

Correlación bioestratigráfica entre las sucesiones miocénicas marinas de Sant Pau d'Ordal y Sant Llorenç d'Hortons (Depresión del Vallès - Penedès, Barcelona)

Eugeni NAVAS, Jordi MARTINELL, Rosa DOMÈNECH y Jordi BATLLORI.

Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Universitat de Barcelona. Campus de Pedralbes.

Facultat de Geologia. E-08071 Barcelona.

RESUMEN

En base a los moluscos fósiles y a criterios sedimentológicos, se realiza una reconstrucción paleoambiental del sector de Sant Pau d'Ordal y de La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons y se deduce la equivalencia lateral de ambas localidades, a las que se atribuye una edad Langhiense-Serravaliense inferior. La presencia del pterópodo *Vaginella austriaca*, KITTL citado por primera vez en diversos yacimientos del Penedès, permite afirmar que durante este período existió una buena comunicación entre el golfo del Penedès y el mar abierto.

Palabras clave: Mediterráneo nordoccidental, Penedès, Mioceno, Bioestratigrafía, Gastropoda, Pteropoda.

ABSTRACT

Biostratigraphic correlation between the Miocene marine sequences of Sant Pau d'Ordal and Sant Llorenç d'Hortons (Vallès-Penedès basin, Barcelona, NE Spain)

The paleoenvironmental reconstruction of the St. Pau d'Ordal and La Pedrera de St. Llorenç d'Hortons sections (Penedès area) is realized on the basis of molluscan fossils and sedimentological criteria. The lateral equivalence of both localities - which are dated to a Langhian-

Lower Serravalian age - is deduced. The presence of the pteropod *Vaginella austriaca*, KITTL - which is cited for the first time in some localities of the Penedès area - allows us affirm that during this epoch a good communication between the Penedès gulf and the open sea existed.

Keywords: Northwestern Mediterranean, Penedès, Miocene, Biostratigraphy, Gastropoda, Pteropoda.

INTRODUCCIÓN

Este estudio pretende contrastar la validez de la propuesta de Crusafont (1959) de correlacionar lateralmente las sucesiones miocénicas marinas de Sant Pau d'Ordal y Sant Llorenç d'Hortons. Para ello nos apoyamos fundamentalmente en la información aportada por los moluscos fósiles.

En el estudio del Mioceno marino del Penedès los moluscos han tenido desde antiguo un papel muy importante desde el punto de vista sistemático, paleoambiental

y bioestratigráfico. Aunque otros grupos como los foraminíferos o el nannoplankton suelen proporcionar dataciones más precisas, su escasa presencia en localidades como La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons contrasta con una gran diversidad de moluscos.

El gran número de especies identificadas en los yacimientos estudiados, unido al hallazgo del pterópodo *Vaginella austriaca*, especialmente valioso como veremes, hace posible una correlación bioestratigráfica totalmente basada en los moluscos.

Así mismo, hemos considerado necesario precisar la posición de los distintos pisos del Mioceno, las diferentes divisiones empleadas y su correlación exacta. El hecho de que los autores clásicos (Almera, 1898; Crusafont, 1959; etc.) emplearan términos tales como Helveciense o Tortoniense con un sentido estratigráfico distinto al que se emplea actualmente, podría dar lugar a confusiones que es preciso prevenir.

ANTECEDENTES

Almera (1896, 1898) realiza un corte geológico entre Sant Sadurní d'Anoia y Sant Pau d'Ordal que incluye la litología y el contenido paleontológico de todos los niveles encontrados. Dicho autor, confecciona largas listas de especies y variedades de moluscos de las "margas arenosas y arcillas azuladas del valle de Sant Pau d'Ordal", de las "arcillas azules algo arenosas con abundantes lamelibranquios de aguas salobres sobre los que está edificada la casa Vendrell" y de los "niveles someros con Ceritidos" de las proximidades de Can Vendrell. Estos niveles corresponden a los que en el presente artículo denominaremos unidades A, B₂ y D respectivamente (Fig. 2d).

Truyols y Crusafont (1951) levantan un perfil estratigráfico a través del torrente de La Rierusa, diferenciando un total de cinco tramos marinos y otros tantos continentales, interpretándolos como un sistema de cuñas formado por la alternancia de regímenes transgresivos y regresivos.

Dichos autores, resaltan la existencia de dos importantes cuñas marinas separadas por 100 m de materiales continentales. Una inferior, que denominan serie de Can Raimundet, de naturaleza marina, con *Megaxinus bellardianus* (MAYER) y *Amussium cristatum* (BRONN) y otra superior a la que llaman serie de La Pedrera, de naturaleza muy somera, que interpretan como una zona litoral con régimen de estuario.

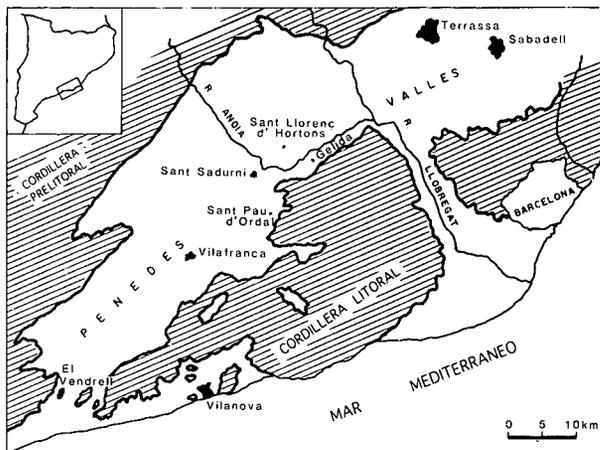


Figura 1. Mapa de situación que incluye las localidades estudiadas (modificado de Civis *et al.* 1986).

Figure 1. Location map including the locations studied (modification of Civis *et al.* 1986).

Crusafont y Truyols (1954) y Crusafont (1959) aportan sendas listas de especies de moluscos de La Pedrera. Según Crusafont (*op. cit.*), la cuña marina de Can Raimundet corresponde a un episodio transgresivo de edad Helveciense *sensu stricto* (Mioceno medio basal). La cuña de La Pedrera, que considera lateralmente equivalente a Sant Pau d'Ordal, la atribuye a una segunda transgresión Vindoboniense, que tendría lugar durante el Tortoniense (Crusafont tiene en cuenta la antigua división del Mioceno medio o Vindoboniense en tres pisos: Helveciense s.s., Tortoniense y Sarmatiense).

Casanovas *et al.* (1972) estudian la serie de La Pedrera desde un punto de vista litológico, sedimentológico y paleontológico, concluyendo la existencia de un dispositivo de tipo deltaico.

Contrariamente a lo propuesto hasta el momento, dichos autores piensan que la cuña continental que separa las series de Can Raimundet y La Pedrera no es más que un aporte aluvial dentro de un mismo episodio marino de edad Tortoniense. Así pues, en esta parte del Penedès no distinguen dos pisos diferenciados correspondientes a sendas transgresiones vindobonienses, sino dos facies distintas pertenecientes a un mismo piso: Can Raimundet, de origen marino, y La Pedrera, una facies salobre tipo "lagoon".

Magné (1978), en su estudio bioestratigráfico del Neógeno de las cuencas catalanas, efectúa varias dataciones de los alrededores de Sant Pau d'Ordal a partir de los foraminíferos planctónicos. Según dicho autor, los in-

veles de la cantera de Can Rosell pertenecerían a la zona N8 de Blow sin *Praeorbulina*, que atribuye al Burdigaliense terminal. En Sant Pau d'Ordal levanta tres series: la serie del puente del pueblo (continental), la de Can Sala y la de Can Vendrell. A pesar del nombre que le da el autor, esta última serie no corresponde a la zona de Can Vendrell. Se trata de unos niveles situados por debajo de la formación arrecifal, que asigna a la zona N8. La formación arrecifal de Can Sala la atribuye a las zonas N8 y N9, añadiendo la siguiente observación: "les niveaux récifaux de Sant Pau d'Ordal sont donc post-burdigaliens, mais leur âge ne dépasse probablement pas le sommet du Langhien".

Magné (*op. cit.*) divide la serie clásica de La Rierussa en tres tramos: la serie de Sant Salvador, la de Can Raimundet y la de La Pedrera a techo. Las dos primeras son ricas en microfauna, la última es pobre y no es posible su datación. En base a los foraminíferos planctónicos, atribuye las series de Sant Salvador y Can Raimundet a la zona N8 de Blow. En la primera no encuentra *Praeorbulina* y sí lo hace en la segunda, con lo cual afirma que la serie de Can Raimundet pertenece ya al Langhiense.

Martinell y Porta (1981) encuentran *Vaginella austriaca* en La Pedrera, lo que supone la primera cita de Pterópodos en el Mioceno de Catalunya. Basándose en dicha especie atribuyen este yacimiento al Langhiense - Serravaliense inferior. Así mismo, citan un total de 27 especies de moluscos cuya asociación les sugiere un medio de escasa profundidad, pero de salinidad marina normal.

Permayer (1982) realiza un detallado estudio petrográfico de las calizas de Can Sala, interpretándolas como un pequeño arrecife de tipo franjeante ("fringing patch reef"), con una zonación clara y una laguna protegida. Salvatorini *in* Permayer (*op. cit.*) data la serie de Can Rosell a partir de foraminíferos planctónicos y nannoplancton calcáreo, asignándole una edad Burdigaliense terminal (zonas N7 y NN3).

Martinell y Porta (1983) estudian la malacofauna de Can Rosell, citando un total de treinta y una especies de gasterópodos y seis de bivalvos.

Agustí *et. al.* (1983-84) realizan un estudio estratigráfico de la fosa del Vallès-Penedès en su conjunto y definen cinco unidades deposicionales: la unidad de brechas basales, el complejo continental inferior, el complejo marino y de transición (al que atribuyen una edad Burdigaliense superior - Langhiense), el complejo continental superior y la unidad continental pliocénica.

López (1984) describe sesenta y dos especies y subespecies de ostrácodos del Alt Penedès, realiza una cartografía geológica de la comarca y levanta numerosos perfiles estratigráficos. En el yacimiento de Can Vendrell estudia una única muestra en la que encuentra una gran abundancia de ostrácodos propios de aguas salobres mezclados con un reducido número de especies marinas, interpretando la asociación como procedente de un ambiente de plataforma protegida de condiciones restringidas.

En La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons, López (*op. cit.*) diferencia una facies de plataforma terrígena abierta sobre la que se superponen unos materiales de origen deltaico formados por facies de frente deltaico y de bahía interdistributaria.

Bessedik y Cabrera (1985) aclaran las relaciones geométricas entre las diferentes facies del complejo marino y de transición en el sector de Sant Pau d'Ordal, distinguiendo una unidad inferior detrítica y una superior detrítico-carbonatada a la cual pertenecen el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal, Can Sala y Can Vendrell. El análisis polínico de las margas de la cantera de Can Vendrell indica unas condiciones climáticas húmedas tropicales o subtropicales. Según los autores, el hallazgo de polen de manglar en estos niveles, que consideran geoméricamente próximos o equivalentes al arrecife de Can Sala, demuestra la contemporaneidad manglar-arrecife. Sugieren también, que este episodio correspondería al máximo transgresivo observado en el Mediterráneo nord-occidental, ligado a un fenómeno glacio-eustático.

Cravatte y Müller *in* Bessedik y Cabrera (*op. cit.*) basándose, respectivamente, en los foraminíferos planctónicos y en el nannoplancton calcáreo, consideran que el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal pertenece a la zona N8 con *Praeorbulina* y a la zona NN4, y atribuyen una edad Burdigaliense superior - Langhiense inferior al máximo transgresivo correspondiente al desarrollo arrecifal y del manglar.

Batlloori (1990) realiza un estudio paleontológico del yacimiento de La Pedrera citando un total de 81 especies de moluscos, en base a los cuales atribuye a estos depósitos un carácter marino poco profundo, teniendo lugar una sedimentación tranquila propia de un medio algo restringido pero de salinidad normal.

Navas (1991) realiza un estudio tafonómico, paleoecológico y sistemático del yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal, citando un total de 91 especies de moluscos (67 gasterópodos, 3 escafópodos y 21 bivalvos),

cuya asociación es propia de un medio marino de salinidad normal. Destaca la presencia de *Vaginella austriaca* la cual permite asignar una edad Langhiense a dicho yacimiento.

Batliori y Martinell (1992) estudian la actividad predatora de moluscos y fauna carcínica sobre los fósiles de La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons. Basándose en los moluscos, atribuyen dicho yacimiento al Mioceno medio.

Porta y Civis (1992) apuntan la posibilidad de que los niveles marinos de La Pedrera puedan corresponder al Serravaliense.

MÉTODOS DE MUESTREO

Para la obtención de los fósiles se han seguido métodos diferentes en función de las características de los distintos niveles estudiados, siempre orientados hacia el estudio de los moluscos, pero sin despreciar la información aportada por la fauna acompañante.

En los niveles más ricos en fauna se ha llevado a cabo un muestreo de búsqueda seguido de un muestreo sistemático exhaustivo que ha permitido conocer los porcentajes representativos de las diferentes especies de moluscos (niveles A₂, A₃, P₁ y P₃). En el resto de los niveles se ha efectuado un muestreo de búsqueda, que sólo en algunos casos ha conllevado el tamizado de sedimento. En algunos niveles (B₂ y D) el muestreo de búsqueda ha permitido aproximar de forma cualitativa la abundancia de las diferentes especies.

EL SECTOR DE SANT PAU D'ORDAL

El sector de Sant Pau d'Ordal se encuentra en el borde meridional de la depresión del Vallès-Penedès, muy

próximo al macizo del Garraf (Fig. 1). El complejo marino y de transición (Agustí *et al.*, 1983-84) aflora ampliamente en este área, con una potencia aproximada de 200 m, reposando directamente sobre el substrato mesozoico o sobre el complejo continental inferior.

Dentro del complejo marino y de transición de esta zona se han diferenciado dos unidades litoestratigráficas (Bessedik y Cabrera, 1985): una unidad inferior eminentemente detrítica, que incluye la sección clásica de la cantera de Can Rosell, y una unidad superior detrítico-carbonatada, constituida por dos importantes construcciones arrecifales intercaladas entre arcillas y areniscas.

El nivel arrecifal inferior, está formado fundamentalmente por algas rodofíceas, mientras que el superior es sobre todo coralino. La cantera de Can Sala proporciona una magnífica sección de la unidad arrecifal superior, que ha sido ampliamente estudiada (Permanyer, 1982).

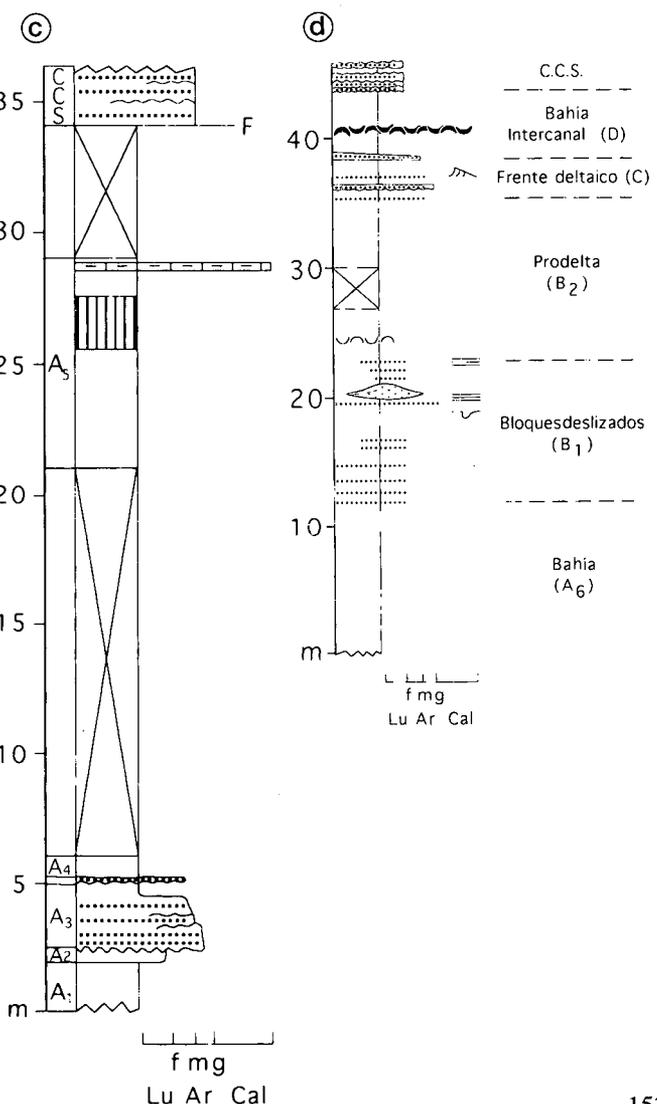
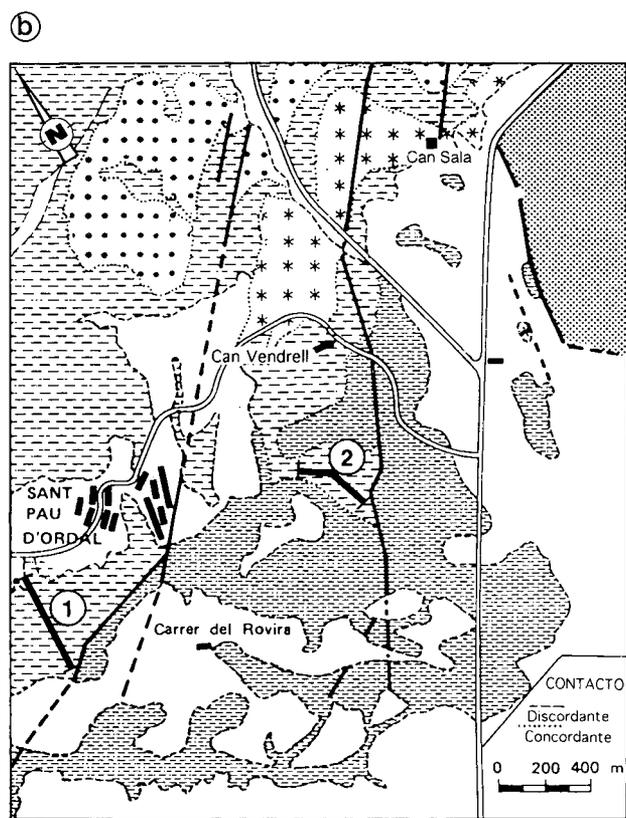
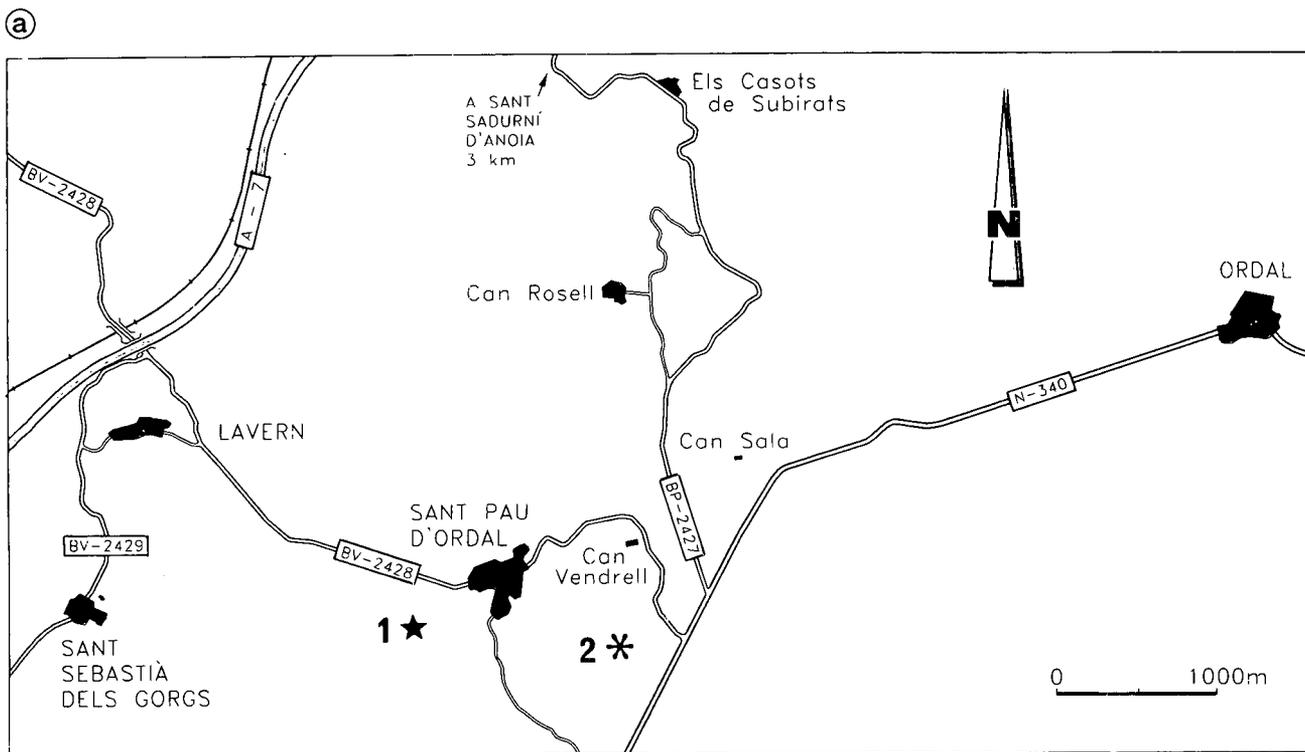
En el presente trabajo, centramos nuestra atención en la unidad superior del complejo marino y de transición, concretamente en los niveles detríticos que afloran a lo largo del valle de Sant Pau d'Ordal.

El valle de Sant Pau d'Ordal comienza en las proximidades del enlace entre la carretera N-340 y la comarcal BV-2428 y se alarga siguiendo una dirección Este-Oeste (Fig. 2a).

El complejo marino y de transición aflora ampliamente en dos zonas del valle: al comienzo del mismo alrededor de la masía Vendrell y al Oeste del pueblo de Sant Pau d'Ordal. Las sucesiones marinas de ambas zonas quedan separadas por sedimentos cuaternarios y por los afloramientos del complejo continental superior, de modo que el problema fundamental que se nos plantea es relacionarlos estratigráficamente.

Figura 2. **a)** Mapa de situación del sector de Sant Pau d'Ordal. Se han señalado los diferentes yacimientos de la zona destacando el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal -1- y el de la cantera de Can Vendrell -2-. **b)** Mapa geológico del valle de Sant Pau d'Ordal en el que se indica la situación del perfil estratigráfico del sector oeste del valle -1- y de la cantera de Can Vendrell -2- (modificado de Bessedik & Cabrera, 1985). **c)** Perfil estratigráfico del sector Oeste del Valle. Los niveles A₁₋₄ afloran en el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal (en rayado vertical tramo de margas de color gris; un metro por encima se encuentra el nivel de acumulación de *Megaxinus bellardianus*). **d)** Perfil estratigráfico de la cantera de Can Vendrell con interpretación paleoambiental (dentro de las facies de bahía interdistributaria resalta el nivel de acumulación de ostreidos).

Figure 2. **a)** Sectorial map of Sant Pau d'Ordal. The different outcroppings are marked especially the ones at the torrent of Sant Pau d'Ordal -1- and at the Can Vendrell quarry -2-. **b)** Geological map of the Sant Pau d'Ordal valley indicating the stratigraphic profile of the western sector of the valley -1- and of the Can Vendrell quarry -2- (modification of Bessedik & Cabrera, 1985). **c)** Stratigraphic profile of the western sector of the valley. The layers A₁₋₄ are seen in the outcropping of the torrent of Sant Pau d'Ordal (vertical stripes of grey-coloured clays; one metre above this the accumulation of *Megaxinus bellardianus* can be seen). **d)** Stratigraphic profile of the Can Vendrell quarry with paleoenvironmental interpretation (within the inter-distributary bay facies the accumulation of ostreids stands out).



- Zócalo Cretácico
- Nivel arrecifal superior
- Complejo Continental superior
- Nivel arrecifal inferior
- Margas azules y arenas fosilíferas
- Cuaternario

El sector oeste del valle

La Fig. 2c muestra la serie estratigráfica levantada en el sector Oeste del valle en cuya base se encuentra el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal. A techo, una falla más o menos paralela al eje del valle por su vertiente meridional, pone en contacto los materiales marinos con los del complejo continental superior. En esta zona los depósitos marinos están formados por diferentes niveles de arcillas, margas, margas arenosas y arenas, que contienen gran cantidad de fósiles, sobre todo moluscos.

En base a su contenido paleontológico relativamente homogéneo, incluimos el conjunto de estos materiales en una misma unidad deposicional, a la que denominamos unidad A. Esta unidad, que aparece también en la base de la cantera de Can Vendrell y nos permite correlacionar ambas zonas, está formada por una asociación de facies de bahía.

Los niveles más estudiados por la abundancia y variedad de su fauna son los niveles A₂ y A₃, unas margas arenosas y unas arenas que afloran en el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal (Fig. 2c).

Contenido paleontológico

Los niveles A₂ y A₃ aportan en su conjunto un total de 92 especies de moluscos (68 gasterópodos, 3 escafópodos y 21 bivalvos). En el primer nivel se han encontrado hasta 74 especies y en el segundo, 75.

Además de moluscos, los niveles A₂ y A₃ y la unidad A en su conjunto aportan otros fósiles como: foraminíferos planctónicos y bentónicos (abundantes), el coral solitario *Caryophyllia (Acanthocyathus) laterocristata* (EDWARDS y HAIME) (abundante), briozoos incrustantes (escasos), construcciones realizadas por anélidos (escasas), ostrácodos (abundantes), pinzas de crustáceo (escasas), equínidos irregulares (abundantes) y restos de peces (abundantes).

Consideraciones paleoecológicas

El estudio tafonómico de detalle (Navas, 1991) indica que los niveles A₂ y A₃ se depositaron en un ambiente tranquilo, donde los procesos físicos de transporte fueron muy poco importantes. Sin embargo, existió una cierta agitación de las aguas y se produjo un considerable retrabajamiento debido a la actividad biológica.

El conjunto de fósiles de la unidad A, y en especial los moluscos, son propios de un ambiente marino con salinidad normal y de aguas cálidas o templadas. Por otra parte, la presencia de *Vaginella austriaca*, muy abundante en algunos niveles, es indicativa de aguas abiertas.

Según la zonación propuesta por Scott (1976), basada en las relaciones tróficas y en las relaciones con el sustrato de los bivalvos, los niveles A₂ y A₃ se habrían depositado en un ambiente de bahía marina.

El nivel A₅, que se encuentra a techo de la serie en este sector del valle, está formado por unas margas ocreas y grises con un contenido paleontológico similar al de los niveles A₂ y A₃. Sin embargo, se diferencia de éstos por contener un menor número de especies y por el gran dominio de dos de ellas: el bivalvo *M. bellardianus* y sobre todo el gasterópodo *V. austriaca*. Este último es muy abundante, de modo que en muchos puntos los diferentes especímenes se encuentran en contacto unos con otros formando el armazón de la roca.

En este nivel se han encontrado además, las siguientes especies de moluscos: *Turritella turris*, BASTEROT (escasa), *Tibia dentata ordalensis* (AIMERA Y BOFILL) (abundante), *Siphonodentalium infundibulatum*, COSSMANN y PEYROT, *Nuculana pella* (LINNE), *Parvilucina dentata* (DEFRANCE), *Ostrea* sp. (escasa), y *Anadara diluvii* (LAMARCK). Así mismo, son muy abundantes los foraminíferos planctónicos (más que los bentónicos), abundando también los equínidos irregulares y los restos de peces, estos últimos representados por varias especies.

La gran cantidad de *V. austriaca* existente en el nivel A₅ nos hace pensar que podría representar un episodio de mayor profundidad que el resto de la unidad A. Refuerza esta hipótesis la elevada relación foraminíferos planctónicos/bentónicos. Así mismo, algunas de las pocas especies de moluscos identificadas pertenecen a géneros actualmente integrados por especies de aguas profundas (género *Tibia*), o la propia especie vive actualmente en aguas profundas (*N. pella*).

Dentro del nivel A₅ hay una capa de unos 30 cm de potencia formada casi exclusivamente por conchas de *M. bellardianus*, que conservan las valvas cerradas y se amontonan unas sobre otras en posición horizontal. Este nivel denota la existencia de un episodio erosivo ligado, probablemente, a un período transgresivo, que produjo un lavado del sedimento y concentró las conchas sin llegar a desarticularlas.

Como conclusión, podemos decir que la unidad A se depositó en un medio marino de plataforma, en el seno de una bahía bien comunicada con mar abierto. Las condiciones del fondo eran estables aunque, como mínimo, se produjo un episodio erosivo de relativa importancia.

La zona de Can Vendrell

En esta zona es posible observar como los materiales del complejo marino y de transición, que alcanzan una potencia máxima de unos 90 m, pasan a los del complejo continental superior.

La base de los materiales marinos de la zona de Can Vendrell la forman 12 m de margas azules que afloran en el fondo de una antigua explotación de arcillas, conocida como la cantera de Can Vendrell (Fig. 2a).

Estas margas constituyen a su vez el techo de la unidad A, descrita en el sector Oeste del valle. Sobre ellas se disponen concordantemente unos materiales de origen deltaico, cuyas facies subaéreas forman parte del complejo continental superior.

La Fig. 2d muestra la serie estratigráfica más completa levantada en la zona de Can Vendrell, cuya situación se detalla en la Fig. 2b. En ella se observan las distintas facies diferenciadas a lo largo del complejo deltaico: bloques deslizados desde el frente deltaico y prodelta (unidades B₁ y B₂), frente deltaico (unidad C), bahía interdistributaria (unidad D) y llanura deltaica subaérea (CCS).

Asociación de facies de bahía

Las margas azules de la cantera de Can Vendrell contienen las siguientes especies de moluscos: *T. dentata ordalensis*, *Natica* cf. *millepunctata*, LAMARCK, *Nassarius* sp., *A. diluvii* y *M. bellardianus*.

En base a su contenido paleontológico, podemos afirmar que estas margas son sedimentos de bahía pertenecientes a la unidad A, concretamente al que denominamos nivel A₆. Su composición faunística es muy similar a la del nivel A₅ del sector Oeste del valle, pero presenta una proporción mucho menor de foraminíferos planctónicos y aparentemente no contiene *V. austriaca*.

Sabemos que las margas azules de la cantera de Can Vendrell (nivel A₆) constituyen el techo de la unidad A, pero ignoramos si se encuentran enteramente por encima

del nivel A₅ o si ambos niveles son, al menos en parte, lateralmente equivalentes. Ya que el contacto entre el nivel A₅ y el complejo continental superior en el sector Oeste del valle es por falla (Fig. 2c), la primera hipótesis parece la más plausible. Así pues, es muy probable que entre la serie del sector Oeste de valle y la de Can Vendrell exista un paquete de materiales de bahía de una potencia indeterminada que no llegue a aflorar.

Asociación de facies del complejo deltaico

Directamente sobre los sedimentos de bahía, se encuentra un paquete de arcillas y arenas sin fauna formado por bloques deslizados desde el frente deltaico (B₁).

Por encima, se disponen las margas de prodelta (B₂) que en general son bastante pobres en fauna. En la cantera de Can Vendrell hay un pequeño nivel de acumulación de 10 o 15 cm de potencia, que nos ha proporcionado la mayor parte de los fósiles procedentes del prodelta: *Turritella terebralis*, LAMARCK, *Caecum* sp., *Sandbergeria perpusilla* (GRATELOUP), *Pyramidella* sp., y *V. austriaca*. Además de moluscos, en este nivel se encuentran numerosos foraminíferos bentónicos del género *Ammonia*, ostrácodos y restos de peces.

Una fauna algo distinta se observa en las margas de prodelta que se encuentran en la base de la colina sobre la que se asienta la masía Vendrell. Estas margas, que reposan sobre un nivel carbonatado al que nos referiremos más adelante, corresponden a una parte poco profunda del prodelta y contienen: *Ostrea lamellosa*, BROCCHI, *P. dentata*, *Noetiella* cf. *rollei* (HÖRNES), *A. diluvii* y *Cardium* sp.

Las facies de frente deltaico (C) están formadas por arcillas, arenas y arenas conglomeráticas, que en esta zona forman una o dos secuencias granocrecientes y estratocrecientes. Se observa laminación tipo ripple, estratificación cruzada producida por la migración de dunas y estratificación cruzada de tipo planar.

Su contenido paleontológico es muy escaso, apenas se encuentran unas pocas valvas de ostréidos y algún otro bivalvo que por su mala conservación no ha podido ser determinado.

En diversos puntos de la zona de Can Vendrell, justo por debajo de los materiales rojos del complejo continental superior, y también relacionados lateralmente con los mismos, se pueden observar unas arcillas grises masivas que contienen moluscos de aguas salobres -

A₂ A₃

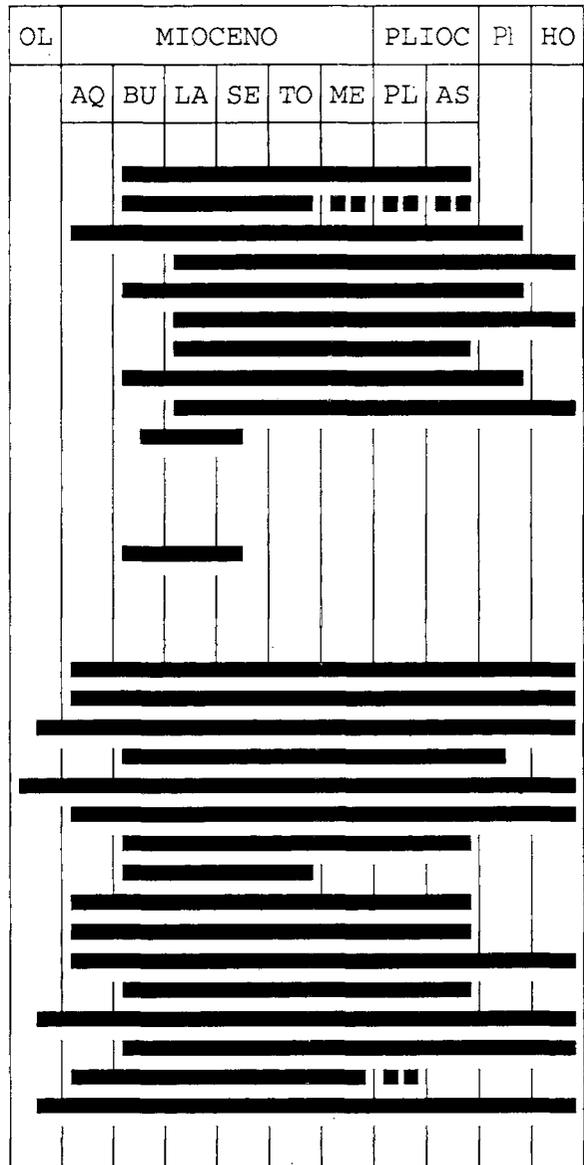
- x x *Conus (Conolithus) dujardini* DESHAYES, 1845
- x + *Conus (Lithoconus) aff. antiquus* LMK., 1810
- x + *Terebra (Myurellina) acuminata* BORSON, 1820
- x x *Leiostraca subulata* (DONOVAN, 1803)
- x + *Niso (s.s.) terebellum* CHEMNITZ, 1788
- + + *Odostomia (Megastomia) conoidea* (BROCC., 1814)
- x x *Pyramidella (s.s.) unisulcata* DUJARDIN, 1837
- x x *Ringicula (s.s.) ventricosa* (SOWERBY, 1824)
- + + *Retusa (s.s.) truncatula* (BRUGUIERE, 1789)
- * * *Vaginella austriaca* KITTL. 1886

Cl. Scaphopoda

- * * *Siphonodentalium (P.) infundibulatum* C & P, 1917

Cl. Bivalvia

- x *Nuculana (Lembulus) pella* (LINNE, 1767)
- + + *Barbatia (Acar) clathrata* (DEFrance, 1816)
- * * *Anadara (s.s.) diluvii* (LAMARCK, 1805)
- * * *Amusium cristatum* (BRONN, 1827)
- x + *Anomia (s.s.) ehippium* LINNE, 1758
- ● *Ostrea (s.s.) lamellosa* BROCCHI, 1814
- + *Lucina (s.s.) orbicularis* DESHAYES, 1836
- + *Lucina agassizi* (MICHELOTI, 1839)
- + * *Megaxinus (s.s.) bellardianus* (MAYER, 1864)
- x ● *Parvilucina (M.) dentata* (DEFR., 1823)
- x x *Myrtea (s.s.) spinifera* (MONTAGU, 1803)
- + *Crassatina (s.s.) concentrica* (DUJARDIN, 1837)
- x + *Venus (V.) multilamella* (LAMARCK, 1818)
- * ● *Pitar (s.s.) rudis* (POLI, 1795)
- + + *Corbula (Caryocorbula) carinata* DUJARDIN, 1837
- ● *Corbula (Varicorbula) gibba* (OLIVI, 1792)



Moluscos determinados a nivel genérico

- A₂** GASTROPODA: *Cypaea* sp. (+), *Bursa* sp. (+), *Nassarius* sp. (*), *Babylonia* sp. (+), *Turris* sp. (+), *Brachytoma* sp. (+), *Strioterebrum* sp. (+), *Turbonilla* sp. (x), *Acteon* sp. (+). SCAPHOPODA: *dentalium* sp. (x), *Gadila* sp. (x). BIVALVIA: *Pinna* sp. (+), *Chlamys* sp. (*), *Macoma* sp. (x).
- A₃** GASTROPODA: *Pomatias* sp. (+), *Vermetus* sp. (+), *Cirsotrema* sp. (+), *Nassarius* sp. (*), *Dorsanum* sp. (+), *Brachytoma* sp. (+), *Conus* sp. (+), *Turbonilla* sp. (x), *Acteon* sp. (+). SCAPHOPODA: *Dentalium* sp. (*), *Gadila* sp. (+). BIVALVIA: *Chlamys* sp. (x), *Chama* sp. (+), *Cardium* sp. (+), *Macoma* sp. (x).

Tabla I.- Distribución estratigráfica de los moluscos fósiles encontrados en los niveles A₂ y A₃ del yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal. OL (Oligoceno), AQ (Aquitaniense), BU (Burdigaliense), LA (Langhiense), SE (Serravaliense), TO (Tortonense), ME (Messiniense), PLIOC (Plioceno), PL (Plasenciense, Plioceno Inferior), AS (Astiense), PI (Pleistoceno), HO (Holoceno). Abundancia de las diferentes especies respecto del total de individuos de la comunidad: + (0 % - 0,25 %), x [0,25% - 1 %), * [1 % - 10 %), ● [10 % - 100 %] ■ Especies que constituyen primeras citas en el Neógeno catalán.

Table I.- Stratigraphic distribution of the mollusc fossils found in layers A₂ and A₃ of the torrent of Sant Pau d'Ordal outcropping. OL (Oligocene), AQ (Aquitanian), BU (Burdigalian), LA (Langhian), SE (Serravallian), TO (Tortonian), ME (Messinian), PLIOC (Pliocene), PL (lower Pliocene iplasenciense), AS (Upper Pliocene), PI (Pleistocene), HO (Holocene). Relative abundance of the species concerning the total number of individual in the community: + (0 % - 0,25 %), x [0,25% - 1 %), * [1 % - 10 %), ● [10 % - 100 %]. ■ First citation in the Catalan Neogene.

B₂ D Cl. Gastropoda

- I I *Turritella terebralis* LAMARCK, 1822
- I *Protoma proto* (BASTEROT, 1825)
- I *Sandbergeria perpusilla* (GRATELOUP, 1827)
- III *Terebralia (s.s.) bidentata* (DEFRANCE, 1832)
- III *Pirenella (T.) picta* (DEFR. in BAST., 1825)
- I *Cerithium (Theridium) vulgatum* BRUGUIERE, 1789
- III *Neverita josephina* RISSO, 1826
- II *Ocinebrina sublavata* (BASTEROT, 1825)
- I *Galeodes cornutus* (AGASSIZ, 1843)
- II *Sphaeronassa saccoi* (TRENTANOVE, 1911) ■
- I *Narona (Sveltia) varicosa* (BROCCHI, 1814)
- II *Vaginella austriaca* KITTL, 1886

Cl. Bivalvia

- III *Anadara (s.s.) diluvii* (LAMARCK, 1805)
- II *Noetiella rollei* (HOERNES, 1870)
- III *Ostrea (s.s.) lamellosa* BROCCHI, 1814
- III *Parvilucina (M.) dentata* (DEFRANCE, 1823)
- II *Corbula (Varicorbula) gibba* (OLIVI, 1792)

	OL	MIOCENO						PLIOC		Pi	HO
		AQ	BU	LA	SE	TO	ME	PL	AS		
I I <i>Turritella terebralis</i> LAMARCK, 1822		████████████████████									
I <i>Protoma proto</i> (BASTEROT, 1825)		██████████████████									
I <i>Sandbergeria perpusilla</i> (GRATELOUP, 1827)		████████████████████									
III <i>Terebralia (s.s.) bidentata</i> (DEFRANCE, 1832)		████████████████████									
III <i>Pirenella (T.) picta</i> (DEFR. in BAST., 1825)		██									
I <i>Cerithium (Theridium) vulgatum</i> BRUGUIERE, 1789		██									
III <i>Neverita josephina</i> RISSO, 1826		██									
II <i>Ocinebrina sublavata</i> (BASTEROT, 1825)		██████████████████									
I <i>Galeodes cornutus</i> (AGASSIZ, 1843)		██████████████████									
II <i>Sphaeronassa saccoi</i> (TRENTANOVE, 1911) ■				██████████████████							
I <i>Narona (Sveltia) varicosa</i> (BROCCHI, 1814)		██									
II <i>Vaginella austriaca</i> KITTL, 1886			██████████								
III <i>Anadara (s.s.) diluvii</i> (LAMARCK, 1805)		██									
II <i>Noetiella rollei</i> (HOERNES, 1870)		██									
III <i>Ostrea (s.s.) lamellosa</i> BROCCHI, 1814		██									
III <i>Parvilucina (M.) dentata</i> (DEFRANCE, 1823)		██									
II <i>Corbula (Varicorbula) gibba</i> (OLIVI, 1792)		██									

Moluscos determinados a nivel genérico

B₂ GASTROPODA: *Caecum* sp. (I), *Pyramidella* sp. (I). BIVALVIA: *Cardium* sp. (I).

D GASTROPODA: *Natica* sp. (I).

Tabla II.- Distribución estratigráfica de los moluscos fósiles encontrados en las unidades B₂ (prodelta) y D (bahía interdistributaria) del yacimiento de la cantera de Can Vendrell. OL (Oligoceno), AQ (Aquitaniense), BU (Burdigaliense), LA (Langhiense), SE (Serravaliense), TO (Tortoniense), ME (Messiniense), PLIOC (Plioceno), PL (Plasenciense), AS (Astiense), PI (Pleistoceno), HO (Holoceno). Apreciación cualitativa de la abundancia de las diferentes especies: I (especie poco frecuente), II (especie medianamente frecuente) y III (especie muy frecuente). ■ Especies que constituyen primeras citas en el Neógeno catalán.

Table II.- Stratigraphic distribution of the mollusc fossils found in the areas B₂ (prodelta) and D (interdistributary bay) of the Can Vendrell quarry outcropping. OL (Oligocene), AQ (Aquitanian), BU (Burdigalian), LA (Langhian), SE (Serravallian), TO (Tortonian), ME (Messinian), PLIOC (Pliocene), PL (Lower Pliocene), AS (Upper Pliocene), PI (Pleistocene), HO (Holocene). Qualitative valuation of the species abundance: I (little frequent), II (fairly frequent) and III (very frequent). ■ First citation in the Catalan Neogene.

Pirenella picta (BASTEROT), *Terebralia bidentata* (DEFRANCE), etc., un nivel de acumulación de ostreidos y restos vegetales. Interpretamos estos materiales como facies de relleno de bahía interdistributaria (D).

La composición mayoritariamente arcillosa del nivel D sugiere un medio de baja energía, en el que las avenidas del río produjeron desbordamientos generalizados

(overbank), y una acumulación de arcillas por suspensión.

Apoyan esta interpretación el reducido número de especies de moluscos y la gran abundancia de algunas de ellas (ver tabla II), característica propia de un medio poco estable sometido a perturbaciones esporádicas.

Por otra parte, se encuentran varias especies propias

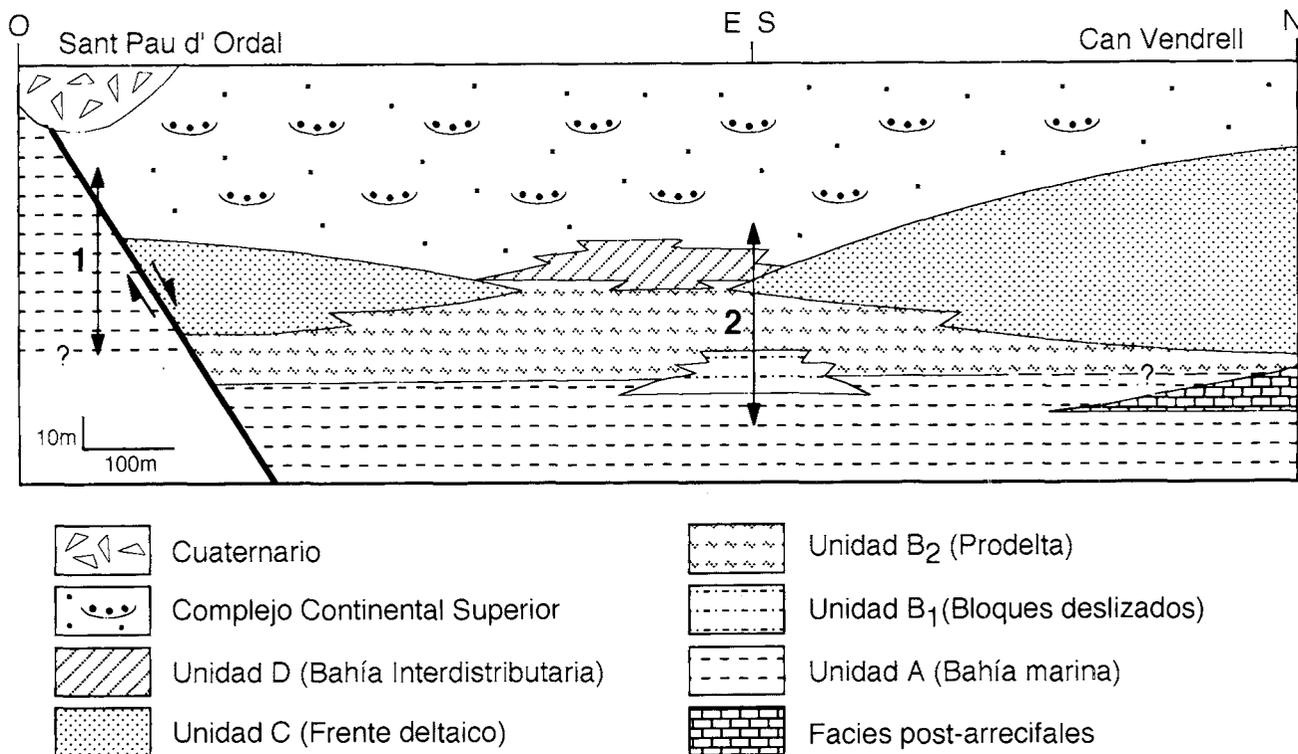


Figura 3. Esquema interpretativo mostrando las relaciones geométricas entre las unidades establecidas en el sector de Sant Pau d'Ordal. Las flechas indican la situación de los perfiles estratigráficos del sector Oeste del valle -1- y de la cantera de Can Vendrell -2-.

Figure 3. Interpretative diagram showing the geometric relations between the established units in the Sant Pau d'Ordal sector. The arrows indicate the position of the stratigraphic profiles of the western sector of the valley -1- and of the Can Vendrell quarry -2-.

de ambientes con una salinidad marina normal - *Cerithium vulgatum*, BRUGUIERE, *Ocinebrina sublavata* (BASTEROT), *Narona varicosa* (BROCCHI) -, lo cual indica que hubo una buena comunicación con el mar o la existencia de períodos con un nivel de salinidad similar al marino.

Relaciones estratigráficas entre las sucesiones de Sant Pau d'Ordal

La Fig. 3 muestra las relaciones geométricas entre las diferentes unidades del sector de Sant Pau d'Ordal. Obsérvese como los depósitos de frente deltaico no son lateralmente continuos y allí donde faltan, las facies de bahía interdistributaria descansan directamente sobre las margas de prodelta. Éstas últimas se sitúan por encima de los sedimentos de bahía marina y localmente, entre ambos, encontramos bloques deslizados desde el frente deltaico.

En la base de la colina sobre la que se asienta la masía Vendrell, se pueden ver unas calizas con abundantes moluscos, que forman parte de las facies post-arrecifales

del arrecife de Can Sala. El techo de este nivel constituye un hard-ground ferruginoso sobre el cual se dispone el complejo deltaico.

Tal como han interpretado anteriormente otros autores (Bessedik y Cabrera, 1985), pensamos que el arrecife de Can Sala se adelgaza progresivamente hacia Can Vendrell y pasa lateralmente a unas margas. Sin embargo, este acuñaamiento no es visible en superficie y no sabemos si se produce dentro de las margas de prodelta o en las margas de bahía.

No obstante, ya que el desarrollo arrecifal es incompatible con un aporte masivo de sedimentos deltaicos, debemos suponer que el arrecife pasa lateralmente a las margas azules de bahía, de las que sería, al menos en parte, contemporáneo.

Datación de las sucesiones de Sant Pau d'Ordal en base a los moluscos

El conjunto de los sedimentos de bahía, cuya potencia sobrepasa los 44 m, es anterior al complejo deltaico

que se le superpone. Sin embargo, en Can Vendrell no se aprecia ninguna discontinuidad entre ellos y es muy probable que los últimos metros de los sedimentos de bahía (pertenecientes al nivel A₆) se depositaran al mismo tiempo que el complejo deltaico.

Aún teniendo en cuenta esta posibilidad, el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal, del cual proviene la mayor parte de la fauna estudiada, se encuentra en la base de los materiales de bahía y es anterior al complejo deltaico. Dicho yacimiento nos ha aportado un total de 92 especies de moluscos cuyas distribuciones estratigráficas se representan en la tabla I.

El conjunto de estas especies sólo pudo coexistir durante el Langhiense y el Serravaliense inferior, por lo que la edad del yacimiento ha de estar comprendida dentro de este período, el límite superior del cual viene marcado por la extinción de *V. austriaca*.

Esta especie, de indudable valor bioestratigráfico, aparece en el Burdigaliense superior y se extingue en el Serravaliense inferior. En Cerdeña, la extinción se produce poco después de la primera comparecencia de *Globigerina druryi*, AKERS, dentro de la zona N11 de Blow (Robba y Spano, 1978) y en Italia Meridional entre la primera aparición de *G. druryi* y la de *Globigerina nepenthes*, TODD, entre el inicio de la zona N11 y el final de la N13 (d'Alessandro y Robba, 1980).

En la tabla II se muestran las distribuciones estratigráficas de las 21 especies de moluscos identificadas en los materiales deltaicos de Can Vendrell, que aún siendo mucho más escasas que las del torrente de Sant Pau d'Ordal, incluyen también *Vaginella austriaca* y permiten igualmente atribuir estos materiales al Langhiense-Serravaliense inferior.

Aunque la datación en base a los moluscos únicamente permite asignar al conjunto del yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal y a Can Vendrell una edad Langhiense-Serravaliense inferior, los criterios estratigráficos indican que Can Vendrell es más moderno.

EL SECTOR DE SANT LLORENÇ D'HORTONS

Sant Pau d'Ordal y Sant Llorenç d'Hortons se encuentran en el flanco Sur y Norte, respectivamente, del anticlinal del Anoià, Sant Pau d'Ordal en el margen de la depresión del Penedès y Sant Llorenç d'Hortons inmerso en la misma. Se trata de un anticlinal muy laxo que se

orienta paralelamente a la depresión y cuya charnela ha sido desmantelada por el río Anoià, permitiendo obtener series estratigráficas de gran valor (Fig. 1).

La sucesión clásica del torrente de La Rierussa, a lo largo de la cual se observan intercalaciones continentales dentro de los materiales marinos, termina en la serie de La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons. Ésta constituye el último tramo marino, por encima del cual se encuentra el complejo continental superior que aflora hasta la Cordillera Prelitoral.

En este apartado estudiaremos detalladamente la sección de La Pedrera, que alcanza en la zona estudiada una potencia de 28 m (Fig. 4). En la parte inferior, se encuentran unos materiales de bahía y sobre ellos una secuencia negativa de origen deltaico. En el sector en el que se ha levantado la serie, las facies subaéreas del complejo deltaico se ponen en contacto con las facies subacuáticas mediante una pequeña falla.

Asociación de facies de bahía

En la base de La Pedrera, directamente sobre los materiales continentales, se dispone un paquete de 6,20 m de potencia que interpretamos como sedimentos de bahía marina. Estos materiales están formados por dos niveles de arenitas carbonatadas de naturaleza claramente transgresiva, bien consolidados y con algunos clastos de hasta 10 cm.

Dichos niveles, contienen una gran cantidad de moluscos, parcial o totalmente disueltos. Se encuentran sobre todo tellínidos en posición horizontal y con las valvas cerradas y también bastantes ostréidos. Con mucha menos frecuencia se pueden encontrar moldes de *M. bellardianus* y algún fragmento de *T. dentata ordalensis* o de otros moluscos.

Partiendo de los niveles de arenitas, se observan multitud de *Thalassinoides* isp. rellenos de fragmentos de bivalvos que penetran en los materiales infrayacentes hasta una profundidad de 1,5 m. Muy probablemente, estas galerías fueron excavadas por crustáceos.

Entre los dos niveles de arenitas se encuentran unas margas grises que contienen algunas conchas de moluscos, algunas de las cuales están bastante bien conservadas. Básicamente, encontramos *P. picta*, *Cyllene vulgaritissima* sp., PEYROT y *Pleurotoma* sp., así como bastantes bivalvos desarticulados que no han podido ser determinados. Estas margas probablemente se formaron a

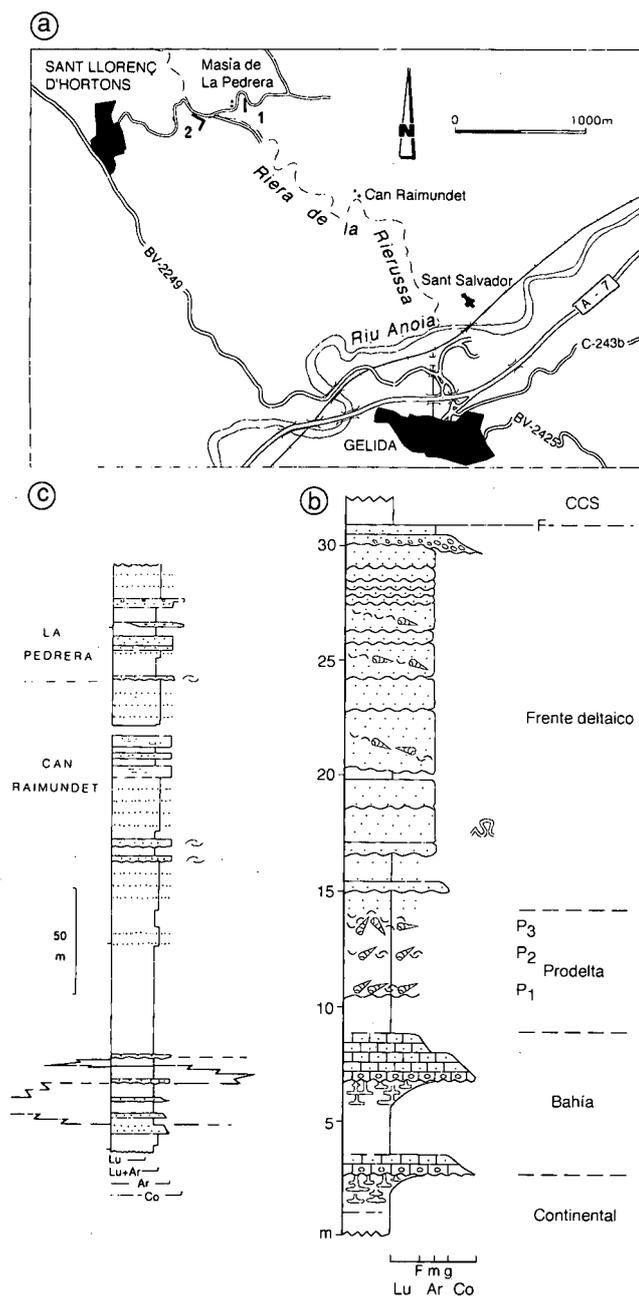


Figura 4. a) Mapa de situación del sector de Sant Llorenç d'Hortons. Sobre el mapa se indica la posición del perfil estratigráfico de La Pedrera (-1- tramo inferior con materiales de bahía; -2- tramo superior formado por materiales deltaicos). b) Perfil estratigráfico levantado a lo largo del cauce del torrente de la Rierussa, modificado de Cabrera *et al.* (1991). c) Perfil estratigráfico levantado en La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons.

Figure 4. a) Sectorial map of Sant Llorenç d'Hortons. The map indicates the position of the stratigraphic profile of La Pedrera (-1- lower part consisting of bay material; -2- upper part consisting of deltaic material). b) Stratigraphic profile along the torrent of the Rierussa, modification of Cabrera *et al.* (1991). c) Stratigraphic profile of La Pedrera at Sant Llorenç d'Hortons.

mayor profundidad que las arenas, pero la abundancia de *P. picta* denota la proximidad de la línea de costa.

Asociación de facies del complejo deltaico

Sobre el segundo nivel de arenitas carbonatadas se observa un paquete de 5 m de margas azules de prodelta. En general, estas margas son bastante pobres en fauna, pero se distinguen tres pequeños niveles con abundantes conchas de moluscos (P_1 , P_2 y P_3).

A pesar de que las conchas están bien conservadas, es evidente que ha habido un proceso físico que las ha acumulado formando estos pequeños niveles.

En el nivel P_1 la base es ligeramente erosiva y la desigual proporción de valvas izquierdas y derechas de *Microloripes sp.* (37 % frente al 63 %) indica la existencia de un transporte. Así mismo, en el nivel P_3 se observa que las conchas se acumulan preferentemente en la base.

Sobre las margas de prodelta se dispone un grueso paquete de arenas finas, con clastos dispersos y algunos pequeños niveles de acumulación de conchas muy pobres en especies. Encontramos únicamente *P. picta*, *N. rollei* y *Pitar sp.* Interpretamos que estas arenas constituyen depósitos de frente deltaico.

Contenido paleontológico

En su conjunto, el contenido paleontológico de los materiales deltaicos no es demasiado abundante. Se encuentran conchas de moluscos, dientes y otolitos de peces, foraminíferos, púas de equinidos, placas de asteroideos y pinzas de crustáceos, concentradas sobre todo en los tres niveles de acumulación bioclástica del prodelta en los que se ha llevado a cabo un detallado estudio de la malacofauna (P_1 , P_2 y P_3).

El nivel P_1 aporta un total de 63 especies de moluscos y el P_3 un total de 40. En su conjunto los tres niveles contienen 71 especies: 52 gasterópodos, 1 escafópodo y 18 bivalvos (ver tabla III). El nivel P_2 es el más pobre y su composición faunística es muy similar a la del nivel P_3 .

Consideraciones paleoecológicas

La característica más importante de los niveles de acumulación del prodelta es la mezcla que presentan de especies de moluscos de aguas salobres y especies de sa-

P₁ P₃

Cl. Scaphopoda

* * *Antalis triqueta* (BROCCHI, 1814) ■

Cl. Bivalvia

- + x *Anadara (s.s.) diluvii* (LAMARCK, 1805)
- + * *Noetiella rollei* (HOERNES, 1870)
- + *Pinna pectinata* LINNE, 1767
- + *Spondylus deshayesi* MICHELOTTI, 1847
- + *Anomia ephippium* LINNE, 1758
- + *Ostrea (s.s.) lamellosa* BROCCHI, 1814
- + * *Pitar (s.s.) rudis* (POLI, 1795)
- + *Thracia dollfusi* (C. & P., 1912)

OL	MIOCENO						PLIOC		Pl	HO	
	AQ	BU	LA	SE	TO	ME	PL	AS			
			■								
	■										
	■										
			■								
	■										
		■									
	■										
		■									
		■									

Moluscos determinados a nivel genérico

P₁ GASTROPODA: *Triphora* sp. (+), *Vermetus* sp. (+), *Murex* sp. (+), *Nassarius* sp. (2), *Bela* sp. (1), *Pleurotoma* sp. (+), *Terebra* sp. (+), *Turbonilla* sp. (x), *Pyramidella* sp. (*).
BIVALVIA: *Mytilus* sp. (+), *Microripipes* sp. (*), *Astarte* sp. (+), *Cardium* sp. (+), *Tellina* sp. (+), *Venus* sp. (+), *Corbula* sp. (+).

P₃ GASTROPODA: *Syrnoia* sp. (+), *Acteon* sp. (+), *Raxonia* sp. (+). **BIVALVIA:** *Barbatia* sp. (+), *Mytilus* sp. (*), *Pecten* sp. (x), *Microripipes* sp. (*), *Astarte* sp. (+), *Mactra* sp. (+), *Tellina* sp. (*), *Corbula* sp. (+).

Tabla III.- Distribución estratigráfica de los moluscos fósiles encontrados en los niveles P₁ y P₃ del yacimiento de La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons. OL (Oligoceno), AQ (Aquitaniense), BU (Burdigaliense), LA (Langhiense), SE (Serravaliense), TO (Tortonense), ME (Messiniense), PLIOC (Plioceno), PL (Plasenciense), AS (Astiense), PI (Pleistoceno), HO (Holoceno). Abundancia de las diferentes especies respecto del total de individuos de la comunidad: + (0 % - 0,25 %), x [0,25% - 1 %], * [1 % - 10 %], ● [10 % - 100 %]. ■ Especies que constituyen primeras citas en el Neógeno catalán.

Table III.- Stratigraphic distribution of the mollusc fossils found in the layers P₁ and P₃ of the outcropping La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons. OL (Oligocene), AQ (Aquitanian), BU (Burdigalian), LA (Langhian), SE (Serravallian), TO (Tortonian), ME (Messinian), PLIOC (Pliocene), PL (Pliocene inferior), AS (Upper Pliocene), PI (Pleistocene), HO (Holocene). Relative abundance of the species concerning the total number of individual in the community; + (0 % - 0,25 %), x [0,25% - 1 %], * [1 % - 10 %], ● [10 % - 100 %]. ■ First citation in the Catalan Neogene.

linidad marina normal, incluyendo especies planctónicas propias de mar abierto como *V. austriaca*. Las especies de aguas salobres, como *P. picta*, *S. perpusilla* y *Acteocina lajonkaireana* (BASTEROT) son pocas pero están representadas por un gran número de individuos. Contrariamente, las especies de agua marina son mayoritarias pero están pobremente representadas.

Esta situación nos sugiere un medio receptor de salinidad marina normal sometido a un aporte importante de material desde ambientes de tipo lagunar o desde zonas prácticamente emergidas. Dicho aporte tendría lugar durante los temporales de mar y las avenidas del río.

Datación de la sucesión de La Pedrera en base a los moluscos

La totalidad de los moluscos fósiles encontrados en los materiales deltaicos de La Pedrera únicamente pudieron convivir durante el Langhiense-Serravaliense inferior (véase tabla III). Así mismo, el conjunto de moluscos muestra una composición más cercana a las asociaciones del Serravaliense inferior que a las del Langhiense. La presencia de *V. austriaca*, cuya extinción se produce entre las zonas N11 y N13 de Blow, descarta el Serravaliense superior.

CORRELACIÓN ENTRE LAS SUCESIONES DE SANT PAU D'ORDAL Y SANT LLORENÇ D'HORTONS

La suposición de que el Mioceno marino de Sant Pau d'Ordal y de Sant Llorenç d'Hortons son lateralmente equivalentes es antigua, aunque aún no ha sido convenientemente demostrada. En su mapa geológico, Almera (1897) asocia los materiales de Can Vendrell y de La Pedrera al Sarmatiense de Europa oriental a partir de la fauna de moluscos. Posteriormente, Crusafont (1959) considera que durante el Vindoboniense (Mioceno medio) tuvieron lugar dos fases transgresivas, correspondiendo Sant Pau d'Ordal y La Pedrera a la segunda.

Hay que tener en cuenta que Sant Pau d'Ordal en el flanco sur del anticlinal del Anoia y La Pedrera en el flanco norte, ocupan la misma posición estratigráfica justo por debajo del complejo continental superior. Así mismo, presentan la misma distribución de facies, con unos materiales de bahía en la base que superiormente pasan a depósitos de tipo deltaico.

Sin embargo, el criterio que nos permite correlacionar ambas localidades es paleontológico. La presencia de *V. austriaca* en las facies de bahía y prodelta de Sant Pau d'Ordal y en las facies de prodelta de La Pedrera tiene una especial significación paleoecológica.

Los pterópodos son gasterópodos planctónicos que viven en aguas abiertas y no se conoce su presencia en medios restringidos. Por lo tanto, su aparición en el golfo del Penedès constituye un hecho singular que representa un período concreto de la evolución de la cuenca, al cual pertenecen Sant Pau d'Ordal y La Pedrera. Durante este período, debió existir una buena comunicación con mar abierto, que permitió la entrada de los pterópodos mientras se formaban los depósitos de bahía, y que se mantuvo a lo largo de la progradación de los sistemas deltaicos.

El nivel A₅ de Sant Pau d'Ordal, particularmente rico en *V. austriaca*, correspondería al momento de máxima comunicación con mar abierto y seguramente también representa el período de máxima profundidad de la cuenca.

Muy probablemente, la abertura del golfo era ancha, aunque también cabe considerar la existencia de un régimen de corrientes favorable a la penetración de los pterópodos, e incluso la presencia de otras vías de comunicación con mar abierto a través de la Cordillera Litoral, como el valle del Llobregat, aunque estos últimos supósitos parecen difícilmente demostrables.

Otro argumento que refuerza la idea de un golfo del Penedès ampliamente comunicado con el mar es el que aporta Chevalier (1961). Según dicho autor, la presencia de numerosas algas calcáreas, que a menudo forman barreras en el margen externo de los arrecifes, permite suponer que el golfo del Penedès presentaba una ancha abertura y que en su interior los vientos provocaban un oleaje bastante fuerte.

Teniendo en cuenta que el conjunto de materiales que contienen *V. austriaca* constituyen un episodio único en la historia de la cuenca, si en Sant Pau d'Ordal existiese algún nivel lateralmente equivalente a la cuña continental sobre la que se asienta La Pedrera, éste se encontraría por debajo del paquete de materiales con pterópodos y no en su interior. Efectivamente, en la serie levantada en el sector de Sant Pau d'Ordal no se ha observado ningún nivel que denote una somerización importante, relacionable con los materiales continentales, aunque, desgraciadamente, la serie no es del todo continua.

Los materiales deltaicos de Can Vendrell y de la Pedrera, ambos con *V. austriaca*, son lateralmente equivalentes. Sin embargo, la ausencia de esta especie en los sedimentos de bahía de La Pedrera hace que la correlación entre dichos materiales y los depósitos de bahía de Sant Pau d'Ordal no sea tan inmediata.

Sin embargo, teniendo en cuenta los criterios estratigráficos y ambientales mencionados al principio de este apartado, la hipótesis más simple es considerar equivalentes los depósitos de bahía de ambas localidades. Por otra parte, la ausencia de *V. austriaca* en estas facies de La Pedrera puede deberse a un problema de preservación, ya que la fauna que contienen está fragmentada y parcialmente disuelta y la delicada concha de esta especie se destruye muy fácilmente.

Además de aparecer en Sant Pau d'Ordal, Can Vendrell y La Pedrera, se ha encontrado también *V. austriaca* en las margas de Lavern, Sant Sebastià dels Gorgs, Els Monjos y Sant Martí Sarroca. La fauna de moluscos de estas últimas localidades es muy similar a la que contienen los sedimentos de bahía del yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal, e interpretamos que todos estos yacimientos tienen el mismo origen y son lateralmente equivalentes.

DISCUSIÓN

La gran mayoría de los autores que han datado los materiales del sector de Sant Pau d'Ordal y de La Rierussa, los han atribuido al Mioceno medio o al Burdigaliense superior. En la Fig. 5 incluimos los que consideramos más significativos y mostramos la equivalencia entre los pisos mediterráneos actuales y la terminología estratigráfica usada por Almera (1896, 1898) y otros autores (Crusafont, 1959), para evitar posibles confusiones.

Almera (*op. cit.*) consideraba el Mioceno medio ("Vindobonense") compuesto por tres pisos: "Helveciense" (*sensu stricto*), "Tortonense" y "Sarmatiense" y asignó una edad "Tortonense inferior" a Can Rosell, "Tortonense superior" a las arcillas del valle de Sant Pau d'Ordal (unidad A), y "Sarmatiense" a las arcillas con cerítidos de Can Vendrell (unidad D). En el mapa geológico de la provincia de Barcelona (Almera, 1897) identifica los niveles de La Pedrera con el Sarmatiense de Europa Oriental (Mioceno medio terminal).

Por lo que respecta al sector de Sant Pau d'Ordal, Civis *in* Martinell y Porta (1983) identifica *Praeorbulina glo-*

merosa (BLOW) y *Praeorbulina transitoria* BLOW en los niveles basales de la sección de Can Rosell, que junto con otras especies de foraminíferos planctónicos indican una edad Langhiense. La presencia de *Praeorbulina* obliga a descartar la edad Burdigaliense terminal asignada por Magné (1978) y por Salvatorini *in* Permanyer (1982).

Posteriormente, Cravatte *in* Bessedik y Cabrera (1985) identifica *P. glomerata* en el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal. Por lo tanto, este yacimiento, situado estratigráficamente por encima de Can Rosell, pertenece también al Langhiense.

La Presencia de *Praeorbulina* indica una edad Langhiense para estos dos yacimientos, pero las escalas bioestratigráficas propuestas por los diferentes autores varían sensiblemente y resulta difícil precisar más en la datación. Basándonos en Iaccarino *in* Agustí *et al.* (1990) y en Suc *in* Steininger *et al.* (1985), deberíamos asignar una edad Langhiense inferior a ambos yacimientos, pero si tuviésemos en cuenta la interpretación de Berggren y Van Couvering *in* Steininger *et al.* (1985) deberíamos asignarlos al Langhiense, excluyendo únicamente el Langhiense basal.

Como ya se ha comentado, los moluscos nos permiten establecer una edad Langhiense - Serravaliense inferior para el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal y la cantera de Can Vendrell. Basándonos también en los moluscos, los depósitos deltaicos de La Pedrera pertenecerían muy probablemente al Serravaliense inferior, edad que hacemos extensible a los materiales deltaicos de Can Vendrell por considerarlos lateralmente equivalentes.

El hallazgo de *V. austriaca* en Can Vendrell tiene un interés especial ya que permite estimar la edad de un yacimiento del que sólo conocemos la datación realizada por Almera (1896, 1898), que lo asignó al Sarmatiense (Serravaliense superior). En el caso de La Pedrera, la ausencia de microfauna de valor bioestratigráfico hace que *V. austriaca*, tenga igualmente un interés especial desde el punto de vista de la datación.

Nuestra datación de La Pedrera se aproxima bastante a la efectuada por Crusafont (1959). Dicho autor se basa en la fauna de mamíferos existente en los materiales continentales entre los que se intercala la cuña marina de La Pedrera. Según sus propias palabras dicha cuña "se halla intercalada dentro de niveles continentales del Vindovoniense, correspondientes a la parte más alta de su mitad inferior". Esta edad un tanto imprecisa, corres-

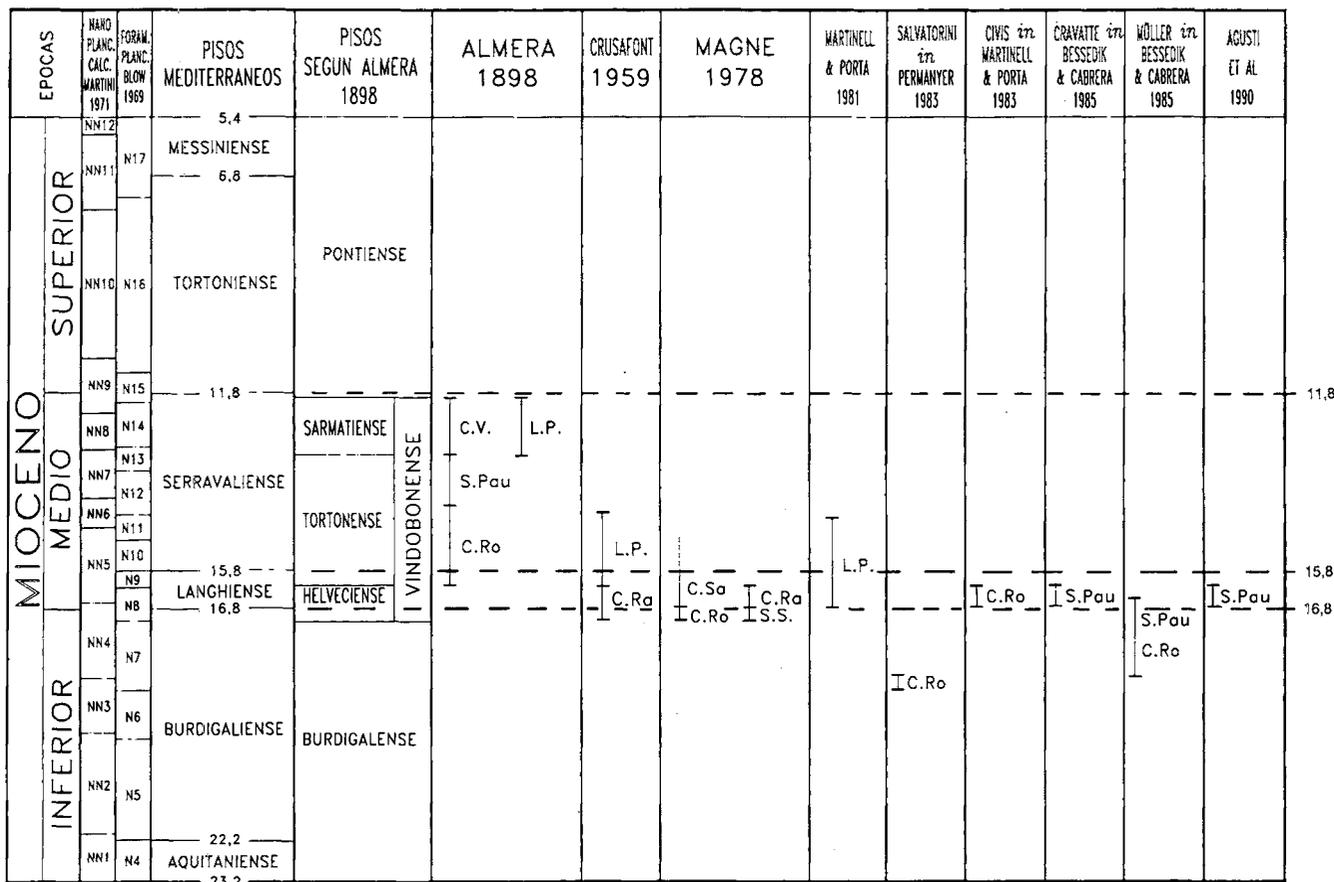


Figura 5.- Esquema mostrando las diferentes divisiones estratigráficas del Mioceno, sus equivalencias y la edad de los yacimientos citados estimada por diversos autores: Pisos mediterráneos según Steininger *et al.*, 1985. C. Ro. (Can Rosell), S. Pau (yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal), C. Sa. (arrecife de Can Sala), C. V. (cantera de Can Vendrell), S.S. (perfil de Sant Salvador), C. Ra. (perfil de Can Raimundet), L.P. (La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons).

Figure 5.- Diagram explaining the different stratigraphic divisions of the Miocene, their equivalences and the age of the outcroppings cited as estimated by various authors: Mediterranean stages after Steininger *et al.*, 1985. C. Ro. (Can Rosell outcropping), S. Pau (torrent of Sant Pau d'Ordal outcropping), C. Sa. (Can Sala reef), C. V. (Can Vendrell quarry), S.S. (Sant Salvador section), C. Ra. (profile of the Can Raimundet), L.P. (The Pedrera of Sant Llorenç d'Hortons outcropping).

pondería aproximadamente al Serravaliense inferior, y quizás también, al Langhiense superior (Fig. 5).

Integrando la información propia con las dataciones ya existentes, podemos decir que el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal pertenece al Langhiense y que la progradación de los sistemas deltaicos, de los que forman parte Can Vendrell y el término superior de La Pedrera, se produjo durante el Langhiense terminal - Serravaliense inferior, con mayor probabilidad para este último.

CONCLUSIONES

Los materiales del complejo marino y de transición

estudiados en las sucesiones de Sant Pau d'Ordal y de La Pedrera de Sant Llorenç d'Hortons comprenden dos unidades deposicionales distintas. En primer lugar se depositaron materiales de plataforma, en el seno de la que fuera la antigua bahía del Penedès. Más tarde tuvo lugar una sedimentación de tipo deltaico que terminó con la retirada definitiva del mar y la formación de los materiales terrígenos del complejo continental superior.

La sucesión en la que se encuentra el clásicamente conocido yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal está formada por materiales de bahía y es contemporánea del arrecife de Can Sala. Por encima de ambos se encuentran los materiales deltaicos de Can Vendrell. Con idéntica disposición, en la base de la sucesión de La

Pedreira encontramos depósitos de bahía y, sobre ellos, materiales de origen deltaico.

En otras localidades del Penedès como Lavern, Sant Sebastià dels Gorgs, Els Monjos y Sant Martí Sarroca afloran materiales de bahía que, en base a la fauna, hemos considerado lateralmente equivalentes al yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal y a la base de La Pedreira.

La abundante fauna de moluscos nos permite atribuir el conjunto de los materiales marinos estudiados al Langhiense-Serravaliense inferior, siendo más probable una edad Langhiense para los depósitos de bahía y Serravaliense inferior para los de origen deltaico.

Tanto en los depósitos de plataforma como en los deltaicos más profundos se halla *Vaginella austriaca*. Su presencia dentro de la bahía del Penedès, mantenida incluso durante la progradación de los sistemas deltaicos, constituye un hecho singular a nivel de cuenca, ya que esta especie, como todos los pterópodos, es propia de aguas abiertas y no se encuentra en medios restringidos.

Por lo tanto, debemos interpretar que la bahía estuvo ampliamente comunicada con el mar abierto mientras duró la sedimentación del paquete de materiales que contiene dicha especie. El momento de máxima abertura de la bahía, que muy probablemente coincidió también con el máximo transgresivo de la cuenca, correspondería al nivel A₅ de Sant Pau d'Ordal, en el cual los pterópodos son sumamente abundantes. Este nivel ocupa una posición estratigráfica intermedia entre el yacimiento del torrente de Sant Pau d'Ordal y Can Vendrell y podría ser de edad Langhiense.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los Dres. Lluís Cabrera, Jaume de Porta y Carles Gili por sus comentarios y sugerencias. Este artículo ha sido realizado dentro del marco de investigación del proyecto DGICYT PB94-0946.

BIBLIOGRAFIA

AGUSTÍ, J., CABRERA, L. y MOYÀ-SOLÀ, S., 1983-84: Sinopsis estratigráfica del Neógeno de la fosa del Vallès-Penedès. *Paleontologia i evolució*, núm. 18: 57-81.

AGUSTÍ, J., CABRERA, L., DOMÈNECH, R., MARTINELL, J., MOYÀ-SOLÀ, S., ORTI, F. y PORTA, J. de, 1990: Neogene of Penedès area (Prelittoral Catalan Depression, NE Spain). *Paleontologia i evolució*, núm. 2: 187-207.

ALMERA, J., 1896: Reconocimiento de la presencia del primer piso mediterráneo en el Panadés. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, I: 349-394.

ALMERA, J., 1897: Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona. Región segunda o del Río Noya al mar. *Diputació Provincial de Barcelona*.

ALMERA, J., 1898: Compte-rendu de l'excursion du samedi 8 octobre a Castellvi de la Marca au vallon de San-Pau d'Ordal et a San-Sadurni de Noya. *Bulletin Societé Géologique de France*, 26: 840-852.

BATLLORI, J., 1990: *Estudio malacológico del yacimiento de La Pedreira (Sant Llorenç d'Hortons)*. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona: 171 p.

BATLLORI, J. y MARTINELL, J., 1992: Actividad predatora en moluscos del Mioceno del Penedès (Catalunya). *Rev. Esp. Paleont.*, 7(1): 24-30.

BESSEDIK, M. y CABRERA, L., 1985: Le couple récif-mangrove à Sant Pau d'Ordal (Vallès-Penedès, Espagne), ténoin du maximum transgressif en Méditerranée nord-occidentale (Burdigalien supérieur-Langhien inférieur). *Newsletter Stratigraphy*, 14(1): 20-35.

CABRERA, L., CALVET, F., GUIMERÀ, J. y PERMANYER, A., 1991: El registro sedimentario miocénico en los semigrabens del Vallès-Penedès y de El Camp: organización secuencial y relaciones tectónica sedimentación. *I Congreso del Grupo Español del Terciario*, guía de campo: 132 p.

CASANOVAS, M^a. L., CALZADA, S. y SANTAFÉ, J. V., 1972: Contribución al estudio del Mioceno del Penedès (sector Gelida). *Acta Geológica Hispánica*, 7 (5): 143-148.

CHEVALIER, J. P., 1961: Recherches sur les madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée Occidentale. *Mémoires de la Societé Géologique de France*, n. s. 93: 562 p.

CRUSAFONT, M., 1959: La segunda fase transgresiva en el Vindoboniense del Vallès-Penedès. *Notas y Comunicaciones, Inst. Geol. Min. Esp.*, 55: 3-15.

CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J., 1954: Sinopsis estratigráfico-paleontológica del Vallès-Penedès. *Arrahona*, 4: 1-15.

D'ALESSANDRO, A. y ROBBA, E., 1980: Pteropodi neogenici della Puglia (Italia meridionale). *Riv. Ital Paleont.*, 86 (3):605-698.

LÓPEZ, C., 1984: *La microfauna d'ostràcodes del Miocè de l'Alt Penedès*. Tesis Doctoral, Dep. de Paleontologia de la Universitat de Barcelona: 412 p.

MAGNÉ, J., 1978: *Etudes Microstratigraphiques sur le Néogène de la Méditerranée Nord-Occidentale. vol 1 Les Bassins Neogenes Catalans*. Thèse es-sciences, Université P. Sabatier, C.N.R.S.: 259 p.

MARTINELL, J. y PORTA, J. de, 1981: Presencia de *Vaginella austriaca* KITTLE (Pteropoda) y fauna malacológica acompañante en el Mioceno de Catalunya. *Iberus*, 1: 8 p.

MARTINELL, J. y PORTA, J. de, 1983: Nouvelles aportations sur la malacofaune miocénique de Catalunya. Considerations sur les Neritacea (Gastropoda). *Iberus*, 3: 99-105.

NAVAS, E., 1991: *La malacofauna del yacimiento miocénico de Sant Pau d'Ordal (Barcelona): Tafonomía y Sistemática*. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona: 313 p.

PERMANYER, A., 1982: *Sedimentologia i diagènesi dels esculls miocens de la Conca del Penedès*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona: 545 p.

PORTA, J. de y CIVÍS, J. (1992). Events and correlation in the Neogene of prelittoral catalonian depression in Banda y Santanach. The Valencia trough: *Geology and Geophysics*, 203 (1-4): 116-117.

RIBA, O., REGUANT, S. y TARRADELL, M., 1986: Una taula dels Temps Geològics: 127 p.

ROBBA, E. y SPANO, C., 1978: Gasteropodi pelagici nel Miocene medio del Campidano meridionale (Sardegna). *Riv. Ital. Paleont.*, 84 (3): 751-796.

SCOTT, W. (1976). Trophic classification of benthic communities in Scott y West. (eds.) Structure and classification of paleocommunities: 29-66.

STEININGER, F., SENES, J. y KLEEMANN, K., 1985: Neogene of mediterranean Tethys and Paratethys stratigraphic correlations tables

and sediment distribution maps, 1: 189 p.

TRUYOLS, J. y CRUSAFONT, M., 1951: Caracterización de un sistema de cuñas en el Mioceno del Penedés. *Estudios geológicos*, 14: 443-454.