniense de la Sierra del Montsec.

ción en la concha del foraminífero, se distinguen (Fig. 5.4):

a) Apilamientos de láminas (*piles*) son gránulos

de gran tamaño desarrolladas en la zona umbilical debido a la superposición de lamelas externas de vueltas consecutivas;

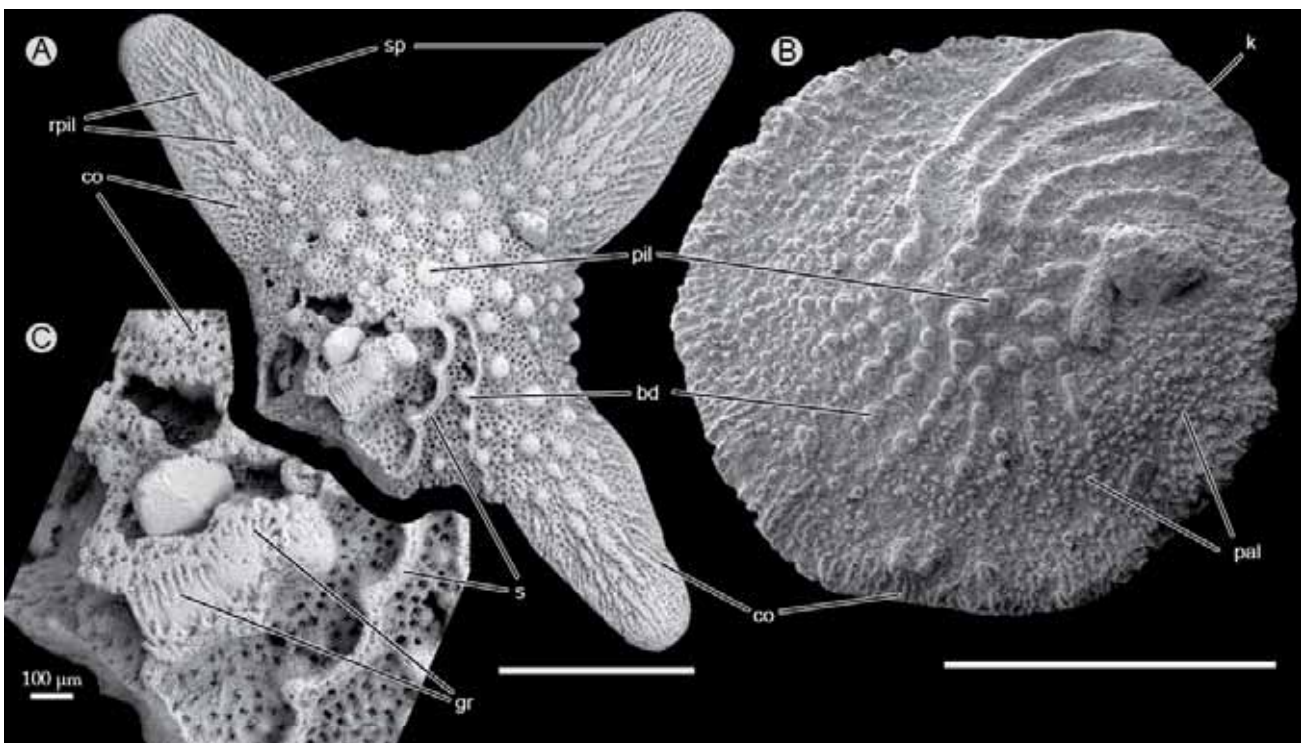


Figura 5.4: Fotografías realizadas por el SEM donde se muestra la morfología y ornamentación externa en la concha de los siderolítidos. A) *Siderolites*, morfotipo con espinas en el plano ecuatorial. Éste está parcialmente roto, sin una espina y sin la pared lateral de las últimas cámaras.; B) *Pseudosiderolites*, morfotipo con una quilla en el plano ecuatorial; C) Detalle de A donde se observa el septo de la penúltima cámara y las mallas laterales de la penúltima cámara. Las mallas laterales se construyen por el recubrimiento de la ornamentación en plumaje de las sucesivas lamelas externas. Escala gráfica 1 mm. Abreviaturas: bd: cuentas; co: orificio del sistema de canales; gr: surco; k: quilla; pil: apilamientos de láminas; pal: papilas; s: septo ;sp: espina.

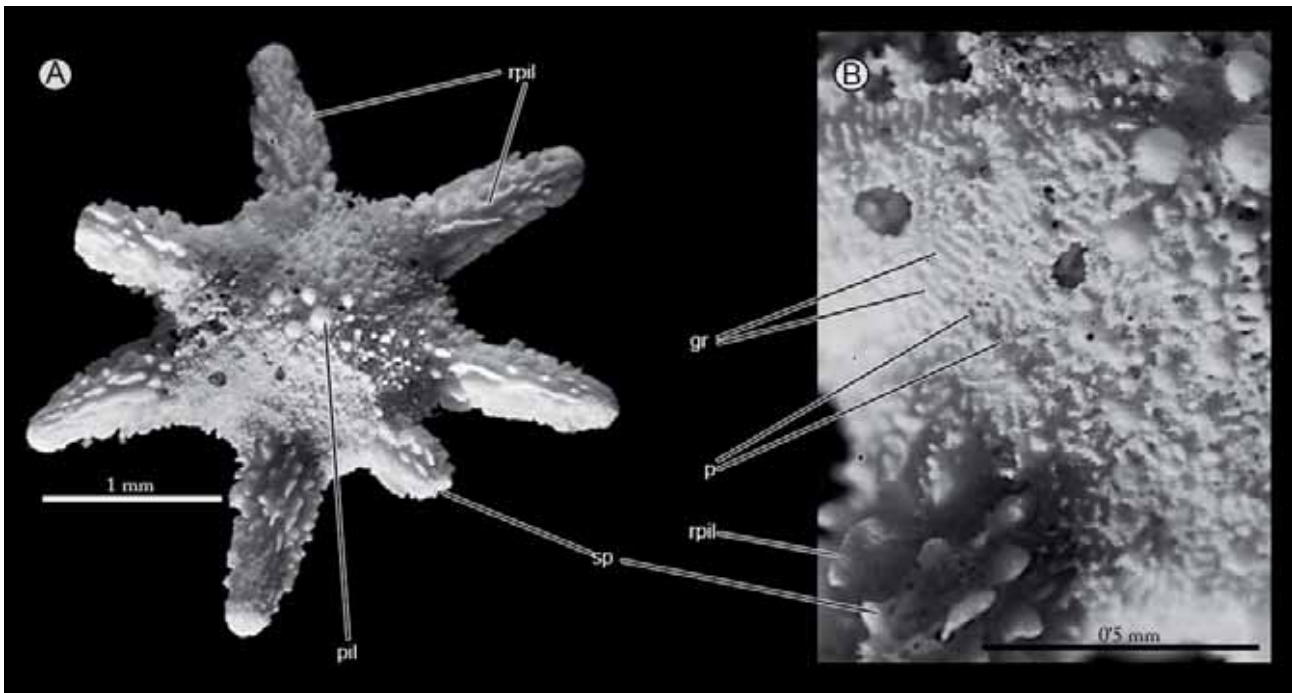


Figura 5.5: Fotografía de *Siderolites calcitrapoides* LAMARCK realizada con el binocular. A) Gran ornamentación; B) Detalle de A donde se observan la ornamentación tipo plumoso en la última.

- b) **Cuentas** (*beads*), son gránulos, de menor tamaño que las anteriores, que resiguen las suturas septales formando una hilera de semiesferas más o menos arqueada en dirección radial. Su morfología se asemeja a las cuentas de un collar de perlas;
- c) **Papilas** (*papillae*) son gránulos de pequeño tamaño que se desarrollan en las superficies laterales perforadas de las cámaras.

Además, las lamelas externas, por medio de engrosamientos y adelgazamientos, pueden conformar un conjunto de pequeños surcos y elevaciones dispuestos paralelamente y se extienden más o menos perpendiculares al septo (Fig. 5.5). Este tipo de ornamentación en las paredes del foraminífero se denomina de tipo **plumoso** (*feathered*) y refleja la extrusión del flujo protoplasmático pseudopodial desde el espacio intraseptal (Hottinger, 2006a). Posteriormente, cuando el foraminífero

forma cámaras sucesivas, ésta ornamentación participa en la formación del sistema de canales envolvente (véase apartado 5.6.4) alrededor de la pared de las cámaras (Fig. 5.4 A y C). Wannier (1980) identificó también este tipo de ornamentación, denominándolo "elevaciones y surcos" (*bourrelets et chevrons*, en francés).

Las espinas también desarrollan una ornamentación más o menos marcada que consiste en **cadena de apilamentos** (*ridge piles*) (Figs. 5.4 A y 5.5). Éste termino fue descrito por Wannier (1980) como "burletes" (*bourrelets allongés*, en francés).

### 5.3. CÁMARAS Y ABERTURAS

Los siderolítidos, como todos los macroforaminíferos, tienen un ciclo de reproducción complejo que incluye generaciones producto de la reproducción sexual y otras de la reproducción asexual. En las primeras (generaciones microesféricas o formas



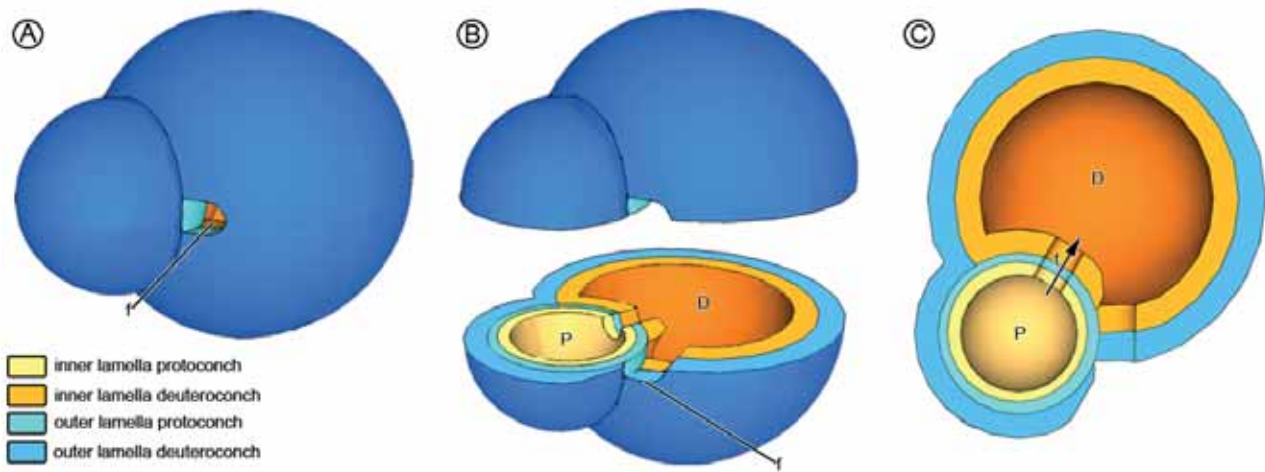


Figura 5.6: Reconstrucción esquemática en 3D del aparato embrionario. A) Aspecto externo en perspectiva mostrando la única abertura situada en el plano ecuatorial; B) Sección del plano ecuatorial donde se observa la comunicación de las diferentes aberturas de la protoconcha y la deuterconcha; C) Sección ecuatorial. Abreviaturas: D: deuterconcha; f: foramen; P: protoconcha.

B), la primera cámara es de tamaño muy pequeño (prolóculo, *proloculus*), mientras en las segundas (generaciones megaloesféricas o formas A), ésta adquiere un considerable tamaño y se denomina **protoconcha** (*protoconch*), seguida por una segunda cámara, denominada **deuterconcha** (*deuterconch*); ambas forman el embrión, que presenta una morfología reniforme. En la generación megaloesférica, la comunicación entre la protoconcha y deuterconcha se realiza siempre mediante una **abertura única** (*intercameral foramen*), y en los siderolítidos la comunicación entre ésta y la primera cámara postembrionaria es también única. En ambos casos las aberturas están situadas en el plano ecuatorial (Fig. 5.6).

Wannier (1980) citó la presencia de dimorfismo marcado por una importante reducción del volumen del embrión. Según el autor, las formas microséféricas producirían una vuelta de espira más que las formas megaloesféricas para compensar el menor tamaño del embrión. En las muestras estudiadas en este trabajo, las formas microséféricas son muy raras, por lo que ha sido imposible gene-

ralizar tal afirmación.

Las cámaras embrionarias están seguidas por numerosas cámaras postembrionarias con disposición planispiral involuta, las cuales forman una espiral y cada vuelta de espira recubre la anterior. Las cámaras adyacentes se comunican entre ellas mediante una hilera de **múltiples aberturas** (*intercameral foramina*) situadas en la base de la pared de la cámara (Fig. 5.7). Ésta pared que contiene las múltiples aberturas se denomina **cara apertural** (*apertural face*), la cual se convierte en **septo** (*septum*) al formarse la siguiente cámara. Las cámaras, generalmente más altas que anchas, son numerosas por cada vuelta de espira, y su número aumenta en cada una de ellas, que el volumen se incrementa en sucesivas cámaras de manera regular.

La inserción del septo crea una marca o surco en el exterior de la concha llamada **sutura septal** (*septum suture*). De la misma manera, la adición de nuevas vueltas de espira en los foraminíferos espiralados puede crear una depresión más o menos profunda entre dos vueltas consecutivas; ésta

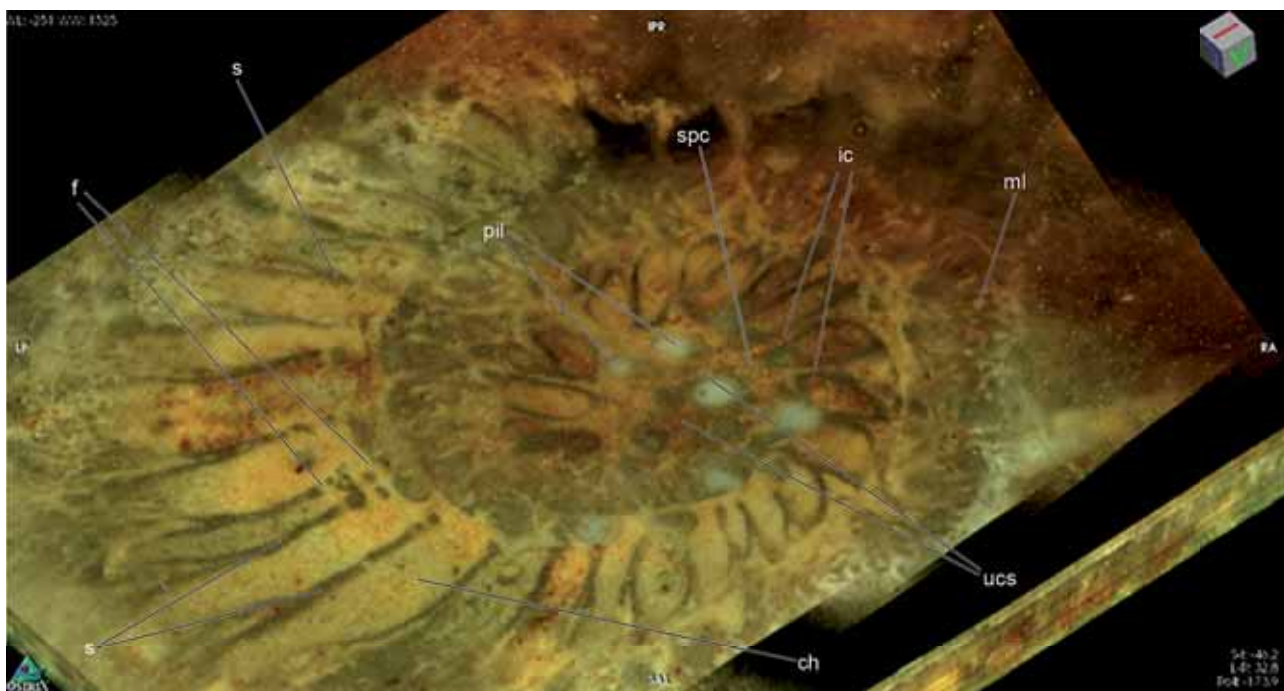


Figura 5.7: Fotografía realizada con el programa OsiriX de una sección transversa de *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLÉ, 1906) en la que se observa la disposición planiespiral de las cámaras, la hilera de las múltiples aberturas que las comunican en la base del septo. En la zona umbilical, nótese el desarrollo de los apilamientos de láminas y entre las cámaras los espacios interlocares transformados en un sistema de canales intraseptal. Abreviaturas: ch: cámara; f: múltiples aberturas; ml: mallas laterales; s: septo; spc: canal espiral; ucs: canales umbilicales.

depresión recibe el nombre de **sutura espiral** (*spiral suture*). En los foraminíferos lamelar perforados, las suturas septales y espirales generan **espacios intercamerales** (*interocular spaces*). En el primer caso, se generan **espacios intercamerales intraseptales** (*intraseptal interocular spaces*) entre la parte posterior de la pared de la cámara nuevamente formada y la pared bilamelar anterior de la cámara precedente. En el segundo, el espacio intercameral generado por las suturas espirales se denomina **espacio intercameral espiral** (*spiral interocular space*), que se forma a lo largo de la sutura espiral entre dos vueltas sucesivas. Los espacios intercamerales pueden comunicar con el lumen de las cámaras por medio de pequeños orificios abiertos en su pared, que reciben el nombre de **troneras** (*loop-holes*). Las troneras son las encargadas de

poner en comunicación el protoplasma cameral, que se aloja en las cámaras, con el protoplasma pseudopodial que llena los espacios extracamerales.

#### 5.4. ELEMENTOS ENDOESQUELÉTICOS

Durante el proceso de lamelación y generación de una nueva cámara se forman los **elementos endoesqueléticos** (*endoskeleton elements*) a partir de la lamela interna. En el caso de los siderolítidos estos elementos son:

- a) **Pliegue septal** (*septal flap*, Fig. 5.2): la lamela interna de la pared bilamelar de la cámara recubre la cara septal de la cámara precedente y da lugar a un septo formado por tres láminas (externa e interna de la pared bilamelar propia y la lamela interna de la cámara consecutiva)

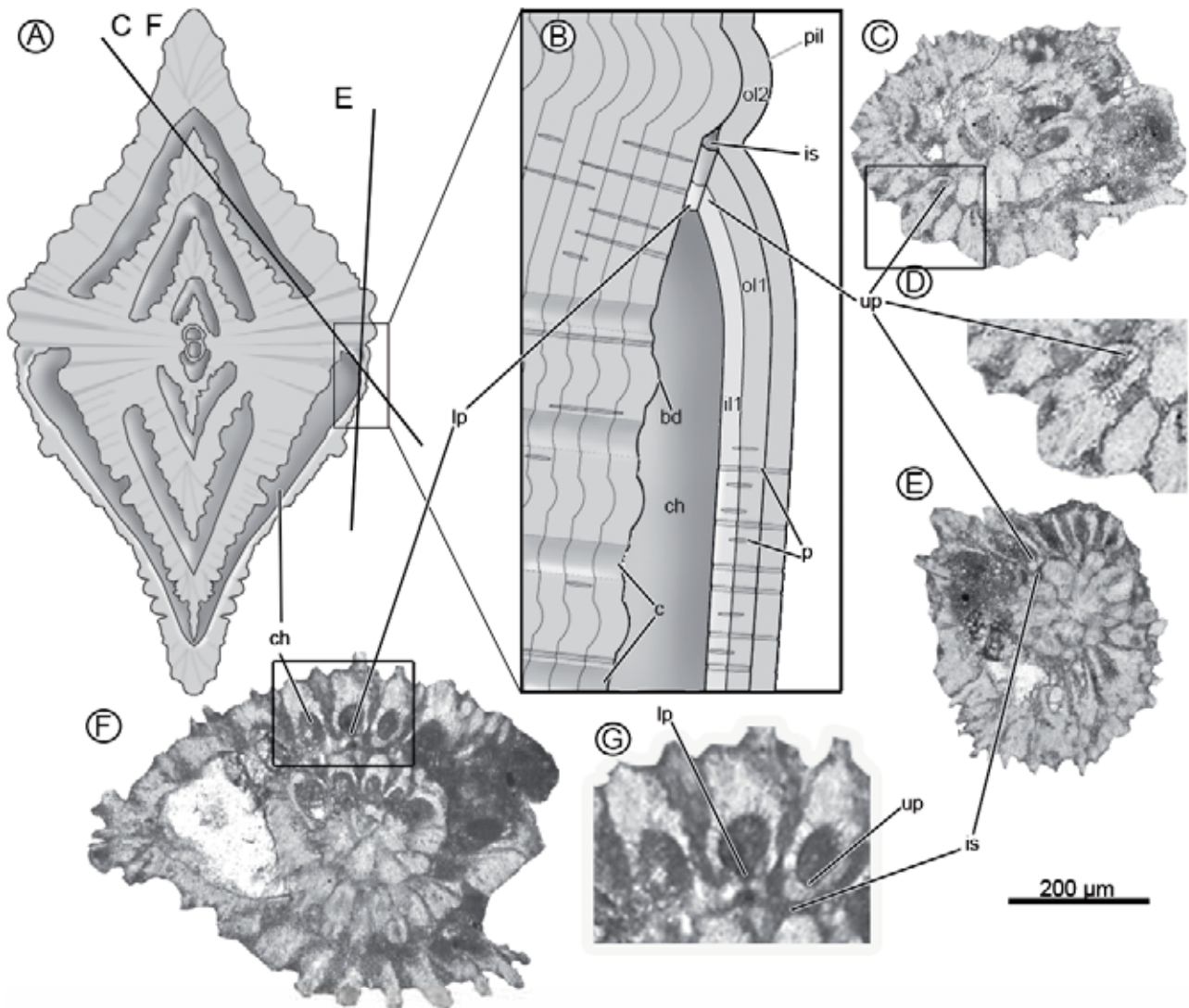


Figura 5.8: Reconstrucciones esquemáticas y fotografías con luz transmitida de siderolíticos en lámina delgada. A y B) Se muestra una reconstrucción de la posición de la placa umbilical y las troneras en un siderolítico. A) Reproducción esquemática de un siderolítico en sección axial; B) Detalle de A. Nótese como se genera el espacio intercameral espiral (posteriormente será el canal espiral) a partir de la placa umbilical y la lamela externa (ol 2) de la cámara posterior. La tronera comunica el lúmen de la cámara con el espacio; C) Sección oblicua no centrada donde se observa la placa umbilical en sección longitudinal; D) Detalle de la sección longitudinal de la placa umbilical de C; E) Sección tangencial oblicua con la tronera; F) Sección oblicua no centrada con la placa umbilical y la tronera de manera transversal; G) Detalle de F con el espacio intercameral por delante del placa umbilical. Abreviaciones: ch: cámara; bd: cuentas; c: canales; is: espacio intercameral; lp: tronera; ol: lamela externa; pil: apilamientos lamelares; up: placa umbilical.

(Fig. 5.2 B);

b) **Placa umbilical (*umbilical plate*)**: la lamela interna que forma el pliegue septal, se extiende parcialmente sobre la pared proximal de la cámara de las zonas umbilicales. Ésta recubre la cámara parcialmente, formando una placa más o menos plegada a ambos lados de la zona um-

bilical y limita un espacio. Ésta placa, por su posición, se denomina placa umbilical (Fig. 5.8).

## 5.5. ESQUELETO SUPLEMENTARIO

El proceso de lamelación secundaria, que se da durante el crecimiento de las conchas de los siderolíticos, implica el recubrimiento de las paredes

laterales por sucesivas lamelas externas, que forman repliegues imperforados generando espacios interlamelares (*interlamellar spaces*). Este conjunto de estructuras fue denominado por Carpenter et al. (1982) como esqueleto suplementario (*supplemental skeleton*). Los espacios interlamelares, limitados únicamente por lamelas externas, se transforman en un sistema de conductos o cavidades que contienen protoplasma pseudopodial y desembocan directamente al exterior. Los conductos se transforman en un sistema de canales (*canal system*), mientras las cavidades dan lugar a cámaras suplementarias (*supplemental chamberlets*).

#### 5.6. SISTEMA DE CANALES

El sistema de canales es un término utilizado desde antiguo para designar los conductos tubulares generados en los espacios interlamelares e intercamerales, que están separados primaria o secun-

dariamente del lumen de las cámaras. El sistema de canales actúa, en los foraminíferos que los poseen, como “puertas de emergencia”, ya que les permite la extrusión del protoplasma directamente al exterior aunque éste esté retraído en las primeras cámaras. Observaciones en foraminíferos vivos muestran que la retracción del protoplasma hacia las primeras 2-3 cámaras de la concha es habitual ante la presencia de alteraciones químicas o mecánicas del medio, cambios bruscos de temperatura o cambios en la intensidad de la luz. Éste hecho provoca la inmovilización del foraminífero sin sistema de canales (Hottinger, 2000).

El sistema de canales puede ser más o menos complejo, constituyendo los diferentes morfotipos de siderolítidos. Los diferentes elementos que constituyen el sistema de canales están comunicados con la cámara por medio de las troneras (Fig. 5.8). La posición de las troneras dentro de la con-

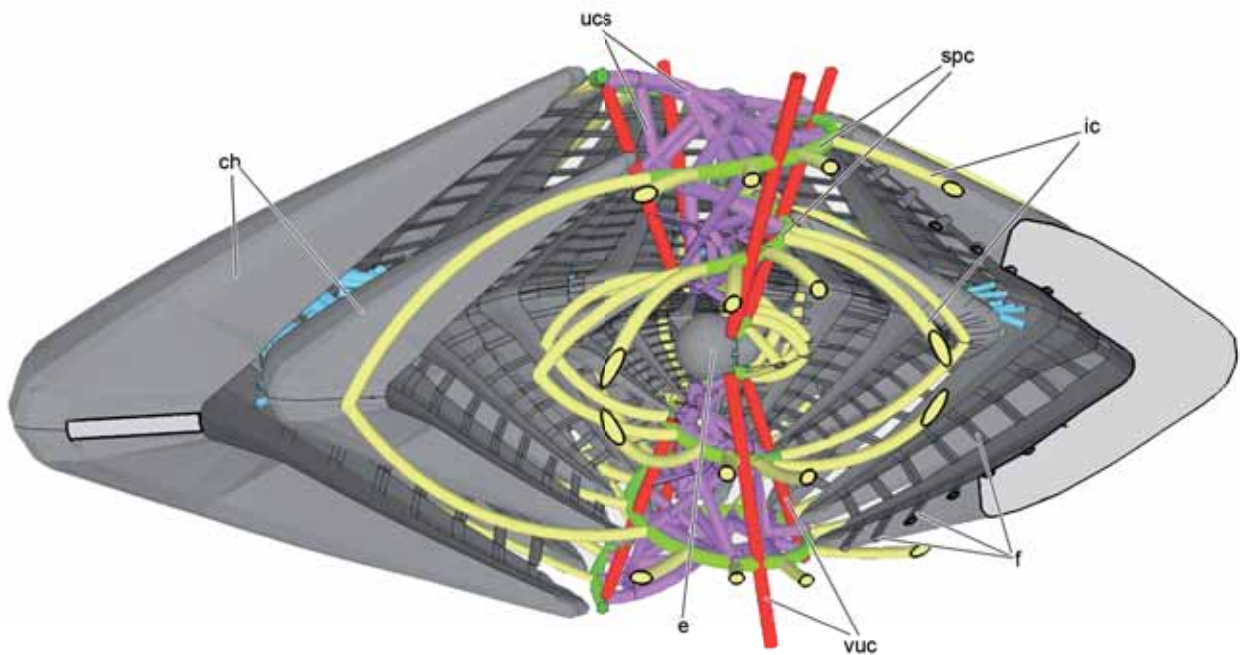


Figura 5.9: Reconstrucción en 3D del molde de *Praesiderolites* realizado con el programa *SketchUp*. Abreviaturas: ch: cámara; e: embrión; ic: canal intraseptal; f: múltiples aberturas; spc: canal espiral; ucs: canales umbilicales; vuc: canal vertical.

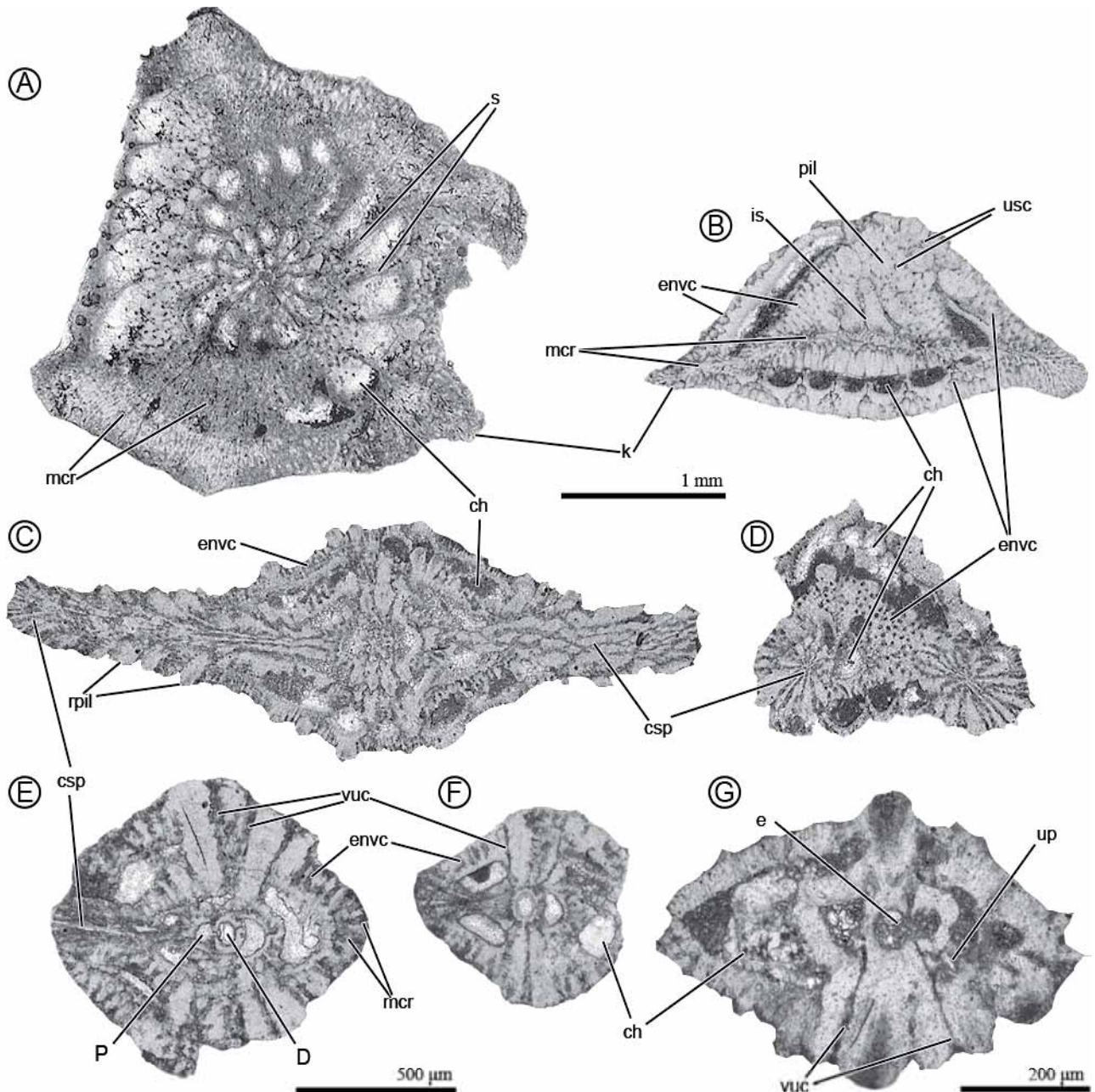


Figura 5.10: Fotografías con luz transmitida de siderolítidos en lámina delgada. Se muestra el sistema de canales en diferentes géneros. A-B) *Wannierina* n.gen. *cataluniensis* siderolítido con quilla. Nótese los canales marginales radiales muy desarrollados con forma de espina de pez; B-F) *Siderolites calcitrapoides*, B) Sección axial donde se muestra la distribución arborescente de las espinas canaliculadas; C) Sección longitudinal con la distribución radial de las espinas canaliculadas; E-F) Secciones axiales que muestran los canales envolventes y el canal umbilical vertical; C) *Praesiderolites praevidali* con canal umbilical vertical y la placa umbilical, sin quilla ni canales marginales muy desarrollados y sin canales envolventes. Abreviaturas: ch: cámara; csp: espina canaliculada; D: deuterococha; e: embrión; envc: canales envolventes; is: canal intraseptal; k: quilla; mcr: canales marginales radiales; P: protoconcha; pil: apilamientos de lamelas: septo; rpil: cadena de apilamientos; up: placa umbilical ; vuc: canal umbilical vertical.

cha caracteriza taxones a nivel de subfamilia o incluso a un nivel sistemático más alto (Hottinger et al., 2001a).

A continuación, se describe en detalle las características del sistema de canales de los siderolítidos (Fig. 5.9). Según su posición relativa en la concha

y los elementos que los limitan en los siderolítidos se distinguen:

#### 5.6.1. Sistema de Canales Marginales

El sistema de canales marginales es un conjunto de espacios tubulares limitados por lamelas externas, es decir, por el esqueleto suplementario, situados en la periferia de las cámaras. Los canales marginales pueden extenderse perpendicularmente o paralelamente a en la periferia de la superficie lateral de la cámara. Los primeros se denominan, **canales marginales radiales** (*radial marginals canals*) y, los segundos, **canales marginales periféricos** (*periphery marginals canals*) (Fig. 6.3). Los canales marginales radiales pueden ramificarse en menor o mayor grado según los distintos géneros. Los canales marginales periféricos se comunican entre sí por pequeños canales oblicuos o perpendiculares a ellos. Los canales marginales dominantes en el grupo de los siderolítidos son los radiales y únicamente algunos géneros poseen los periféricos.

Los canales marginales radiales pueden producir un marcado engrosamiento en la parte distal o periferia de las cámaras formando una **quilla o cresta marginal** (*marginal crest*) (Figs. 5.4 B 5.10 A-B). También pueden formar espinas canaliculadas a partir de constricciones de los canales marginales radiales en zonas particulares de la concha (Hottinger 2005) (Figs. 5.4 A y C, 5.5 y 5.10 C-F). Las espinas canaliculadas están formadas por una densa estructura de canales en haz, que en sección se pueden observar como si fueran arborescentes. Esta estructura se dispone de manera radial y se compone de consecutivas lamelas externas (Fig.

5.11 C-D).

La disposición radial predominante en los canales marginales de los siderolítidos permite distinguir fácilmente a este grupo de los nummulítidos, que poseen **cuerda marginal** (*marginal cord*) con predominancia de los canales periféricos.

#### 5.6.2. Sistema de Canales Envolvertes

Los espacios interlamelares de los siderolítidos pueden generar un conjunto de conductos tubulares que envuelven las paredes laterales de las cámaras de manera parcial o total. Wannier (1980) denominó a esta estructura mallas laterales, mientras Hottinger (1978) denominó, de manera general, a este tipo de estructuras como canales envolventes (véase también Hottinger et al., 2001b; Hottinger, 2006a).

Los canales, que se extienden en diversas direcciones, enlazan con los canales marginales e intraseptales formando un retículo tridimensional (Figs. 5.10-5.11). Éste conjunto puede abrirse directamente al exterior.

En algunos géneros, como por ejemplo *Pseudosiderolites*, en lugar de conductos se individualizan espacios interlamelares y forman camarillas suplementarias. Estas, a diferencia de las verdaderas camarillas laterales de los foraminíferos orbitoidiformes, no están tapizadas por la lámina orgánica, ni por la lamela interna. Las camarillas suplementarias estarían ocupadas por protoplasma pseudopoidal y no por protoplasma cameral como en el caso de las camarillas laterales de los foraminíferos orbitoidiformes. Además, su formación no está ligada directamente a un determinado estadio de

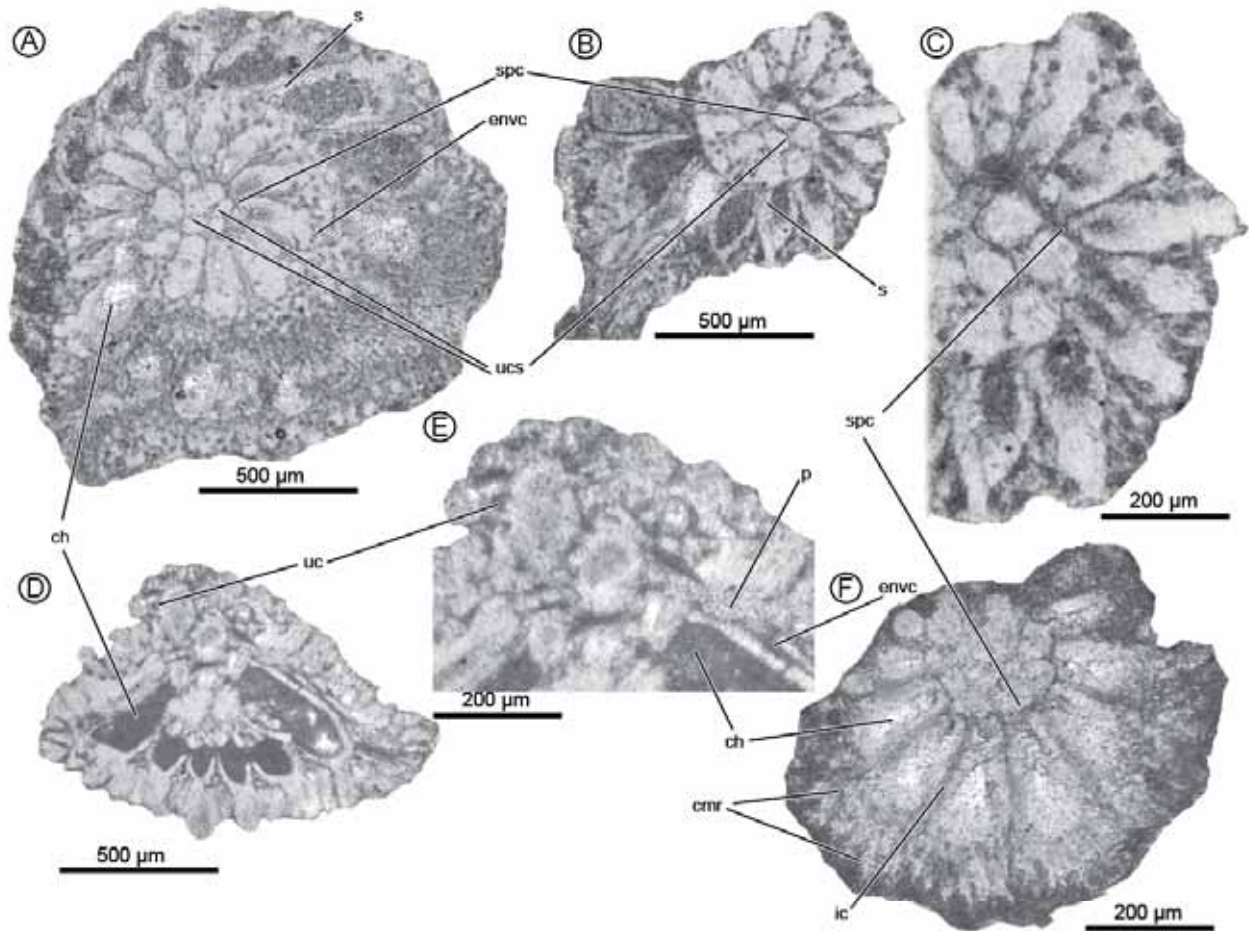


Figura 5.11: Fotografías con luz transmitida de siderolítidos en lámina delgada, donde se muestran los canales umbilicales, espirales y las cavidades umbilicales. A) Sección transversal ligeramente oblicua que corta tangencialmente parte de los canales umbilicales y el canal espiral; B) Sección transversal mostrando los canales umbilicales y espiral; C) Detalle de B; D) Sección tangencial oblicua donde se observan las cavidades umbilicales; E) Detalle de D; F) Sección transversal donde se observa el canal espiral. Abreviaciones: ch: cámara; ic: canal intraseptal; p: poro; s: septo; spc: canal espiral; uc: cavidad umbilical; ucs: canal umbilical.

crecimiento.

### 5.6.3. Sistema de Canales Intraseptales

Conjunto de canales situados en los espacios intercamerales intraseptales. El canal intraseptal recorre paralelamente al septo enlazando con el canal espiral, los canales marginales y canales envolventes, si el género las desarrolla (Figs. 5.9, 5.10 A-B y 5.11 F).

### 5.6.4. Sistema de Canales Espirales y Umbilicales

Sistema de canales situados en la zona umbilical.

El conjunto lo forman los canales espirales, los umbilicales y los **canales verticales umbilicales** (*umbilical vertical canal* o *funnels*) (Figs. 5.9 y 5.10). Como consecuencia de la simetría bilateral de los siderolítidos, se desarrollan dos conjuntos de canales idénticos en ambas zonas umbilicales.

Los canales espirales están limitados por la placa umbilical, la pared de la vuelta precedente y la lamela externa de las sucesivas cámaras (Fig. 5.8). El canal espiral recorre todas las vueltas en forma de espira helicoidal y enlaza, hacia la periferia, con los canales intraseptales y con los canales umbili-

cales (Figs. 5.9 y 5.11). La presencia del canal espiral puede quedar enmascarada al aumentar la complejidad del sistema de canales envolvente (Fig. 5.11 A).

Los canales umbilicales, que están limitados por el esqueleto suplementario, están comunicados con los canales espirales y se distribuyen entre los apilamientos lamelares formando una red de canales con morfología poligonal (Fig. 5.11). Perpendicularmente a los canales espirales y umbilicales, también hay canales en disposición vertical u oblicua a

estos y se enlazan con ambos. Estos son los canales verticales umbilicales (Fig. 5.10 E-F). Los canales verticales umbilicales, que se forman a partir de la lamelación secundaria y pueden llegar a comunicar las cámaras de la primera vuelta hasta la superficie, comunican directamente con las diferentes vueltas de espira (Figs. 5.9 y 5.10 E-F). Los canales umbilicales verticales también pueden enlazar con el canal espiral comunicando directamente con su diferentes vueltas (Fig. 5.9).



## **CAPÍTULO 6**

### **DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA**



## 6. DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA

La clasificación taxonómica a nivel supragenérico de los foraminíferos ha sido y es muy controvertida (véase capítulo 4), y esta problemática se ve reflejada en la mayoría de trabajos consultados en donde los géneros han sido atribuidos a diferentes familias o subfamilias de la superfamilia Rotalioidea EHRENBERG, 1839. La presente tesis rescata la clasificación que propuso Finlay (1939) para este grupo.

Phylum FORAMINIFERA (D'ORBIGNY, 1826)

Clase GLOBOTHALAMEA PAWLOWSKI, HOLZMANN Y TYSZKA, 2013

Orden ROTALIIDA (DELAGE Y HÉROUARD, 1896)

Suborden ROTALIINA DELAGE Y HÉROUARD, 1896

Superfamilia ROTALIOIDEA EHRENBERG, 1839

Familia SIDEROLITIDAE FINLAY, 1939

**Descripción:** Foraminíferos lamelar perforados, de crecimiento planispiral involuto, múltiples aberturas alineadas en la base de los septos y un sistema de canales por canales intraseptales, canales espirales umbilicales y dominado por los canales marginales radiales. Pueden desarrollar canales envolventes, camarillas suplementarias y/o espinas canalculadas.

**Observaciones:** En la clasificación propuesta por Loeblich y Tappan (1988), los géneros que aquí se consideran como pertenecientes a la familia Siderolitidae FINLAY, 1939, se clasificaron en familias diferentes, concretamente en la familia Calcarinidae SCHWAGER, 1876, y en la familia Lepidorbitoididae VAUGHAN, 1933 (véase capítulo 4). En

su clasificación, Loeblich y Tappan (1988) no tuvieron en cuenta, ni la presencia o ausencia de esqueleto suplementario, ni la posición de las aberturas y disposición de las cámaras, que son elementos fundamentales para la agrupación a nivel supragenérico de los foraminíferos (véase Hottinger, 1978). En esta memoria, para la descripción de los géneros, se sigue el orden de su aparición en la escala temporal.

### Género *Praesiderolites* WANNIER, 1980

(Especie tipo: *Praesiderolites douvillei* WANNIER, 1980)

**Descripción:** Siderolítido de pequeño tamaño y concha lenticular abombada sin espinas, aunque puede presentar quilla o borde dentado. La ornamentación consiste en *piles*, *beads* y *papillae* aunque todos los elementos son poco desarrollados.

Presenta canales intraseptales, canales espirales y canales umbilicales a ambos lados del plano ecuatorial. El sistema canales marginales se dispone formando una quilla en la periferia de la concha. Los canales marginales radiales pueden presentar múltiples ramificaciones en forma de abanico (Fig. 6.1).

### *Praesiderolites douvillei* WANNIER, 1980

Lm. I, Figs. A-I; Lm. II, Figs, A-H

- 1983 *Praesiderolites douvillei* Wannier – Wannier, fig. 7, figs. 4-12, 14-15  
 2009 *Praesiderolites* cf. *dordoniensis* Wannier – Villalonga, pl 34, figs. 1-2  
 2009 *Praesiderolites* cf. *douvillei* Wannier – Villalonga, pl 34, fig. 9

**Material:** Calizas de Terradets: Congost de Montrebei (RV-28, RV-29, P-816); Cabana de Gabrieló (RV-64); Congost de Terradets (MARG-

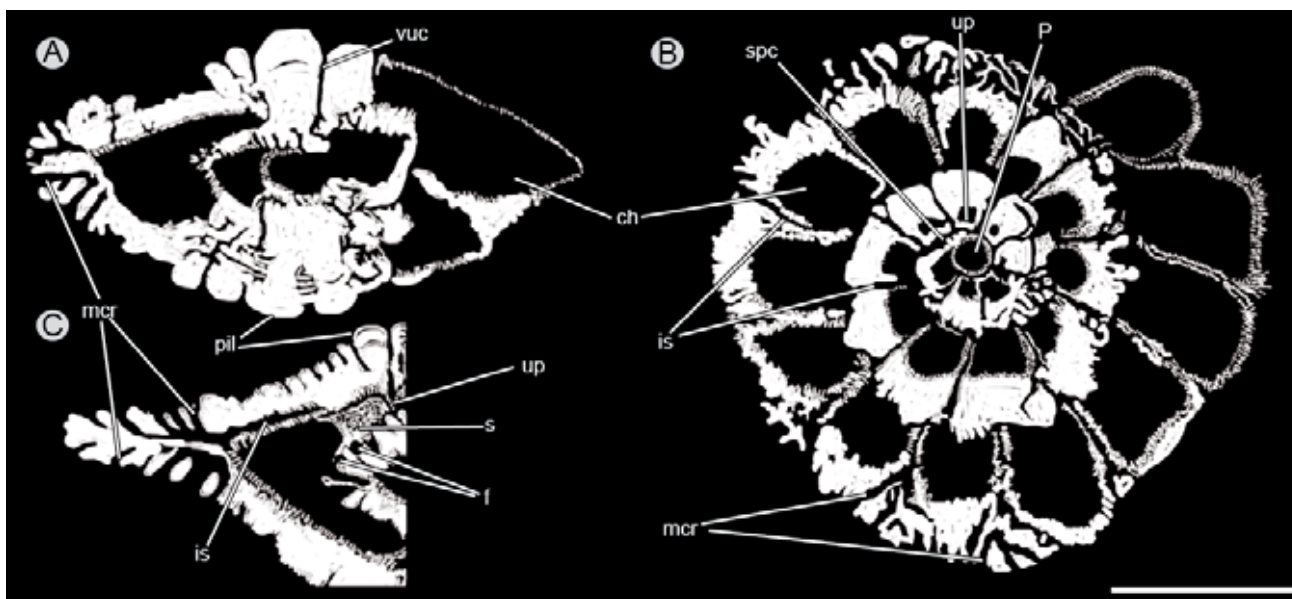


Figura 6.1: Dibujos de *Praesiderolites* a cámara clara; A) *P. praevidali*, sección axial donde se observa el sistema de canales marginales y los canales umbilicales verticales; B) *P. praevidali*, sección ecuatorial donde se observa la disposición planiespiral de las cámaras y el conjunto de canales marginales radiales enlazando con los canales intraseptales, y estos últimos con el canal espiral; C) *P. douvillei*, fragmento de una sección axial con los canales marginales radiales más desarrollados, los cuales forman una quilla. Escala gráfica: A y B = 0,25 mm, C = 0,5 mm. Abreviaturas: ch: cámara; f: foramen; is: canales intraseptales; pil: apilamiento de lamelas; mcr: canales marginales radiales; s: septo; spc: canal espiral; P: protoconcha; up: placa umbilical; vuc: canal vertical umbilical.

390, MARG-396); Unidades B y C: Serra de les Agulles (P2-2, P2-11, P2-12 a la P2-16, P5-12, P5-13, P5-20, P5-21, P5-27).

**Dimorfismo:** Presenta dimorfismo.

**Descripción:** Forma megaloesférica. Concha lenticular con quilla desarrollada y periferia redondeada. El diámetro mínimo observado de los especímenes adultos es 1,28 mm y el máximo 1'62 mm. El espesor medio aproximado es 0,80 mm. El valor de la relación E/D es 0,52. El diámetro medio de la protoconcha es 57  $\mu$ m con una variación de 50 a 63  $\mu$ m, y el diámetro medio de la deutoconcha es 61  $\mu$ m con una variación de 53 a 70  $\mu$ m. Alcanza tres vueltas completas y un cuarto de vuelta de espira, con 4 cámaras en la primera vuelta, 12 en la segunda, 16 en la tercera y 9 en una cuarta vuelta inacabada.

**Forma micros esférica.** Las formas B son más

grandes que las formas A y presentan cuatro vueltas y media de espira. El grosor de la pared de las cámaras en las formas B es mayor que en las formas A. El diámetro medio es de 1,8 mm y el espesor medio de 1 mm. El valor de la relación E/D es 0'55.

**Observaciones:** Wannier (1983) describió esta especie de *Praesiderolites* con especímenes procedentes de Falaises du Pilou (Charente Maritime, Francia) y dio los siguientes datos morfométricos: diámetro superior a 1,5 mm en los individuos adultos, E/D inferior a 0,5 y el diámetro del proloculus entre 45 y 55  $\mu$ m. Estos valores son algo menores que los de las muestras surpirenaicas, sin embargo, por su escasa magnitud se considera variabilidad intraespecífica o un artefacto debido a las mediciones.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Se ha ha-

llado en el área surpirenaica en depósitos del Campaniense medio y superior. Wannier (1983) cita esta especie en los depósitos de Aquitania, área surpirenaica y los Alpes, con un rango bioestratigráfico atribuido al Campaniense, biozonas de *O. douvillei*?, *O. tissoti* y *O. media*. En las muestras del área surpirenaica se hallan conjuntamente con *O. tissoti* y *O. media* y en las muestras del Sector Levantino no ha sido posible verificar la especie de *Orbitoides* por la escasez de buenas secciones.

**Facies deposicionales/paleoambiente:** Frecuente en *packstone* y *wackestone* de plataforma carbonatada de energía moderada.

**Macroforaminíferos asociados:** *Pseudosiderolites vidali*, *Ps. aff. vidali*, *Arnaudiella grossouvrei*, *Rottorbinella campaniola*, *Orbitoides tissoti*, *O. media*.

*Praesiderolites praevitali* (ANDREIEFF Y NEUMANN, 1983)

Lm. III, Figs. A-I

- 1983 *Siderolites praevitali* Andreieff y Neumann – pl. 1, figs. 1-13  
 1986 *Siderolites praevitali* Andreieff y Neumann – Neumann, pl. 2, fig. 1-2, 4-6, 10  
 2009 *Praesiderolites cf. douvillei* Wannier – Villalonga, pl. 34, figs. 3, 5, 6-7  
 2009 *Praesiderolites cf. dordoniensis* Wannier – Villalonga, pl. 34, fig. 8

**Material:** Calizas de Terradets: Congost de Montrebei (RV-1, RV-5, RV-6, RV-10); Cabana Gabrieló (RV-43, RV-45, RV-46, RV-50, RV-54); Canal de l'Embut (RV-90); Canal Xurulla (RV-72); Congost de Terradets (MARG-360, MARG-361, MARG-364 a 372, MARG-379).

**Dimorfismo:** No se han observado.

**Descripción:** La forma megaloesférica consta de concha lenticular abombada con la periferia lisa y la quilla poco desarrollada. El diámetro mínimo es 0'63 mm y el máximo 0'75 mm. El espesor medio es 0'45 mm. La relación E/D es 0,63. El diámetro de la protoconcha varía aproximadamente entre 40 y 55  $\mu\text{m}$ , con un valor medio de 48  $\mu\text{m}$ , y el de la deuterconcha entre 50 y 65  $\mu\text{m}$ , con un valor promedio de 55  $\mu\text{m}$ . Tiene dos vueltas y media de espira con aproximadamente 4 cámaras en la primera vuelta de espira, 9 en la segunda y de 9 a 13 en la tercera, que se encuentra generalmente inacabada.

No se han observado formas microesféricas.

**Observaciones:** Wannier (1983) erigió la especie *P. santoniensis* con material procedente de la base de las margas de la Font de les Bagasses (nivel con *Orbitoides hottingeri*, véase su posición en la sección estratigráfica en Albrich et al., 2014); sin embargo, no se han estudiado las muestras de esta unidad estratigráfica, las formas pequeñas y simples figuradas por este autor son atribuidas a *P. santoniensis*. Las formas atribuidas a *P. praevitali* son más altas estratigráficamente (por encima del nivel con *O. sanctae-pelagiae* de Albrich et al., 2014).

**Diagnosis diferencial:** *Praesiderolites douvillei* es de mayor tamaño que *P. praevitali*, con dos vueltas y media, y posee, al menos, tres vueltas de espira. Los canales marginales radiales son menos desarrollados en *P. praevitali*.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** En las muestras estudiadas se ha hallado en el área surpirenaica, en depósitos del Campaniense medio.

Neumann (1986) cita esta especie en el área norpirenaica, en el estratotipo del Campaniense (biozona CIVa).

**Facies deposicionales/paleoambiente:** *Grainstone-wackestone* con presencia de cuarzo de granulometría fina. Plataforma carbonatada abierta.

**Macroforaminíferos asociados:** *Praelacazina fragilis*, *Nummofallotia cretacea*, *Fallotia?* sp., *Pararotalia* sp., *Rotorbinella campaniola*, *Rotorbinella* sp., *Pyrenerotalia* sp., *Praestorrsella roestae*, *Orbitoides* cf. *tissoti* y *Pseudosiderolites* n. sp.

***Praesiderolites* cf. *dordoniensis* WANNIER, 1980**

Lm. IV, Figs A-L

- 1974 *Pseudosiderolites vidali* (Douville) – Van Gorsel, pl. 1, fig. 1  
 1983 *Praesiderolites dordoniensis* Wannier – Wannier, fig. 6, 4-5  
 1984 *Pseudosiderolites vidali* (Douville) – Bilotte, pl. 18, fig. 3, pl. 21, fig. 12

**Material:** Fm. Vallcarga: Olistostroma de Pumannions (To); Calizas de Terradets: Congost de Terradets (MARG-405, MARG-408).

**Dimorfismo:** No se han observado.

**Descripción:** Foraminífero de concha lenticular y periferia dentada. Las formas megaloesféricas presentan un diámetro mínimo observado de 0,72 mm y máximo de 1,16 mm. Espesor aproximado 0,5 mm. El valor de la relación E/D es 0,49. El diámetro medio de la protoconcha y deuterconcha es 45 y 50  $\mu$ m, respectivamente. Los individuos adultos presentan 3,2 vueltas de espira. La primera vuelta tiene 3 cámaras, la segunda 10 cámaras, la tercera 12 cámaras y una cuarta vuelta sin finalizar con un valor aproximado de 3 cámaras.

No se han observado formas microesféricas.

**Observaciones:** Los especímenes atribuidos en este estudio a *P.* cf. *dordoniensis* son más pequeños que los de la localidad tipo en Aubeterre (Francia), figurados por Wannier (1983), los cuales presentan un diámetro medio de 2,5 mm y un diámetro medio del embrión superior a 55  $\mu$ m, aunque algunos pueden alcanzar los 88  $\mu$ m. Éste autor únicamente figura dos secciones con cámara clara (ecuatorial y axial, respectivamente, Fig. 8 4-5) en los que se observa un aquilla dentada y un conjunto de canales marginales radiales más desarrollado que en las especies anteriormente descritas.

**Diagnóstico diferencial:** *Praesiderolites* cf. *dordoniensis* tiene un diámetro medio del embrión menor (diámetro medio de la protoconcha y deuterconcha es 45 y 50  $\mu$ m, respectivamente) que *P. praevitali* (48 y 55  $\mu$ m, respectivamente). Además, *P.* cf. *dordoniensis* tiene un diámetro medio de alrededor de 1 mm con 3 vueltas de espira completas, frente a los 0,70 mm de diámetro medio y 2 ó 2,5 vueltas de espira de *P. praevitali*. *Praesiderolites* cf. *dordoniensis* se diferencia de *P. douvillei* por ser morfológicamente más aplanado (E/D es 0,48 frente a 0,51, respectivamente), por tener un borde dentado y por tener un diámetro ecuatorial medio menor (1,01 mm frente a 1,56 mm, respectivamente). Debido a la escasez de especímenes hallados en las muestras y que no se ha obtenido material de la localidad tipo, ésta especie de *Praesiderolites* se deja como *P.* cf. *dordoniensis*.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Zona surpirenaica en depósitos del Campaniense superior. Wannier (1983) muestra una repartición geográfica

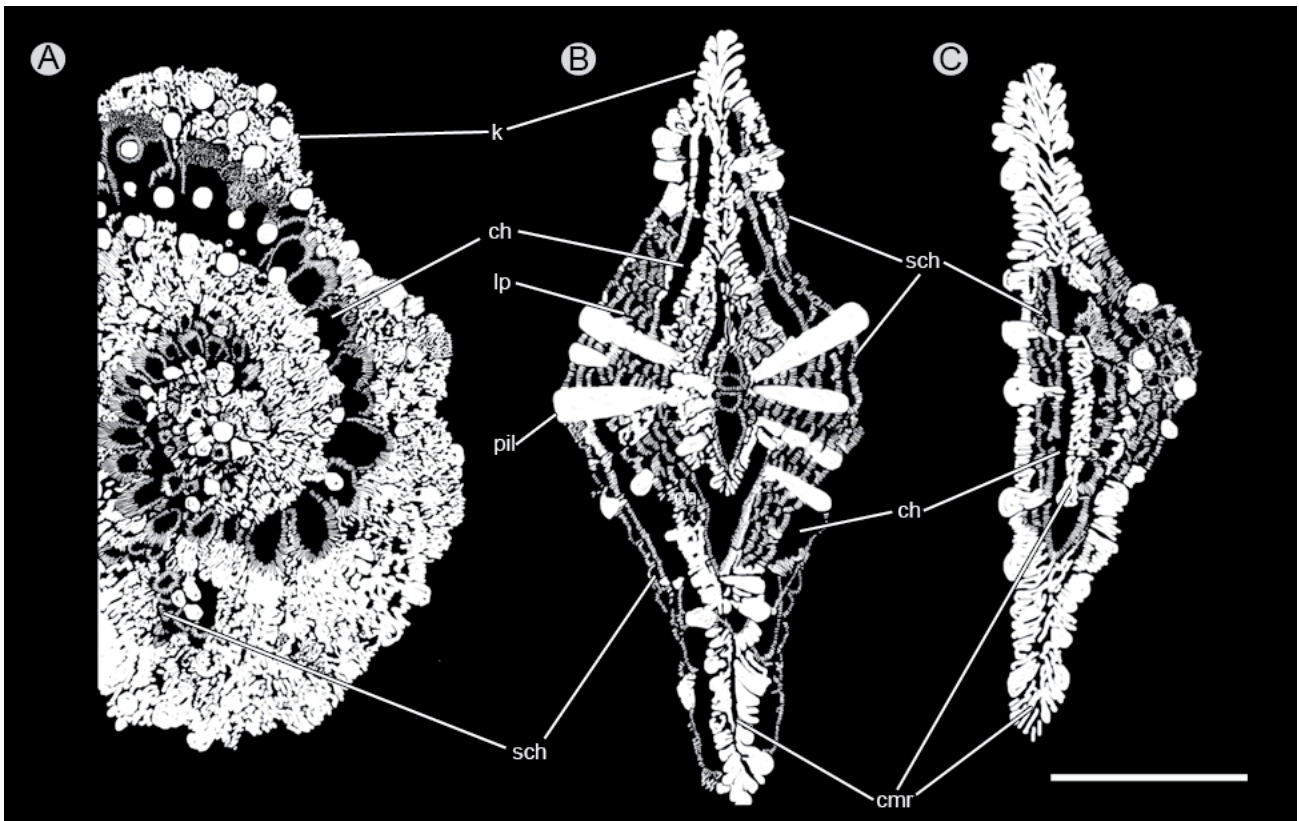


Figura 6.2: Dibujos de *Arnaudiella grossouvrei* a cámara clara. A) Sección subecuatorial ligeramente oblicua donde se observan las múltiples camarillas suplementarias en las paredes laterales de las cámaras, que caracterizan a este género; B) Sección axial centrada donde se observan los apilamientos lamelares de gran tamaño y las camarillas suplementarias, que se comunican a través de las troneras; C) Sección tangencial oblicua con las camarillas suplementarias y los canales marginales radiales formando la quilla. Escala gráfica: 1 mm. Abreviaturas: ch: cámaras; cmr: canales marginales radiales; k: quilla; lp: troneras; pil: apilamientos lamelares; sch: camarillas suplementarias.

ca de *P. dordoniensis* localizada en Aquitania (Aubeterre, Meschers, Francia) y una extensión estratigráfica del Campaniense (filozonas de *Orbitoides media* y *O. megaliformis*), que coincidiría con la del área surpirenaica.

**Facies deposicionales/paleoambiente:** Se encuentra frecuentemente en *grainstone* con *Orbitoides*, en facies de plataforma carbonatada de alta energía. También se hallan retrabajados en las facies olisotrómicas de Torallola.

**Macroforaminíferos asociados:** *Orbitoides megaliformis*, *Lepidorbitoides minima* y *Praelacazina fragilis*.

### Género *Arnaudiella* DOUVILLÉ, 1906

(Especie tipo: *Arnaudiella grossouvrei* DOUVILLÉ, 1906)

**Descripción:** Foraminífero de concha lenticular relativamente plana y presencia de quilla. La ornamentación está constituida únicamente por *piles* y *beads* de un tamaño homogéneo, sin diferenciación.

El sistema de canales está constituido por canales intraseptales, espirales y dominado por canales marginales radiales y camarillas suplementarias isométricas distribuidas entre los elementos ornamentales y en la pared lateral de la cámara (Fig. 6.2).

**Diagnos diferencial:** Se diferencia de *Praesiderolites* por su gran tamaño y por carecer de papilas. Además, a diferencia de *Praesiderolites* presenta camarillas suplementarias isométricas y un aumento de la ramificación en los canales marginales radiales.

**Observaciones:** El género es monoespecífico.

*Arnaudiella grossouvrei* DOUVILLÉ, 1906

Lm. V, Figs. A-K

- 1906 *Arnaudiella grossouvrei* Douvillé – pl. 18, fig. 10-15 y 16-17  
 1926 *Siderina douvillei* Abrard –fig. 1  
 1948 *Arnaudiella grossouvrei* Douvillé – Cushman, pl. 32, figs. 7-8  
 1964 *Porkornyella douvillei* (Abrard) – Loeblich y Tappan  
 1974 *Arnaudiella grossouvrei* Douvillé – Van Gorsel, pl. 1, fig. 6, pl. 2, figs. 1-5  
 1993 *Siderolites praecalctrapoides* Neumann – Eckstaller, pl. 8, figs. 1-3

**Material:** Unidad B y C: Serra de les Agulles (P2-15, P2-16, P2-27, P2-29, P5-13, P5-20)

**Dimorfismo:** No se han observado.

**Descripción:** Foraminífero de gran tamaño y morfología aplanada, con un diámetro mínimo de 4,04 mm y máximo de 4,48. El espesor es 1,46 mm. La relación E/D es 0,34. El diámetro medio de la protoconcha es de 80  $\mu$ m, con una variación de 76 a 92  $\mu$ m, y el de la deuterconcha es 88  $\mu$ m, de 80 a 96  $\mu$ m. Los especímenes adultos presentan 3,5 vueltas de espira.

No se han observado formas microesféricas.

**Observaciones:** Se cita por primera vez la presencia de *A. grossouvrei* en el Sector Levantino. Los parámetros de los especímenes valencianos estu-

diados en este trabajo coinciden con los de los ejemplares de esta especie figurados por Douvillé (1906), Van Gorsel (1974), Wannier (1983), entre otros.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Sector Levantino, Campaniense medio y superior. *Arnaudiella grossouvrei* se citó en diferentes zonas como en la zona norpirenaica (Wannier, 1983), Charente-Maritime-Dordogne (Van Gorsel, 1974; Wannier, 1983), Serbia, Yugoslavia (Van Gorsel, 1974), en otras áreas como Túnez (Roux y Douvillé, 1910), Algeria (Sigal, 1952) y la zona surpirenaica (Souquet, 1967) se ha citado su presencia pero no se ha figurado adecuadamente. En este trabajo, no se ha encontrado este espécimen en la zona surpirenaica.

**Facies deposicionales/paleoambiente:** Se encuentra frecuentemente en *grainstone* con *Orbitoides*, en facies de plataforma carbonatada de energía moderada, aunque también se han hallado en *packstone*.

**Macroforaminíferos asociados:** *Orbitoides* sp., *Praesiderolites douvillei*, *Pyrenerotalia* sp.

**Género *Pseudosiderolites* SMOUT, 1955**

(Especie tipo: *Pseudosiderolites vidali* DOUVILLÉ, 1906)

**Descripción:** Foraminífero lenticular, muy abombado en la zona umbilical, con la periferia lisa y quilla muy marcada. La superficie externa presenta una ornamentación basada en *piles*, *beads* y *papillae*. Los *beads* están ligeramente arqueados hacia los bordes y tienen una distribución radial.

El sistema de canales es muy complejo y está constituido por canales marginales radiales y peri-



féricos, canales intraseptales, canales espirales y canales umbilicales a ambos lados y canales envolventes. Además, tiene camarillas suplementarias (Fig. 6.3).

**Diagnosis diferencial:** El género *Pseudosiderolites* se diferencia externamente de *Praesiderolites* por su mayor tamaño en el diámetro de la concha y por tener una gran quilla. Se cuentan más ornamenta-

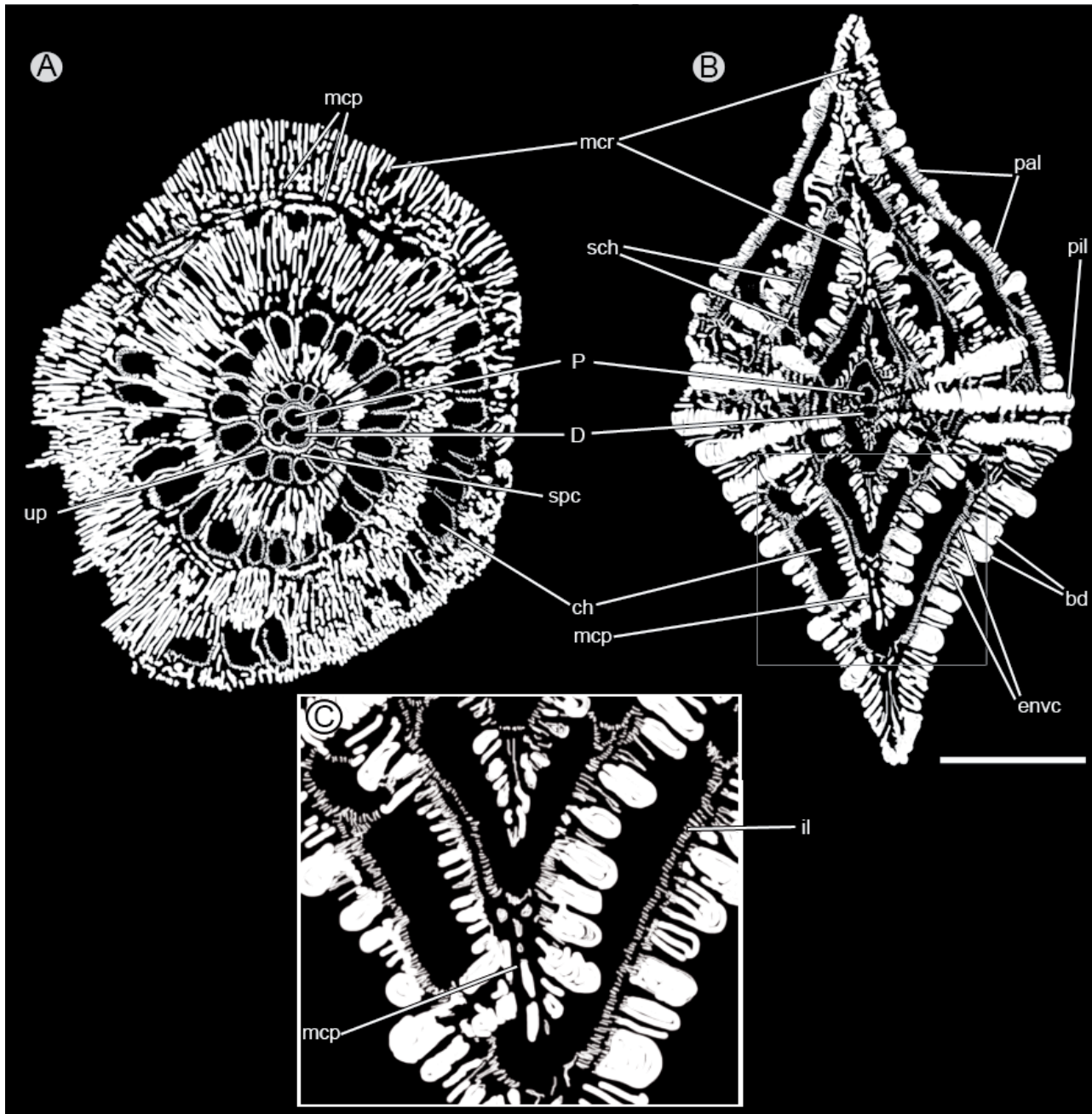


Figura 6.3: *Pseudosiderolites vidali*, dibujos en cámara clara: A) Sección ecuatorial, se observa el gran desarrollo de los canales marginales; B) Sección axial donde se observan a la vez los canales marginales muy desarrollados en el plano ecuatorial, las mallas laterales en la pared lateral de las cámaras, camarillas suplementarias construidas sobre las suturas septales y el sistema de canales umbilicales; C) Detalle de B donde se observa la lamela interna perforada y las lamelas externas, y la comunicación entre los canales marginales radiales y los canales marginales periféricos; Escala gráfica: 1 mm en A y B; 0,5 mm en C; Abreviaturas: bd: beads; ch: cámara; D: deuteroconcha; il: lamela interna; pal: papillae; pil: apilamiento de lamelas; mcp: canales marginales periféricos; P: protoconcha; sch: camarillas suplementarias; spc: canal espiral; up: placa umbilical.

ción, *piles*, *beads* y *papillae* que en *Pseudosiderolites*. Se diferencia de *Arnaudiella* por la disposición radial de los *beads* y la diferencia de tamaño entre estos y los *piles*. Internamente, de *Praesiderolites* por la complejidad de su sistema de canales, con el gran aumento del sistema de canales marginal en dirección radial y periférica, la adición de un sistema de canales envolventes y camarillas suplementarias. Se diferencia de *Arnaudiella* por la presencia de canales envolventes y por tener las camarillas suplementarias, presentes únicamente en las áreas umbilicales y en los espacios intercamerales intraseptales, más aplanadas y pequeñas.

*Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLÉ, 1906)

Lm. VI, Figs. A-G; Lm. VII, Figs. A-F; Lm.

VIII, Figs. A-H

- 1906 *Siderolites vidali* Douvillé – pl. 18, fig. 9  
 1932 *Siderolites heracleae* Arni – figs. 5-7, 9  
 1933 *Siderolites heracleae* Arni – figs. 1-2  
 1934 *Siderolites vidali* Douvillé – Pfender, pl. 11, figs. 3-5, pl. 12  
 1955 *Pseudosiderolites vidali* (Douvillé) – Smout, p. 206  
 1997 *Siderolites charentensis* Neumann – pl. 5, figs. 9-11  
 1997 *Siderolites vidali* Douvillé – Neumann, pl. 3, figs. 7-9

**Material:** Calizas de Terradets: Congost de Montrebei (P-816, RV-28, RV-29); Cabana Gabrieló (RV-64); Congost de Terradets (MARG-394);

**Fm. Vallcarga:** Olistostroma de Puimanyons (To).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Foraminífero de gran tamaño, con concha lenticular abombada y con una gran quilla. El diámetro medio de la concha es 4,64 mm; diámetro mínimo observado 4,2 mm y máximo 6

mm. El espesor medio es 2,32 mm. La relación E/D es 0,5. El diámetro medio de la protoconcha es 108  $\mu\text{m}$  con una variación de 80 a 140  $\mu\text{m}$  y el de la deuterconcha es de 124  $\mu\text{m}$ , con una variación de 80 a 170  $\mu\text{m}$ . Generalmente tiene 4 vueltas de espira, aunque puede llegar a desarrollar el inicio de una quinta vuelta. Tiene aproximadamente 4 cámaras en la primera vuelta, 12 en la segunda, 21 en la tercera, 34 cámaras en la cuarta y más de 14 en la quinta, que es incompleta. En ocasiones, puede llegar a presentar un total de un centenar de cámaras.

No se han observado formas microesféricas.

**Observaciones:** Los especímenes de la muestra To, que proceden del olistostroma de Puimanyons, pueden considerarse topotipos (véase Capítulo 3). En las muestras RV-28 y la P-816, correspondientes a un mismo nivel estratigráfico, en la sección del Congost de Montrebei se han encontrado numerosos especímenes de pequeño tamaño, que se caracterizan por no superar los 1,4 mm de diámetro y de 1 a 2'3 vueltas de espira. Sin embargo, el diámetro medio de la protoconcha y la deuterconcha es de 118 y 142,8  $\mu\text{m}$ , respectivamente; estos especímenes se han atribuido a formas juveniles de la especie (Lm. VIII A-G).

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Zona surpirenaica en depósitos del Campaniense superior. Es una especie muy conocida y ha sido citada en Suiza (Wannier, 1983), Austria (Van Gorsel, 1974), Grecia (Wannier, 1983) Turquía (Arni, 1932) y región de Rostov, Rusia (Zakrevskaya, 2009).

**Macroforaminíferos asociados:** *Minouxia* cf. *gum-*

*belitroides*, *Praelacazina fragilis*, *Rotorbinella campaniola*, *Pyrenerotalia longifolia*, *Orbitoides* cf. *media*, *P. douvillei*, *Ps.* aff. *vidali*.

***Pseudosiderolites* n. sp.**

Lm. IX, Figs A-F; Lm. X, Figs. A-H

2009 *Pseudosiderolites* sp. – Villalonga, pl. 36, figs. 1-3, 5-7

**Material:** Calizas de Terradets: Congost de Montrebei (RV-14); Cabana Gabrieló (RV-53); Canal del Embut (RV-95); Canal Xurulla (RV-76); Congost de Terradets (MARG-377, MARG-378).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Formas megaloesféricas de pequeño tamaño, con un diámetro medio de la concha de 1,79 mm. El diámetro mínimo observado es 1,62 mm y el máximo 1,82 mm. El espesor de 0,89 mm. La relación E/D es 0,60. El diámetro medio de la protoconcha es 60  $\mu\text{m}$ , con una variación de 50 a 70  $\mu\text{m}$ , y el de la deuterconcha es 71,3  $\mu\text{m}$ , con una variación de entre 60 a 84  $\mu\text{m}$ . Se cuentan un total de 2,5 vueltas de espira.

Las camarillas suplementarias son grandes y están presentes en la pared lateral de la cámara, el espacio intercameral intraseptal y, principalmente, en la zona umbilical, entre los *piles*. Estas camarillas suplementarias tienen están distribuidas irregularmente alrededor de las superficies laterales de la concha del foraminífero.

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnos diferencial:** Se diferencia de *Ps. vidali* por el menor tamaño de la concha adulta y de su aparato embrionario, 4,64 mm y 108  $\mu\text{m}$  de la

protoconcha y 124  $\mu\text{m}$  de la deuterconcha frente a 1,62 mm y 60  $\mu\text{m}$  de la protoconcha y 71,3  $\mu\text{m}$  de la deuterconcha, respectivamente. Además, por la irregularidad en la formación de sus camarillas suplementarias. El número de vueltas de espira es también menor, 4 vueltas de espira frente a 2,5. El desarrollo del sistema de canales marginales, sobretudo los canales marginales radiales, es menor que en *Ps. vidali* y no forman una quilla tan grande.

**Observaciones:** En la mayoría de trabajos del área surpirenaica se han incluido formas similares a las aquí descritas bajo el nombre de *Ps. vidali* (véase por ejemplo, Caus y Gómez-Garrido, 1989), lo que ha implicado la asignación de una edad errónea, Campaniense inferior-medio, a la especie *Ps. vidali*.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Zona surpirenaica en depósitos del Campaniense medio.

**Facies deposicionales/paleoambiente:** *Grainstone-Packstone*. En facies de plataforma carbonatada.

**Macroforaminíferos asociados:** *Dicyclina* sp., *Praelacazina fragilis*, *Rotorbinella campaniola*, *Orbitoides* cf. *tissoti*, *Praesiderolites praevidali*.

***Pseudosiderolites* aff. *vidali***

Lm. XI, Figs. A-H; Lm. XII, Figs. A-H

1974 *Siderolites vidali* Douvillé – Van Gorsel, pl. 3, fig. 2

1984 *Pseudosiderolites vidali* (Douvillé) – Bilotte, pl. 18, fig. 6

1986 *Siderolites charentensis* Neumann – pl. 3, figs. 1, 2 y 4

2009 *Pseudosiderolites vidali* (Douvillé) – Villalonga, pl. 35, figs 2-5

**Material:** Calizas de Terradets: Congost de Montrebei (RV-15, RV-24 al 26, RV-28 al 29, P-816); Cabana Gabrieló (RV-54); Canal de l'Embut (RV-94 y 95); Canal Xurulla (RV-76); Congost de Terradets (MARG-376 al 378, MARG-389, MARG-390, MARG-392, MARG-393, MARG-395, MARG-404); Fm Vallcarga (Mb. Puimanyons): Torallola (To).

**Dimorfismo:** No se han observado.

**Descripción:** Foraminífero planiespiral involuto, de concha lenticular y quilla muy desarrollada. Diámetro aproximado de la concha es 1,85 mm con una variación de 1,54 a 2,26 mm. El espesor medio es 0,81 mm. La relación E/D es 0,44. La protoconcha tiene un diámetro medio de 56  $\mu\text{m}$  con una variación de 40 a 84  $\mu\text{m}$ , y la deuterconcha de 62  $\mu\text{m}$  con una variación de 40 a 88  $\mu\text{m}$ . Se cuentan un máximo de 3'5 vueltas de espira. El número aproximado de cámaras por vuelta de espira es de 3 cámaras en la primera vuelta, 9 en la segunda, 16 en la tercera y una cuarta vuelta sin finalizar con 9.

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnos diferencial:** *Pseudosiderolites* aff. *vidali* se diferencia de *Ps.* n. sp. por el diámetro medio mayor, 1,85 mm frente a 1,79 mm, y un diámetro medio de la protoconcha y deuterconcha menores con 55,6 y 61,7  $\mu\text{m}$  frente a 60 y 71,3  $\mu\text{m}$ . En *Ps.* aff. *vidali* se cuentan un total de 3'5 vueltas de espira frente a 2,5 de *Ps.* n. sp. *Pseudosiderolites* aff. *vidali* tiene un menor diámetro con 1,85 mm frente a 4,05 mm para *Ps.* *vidali*. El diámetro medio de la protoconcha y la deuterconcha también son menores que en *Ps.* *vidali* con 55,6 y 61,5  $\mu\text{m}$

frente a 108 y 124  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Además, *Pseudosiderolites vidali* también desarrolla más vueltas de espira con 4 vueltas completas frente 3,5 para *Ps.* aff. *vidali*. Los canales marginales radiales de *Ps.* aff. *vidali* están más desarrollados que en *Ps.* n. sp. y muestran la misma geometría que *Ps.* *vidali*.

**Observaciones:** Se ha considerado el uso de *affinis* en este espécimen debido a que se necesita un estudio sedimentológico y estratigráfico en detalle para saber si estas diferencias morfométricas, entre *Ps.* *vidali* y *Ps.* aff. *vidali*, son formas A<sub>2</sub>, paleoambientales o, por el contrario, una nueva especie a las anteriormente descritas.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** En la zona surpirenaica se encuentra en el límite de los sedimentos del Campaniense medio y superior.

**Facies deposicionales/paleoambiente:** *Grainstone-packstone* y en margas procedentes de depósitos olistostrómicos. En depósitos de plataforma carbonatada abierta.

**Macroforaminíferos asociados:** *Abrardia catalaunica*, *Adrabentina iberica*, *Nummofallotia cretaea*, *Praelacazina fragilis*, *Praestorsella roestae*, *Rortorbinella campaniola*, *Pararotalia tuberculifera*, *Pyrenerotalia longifolia*, *Praesiderolites douvillei*, *Pseudosiderolites vidali*, *Orbitoides tissoti*, *Orbitoides media*, *O. megalofromis*, *Lepidorbitoides minima*.

#### Género *Siderolites* LAMARCK, 1801

(Especie tipo: *Siderolites calcitrapoides* LAMARCK, 1801)

**Descripción:** Concha lenticular con periferia roma y desarrollo de grandes espinas en el plano ecuatorial o con un borde denticulado casi circular. Su

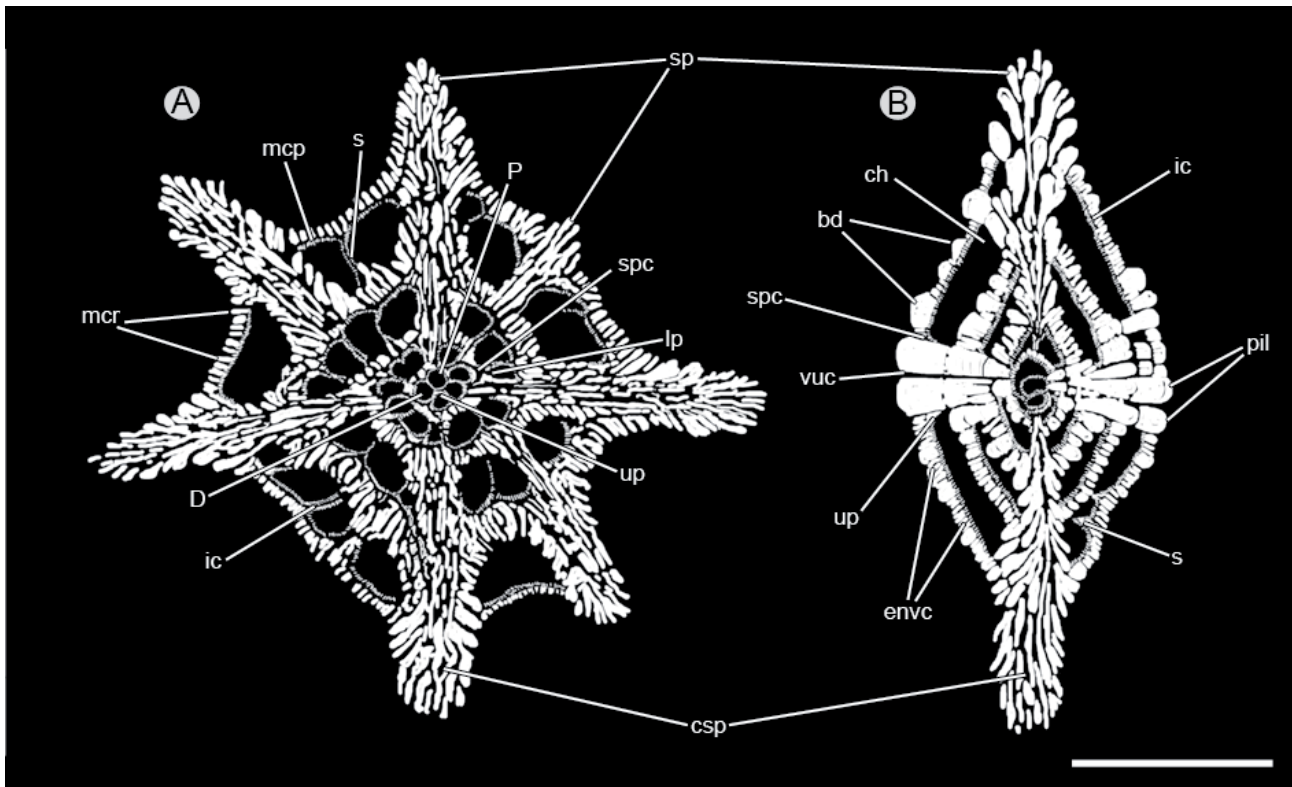


Figura 6.4: *Siderolites calcitrapoides*, dibujo a cámara clara; A) Sección ecuatorial, donde se observa el crecimiento espiral de las cámaras, las espinas y los canales marginales muy poco desarrollados B) Sección axial, donde se observa la distribución involuta de las cámaras con las espinas situadas en el plano ecuatorial. En esta sección, se observa como los piles y los funnels atraviesan todas las vueltas. En la pared lateral de la cámara se observa la distribución de las mallas laterales; Escala gráfica: 1 mm; Abreviaturas: bd: beads; ch: cámara; csp: espina canaliculada; D: deuteroconcha; ic: canales intraseptales; pil: apilamiento de lamelas; mc: canal marginal radial; ml: canales envolventes; P: protoconcha; s: septo; sp: espina; spc: canal espiral; up: placa umbilical; vuc: canal vertical umbilical.

número de espinas varía de 4 a 8 y las cámaras pueden cubrir gran parte de estas. La superficie externa de la concha está muy ornamentada, donde se diferencian *piles* y *beads* distribuidos aleatoriamente (Lm. XIII C). Las espinas presentan una ornamentación particular formada por apilamientos alargados formando carenas longitudinales (*ridge piles*) (Lm. XIII A y C).

Desarrolla un sistema de canales típico de los siderolítidos, formado por los canales intraseptales, dos conjuntos de canales espirales y umbilicales, canales envolventes y canales marginales radiales y periféricos con espinas canaliculadas (Fig. 6.4). Los canales marginales radiales son poco desarro-

llados.

**Diagnos diferencial:** *Siderolites* se diferencia externamente de *Praesiderolites*, *Arnaudiella* y *Pseudosiderolites* por la presencia de espinas o borde denticulado. Además, *Siderolites* se diferencia internamente de *Praesiderolites* por la presencia de canales envolventes en la pared lateral de las cámaras. La diferencia con *Pseudosiderolites* y *Arnaudiella* está marcada por la ausencia de camarillas suplementarias y el menor grado de desarrollo de los canales marginales radiales con la consecuencia de la ausencia de la quilla con una periferia en forma roma.

***Siderolites calcitrapoides* LAMARCK, 1801**

Lm. XIII, Figs. A-D; Lm. XIV, Figs. A-E

- 1798 Numismales – Faujas, pl. 34, figs. 5-6  
 1801 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – p. 376  
 1808 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Montfort, p. 150  
 1948 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Cushman, pl. 32, figs. 2-3  
 1963 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Reiss, pl. 6, figs. 8 y  
 1983 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Wannier, pl. 5, figs. 1-7, pl. 7, figs. 1-6 y 9  
 1986 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Neumann, pl. 2, fig. 12, pl. 3, fig. 8  
 2012 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Renema y Hart, pl. 1, figs. 2-3, 5-6 y 8-9

**Material:** Calizas de Nankin: Saint Marcet (F2, F4); Calizas margosas de Gensac : Gensac (F10); Fm. Maastricht: ENCI (IVe-2 y IVf-1); Calizas arenosas y areniscas: Congost de Montrebei (RV-132 a la 141, RV-143 a la 146); Congost de Terradets (MARG-421, MARG-422); Calizas de les Serres: Coscoll (MARG-241 a la 248); Unidad Inferior de la Arenisca de Arén: Homes Morts.

**Dimorfismo:** No presenta dimorfismo.

**Descripción:** Concha lenticular con largas espinas de sección circular y con una ornamentación en *ridge piles* muy marcada. Tienen un diámetro medio de 2,45 mm; diámetro mínimo observado 2,11 mm y máximo 3 mm. Espesor medio de 1,42 mm. La relación E/D es 0,58. El diámetro medio de la protoconcha es 70 µm y la deuterconcha de 80 µm. Se cuentan un total de 3'5 vueltas de espira. La primera vuelta tiene 4 cámaras, 10 en la segunda, 12 en la tercera y una cuarta vuelta inacabada de 10.

No se han observado formas microesféricas.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Es una forma muy conocida y referida a numerosas localidades de Europa, África y Asia, cuya edad comprende el intervalo Maastrichtiense superior; en la Zona Norpirenaica y en Maastricht se hallan en depósitos del Maastrichtiense superior.

**Microfacies/Paleoecología:** *Grainstone* y *packstone* en depósitos de energía alta a moderada. En depósitos de plataforma interna.

**Macroforaminíferos asociados:** *Omphalocyclus macroporus*, *Orbitoides* sp., *O. gensacicus*, *Lepidorbitoides sociales*, *L. minor*, *Hellenocyclina beotica*, *Sirtina* sp., *Clypeorbis mammillata*, *Siderolites denticulatus*,

***Siderolites praecalcitrapoides* NEUMANN, 1986**

Lm. XIII Fig. E; Lm. XV, Figs. A-G

- 1984 *Siderolites calcitrapodes* – Bilotte, pl. 19, fig. 12; pl 21, fig 12  
 1986 *Siderolites praecalcitrapodes* Neumann – Neumann, pl. II; figs. 10-11  
 2009 *Pseudosiderolites vidali* – Villalonga, lm. 35, fig. 1  
 2009 *Siderolites* gr. *calcitrapoides* – Villalonga, lm. 37, figs. 2, 6-8

**Material:** Arenas, calizas arenosas y areniscas de la Serra del Montsec: Congost de Montrebei (RV-126, RV-128, RV-129); Congost de Terradets (MARG-413, MARG-417, MARG-418 al 420). Calizas de las Serres: Coscoll (MARG-225, MARG-228, MARG-230, MARG-231, MARG-234, MARG-236); Arenisca de Arén (unidad inferior): Vilavella (EC-306, EC-340, LH-84114); Fm. Raspay: el Matet y Mas del Racó Pellicer.

**Dimorfismo:** Dimorfismo poco marcado.

**Descripción:** Formas megalosféricas. Foraminífero de concha lenticular con espinas circulares y cortas. El diámetro medio de la concha es de 1,4 mm; diámetro mínimo observado 0,94 y máximo 1,8 mm. El espesor medio es 0,76 mm. La relación E/D es 0,55. La protoconcha tiene un diámetro medio de 52  $\mu\text{m}$  con una variación de 40 a 64  $\mu\text{m}$  y la deuterconcha de 55  $\mu\text{m}$  con una variación de 45 a 70  $\mu\text{m}$ . Se cuentan un total de 3,5 vueltas de espira. El número de cámaras por vuelta es de 3 en la primera vuelta, 8 en la segunda, 11 en la tercera y una cuarta inacabada con 8 cámaras.

**Formas microesféricas.** Foraminífero con un diámetro de la concha de 1,6 mm a 2,1 mm. Tienen una protoconcha y una deuterconcha con una variación de 20 a 40  $\mu\text{m}$  y de 30 a 45  $\mu\text{m}$  de diámetro, respectivamente. Los especímenes microesféricos presentan una media de 5,5 vueltas de espira, pero, en ocasiones, pueden alcanzar las 6 vueltas de espira con un diámetro medio total de 1,8 mm. La quinta vuelta tiene 12 cámaras y la sexta vuelta con unas 12, la mayoría de veces inacabada.

**Diagnos diferencial:** En *Siderolites praecalciatrapoides*, tanto su tamaño como el tamaño del embrión, presentan unas dimensiones más reducidas que *S. calciatrapoides*.

**Observaciones:** Neumann (1986) hace una descripción detallada del aspecto externo e interno de *S. praecalciatrapoides*. El diámetro medio de sus especímenes tiene una variación de 1 a 1,5 mm y la relación E/D es 0,75; es decir, más pequeños y más gruesos que los encontrados en las muestras estudiadas. No da los datos independientes de las medidas de la protoconcha y deuterconcha, si no

que da el resultado total de la longitud del embrión con un valor de 150  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, en la pl. II, fig. 10 (Neumann, 1986) figura un espécimen en sección ecuatorial, donde se observa el aparato embrionario, y las medidas del diámetro de la protoconcha es de 36  $\mu\text{m}$  y de la deuterconcha de 45  $\mu\text{m}$ . Estos datos encajan dentro del rango de las formas microesféricas.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Zona surpirenaica, en el intervalo Campaniense superior. La edad Maastrichtiense superior atribuida a la Fm. Raspay no se corresponde con la edad de la especie *S. praecalciatrapoides* del área surpirenaica, donde ésta ha podido ser establecida por correlación con otros grupos de macroforaminíferos (*Orbitoides* y *Lepidorbitoides*), que se encuentran en los mismos depósitos e indirectamente con foraminíferos planctónicos, ammonítidos e inocerámidos. Además, la edad ha podido ser anclada por SIS (comunicación personal Di Lucia, Friji y Parente). En El Matet y Mas del Racó Pellicer se trata de sedimentos retrabajados (olistostromas) por lo que la edad de los especímenes y la edad de los materiales que los contienen no son sincrónicas (Bardet et al., 2012). Neumann (1986) indica que *S. praecalciatrapoides* marcaría el límite del Campaniense–Maastrichtiense en el norte de Aquitania, lo que coincidiría con nuestras muestras (hay que tener en cuenta el cambio del límite Campaniense–Maastrichtiense en la escala temporal global entre ambos trabajos).

**Microfacies/Paleoecología:** Grainstone y packstone en depósitos de energía alta a moderada.

**Macroforaminíferos asociados:** *Fallotia jacquoti*,

*Orbitoides gruenbachensis*, *Lepidorbitoides bisambergensis*, *Praestorsella roestae*, *Paratotalia tuberculifera*, *Rotorbinella* sp., *Pyrenerotalia longifolia*, *Wannierina* n.gen, n.sp., *Sirtina ornata* y *Vanderbeekia catalana*.

***Siderolites* aff. *calcitrapoides* LAMARCK, 1801**

Lm. XIII, Fig. D; Lm. XVI, Figs. A-D

2009 *Siderolites* gr. *calcitrapoides* – Villalonga, lm. 37, figs. 1, 3-5

2014 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Robles-Salcedo et al, fig. 7, E-F

**Material:** Calizas arenosas y areniscas: Congost de Montrebei (RV-132 a la 141, RV-143 a la 146); Congost de Terradets (MARG-421, MARG-422); Calizas de les Serres: Coscoll (MARG-241 a la 248); Unidad Inferior de la Arenisca de Arén: Homes Morts.

**Dimorfismo:** No presenta dimorfismo.

**Descripción:** Concha lenticular con largas espinas de sección circular y con una ornamentación en *ridge piles* muy marcada. Tienen un diámetro y espesor medio de 1'72 mm y 1'06 mm, respectivamente. El diámetro mínimo es 1'8 mm y el máximo de 2'6 mm. La relación E/D es 0'62. El diámetro aproximado de la protoconcha es 61 µm, con una variación de 40 a 85 µm, y el de la deuterconcha es 72 µm con una variación de 45 a 90 µm. Se cuentan un total de 4'2 vueltas de espira. La primera vuelta tiene aproximadamente 4 cámaras, la segunda 9, al tercera 12, la cuarta 13 y una quinta inacaba con 3 cámaras.

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnos diferencial:** *Siderolites* aff. *calcitrapoides*

tiene un menor diámetro medio de la concha, la protoconcha y la deuterconcha que *S. calcitrapoides* de la localidad tipo, Maastricht. Sin embargo, *S. praecalcitrapoides* presentan unas dimensiones más reducidas, tanto su tamaño como el tamaño del embrión, que *S. aff. calcitrapoides*.

**Observaciones:** Dada la variabilidad observada y a la diferencia de edad de los afloramientos estudiados entre los especímenes atribuidos a *S. calcitrapoides* y *S. aff. calcitrapoides*, se ha considerado oportuno diferenciar estos dos especímenes. La variación de tamaños entre los de la zona surpirenaica y los de la localidad tipo (Maastricht) y la zona norpirenaica se debe probablemente a una diferencia de edad. Los primeros son más antiguos, de la base del Maastrichtiense inferior, mientras que la localidad tipo y la zona norpirenaica han sido atribuidos al Maastrichtiense superior (véase capítulo 3).

**Repartición geográfica y estratigráfica:** En la zona surpirenaica se ha encontrado en depósitos del Maastrichtiense inferior.

**Microfacies/Paleoecología:** *Grainstone* y *packstone* en depósitos de energía alta a moderada. En depósitos de plataforma interna.

**Macroforaminíferos asociados:** *Fascispira colomi*, *Fallotia jacquoti*, *Omphalocyclus macroporus*, *Orbitoides* cf. *apiculata* 'Orbitoides' *concauatus*, *Lepidorbitoides* cf. *minor*, *Lepidorbitoides socialis*, *Pyrenerotalia longifolia*, *Clypeorbis mammillata*, *Sirtina ornata*, *Wannierina cataluniensis*.

***Siderolites denticulatus* DOUVILLÉ, 1906**

Lm. XIII, Figs. F-G; Lm. XVII, Figs. A-F



- 1906 *Siderolites denticulatus* Douvillé – pl. 28, figs. 6-8
- 1934 *Siderolites denticulatus* Douvillé – Pfender, pl. 11, fig. 1
- 1943 *Siderolites olaztiensis* Ruiz de Gaona – pl. I, fig-19-26
- 1948 *Siderolites olaztiensis* Ruiz de Gaona – p. 69, pl. I, fig. 1-4
- 1983 *Siderolites denticulatus* Douvillé – Wannier, pl. 5, figs. 8-14
- 2002 *Siderolites denticulatus* Douvillé – Abramovich et al., pl. 3, figs. 1-2
- 2012 *Siderolites laevigata* (d'Orbigny) – Renema y Hart, pl. 1, figs. 4 y 7

**Material:** Calizas de Nankin: Saint Marcet (F-5); Margas d'Auzas: Saint Marcet (F-6); Margas de Saint Loup: Larcen (F-8); Calizas margosas de Gensac: Gensac (F-10); Fm. Maastricht: ENCI (IVf-1).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Las formas megaloesféricas presentan una concha lenticular con espinas denticuladas y, en ocasiones, el borde es casi circular. Puede desarrollar de 4 a 8 espinas aplanadas o en forma de espada y puede tener el borde de estas dentado. Los *ridge piles* de las espinas son poco marcados.

El diámetro medio de las conchas adultas es 2,72 mm; el valor mínimo observado 1,9 mm y el máximo 3,4 mm. El espesor es 1,58. La relación E/D es 0,58. El diámetro medio de la protoconcha es 83  $\mu\text{m}$  con una variación de 68 a 120  $\mu\text{m}$ , y la deuterconcha es 105  $\mu\text{m}$  con una variación de 72 a 160  $\mu\text{m}$ . Se cuentan 4,5 vueltas de espira. En la primera tiene 3 cámaras, en la segunda 11, en la tercera 14, en la cuarta 28 y una quinta inacabada con 10 cámaras.

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnos diferencial:** Externamente, *S. denticulatus* se diferencia de *S. praecalci-trapoides*, *S. calcitrapoides* y *S. aff. calcitrapoides* por desarrollar espinas planas, anchas y dentadas, mientras las últimas tienen espinas circulares, más o menos alargadas. La sección transversa de las espinas de *S. praecalci-trapoides*, *S. calcitrapoides* y *S. aff. calcitrapoides* es circular, mientras que la de *S. denticulatus* es elipsoidal o en forma de rombo, es decir, con un aspecto que recuerda a una quilla. La protoconcha y la deuterconcha son mayores en *S. denticulatus* que en las anteriores especies.

**Observaciones:** Los especímenes de Saint Marcet tienen una morfología de las espinas en forma de espada (pl. 5 figs. 10 y 13 de Wannier, 1983) diferentes a aquellos de la localidad tipo. Estos rasgos se considera que es una variabilidad intraespecífica.

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Zona norpirenaica y Maastricht. Se encuentra en depósitos del Maastrichtiense superior. Ruiz de Gaona (1943; 1948) lo cita en la Maastrichtiense superior de Olazgutía (Navarra).

**Microfacies/Paleoecología:** *Grainstone* y *packstone* en depósitos de energía alta a moderada. En depósitos de plataforma media-interna.

**Macroforaminíferos asociados:** Hay una diferenciación en la fauna asociada en ambas localidades:

- Maastricht:** *Omphalocyclus macroporus*, *Orbitoides* sp., *Lepidorbitoides sociales*, *L. minor*, *Siderolites calcitrapoides*.
- Zona norpirenaicas:** La fauna es más abundante con *Omphalocyclus macroporus*, *Orbitoides gensacicus*, *Lepidorbitoides socialis*, *Hellenocyclina*

*beotica*, *Sirtina* sp., *Clypeorbis mammillata* y *Siderolites calcitrapoides*.

***Siderolites* n. sp.**

Lm. XVIII, Figs. A-D; Lm. XIX, Figs. A-J

- 1988 *Siderolites denticulatus* (Douvillé) – Meriç, pl. I, Fig. 1-8  
 1994 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Parente, pl. I, Fig. 6  
 1997 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Parente, pl. XXVI, Fig. 4  
 2004 *Siderolites calcitrapoides* Lamarck – Dalla Vecchia et al., Fig. 6 y 7

**Material:** Fm. Ciolo: Ciolo (EC-1 al EC-12);

**Calizas de Portopalo:** Capo Pasero (1, 2, 3, 4 y 5).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Foraminífero de gran tamaño con una ornamentación bien marcada, con *piles* y *beads*. El diámetro medio de las formas megaloesféricas es 3,3 mm; diámetro mínimo observado 2,4 mm y máximo 4'8 mm. No se ha observado el aparato embrionario. Espesor medio de 2,09 mm. La relación E/D es 0,63.

Se cuentan 5 vueltas de espira, aunque algún espécimen puede llegar a desarrollar una sexta. La primera vuelta de espira tiene 3 cámaras, la segunda 11, la tercera 13, la cuarta 22, la quinta 26 y una sexta inacabada con 6 cámaras. En sección longitudinal, en el centro de la espina presenta una estructura cóncava que es perpendicular al sistema de canales de las espinas canaliculadas (Lm. XVIII A). En una sección transversa de la espina, ésta estructura cóncava se observa en forma de anillos concéntricos (Lm. XVIII E) que corresponden a las sucesivas lamelas externas. Las cámaras llegan a envolver las espinas (Lm. XVII A, Lm. XVIII A-

C), hecho que en sección transversa, da una morfología muy típica de rueda de carro (Lm. XIX E).

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnos diferencial:** *Siderolites* n. sp. se diferencia de *S. praecalcatrapoides*, *S. calcitrapoides*, *S. aff. calcitrapoides* y *S. denticulatus* por su mayor diámetro de la concha de 3'3 mm hasta 4'8 mm y el número mayor de vuelas con 5, frente a valores menores. Además, las cámaras envuelven las espinas mucho más que carro a diferencia de los anteriores especies (morfología en rueda de carro).

**Repartición geográfica y estratigráfica:** Península de Salento, Isla de Sicilia y la Península de Anatolia (Meriç, 1988). Maastrichtiense superior terminal.

**Microfacies/Paleoecología:** *Grainstone* en depósitos de energía alta a moderada. En depósitos de plataforma arrecifal.

**Macroforaminíferos asociados:** *Omphalocyclus* sp., *Orbitoides gensacicus*, *Orbitoides* cf. *apiculata*, *Sirtina* sp., *Hellenocyclina* sp.

**Género *Wannierina* n. gen.**

(Especie tipo: *Wannierina cataluniensis* (WANNIER, 1980))

**Derivatio Nominis:** En honor a Mario Wannier que estudió el grupo de los siderolítidos.

**Descripción:** Concha lenticular abombada con una quilla muy marcada en el plano ecuatorial. La ornamentación externa está formada por *piles*, *beads* y *papillae*.

Presenta un sistema de canales formado por canales intraseptales, espirales y umbilicales. También tienen sistema de canales envolventes con 2 ó 3

órdenes de ramificación, y sistema de canales marginales bien desarrollado formado por los canales marginales radiales con morfología bifurcada o en forma de “espina de pez” (*herring bone*) y localizados en la quilla (Fig. 6.5). Ausencia de canales verticales umbilicales. La ausencia de los canales verticales umbilicales es debido a que este género desarrolla canales ramificados que alcanza varios ordenes de ramificación.

**Diagnos diferencial:** *Wannierina* n. gen. se diferencia de *Siderolites* por la ausencia de espinas en el plano ecuatorial o borde denticulado y la pre-

sencia de quilla. Se diferencia de todos los otros géneros de siderolítidos por su particular sistema de canales marginales en forma de espina de pez; es decir, un canal marginal radial principal en posición central del que salen multitud de canales más pequeños, generalmente oblicuos con respecto al principal, que pueden tener ramificaciones de distintos órdenes. Se diferencia de *Praesiderolites* y *Arnaudiella*, además, por tener un sistema de canales más complejo con la presencia de canales envolventes. De *Pseudosiderolites* por la ausencia de las camarillas suplementarias, canales marginales

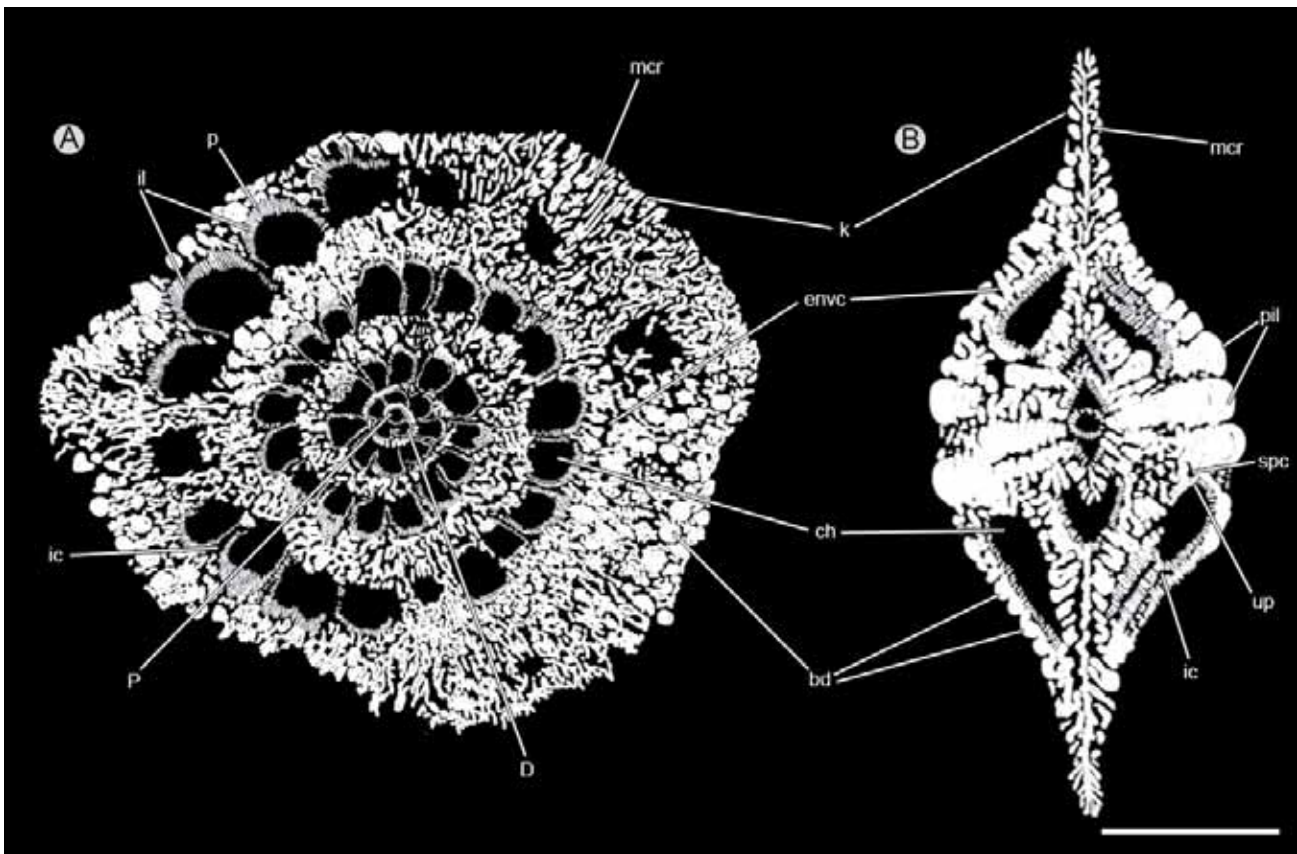


Figura 6.5: Dibujo de *Wannierina cataluniensis* en cámara clara; A) Sección ecuatorial donde se observa el crecimiento espiral de las cámaras y el sistema de canales con gran desarrollo de los canales marginales radiales, que forman una quilla y su desembocadura en la periferia de la concha entre los beads; B) Sección axial en la que se observa una cresta marginal muy pronunciada formada por un canal marginal radial principal en posición central del que salen canales radiales oblicuos, lo que da el aspecto de una espina de pez. En la zona umbilical, se observan los *piles* rodeados por los múltiples canales umbilicales con diferente orientación y órdenes de ramificación. Escala gráfica: 0'5 mm; Abreviaturas: ch: cámara; bd: beads; ch: cámara; D: deuteroconcha; ic: canales intraseptales; il: lamela interna; k: quilla; pil: apilamiento de lamelas; mcr: canal marginal radial; envc: canales envolventes; P: protoconcha; spc: canal espiral; up: placa umbilical.

radiales muy marcados y canales periféricos marginales. *Wannierina* n. gen. genera unos canales marginales con morfología “en espina de pez” muy visible en secciones tangenciales o muy próximas a ellas (Lm. XXII A-B).

***Wannierina cataluniensis* (Wannier, 1980)**

Lm. XX, Figs. A-F; Lm. XXI, Figs. A-D; Lm. XXII, Figs. A-G

- 1983 *Siderolites cataluniensis* Wannier – pl. 4, fig. 9, 11, 12, Pl. 6, fig. 9-13  
 2013 *Siderolites cataluniensis* Wannier – Robles-Salcedo et al., Fig. 7, A-D

**Material:** Arenas, calizas arenosas y areniscas: Congost de Montrebei (RV-129, RV-134, RV-136 a la RV-139, RV-144, RV-145); Congost de Terradets (MARG-418, MARG-420, MARG-422); **Unidad Inferior Arenisca de Arén:** Homes Morts (RT II-07 a RT II-14, RP-07 a RP-18, HM-19 a 02).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Formas megaloesféricas con un diámetro medio de 1,9 mm; diámetro mínimo observado 1,2 mm y máximo 3,24 mm. El espesor medio es 0,9. La relación E/D es 0,47. El diámetro medio de la protoconcha es 49 µm con una variación de 35 a 70 µm, y el de la deuterconcha es 50 µm con una variación de 30 a 105 µm. Tiene 4 vueltas de espira, aunque en ocasiones puede presentar 4,5. Se cuentan 3 cámaras en la primera vuelta, más de 10 en la segunda, 15 en la tercera, una cuarta vuelta con 19 cámaras y una quinta vuelta con unas 5.

No se han observado formas microesféricas.

**Extensión estratigráfica y geográfica:** Zona Surpi-

renaica en depósitos del Maastrichtiense inferior.

**Microfacies/Paleoecología:** Packstone y margas de *Lepidorbitoides socialis* y *Clypeorbis mammillata*. Plataforma abierta en zonas de baja energía.

**Macroforaminíferos asociados:** *Lepidorbitoides sociales*, *Lepidorbitoides* aff. *minor*, *Clypeorbis mammillata*, *Goupillaudina* sp., *Lenticulina* sp. (véase de Robles-Salcedo et al., 2013).

***Wannierina* n. sp.**

Lm. XXIII, Figs. A-G; Lm. XXIV, Figs. A-H

- 1984 *Pseudosiderolites vidali* (Douvillé) – Bilotte, pl. 21, fig. 7

**Material:** Arenisca de Arén (unidad inferior): secciones de Vilavella (EC-343, 112, 113, 114).

**Dimorfismo:** No se ha observado.

**Descripción:** Formas megaloesféricas con un diámetro medio de 1,65 mm; diámetro mínimo observado 0,76 mm y máximo 2,5 mm. El espesor medio es 0,87 mm. La relación E/D es 0,47. El diámetro medio de la protoconcha es 39 µm con una variación de 30 a 50 µm, y el de la deuterconcha es 44 µm y con una variación de 36 a 66 µm.

Los individuos adultos de *Wannierina* n. sp. tienen 3 vueltas de espira, aunque en ocasiones, se desarrolla el inicio de una cuarta vuelta. La primera vuelta tiene 3 cámaras, 10 cámaras en la segunda, 17 cámaras en la tercera y una cuarta vuelta incompleta con una media de 3 cámaras.

No se han observado formas microesféricas.

**Diagnóstico diferencial:** *Wannierina* n. sp. se diferencia de *W. cataluniensis* por tener un diámetro

de la concha y también de la protoconcha y deuterconcha menor. Los individuos adultos de *W. cataluniensis* tienen más vueltas de espira, con 4 vueltas frente a 3 de *Wannierina* n. sp.

**Observaciones:** Especímenes atribuidos a esta especie proceden de la localidad tipo del *Vanderbeekia catalana* (Hottinger y Caus, 2007). Estos autores citan en su trabajo la presencia de *Pseudosiderolites* sp. Sin embargo, no se ha hallado ningún espécimen en el reestudio de las muestras que pueda ser atribuido a este género y sí a *Wannierina* n. sp., lo sugiere que pudiera tratarse de este último género y no de un representante de *Pseudosiderolites*. Formas, que pueden ser atribuidas a *Wannierina*

n.sp., fueron señaladas por Caus et al., (1988b) en la Serra del Turb bajo el nombre de *Pseudosiderolites* aff. *vidali*.

**Extensión estratigráfica y geográfica:** Zona surpirrenaica en depósitos del Campaniense superior tardío.

**Microfacies/Paleoecología:** *Packstone* y margas de plataforma abierta en zonas de baja energía.

**Macroforaminíferos asociados:** *Sirtina ornata*, *Vanderbeekia catalana*, *Neumannites granulatus*, *Lepidorbitoides bisambergensis*, *Lenticulina* sp., *Goupi-llaudina*.

A continuación se muestran las abreviaturas que se han utilizado en las siguientes láminas y su terminología en castellano y en inglés:

CASTELLANO	INGLÉS	LISTA DE ABREVIATURAS
abertura intercameral	<i>foramen, pl. foramina</i>	f
apilamentos lamelares	<i>piles</i>	pil
cadena de apilamentos	<i>ridge piles</i>	rpil
cámara	<i>chamber</i>	ch
camarillas suplementarias	<i>supplemental chamberlets</i>	sch
canal espiral	<i>spiral canal</i>	spc
canal intraseptal	<i>intraseptal canal</i>	ic
canales umbilicales	<i>umbilicals canals</i>	ucs
canal vertical umbilical	<i>umbilical vertical canal</i>	vuc
canales envolventes	<i>enveloping canal</i>	envc
canales marginales	<i>marginal canals</i>	mc
canales marginales radiales	<i>radial marginal canals</i>	mcr
canales marginales periféricos	<i>periphery marginal canals</i>	mcp
cavidad umbilical	<i>umbilical cavity</i>	uc
cuentas	<i>beads</i>	bd
deuteroconcha	<i>deuteroconch</i>	D
embrión	<i>embryo</i>	e
espacio intercameral	<i>interocular space</i>	is
espina	<i>spine</i>	sp
espina canaliculada	<i>canaliculate spine</i>	csp
esqueleto suplementario	<i>supplemental skeleton</i>	ssk
lamella externa	<i>outer lamella</i>	ol
lamella interna	<i>inner lamella</i>	il
orificio de los canal	<i>orifice canal</i>	co
papilas	<i>papillae</i>	pil
pliegue septal	<i>septal flap</i>	sf
placa umbilical	<i>umbilical plug</i>	up
plumoso	<i>feathered</i>	ft
poros	<i>pores</i>	p
prolongaciones alares	<i>alar prolongations</i>	ap
protoconcha	<i>protoconch</i>	P
quilla	<i>keel</i>	k
septo	<i>septum</i>	s
surco o depresión	<i>groove</i>	gr
troneras	<i>loop-hole</i>	lp



## Lámina I

*Praesiderolites douvillei* WANNIER, 1980, formas A de las Calizas de Terradets y la Serra de les Agulles (x50)

A-B, E, G. Secciones axiales donde se observa una quilla con más grosor que en *P. praevidali* (P-816 y la figura G pertenece a la muestra P2-15).

C. Sección transversal ligeramente oblicua. Nótese la quilla con los canales marginales radiales y los canales intraseptales en la parte inferior sin canales envolventes (P-816).

D. Sección transversal que corta tangencialmente las vueltas anteriores donde se observan los apila-

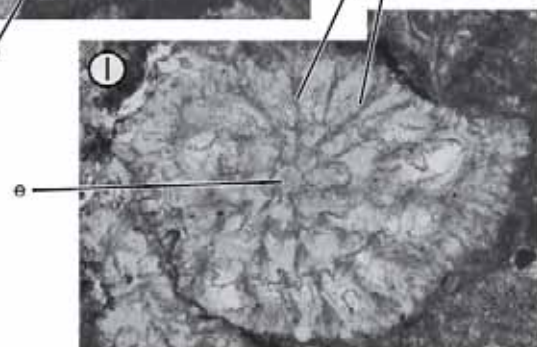
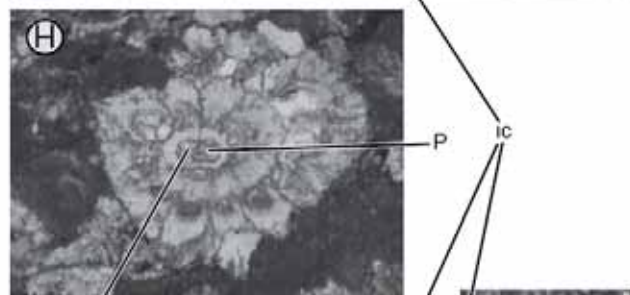
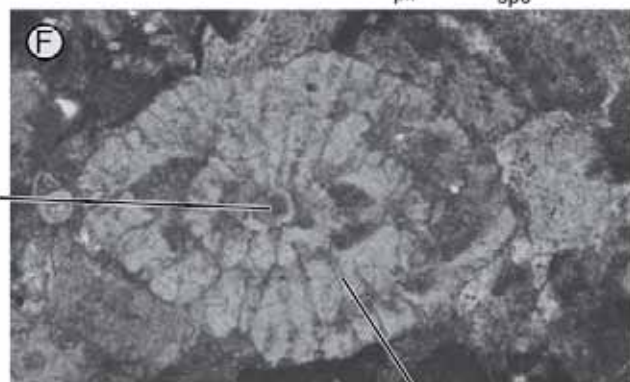
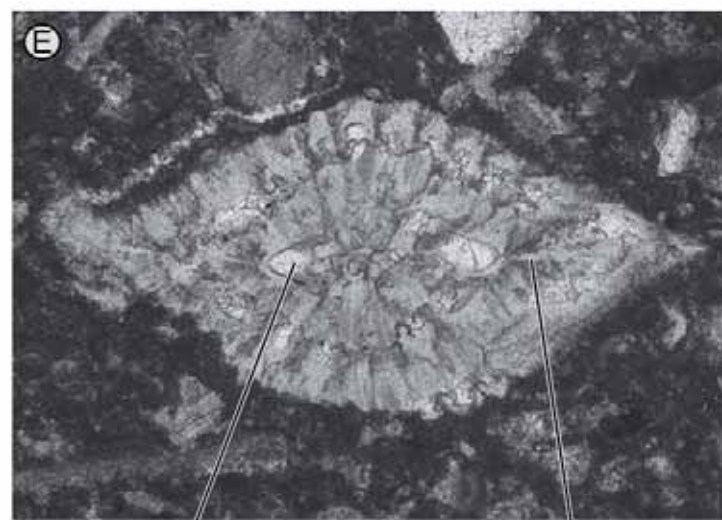
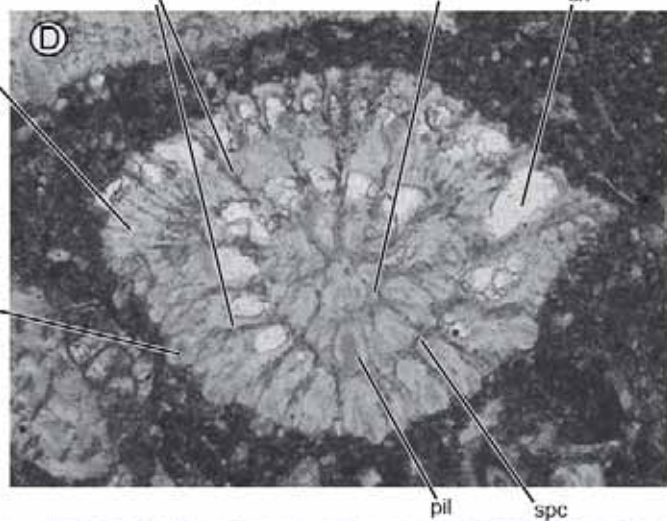
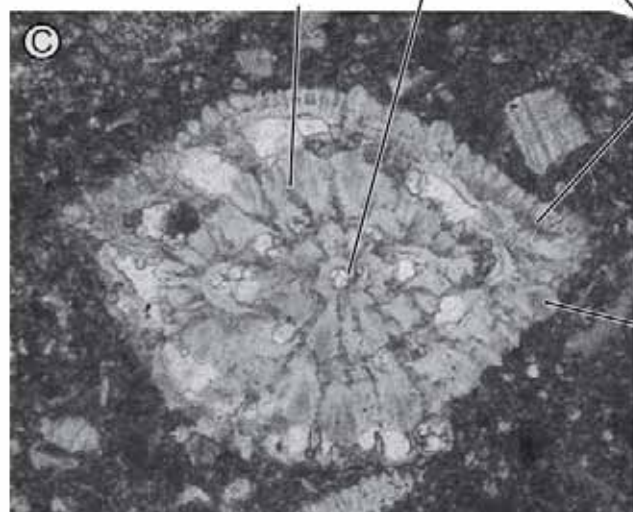
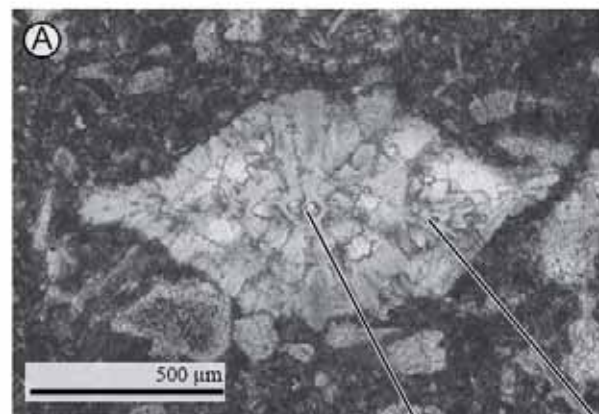
mientos lamelares, los canales umbilicales y el canal espiral (P-816).

F, I. Sección ecuatorial oblicua donde se observa el embrión y los canales intraseptales sin canales envolventes (RV-64, Rv-29).

H. Sección ecuatorial oblicua de un foraminífero juvenil (RV-29).

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **D:** deuterococoncha; **e:** embrión; **f:** múltiple abertura; **ic:** canal intraseptal; **mcr:** canal marginal radial; **P:** protoconcha; **pil:** apilamentos lamelares; **spc:** canal espiral; **ucs:** canales umbilicales





## Lámina II

### *Praesiderolites douvillei* WANNIER, 1980, formas B de las Calizas de Terradets (x50)

**A, E-G.** Secciones longitudinales ligeramente oblicuas con la pared lateral de la concha gruesa, con canales intraseptales y apilamientos de lamelares gruesos. Nótese los canales marginales radiales (RV-64, RV-28, RV-22, RV-28).

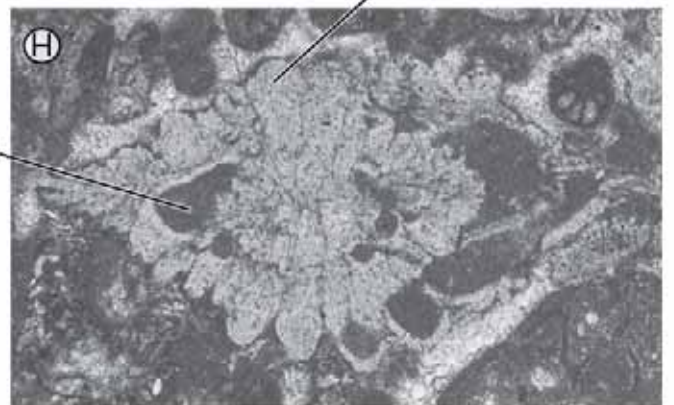
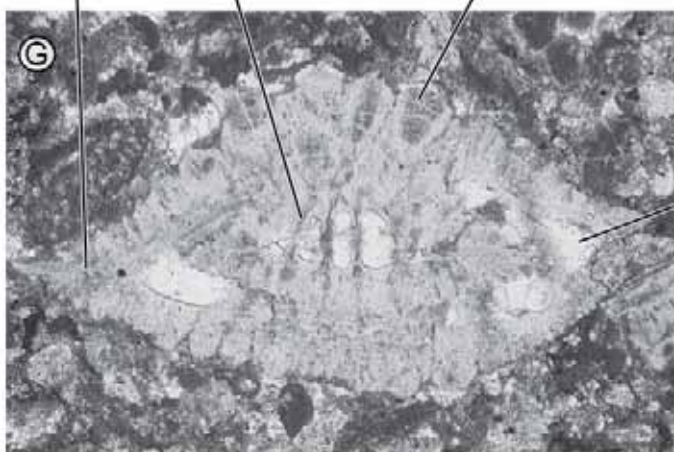
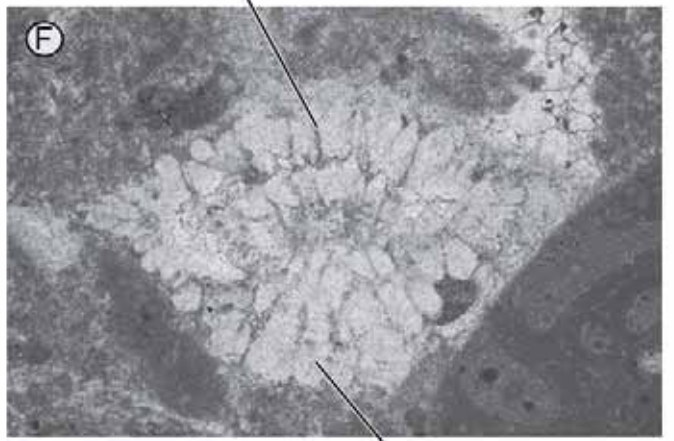
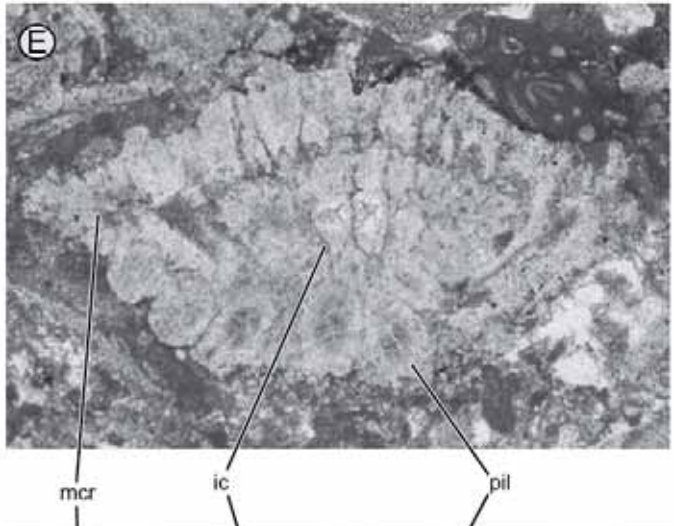
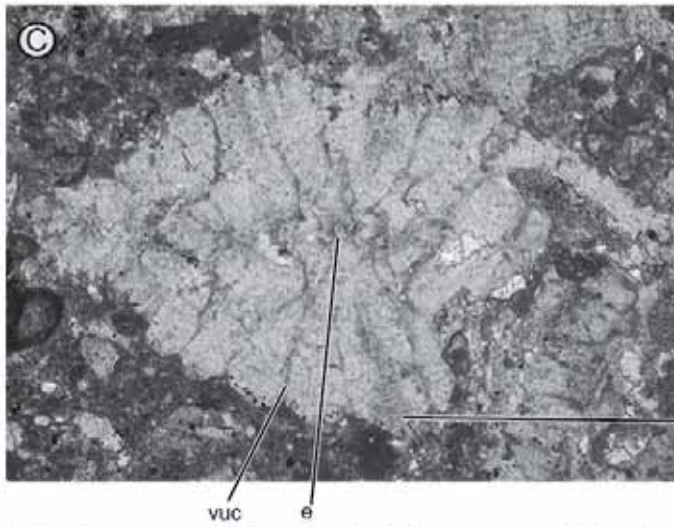
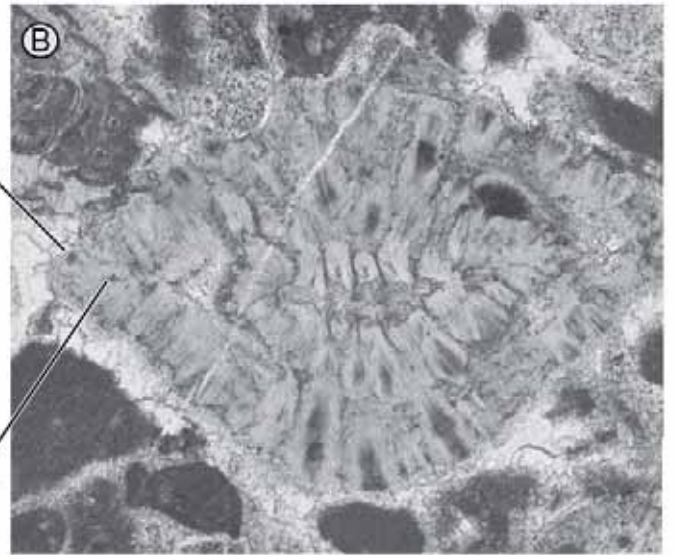
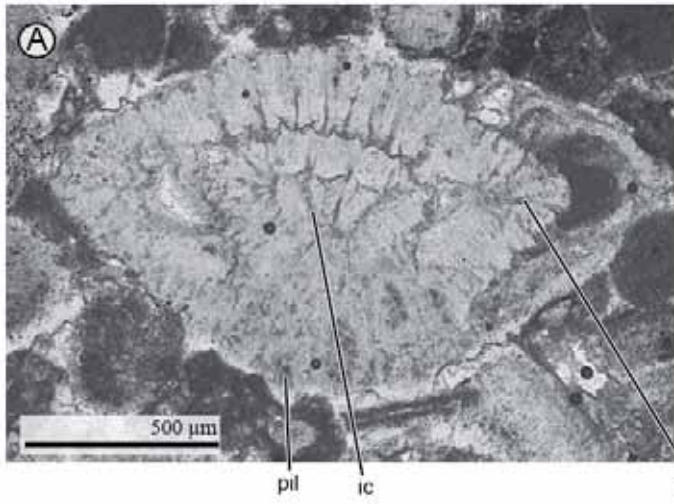
**B.** Sección longitudinal con canales marginales radiales en la quilla (MARG-390).

**C.** Sección axial centrada donde se observa el embrión microesférico. Nótese el canal umbilical vertical y los apilamientos lamelares gruesos (RV-28).

**D.** Sección tangencial a la pared lateral de la cámara donde se observan los canales intraseptales y los apilamiento lamelares (P-816).

**H.** Sección longitudinal oblicua (MARG-396).

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **e:** embrión; **ic:** canal intraseptal; **k:** quilla; **mcr:** canal marginal radial; **pil:** apilamientos lamelares; **vuc:** canal vertical umbilical



### Lámina III

#### *Praesiderolites praevitali* (NEUMANN, 1983) de las Calizas de Terradets (x100)

A-D. Secciones axiales. Nótese el poco desarrollo de los canales marginales radiales comparándolo con *P. douvillei* (RV-54, RV-10, RV-50, RV-90).

E, G. Secciones oblicuas transversales centradas donde se observa, el canal intraseptal (sin bifurcación) (RV-43, RV-72).

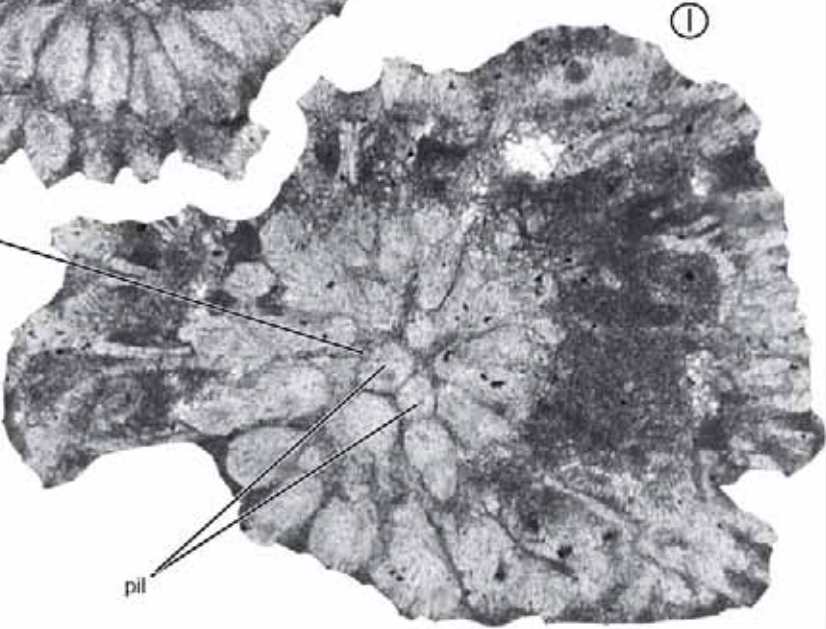
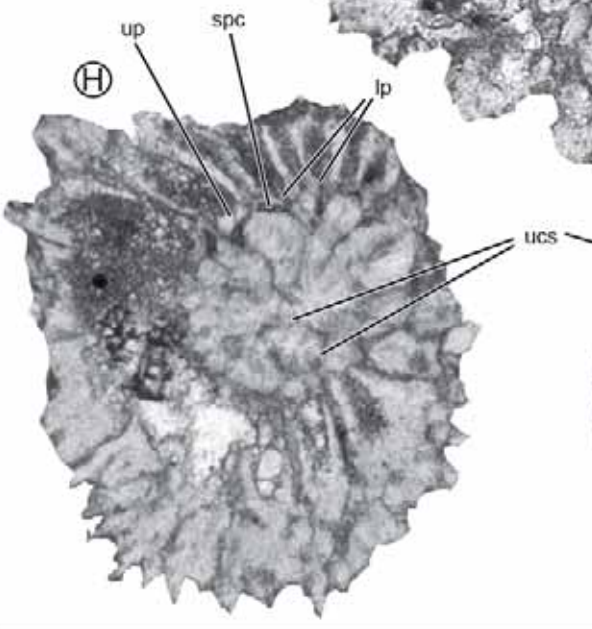
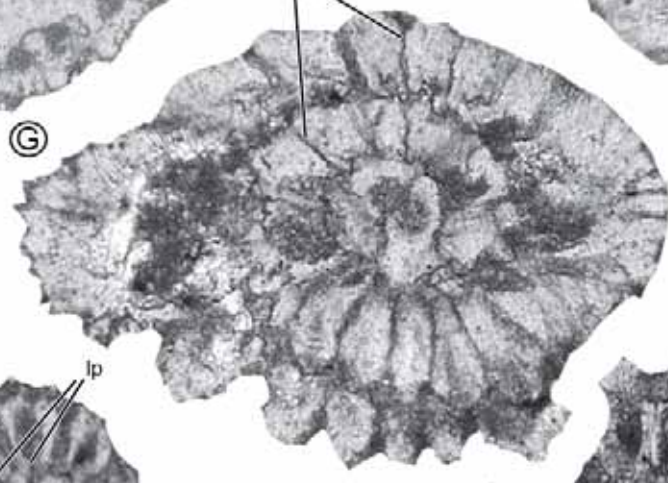
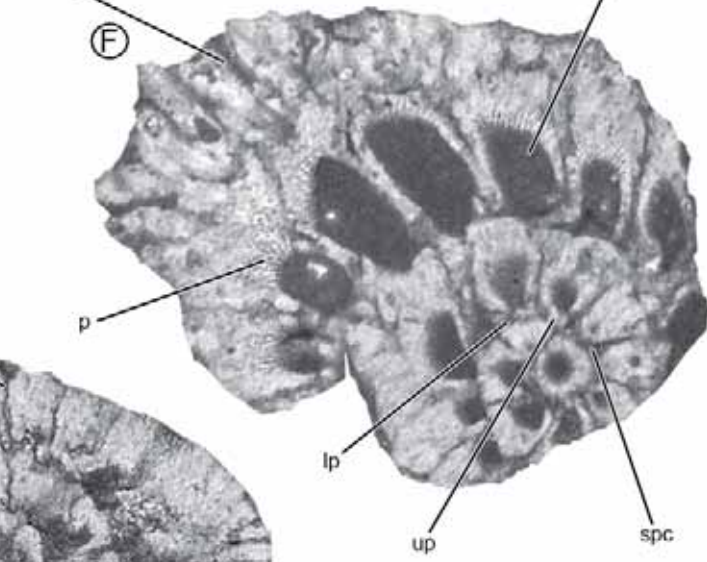
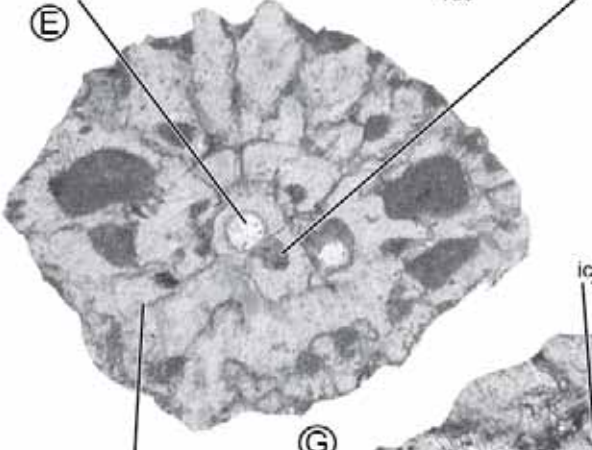
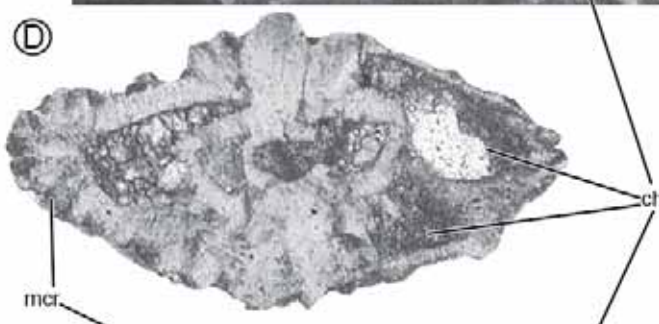
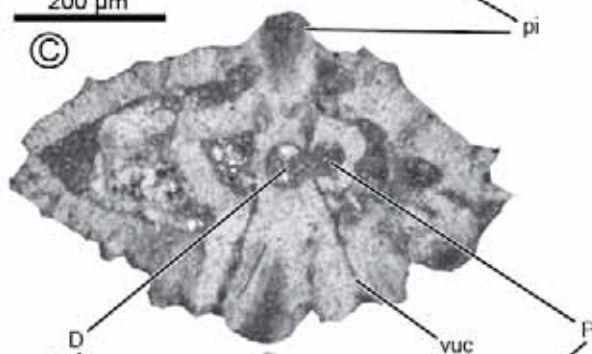
F. Sección ecuatorial ligeramente oblicua donde se observan los canales marginales radiales que se forman en la quilla, la placa umbilical, las troneras

y el canal espiral (RV-54).

H. Sección transversal tangencial ligeramente oblicua que muestra las cámaras de la primera vuelta con los canales umbilicales y la placa umbilical (RV-50).

I. Sección transversal donde se observan los canales umbilicales y los apilamientos lamelares (RV-50).

**Abreviaturas:** ch: cámara; D: deuterconcha; ic: canal intraseptal; lp: tronera; mcr: canal marginal radial; p: poros; P: protoconcha; pil: apilamientos lamelares; spc: canal espiral; ucs: canales umbilicales; up: placa umbilical; vuc: canal vertical umbilical



## Lámina IV

### *Praesiderolites cf. dordoniensis* WANNIER, 1980, de las Calizas de Terradets y Torallola (x50)

A. Espécimen aislado con el borde dentado fotografiado con el SEM. Nótese los apilamientos lamelares en el centro y los *beads* distribuidos radialmente (Torallola).

B. Detalle de la Fig. A. Nótese los *beads* y los múltiples poros en la superficie lateral de la pared de la concha.

C-F. Secciones ecuatoriales centradas con una quilla dentada y canales marginales radiales

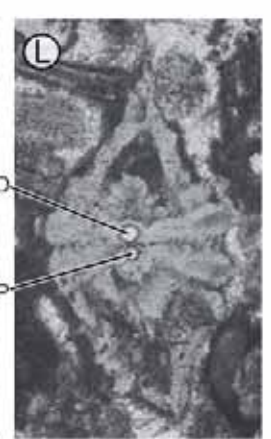
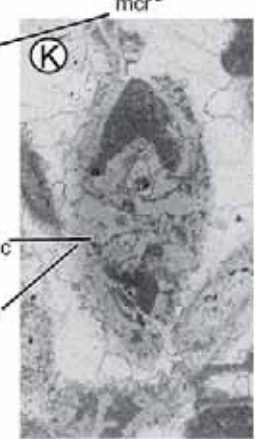
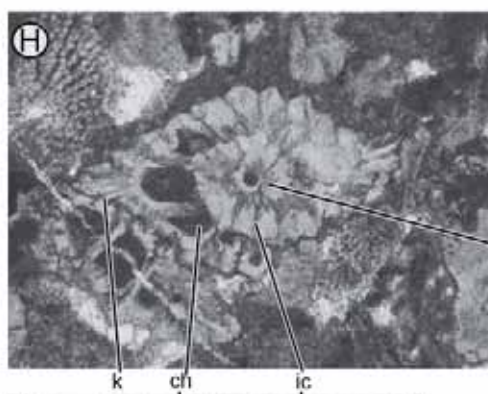
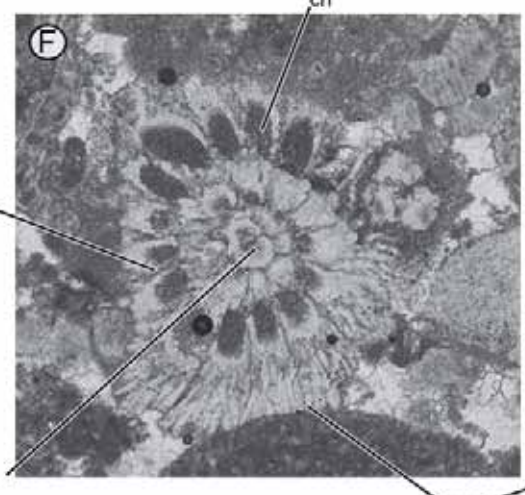
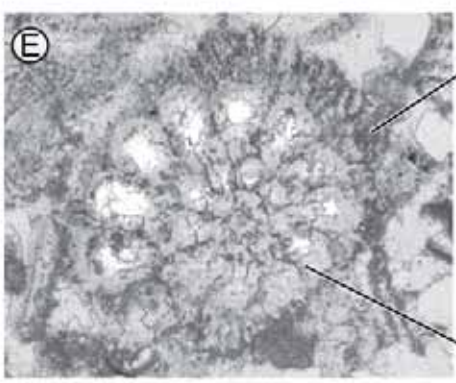
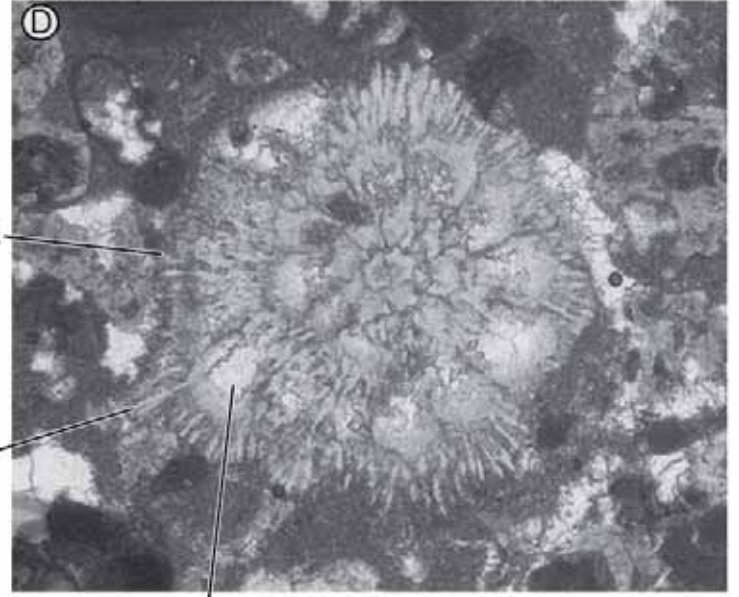
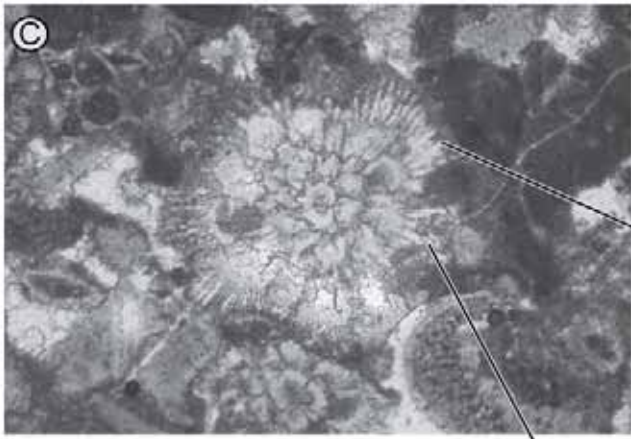
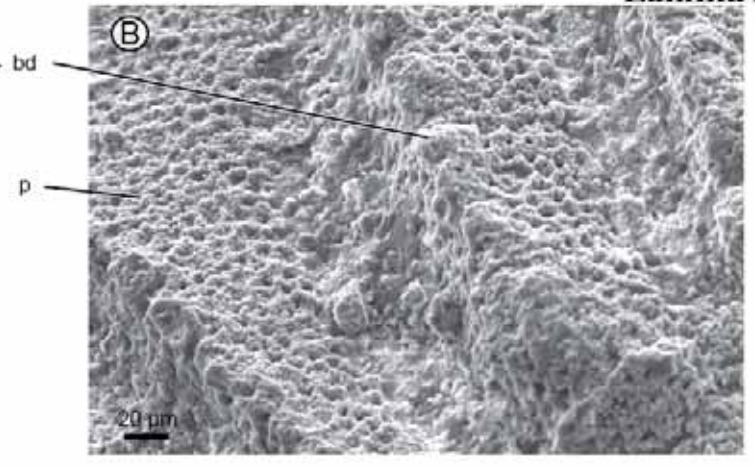
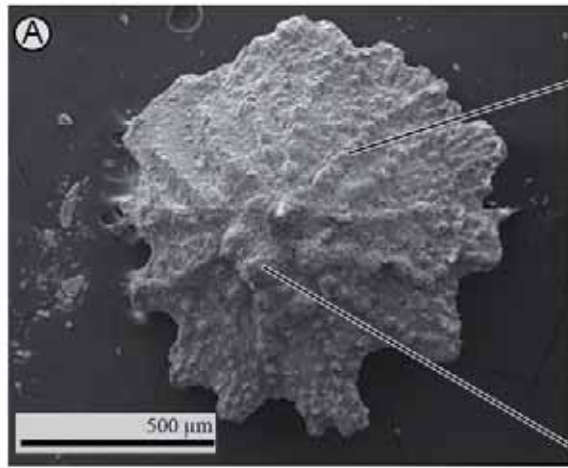
(MARG-405, MARG-408, MARG-405).

G, J-L. Secciones axiales centradas donde, en ocasiones, se puede observar el embrión (MARG-408, MARG-405).

H. Sección oblicua de un individuo juvenil. Nótese la quilla en los bordes y los canales intraseptales sin bifurcarse (MARG-405).

I. Sección ecuatorial oblicua de un individuo juvenil (MARG-408).

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **D:** deuteroconcha; **e:** embrión; **ic:** canal intraseptal; **k:** quilla; **mcr:** canal marginal radial; **p:** poros; **P:** protoconcha; **pil:** apilamientos lamelares; **vuc:** canal vertical umbilical



## Lámina V

### *Arnaudiella grossouvrei* DOUVILLE, 1906, de la Serra de les Agulles (x25)

A. Sección longitudinal ligeramente oblicua. Nótese las camarillas suplementarias y los canales marginales radiales (P5-13).

B. Sección transversal donde se observan las cámaras y las camarillas suplementarias (P5-20).

C, H, J-K. Secciones axiales donde se observan los canales marginales, las camarillas suplementarias entre medio de los apilamientos lamelares y los

*beads* (P5-20).

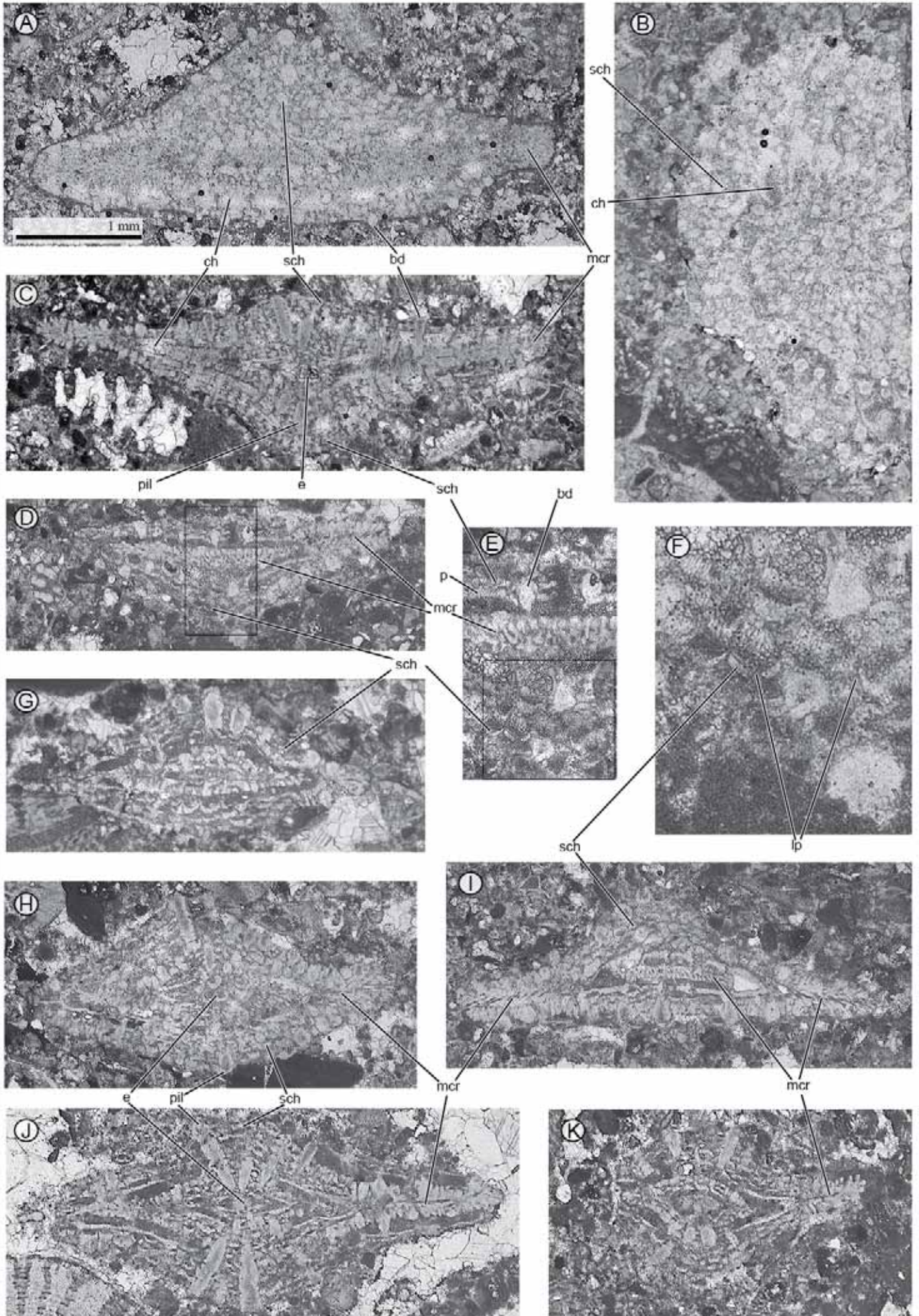
D, G, I. Secciones tangenciales con las camarillas suplementarias y los canales marginales radiales (P5-20).

E. Detalle de D. Nótese que las camarillas suplementarias descansan sobre los *beads*.

F. Detalle de E. Nótese la comunicación entre las camarillas suplementarias a través de las troneras.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **e:** embrión; **lp:** tronera; **mcr:** canal marginal radial; **p:** poros; **pil:** apilamientos lamelares; **sch:** camarillas suplementarias





## Lámina VI

### *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLÉ, 1906) especímenes aislados de Torallola

A. Fotografía con el binocular. Obsérvese la ornamentación más marcada de los *beads* y *piles*.

B. Detalle de A donde se observan los *beads* y los orificios de los canales entre ellos.

C. Detalle de los orificios de los canales de la Fig. A y B.

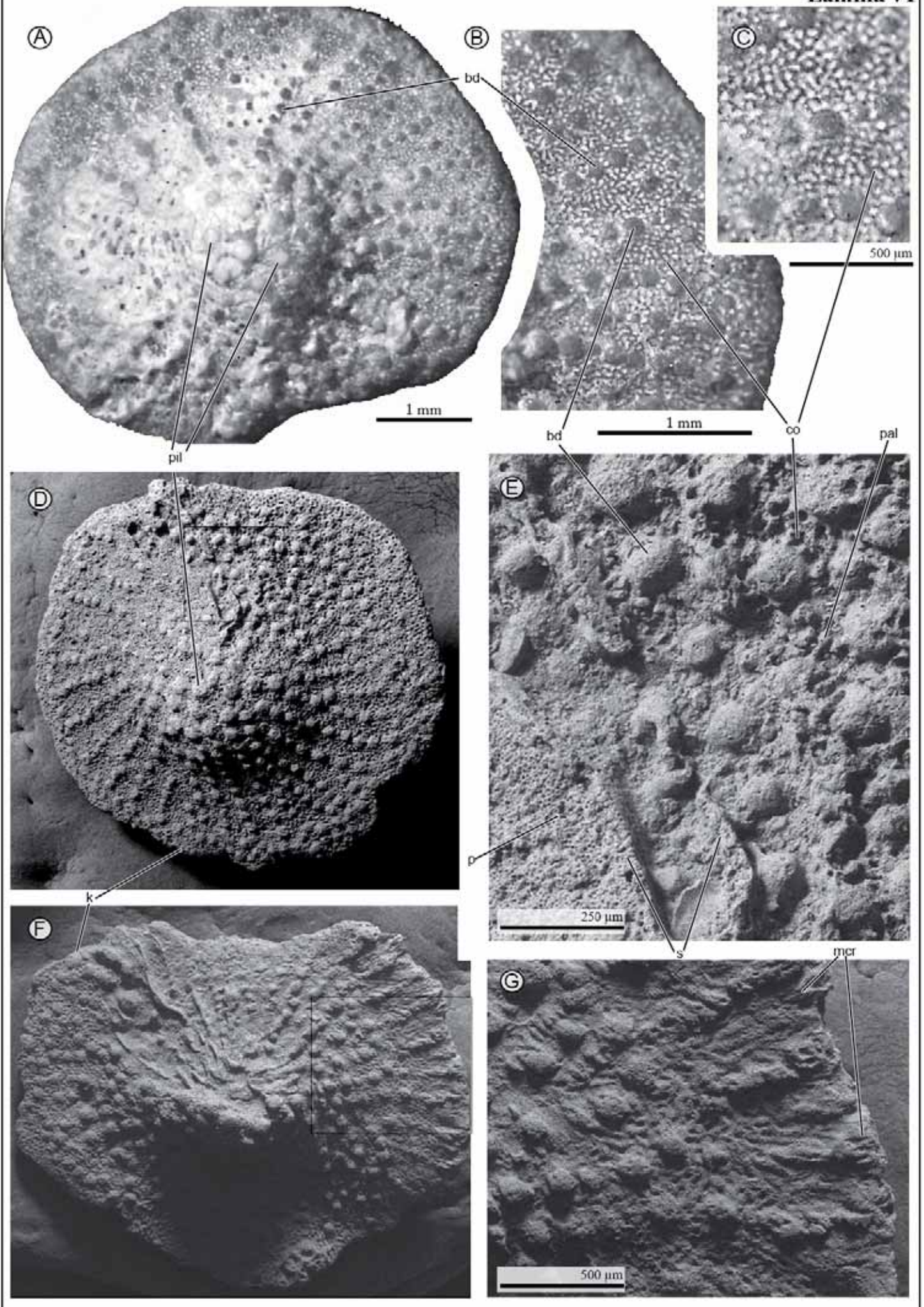
D, F. Fotografía con SEM (escala gráfica de la

Fig. A).

E. Detalle de la Fig. D donde se observan los *beads*, *papillae*, los orificios de los canales del sistema de canales envolvente y los septos erosionados con los poros.

G. Detalle de la Fig. F. Nótese los canales marginales radiales en la quilla.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **co:** orificios del canal; **k:** quilla; **p:** poros; **pal:** papilas; **pil:** apilamientos lamelares; **mcr:** canales marginales radiales; **s:** septo



## Lámina VII

### *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLÉ, 1906) especímenes aislados de Torallola (x25)

**A.** Sección axial centrada. Obsérvese la ornamentación con los *piles* en la zona umbilical, los *beads* en la pared lateral de la cámara, los canales marginales radiales en la quilla, los canales envolventes y las camarillas suplementarias.

**B.** Sección longitudinal, casi tangencial, que corta la quilla de la última y la penúltima vuelta dejando ver los canales marginales radiales, los canales envolventes y las camarillas suplementarios entre los septos.

**C.** Detalle de la figura **B**. Nótese las camarillas

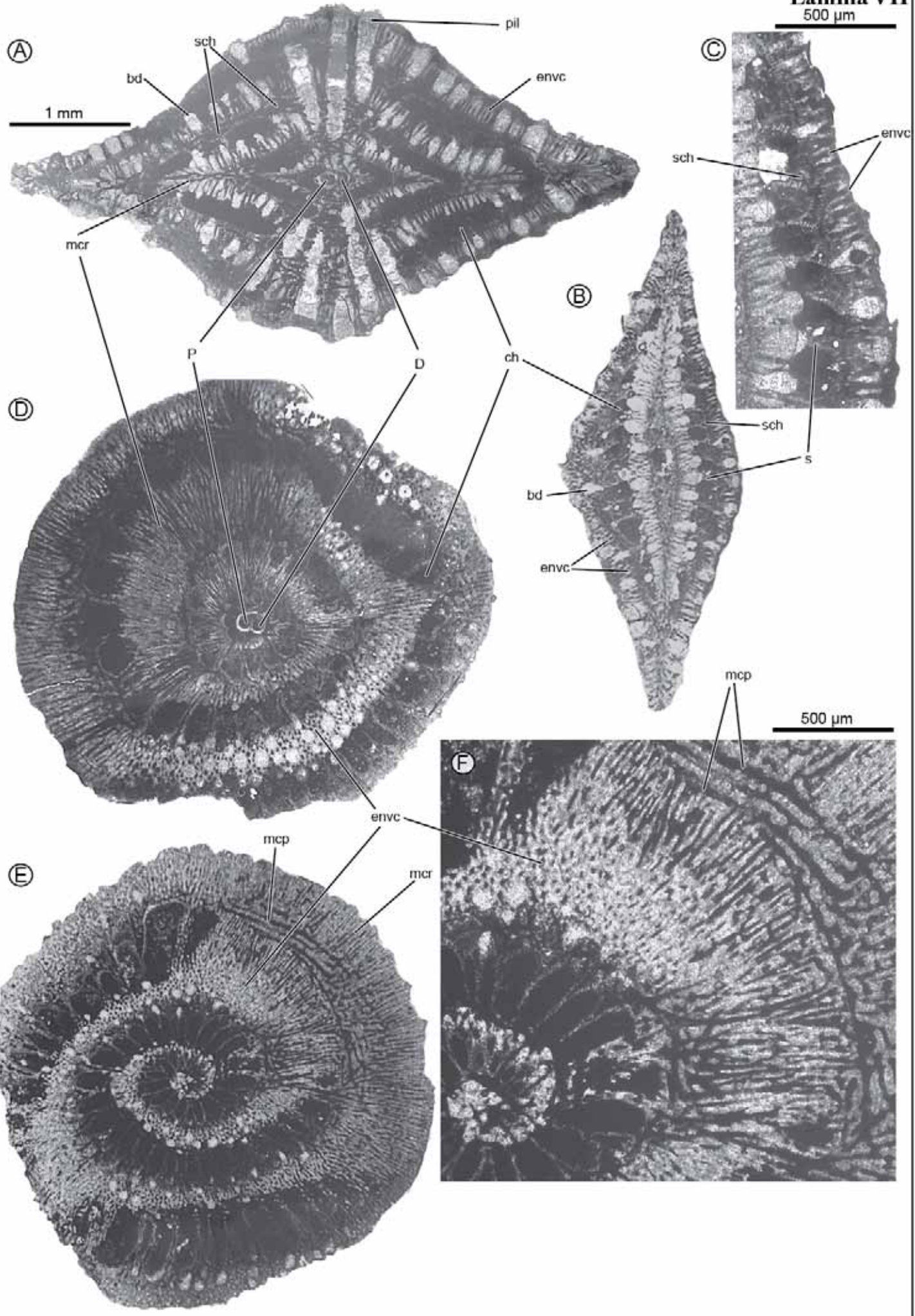
suplementarias en el espacio interocular intraseptal y el sistema de canales envolvente por encima (x50).

**D.** Sección ecuatorial centrada ligeramente oblicua. Véanse los canales marginales radiales.

**E.** Sección transversal ligeramente oblicua con los canales marginales radiales y periféricos y el sistema de canales envolvente.

**F.** Detalle de la figura **F** con los canales marginales periféricos y como los canales marginales radiales se enlazan a ellos (x50).

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **D:** deuteroconcha; **envc:** canales envolventes; **mcp:** canales marginales periféricos; **mcr:** canales marginales radiales; **P:** protoconcha **pil:** apilamentos lamelares; **s:** septo; **sch:** camarillas suplementarias



## Lámina VIII

*Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLÉ, 1906), individuos juveniles de las Calizas de Terradets (P-816) (x50)

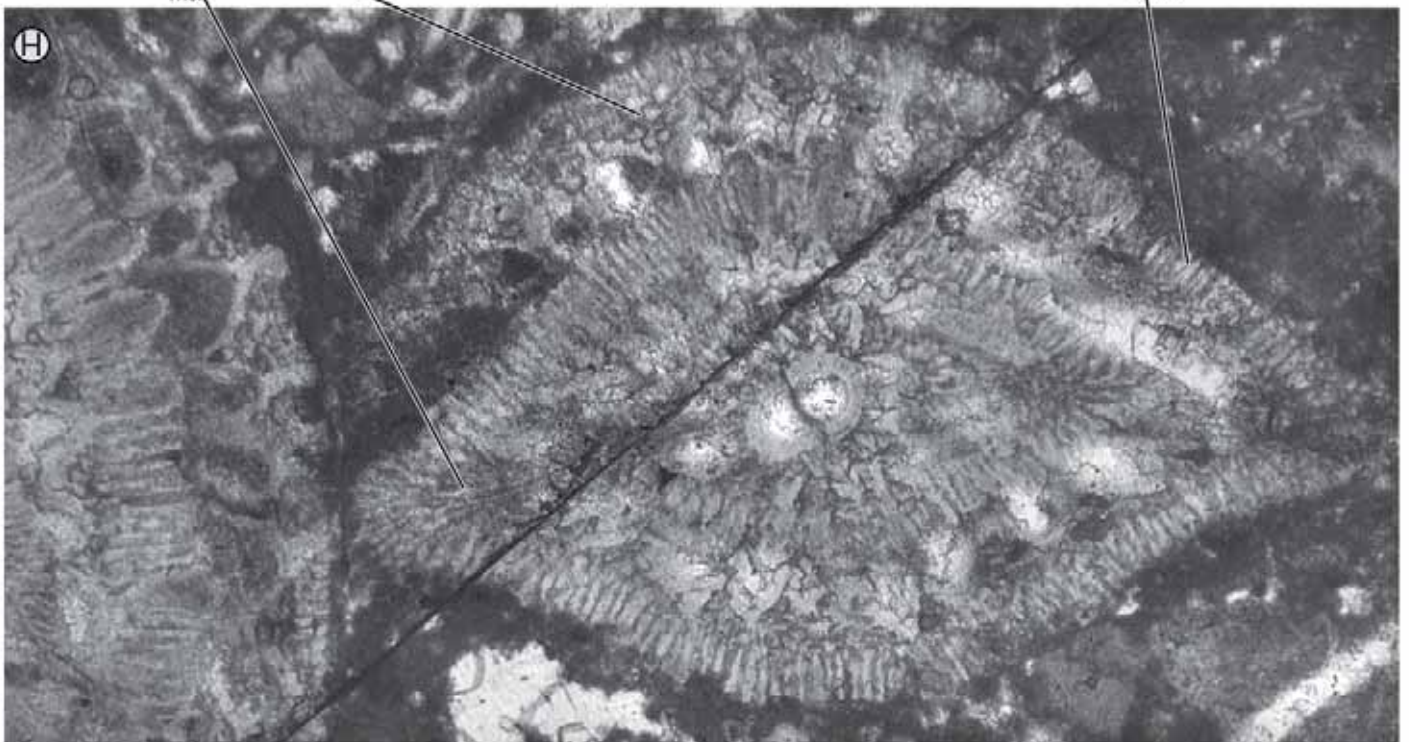
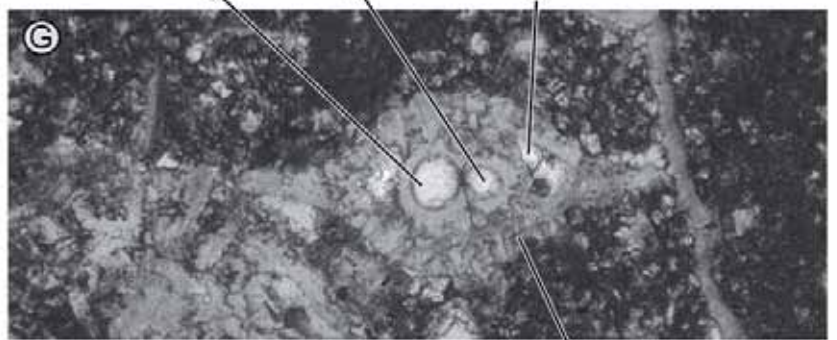
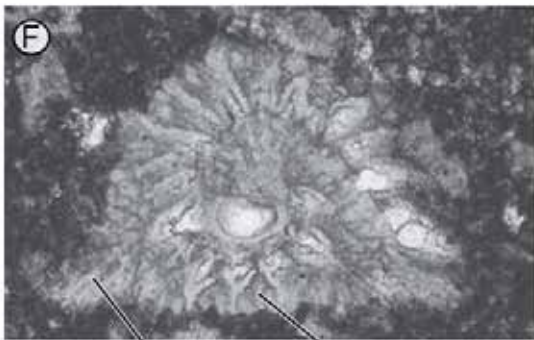
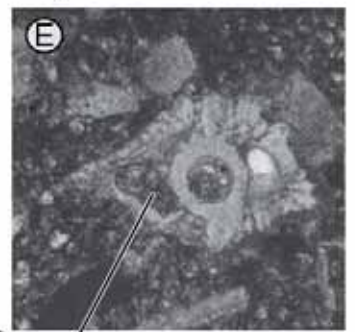
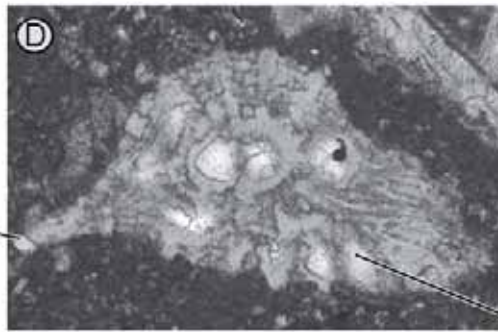
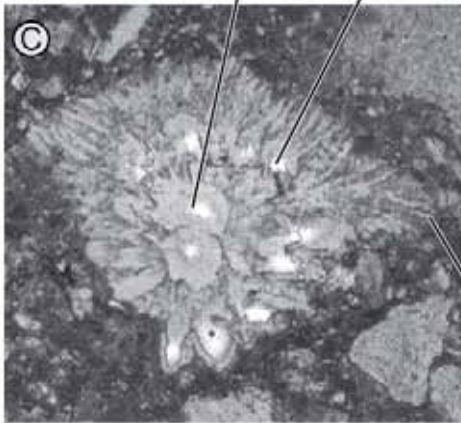
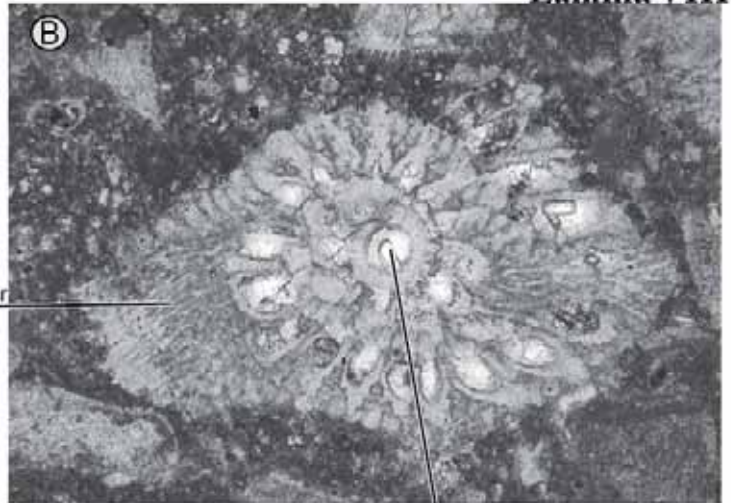
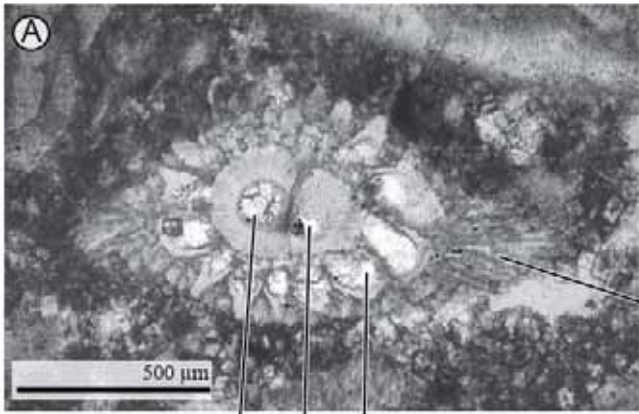
A-D, F. Secciones ecuatoriales oblicuas con un gran embrión y canales marginales radiales.

E, G. Secciones axiales con un gran embrión.

H. Sección ecuatorial muy oblicua que muestra un

gran embrión del mismo tamaño que en las figuras anteriores de la misma lámina. Obsérvese las camarillas suplementarias, los canales marginales radiales y los canales envolventes.

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **D:** deuteroconcha; **envc:** canales envolventes; **k:** quilla; **mcr:** canales marginales radiales; **P:** protoconcha; **sch:** camarillas suplementarias



## Lámina IX

### *Pseudosiderolites* n. sp. de las Calizas de Terradets (x100)

A. Sección longitudinal con las camarillas suplementarias y el sistema de canal marginal (canales marginales periféricos y radiales) (RV-66).

B. Sección transversal que corta las camarillas suplementarias, nótese su posición en medio de las cámaras (RV-53, x50).

C. Sección longitudinal oblicua donde se observa la posición irregular de las camarillas suplementarias con poros y los canales marginales radiales.

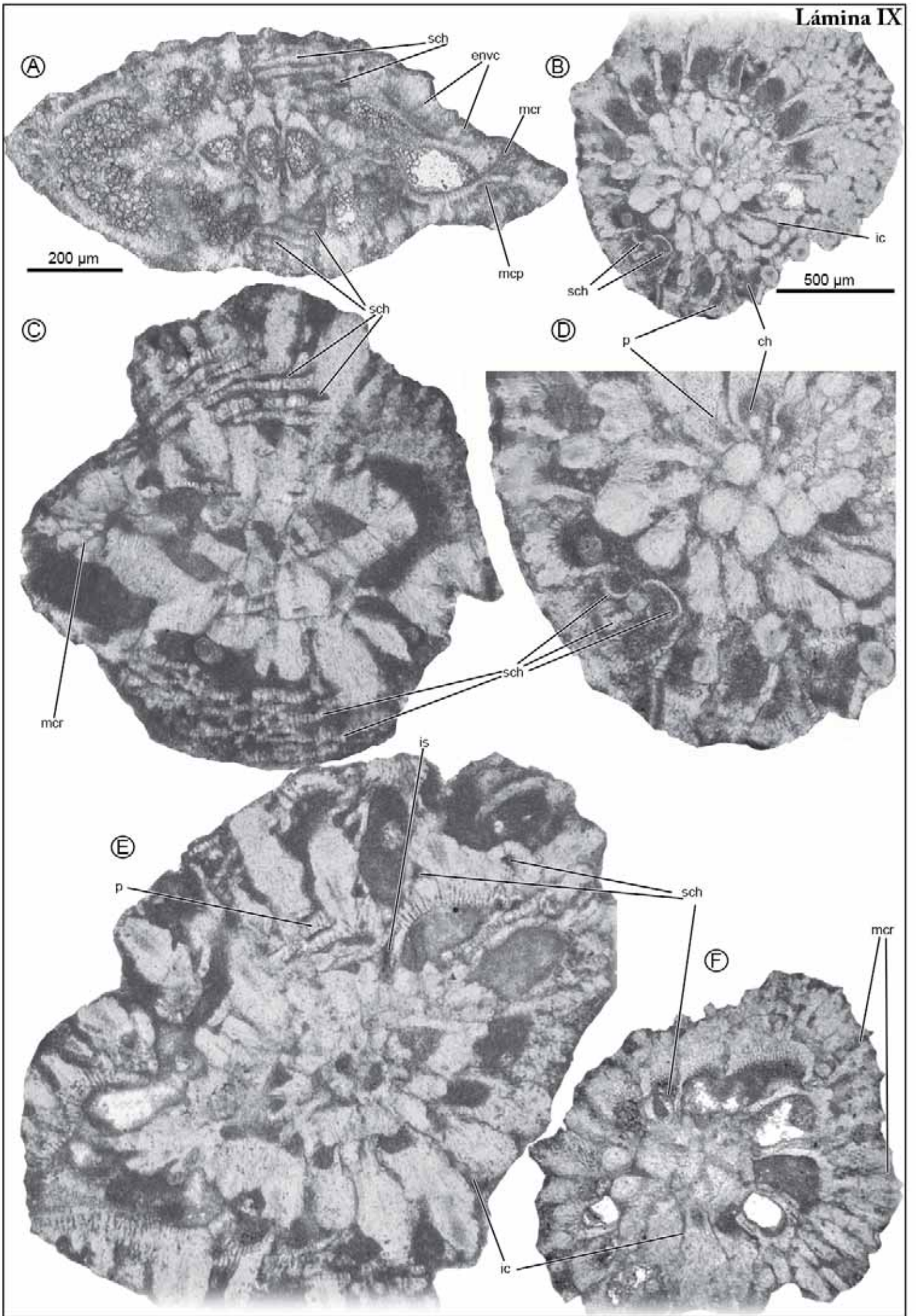
D. Detalle de la figura B, donde se muestra la sección tangencial de las camarillas suplementarias por encima de las cámaras.

E. Sección transversal oblicua. Obsérvese el espacio que se genera en el espacio intraseptal debido a la formación irregular de las camarillas suplementarias (RV-53).

F. Sección transversal oblicua donde se observan los canales marginales radiales y los canales intraseptales (RV-54).

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **envc:** canales envolcentes; **ic:** canales intraseptales; **is:** espacio intercameral; **mcp:** canales marginales periféricos; **mcr:** canales marginales radiales; **p:** poros; **sch:** camarillas suplementarias





## Lámina X

### *Pseudosiderolites* n.sp. de las Calizas de Terradets (RV-53) (x50)

A. Sección axial donde se observan la protoconcha y deuterioconcha, los canales marginales periféricos y las camarillas suplementarias entremedio de unos grandes apilamientos lamelares.

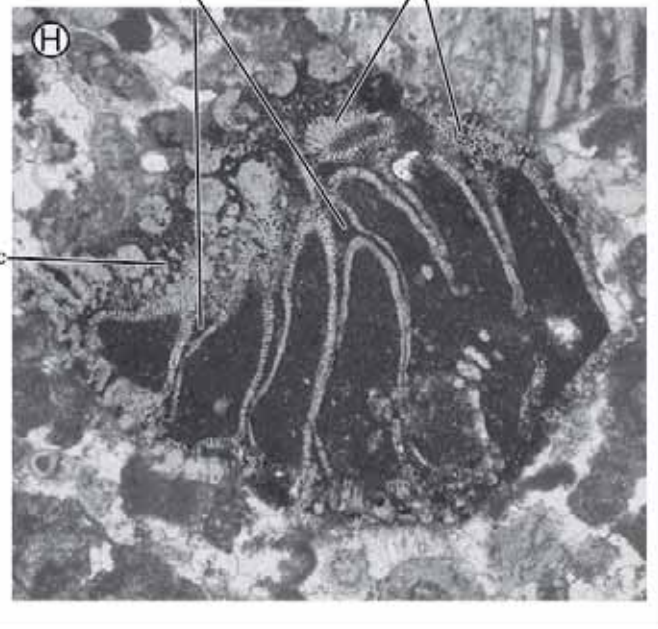
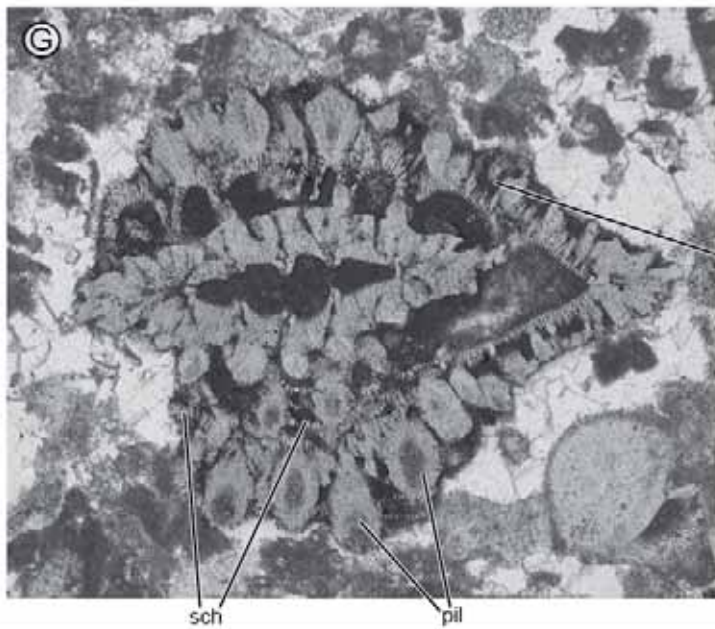
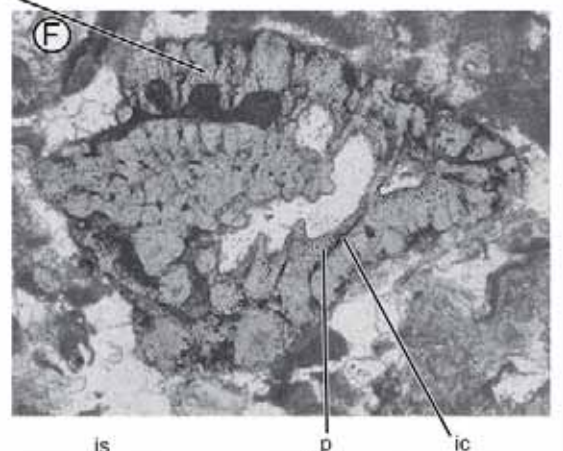
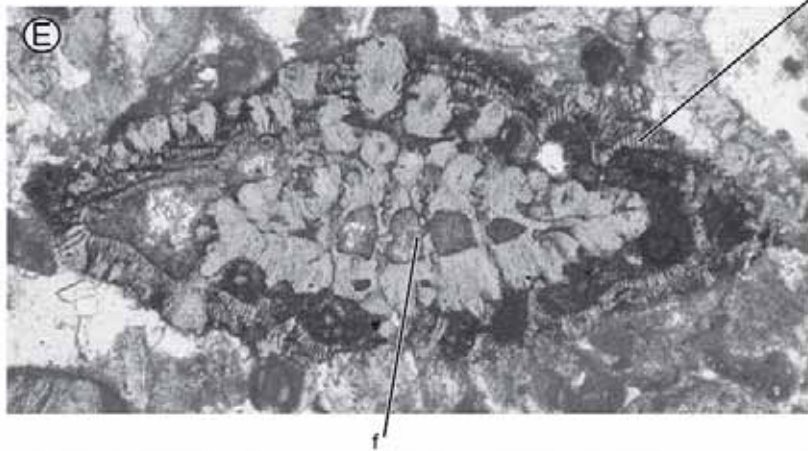
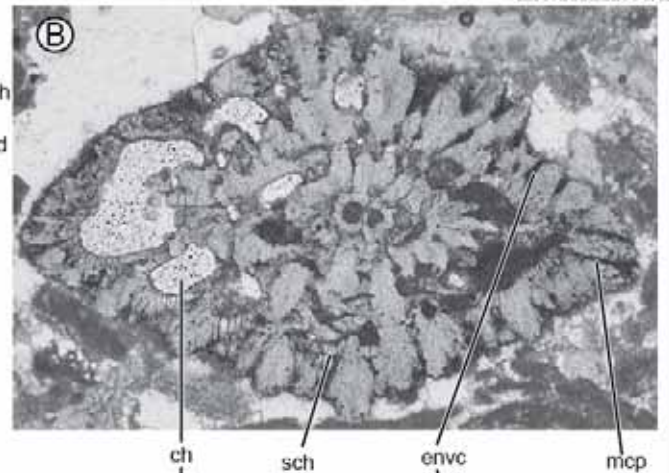
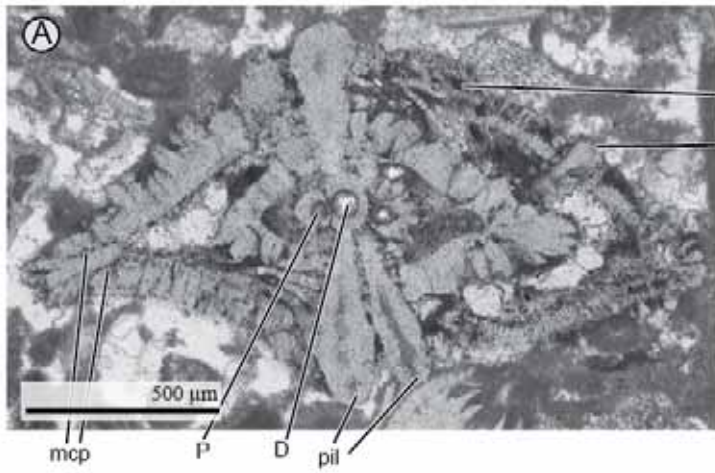
B. Sección ecuatorial oblicua donde se observa la pareja de canales marginales periféricos, las camarillas suplementarias y los canales envolventes en el lateral de la cámara.

C, E-G. Secciones transversales. En la figura E se observa gran cantidad de camarillas suplementarias.

D. Sección tangencial oblicua.

H. Sección tangencial. Nótese los poros muy marcados y los espacios intercamerales intraseptales i muy espaciosos.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **D:** deuterioconcha; **envc:** canales envolventes; **f:** intercameral abertura; **ic:** canal intraseptal; **is:** espacio intercameral; **mcp:** canales marginales periféricos; **p:** poros; **P:** protoconcha; **pil:** apilamientos lamelares; **sch:** camarillas suplementarias



## Lámina XI

### *Pseudosiderolites* aff. *vidali* de Torallola (x50)

A. Espécimen aislado con una quilla lisa fotografiado con el SEM. Véase la ornamentación formada por *piles*, *beads* y *papillae*.

B. Sección ecuatorial con los canales marginales radiales bien marcados.

C. Detalle de A donde se observan los *piles*, *beads* y *papillae*.

D. Detalle de la Fig. B mostrando los canales marginales radiales, los poros y el espacio intercameral intraseptal.

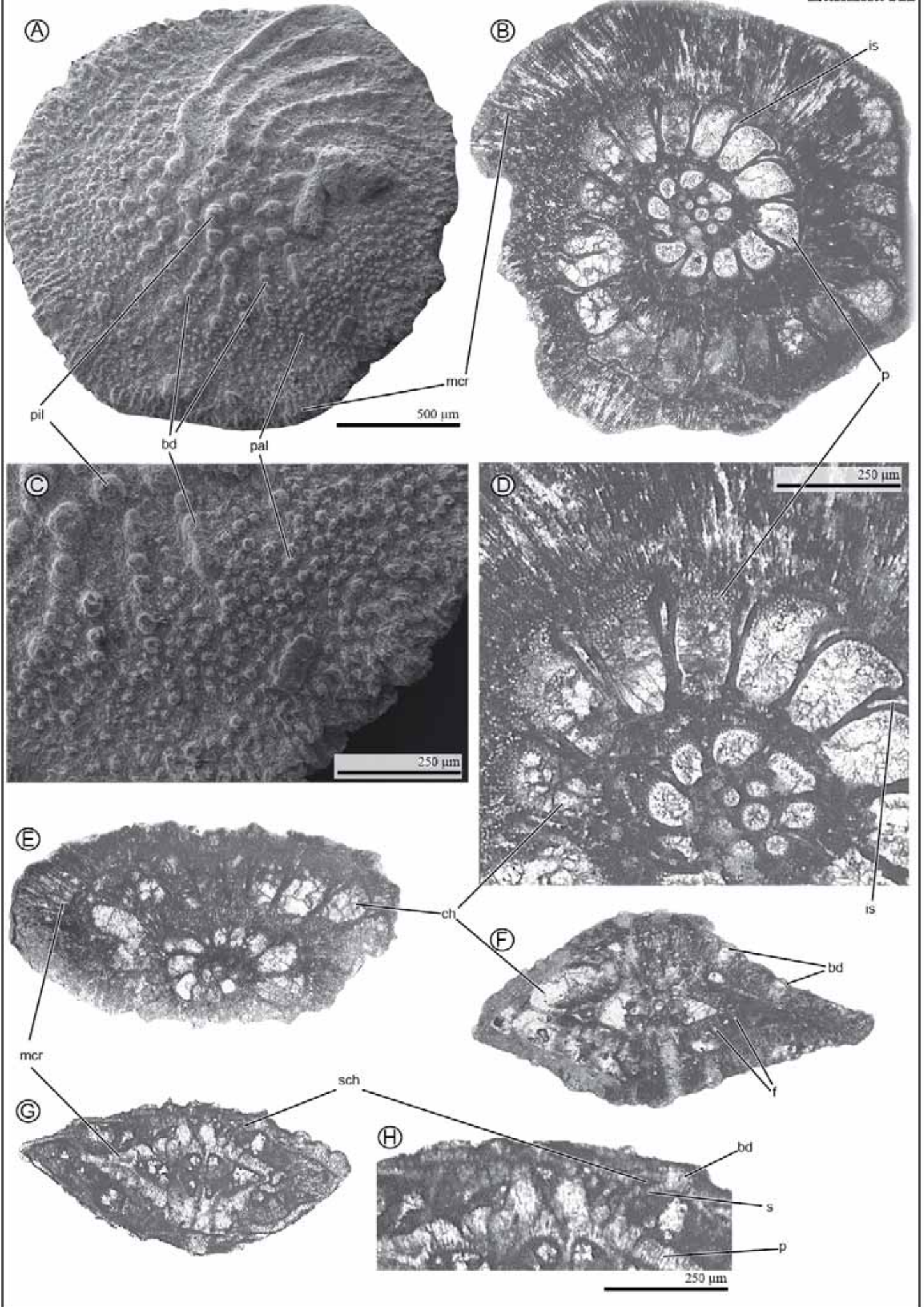
E. Sección ecuatorial ligeramente oblicua con los canales marginales radiales.

F. Sección axial donde se observan los *piles* y *beads* y los foramen.

G. Sección longitudinal con los canales marginales radiales y las camarillas suplementarias.

H. Detalle de la Fig. G donde se observa mejor la disposición de las camarillas suplementarias entre los septos y, además, están perforadas.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **f:** **is:** espacio intercameral intraseptal; **mcr:** canales marginales radiales; **p:** poros; **pal:** papilas; **pil:** apilamentos lamelares; **s:** septo; **sch:** camarillas suplementarias



## Lámina XII

### *Pseudosiderolites* aff. *vidali* de las Calizas de Terradets (x50)

**A.** Dos individuos, el primero en sección axial centrada (en la parte superior de la figura) y el segundo en sección oblicua. Nótese el sistema de canales envolventes y las camarillas suplementarias (P-816).

**B, D.** Secciones tangenciales oblicuas. Obsérvense los canales marginales radiales en la quilla y los canales umbilicales poligonales en posición umbilical (MARG-393, RV-15).

**C.** Sección ecuatorial oblicua donde se observan los canales marginales periféricos y las camarillas suplementarias en la pared lateral de la cámara

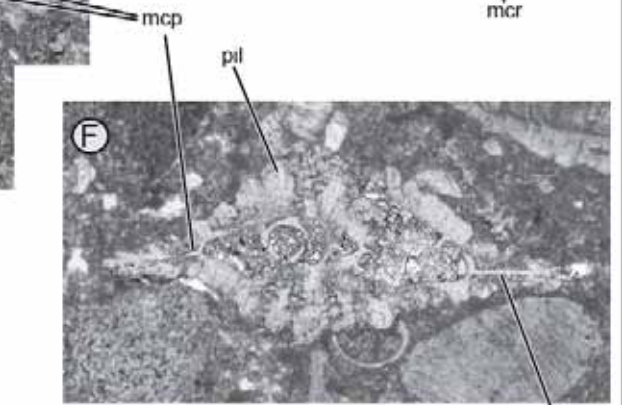
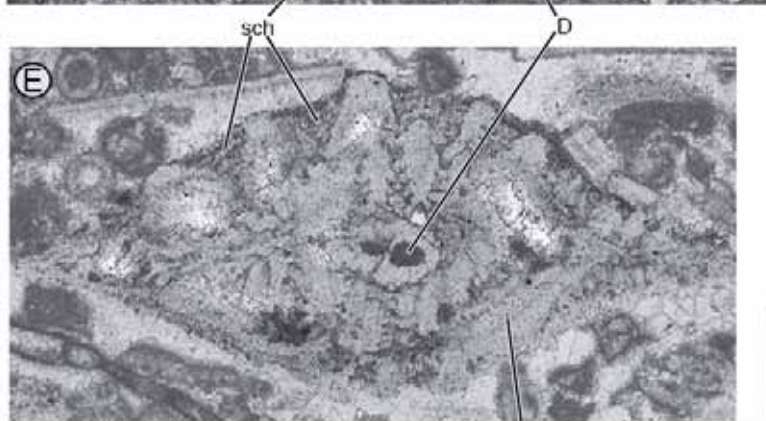
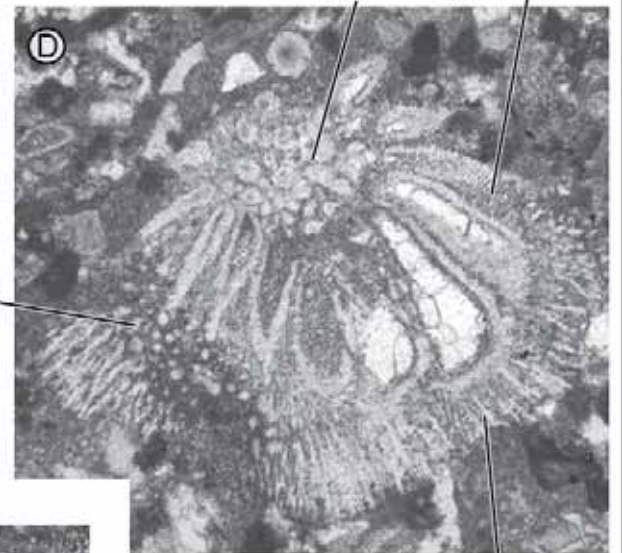
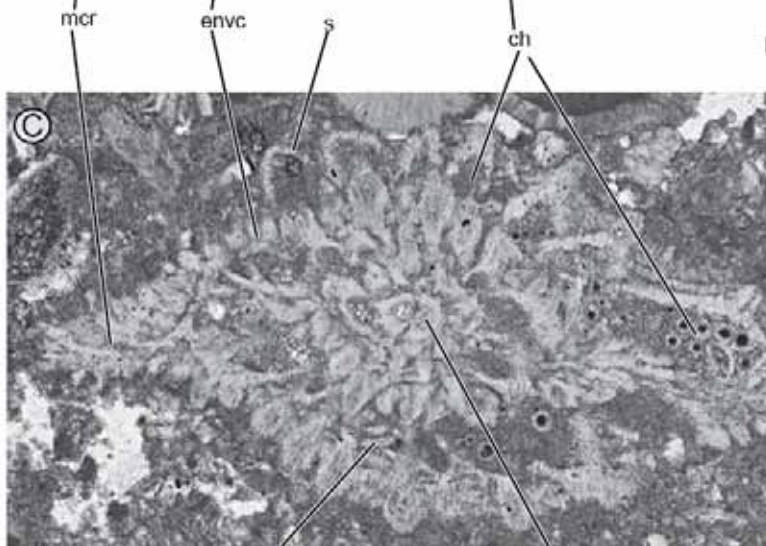
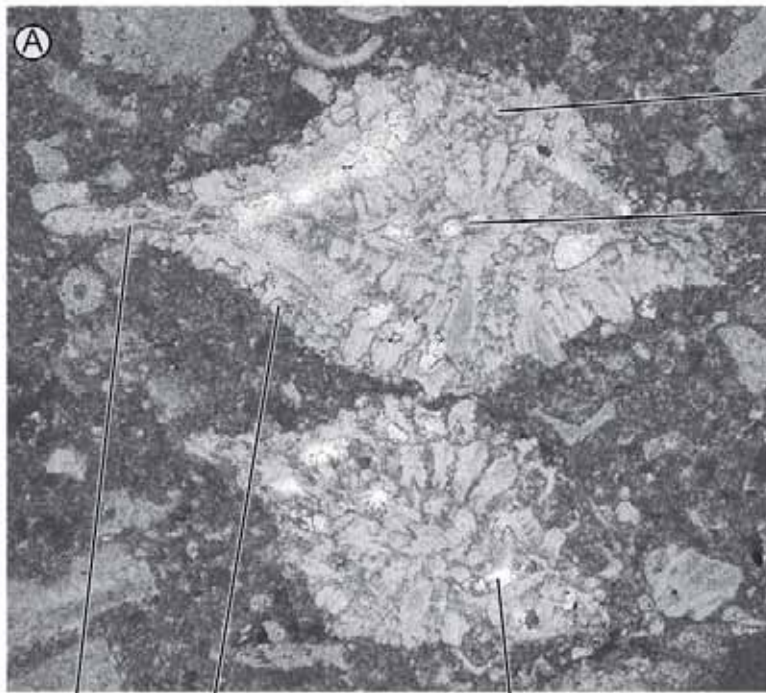
(RV-54).

**E.** Sección longitudinal oblicua con las camarillas suplementarias entre medio de cada cámara (RV-13).

**F.** Sección axial de un espécimen juvenil donde ya se observa los canales marginales periféricos (RV-54).

**G-H.** Secciones longitudinales donde se observa la porosidad en las camarillas suplementarias en la zona umbilical (Fig. G), los canales envolventes en la pared lateral de la cámara y los canales marginales periféricos en la quilla. (RV-15, RV-54).

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **D:** deuteroconcha; **e:** embrión; **envc:** canales envolventes; **mcp:** canales marginales periféricos; **mcr:** canales marginales radiales; **p:** poros; **pal:** papilas; **pil:** apilamentos lamelares; **s:** septo; **sch:** camarillas suplementarias; **ucs:** canales umbilicales



## Lámina XIII

*Siderolites calcitrapoides* LAMARCK, 1801, individuos aislados

A. Espécimen con 7 espinas procedente de Saint Marcet (F6). Fotografía con la lupa binocular donde se observan las espinas con morfología circular. Las espinas tienen las pústulas alargadas, *ridge piles*, y la superficie de la concha con los apilamientos lamelares en la zona umbilical.

B. Detalle de la Fig. A donde se observa la última cámara con la ornamentación *feathered groove*. Nó-

tese los poros.

C. Espécimen con 2 espinas completas, el resto están rotas al igual que la parte de la superficie de la concha. Con gran ornamentación. Procedente de Maastricht (IVf-1, ENCI).

D. Espécimen con 5 pequeñas espinas procedente de la localidad de Homes Morts.

*Siderolites praecalcitrapoides* NEUMANN, 1986, individuos aislados

E. Espécimen con 5 pequeñas espinas procedente de la localidad de El Matet.

*Siderolites denticulatus* DOUVILLÉ, 1906, individuos aislados

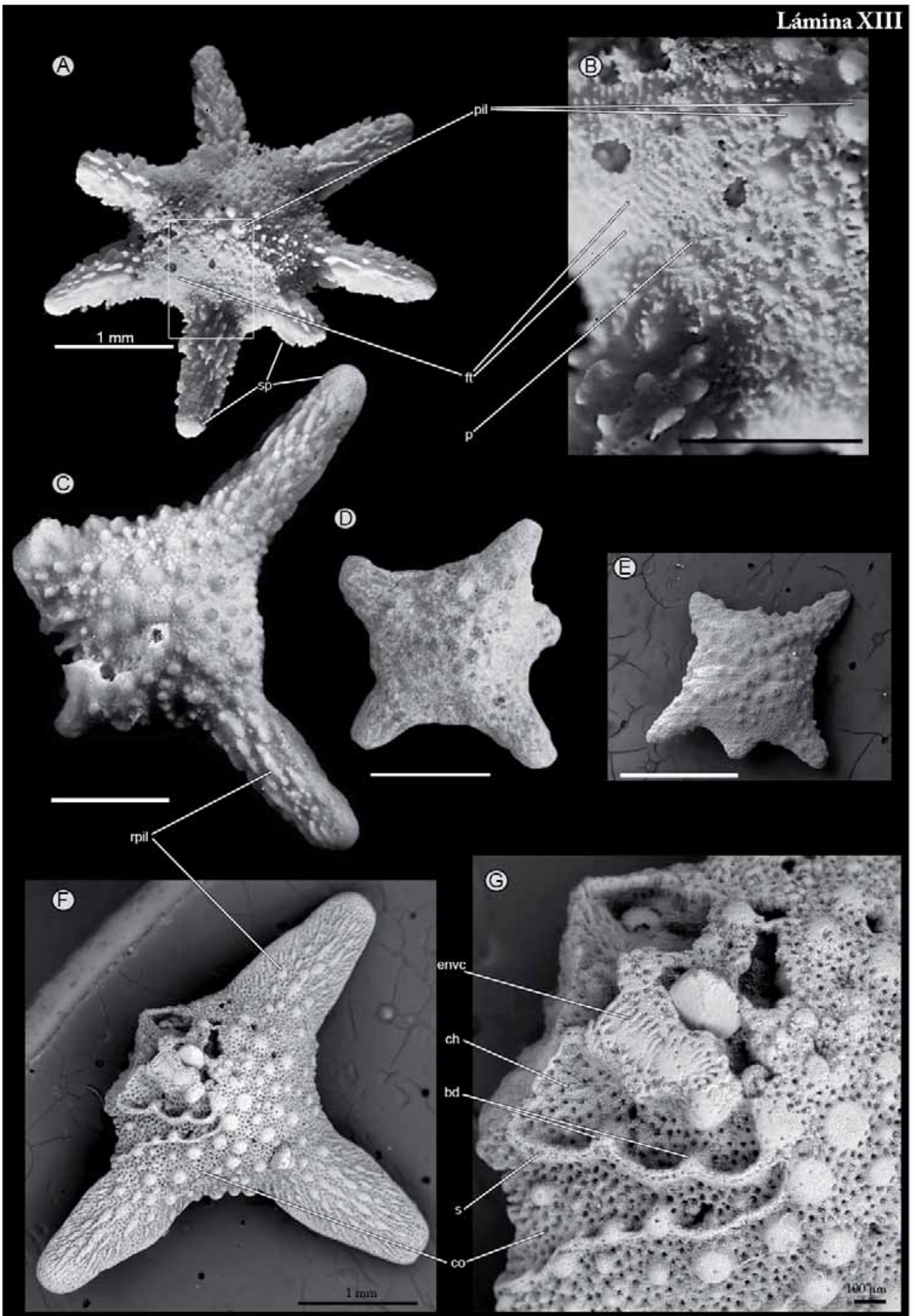
F. Espécimen roto con 3 espinas procedente de la localidad de Maastricht (IVf-1, ENCI). Nótese que tiene la superficie de la concha y una espina rotas, hecho que nos permite ver la estructura interna. Además, las espinas son más aplanadas, en forma de espada, y la ornamentación los *ridge piles*, no son tan marcados como en *S. calcitrapoides*.

G. Detalle de la Fig. F de la parte fracturada de las últimas cámaras. Nótese que el septo de la pe-

núltima cámara se arquea para tomar de base de apoyo los *beads*. Se observan los canales envolventes por encima de la antepenúltima cámara, que anteriormente, cuando aún era la última cámara, era parte de la ornamentación *feathered groove*, como en la Fig. B. Esta ornamentación se ha cubierto con la lamelación secundaria para formar los canales envolventes. Véase también los múltiples orificios de los canales.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **co:** orificio del canal; **envc:** canales envolventes; **ft:** ornamentación plumosa; **p:** poros; **pil:** apilamientos lamelares; **rpil:** cadena de apilamientos lamelares; **s:** septo; **sp:** espina





## Lámina XIV

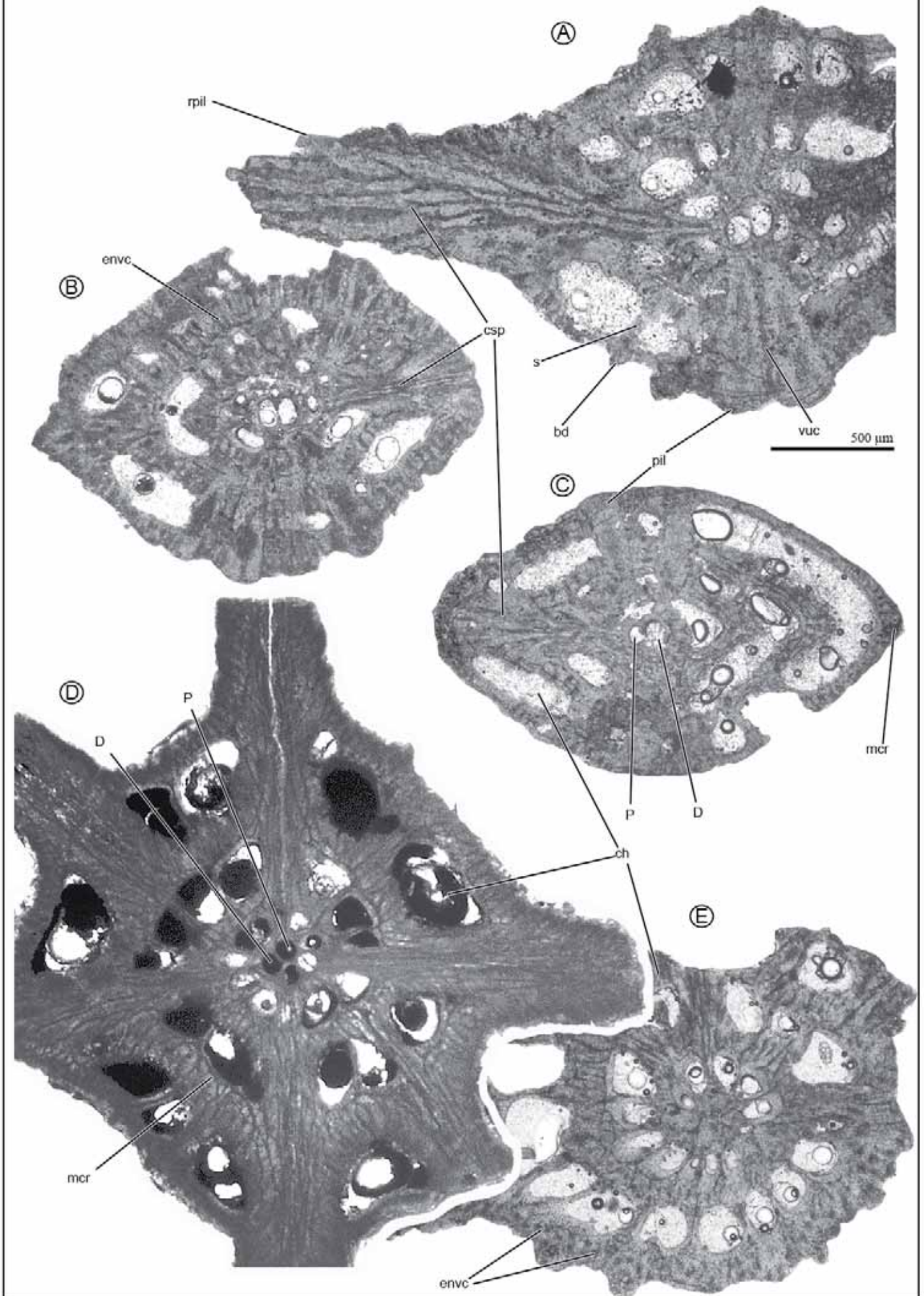
*Siderolites calcitrapoides* LAMARCK, 1801, de la localidad de Maastricht (IV-f) (x50)

**A-C.** Secciones axiales con grandes apilamentos lamelares. Nótese que el sistema de canales envolventes y el sistema de canales marginales son similares. Sin quilla desarrollada.

**D.** Sección ecuatorial con los canales marginales radiales.

**E.** Sección transversal oblicua con los canales envolventes.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **D:** deuteroconcha; **csp:** espina canaliculada; **envc:** canales envolventes; **mcr:** canales marginales radiales; **P:** protoconcha; **pil:** apilamentos lamelares; **rpil:** cadena de apilamentos lamelares; **s:** septo; **vuc:** canales umbilicales verticales



## Lámina XV

*Siderolites praecalciatrapoides* NEUMANN, 1986, de las secciones estratigráficas de Terradets y el Coscoll (x50)

**A.** Sección ecuatorial centrada. Obsérvese que los canales marginales radiales son más cortos que en géneros como *Pseudosiderolites*. Las canalculadas se desarrollan desde las primeras vueltas en forma de arborescente o en haz (MARG-418).

**B.** Sección transversal ligeramente oblicua. Nótese como los canales intraseptales se bifurcan para formar los canales envolventes (MARG-418).

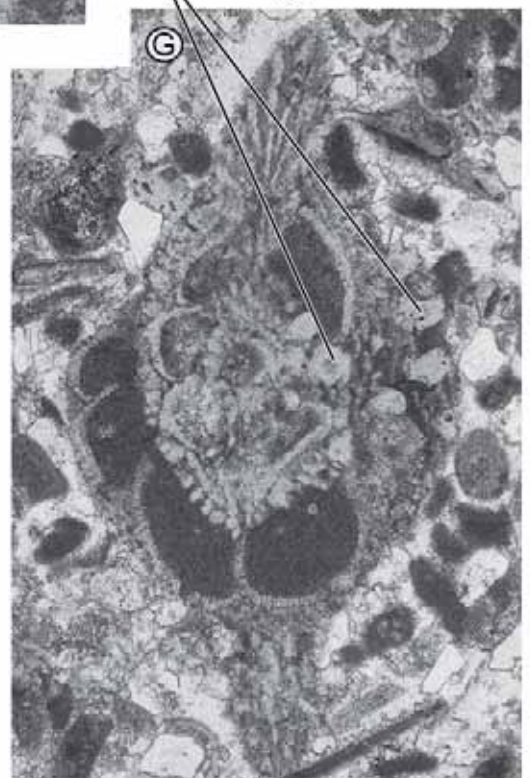
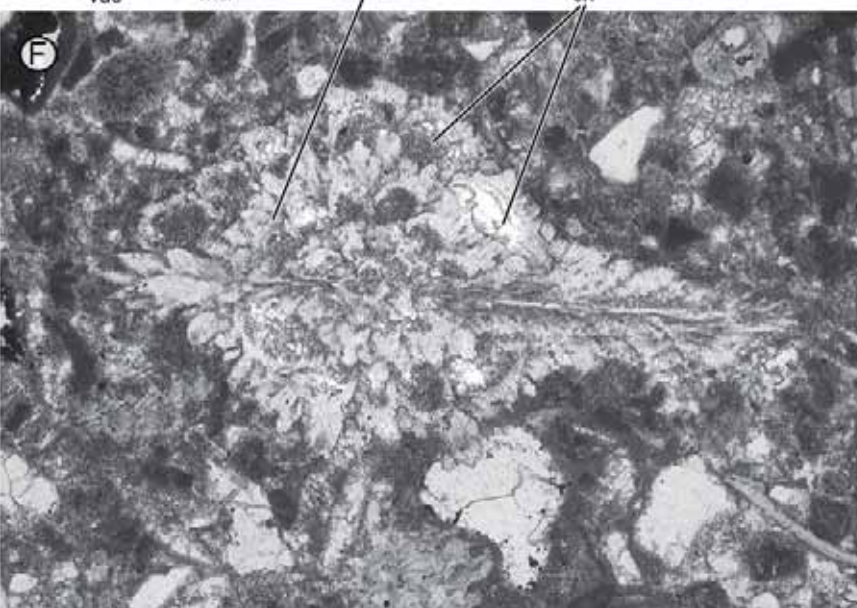
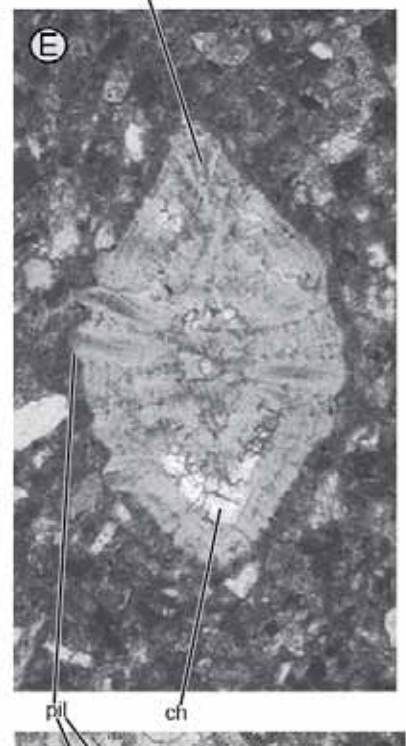
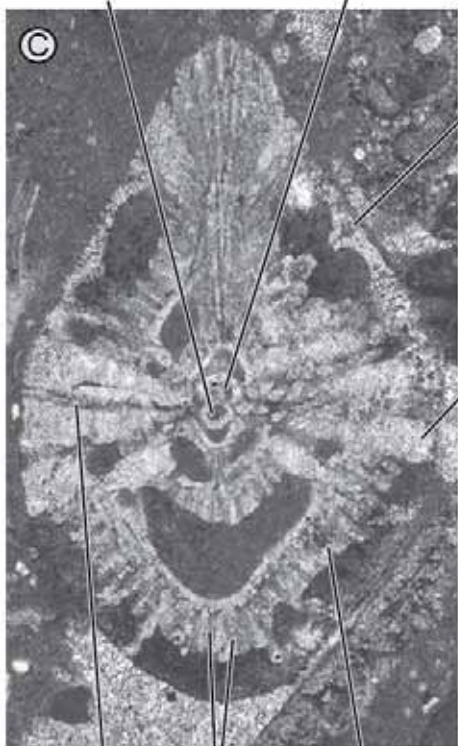
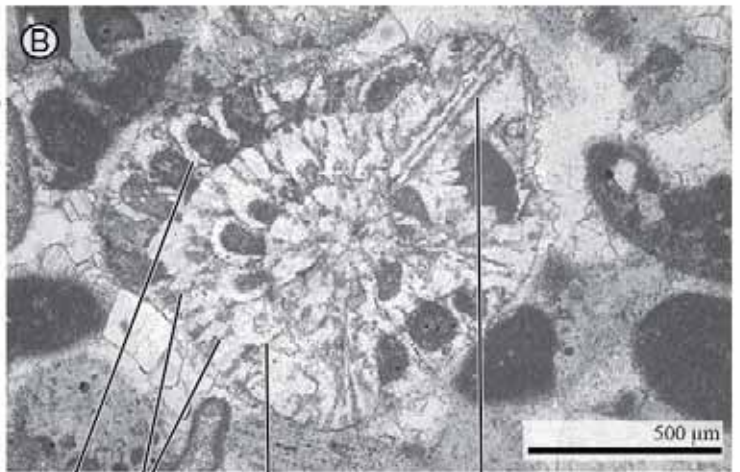
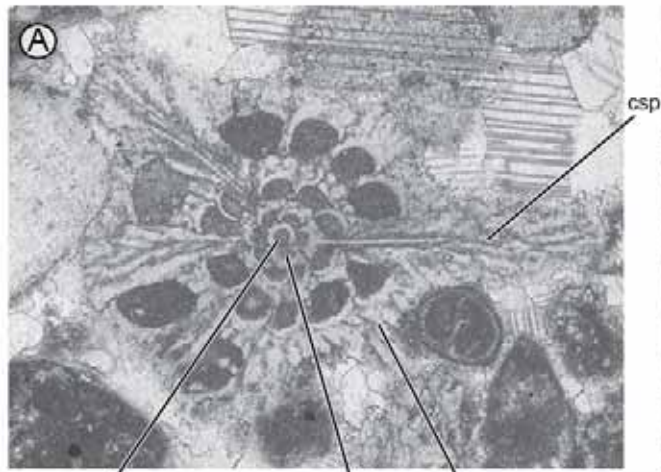
**C.** Sección axial centrada con apilamentos lamelares y canal umbilical vertical. También se observa la sección longitudinal de una espina con sus canales en forma de pluma, hacia el lado opuesto no se secciona ninguna espina pero si se observan los

canales marginales radiales, con una periferia roma y sin desarrollar una quilla. El sistema de canales envolventes y el sistema de canales marginales tienen la misma morfología. Véase el embrión reniforme (RV-145).

**D, F-G.** Secciones longitudinales oblicuas (MARG-230, MARG-231, MARG-230).

**E.** Sección axial centrada donde no se ha seccionado de manera clara las espinas canalculadas pero se puede observar su morfología radial (MARG-231).

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **csp:** espinas canalculadas; **D:** deuteroconcha; **envc:** canales envolventes; **ic:** canal intraseptal; **mcr:** canal marginal radial; **P:** protoconcha; **p:** poros; **pil:** apilamentos lamelares; **s:** septo; **vuc:** canal vertical umbilical



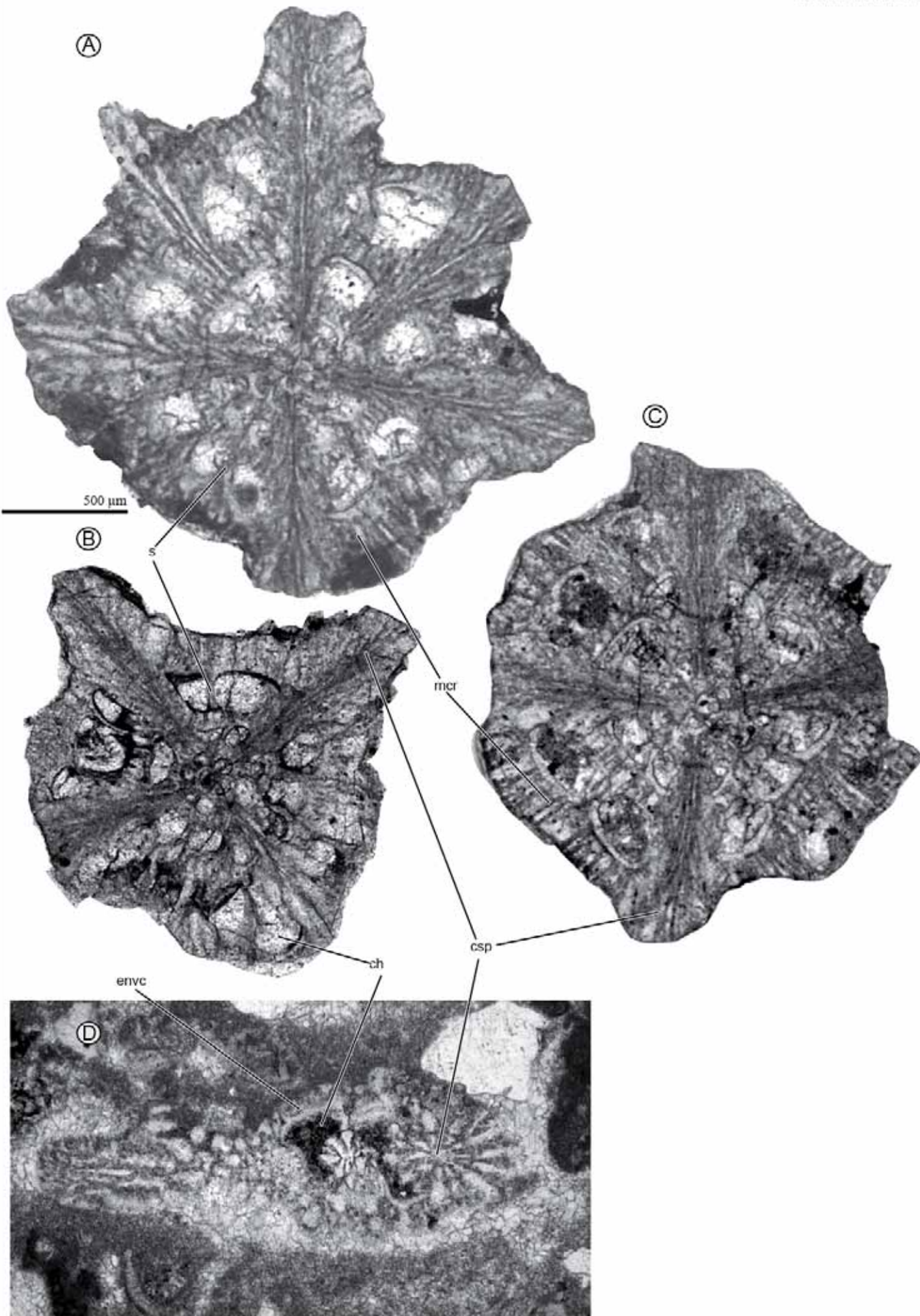
## Lámina XVI

*Siderolites aff. calcitrapoides* LAMARCK, 1801, de Homes Morts y Montrebei (x50)

A-C. Secciones ecuatoriales centradas con espinas canaliculadas (RR15).

D. Sección longitudinal donde se observan las espinas canaliculadas en corte transversal (RV-146).

**Abreviaturas:** ch: cámara; csp: espina canaliculada; envc: canales envolventes; mcr: canal marginal radial; s: septo



## Lámina XVII

### *Siderolites denticulatus* DOUVILLÉ, 1906, de la localidad de Maastricht (x25)

A, C-E. Secciones ecuatoriales centradas con borde denticulado. Nótese que las espinas tienen forma de abanico.

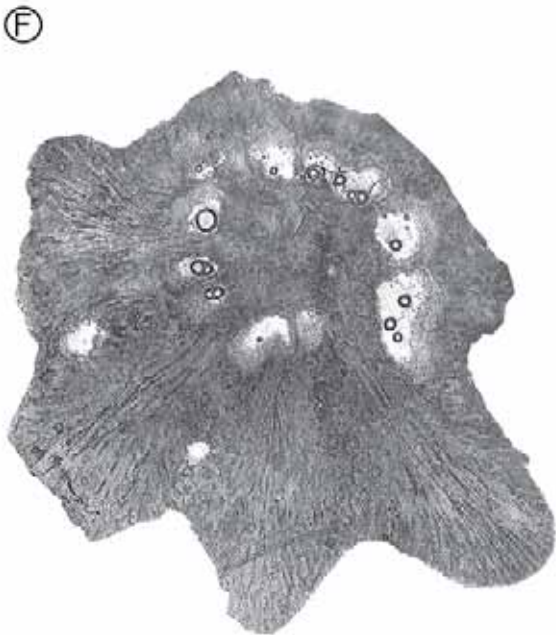
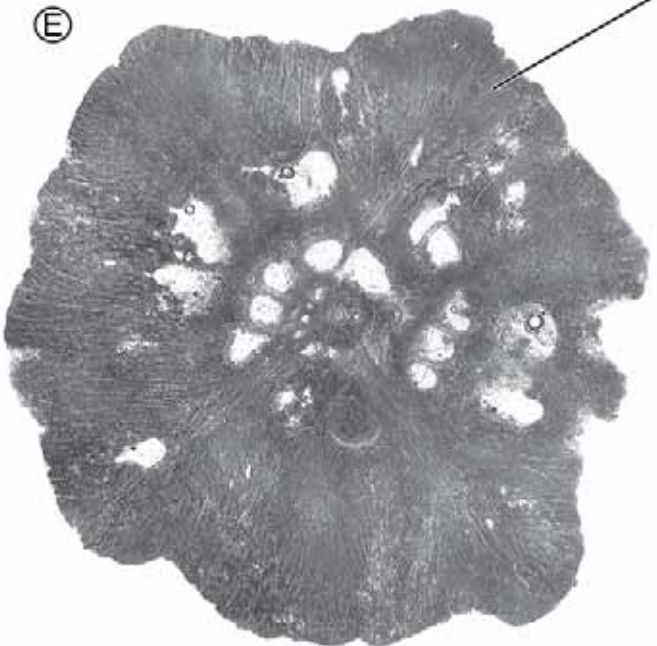
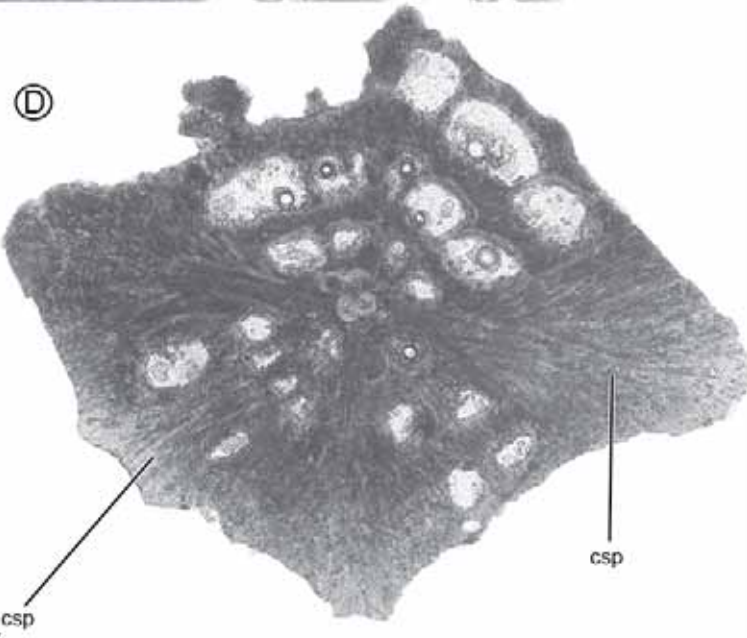
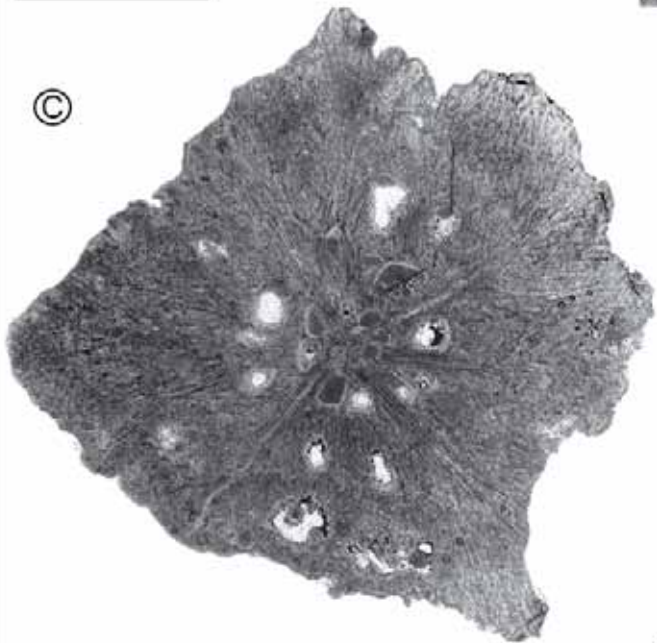
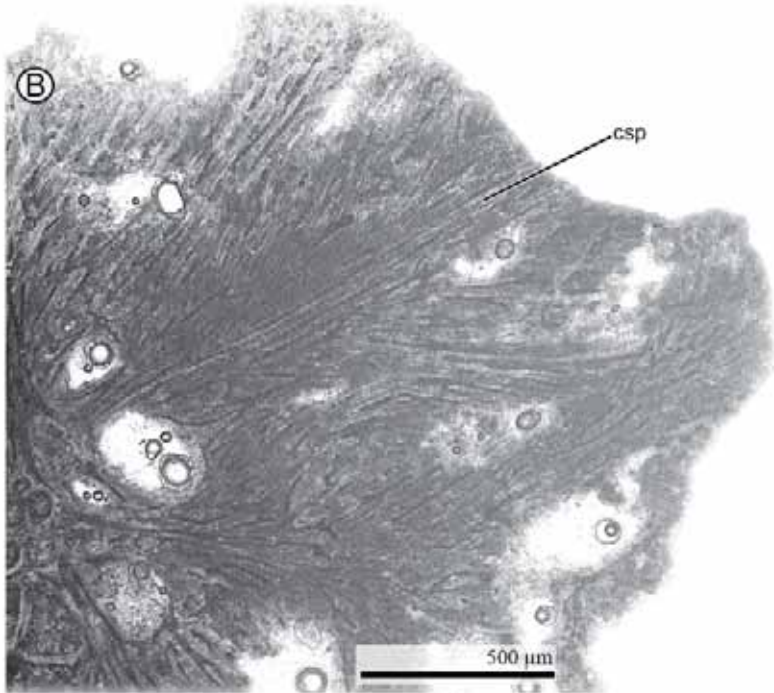
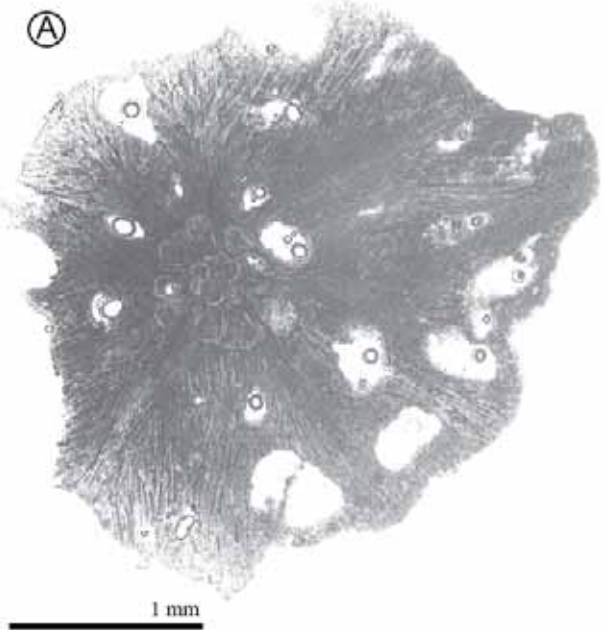
B. Detalle de la figura B. Obsérvese que las espinas denticuladas contienen canales que se cruzan en diferentes direcciones para desembocar al exte-

rior (x50).

F. Sección transversal donde corta la vuelta anterior de manera tangencial pero por las condiciones de recristalización no se observan los canales umbilicales.

Abreviaturas: csp: espina canaliculada





## Lámina XVIII

### *Siderolites* n.sp., de la localidad del Ciolo (x25)

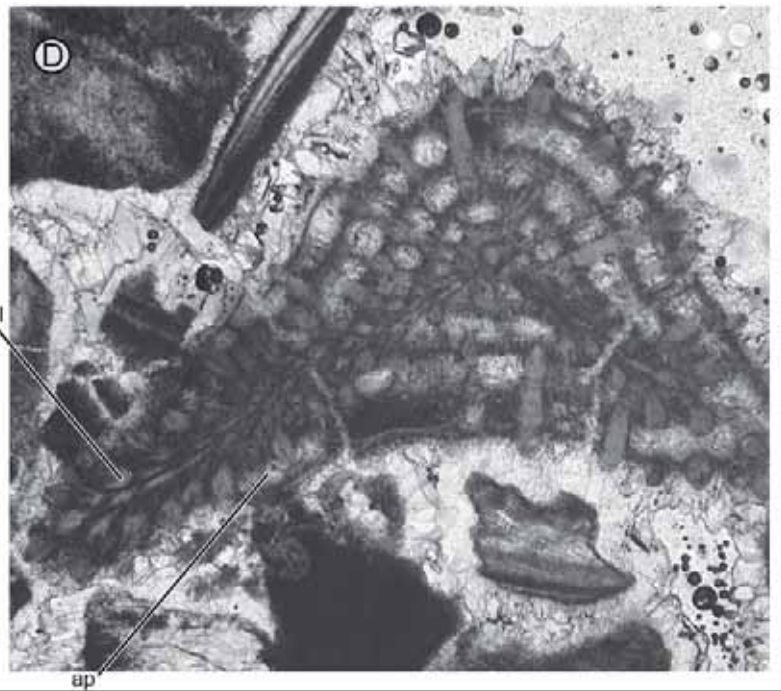
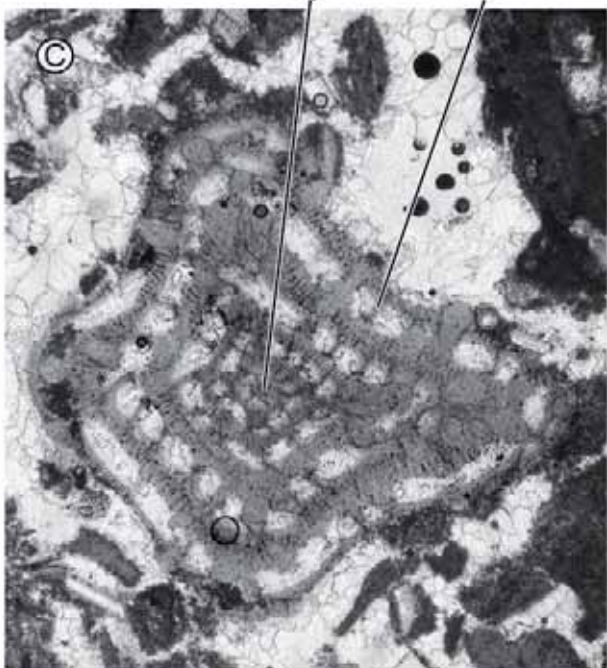
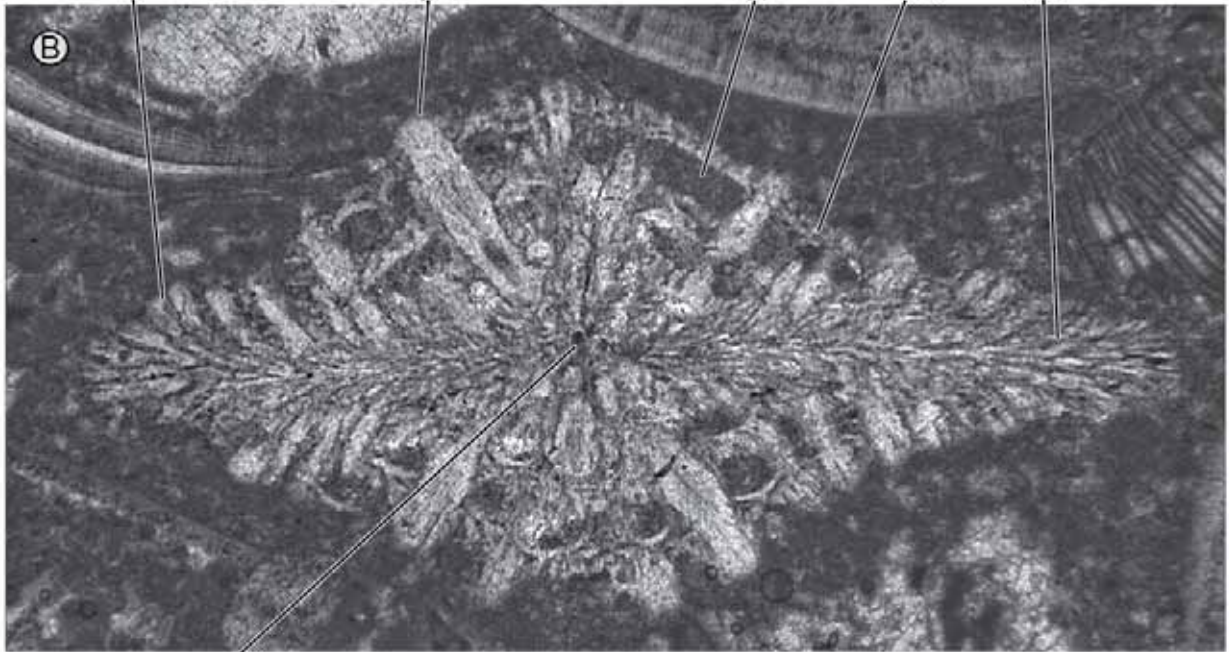
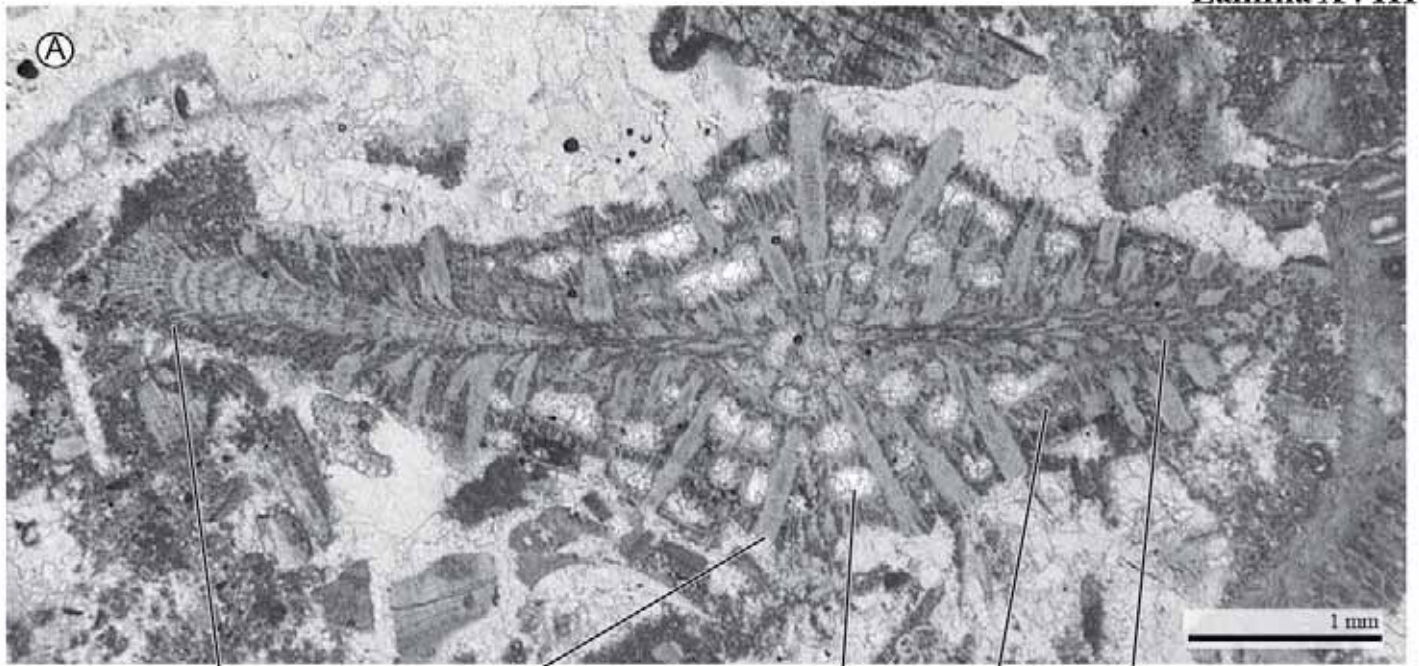
A. Sección axial no centrada. Nótese los grandes gránulos que contiene el espécimen y que las cámaras envuelven la espina canaliculada (**ap**, prolongación alar–*alar prolongation*). Se corta tangencialmente una espina y la otra longitudinalmente donde se observa una estructura interna laminada

(EC-12).

B. Sección axial centrada con los canales envolventes y las espinas canaliculadas (A8697c).

C-D. Secciones transversales que se observan grandes gránulos, en la espinas *ridge piles*, y cámaras cuadrangulares (EC-12).

**Abreviaturas:** **ap:** prolongaciones alares; **ch:** cámara; **csp:** espina canaliculada; **e:** embrión; **envc:** canales envolventes; **pil:** apilamentos lamelares; **rpil:** cadena de apilamentos; **s:** septo; **sp:** espina



## Lámina XIX

### *Siderolites* n.sp., de la localidad del Ciolo y Capo Passero (x25)

A. Sección longitudinal donde se observan las múltiples vueltas de espira y un sistema de canales muy denso (4, Capo Passero).

B. Detalle de la espina canaliculada del individuo de la Fig. A donde se observan canales perpendiculares al sistema de canales de las espinas (x50).

C. Sección transversal donde se observan los grandes gránulos, espinas y las cámaras cuadrangulares (4).

E. Sección transversal de una espina donde se ve la espina en el centro con los canales en morfología radial y las cámaras y los *beads* de la vuelta an-

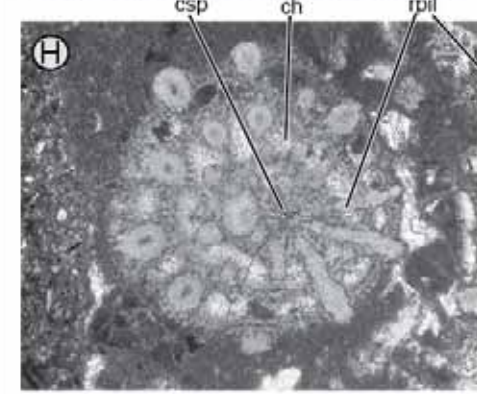
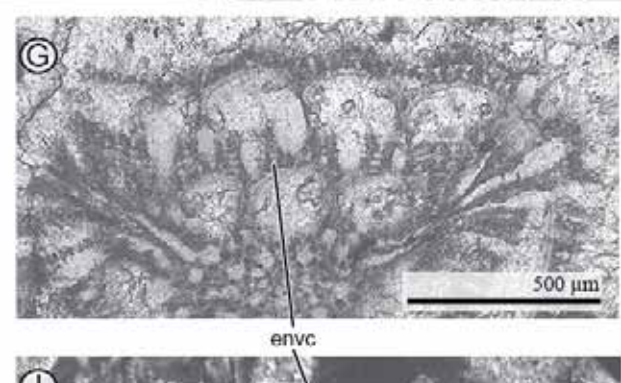
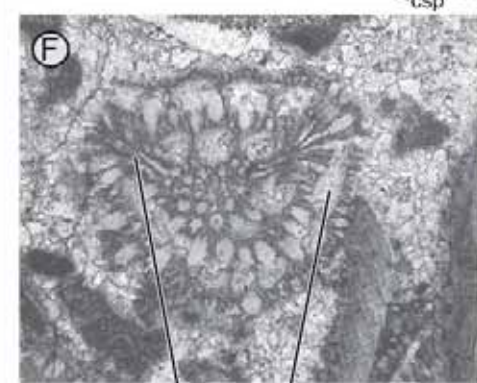
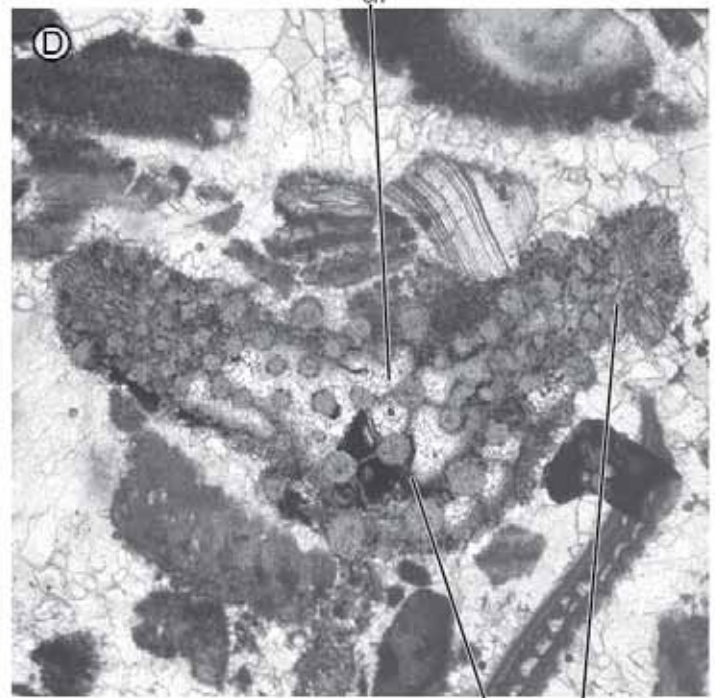
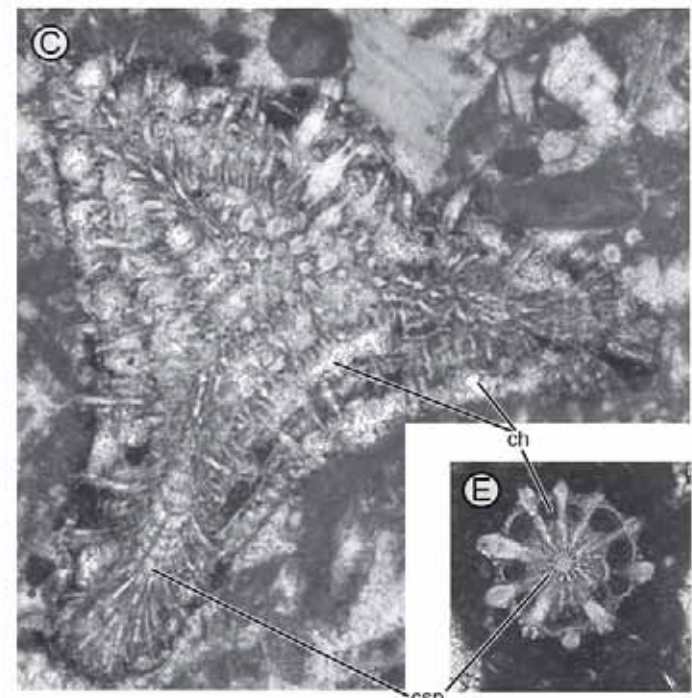
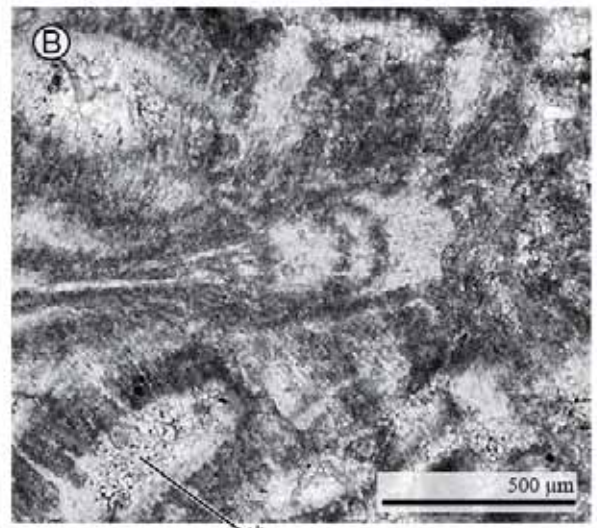
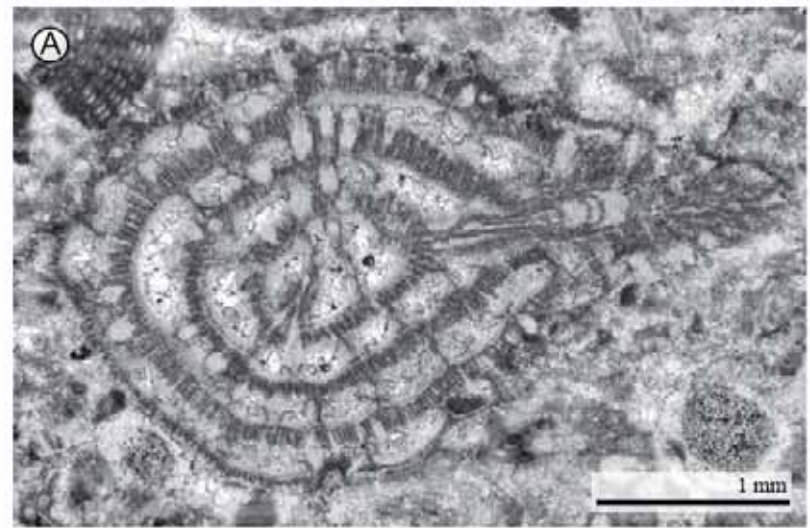
terior rodeándola (4).

D, J. Secciones tangenciales donde se observan las espinas canaliculadas con los septos (EC-12, A8697).

F, H-I. Secciones longitudinales oblicuas con grandes gránulos (A8338, A8402.3, A8338.8)

G. Detalle de la estructura del sistema de canales envolvente del individuo de la Fig. F (x50). Nótese que hay una estructura perpendicular que corta los canales envolventes, ésta es la laminación secundaria.

**Abreviaturas:** ch: cámara; csp: espina canaliculada; envc: canales envolventes; rpil: cadena de apilamientos lamelares; s: septo



## Lámina XX

*Wannierina* n.gen. *catalunienis* (WANNIER, 1980), individuos aislados en la localidad de Homes Morts (x50)

A. Individuo aislado fotografiado con SEM. Obsérvese la quilla marcada en el plano ecuatorial y la ornamentación con los *beads* y *piles*.

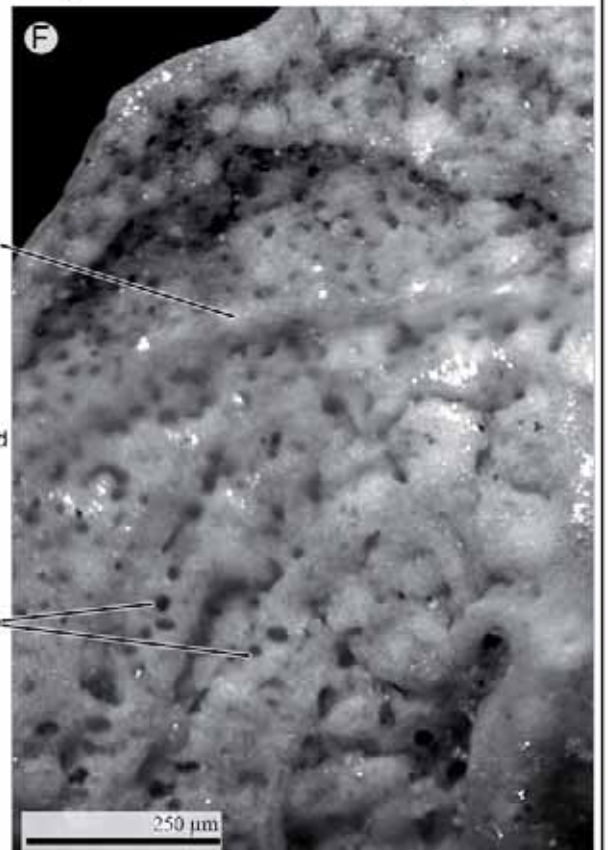
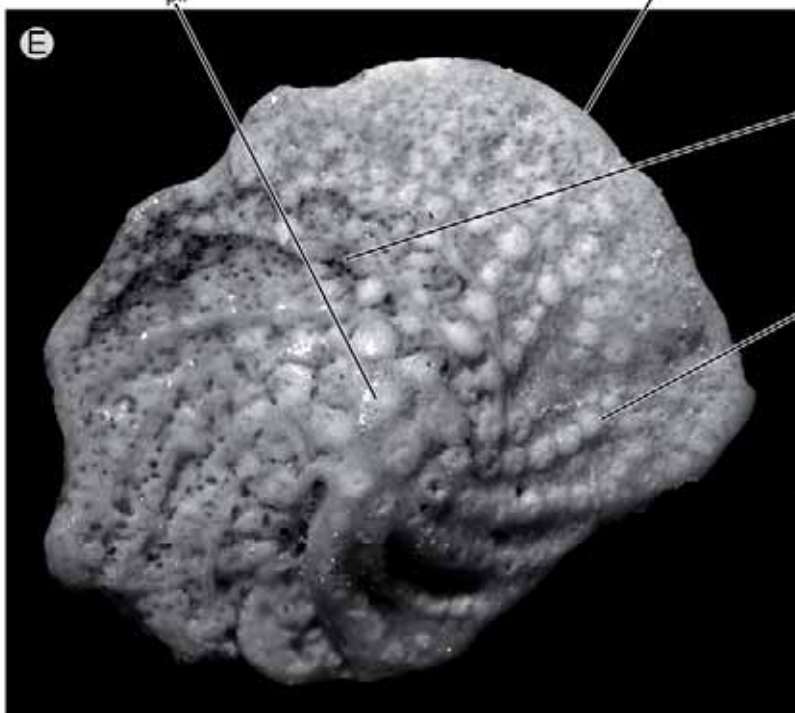
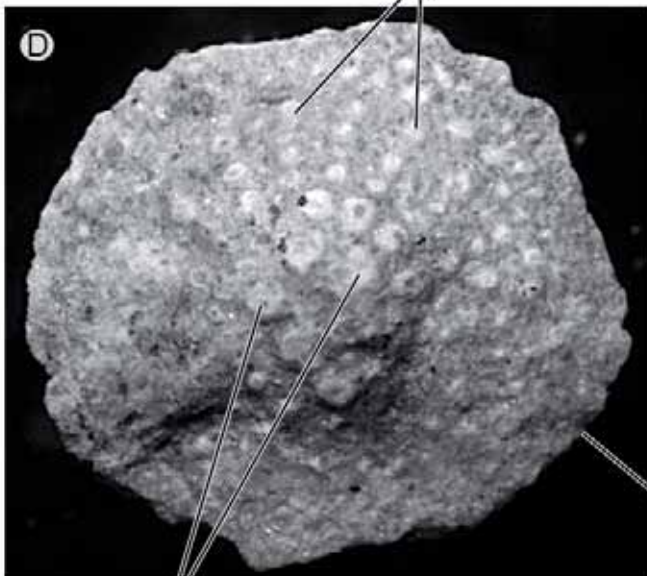
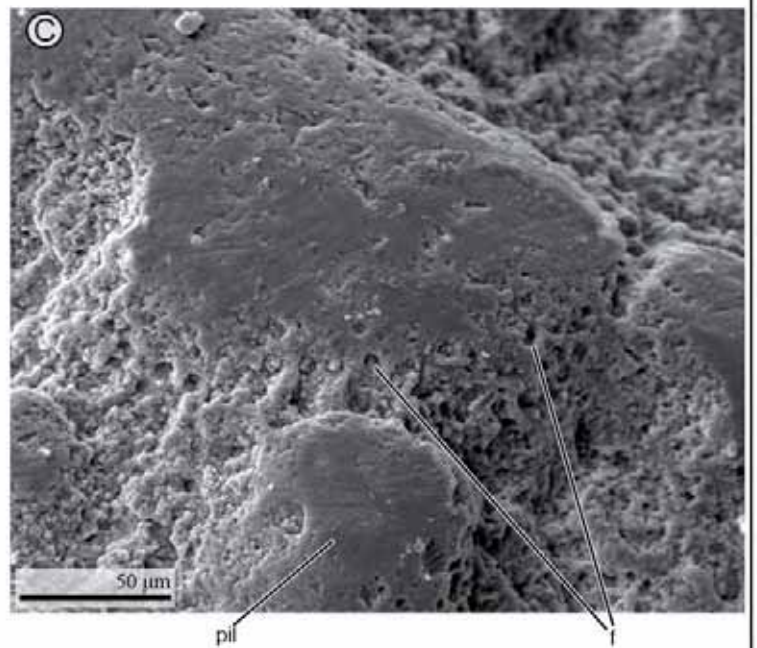
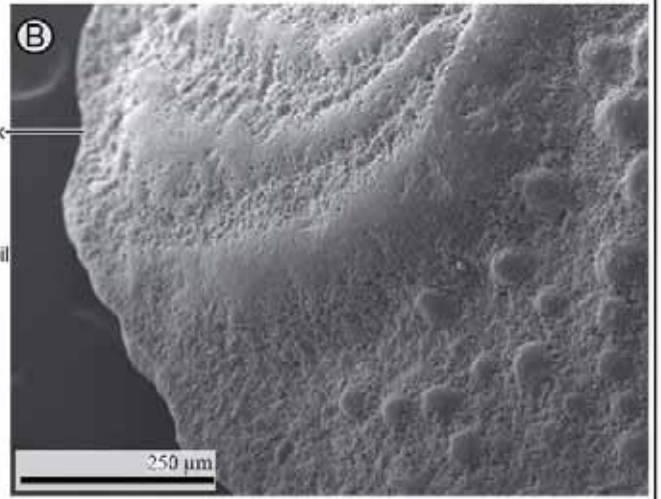
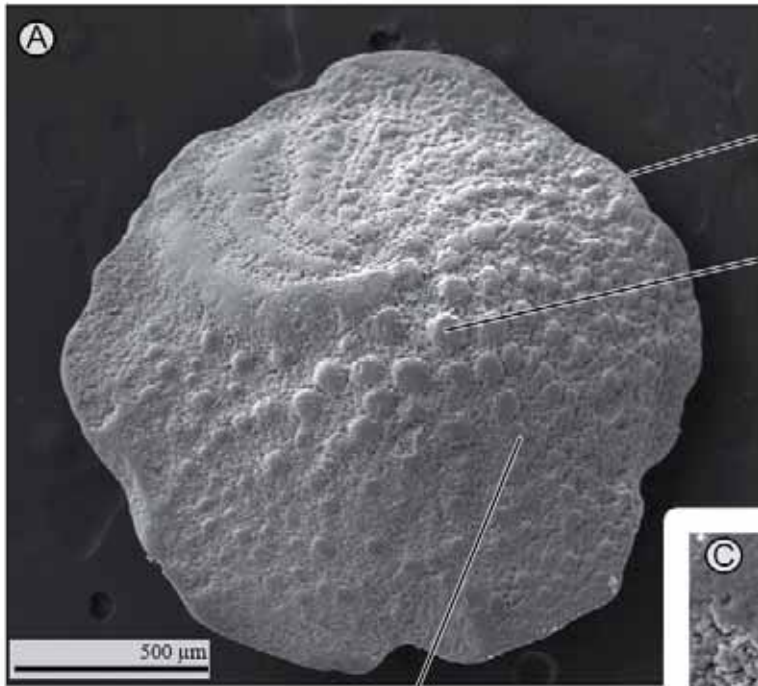
B. Detalle de la figura A donde se muestran las últimas cámaras (x100).

C. Detalle de la figura A donde se observa la cara apertural de la última cámara en posición umbilical. Nótese la hilera de *foramina* alineadas en la base del septo (x400).

D, E. Individuos aislados fotografiados con la lupa binocular con una quilla marcada. Obsérvese, que en la figura E, el espécimen está erosionado y se ve internamente, véase también los múltiples orificios del sistema de canales envolvente.

F. Detalle de la Fig. E donde se ve el septo y los orificios de los canales (x100).

**Abreviaturas:** bd: cuentas; co: orificio del canal; f: abertura intercameral; k: quilla; pil: apilamientos lamelares; s: septo



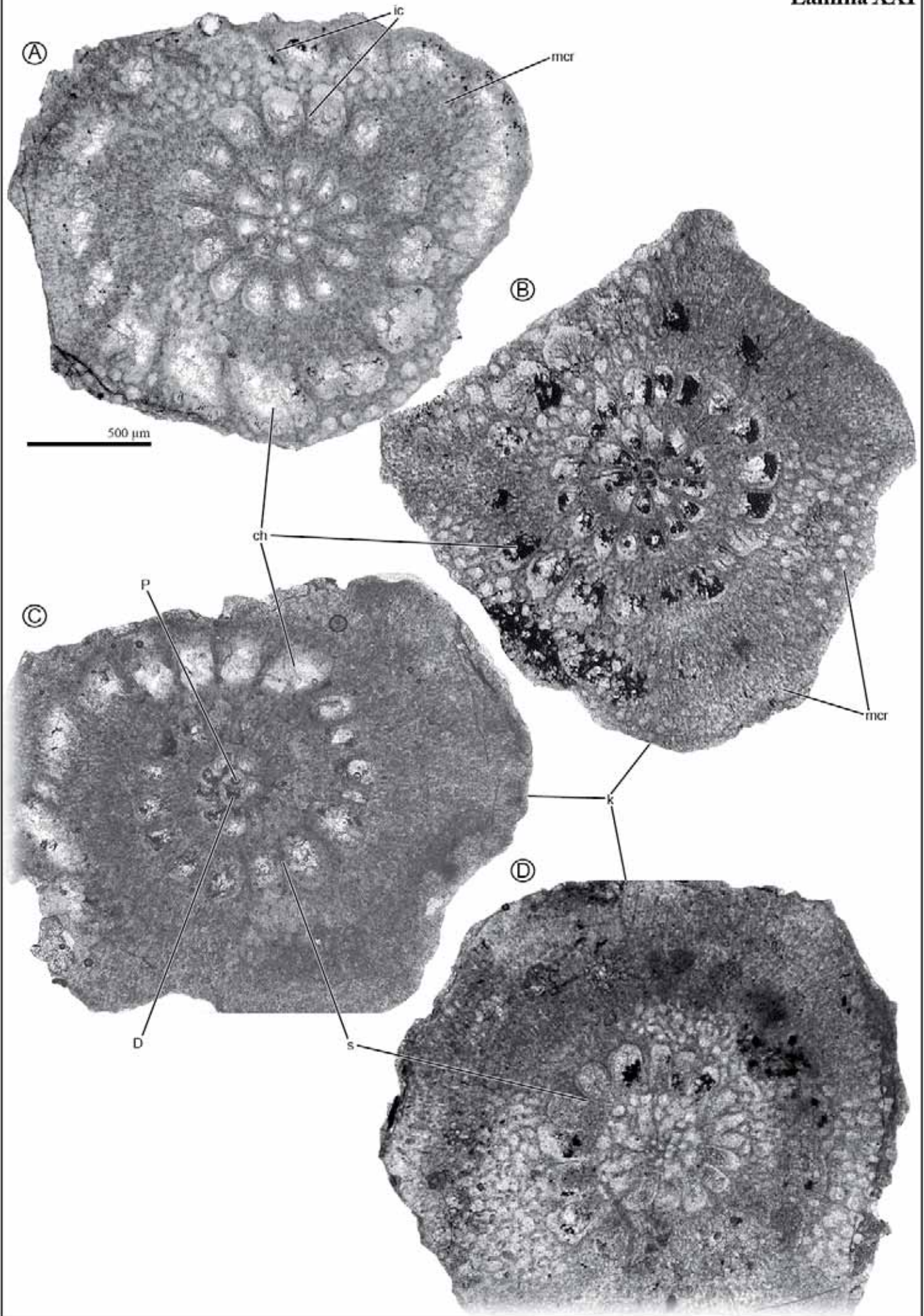
## Lámina XXI

*Wannierina* n.gen. *catalunienis* (WANNIER, 1980), individuos aislados de la localidad de Homes Morts (x50)

A-D. Secciones ecuatoriales orientadas. Véase los desarrollo de ésta (RR19, RR22 y RR20).  
canales marginales radiales en la quilla y el gran

**Abreviaturas:** ch: cámara; D: deuteroconcha; ic: canal intraseptal; k: quilla; mcr: canal marginal radial; P: protoconcha; s: septo





## Lámina XXII

*Wannierina* n.gen. *catalunienis* (WANNIER, 1980), de la localidad de Homes Morts (RR17) (x50)

**A.** Sección longitudinal ligeramente oblicua donde se observan los canales marginales radial con morfología *herring-bone*, los canales umbilicales bifurcados (aparentemente discontinuos) y entre medio los apilamientos lamelares.

**B.** Sección longitudinal casi tangencial que corta la quilla de las últimas vueltas y se ven los canales marginales radiales con el sistema de canales envolvente densamente ramificado.

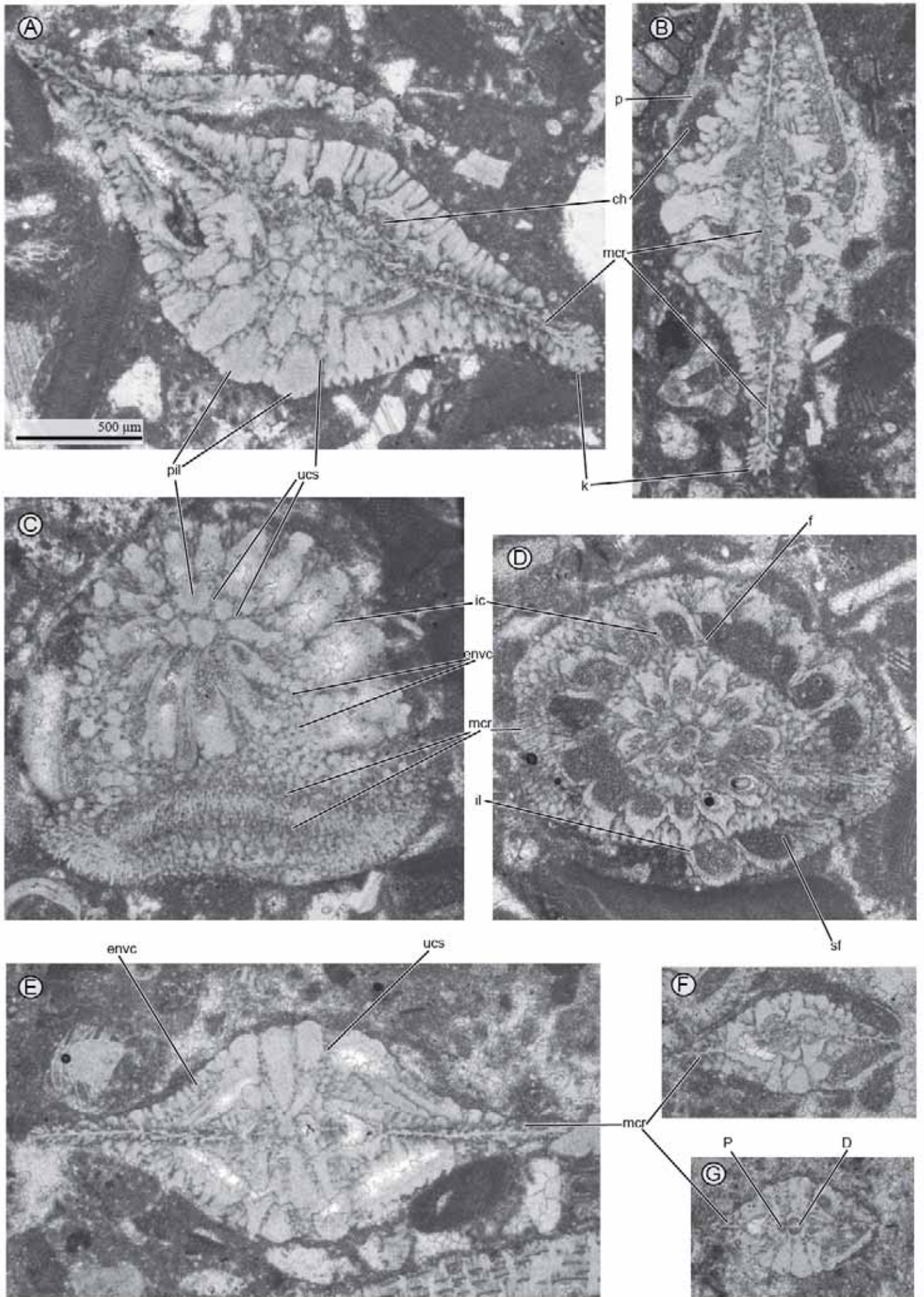
**C.** Sección transversal ligeramente oblicua donde se observa la quilla y sus canales marginales radiales y, además, los canales umbilicales y los canales envolventes de la pared lateral de la concha.

**D.** Sección ecuatorial ligeramente oblicua donde se observa el embrión con la protoconcha y la deuterconcha y el sistema de canales envolvente.

**E.** Sección axial donde se ven los canales marginales radiales con morfología de *herring-bone* en la quilla, los canales umbilicales discontinuos entre medio de los *piles* y canales envolventes bifurcados.

**F-G.** Secciones transversal ligeramente oblicua y axial centrada de dos individuos juveniles. Nótese que la simetría en espina de pez de los canales marginales se desarrolla en estadios tempranos de crecimiento.

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **D:** deuterconcha; **envc:** canales envolventes; **f:** abertura intercameral; **ic:** canal intraseptal; **il:** lamela interna; **k:** quilla; **mcr:** canal marginal radial; **P:** protoconcha; **p:** poro; **pil:** apilamientos lamelares; **sf:** cara septal; **ucs:** canales umbilicales



## Lámina XXIII

*Wannierina* n.gen, n.sp., individuos aislados de la localidad de Vilavella (84114) (x50)

**A-B.** Individuos aislados fotografiados con lupa binocular. Véase borde redondeado con quilla marcada y la ornamentación, los apilamentos lamelares más gruesos y situados en la zona umbilical y los *beads* arqueados.

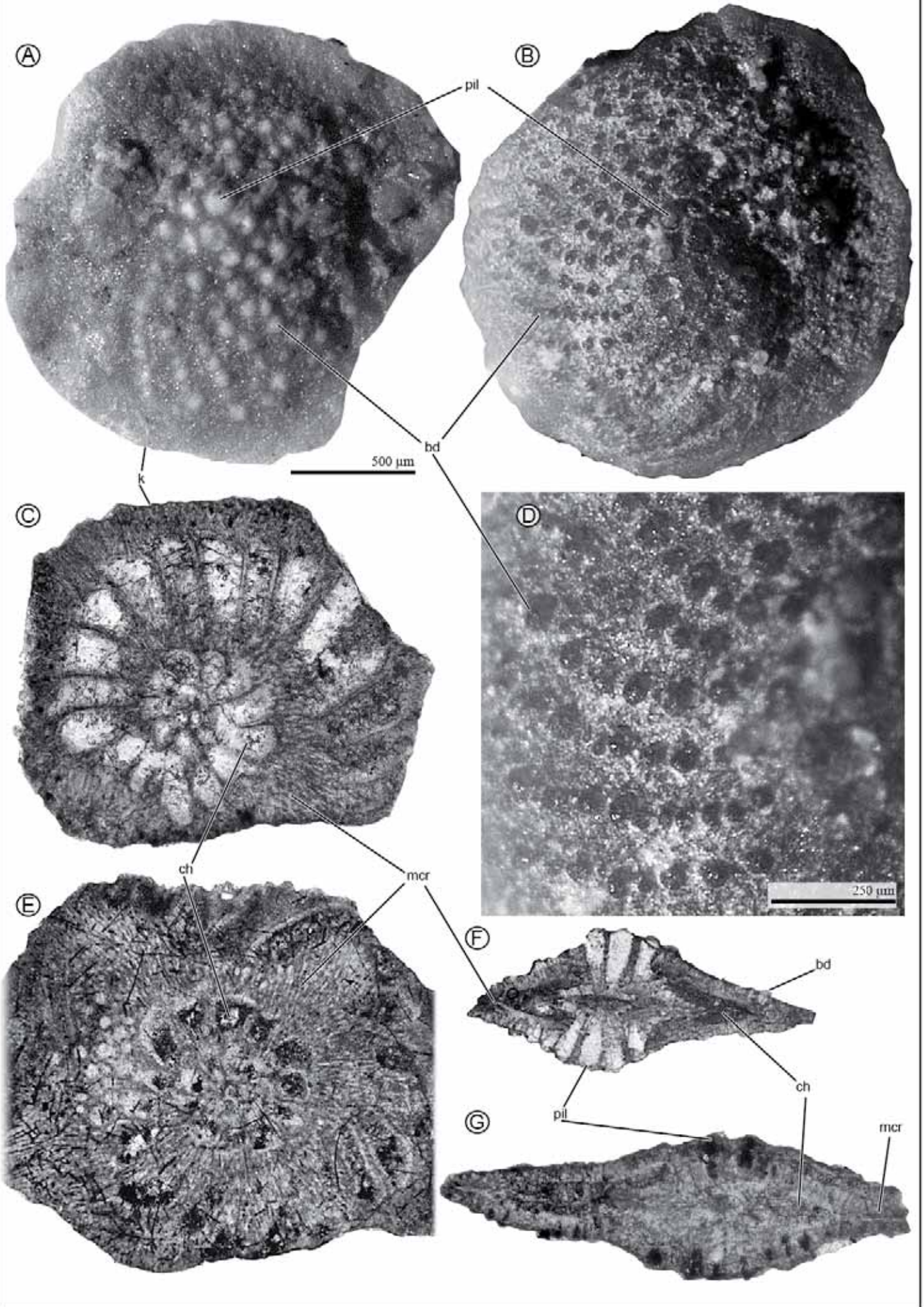
**C, E.** Secciones ecuatoriales centradas donde se observa el embrión y los canales marginales radia-

les.

**D.** Detalle de la ornamentación, *beads*, del individuo de la Fig. **B** (x100).

**F, G.** Secciones axiales no centradas. Véase la quilla desarrollada con los canales marginales radiales en *herring-bone*.

**Abreviaturas:** **bd:** cuentas; **ch:** cámara; **k:** quilla; **pil:** apilamentos lamelares; **mcr:** canales marginales radiales



## Lámina XXIV

### *Wannierina* n.gen, n.sp., de la localidad de Vilavella (EC-343) (x50)

**A-B.** Secciones axiales centradas donde se observan los apilamientos lamelares, los canales envolventes ramificados en la pared lateral de la concha y canales marginales radiales con morfología en *herring-bone*.

**C.** Sección transversal oblicua donde se observa la protoconcha y la deuterconcha en posición central.

**D.** Sección transversal oblicua donde se observan los canales umbilicales.

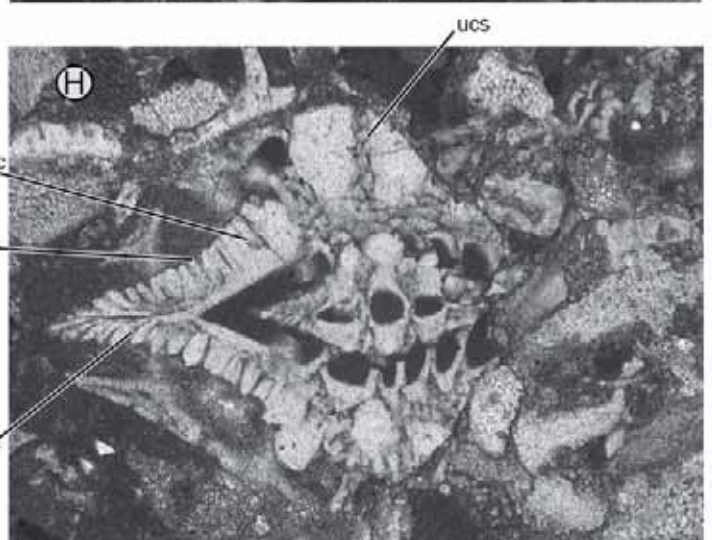
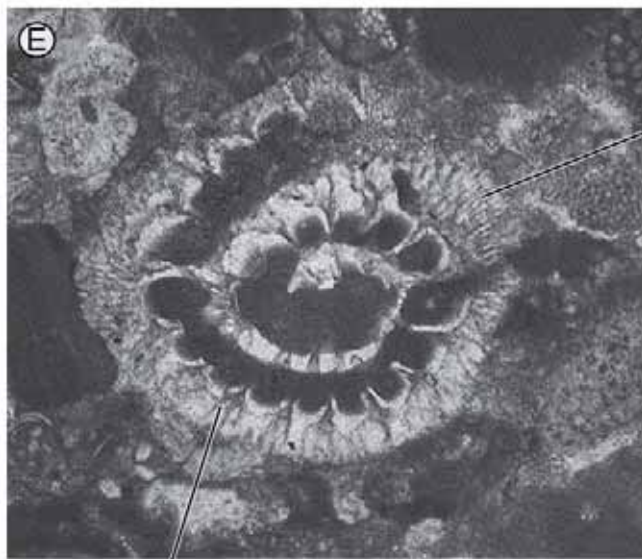
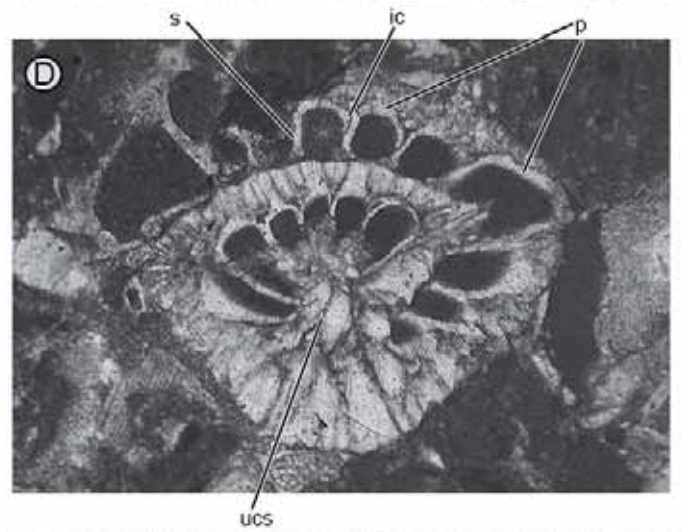
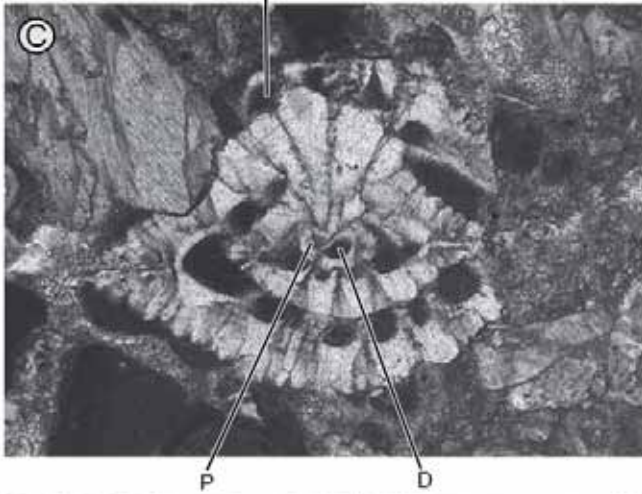
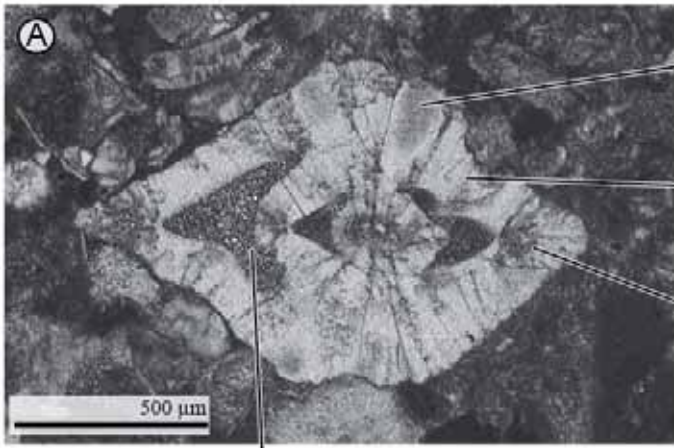
**E.** Sección ecuatorial ligeramente oblicua con los

septos erosionados. Nótese que no afloran siempre los canales marginales radiales, sino que también lo hacen los canales envolventes ramificados, esto es debido a que la sección es ligeramente oblicua.

**F.** Sección tangencial con los canales intraseptales y los canales envolventes ramificados.

**G-H.** Secciones longitudinales donde se observan los canales envolventes y canales umbilicales ramificados y los canales marginales radiales en forma de espina de pez.

**Abreviaturas:** **ch:** cámara; **D:** deuterconcha; **envc:** canales envolventes; **P:** protoconcha; **pal:** papilas; **pil:** apilamientos lamelares; **mcr:** canales marginales radiales; **ml:** mallas laterales o canales envolventes; **ucs:** canales umbilicales







## **CAPÍTULO 7**

# **CARACTERÍSTICAS PALEOAMBIENTALES**



## 7. CARACTERÍSTICAS PALEOAMBIENTALES

### 7.1. COMPARACIÓN RECIENTE-FÓSIL

El conocimiento de las características paleoambientales de los macroforaminíferos fósiles se basa generalmente en su comparación con las especies que viven en los mares y océanos actuales, y en los parámetros que rigen su distribución. Entre estos parámetros destacan la temperatura superficial del agua, la penetración de la luz en la columna de agua, la naturaleza del substrato y los nutrientes disueltos en el agua (Hallock, 1984, 1987; Reiss y Hottinger, 1984; Hottinger et al., 1993; Hohenegger, 1994, 1996, 2000, 2004, 2009, 2011a; Hohenegger et al., 1999, 2000; Langer y Hottinger, 2000; Renema y Troelstra, 2001; Renema, 2008).

Tal comparación entre los macroforaminíferos actuales y fósiles es posible porque la compleja arquitectura de la concha de los macroforaminíferos, y los siderolítidos no son una excepción, que permite, mediante el uso de la anatomía comparada, separar los caracteres evolutivos de los adaptativos que en ella se reflejan. Sin embargo, la comparación no está exenta de problemas; aún cuando, como en el caso de los siderolítidos, hay taxones análogos en los océanos actuales, la relación filogenética entre las formas fósiles y actuales es inexistente o, al menos, dudosa. En consecuencia, tal como sugieren Romero et al. (2002) en un estudio basado en la distribución de los macroforaminíferos del Eoceno medio, la comparación debe estar basada en taxones que tengan una respuesta

comparable ante unas mismas condiciones específicas del medio actual y fósil.

En este estudio se consideran análogos de los siderolítidos los representantes de la Familia Calcarinidae; aunque el crecimiento de su concha es distinto, los primeros son planiespirales mientras los segundos son trocoespirales. No obstante, ambos grupos presentan un sistema de canales similar.

### 7.2. LOS CALCARÍNIDOS ACTUALES

Los calcarínidos son macroforaminíferos de tamaño similar a los siderolítidos, que viven en las zonas tropicales y subtropicales del este del continente asiático y en Oceanía (las paleobioprovincias del Pacífico Central y Indopacífico Central según Langer y Hottinger, 2000). La temperatura del agua superficial en estas áreas se sitúa en un intervalo de 22 °C a 30 °C; por ejemplo, en la Gran Barrera australiana, Lobegeir (2002) cita una temperatura de 22 a 24 °C para los meses de invierno y de 27 a 30 °C para los meses de verano.

Todos los calcarínidos albergan simbioses, por lo que su rango de profundidad está limitado a la zona fótica. Además, las distintas especies del grupo poseen diferentes tipos de diatomeas como simbioses, lo que permite su distribución en un amplio rango de profundidades, que va desde las áreas litorales a prácticamente el límite de la zona fótica (Hottinger y Leutenegger, 1980; Hohenegger et al., 1999).

Los calcarínidos colonizan principalmente substratos firmes, siendo muy abundantes entre las hojas de las plantas marinas (*seagrasses*) o talos algales, aunque también pueden encontrarse en el sus-

trato no consolidado del fondo marino (Hottinger, 2006b); son comunes, por ejemplo, entre los detritus de los arrecifes coralinos cubiertos por algas rojas (Renema y Troelstra, 2001).

En general, las formas de gran tamaño con espinas grandes y robustas, como por ejemplo *Calcarina spengleri* (GMELIN, 1791) o *Calcarina gaudichaudii* D'ORBINGY, 1840, viven en suelos firmes de aguas poco profundas (entre 0 y 30 m de profundidad) y elevada energía del agua (Hottinger y Leutenegger 1980; Reiss y Hottinger, 1984; Hohenegger, 1994, 2005). Las espinas actúan como anclaje del foraminífero por medio de los pseudópodos, los cuales pueden adherirse a la vegetación mediante material secretado por las propias espinas (Röttger y Krüger, 1990), con objeto de no ser arrastrado por la alta energía del agua, ya sea oleaje o corrientes. Por el contrario, las formas de pequeño tamaño, como por ejemplo *Calcarina mayori* CUSHMAN, 1924, o sin espinas como *Parrellina hispida* (CUSHMAN, 1936), viven en aguas más profundas (30-60 m y 60-80 m, respectivamente) y menos energéticas (Hottinger y Leutenegger, 1980; Hohenegger et al., 1999; Renema y Troelstra, 2001; Lobegier, 2002).

Los géneros que, como *Baculogypsinoides* YAVE Y HANZAWA, 1930, y *Baculogypsina* SACO, 1893, desarrollan, además de espinas canaliculadas, una red de camarillas suplementarias (denominadas camarillas laterales en la mayoría de los trabajos anteriores, como por ejemplo en Hottinger y Leutenegger, 1980, y Hohenegger, 2011b, entre otros), caracterizan los siguientes nichos ecológicos: *Baculogypsinoides spinosus* YAVE Y HANZAWA, 1930, habita principalmente en sustratos fir-

mes, aunque también puede encontrarse en menor proporción en blandos. La profundidad óptima a la que se encuentra es de entre 40 a 50 m, pero pueden alcanzar los 80 m de profundidad. Por el contrario, *B. sphaerulata* PARKER Y JONES, 1860, parece estar restringida a zonas con escasa profundidad, predominando en las zonas intermareales; no tiene preferencia por el tipo el sustrato, dándose en sustratos tanto blandos como duros. Es extremadamente abundante en ambientes de *flat reef* (Hohenegger et al., 1999).

### 7.3. LOS SIDEROLÍTIDOS DEL CRETÁCICO SUPERIOR

En este trabajo la interpretación de las características paleoambientales de los diferentes géneros y/o especies de siderolítidos se basa en la interacción de dos métodos: por un lado, tal como se ha expresado anteriormente, en su comparación con los grupos análogos actuales, y por otro en el conocimiento de las características sedimentológicas de las rocas sedimentarias que los contienen. En la descripción de las características paleoambientales de los distintos géneros se sigue el mismo orden que en la descripción sistemática.

El género *Praesiderolites*, que presenta el sistema de canales más simple del grupo, carece de espinas y cuyas especies tienen un tamaño relativamente pequeño comparado con los demás géneros, ocurre generalmente en facies de textura *wackestone* y *packstone*, que varían de grano fino a medio (Figs. 7.1 y 7.3 B). Estas facies en el área surpirenaica han sido interpretadas como depositadas en un ambiente de plataforma abierta (Villalonga, 2009), en las que la profundidad de la columna de agua

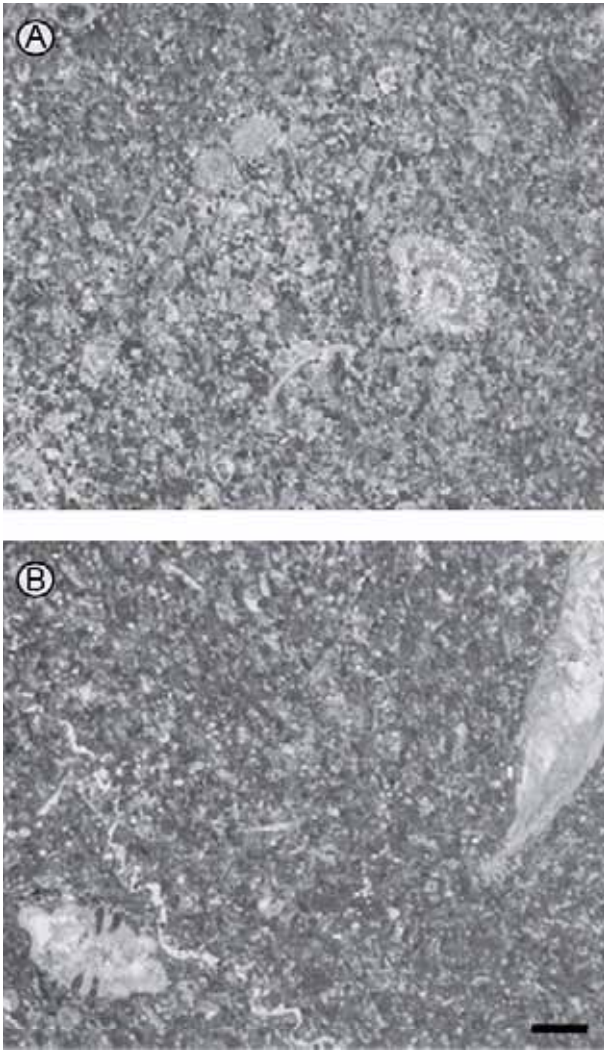


Figura 7.1: Microfacies *wackestone* con *Praesiderolites praevidali* de las Calizas de Terradets. A) Sección del Congost de Terradets (MARG-366); B) Sección Cabana Gabrieló (RV-50). Escala gráfica: 1 mm.

variaría desde el límite inferior de la zona fótica hasta zonas menos profundas, y cuya energía del agua variaría de escasa a moderada; en las facies interpretadas como más profundas, *Praesiderolites* está asociado a espículas de esponjas y algunas secciones de inocerámidos, mientras en las menos profundas hay bivalvos, equinoderms y pequeños bentónicos.

*Arnaudiella*, género relativamente plano y con camarillas suplementarias, ha sido encontrado en microfacies de textura *grainstone*, donde es uno de

los componentes mayoritarios junto con representantes del género *Orbitoides*; estas facies, además, contienen algas rodofíceas y material terrígeno (Fig. 7.2). No obstante, se trata de facies con un cierto grado de retrabajamiento por lo que no son indicativas del medio de vida del organismo. Las características morfológicas de *Arnaudiella* (E/D inferior a 0,5 y su distribución de las camarillas suplementarias) sugieren un hábitat similar al de los *Baculogypsinoides* actuales; es decir, probablemente un sustrato blando o firme en aguas relativamente profundas.

Los representantes del género *Pseudosiderolites*, caracterizados por una morfología lenticular relativamente gruesa, sistema de canales envolventes extraordinariamente complejo y camarillas suplementarias, predominan en facies de textura *packstone* y, más escasamente *grainstone* (Fig. 7.3). Estos depósitos han sido interpretados en el área surpirenaica como depósitos de margen de plataforma (Villalonga, 2009). En estos depósitos, *Pseudosiderolites* está asociado principalmente a

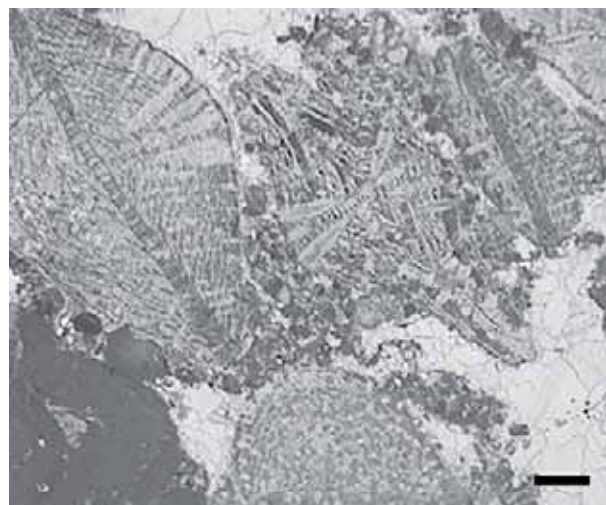


Figura 7.2: Microfacies *grainstone* con *Arnaudiella grossovrei* en la sección SA1 de la Serra de les Agulles (P5-20). Escala gráfica: 1 mm.

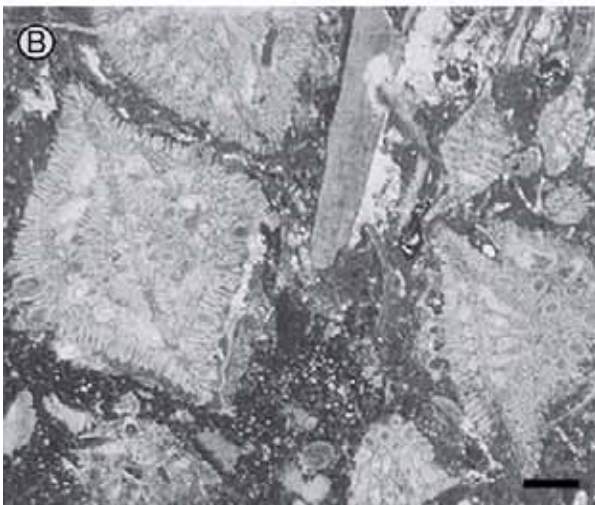
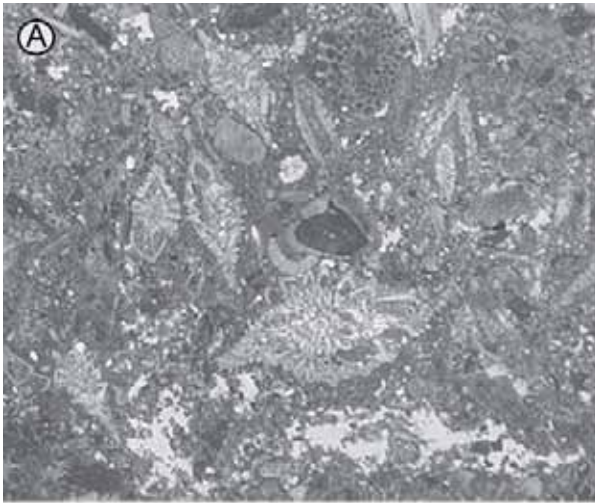


Figura 7.3: Microfacies *packstone* con *Pseudosiderolites* en las Calizas de Terradets. A) *Ps. n.sp.2* en la sección de Cabana Gabrieló (RV-54); B) *Ps. vidali* y *Ps. n.sp.2* en la sección del Congolst de Montrebei (RV-29) Escala gráfica: 1 mm.

fragmentos de equínidos, briozoos, bivalvos (incluidos rudistas), aunque las algas rojas (coralíneas incrustantes y peysonelliáceas) están también presentes. Entre los macroforaminíferos predominan los orbitoides relativamente gruesos.

*Siderolites*, género con espinas canaliculadas o borde denticulado, vivían, al igual que sus análogos los calcarínidos con grandes espinas, en áreas poco profundas de la plataforma en substratos firmes con elevada energía del agua. En la zona surpirenaica, *S. gr. calcitrapoides* (*S. praecalcitrapoides*, *S. aff. calcitrapoides* y *S. calcitrapoides*) se encuentra en

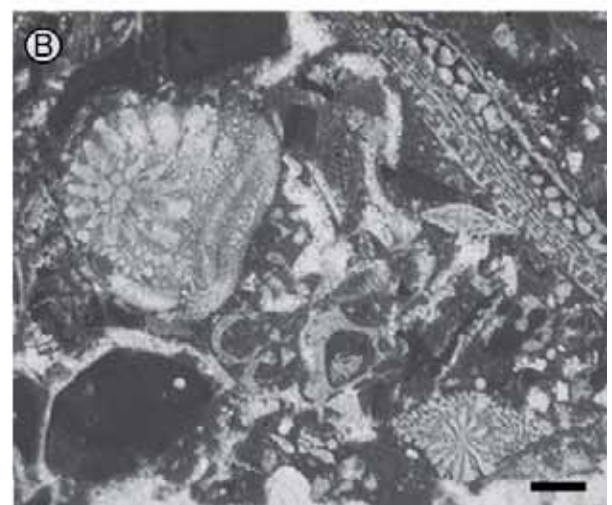


Figura 7.3: Microfacies *packstone* con *Wannierina* n.gen en la Fm Arenisca de Arén. A) *Wannierina* n.gen. n.sp. de Vilaveilla (EC-343); B) *Wannierina cataluniensis* en la zona de Homes Morts (RR17). Escala gráfica: 1 mm.

calizas bioclásticas de textura *packstone* y, menos frecuentemente, *grainstone* asociadas a algas rodofícias, fragmentos de rudistidos y otros bivalvos, corales coloniales, *Solenomeris* y otros foraminíferos incrustantes (*Haddonina*), lo que se interpreta como facies arrecifales, en ocasiones *patch reefs* (Robles-Salcedo et al., 2013). En las facies de *grainstone*, como por ejemplo en los depósitos de la Serra del Montsec, *S. gr. calcitrapoides* se encuentra asociado principalmente a *Orbitoides* y *Omphalocyclus*; estas facies, a diferencia de las anteriores, presentan elementos redondeados y

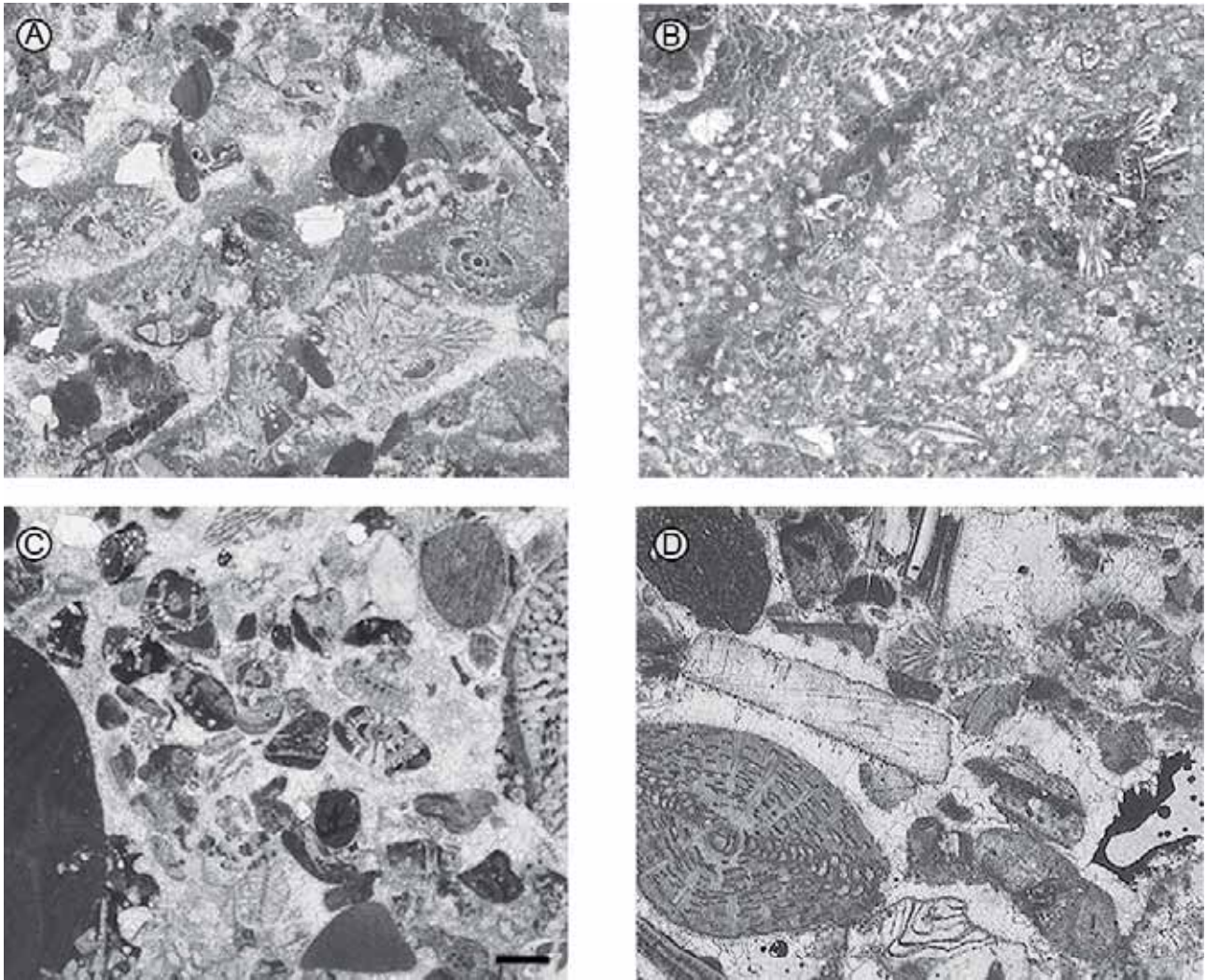


Figura 7.4: Microfacies *grainstone-packstone* con *Siderolites*. A y C) Secciones de Montrebei (RV-144 y 146); B) Gensac (F10); D) Il Ciolo (EC-10). Escala gráfica: 1 mm.

abundantes granos de cuarzo (Fig. 7.4 A y C), lo que indicaría un cierto retrabajamiento por medio de corrientes marinas laterales (Caus y Cornella, 1983). En algunas secciones del área norpirenaica, los representantes del género *Siderolites* (*S. calcitrapoides* y *S. denticulatus*) se encuentran en calizas margosas y calizas bioclásticas asociados a *O. gensacicus*, *Lepidorbitoides sociales*, *Omphalocyclus* y *Hellenocyclus* (Fig. 7.4 B). En los históricos afloramientos de Maastricht ambos siderolítidos, *S. calcitrapoides* y *S. denticulatus*, están presentes en la creta. Finalmente, *Siderolites* sp. del sur de Italia, caracterizado por su gran tamaño, se encuentra en

facies con textura *grainstone* (Fig. 7.4 D) asociado a bivalvos (radiolítidos), algas rodoíceas coralináceas, además de los macroforaminíferos.

El nuevo género *Wannierina*, con una morfología relativamente plana, quilla bien desarrollada y un sistema de canales particular, cuyos canales envolventes tienen diferentes ordenes de ramificación y los canales marginales son en forma de espina de pez, se encuentra de manera abundante en margas y calizas margosas con textura *packstone* y *wackestone* (Fig. 7.5), lo que indicaría un hábitat en fondos probablemente blandos con una energía del agua escasa o al menos moderada. Este género es-

tá asociado generalmente a representantes de Clypeorbinae y Lepidorbitoidae, lo que lo indicaría probablemente en la zona fótica inferior. *Wannierina* sería análoga a los calcarínidos de pequeño tamaño y sin espinas como *P. hispidula*.

Los datos aquí aportados constituyen un complemento a los datos publicados con anterioridad por Liebau (1980), Wannier (1979), Caus y Hottinger (1986), Caus y Serra-Kiel (1992) y Robles-Salcedo et al. (2013), entre otros.



## **CAPÍTULO 8**

### **REPARTICIÓN BIOESTRATIGRÁFICA**



## 8. REPARTICIÓN BIOESTRATIGRÁFICA

Los representantes de los siderolítidos indican una repartición estratigráfica que comprende desde el Campaniense inferior al final del Maastrichtiense superior (Fig. 8.1). La edad atribuida a cada uno de los géneros y especies está avalada por la correlación entre estos taxones y las zonas de ammonítidos, foraminíferos planctónicos y/o nanoplanton calcáreo. La asociación con otros grupos de macroforaminíferos (por ejemplo, Orbitoíditos y Lepidorbitoíditos) permite el establecimiento de un control mutuo en su repartición. Además, en varias de las áreas estudiadas se dispone de datos de estratigrafía isotópica mediante los isótopos del estroncio (SIS). En la Zona Surpirenaica, los estudios de estratigrafía isotópica han sido realizados en paralelo al estudio micropaleontológico, lo que ha permitido anclar, de manera directa, algunos datos bioestratigráficos en la escala cronoestratigráfica. Para ello se ha utilizado la curva de referencia de McArthur y Howart (2004) en relación con la escala de Gradstein et al., 2004. En otras áreas, los datos numéricos obtenidos con SIS se han tomado de la bibliografía.

En este capítulo se explica la evolución de los géneros y las especies de cada uno de ellos y se da una repartición global de los siderolítidos. Esta repartición está limitada a las áreas estudiadas y a aquellas cuyos datos bibliográficos han podido ser contrastados:

*Praesiderolites* es el género más antiguo, situándose su aparición en el Campaniense inferior y exten-

diéndose hasta el Campaniense superior no terminal. Tres especies se remplazan en el tiempo: *P. praevitali*, *P. douvillei* y *P. cf. dordoniensis* (Fig. 8.1). *Praesiderolites santoniensis*, descrito por Wannier (1980) en la unidad Margas de la Font de les Bagasses no ha sido identificado en los depósitos estudiados, que corresponden a unidades estratigráficas más altas. No obstante, aunque Wannier (1983) atribuyó la especie *P. santoniensis* al Santoniense superior (zona de *Orbitoides hottingeri*, véase Van Hinte, 1976; Caus et al., 1996), la unidad Margas de la Font de les Bagasses ha sido recientemente atribuida, en base a los datos de estratigrafía isotópica del estroncio, en su totalidad al Campaniense inferior (Albrich et al., 2014). *Praesiderolites praevitali* caracteriza el intervalo Campaniense medio, que correspondería a la parte superior de la biozona de foraminíferos planctónicos de *Globotruncanita elevata*. *Praesiderolites douvillei* aparece en la parte superior del Campaniense medio y se extiende hasta la parte inferior del Campaniense superior, correspondiente a las biozonas de foraminíferos planctónicos de *Globotruncana ventricosa* y *Globotruncanita calcarata*. *Praesiderolites cf. dordoniensis* está presente en el Campaniense superior no terminal (zonas de foraminíferos planctónicos de *G. calcarata* hasta la parte inferior de *Gansserina gansseri*). La edad atribuida a las especies *P. vitali*, *P. douvillei* y *P. dordoniensis* se corresponde con la edad atribuida por sus respectivos autores en las localidades tipo de las especies (Wannier, 1983). No obstante, para cualquier comparación entre la edad asignada a cada especie en este trabajo y la asignada en trabajos anteriores, hay que tener en cuenta la escala temporal utiliza-

da.

El género monoespecífico *Arnaudiella* se ha encontrado solamente en la Serra de les Agulles. Steuber y Schlüter (2012) dan, mediante los isótopos del estroncio, una edad de 75,27 Ma (Campaniense superior–inferior en la escala de Gradstein et al., 2004) para los depósitos de la cantera de Nicolasa. Sin embargo, debido a que no se sabe la localización exacta de la muestra, que los autores tomaron para realizar SIS, se deja un rango estratigráfico abierto y, además, se tiene en cuenta el trabajo de Pons y Vicens (2004), que datan los depósitos como Campaniense superior. Según, Van Gorsel (1974) y Wannier (1983) la edad de *A. grossouvrei* en su localidad tipo es Campaniense

inferior–medio. Por lo tanto, la presente tesis deja abierta la repartición de *A. grossouvrei*, para más estudios en detalle de las diversas localidades donde aparece éste espécimen.

El género *Pseudosiderolites* caracteriza el intervalo Campaniense medio tardío–Campaniense superior (parte inferior). La edad de la especie tipo, *Ps. vidali*, descrita originalmente de depósitos olistostromicos (Douville, 1910), ha podido ser establecida a partir de otras áreas del área surpirenaica en las que se encuentra *in situ*, confirmándose su edad Campaniense superior (parte inferior). No obstante, el género *Pseudosiderolites* está representado por formas más primitivas (*Ps. n. sp.* en esta memoria) que caracterizan la parte superior de los

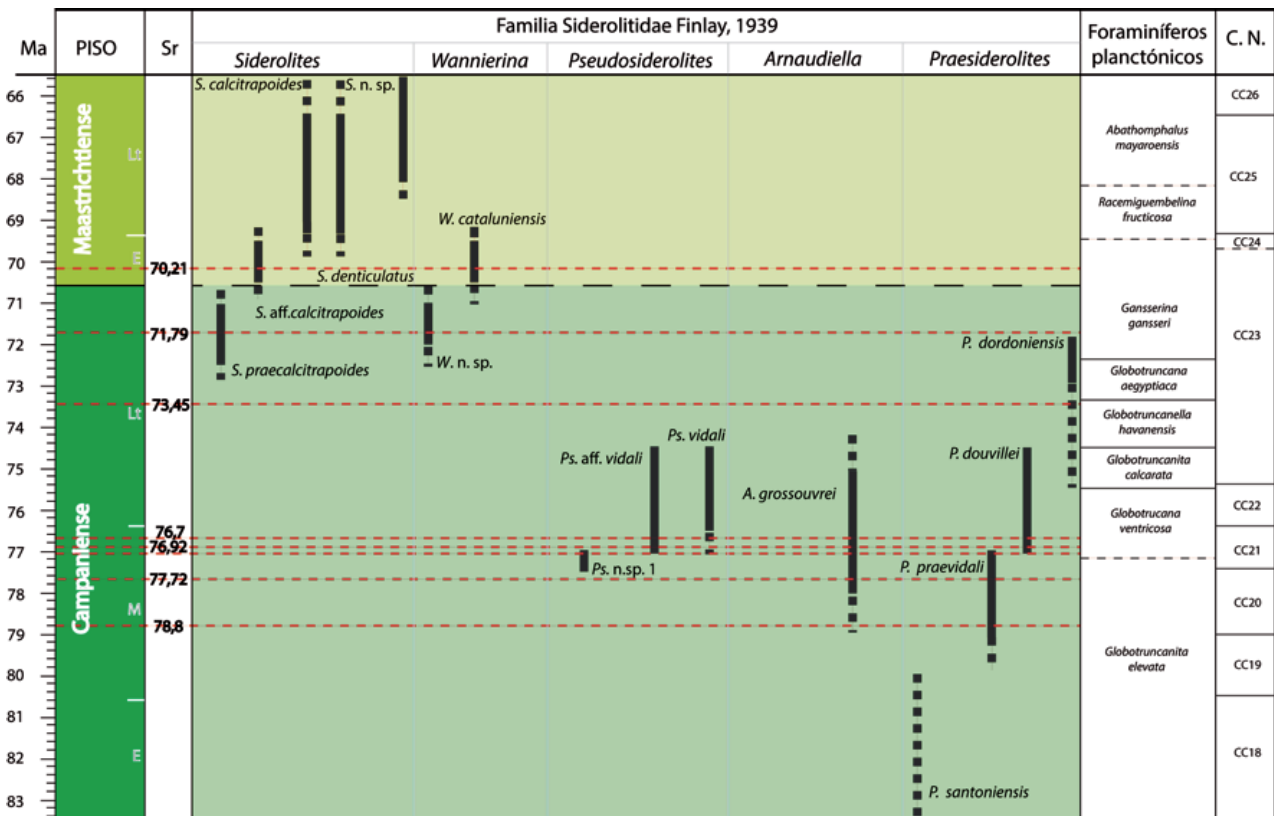


Figura 8.1: Repartición bioestratigráfica de la Familia Siderolitidae con la correlación de la escala de tiempo geológicos, junto con de foraminíferos planctónicos, nanoplacton calcáreo (Gradstein et al., 2004). Líneas rojas discontinuas: SIS en las localidades de la zona surpirenaica; Líneas negras continuas: distribución de los siderolítidos; Líneas negras discontinuas: distribución esperada de los siderolítidos.

depósitos del Campaniense medio y se extiende a la parte inferior del Campaniense superior con las especies *Ps. vidali* y *Ps. aff. vidali*.

Los primeros representantes del género *Siderolites* aparecen en la parte superior del Campaniense superior con *S. praecalitrapoides*, lo que permite precisar que la aparición del género es previo al límite Campaniense–Maastrichtiense, tema ampliamente controvertido en la literatura y con importantes connotaciones bioestratigráficas y de correlación estratigráfica. El citado grupo *Siderolites calitrapoides* aparece en la base del Maastrichtiense y perdura hasta el Maastrichtiense superior (Fig. 8.1). Sin embargo, se han descrito importantes diferencias morfométricas para este grupo a lo largo de todo el piso (véase capítulo 6) por lo que en un futuro, probablemente, puedan distinguirse, al menos, dos especies consecutivas en el tiempo, que caracterizarían el Maastrichtiense inferior (*S. aff. calitrapoides*) y superior (*S. calitrapoides*), respectivamente. En la zona surpirenaica, *S. aff. calitrapoides* se correlaciona con la parte inferior de las

zonas de *O. apiculata* y *L. sociales*, respectivamente. Mientras, en Maastricht, se correlaciona con la biozona de *L. minor* y en la zona norpirenaica con las biozonas de *O. apiculata*–*O. gensacicus* y *L. socialis* (Caus et al., 1988a). Una nueva especie, *Siderolites* n. sp., presente únicamente en las muestras procedentes de Italia, caracteriza probablemente la parte superior del Maastrichtiense (parte terminal). Los datos SIS dan para una de las localidades estudiadas (Fm. Ciolo, Schlüter, 2008) un rango de edad de 65 a 68 Ma. *Siderolites denticulatus* tiene una distribución bioestratigráfica similar a *S. calitrapoides*, sin embargo, no se ha hallado en sedimentos de edad Maastrichtiense inferior.

*Wannierina* n.gen caracteriza un intervalo relativamente restringido de tiempo, Campaniense superior tardío–Maastrichtiense inferior. No obstante, se han podido distinguir dos especies sucesivas en el tiempo: *Wannierina* n. sp. y *Wannierina cataluniensis*, que caracterizan los depósitos del Campaniense superior (parte terminal) y Maastrichtiense inferior, respectivamente.



## **CAPÍTULO 9**

# **PALEOBIOGEOGRAFÍA**





## 9. PALEOBIOGEOGRAFÍA

### 9.1. BIOPROVINCIAS ACTUALES

La distribución de los macroforaminíferos en los mares y océanos actuales indican la presencia de bioprovincias (Langer y Hottinger, 2000). Estas bioprovincias son:

- a) **Bioprovincia del Pacífico central:** comprende parte de la costa la costa japonesa, Filipinas e Indonesia; esta bioprovincia se caracteriza por dos calcarínidos: *Baculogypsinoides spinosus* y *Schlumbergerella floresiana*;
- b) **Bioprovincia del Indopacífico central:** comprende áreas tan distantes como Hawaii, las islas maldivas o las islas Seychelles. En esta bioprovincia citan *Calcarina* spp.;
- c) **Bioprovincia del Océano Índico occidental:** esta bioprovincia no presenta calcarínidos;
- d) **Bioprovincia caribeña:** a lo largo de las costas centro-americanas. Esta bioprovincia tampoco presenta calcarínidos

Como resultado, los calcarínidos están restringidos a únicamente dos bioprovincias, la del Pacífico central y el Indopacífico central.

### 9.2. PALEOBIOPROVINCIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR

Durante el Cretácico superior, en el área comprendida entre 40° latitud N y 40° S, Caus y Hottinger (1986) y Caus et al. (2009), identifican tres paleobioprovincias principales:

- a) **Paleobioprovincia del Tethys:** es compleja y, a su vez, se puede dividir en varias subpaleopron-

vincias, por la presencia de taxones particulares:

- **Tethys occidental**, que comprendería las costas del sur de la Península Ibérica;
  - **Tethys central**, que comprende las costa meridionales de Europa y el norte de África;
  - **Tethys oriental**, que comprendería principalmente la Península Arábiga, Paquistán e Irán;
  - **Africana**, que comprendería las costa orientales de África y el subcontinente Indio, que durante el Cretácico superior estaba situado frente las costas africanas y Madagascar;
- b) **Paleobioprovincia pirenaica:** comprendería las costas que se desarrollaron a ambos lados del surco pirenaico y se extendería a las costas atlánticas de Europa hacia el norte;
  - c) **Paleobioprovincia caribeña:** comprende las costas del mar Caribe.

Los autores citan la presencia de siderolítidos en las dos primeras paleobioprovincias, destacando su ausencia en las costas americanas, donde nichos ecológicos equivalentes fueron colonizados por foraminíferos “pseudorbitoidales”, con un sistema de canales (fig. 8 en Hottinger, 2005). *Siderolites vanbelleni* (VAN DEN BOLD, 1946) del continente americano no presenta las estructuras típicas de los siderolítidos y deberá ser estudiado en un futuro junto con los grandes rotálidos americanos.

Por otra parte, Golbeck y Langer (2009), en un trabajo bibliográfico sobre la distribución de los macroforaminíferos del GCMC del Cretácico superior, sugieren la existencia de cuatro paleopro-

vincias principales: caribeña, tetisiana “europea”, tetisiana norafricana, e indo-asiática:

- a) **Paleobioprovincia caribeña (CFP)**: comprendería el continente americano, desde el sur de Estados Unidos hasta Venezuela y Colombia, e incluyen las islas del océano Pacífico (Hawaii, Islas Line e islas Marshall); esta paleobioprovincia se correspondería con la provincia caribeña de Caus y Hottinger (1986) y Caus et al. (2009);
- b) **Paleobioprovincia indo-asiática (ASP)**: incluye las áreas de Pakistán, India, Filipinas y Australia;
- c) **Paleobioprovincia tetisiana norafricana (AFP)**: comprende, no solamente el norte de África, sino también la Península Arábiga, así como el este de África y Madagascar;
- d) **Paleobioprovincia tetisiana europea (EFP)**: contiene las costas europeas del Atlántico y del Mediterráneo. Los autores sostienen que se da una alta diversidad (*hotspot*) en esta paleobioprovincia.

Golbeck (2007) y Golbeck y Langer (2009), fijan la repartición del grupo únicamente en el género “maastrichtiense” *Siderolites* (género con espinas, pág. 218 del trabajo de Golbeck y Langer, 2009), aunque su aparición, la lectura crítica de las localidades indicadas y su edad, sugieren claramente

que los autores se han basado también en otros géneros de la familia, que en algunos trabajos clásicos fueron considerados pertenecientes al mismo género *Siderolites*, pero que carecen de espinas (véase el capítulo de antecedentes). No obstante, acertadamente, los autores reconocen siderolítidos en todas las paleobioprovincias con excepción de la americana.

La distribución paleogeográfica detallada a nivel genérico ha sido únicamente posible en las áreas estudiadas, ya que la mayoría de citas en la literatura no han podido ser contrastadas. Los pequeños *Praesiderolites* parecen extenderse en todas las paleobioprovincias con siderolítidos, aunque sus secciones en rocas no disgregables han sido frecuentemente confundidos con otros géneros (como por ejemplo: *Sulcoperculina*, *Goupillaudina* o rotálidos de espira baja). El género *Arnaudiella*, considerado hasta el presente endémico de la Zona Norpirenaica (margen norte de la paleobioprovincia Pirenaica), está también presente en el área de Valencia, lo que indicaría su presencia en la paleobioprovincia del Tethys occidental. *Pseudosiderolites* está presente, al menos, en toda Europa y probablemente en Irán. *Siderolites* es el género más repartido, aunque la distribución de sus especies, no es, por le momento clara.

## **CAPÍTULO 10**

### **CONCLUSIONES / CONCLUSIONS**



## 10. CONCLUSIONES

El estudio arquitectural detallado de los siderolítidos, pertenecientes a varias localidades europeas, ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

a) Todos se agrupan en una única familia: Siderolitidae FINLAY, 1939; es un rasgo común en todos los representantes de los Siderolitidae la presencia de esqueleto suplementario que forma un sistema de canales, cuya estructuración constituye la base de su clasificación genérica. Según la posición del sistema de canales en la concha se denomina: canales marginales, intraseptales, umbilicales y espirales. Algunos géneros pueden tener un sistema de canales envolventes, en ocasiones con camarillas suplementarias, y/o espinas canaliculadas.

b) En las muestras estudiadas se han identificado cinco géneros: *Praesiderolites* WANNIER, *Arnaudiella* DOUVILLÉ, *Pseudosiderolites* SMOUT, *Siderolites* LAMARCK y el nuevo género *Wannierina*.

- *Praesiderolites* WANNIER, 1980: Presenta el sistema de canales más simple, sin canales envolventes ni camarillas suplementarias. Tres especies han sido atribuidas a este género, y son *P. praevivali* (NEUMANN, 1983), *P. douvillei* WANNIER, 1980, y *P. cf. dordoniensis* WANNIER, 1980. La especie más antigua del género, *P. santoniensis* WANNIER, 1980, no ha sido identificada. *Praesiderolites praevivali* está presente en materiales atribuidos al Campaniense medio, *P. douvillei* al Campaniense superior basal y *P. cf. dordoniensis* al Campaniense superior.

- *Arnaudiella* DOUVILLÉ, 1906: La principal característica de su sistema de canales es la presencia de camarillas suplementarias muy desarrolladas, distribuidas entre los elementos ornamentales y en la pared lateral de las cámaras. La única especie de este género, *A. grossouvrei* DOUVILLÉ, 1906, ha sido identificada en depósitos del Campaniense medio terminal e inicios del superior. Sin embargo, se necesitaran más estudios para acotarlo mejor durante el Campaniense.

- *Pseudosiderolites* SMOUT, 1955: Presenta un sistema de canales muy complejo, con canales envolventes y camarillas suplementarias. Se han identificado dos especies, *Ps. vidali* (DOUVILLÉ, 1910), y una nueva especie, *Ps. n. sp.*, la cual se considera un morfotipo precursor de *Ps. vidali*, ya que aparece en estratos datados del Campaniense medio terminal, mientras *Ps. vidali* está presente en el Campaniense superior. Los morfotipos identificados como *Ps. aff. vidali* en la presente tesis muestran diferencias en los datos morfométricos con *Ps. vidali*. Estas diferencias deberán ser estudiadas en un futuro complementándolas con datos estratigráficos y sedimentológicos en detalle para conocer si se trata de una nueva especie, si es una forma  $A_2$  o si tales diferencias son una respuesta adaptativa a unas determinadas condiciones paleoambientales.

- *Siderolites* LAMARCK, 1801: Su principal característica es la presencia de espinas canaliculadas. Se han reconocido cuatro especies que, de más antigua a más moderna, son: *S.*

*praecalcitrapoides* NEUMANN, 1986, *S. calcitrapoides* LAMARCK, 1801, *S. denticulatus* DOUVILLÉ, 1910, y *Siderolites* n. sp. *Siderolites praecalcitrapoides* ha sido identificada en los materiales del Campaniense superior terminal. A *S. denticulatus* se le ha atribuido una edad Maastrichtiense, mientras que *S. calcitrapoides* está restringido a materiales del Maastrichtiense superior. La especie identificada en los depósitos de la zona surpirenaica como *S. aff. calcitrapoides* parece hallarse en materiales datados como Maastrichtiense inferior. Ésta última especie, además, se considera precursora de *S. calcitrapoides* ya que ha sido identificada en estratos más antiguos. Por último, *Siderolites* n. sp. se ha identificado solamente en la Península de Salento y la Isla de Sicilia, en depósitos del Maastrichtiense superior terminal.

- *Wannierina* n.gen. (especie tipo: *Siderolites cataluniensis* WANNIER, 1980): contiene canales marginales radiales con una morfología particular, que se bifurcan en forma de espina de pez. Se han atribuido dos especies *W.* n. sp. y *W. cataluneinsis* (WANNIER, 1980) que se encuentran en materiales del Campaniense superior terminal y el Maastrichtiense inferior, respectivamente.

c) En referencia a su distribución paleoambiental, los siderolítidos vivían, como sus análogos los calcarínidos actuales, en la zona fótica de los océanos tropicales y subtropicales, principalmente en plataformas carbonatadas. Habitaban en medios oligotróficos, aunque pudieron colonizar también medios mesotróficos. Las formas con

espinas grandes y robustas ocuparon áreas poco profundas y energéticas, mientras que las que desarrollaron quilla y una morfología relativamente plana pudieron colonizar suelos blandos y con moderada energía del agua. Las formas de pequeño tamaño colonizaron probablemente, tanto áreas profundas como someras, sin preferencia por el sustrato.

d) Los siderolítidos, a diferencia de los calcarínidos actuales, tuvieron una gran extensión geográfica, aunque no colonizaron el continente americano. Los taxones descritos en América, como *Siderolites vanbelleni* (VAN DEN BOLD, 1946), no corresponden a este grupo.

## CONCLUSIONS

The detailed architectural study of siderolitids, which are found in different European localities, have led to the following conclusions:

a) All are grouped into one family: Siderolitidae FINLAY, 1939. The presence of supplemental skeleton that forms the canal system is a common feature. The canal system distribution is based on its generic classification. Depending on its distribution in the test, they are called: marginal canals, intraseptal canals, umbilical and spiral canals. Some genera could have an enveloping canal system, sometimes with supplemental chamberlets, and/or canaliferous spines.

b) Five genera have been identified in the studied samples: *Praesiderolites* WANNIER, *Arnaudiella* DOUVILLÉ, *Pseudosiderolites* SMOUT,

*Siderolites* LAMARCK, and new genus *Wannierina*.

- *Praesiderolites* WANNIER, 1980: Have the simplest canal system, with no enveloping canals or supplemental chamberlets. Three species have been assigned to this genus, and they are *P. praevitali* (NEUMANN, 1983), *P. douvillei* WANNIER, 1980, and *P. cf. dorndoniensis* WANNIER, 1980. The ancient species, *P. santoniensis* WANNIER, 1980, has not been identified. *Praesiderolites praevitali* is found in middle Campanian materials, *P. douvillei* to the earliest late Campanian and *P. cf. dorndoniensis* to the late Campanian.

- *Arnaudiella* DOUVILLÉ, 1906: The main feature of its canal system is the high development of supplemental chamberlets. These are distributed between ornamental elements and lateral wall chambers. The only species of this genus is *A. grossouvrei* DOUVILLÉ, 1906, and its distribution is middle and late Campanian. However, further investigation is needed to anchor during the Campanian age.

- *Pseudosiderolites* SMOUT, 1955: Have a complex canal system, with enveloping canals and supplemental chamberlets. Two species have been identified, *Ps. vitali* (DOUVILLÉ, 1910), and new species, *Ps. n. sp.* Because, *Ps. n. sp.* is found in ancient sediments (latest middle Campanian) than *Ps. vitali*, it is considered a forefather morphotype for *Ps. vitali* (late Campanian). The morphotype, identified as *Pseudosiderolites aff. vitali* in this work shows morphometric data differences to *Ps.*

*vitali*. These differences should be studied in detail in the future and complemented with stratigraphical and sedimentological data in order to clarify whether it is a new species, *A<sub>2</sub>* form, or these morphometric differences are due to paleoenvironmental conditions.

- *Siderolites* LAMARCK, 1801: The main feature is the presence of a canaliferous spine. Four species have been recognised, which are *S. praecalciatrapoides* NEUMANN, 1986, *S. calciatrapoides*, LAMARCK, 1801, *S. denticulatus* DOUVILLÉ, 1910, and *Siderolites n. sp.* *Siderolites praecalciatrapoides* has been identified in the latest Campanian deposits. *Siderolites denticulatus* is attributed to Maastrichtian age, whereas *S. calciatrapoides* is restricted to late Maastrichtian materials. A species has been identified in the southern Pyrenean zone, named as *S. aff. calciatrapoides* in this work. This species has been found in older deposits (early Maastrichtian) than *S. calciatrapoides*, therefore it has also been considered as a forefather species for *S. calciatrapoides*. *Siderolites n. sp.* has only been found in the Salento Peninsula and the Island of Sicily, and the deposits are dated as a latest Maastrichtian.

- *Wannierina* n. gen. (type species: *Siderolites cataluniensis* WANNIER, 1980): Have a radial marginal canals with a particular morphology, which is ramified in a herring-bone pattern. Two species have been found, *W. n. sp.* and *W. cataluniensis* (WANNIER, 1980), which are found in the latest Campanian and early Maastrichtian deposits, respectively.

c) Paleoenvironmental distribution: the siderolitids lived, compared with those of recent calcarines, inside the photic zone in the tropical and subtropical oceans, mainly in carbonate platforms. They lived in oligotrophic to mesotrophic paleoenvironments. The siderolitid morphotypes with canaliferous spines were adapted to shallow, high-energy environments and lived on firm ground, while such morphotypes with keel and flat morphology would

have inhabited soft ground in low or moderate energy environments. The small morphotypes maybe colonised in shallow and deeper waters without substrate preference.

d) The siderolitids had a wide geographic extension, however, they did not colonise the American continent. Taxons, as for instance, *Siderolites vanbelleni* (VAN DEN BOLD, 1946), described in America as not belonging to siderolitids.



## **CAPÍTULO 11**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## 11. BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVICH, S., KELLER, G., ADATTE, T., STINNESBECK, W., HOTTINGER, L., STUEBEN, D., BERNER, Z., RAMANIVOSA, B., y RANDRIAMANANTENASOA, A., 2002, Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene of the Mahajanga Basin, Madagascar: a multidisciplinary approach: *Marine Micropaleontology*, v. 47, p. 17–70.
- ABRARD, R., 1926, Une foraminifère nouvelle du Campanien de la Charente-Inférieure: *C. R. somm. Société Géologique de France*, p. 31–32.
- ALBRICH, S., 2008, Els macroforaminífers el Santonià superior de la Unitat Sudpirenenca Central (NE de la Península Ibèrica): Universitat Autònoma de Barcelona.
- ALBRICH, S., FRIJIA, G., PARENTE, M., y CAUS, E., 2014, The evolution of the earliest representatives of the genus *Orbitoides*: Implications for Upper Cretaceous biostratigraphy: *Cretaceous Research*, v. 51, p. 22–34, doi: 10.1016/j.cretres.2014.04.013.
- ANDREIEFF, P., y NEUMANN, M., 1983, *Siderolites praevidali*, nouvelle espèce de foraminifère du Campanien stratotypique: Description et intérêt biostratigraphique: *Revue Micropaléontologie*, v. 26, p. 3–14.
- ARDÈVOL, L., KLIMOWITZ, J., MALAGÓN, J., y NAGTEGAAL, P.J.C., 2000, Depositional Sequence Response to Foreland Deformation in the Upper Cretaceous of the Southern Pyrenees, Spain: *AAPG Bulletin*, v. 84, p. 566–587.
- ARNI, von P., 1932, Eine neue *Siderolites* spezie (S. *Heracleae*) (aus dem Senon von Eregli an der kleinasiatischen Schwarzmeerküste) und Versuch einer Bereinigung der Gattung: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, v. 25, p. 199–221.
- ARNI, von P., 1933, *Siderolites heracleae* im Maestrichtien des thessalischen Pindos: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, v. 26, p. 105–109.
- BARDET, N., BAEZA CARRATALÁ, J.F., DÍEZ DÍAZ, V., CARBONELL, Á., GARCÍA ÁVILA, M., y GINER, V., 2012, First occurrence of Mosasauridae (Squamata) in the Maastrichtian (latest Cretaceous) of Alicante (Valencia Community, Eastern Spain): *Estudios Geológicos*, v. 69, p. 97–104, doi: 10.3989/egol.40792.169.
- BATALLER, 1937, La fauna coral·lina del Cretàcic de Catalunya i regions limitrofes: *Arxius de l'Escola Superior d'Agricultura*, 3.
- BERÁSTEGUI, X., LOSANTOS, M., MUÑOZ, J.A., y PUIGDEFÀBREGAS, C., 1993, Tall geològic del Pirineu Central, escala 1:200.000.
- BILLMAN, H., HOTTINGER, L., y OESTERLE, H., 1980, Neogen to Recent Rotaliid Foraminifera from the Indopacific Ocean; their Canal System, their Classification and

- their Stratigraphic Use: Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, v. 101, p. 71–113.
- BILOTTE, M., 1984, Les grands Foraminifères benthiques du Crétacé supérieur pyrénéen. Biostratigraphie. Réflexions sur les correlations mésogéennes: Benthos, v. 83, p. 61–67.
- BILOTTE, M., y ANDREU, B., 2006, Les Marnes d'Auzas (Maastrichtien supérieur Sous-Pyreneen). Stratigraphie et paleoenvironnements, associations d'ostracodes: Revista Española de Micropaleontología, v. 38, p. 309–320.
- BILOTTE, M., LAURENT, Y., y TÉODORI, D., 2010, Restes d'hadrosaure dans le Crétacé terminal marin de Larcan (Petites Pyrénées, Haute-Garonne, France): Carnets de Géologie/Netbooks on Geology, v. 02, p. 1–10.
- BOIX, C., 2007, Foraminíferos Rotálids del Cretácico superior de la Cuenca Pirenaica: Universitat Autònoma de Barcelona.
- BOIX, C., FRIJIA, G., VICEDO, V., BERNAUS, J.M., DI LUCIA, M., PARENTE, M., y CAUS, E., 2011, Larger foraminifera distribution and strontium isotope stratigraphy of the La Cova limestones (Coniacian-Santonian, "Serra del Montsec", Pyrenees, NE Spain): Cretaceous Research, v. 32, p. 806–822, doi: 10.1016/j.cretres.2011.05.009.
- BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B., y PERCH-NIELSEN, K. (eds.), 1985, Plankton Stratigraphy: Cambridge University Press, 22, Cambridge.
- CÁMARA, P., y KLIMOWITZ, J., 1985, Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica (cuencas de Jaca-Tremp): Estudios geológicos, v. 41, p. 391–404.
- CAMOIN, G., BERNET-ROLLANDE, M.C., y PHILIP, J., 1988, Rudist-coral frameworks associated with submarine volcanism in the Maastrichtian of the Pachino area (Sicily): Sedimentology, v. 35, p. 123–138.
- CARPENTER, W., PARKER, W., y JONES, T., 1862, Introduction to the study of foraminifera: Ray Society, London.
- CAUS, E., BERNAUS, J.M., y GÓMEZ GARRIDO, A., 1996, Biostratigraphic utility of species of the genus Orbitoides: The Journal of Foraminiferal Research, v. 26, p. 124–136.
- CAUS, E., BERNAUS, J.M., CALONGE, A., y MARTÍN-CHIVELET, J., 2009, Mid-Cenomanian separation of Atlantic and Tethyan domains in Iberia by a land-bridge: The origin of larger foraminifera provinces?: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 283, p. 172–181, doi: 10.1016/j.palaeo.2009.09.019
- CAUS, E., y CORNELLA, A., 1983, Macroforaminifères du Crétacé supérieur du bassin Sud-pyrénéen: Géologie méditerranéenne, v. 15, p. 137–142.
- CAUS, E., CORNELLA, A., GALLEMÍ, J., GILI,

- E., MARTÍNEZ, R., y PONS, J.M., 1981, Field guide: Excursions to Coniacian-Maastrichtian of South Central Pyrenees *in* Working Group on the Coniacian – Maastrichtian Stages of the Subcommission on Cretaceous Stratigraphy. 3rd Working Session in Tremp: Publicaciones de Geología nº13, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, p. 70.
- CAUS, E., FRIJIA, G., PARENTE, M., y ROBLES-SALCEDO, R., 2014, Cronstaining the age of the last marine sediments in the late Cretaceous of Central South Pyrenees (NE Spain): insights from larger foraminifera and strontium isotope stratigraphy, *in* Reconstructing the Terrestrial End-Cretaceous Paleoenvironments in Europe: Tremp.
- CAUS, E., GÓMEZ-GARRIDO, A., y RODES, D., 1988a, Reevaluation of *Lepidorbitoides* evolution as a function of the age relations between species as established with nanoplankton biostratigraphy: *Révue de Paléobiologie, Volume Spécial*, v. 2, p. 421–428.
- CAUS, E., y GÓMEZ-GARRIDO, A., 1989, Upper Cretaceous biostratigraphy of the south-central Pyrenees (Lleida, Spain): *Geodinamica Acta*, v. 3, p. 221–228.
- CAUS, E., y HOTTINGER, L., 1986, Particularidades de la fauna (foraminíferos) del Cretácico superior pirenaico: *Paleontologia i Evolució*, v. 20, p. 115–123.
- CAUS, E., HOTTINGER, L., y PARENTE, M., 2010, A biozonation (KSBZ) based on shallow benthic, mainly larger foraminifera from the Upper Cretaceous of the Pyrenees, *in* Organizing Committee, ed., *Forams, International Symposium on Foraminifera: Bonn*, p. 213.
- CAUS, E., RODES, D., y SOLÉ, S., 1988b, Bioestratigrafia y estructura del Cretácico superior de la Vall d' Alinyà (Pirineo oriental, prov. de Lleida): *Acta Geológica Hispánica*, v. 23, p. 107–118.
- CAUS, E., y SERRA-KIEL, J., 1992, Macroforaminíferos: estructura, paleoecología i bioestratigrafia: *Servei Geològic de Catalunya*, Barcelona.
- CESTARI, R., y SARTORIO, D., 1995, Rudists and facies of the periadriatic domain: *Agip*.
- CHACÓN, B., y MARTÍN-CHIVELET, J., 2005, Subdivisión litoestratigráfica de las series hemipelágicas de edad Coniaciense–Thanetiense en el Prebético oriental (SE de España): *Revista de la Sociedad Geológica de España*, v. 18, p. 3–20.
- COLACICCHI, R., 1963, Geologia del territorio di Pachino (Sicilia meridionale): *Geol. Rom*, v. 2, p. 343–404.
- CUSHMAN, J.A., 1931, The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part 8: *Bulletin of the United States National Museum*, v. 104, p. 1–179.
- CUSHMAN, J.A., 1948, *Foraminifera: their classification and economic use*: Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

- DALLONI, M., 1930, Etude géologique des Pyrénées de Catalogne: Ann. Fac. Sc. Marseille, v. 26, p. 1–373.
- DE CASTRO, P., 1990, Osservazioni paleontologiche sul Cretacico della località-tipo di Raadshoovenia salentina e su Pseudochubbina n. gen: Vol. 10, Accademia Pontaniana.
- DÉRAMOND, J., SOUQUET, P., FONDECAVE-WALLEZ, M.J., y SPECHT, M., 1993, Relationships between thrust tectonics and sequence stratigraphy surfaces in foredeeps, model and examples from the Pyrenees (Cretaceous–Eocene, France, Spain), *in* Williams, G.D. and Dobb, A., eds., Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy: Geological Society, Special Publication 71, London, p. 193–219.
- DOUVILLÉ, H., 1907, Evolution et enchainements des foraminifères: Bulletin de la Société géologique de France.
- DOUVILLÉ, H., 1910, L'Eocène de Royan: Bull. Soc. Géol. France. 4e, TX.
- DUNHAM, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional textures, *in* Ham, W., ed., Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, p. 108–121.
- ECKSTALLER, W., 1993, Geologische Kartierung der küstencordilliere zwischen Alcira und Tabernes de la Valldigna (Prov. Valencia/SE Spanien): Universität München.
- FAUJAS-SAINT-FOND, B., 1798, Historie Naturelle de La Montagne de Saint-Pierre de Maestricht: Paris.
- FINLAY, H., 1939, New Zealand Foraminifera; key species in stratigraphy-No 1: Transactions of the Royal Society of New Zealand, v. 1, p. 504–532.
- FOLK, R.L., 1959, Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 43, p. 1–38.
- GALLEMÍ, J., 1993, Los yacimientos con equínidos del Cretácico superior del Prepirineo de la provincia de Lleida: Universidad Autònoma de Barcelona.
- GALLEMÍ, J., MARTÍNEZ, R., y PONS, J.M., 1982, Unidades del Cretácico superior en los alrededores de Sant Corneli (provincia de Lleida): Cuadernos de Geología Ibérica, v. 8, p. 935–948.
- GALLEMÍ, J., MARTINEZ, R., y PONS, J.M., 1983, Coniacian-Maastrichtian of the Tremp area (south central Pyrenees): Newsletters on Stratigraphy, p. 1–17.
- GALLOWAY, J.J., 1933, A manual of Foraminifera, v. 1: Principia press.
- GIL, J., CARENAS, B., SEGURA, M., GARCÍA HIDALGO, J.F., y GARCÍA, A., 2004, Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico superior en la región centra y oriental de España: Revista de la Sociedad Geológica de España, v. 17, p. 249–266.
- GOLDBECK, E.J., 2007, Faunal Provinces and

- Patterns of Diversity in Late Cretaceous (Santonian-Maastrichtian) Larger Foraminifera: Universitäts-und Landesbibliothek Bonn.
- GOLDBECK, E., y LANGER, M., 2009, Biogeographic provinces and patterns of diversity in selected Upper Cretaceous (Santonian-Maastrichtian) larger foraminifera: Geological Problem Solving with Microfossils: A Volume in Honor of Garry D. Jones. SEPM Special Publication, v. 93, p. 187–232.
- GÓMEZ-GARRIDO, A., 1987, Formainíferos planctónicos del Cretácico superior del Surpirineo Central: Universitat Autònoma de Barcelona.
- GÓMEZ-GARRIDO, A., 1989, Biostratigrafía (foraminíferos planctónicos) del Cretácico superior del Surpirineo central (España): Revista Española de Micropaleontología, v. 21, p. 145–171.
- GRADSTEIN, F.M., OGG, J., y SMITH, A., 2004, A geologic time scale 2004 (F. M. Gradstein, J. Ogg, & A. Smith, Eds.): Cambridge University Press, Cambridge.
- GRANDJACQUET, C., y MASCLE, G., 1978, The structure of the Ionian Sea, Sicily, and Calabria-Lucania, *in* Nairn, A.E.M., Kanes, W.H., and Stehli, F.G., eds., The Ocean Basins and Margins: Springer US, New York, p. 257–329.
- HALLOCK, P., 1979, Trends in test shape with depth in large symbiont-bearing foraminifera: Journal of Foraminiferal Research, v. 9, p. 61–69.
- HALLOCK, P., 1984, Distribution of selected species of living algal symbiont-bearing foraminifera on two Pacific coral reefs: The Journal of Foraminiferal Research, v. 14, p. 250–261.
- HALLOCK, P., 1987, Fluctuations in the trophic resource continuum: A factor in global diversity cycles?: Paleooceanography, v. 2, p. 457–471, doi: 10.1029/PA002i005p00457.
- HALLOCK, P., 1988, The role of nutrient availability in bioerosion: Consequences to carbonate buildups: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 63, p. 275–291, doi: 10.1016/0031-0182(88)90100-9.
- HALLOCK, P., y GLENN, E.C., 1986, Larger foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies: Palaios, v. 1, p. 55–64.
- HOFKER, J., 1959, Les Foraminifères des craies tuffoïdes de Charente et de Dordogne de l'Aquitaine, France du sud-ouest, *in* 84è Congrès Des Societes Savantes, Colloque Sur Le Crètace Supérieur Français: Dijon, p. 253–368.
- HOHENEGGER, J., 1994, Distribution of Living Larger Foraminifera NW of Sesoko-Jima, Okinawa, Japan: Marine Ecology, v. 15, p. 291–334, doi: 10.1111/j.1439-0485.1994.tb00059.x.
- HOHENEGGER, J., 1996, Remarks on the

- distribution of larger foraminifera (Protozoa) from Belau (Western Carolines): Kagoshima University Research Center for the South Pacific Occasional Papers, v. 30, p. 85–90.
- HOHENEGGER, J., 2000, Remarks on West Pacific Nummulitidae (Foraminifera): The Journal of Foraminiferal Research, v. 30, p. 3–28, doi: 10.2113/0300003.
- HOHENEGGER, J., 2004, Depth coenoclines and environmental considerations of Western Pacific larger foraminifera: The Journal of Foraminiferal Research, v. 34, p. 9–33.
- HOHENEGGER, J., 2005, Estimation of environmental paleogradient values based on presence/absence data: a case study using benthic foraminifera for paleodepth estimation: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 217, p. 115–130, doi: 10.1016/j.palaeo.2004.11.020.
- HOHENEGGER, J., 2009, Functional shell geometry of symbiont-bearing benthic Foraminifera: p. 81–89.
- HOHENEGGER, J., 2011a, Growth-invariant meristic characters tools to reveal phylogenetic relationships in Nummulitidae (Foraminifera): *Turkish Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 655–681, doi: 10.3906/yer-0910-43.
- HOHENEGGER, J., 2011b, Large foraminifera - Greenhouse constructions and gardeners in the oceanic microcosm: The Kagoshima University Museum, Kagoshima.
- HOHENEGGER, J., YORDANOVA, E., NAKANO, Y., y TATZREITER, F., 1999, Habitats of larger foraminifera on the upper reef slope of Sesoko Island, Okinawa, Japan: *Marine Micropaleontology*, v. 36, p. 109–168.
- HOHENEGGER, J., YORDANOVA, E., y HATTA, A., 2000, Remarks on West Pacific Nummulitidae (Foraminifera): The Journal of Foraminiferal Research, v. 30, p. 3–28.
- HOTTINGER, L., 1973, Selected Paleogene larger foraminifera: Atlas of palaeobiogeography. Elsevier, Amsterdam.
- HOTTINGER, L., 1978, Comparative Anatomy of Elementary Shell Structures in Selected Larger Foraminifera, *in* HEDLEY, C.G. and ADAMS, R.H., eds., *Foraminifera*: Academic Press, London, p. 203–266.
- HOTTINGER, L., 1998, Shallow benthic foraminifera at the Paleocene-Eocene boundary, *in* *Extended Abstract. Strata (Toulouse) Série 1*, v. 9: p. 61–64.
- HOTTINGER, L., 2000, Functional morphology of benthic foraminiferal shells, envelopes of cells beyond measure: *Micropaleontology*, v. 46, supp. no. 1, p. 57–86.
- HOTTINGER, L., 2001, *Learning from the Past?*: Academic Press, San Diego, v. 4.
- HOTTINGER, L., 2005, Geometrical constraints in foraminiferal architecture: consequences of change from planispiral to annular growth: *Studia Geologica Polonica*, v. 124, p. 99–115.
- HOTTINGER, L., 2006a, Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research: *Carnets*



- de Géologie/Netbooks on Geology, v. 02.
- HOTTINGER, L., 2006b, The depth-depending ornamentation of some lamellar-perforate foraminifera.: Symbiosis (Rehovot), p. 141–151.
- HOTTINGER, L., y CAUS, E., 2007, Shell Architecture in the Late Cretaceous Foraminiferal Subfamily Clypeorbinae Sigal, 1952: The Journal of Foraminiferal Research, v. 37, p. 372–392, doi: 10.2113/gsjfr.37.4.372.
- HOTTINGER, L., HALICZ, E., y REISS, Z., 1993, Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea: Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana.
- HOTTINGER, L., y LEUTENEGGER, S., 1980, The structure of calcarinid foraminifera: Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, v. 101, p. 115–151.
- HOTTINGER, L., REISS, Z., y LANGER, M., 2001a, Spiral canals of some Elphidiidae: Micropaleontology, v. 47, p. 5–34.
- HOTTINGER, L., ROMERO, J., y CAUS, E., 2001b, Architecture and revision of the Pellastispirines, planispiral canaliferous foraminifera from the Late Eocene Tethys: Micropaleontology, v. 47, p. 35–77.
- IGC, 2009, 1:25.000 Tresp 252–1–2 (65–22), Geotrell I. Mapa geològic: Mapa Geològic de Catalunya, Barcelona, 1 sheet.
- IGME, 1982, Mapa Geològic de España. E. 1:50.000. Hoja 770, Alcira: p. 31.
- JAGT, J., y JAGT-YAZYKOVA, E., 2012, Stratigraphy of the type Maastrichtian—a synthesis: Scripta Geologica. Special Issue, v. 8, p. 5–32.
- LAMARCK, J., 1801, Système des animaux sans vertèbres, ou tableau général des classes, des ordres et des genres de ces animaux: Paris.
- LANGER, M., y HOTTINGER, L., 2000, Biogeography of selected “larger” foraminifera: Micropaleontology, 46, suppl. no 1, p. 105–126.
- LAURENT, Y., BILOTTE, M., y LE LOEUFF, J., 2002, Late Maastrichtian continental vertebrates from southwestern France: Correlation with marine fauna: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 187, p. 121–135.
- LEE, J.J., y ANDERSON, O.R., 1991, Symbiosis in foraminifera, *in* Biology of Foraminifera: p. 157–220.
- LEPICARD, B., 1985, Le Crétacé terminal et le Paléocène basal dans les Petites Pyrénées et les dômes annexes: Biostratigraphie, Sédimentologie: Université Paul-Sabatier.
- LEUTENEGGER, S., 1984, Symbiosis in benthic foraminifera; specificity and host adaptations: The Journal of Foraminiferal Research, v. 14, p. 16–35, doi: 10.2113/gsjfr.14.1.16.
- LEUTENEGGER, S., y HANSEN, H.J., 1979, Ultrastructural and radiotracer studies of pore function in foraminifera: Marine Biology, v. 54, p. 11–16.

- LIEBAU, A., 1980, Paläobathymetrie und Ökofactorem: Flachmeerzonierung: Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen, v. 160, p. 173–216.
- LOBEGEIER, M.K., 2002, Benthic Foraminifera of the Family Calcarinidae From Green Island Reef, Great Barrier Reef Province: The Journal of Foraminiferal Research, v. 32, p. 201–216.
- LOEBLICH, A.R., y TAPPAN, H.N., 1964, Protista 2, *in* Moore, R.C., ed., Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C: Geological society of America, New York, p. 900.
- LOEBLICH, A., y TAPPAN, H., 1988, Foraminiferal genera and their classification: New York.
- MCCARTHUR, J.M., y HOWARTH, R.J., 2004, Strontium Isotope Stratigraphy, *in* Gradstein, F.M., Ogg, J.G., and Smith, A.G., eds., A Geological Time Scale: Cambridge University Press, Cambridge, p. 96–105.
- MARTÍN-CHIVELET, J., 1994, Litoestratigrafía del Cretácico superior del Altiplano de Jumilla-Yecla (Zona Prebética): Cuadernos de Geología Ibérica, v. 18, p. 117–173.
- MARTÍNEZ, R., 1982, Ammonoideos cretácicos del Prepirineo de la provincia de Lérida: Publicaciones de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona, 17.
- MENCÒS, J., 2011, Metodologies de reconstrucció i modelització 3D d'estructures geològiques: anticlinal de Sant Corneli-Boixols (Pirineus Centrals): Universitat de Barcelona.
- MERCEDES, R., 2005, Ammonites e inocerámidos del Santoniense–Campaniense del Barranco de la Podega (Cuenca de Tresp, Pirineos surcentrales): estudio paleontológico y bioestratigráfico: Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- MERİÇ, E., 1988, Siderolites denticulatus Douville ' nin Elmali ( Antalya - Güneybatı Türkiye) yöresinde bulunuşu üzerine: Geological Bulletin of Turkey, v. 31, p. 29–32.
- MEY, P.H.W., NAGTEGGAL, P.J.C., ROBERTI, K.J., y HARTEVELT, J.J.A., 1968, Litoestratigraphic subdivision of post-Hercynian deposits in the South-Central Pyrenees, Spain: Leidse Geologische Mededelingen, v. 41, p. 221–228.
- MONTFORT, P.D., 1808, Conchyliologie systématique et classification méthodique des coquilles, vol. I.: Forgotten Books 2013, Paris .
- MÜLLER-MERZ, von E., 1980, Structural Analysis of selected Rotaliid Foraminifer, *in* Hottinger, L., ed., Rotaliid Foraminifera: Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, Basel, p. 5–70.
- MUÑOZ, J.A., 1985, Estructura alpina i herciniana a la vora sud de la zona axial del Pirineu oriental: Universitat de Barcelona.

- MUÑOZ, J.A., 1992, Estructura alpina i herciniana a la vora sud de la zona axial del Pirineu oriental: Servei Geològic de Catalunya.
- NAGTEGAAL, P., 1972, Depositional history and clay minerals of the Upper Cretaceous basin in the south-central Pyrenees, Spain: *Leidse Geologische Mededelingen*, v. 47, p. 251–275.
- NEUMANN, M., 1986, Deux étapes dans la phylogénie du genre *Siderolites* (Foraminifère): *Annales de Paléontologie*, v. 72, p. 111–142.
- NEUMANN, M., 1997, Le Genre *Siderolites* (Foraminifère). Révision des différentes espèces. 1re partie: Analyse bibliographique, méthodologie, description des espèces du Campanien: *Revue de Micropaléontologie*, v. 40, p. 227–271.
- ORBIGNY, A., 1826, Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes: *Annales des Sciences naturelles*, v. 57, p. 96–169.
- PARENTE, M., 1994, A revised stratigraphy of the Upper Cretaceous to Oligocene units from southeastern Salento (Apulia, southern Italy): *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, v. 33, p. 155–170.
- PARENTE, M., 1997, Dasycladales from the Upper Maastrichtian of Salento Peninsula: *Facies*, v. 36, p. 91–122.
- PASCUAL-CEBRIAN, E., HENNHÖFER, D., y GÖTZ, S., 2013a, 3D morphometry of polyconitid rudist bivalves based on grinding tomography: *Facies*, v. 59, p. 347–358, doi: :10.1007/s10347-012-0310-8).
- PASCUAL-CEBRIAN, E., HENNHÖFER, D., y GÖTZ, S., 2013b, High resolution and true colour grinding tomography of rudist bivalves, exemplified with the taxonomic revision of *Mathesia darderi* (Astre): *Geological Society of Jamaica*, v. 45, p. 35–46.
- PFENDER, J., 1934, A propos du *Siderolites vidali* Douville et de quelques autres: *Bulletin de la Société Géologique de France*, v. 5, p. 4–5.
- PHILIP, J., 1983, Le Campanien et le Maastrichtien à rudiestes et grands foraminifères de Quatretonda (Province de Valence, Espagne): une clef pour la biozonation et les corrélations stratigraphiques dans le domaine mésogéen: *Géologie Méditerranéenne*, v. 10, p. 87–98.
- PONS, J.M., 1977, Estudio estratigráfico y paleontológico de los yacimientos de rudístidos del Cretácico superior del Prepirineo de la provincia de Lleida: *Universitat Autònoma de Barcelona*.
- PONS, J.M., y SIRNA, G., 1992, Upper Cretaceous Rudists distribution in the Mediterranean Tethys: comparison between platforms from Spain and South Central Italy: *Geologica Romana*, v. 28, p. 341–349.
- PONS, J.M., y VICENS, E., 2002, Campanian and Maastrichtian rudists from southern valencia province, South East Spain\*, *in Proc. 1st*

- International Conference on Rudists, UGSY, Mem. Publ.: p. 233–263.
- PUIGDEFÀBREGAS, C., y SOUQUET, P., 1986, Tecto-sedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees: *Tectonophysics*, v. 129, p. 173–203.
- REISS, Z., 1963, Comments on wall structure of foraminifera: *Micropaleontology*, v. 9, p. 50–52.
- REISS, Z., y HOTTINGER, L., 1984, *The Gulf of Aqaba: Ecological Micropaleontology*: Springer Berlin Heidelberg.
- RENEMA, W., 2008, Habitat selective factors influencing the distribution of larger benthic foraminiferal assemblages over the Kepulauan Seribu: *Marine Micropaleontology*, v. 68, p. 286–298, doi: 10.1016/j.marmicro.2008.06.002.
- RENEMA, W., y HART, M., 2012, Larger benthic Foraminifera of the type Maastrichtian: *Scripta Geologica. Special Issue*, v. 8, p. 33–43.
- RENEMA, W., y TROELSTRA, S.R., 2001, Larger foraminifera distribution on a mesotrophic carbonate shelf in SW Sulawesi (Indonesia): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 175, p. 125–146.
- RICCHETTI, G., CIARANFI, N., LUPERTO SINNI, E., MONGELLI, F., y PIERI, P., 1992, *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese apulo*: *Memorie Società Geologica Italiana*, v. 41, p. 57–82.
- ROBLES-SALCEDO, R., RIVAS, G., VICEDO, V., y CAUS, E., 2013, Paleoenvironmental distribution of larger foraminifera in Upper Cretaceous siliciclastic-carbonate deposits (Arén Sandstone Formation, south Pyrenees, northeastern Spain): *Palaios*, v. 28, p. 637–648, doi: <http://dx.doi.org/10.2110/palo.2012.p12-125r>.
- ROCCHIA, R., ROBIN, E., TAMBAREAU, Y., VILLATTE, J., y BILOTTE, M., 1998, Iridium at the K/T boundary in the Larcan quarry (Sub-pyrenean Zone, Southern France): p. 143.
- ROMERO, J., CAUS, E., y ROSELL, J., 2002, A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 179, p. 43–56.
- ROSELL, J., LLOMPART, C., y LINARES, R., 2001, El “garumniense” prepirenaico: *Revista de la Sociedad Geológica de España*, v. 14, p. 47–56.
- RÖTTGER, R., y KRÜGER, R., 1990, Observations on the biology of Calcarinidae (Foraminiferida): *Marine Biology*, v. 106, p. 419–425, doi: 10.1007/BF01344322.
- ROUX, H., y DOUVILLÉ, H., 1910, *La géologie des environs de Redeyef (Tunisie)*: *Bulletin Societe Geologique France*, v. 10, p. 646–

- 660.
- RUIZ DE GAONA, M., 1943, El piso Maestrichtiense en Olazagutia (Navarra): Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, v. 41, p. 85–101.
- RUIZ DE GAONA, M., 1948, SIDEROLITES OLAZTIENSIS (nueva descripción): Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, v. 18, p. 67–76.
- SCHLÜTER, M., STEUBER, T., y PARENTE, M., 2008, Chronostratigraphy of Campanian-Maastrichtian platform carbonates and rudist associations of Salento (Apulia, Italy): Cretaceous Research, v. 29, p. 100–114, doi: 10.1016/j.cretres.2007.04.005.
- SEGURET, M., 1972, Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées: Caractere synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité: Publications de l'Université des sciences et techniques du Languedoc (USTELA).
- SIGAL, J., 1952, Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé, *in* XIXe Congrès Géologique International.
- SIMÓ, A., 1985, Secuencias deposicionales del Cretácico superior de la Unidad del Montsec (Pirineo Central): Universidad de Barcelona.
- SIMÓ, A., 1986, Carbonate platform depositional sequences, Upper Cretaceous, south-central Pyrenees (Spain): Tectonophysics, v. 129, p. 205–231.
- SMOUT, A.H., 1954, Lower Tertiary foraminifera of the Qatar peninsula: British Museum (Natural History), London.
- SMOUT, A.H., 1955, Reclassification of the Rotaliidea (Foraminifera) and two new Cretaceous forms resembling Elphidium: Journal of the Washington Academy of Sciences, v. 45, p. 201–210.
- SOPEÑA, A. (ed.), 2004, Cordillera Ibérica y Costero Catalana, *in* Geología de España: SGE-IGME, Madrid, p. 465–527.
- SOUQUET, P., 1967, Le Crétacé supérieur sudpyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre: Univ. Toulouse.
- SPECHT, M., DERAMOND, J., y SOUQUET, P., 1991, Relations tectonique- sedimentation dans les bassins d'avant-pays, utilisation des surfaces stratigraphiques isochrones comme marqueurs de la deformation.: Bulletin de la Société Géologique de France, Huitième Série, v. 162, p. 55.
- STEUBER, T., y SCHLÜTER, M., 2012, Strontium-isotope stratigraphy of Upper Cretaceous rudist bivalves: Biozones, evolutionary patterns and sea-level change calibrated to numerical ages: Earth-Science Reviews, v. 114, p. 42–60, doi: 10.1016/j.earscirev.2012.04.004.
- UHLENBROEK, G.D., 1912, Het Krijt van Zuid-Limburg. Toelichting bij eene geologische kaart van het Krijt- gebied van Zuid-Limburg: Jaarverslag Rijksopsporing van Delfstoffen over 1911, p. 48–57.
- VECCHIA, F.M.D., TENTOR, M., TARLAO, A.,

- VENTURINI, S., y MARSIGLIO, G., 2004, *Ii grande incluso Mastrichtiano a rudiste nel flysch eocenico presso Vigant (Nimis, Udine): Natura Nascosta*, v. 29, p. 1–36.
- VAN DEN BOLD, W.A., 1946, Contribution to the study of Ostracoda with special reference to the Tertiary and Cretaceous microfauna of the Caribbean Region: Univ. Utrecht.
- VAN GORSEL, J.T., 1974, Some Complex Upper Cretaceous Rotaliid Foraminifera from the Northern Border of the Aquitaine Basin (SW France): Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, v. 77, p. 319–339.
- VAN GORSEL, J.T., 1978, Late Cretaceous orbitoidal foraminifera, *in* Hedley, R.G. and Adams, C.G., eds., Foraminifera: p. 120
- VAN HINTE, J.E., 1976, A Cretaceous time scale: AAPG Bulletin, v. 60, p. 498–516.
- VERA, J. (ed.), 2004, Geología de España: SGE-IGME, Madrid.
- VICEDO, V., y GALLEMÍ, J., 2012, Gestión documental de las colecciones de micropaleontología: informatización y acceso online, *in* Liao, J.-C., Vintaned, J.A.G., Valenzuela-Ríos, J.I., and García-Forner, A., eds., XXVIII Jornadas de La Sociedad Española de Paleontología Y Somposios de Los Proyectos N° 587 Y 596 Del PICG, 1-6 de Octubre. Homenaje a Guillem Colom Casanovas (1900-1993). Libro de Resúmenes: Universitat de València-Sociedad Española de Paleontología, Valencia-Sóller, p. 334.
- VICENS, E., ARDEVOL, L., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., y ARRIBAS, M.E., 2004, Rudist biostratigraphy in the Campanian-Maastrichtian of the south-central Pyrenees, Spain: Courier Forsch.-Inst Senckenberg, v. 247, p. 113–127.
- VIDAL, L.M., 1875, Geología de la provincia de Lérida (Región central): Bol. Com. Mapa Geol. Esp., v. 4, p. 257–372.
- VILLAIN, J., 1977, Le Maastrichtien dans sa région type (Limbourg, Pays-Bas). Étude stratigraphique et micropaléontologique: Palaeontographica Abteilung A, p. 1–87.
- VILLALONGA, R., 2009, Los macroforaminíferos de la plataforma Campaniense del margen sur de la cuenca pirenaica (Unidad Surpirenaica Central, NE de la Península ibérica): Universitat Autònoma de Barcelona.
- WANNIER, M., 1979, Origine, Evolution et Systematique des Siderolithines: Univ. Basel.
- WANNIER, M., 1980, La structure des Siderolitinae, foraminifères du Crétacé supérieur: Eclogae Geologicae Helvetiae, v. 73/3, p. 1009–1029.
- WANNIER, M., 1983, Evolution, biostratigraphie et systematique des Siderolitinae (Foraminiferes): Revista Española de Micropaleontología, v. 15, p. 5–37.
- ZAKREVSAYA, E.Y., 2009, The first find of Pseudosiderolites Smout (Foraminifera) in

the Upper Cretaceous of the Rostov Region:  
Paleontological Journal, v. 43, p. 19–33, doi:  
10.1134/S0031030109010031.

ZIEGLER, P.A., 1988, Evolution of the Arthric-  
North Atlantic and the Western Tethys. A

visual presentation of a series of  
paleogeographic-paleotectonic maps:  
Memmoir. Am. Ass. Petr. Geol., p. 164–  
196.

