

INFORMES Y PROYECTOS, S. A.
inypsa

**EL CRETÁCICO Y EL MIOCENO DE IBIZA Y
FORMENTERA**

M. ZAMORANO, 1997

INDICE

1. EL CRETÁCICO DE IBIZA	2
1.1 Introducción.	2
1.2 Unidades litoestratigráficas	4
1.2.1 Unidad de Calizas y Dolomías de San Juan.	4
1.2.1.1 Litología, espesor y estratificación	4
1.2.1.2 Contenido fósil y edad.	5
1.2.1.3 Ambientes de sedimentación	6
1.2.2 Unidad de Margas y Margocalizas de Cala San Vicente.	6
1.2.2.1 Litología, espesor y estratificación.	6
1.2.2.2 Contenido fósil y edad.	8
1.2.2.3 Ambientes de sedimentación	9
1.2.3 Unidad Calizas de Sa Ferradura.	9
1.2.3.1 Litología, espesor y estratificación.	10
1.2.3.2 Contenido fósil y edad.	11
1.2.3.3 Ambientes de sedimentación	11
1.2.4 Unidad de Margas, Calcarenitias y Areniscas del Port de Ses Caletes.	12
1.2.4.1 Litología, espesor y estratificación	12
1.2.4.2 Contenido fósil y edad.	13
1.2.4.3 Ambientes de sedimentación	13
1.2.5 Unidad de Calizas de Cala Llentrisca.	14
1.2.5.1 Litología, espesor y estratificación	14
1.2.5.2 Contenido fósil y edad.	14
1.2.5.3 Ambientes de sedimentación	15
1.3 Interpretación secuencial.	15
2. EL MIOCENO DE IBIZA	17
2.1 Introducción.	17
2.2 Burdigaliense - Langhiense	17
2.2.1 Sección de Portinatx-Sant Joan (38).	18
2.2.2 Sección de Cala Llosar (40).	19
2.2.3 Sección de Sa Talaia (41).	20
2.2.4 Sección del Port de Benirràs (43).	21
2.2.5 Sección de Cala d'en Serra (44).	23
2.2.6 Sección de Cala Boix (45).	25
2.2.7 Sección de Benirràs - Sant Joan (46)	26
2.3 Tortoniense	28
2.3.1 Sección Cala d'en Serra (44).	28
3. EL MIOCENO DE FORMENTERA.	29
4. BIBLIOGRAFÍA	33

1. EL CRETÁCICO DE IBIZA

1.1 *Introducción.*

Los primeros estudios geológicos que hacen referencia al Cretácico de Ibiza se deben a Vidal y Molina (1888) y Nolan (1895) quienes aportan las primeras precisiones sobre la estratigrafía de la isla. Más tarde, Fallot (1922) esbozó los principales rasgos estratigráficos y estructurales, además de datar numerosos afloramientos (Fallot y Termier, 1921, 1923). Estos trabajos tienen continuación con las aportaciones de Haanstra (1935) y Spiker (1935), a quienes se debe la primera cartografía geológica de la isla a escala 1:50.000. Los estudios de Colom (1947) y Colom y Escandell (1960-1962), constituyen también importantes aportaciones en el ámbito de la bioestratigrafía y de las microfacies.

Durante los años sesenta y setenta, se publicaron diversos trabajos sobre aspectos parciales de la geología de Ibiza, entre ellos el Cretácico, (Rangheard 1962, 1964, 1965; Rangheard et al., 1962; Rangherard y Colom, 1965, 1967; Rangherard y Sigal, 1965; Colom y Rangherard, 1966). Estos culminan con la tesis doctoral Rangheard y la publicación de los mapas 1:50.000 del I.G.M.E. (Rangheard, 1969, 1970 a,b,c,d, 1971-1972) que constituyen un avance fundamental en el conocimiento de la geología de la isla. Posteriormente, Azema et al. (1979) precisan la estratigrafía de algunos cortes del NW de la isla.

Las publicaciones más recientes sobre el Cretácico de Ibiza son esencialmente de síntesis. Entre ellas cabe destacar las de Alvaro et al. (1982) que sintetizan el Cretácico de todas las Baleares; Fourcadé et al. (1982) que sintetizan la estratigrafía de toda isla, modificando la interpretación estructural; y Fontboté et al. (1983) que resumen la geología de las Baleares.

En cuanto a la estratigrafía de la isla de Ibiza, Rangheard (1969) diferencia tres series estratigráficas que corresponden a distintos dominios paleogeográficos, individualizados a partir del Titónico-Cretácico inferior: la **Serie de Ibiza**, la **Serie de San José** y la **Serie de Eubarca**. Estas adquieren características sedimentológicas propias, variando de más profundas al SE a más neríticas hacia el NO.

La **Serie de Ibiza** (la más suroriental), se caracteriza por un Titónico y un Cretácico inferior predominantemente margosos. En la **Serie de San José** (la serie intermedia), los niveles inferiores son calizo-dolomíticos, pasando hacia techo a margosos; mientras que la **Serie de Eubarca** (la más noroccidental) es fundamentalmente calcáreo-dolomítica y encuentra continuidad con las calizas en facies urgonianas del Barremiense-Aptiense.

El Cretácico superior sólo aflora en las series de Eubarca y San José y está constituido por calizas de tonalidades claras con algunas intercalaciones margas y margocalizas en la parte inferior. El límite con el Terciario viene definido por un hiato que abarca al Paleoceno, Eoceno y Oligoceno.

Para la realización del estudio sedimentológico se han levantado cuatro columnas estratigráficas en la mitad nororiental de la isla: Na Xamena (36), Penyal de S'Agüila (37), Portinatx-Sant Joan (38) y Port de ses Caletes (39). Estas pueden sintetizarse en dos secciones generales representativas del Cretácico de la "Serie de Eubarca". Una que abarca desde el Malm, hasta el Aptiense medio-superior (columnas 36 y 37); y otra que incluye además al Cretácico superior (columnas 38 y 39).

En la "Serie de San José" se ha levantado una quinta columna, Cala Cubells (35), en las facies margosas del Hauteriviense-Albiense, equivalentes en parte a las calizas urgonianas de las secciones anteriores.

1.2 Unidades litoestratigráficas

Las columnas estratigráficas medidas permiten distinguir cinco unidades litoestratigráficas de carácter informal, a las que de base a techo hemos denominado:

- Unidad de Calizas y Dolomías de San Juan (Gómez, 1997).
- Unidad de Margas y Margocalizas de Cala San Vicente (Gómez, 1997)
- Unidad Calizas de Sa Ferradura (Gómez, 1997).
- Unidad de Margas, Calcarenitas y Areniscas del Port de Ses Calletes.
- Unidad de Calizas de Cala Llentrisca (Gómez, 1997).

A continuación se describen las principales características sedimentológicas de cada una de estas unidades, así como su espesor, contenido fósil, edad e interpretación ambiental.

1.2.1 Unidad de Calizas y Dolomías de San Juan.

Esta unidad ha sido estudiada en la sección de Na Xamena (36), donde se apoya sobre las "calizas en losas" (calcaires en dalles), del Oxfordiense–Kimmeridgiense y en la de Portinatx–San Joan (38), donde se encuentra sobre un tramo de margas y margocalizas nodulosas que constituyen las facies equivalentes.

1.2.1.1 Litología, espesor y estratificación

En la sección de Na Xamena (36), está formado por unos 50 de dolomías de color gris, beis o rosado, masivas en el tercio inferior y mejor estratificadas hacia techo.

Le siguen unos 28 m de calizas micríticas de color blanquecino, en estratos de espesor decimétrico a métrico, algo nodulosas y a veces muy recrystalizadas. Estas contienen proporciones variables de pellets intraclastos y bioclastos, aunque en general se trata de calizas pelmicríticas, intramicríticas o intraesparíticas. En ocasiones contienen algo de cuarzo o glauconita. Predominan las texturas de tipo *wackstone*, aunque pueden encontrarse también *packstones*, *grainstones* o *mudstones*..

En la sección de Portinatx-San Juan (38) esta unidad se halla representada por unos 20 m de calizas bioclásticas de color marrón y aspecto masivo, entre las que se intercalan dos tramos de margas arenosas blanquecinas, muy alteradas. Localmente se encuentran recrystalizadas o dolomitizadas. Predominan las texturas de tipo *wackstone* o *packstone*. Además de fósiles contienen también proporciones variables de intraclastos y oolitos.

1.2.1.2 Contenido fósil y edad.

En cuanto al contenido fósil de esta unidad, AZEMA et al (1979) citan los cortes de Portinatx y Na Xamenna, la presencia de: *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Anchispyrocyclina lusitánica* (EGGER) *Clypeina jurásica* FAVRE & RICHARD, *Miliolidae*, *Textularidae*, *Salpingoporella anulata* CAROZZI, *Macroporella* sp. *Bacinella irregularis*, *Pseudotextulariella salevensis* CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI, *Tubiphytes moronensis*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, RAINERI, *Triploporella* sp Codiaceas, así como fragmentos de equinodermos, gasterópodos y lamelibranquios.

Las microfacies de esta unidad son típicas del Jurásico superior - Cretácico inferior. Clásicamente se le atribuye una edad Tithónico-Valanginiense (Rangheard, 1969; Azema et al.,1979; Fourcadé et al., 1982).

1.2.1.3 Ambientes de sedimentación

En las secciones estudiadas, la dolomitización o la mala calidad de los afloramientos, no permiten establecer una interpretación sedimentológica precisa. No obstante, se puede afirmar que son facies de rampa o plataforma carbonática somera, bien comunicada, caracterizada por la presencia de foraminíferos neríticos (Trocholinas, Miliólidos y Textuláridos). Probablemente corresponden a barras sublitorales depositadas en un ambiente relativamente energético, submareal o de "shoreface".

La sedimentación se desarrolla en un contexto esencialmente extensional, marcado por un notable incremento de la subsidencia diferencial hacia el SE, donde se depositan facies pelágicas, más profundas (serie de Ibiza; Rangheard, 1969).

1.2.2 Unidad de Margas y Margocalizas de Cala San Vicente.

Esta unidad se ha estudiado en la sección de Cala d'es Cubells (columna 34), en los afloramientos más suroccidentales de la "Serie de San José", y en las secciones de Na Xamena (36) y de Portinatx-San Joan (38), en la "Serie de Eubarca".

1.2.2.1 Litología, espesor y estratificación.

En la sección de Es Cubells, afloran unos 50 m de margas grises a beiges, con intercalaciones de capas tabulares de calizas margosas o margocalizas nodulosas, de algunos decímetros de espesor. Generalmente son intrabiomicritas, con distintas proporciones de fósiles, intraclastos, limo y algo de cuarzo de tamaño arena. A menudo se encuentran recristalizadas. Predominan las texturas de tipo *mudstone* o *wackstone*, aunque pueden encontrarse también *packstones* o *grainstones* de grano fino. Es frecuente la presencia de pirita y/o pequeños nódulos de limonita. El conjunto de estas facies se organi-

za en tramos de varios metros de espesor, marcados por proporciones distintas en relación marga / margocaliza.

En la sección de Na Xamena (36), la base de esta unidad consiste en un tramo de 1,5 m de espesor de margas arenosas blanquecinas que se apoyan en contacto neto sobre las calizas y dolomías de la unidad de San Juan. Este tramo se caracteriza por la presencia de braquiópodos y ostreas. El resto de la unidad tiene un espesor de unos 135 m y está formado por margas grises o blanquecinas, con intercalaciones de calizas y calcarenitas nodulosas de 20–80 cm de grosor. Estas últimas, a menudo se amalgaman formando niveles de hasta 3 m. Por lo general son biomicritas, a veces arenosas, de granulometría fina o muy fina, con proporciones menores de pellets e intraclastos. Predominan las texturas de tipo *wackstone* y es frecuente la presencia de glauconita.

En la sección de Portinatx–San Joan (38), la base de la unidad está formada por un tramo de unos 9 m de espesor, de margas y margocalizas nodulosas, con fragmentos de ostreas. Este tramo culmina con un nivel ferruginoso de unos 40 cm que podría representar un nivel de *hard ground*. El resto de la unidad tiene unos 80 m de espesor y consiste en una alternancia de margas, margocalizas y calizas nodulosas, de características similares a las de Na Xamena. En toda la sección es frecuente la presencia de óxidos de hierro, ya sea en niveles discontinuos o en pequeños nódulos.

Tanto en la sección de Na Xamena como en la de Portinatx–San Joan, el techo de la unidad está formado por un tramo, de 9-12 m de espesor, predominantemente margocalizo (biomicritas arcillosas) con estratos de espesor decimétrico a métrico, más masivos y compactos hacia techo. Probablemente representan secuencias somerizantes.

1.2.2.2 Contenido fósil y edad.

Esta unidad contiene numerosos ejemplares de ammonites, a menudo piritosos o limonitizados. Es también frecuente, la presencia de equínidos irregulares, braquiópodos, lamelibranquios, gasterópodos, ostrácodos, serpúlidos y algas. Ocasionalmente pueden encontrarse también, belemnites y corales individuales.

En Es Cubells (sección 35), se ha reconocido la siguiente asociación de fauna: *Sabaudia minuta*, *Textulariella*, *sp. Nautiloculina sp.*, Miliólidos, Textuláridos, Ophthalmidiidos, Orbitolínidos, moluscos, ostrácodos y equinodermos.

En Na Xamena (sección 36), destaca además la presencia de Lituálidos, Lagénidos, Lenticulina, Epistomina, Spirillina, Espículas, ostreas, braquiopodos y ammonites.

En la sección de Portinatx - Sant Joan (38) se han reconocido una fauna similar: *Sabaudia minuta*, *Lenticulina sp.* Lituálidos, Ataxophragmidiidos?, orbitolínidos, ostracodos, serpúlidos fragmentos de gasterópodos, lamelibranquios coralarios, equinodermos y ammonites piritosos.

En cuanto a la edad de esta unidad, en Es Cubells, Rangheard (1972) cita la presencia de ammonites del Hauteriviense superior, Barremiense inferior y Aptiense superior (probable). Teniendo en cuenta otros afloramientos, el mismo autor concluye que en esta zona, la serie margosa es continua desde el Hauteriviense hasta el Albiense, incluido.

En Na Xamena y en la zona de Portinatx, Azema et al. (1979) datan esta unidad como Hauteriviense - Barremiense, basandose principalmente en las asociaciones de ammonites. Posteriormente, Fourcade et al. (1982) atribuyen la misma edad a esta formación margosa en toda la unidad de Eubarca.

1.2.2.3 Ambientes de sedimentación

La sedimentación de esta unidad se desarrolla en un contexto de tectónica extensional, marcado por un incremento de la subsidencia diferencial, que dá lugar a una situación transgresiva, o profundizante, con respecto a la unidad infrayacente de calizas y dolomías de San Juan. Este incremento de la subsidencia podría estar acentuado por el ascenso eustático del superciclo de segundo orden CZ B2 de Haq et al.(1988)

El contacto relativamente neto sobre la unidad de calizas y dolomías de San Juan, podría representar una discordancia de hundimiento (*drowning unconformity*), relacionada con el incremento de la subsidencia diferencial.

Las facies son típicas de un ambiente sedimentario de plataforma carbonática externa o rampa carbonática distal, con escaso o moderado aporte de terrígenos finos. La abundante y variada fauna, sugiere unas condiciones relativamente poco profundas.

La presencia de glauconita en algunas capas de calcarenita implica la existencia de episodios con una tasa de sedimentación relativamente baja.

1.2.3 Unidad Calizas de Sa Ferradura.

Se incluye en esta unidad un conjunto de calizas ricas en Rudistas y Orbitolínidos, atribuida por algunos autores a las "facies urgonianas". Pueden presentar alguna intercalación margosa y en ocasiones se encuentran total o parcialmente dolomitizadas. Se apoya en contacto transicional sobre la la Unidad de Margas y Margocalizas de Cala San Vicente y es característica de la serie de Eubarca. Lateralmente hacia el sur, pasa también a las facies margosas de esta última unidad. Se ha estudiado en las secciones de Na Xamena (36), Penyal de S'Aguila (37) y Portinatx-Sant Joan (38)

1.2.3.1 Litología, espesor y estratificación.

En la sección de Na Xamena (36), aflora únicamente la parte inferior de la unidad. Está representado por dos niveles de calizas de color gris o beis separados por una intercalación margosa. En total afloran unos 47 m.

El nivel inferior de calizas, tiene un espesor total de unos 6 m y está formado por calcarenitas de grano fino, en estratos decimétricos separados por juntas margosas. Forma una secuencia estratocreciente (somerizante) que podría ser debida a la progradación de barras litorales. Culmina con nivel de 30 cm. de margas arenosas bioturbadas, que debe representar la superficie de inundación que inicia el próximo ciclo de facies.

El tramo margoso intermedio tiene un espesor de unos tres metros y medio, y está formado por margas grises con finas intercalaciones de margocalizas. Contiene equínidos irregulares, ammonites y braquiópodos.

El nivel calizo superior tiene unos 32 m de espesor y está formado por calizas micríticas de con abundante fauna de miliólidos, lamelibranquios, rudistas, etc. Predominan las texturas de tipo *wackstone* a *packstone*.

En la sección del Penyal de S'Aguila (37), afloran unos 90 m de calizas masivas, de color beis a marrón claro. En la mitad inferior predominan las texturas de tipo *packstone*, aunque son también muy frecuentes los niveles de *rudstones* o *floatstone* formados por fragmentos de rudistas. Ocasionalmente contienen niveles con cantos calizos "flotando" entre la matriz. En la mitad superior pueden encontrarse también niveles de *wackstones* con abundantes Miliólidos, e incluso lummaquelas de gasterópodos. El techo de esta unidad es neto y se halla tapizado por una costra ferruginosa.

En la sección de Portinatx, está representado por unos 160 m de calizas bioclásticas (biomicritas), de color beis a marrón, con proporciones variables de intraclastos y oolitos. En ocasiones pueden

ser algo arenosas. Afloran muy karstificadas y a veces están algo recristalizadas, por lo que prácticamente no se aprecia la estratificación. Predominan las texturas de tipo *packstone* a *wackstone*.

1.2.3.2 Contenido fósil y edad.

Entre otros fósiles, se han reconocido: Orbitolinas, Algas (¿*Marinella*?), *Pseudocyclamina* sp., *Bacinella irregularis*, *Lithocodium aggregatum*, *Salpingoporella*, *Cylindroporella*, *Trocholina* sp., lagénidos, ostrácodos, coralaris, restos de lamelibranquios, equinodermos y gasterópodos. En la parte media y alta de la sucesión son frecuentes los niveles con grandes fragmentos de rudistas.

Rangheard (1972) atribuye estas "calizas urgonianas" al BarremienseAptiense. Posteriormente, Azema et al. (1979) y Fourcade et al. (1982) precisan su edad como Aptiense.

1.2.3.3 Ambientes de sedimentación

El conjunto se interpreta como facies de plataforma carbonática somera de elevada energía, en la que alternan periodos de construcción arrecifal (rudistas) y periodos de destrucción por parte del oleaje. Durante los episodios destructivos se formarían barras sublitorales, en un ambiente relativamente energético, submareal o de "*shoreface*".

El brusco cambio de facies y la costra ferruginosa del techo de esta unidad probablemente representa una superficie de inundación asociada a una nueva profundización de la plataforma (transgresión). Podría representar una discordancia de hundimiento (*drowning unconformity*), relacionada con el incremento de la subsidencia diferencial.

1.2.4 Unidad de Margas, Calcarenitas y Areniscas del Port de Ses Caletes.

La parte inferior de esta unidad es fundamentalmente margosa y se ha estudiado en la sección de El Penyal de S'Aguila (37). La parte superior halla bien representada en el Port de Ses Caletes (columna 39), donde contiene además frecuentes intercalaciones de capas de areniscas y calcarenitas.

1.2.4.1 Litología, espesor y estratificación

En la sección de Penyal de S'Aguila (37) aflora sólo la parte inferior de esta unidad. Tiene unos 20 m de espesor y está formada por una monotonía sucesión de margas grises con intercalaciones de margocalizas nodulosas, en capas de espesor decimétrico. Contienen abundantes ejemplares de equínidos irregulares, ammonites y lamelibranquios..

En la sección del Port de Ses Caletes (39) aflora bien la parte superior de la unidad. Tiene un espesor mínimo de unos 40 m y está formado por areniscas y calcarenitas de granulometría fina a muy fina, entre las que se intercalan niveles de marga bioturbada en una proporción inferior al 20%. Las capas son de espesor centimétrico a decimétrico y por lo general presentan geometría tabular, a escala del afloramiento. No obstante, pueden encontrarse también capas de calcarenita con geometría cuneiforme, base erosiva y amalgamaciones de capas. Se intercalan también varios horizontes de calcarenitas bioclásticas, de color marrón y espesor centimétrico, con pequeños cantos (1-3 cm) dispersos.

La estructura interna de las capas es poco variada, por lo general consiste en láminas paralelas, deformaciones por escape de fluidos y más raramente "ripples".

El techo de esta unidad está formado por un nivel, de algo más de un metro de espesor, de arenisca fina muy bioturbada y con abundantes óxidos de hierro. Este culmina con un horizonte nodulo-

Condiciones de sedimentación

Esta representa un ambiente de sedimentación de plataforma somera, relativamente poco energético. La distribución de las facies en los afloramientos del resto de la isla, muestra una distribución de la subsidencia mucho más uniforme, relacionada con el fin del episodio de rifting que afecta a la mayor parte del Jurásico y Cretácico inferior.

Secuencia secuencial.

Las unidades estudiadas se distinguen cuatro grandes miembros que abarcan al conjunto del Cretácico de la Serie de Calizas. Estas se hallan limitadas por cambios bruscos de facies que indican una profunda profundización de la plataforma. El origen de estas facies probablemente se relaciona con cambios relativos del mar debidos al incremento de la tasa de subsidencia con respecto a la tasa de sedimentación. Sin embargo, no se pueden descartar otros factores, tales como cambios en los aportes de aportes clásticos, disminución del aporte de sedimentos.

La secuencia inferior, comprendería a la Unidad de Calizas de San Juan, de edad Tithónico-Valanginiense. Su límite inferior está marcado por una brusca profundización de la plataforma, que da lugar a la aparición de facies marginales.

La secuencia intermedia más baja tiene una edad Hauteriviense y está representada por la Unidad de Margas y Calizas de Cala San Vicente y las Calizas de Sa Ferradura. El límite inferior de estas dos unidades litostratigráficas implica una somerización de la plataforma que culmina, con un episodio de una nueva y brusca profundización.

La megasecuencia intermedia más alta está representada por la unidad de Margas, Margocalizas y Areniscas del Port de ses Calletes, de edad Albiense. El paso de facies más margosas a más areniscosas hacia techo de la megasecuencia implica la progradación de los sistemas fluvio-deltaicos relacionados con la Fm. de Utrillas (o equivalente). El nivel de *Hard Ground* del techo de esta unidad marcaría el límite superior de esta megasecuencia.

La megasecuencia superior estaría formada por la unidad de Calizas de Cala Llentrisca, de edad Turoniense medio-Santoniense. El límite inferior estaría representado por una laguna estratigráfica que abarcaría al Cenomaniense y al Turoniense inferior. La aparición brusca de facies carbonáticas implica una nueva transgresión y el retrocesos de los sistemas fluvio-deltaicos.

En el resto de la isla de Ibiza (Series de Ibiza y San José), probablemente no pueden distinguirse estas megasecuencias, debido al carácter más profundo de sus facies.

2. EL MIOCENO DE IBIZA

2.1 *Introducción.*

En realidad el Mioceno de Ibiza ha sido poco estudiado, desde el punto de vista sedimentológico, probablemente debido a la escasa calidad de los afloramientos en el interior de la isla, y a la complejidad estructural. La mayor parte de los trabajos publicados tratan aspectos muy generales de la geología del Mioceno. Entre los primeros estudios geológicos que hacen referencia al Mioceno de Ibiza se deben a Vidal y Molina (1888) y Nolan (1895) quienes aportan las primeras precisiones sobre la estratigrafía de la isla. Más tarde, Fallot (1922) esbozó los principales rasgos estratigráficos y estructurales, además de datar numerosos afloramientos (Fallot y Termier, 1921, 1923). Estos trabajos tienen continuación con las aportaciones de Haanstra (1935) y Spiker (1935), a quienes se debe la primera cartografía geológica de la isla a escala 1:50.000.

Durante los años sesenta y setenta, la tesis doctoral Rangheard y la publicación de los mapas 1:50.000 del I.G.M.E. (Rangheard, 1969, 1970 a,b,c,d, 1971-1972) que constituyen un avance fundamental en el conocimiento de la geología de la isla, en particular del Mioceno. Simó (1982) y Simó & Giner (1983), estudian la zona de Portinatx, diferenciando tres secuencias deposicionales. Posteriormente, Durand-Delga et al. (1983) precisan la estratigrafía de algunos cortes y proponen una sucesión teórica del conjunto del Mioceno.

Para la realización del estudio sedimentológico se han levantado ocho columnas estratigráficas, cuyas principales características se describen a continuación.

2.2 *Burdigaliense - Langhiense*

2.2.1 Sección de Portinatx-Sant Joan (38).

Al sur de la cala d'en Serra, en la pista que va de Portinatx a Sant Joan, la base de la sucesión miocena esta representada por unos 35 m de calcarenitas bioclásticas de color beis y grano fino, algo recristalizadas y muy karstificadas. Estas contienen restos de moluscos, equinodermos, ostrácodos y *Microcodium*, entre otros fósiles. La microfacies es típica del Mioceno inferior. Probablemente representan depósitos litorales o sublitorales.

Sobre las calcarenitas y en contacto erosivo, se encuentra un paquete de conglomerados calcáreos poligénicos que pasan verticalmente a calcarenitas con cantos dispersos o en horizontes de cantos residuales. El espesor total de este conjunto es de unos 50 m. La presencia de bioclastos, equínidos y algas rodofíceas en estas facies sugiere que se trata depósitos litorales o sublitorales de cierta energía, probablemente playas.

De forma rápida, pero gradual se pasa verticalmente a un conjunto predominantemente margoso, con frecuentes intercalaciones de calcarenitas y esporádicamente de conglomerados. El espesor de este conjunto es superior a los 50 m. Las margas son de color blanquecino o amarillento y a menudo se hallan muy bioturbadas. Se interpretan como lutitas marinas poco profundas, depositadas en un ambiente energético de "offshore".

Las calcarenitas se presentan en capas tabulares de espesor centimétrico a decimétrico que pueden encontrarse aisladas entre las margas o bien formando paquetes de hasta 3 m de espesor, con frecuentes amalgamaciones de capas. Generalmente son de grano fino a muy fino. Su estructura interna consiste en laminación paralela y "ripples" de corriente u oscilación. Ocasionalmente pueden presentar laminación convolucionada y láminas onduladas a gran escala, probablemente por deformación hidroplástica. Este tipo de capas representa facies típicas de tempestitas, depositadas en un ambiente energético de "offshore" y probablemente relacionadas con las avenidas de los abanicos deltaicos.

2.2.2 Sección de Cala Llosar (40).

En las proximidades de la Punta de Sa Galera, la base de la serie miocena está formada por un conjunto esencialmente calcarenítico que se apoya discordante sobre el las calizas y margas albienses.

En la Cala Llosar, se han medido unos 40 m de calcarenitas de grano fino a muy fino y color gris/beis, entre las que se intercalan niveles de marga blanquecina en una proporción inferior al 10%. Las capas de calcarenita son de espesor centimétrico a decimétrico y geometría tabular a escala del afloramiento. Son muy frecuentes las amalgamaciones de capas. Su estructura interna es poco variada, por lo general consiste en láminas paralelas, deformaciones por escape de fluidos y más raramente "ripples" de oleaje y/o de corriente. Algunas capas presentan base ligeramente erosiva, con "flutes" que muestran paleocorrientes dirigidas hacia el Sur.

El conjunto de esta sucesión calcarenítica se interpreta como capas turbidíticas, depositadas en un ambiente energético de "offshore" y probablemente relacionadas con avenidas de los abanicos deltaicos. El escaso espesor de las capas podría relacionarse además con las reducidas dimensiones de los abanicos.

Entre esta sucesión calcarenítica se intercalan dos niveles de debritas. La inferior, de 1,5 m de espesor, presenta soporte de matriz y clastos poligénicos subangulosos muy heterométricos ($\varnothing_m = 2-30$ cm; ($\varnothing_{Mx} = 100 \times 300$ cm). Entre ellos destacan diversos tipos de calizas, rocas volcánicas y grandes cantos blandos. El techo está formado por una capa de calcarenita, de 1,8 m de espesor y grano muy grueso a fino, que forma parte del mismo evento.

La debrita superior presenta soporte clástico y cantos poligénicos subangulosos menos heterométricos que la anterior ($\varnothing_m = 1-8$ cm; ($\varnothing_{Mx} = 15$ cm). El techo está formado también por una capa de cal-

carenita de unos 30 cm de espesor que forma parte del mismo evento.

La organización interna de este tipo de capas es muy parecida a las "megaturbiditas" descritas por Labaume et al. (1983) en el Eoceno Surpirenaico y de forma análoga, podrían representar pequeños sismo-eventos.

2.2.3 Sección de Sa Talaia (41).

En las proximidades de la Talaia de Sant Josep, al suroeste de la isla, la mayor parte de la serie miocena está formada por una potente (unos 250 m.) sucesión margosa que se apoya discordante sobre las dolomías titónico-valanginienses de la lámina cabalgante de "Roques Altes" (Durand-Delga, et al. 1983). La parte alta de esta sucesión aflora en la pista que asciende a la Talaia, donde ha sido datada, mediante nannoplancton (biozona NN4), como Burdigaliense superior-Langhiense (Durand-Delga, et al. 1983). Está formada por unos 50 m de margas blanquecinas, grisáceas o amarillentas, a veces algo arenosas, entre las que se intercalan capas tabulares de calcárenitas, de 10-30 cm de espesor. Estas son de grano fino o muy fino y acostumbran a estar muy bioturbadas.

Los niveles de marga, pueden contener abundantes restos vegetales y gasterópodos. Rangheard (1971) y Durand-Delga, et al. (1983), citan la presencia de bivalvos y gasterópodos de aguas salobres, en niveles margosos equivalentes, situados algunos kilómetros más al sur. Esto sugiere que se trata de sedimentos litorales de poca energía. Probablemente representan facies de laguna costera o estuarinas.

Esta sucesión margosa grada verticalmente a un conjunto heterolítico, formado por la alternancia de tramos lutítico-areniscosos y de conglomerados poligénicos. El espesor mínimo de este conjunto es de unos 50 m.

Los tramos lutítico-areniscosos, presentan coloraciones blanquecinas o amarillentas y pueden alcanzar hasta 14 m de espesor. Están formados por la alternancia de lutitas arenosas bioturbadas y capas de arenisca, fina o media, de geometría tabular o canaliforme. Estas últimas pueden presentar niveles de cantos residuales en la base ("lag, deposits"). Se interpretan como paleocanales y facies de desbordamiento o inundación depositadas en un ambiente sedimentario de llanura de abanico deltaico.

Los niveles de conglomerado, tienen un espesor medio de entre uno y cuatro metros y a menudo muestran geometría canaliforme. Por lo general, presentan soporte clástico y cantos de redondez moderada o buena, poco gruesos ($\varnothing_m = 3-8$ cm; $\varnothing_{Mx} = 14$ cm). Su organización interna consiste en cicatrices erosivas y una cierta estratificación horizontal. La mayoría de los clastos procede de las calizas senonienses, probablemente, de la lámina cabalgante de Sant Josep (Durand-Delga, et al., 1983). Se interpretan como un sistema de barras longitudinales y paleocanales trenzados ("braided"), asociados a la zona intermedia de un abanico deltaico.

2.2.4 Sección del Port de Benirràs (43).

En el Port de Benirràs, la serie miocena se inicia con un nivel de conglomerados de entre 10 y 40 m de espesor que se apoyan discordantes sobre las calizas con rudistas aptienses de la lámina cabalgante de Eubarca (Rangheard, 1972; Fourcade et al, 1982). Se trata conglomerados poligénicos, clasto-soportados, con cantos gruesos ($\varnothing_m = 5-15$ cm) subangulosos o moderadamente redondeados que localmente pueden contener bloques de tamaño métrico ($\varnothing_{Mx} = 120 \times 60$ cm). Presentan una cierta estratificación horizontal marcada por diferencias en el tamaño medio de los cantos. El carácter grueso de los cantos junto con su escasa redondez y organización parece indicar que se trata de facies aluviales muy proximales, depositadas en masa por flujos hiperconcentrados de tipo "debris flow". Su evolución lateral y vertical a facies margosas y calcarenitas marinas

sugiere además que se trata de un abanico deltaico de dimensiones reducidas y alto gradiente adosado a los relieves generados por el emplazamiento sinsedimentario de las láminas cabalgantes de la Unidad de Llentrisca-Rey.

Los conglomerados cambian lateral y verticalmente a una sucesión predominantemente margosa de unos 150 m de espesor con frecuentes intercalaciones de calcarenitas y, en menor proporción, de conglomerados. Las margas son de tonalidades claras, amarillentas o blanquecinas, y frecuentemente se hallan muy bioturbadas. La calcarenitas, son también de color blanquecino y en ocasiones pueden contener abundantes bioclastos. Por lo general son de grano fino o muy fino y geometría tabular, a escala del afloramiento. Se presentan en capas de espesor decimétrico a métrico, a menudo amalgamadas o con contactos difusos debido a la bioturbación. Raramente se observa su estructura interna, que puede consistir en laminación paralela o cruzada de bajo ángulo y "ripples". Representan mayoritariamente facies de tempestitas, depositadas en un ambiente energético de "offshore", probablemente, asociadas a avenidas aluviales. Algunos niveles podrían representar también facies litorales o pequeñas barras deltaicas. El escaso espesor de las capas sugiere además que los abanicos deltaicos eran relativamente pequeños y por tanto cuencas de recepción relativamente reducidas, debido probablemente a la compartimentación del traspaís ("hinterland") producida por los cabalgamientos.

Los niveles de conglomerados de esta unidad generalmente se encuentran como horizontes de pequeños cantos intercalados en las calcarenitas y representan depósitos residuales ("lag deposits") que podrían estar asociados tanto a facies canalizadas, como a facies de playas. Esporádicamente pueden encontrarse lentejones, de hasta 1,5 m de espesor, de conglomerados gruesos, clasto-soportados, con cantos de diferentes tipos de calizas mesozoicas e incluso bloques "canivalizados" de otros conglomerados miocenos. Probablemente representan niveles de "debris flow" o el relleno de pequeños cana-

les submarinos, conectados directamente con las zonas subaéreas del abanico deltaico.

El conjunto de esta unidad representa facies típicas de frente de abanico deltaico y prodelta. El carácter profundizante de toda la sucesión, de facies aluviales a frente de abanico deltaico y prodelta, podría relacionarse con el incremento de la subsidencia debido a la carga litosférica generada por el emplazamiento sinsedimentario de las láminas cabalgantes. Naturalmente este ascenso relativo del nivel del mar podría estar acentuado por el ascenso eustático del Aquitaniense superior-Burdigaliense (ciclo de tercer orden TB2.1 de Haq et al. 1.987).

2.2.5 Sección de Cala d'en Serra (44).

En la cala d'en Serra, la sucesión miocena tiene un espesor de unos 80 m. y su base está formada por una brecha monogénica que se apoya discordante sobre el sustrato liásico, de donde proceden los clastos. El ángulo de discordancia se halla próximo a los 75°, aunque parte del buzamiento (unos 30° hacia el NNW) de la brecha debe ser deposicional (canchal). Su espesor oscila entre 0 y 5 m ya que se localiza en las zonas topográficamente más deprimidas del paleorelieve. Se trata de una brecha con soporte clástico, bien cimentada, con cantos angulosos de $\varnothing=1-8$ cm de diámetro medio y bloques de hasta 1 m, dispuestos paralelamente a la estratificación. Se interpreta como depósitos coluviales o canchales.

En la orilla Sur de la cala d'en Serra, en contacto neto sobre la brecha monogénica se encuentra un nivel brechoide-conglomerático muy desorganizado, de unos 16 m de espesor. Este se halla constituido por clastos poligénicos subangulosos, muy heterométricos, de hasta dos metros de diámetro máximo, envueltos por una matriz lutítico-arenosa y microconglomerática de color anaranjado. Entre los clastos se reconocen distintos tipos de calizas mesozoicas y rocas volcánicas. En la parte alta de este nivel los cantos parecen algo más

rodados, y predominan los de calizas de tonalidades claras o amarillentas.

En la orilla Norte de la cala este nivel brechoide-conglomerático es menos potente (unos 7 m) tiene soporte clástico y una cierta estratificación horizontal. La redondez de los clastos es moderada a buena y su diámetro medio oscila entre 20 cm y 100 cm. Localmente pueden encontrarse bloques de hasta 5 m de diámetro máximo. Este nivel se interpreta como depósitos coluviales o aluviales muy proximales.

Sobre el nivel conglomerático anterior se encuentra un tramo heterolítico de unos 5 m de espesor formado por tres niveles de calcarenitas blanquecinas, con estromatolitos y corales en domo, separados por dos horizontes de conglomerados poligénicos de 60-80 cm de espesor. Estos últimos presentan soporte clástico y matriz arenoso-lutítica de color rojizo y pueden contener fragmentos de coral. El techo de este conjunto está formado por un nivel de calcarenitas de 1 m de espesor, con rodolitos en la base. Este conjunto parece representar un medio sedimentario litoral de cierta energía (playa) a sublitoral ("shoreface"), con una alternancia de episodios de actividad e inactividad aluvial.

La totalidad de la sección descrita hasta aquí corresponde a la "secuencia deposicional A" de Simó y Giner (1983), quienes le atribuyen una edad Aquitaniense-Burdigaliense, por comparación con el Mioceno de Mallorca y los ciclos eustáticos de tercer orden de Vail, et al. (1977).

El resto de la serie del Mioceno inferior de la Cala d'en Serra, está formado por una sucesión esencialmente conglomerática de unos 34 m de espesor. Se trata de conglomerados poligénicos con soporte clástico, en capas de espesor decimétrico a métrico, entre las que se intercalan niveles de limolitas anaranjadas. Estas últimas pueden presentar bioturbación por raíces y son más frecuentes en la parte baja de la sucesión y hacia el norte. La única organización interna consiste imbricaciones de cantos y una cierta estratificación

horizontal marcada por alineaciones distinta granulometría. Las paleocorrientes medidas se dirigen hacia el ENE. El tamaño medio de los cantos es de entre 8 y 20 cm, dependiendo de los niveles, el tamaño máximo es de 1'5 m y se encuentra en la parte alta de la sucesión. La redondez es moderada a buena. Localmente se reconocen cantos de conglomerados.

El conjunto de esta unidad conglomerática representa facies proximales de abanico deltaico y cambian lateralmente hacia el norte a facies distales y a margas marinas (Simó y Giner, 1983).

2.2.6 Sección de Cala Boix (45).

En esta sección no aflora la base de la sucesión miocena el contacto con las calizas en losas de Kimmeridgiense es por factura. La mitad inferior de la sección está formada por unos 75 m de margas de color gris claro o amarillentas, con intercalaciones milimétricas de limolitas. Localmente pueden contener alguna capa centimétrica de calcarenita.

Sobre las margas y de forma brusca se encuentra una megabrecha, de unos 54 m de espesor, en la que predominan los materiales triásicos resedimentados. Esta se halla constituida clastos subangulosos o moderadamente redondeados, e incluso trozos replegados de capas, muy heterométricos y soportados por una de matriz areniscoso-lutítica, de coloraciones ocres, rojizas, verdosas o anaranjadas.. El tamaño medio de los clastos oscila entre unos pocos centímetros y varios decímetros, aunque es muy frecuente la presencia de grandes bloques, de dimensiones métricas a decamétricas. La litología de los clastos es variada, entre otras cosas incluye: calizas o dolomías oscuras del Muschelkalk, así como rocas volcánicas (ofitas), yesos y lutitas versicolores (cantos blandos) del Keuper.

Sobre esta megabrecha se encuentran dos niveles de calizas del Muschelkalk, de unos 10 m de espesor, separados por un tramo

cubierto. Aparentemente se encuentran bien estratificadas, por lo que en trabajos anteriores (Rangheard, 1972) se ha considerado que, junto con la megabrecha de materiales triásicos, forman parte de un serie invertida que cabalga a las margas miocenas.

Sin embargo, el origen claramente sedimentario de la megabrecha y la escasa continuidad de los niveles de Muschelkalk, sugiere que se trata de grandes bloques que forman parte de la megabrecha. El conjunto se interpreta como un evento castastrófico, de tipo "debris flow", relacionado con el emplazamiento de los cabalgamientos. Ejemplos similares han sido ya descritos en otras cuencas de antepaís (Béticas, Pirineos, etc.).

2.2.7 Sección de Benirràs - Sant Joan (46)

Al Sur del Port de Benirràs la serie Miocena se apoya discordantes sobre distintas formaciones Triásicas y Jurásicas de la lámina cabalgante de Fornou (Fourcade et al, 1982). Igual que en el Port de Benirràs, la base de la sucesión está formada por unos 40 m de conglomerados entre los que se intercalan niveles de espesor métrico de areniscas calcáreas.

Los conglomerados son también poligénicos y predominan distintos tipos de calizas cretácicas. Pueden presentar tanto soporte clástico como de matriz areniscosa. El tamaño medio de los cantos no es muy grueso ($\varnothing_m = 2-8$ cm) y su redondez es moderada o buena. Presentan una cierta estratificación horizontal marcada por diferencias en el tamaño medio de los cantos.

Las areniscas que se intercalan entre los conglomerados son de coloraciones blanquecinas y están siempre muy bioturbadas. Generalmente contienen pequeños cantos dispersos o tapizando suaves cicatrices de erosión.

El conjunto de las facies conglomeráticas se interpreta como sedimentos aluviales depositados en masa por flujos hiperconcentrados.

trados ("debris flow") o avenidas en lámina ("sheet flood"). Representan facies de abanico deltaico, proximal a intermedio. Las intercalaciones arenosas podrían interpretarse como interdigitaciones de facies de playas o sublitorales ("shoreface").

Los conglomerados cambian lateral y verticalmente a un conjunto lutítico-margoso con niveles de cantos y bloques, que equivale lateralmente a la sucesión margosa del Port de Benirràs.

El espesor de esta unidad es difícil de precisar, debido a la falta de superficies de referencia y a la escasa calidad de los afloramientos. No obstante, se han medido unos 250 m en la carretera que va al Port de Benirràs. En esta transversal, los niveles de lutitas margosas se localizan en la mitad inferior de la sucesión y representan únicamente el 20%, esta. Son de color blanquecino y pueden contener bloques aislados o capas de calcarenitas deslizadas ("slumping") de algunos decímetros de espesor (facies F de Stow, 1985; Stow et al., 1986).

El resto de la sucesión (80%) está formada por la amalgamación de distintos niveles de debritas (facies A1 de Stow, 1985; Stow et al., 1986), de espesor decimétrico a métrico, que pueden incluir proporciones variables de materiales triásicos resedimentados. Estos últimos son especialmente abundantes hacia el Sur, en la parte alta de la sucesión.

Las características texturales de estas debritas pueden ser muy distintas, en función de la proporción de matriz así como del tamaño y la geometría de los clastos. Predominan los niveles con soporte de matriz margo-arenosa, que constituye el 40- 80% del total de la roca. Esta acostumbra a ser de color blanquecino aunque también existen niveles de coloraciones rosadas, ocreas o verdosas, cuando dominan los materiales de origen triásico.

En cuanto a la geometría y el tamaño de los clastos, también pueden reconocerse gran variedad de niveles: desde debritas con pequeños clastos muy homométricos y bien rodados, hasta niveles

con clastos subangulosos, muy heterométricos, que pueden incluir trozos de capas plegadas e incluso bloques de hasta 5 m de diámetro. Este último tipo de niveles son más frecuentes entre los materiales triásicos resedimentados, mientras que los primeros corresponden sobre todo a resedimentaciones de los abanicos deltaicos miocenos.

El conjunto de esta sucesión miocena muestra una tendencia general profundizante, que podría relacionarse con la subsidencia tectónica producida por los cabalgamientos. El incremento de la proporción de debritas y de los niveles triásicos resedimentados, hacia la parte alta de la sucesión podría relacionarse también con el incremento de la deformación que conduciría, primero a la canalización (resedimentación) progresiva de los abanicos deltaicos miocenos y posteriormente al desmantelamiento de su propio sustrato mesozoico.

2.3 Tortoniense

2.3.1 Sección Cala d'en Serra (44).

Está formado por varios niveles de calizas estromatolíticas y calcarenitas de color blanquecino, entre las que se intercalan distintos horizontes de conglomerados. Tienen un espesor total de unos 20 m. Parecen formar secuencias que se inician con conglomerado, continúan con estromatolitos globosos y culminan con estromatolitos laminares o calcarenitas bioturbadas. Se interpretan como secuencias somerizantes, probablemente asociadas a playas.

3. EL MIOCENO DE FORMENTERA.

En Formentera únicamente afloran materiales postectónicos, miocenos, pliocenos y cuaternarios.

El Mioceno, está constituido fundamentalmente por calcarenitas bioclásticas de color blanquecino a rojizo, a menudo con abundantes algas rojas y facies bioconstruidas. Clásicamente se le atribuye una edad Tortoniense (Rangheard, 1972).

SIMÓ (1982) y SIMÓ y Giner (1983), diferencian tres secuencias deposicionales, que abarcan a todo el neógeno de la isla. Las dos inferiores son miocenas, mientras que la base de la más alta se sitúa ya en el Plioceno medio.

La secuencia deposicional inferior es de tipo arrecifal e incluye facies de plataforma interna arrecifal (*back reef*), frente arrecifal (*reef front*) y talud arrecifal. El límite superior de la secuencia estaría formado por una superficie de erosión de geometría escalonada. SIMÓ y Giner (op. cit.), atribuyen a esta secuencia una edad Messiniense, por comparación con otras áreas.

La secuencia deposicional intermedia se encuentra en una relación geométrica de "onlap" sobre la anterior y está formada mayoritariamente por grainstones oolíticos pelotoidales y estromatolitos. Estos representarían fundamentalmente facies de playas y de "*sand shoal*".

El Plioceno constituye la secuencia superior ya que se encuentra en discordancia angular y fosilizando fracturas que afectan a las secuencias anteriores (SIMÓ y Giner op. cit.). Está formado por calcarenitas en facies de playas y dunas eólicas.

Durante la realización de la cartografía geológica y posterior estudio sedimentológico, no se ha podido confirmar la existencia de una superficie de erosión separando las dos secuencias miocenas establecidas por SIMÓ (1982) y SIMÓ y Giner (1983). Por el contrario, en los acantilados de la costa oeste de la Isla, entre Cala Sahona y el Cabo de Barbería, se observa perfectamente como se interdigitan los principales grupos de facies.

Desde Cala Sahona hacia el norte, la sucesión miocena está formada por una alternancia de niveles subhorizontales de calcarenitas, limolitas, areniscas calcáreas y brechas. Las capas son de espesor decimétrico a métrico y predominan siempre los colores rojizos, marrinosos o anaranjados. Las capas tienen geometría tabular y a menudo presentan contactos ligeramente erosivos.

Las calcarenitas pueden ser algo bioclasticas y a menudo se encuentran recristalizadas o muy bioturbadas. Las limolitas y areniscas, pueden ser muy nodulosos o encontrarse intensamente bioturbados por raíces. Los niveles de brechas presentan soporte de matriz lutítico-arenosa. Los clastos son angulosos y predominan los de litología similar a la matriz que los engloba. Pueden contener algunos pequeños clastos de caliza negruzca y algunos fragmentos laminares de coladas karsticas. El conjunto representa facies de costas calcáreas y paleosuelos, independientemente de que el sedimento originalmente marino (calcarenitas) o aluvial (limolitas y areniscas).

Desde Cala Sahona hacia el Sur estas facies rojizas de Paleosuelos se interdigitan progresivamente con grandes cuerpos de calcarenita blanquecina. Estos generalmente tiene geometría cuneiforme y a menudo muestran morfología de barras, tapizadas por los niveles rojos de paleosuelos. Internamente presentan *megaforesets* de estratificación cruzada planar o de surco, que muestran paleocorrientes dirigidas hacia el norte o noroeste.

Estas facies con estratificación cruzada han sido reconocidas también en la costa este de Cabo de Barbería por SIMÓ (1982) y

SIMÓ y GINER (1983), quienes las interpretan como playas y "*sand shoals*" de origen sublitoral, pertenecientes a la secuencia superior miocena. Sin embargo la relación de estos cuerpos con los paleosuelos y el hecho de que las se dirijan hacia las facies continentales, podría indicar que se trata de dunas eólicas, naturalmente asociadas también a ambientes de playa.

Hacia el Cabo de Barbería las facies son ya totalmente calcareníticas. Su espesor oscila entre 40 y 80 metros. En la parte baja de la serie, predominan las calizas bioclásticas, con texturas *wackstone* y abundantes rodolitos flotando entre la matriz. Los estratos son de 2-8m de espesor, por lo que el aspecto de estas facies es bastante masivo. Entre los bioclastos se han reconocido abundantes fragmentos de algas rodofíceas, moluscos, briozoos, equinodermos y foraminíferos. Entre estos últimos, SIMÓ (1982) cita la presencia de *Amphistegina*, *Alveolínidos*, *Textuláridos*, *Miliólidos*.

En la parte alta de la serie, las facies son menos masivas y predominan las calizas bioclásticas con texturas *packstones* a *grainstones*. Ocasionalmente se intercalan niveles con corales interpretados por SIMÓ (op cit.) como bloques procedentes de la pared arrecifal.

De acuerdo con SIMÓ (1982), y SIMÓ y GINER (1983), representan facies proximales, intermedias y distales de talud arrecifal.

En la costa Noereste de la isla de Formentera se deduce una evolución lateral de facies continentales a marinas similar a las de la costa oeste. En la zona de Cala d'en Basters, la serie miocena se inicia con calcarenitas bioclásticas, y facies típicas de playas, que pasan verticalmente a una sucesión de paleosuelos y dunas eólicas, similares a los de Cala Sahona.

Hacia el este, hacia la zona de La Mola, las facies equivalentes son también calcarenitas bioclásticas con bioconstrucciones de corales, similares a las del Cabo de Barbería.

Esta evolución lateral de facies continentales a marinas sugiere que la paleocosta miocena se situaba entre la zona de Cala Sahona y la de Cala d'en Basters, por lo que tenía una dirección aproximada ENE-WSW. La evolución lateral de los cinturones de facies sugiere que de NNE a SSW se pasaba progresivamente de una llanura litoral con paleosuelos, a una zona de playas y dunas litorales. Hacia el mar (SSW) quedaría una plataforma somera, con pequeños arrecifes y barras asociadas al paso de corrientes litorales por las zonas más deprimidas.

4. BIBLIOGRAFÍA

- ALVARO, M.; OLMO, P. y RAMÍREZ DEL POZO, (1982).- "El Cretácico de las Baleares". en: "El Cretácico de España". Univ. Complutense de Madrid. p. 633-655.
- AZEMA, J.; CHABRIER, G.; CHAUVE, P. y FOURCADE, E., (1979).- "Nouvelles données stratigraphiques sur le Jurassique et le Crétacé du Nord-Ouest d'Ibiza (Baléares, Espagne). *Geologica Rom.* 18, 1-21.
- COLOM G.(1947).- Estudio sobre la sedimentación profunda de las Baleares, desde el Lías superior hasta el Cenomanense-Turonense". Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., 147p.
- COLOM G. y ESCANDELL, B.(1960-1962).- "L'evolution du géosynclinal baléare". Livre Mem. Prof. Fallot. Mém. h. sér. S.G.F. I. 125-136.
- COLOM G. y RANGHERARD, Y. (1966).- "Les couches à Protoglobigérides de l'Oxfordien supérieur de l'île d'Ibiza et leurs équivalents a Majorque et dans la domaine subbétique". *Rev. Micropal.* IX, 1, 29-36.
- HAQ, B. U.; HARDENBOL, J. y VAIL, P. R. (1988).- "Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change". In: C. K. Wilgus et al., (eds.), *Sea level changes: an integrated approach*. Soc. Econ. Pal. Min. Spec. Publ., 42, pp. 71-108.
- FALLOT, P. (1922).- "Etude Géologique de la Sierra de Majorque". *Libr. Polytech. Ch. Béranger*, Paris. 418 p.
- FALLOT, P. y TERMIER, H. (1921).- "Sur l'extension vertical du faciès marneux à Céphalopodes pyriteux dans l'île d'Ibiza". *C. R. Ac. Sc.* 173. 91-94.

- FALLOT, P. y TERMIER, H. (1923).- "Ammonites nouvelles des îles Baléars". Trab. Mus. Cienc. Nat. 32. 85p.
- FONTBOTÉ, J.M.; OBRADOR, A. y POMAR, L. (1983).- "Islas Baleares". Libro Jubilar de J.M. Ríos. Geología de España. 2. 343-391.
- FOURCADE, E., CHAUVE P. y G. CHABRIER. (1982).- "Stratigraphie et tectonique de l'île d'Ibiza, témoin du prolongement de la nappe subbétique aux Baleares. Eclogae Geol. Helv., 75, p. 415-436.
- HAANSTRA, U. (1935).- "Geologie von Ost-Ibiza (Balearen)". Thèse Utrecht. 62 p.
- NOLAN, H. (1895).- "Sur la Jurassique et Crétacé des îles Baléars". C. R. Ac. Sc. 117. 812-823.
- RANGHERARD, Y. (1962).- "Los yacimientos fosilíferos del Oxfordiense superior del sur de la isla de Ibiza (Baleares)". Not. Com. Inst. Geol. Min. España. 68. 217-220.
- RANGHERARD, Y. (1964).- " Sur la Jurassique supérieur de l'extrémité sud d'Ibiza (Baléares)". Ann. Sc. Univ. Besançon, 2ème sér. Géol. fasc. 19. 45-51.
- RANGHERARD, Y. (1965).- "Donnees nouvelles sur la stratigraphie du Crétacé inférieur dans la moitié sud de l'île d'Ibiza (Baléares)". C. R. Ac. Sc. 260. 4005-4007.
- RANGHERARD, Y. (1969).- "Etude géologique des îles d'Ibiza et Formentera (Baléares)". Thèse Besançon, 478 p.
- RANGHERARD, Y. (1970a).- Mapa geológico a escala 1:50.000 y memoria de la Hoja 773, San Juan Bautista. I.G.M.E.
- RANGHERARD, Y. (1970b).- Mapa geológico a escala 1:50.000 y memoria de la Hoja 772, San Miguel. I.G.M.E.

- RANGHERARD, Y. (1970c).- Mapa geológico a escala 1:50.000 y memoria de la Hoja 798, Ibiza. I.G.M.E.
- RANGHERARD, Y. (1970d).- Mapa geológico a escala 1:50.000 y memoria de la Hoja 799, Sta Eulalia del Río. I.G.M.E.
- RANGHERARD, Y. (1971-1972).- "Etude géologique des îles d'Ibiza et Formentera (Baléares)". Mem. Inst. Geol. Min. España. 82. 340 p.
- RANGHERARD, Y. y COLOM, G. (1965).- "Sobre la edad de las calizas "urgonianas" de Ibiza (Baleares), comprendidas entre el Titónico y el Valanginiense". Notas y Com. Inst. Geol. Min. España. 77. p. 165-174.
- RANGHERARD, Y. y COLOM, G. (1967).- "Microfaunas del Cretácico de Ibiza (Baleares)". Bol. Inst. Geol. Min. España. LXXVI. p. 279-306.
- RANGHERARD, Y. y SIGAL, J. (1965).- "Donnees nouvelles sur la stratigraphie du Crétacé supérieur d'Ibiza (Baléares, Espagne)". C. R. Ac. Sc. 260. 6154-6157.
- RANGHERARD, Y., SIGAL, J. y DURAND DELGA, M., (1962).- "Existence du Sénonien dans l'île d'Ibiza (Baléares)". C. R. Ac. Sc. 255. 2137-2139.
- Simó Marfá, J.A. (1982).- "El Mioceno terminal de Ibiza y Formentera". Tesis Licenciatura Universidad de Barcelona.
- SPICKER, E.N. (1935).- "Geologie von Ost-Ibiza (Balearen)". Thèse Utrecht. 66 p.
- VIDAL, L.M. y MOLINA, E. (1988) - "Reseña física y Geológica de las Islas de Ibiza y Formentera". Bol. Com. Mapa Geol. España. VII. 67-113.