

ARRECIFES DE CORAL EN EL MIOCENO SUPERIOR DE LA VERTIENTE NORTE DE LA SIERRA DE CARRASCOY (MURCIA)

Ángel M. LÓPEZ BUENDÍA*

Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva, 18002-Granada.

(*) Dirección actual: Departamento de Geología, Universitat de València. Dr. Moliner, 50. 46100-Burjassot (Valencia).

ABSTRACT

The Sierra Carrascoy is made up by the Malaguide and Alpujarride Complex materials. In the NW margin the Neogene sediments are mixed carbonate-siliciclastic, and they are deposited in a narrow marine shelf, such as deltas and alluvial fans and in fluvio-lacustrine environments.

The Upper Tortonian sediments form small coral reefs which show four stages of building, as a consequence of different paleoecological features. These units are, from bottom to top:

a) Thin patch reefs, in the form of prairies, which are bedded with a large lateral extension. They are constituted by laminated *Porites* and *Tarbellastraea*.

b) Larger patch of coral reefs constituted by colonies of branched *Tarbellastraea* and laminated *Porites*.

c) Small patch reefs of laminated *Porites* and branched *Tarbellastraea* situated in the base of calcarenite sediments.

d) Isolated patch reefs of *Tarbellastraea* and *Porites*.

Keywords: Coral reefs, Upper Miocene, Mula basin.

RESUMEN

El borde meridional de la cuenca neógena de Mula durante el Mioceno superior-Plioceno estuvo constituido por un relieve, la actual Sierra de Carrascoy, formado por materiales de los complejos Maláguide y Alpujarride. En el margen noroccidental de este relieve los sedimentos neógenos son de naturaleza terrígeno-carbonatada, depositados en una estrecha plataforma marina, en deltas y abanicos deltaicos, y en ambientes fluvio-lacustres.

Entre los sedimentos de plataforma del Tortoniano superior se encuentran arrecifes de coral de dimensiones reducidas. Se pueden reconocer cuatro fases de construcción arrecifal desarrolladas en condiciones ambientales diferentes. De abajo a arriba estas fases son:

a) Nivel de parches de coral de escasa potencia (0,3-0,8 m) con gran extensión lateral, y que forman unas estructuras mamelonadas o de media lenteja. Están constituidos por *Porites* y *Tarbellastraea* laminares.

b) Armazones arrecifales mayores, construidos por colonias ramosas de *Tarbellastraea* y *Porites* laminares. Este nivel puede correlacionarse estratigráficamente con el anterior.

c) Pequeños parches de *Porites* laminares, ocasionalmente son ramosos, y *Tarbellastraea* en colonias de gran tamaño que se sitúan en la base de un conjunto de sedimentos calcareníticos.

d) Parches aislados de *Tarbellastraea* y *Porites* que culminan los sedimentos calcareníticos antes citados.

Palabras clave: Arrecifes de coral, Mioceno superior, Cuenca de Mula.

INTRODUCCIÓN

Durante el Mioceno superior las cuencas neógenas del Mediterráneo occidental formaban una compleja y cambiante paleogeografía, con una serie de corredores, galerías y cuencas interconectadas alrededor de grandes islas y archipiélagos (Esteban *et al.*, en prensa). Alrededor de esta intrincada paleogeografía se produjo una gran cantidad de cuerpos de arrecifes corales que han proporcionado numerosos ejemplos (Che-

valier, 1961; Esteban, 1979; Esteban *et al.*, en prensa; entre otros).

Los arrecifes en los que se centra este trabajo se sitúan en el margen sur de la cuenca de Mula, predominando los del Tortoniano superior. Durante este período, la mayor parte de los arrecifes de coral que se encuentran en las Béticas están relacionadas con depósitos deltaicos (Santisteban, 1981; Santisteban y Taberner, 1988; Martín *et al.*, 1989; Braga *et al.*, 1990).

Esta zona se encuentra bajo un contexto tectónico

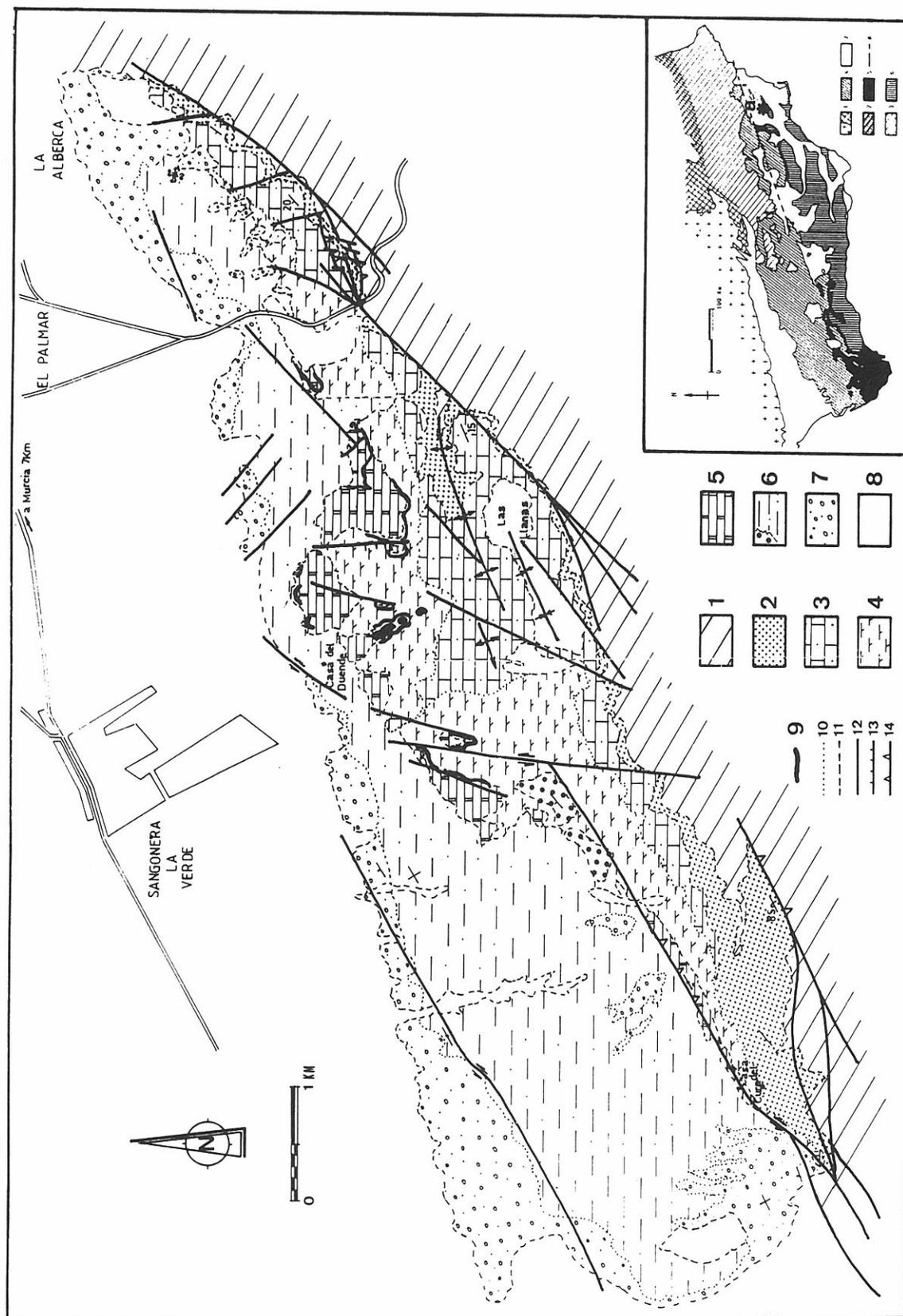


Figura 1. A. Esquema de las Cordilleras Béticas. **a.** Situación del área de estudio. **1.** Meseta Ibérica y su cobertura; **2.** Dominio ibérico; **3.** Zona Prebética; **4.** Zona Subbética y Penibético; **5.** "Dominio de los flysh"; **6.** Zonas Internas; **7.** Neógeno posttectónico. **B.** Cartografía geológica del neógeno de la vertiente norte de Carrascoy. **1.** Substrato bético; **2.** Conglomerados rojos y arenas grises (Tor. I); **3.** Calcarenitas bioclásticas I (tor. II); **4.** Margas con turbiditas (Tor. II); **5.** Calcarenitas bioclásticas II (Tor.?-Mess.?). **6.** Margas, arenas y margas con yesos, deltaicos (Mess-Pli.?). **7.** Lutitas, arenas y conglomerados fluviales (Plioc.); **8.** Cuaternario indeferenciado; **9.** Parches arrecifales; **10.** Contacto normal; **11.** Contacto discordante; **12.** Falla; **13.** Falla normal; **14.** Falla inversa.

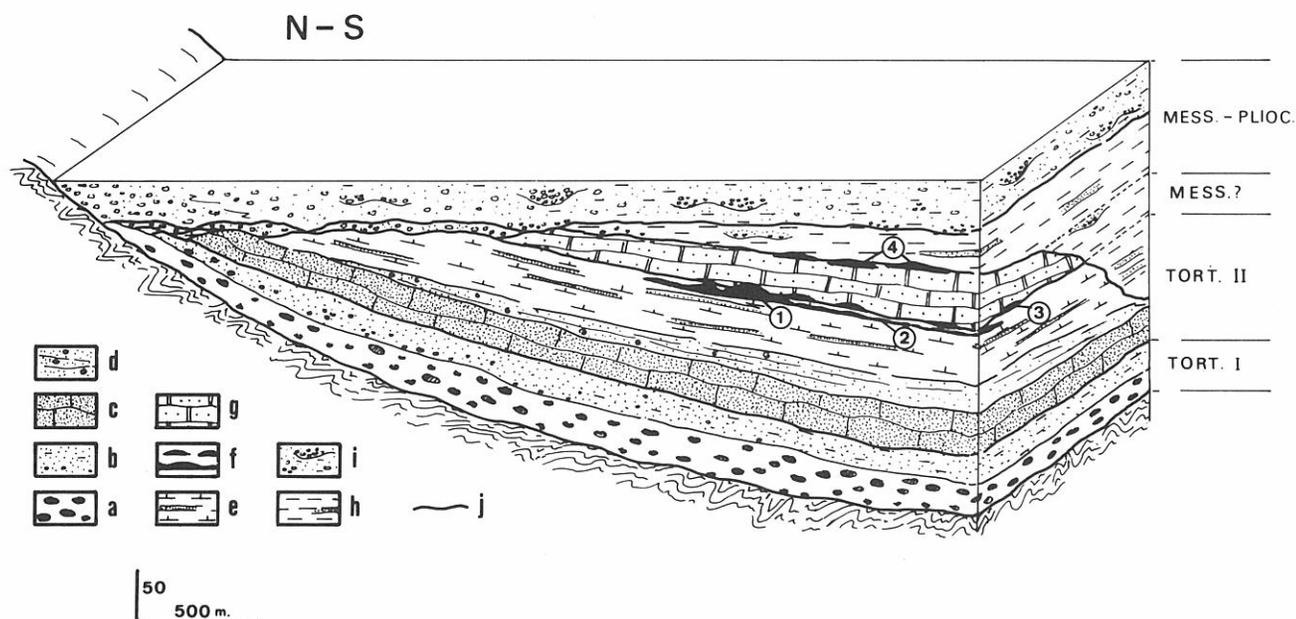


Figura 2. Esquema de las unidades litoestratigráficas que aparecen en el margen sur de la cuenca de Murcia. **a.** Conglomerados rojos; **b.** Arenas grises; **c.** Calcarenitas bioclásticas; **d.** Arenas y microconglomerados con *Heterostegina*; **e.** Margas con turbiditas; **f.** Parches arrecifales; **g.** Calcarenitas bioclásticas II; **h.** Margas, arenas y conglomerados, deltaicos; **i.** Conglomerados fluviales; **j.** Discontinuidad. (1), arrecifes en pavimento; (2), arrecife del Duende; (3), parches de la base del calcarenitas II; (4), parches del techo de calcarenitas II.

de sucesivas fases compresivas y distensivas durante todo el neógeno y que han seguido haciéndolo hasta bien entrado el Cuaternario (Bousquet y Montenat, 1974; Montenat *et al.*, 1987; Montenat *et al.*, 1989; Martínez Díaz y Hernández Enrile, 1991).

Los ejemplos de arrecifes que aquí se tratan se desarrollan sobre una plataforma de sedimentación terrígeno-carbonatada. Las distintas fases de construcciones coralinas diferenciadas están formadas por *Porites* y *Tarbellastraea* exclusivamente.

LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA

La zona estudiada se encuentra situada en las proximidades de Sangonera La Verde (Cuenca de Mula) (fig. 1) y forma parte de la vertiente norte de la Sierra de Carrascoy. Dicha cuenca se desarrolla sobre un sustrato perteneciente al Bético interno.

En los depósitos neógenos del margen S de la cuenca se produjo un desarrollo de parches arrecifales. Todas las etapas arrecifales que se pueden diferenciar en esta zona ocupan un espacio geográfico limitado (fig. 1) extendiéndose en unos 2 km² de superficie, a excepción de la última fase en la que se encuentran parches alineados y topográficamente más bajos.

ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de los depósitos neógenos propues-

ta en este trabajo (fig. 2) difiere ligeramente de las sugeridas por Montenat y Crusafont (1970) y Montenat (1977).

Los materiales neógenos están dispuestos en discordancia angular sobre un sustrato permotriásico constituido por filitas, cuarcitas, carbonatos, ofitas y yesos pertenecientes a los complejos Alpujarride y Maláguide.

En los depósitos neógenos se pueden diferenciar 7 unidades litológicas por discontinuidades. La primera unidad corresponde a un conjunto de potencia muy variable, entre 0 y 40 m, constituido básicamente por sedimentos terrígenos muy heterométricos (brechas, conglomerados, arenas y calciruditas), dispuestos frecuentemente como "debris flow" ocasionalmente tapiados por *Ostraea edulis* de gran tamaño y que hemos denominado como "conglomerados rojos" (fig. 2a). Una fase de desarrollo de organismos de concha gruesa (*Ostraea edulis* y *Clypeaster*), con marcas de organismos litófagos, acompañados eventualmente de rodolitos, separa a esta unidad de la superior de naturaleza arenoso-microconglomerática ("arenas grises"), con facies propia de mares someros en virtud de la fauna que se encuentra (verméticos, *Balanus*, algas coralíneas en costras muy delgadas que rodean cantos centimétricos y fragmentos de otros organismos como ostreidos y *Clypeaster*) (fig. 2b). Estas formaciones pueden atribuirse al Tortoniense inferior por la fauna de la unidad superior.

A continuación se disponen, en discontinuidad estratigráfica, unas calcarenitas con gran abundancia de algas coralíneas que presentan estratificación cruzada unidireccional a gran escala, que se interpreta co-

mo propia de la estructura interna de un cuerpo "sand waves" y que pueden ser interpretadas como depósitos de plataforma en rampa (fig. 2c). Pertenecen al Tortoniense superior, por la presencia de *Globorotalia acos-taensis* y *Gr. humerosa*.

Hacia techo aumenta el contenido en terrígenos (arenas, microconglomerados y algunos cantos de cuar-cita), entre los que se presentan fragmentos de *Ostrea* y *Clypeaster*, así como una gran abundancia de *Hete-rostegina sp.* (fig. 2d). Este conjunto forma parte del Tortoniense superior (biozona de *Discoaster quinque-ramus*), por la presencia de *D. quinqueramus* y *D. cal-caris*. Estos materiales pasan por cambio lateral de fa-cies a arenas finas y limos con más o menos contenido en carbonatos.

Concordantemente sobre éste, aparecen unas mar-gas con capas de turbiditas intercaladas que se dispo-nen en un sistema somerizante hacia techo (C.U.). Lo-calmente, se desarrollan facies arrecifales intercaladas entre las margas o en el techo de las mismas.

En discordancia angular se superpone una unidad calcarenítica (fig. 2g). Este conjunto carbonatado se di-ferencia del primero por el escaso contenido en algas coralináceas. En toda la unidad se produce un desarrol-lo de arrecifes coralinos. La edad de esta unidad pue-de corresponder al inicio del Messiniense o al Torto-niense terminal.

La siguiente unidad, que yace en discordancia an-gular con desarrollos locales de "hard grounds" en su base, está constituida por unos depósitos de arenas, margas y, en menor medida, conglomerados que se dispo-nen en unos cuerpos de formas lobuladas y canali-zados con fauna de vertebrados marinos y continenta-les intercalados entre margas con foraminíferos; la in-terpretamos como deltaica. Estos depósitos pertenecen a la parte basal de la biozona de *D. quinqueramus*, por

la asociación de *D. quinqueramus*, *Scyphosfaera aps-teini* y *S. intermedia* (Martín Pérez, 1989). Aunque la ausencia de *Amaurolithus* induce a suponer una edad de Tortoniense superior, la abundancia de *Scyphos-phaera* (Martín Pérez, 1989) y la discordancia basal, ha-cen suponer la presencia del Messiniense.

Entre los cuerpos arenosos del delta se encuentran restos de cetáceos y hacia techo aparece fauna conti-nental (Montenat y Crusafont, 1970), asociada a facies de llanura deltaica. La edad de estos restos de vetebra-dos fue considerada en un principio como Vallesiense (Montenat y Crusafont, 1970) y posteriormente se ha situado con más precisión en el Turolense superior, coincidente con la biozona MN13 de Mein (Montenat, 1973; Brujin *et al.*, 1975), cuyo límite superior es corre-lacionable con el límite Messiniense-Plioceno.

Hacia techo se pasa a otra unidad dominada por conglomerados y lutitas rojas en facies fluviales (fig. 2i), pertenecientes al Plioceno (Montenat, 1977).

DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS ARRECIFALES

Arrecifes de la unidad margosa.

1. Arrecifes del Duende I.

Se encuentran formando parches estrechamente unidos, intercalados en la unidad de margas (fig. 2, f1) y dispuestos bajo otros parches arrecifales de mayor tamaño.

La secuencia encontrada en este arrecife comien-za con un nivel de *Porites* en láminas delgadas que po-cas veces alcanzan la decena de milímetros, directamente sobre margas y embebidas en ellas, cuyo porcentaje su-

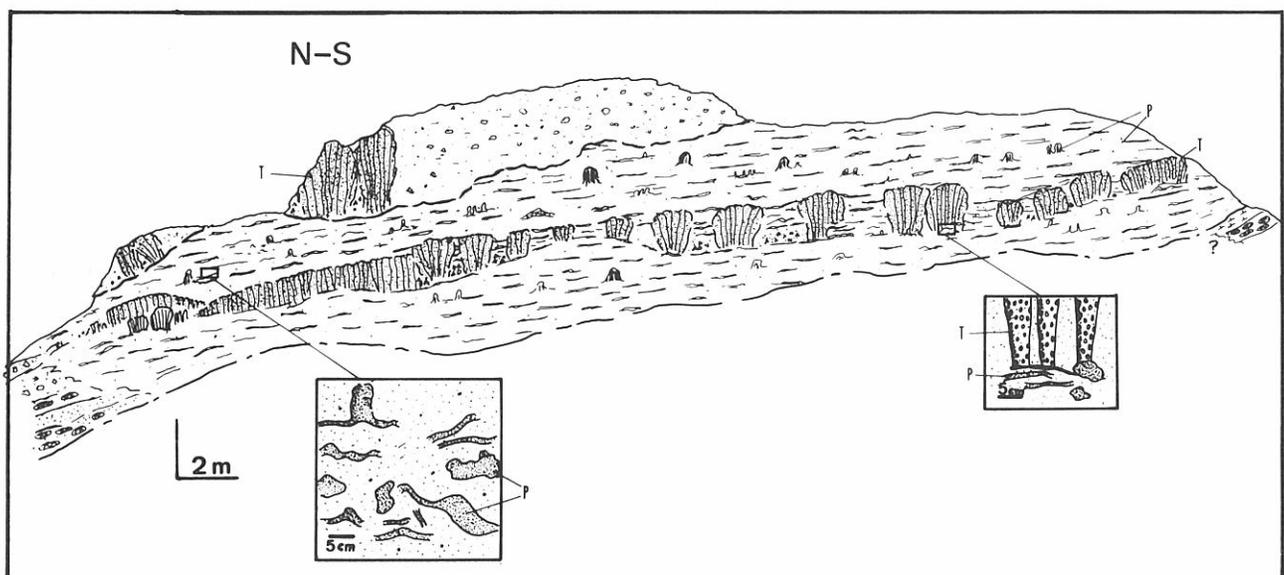


Figura 3. Esquema de un parche del arrecife del Duende (obtenido a partir de una fotografía). P, *Porites*; T, *Tarbellastraea*; d, discontinuidad; A, detalle de un cremiento de *Porites* laminares; B, detalle de la implantación de colonias de *Tarbellastraea* sobre *Porites* laminares.

pera sobradamente al de los restos del coral. Sobre el mismo aparece un nivel de rodolitos con poco material de relleno que sirve de base a otro estadio de desarrollo coralino. Está compuesto por el género *Porites*, con morfologías laminares y más o menos masivas, sobre las que se sitúan directamente *Tarbellastraea* en colonias laminares de más de 1 cm de espesor que llegan a ser decimétricas. Finalmente, estos cuerpos están ocasionalmente coronadas por pequeñas colonias de *Tarbellastraea* ramosas en forma de conos invertidos.

Las colonias de los corales tienen una morfología lenticular, tanto en grosor de las láminas como en disposición; circunstancia que se refleja a mayor escala en la estructura de los parches que forman pequeños montículos de 2 m de diámetro y uno 0,6 m de altura. El conjunto de estos cuerpos da lugar a llanuras de pequeños parches con formas mamelonadas.

Estructuras semejantes se citan en los arrecifes coralinos de la costa de Kenia (Dullo *et al.*, 1987), para los parches que se sitúan en la zona de microatolones, en los que se pueden diferenciar los compuestos exclusivamente por *Porites* y otros de mayor diversidad, coincidiendo con los que se sitúan hacia mar abierto.

2. Arrecife del Duende II.

Se halla intercalado entre la zona más alta de la unidad margosa (fig. 2, f2), encontrándose jalonado por una discordancia a techo. En él aparecen unas asociaciones de *Porites/Tarbellastraea* o *Porites*-coralináceas/*Tarbellastraea*, muy típicas del Tortonense superior en el Mediterráneo Occidental (Esteban, 1979; Braga & Martín, 1988; Martín *et al.*, 1989).

La base de la secuencia arrecifal está constituida por un nivel de *Porites* sobre un sustrato endurecido compuesto por rodolitos y fragmentos de coral (*Porites* y *Tarbellastraea*) de un talud preexistente de 0,4 m de potencia. Las colonias coralinas generalmente poseen una estructura laminar, además se presentan otras laminares con protuberancias, masivas con protuberancias y, más raramente, ramosas de formas cónicas de pequeño tamaño (figs. 3 y 4). Entre ellas se pueden distinguir algas rojas incrustantes que cubren esqueletos de *Porites*. Dicho nivel tiene un espesor que varía entre 0,9 y 1,5 m.

Sobre el conjunto anterior aparece un nivel de dominio de colonias de *Tarbellastraea* con morfología ramosa en forma de cono invertido, que presenta bastante continuidad, de forma que las colonias, de hasta 3,25 m de altura, llegan a formar empalizadas. Existe también en él una superposición de más de una colonia en cono invertido, en cuyo caso son de menor tamaño (0,8 m aproximadamente).

Junto a dichas colonias aparecen algunos intercrecimientos de *Porites* laminares y de formas dentríticas (ver figura 4C). En el primero de los casos se adaptan a los espacios que dejan las colonias de *Tarbellastraea*, acompañados de abundante sedimento; los *Porites* dentríticos crecen entre las ramas de las colonias de *Tarbellastraea*.

El último episodio de esta construcción lo forma un conjunto de *Porites* con morfologías predominantemente laminares y con características muy semejantes al primer nivel, aunque con potencia de 3-4 m.

Más al sur se encuentra otro cuerpo arrecifal cons-

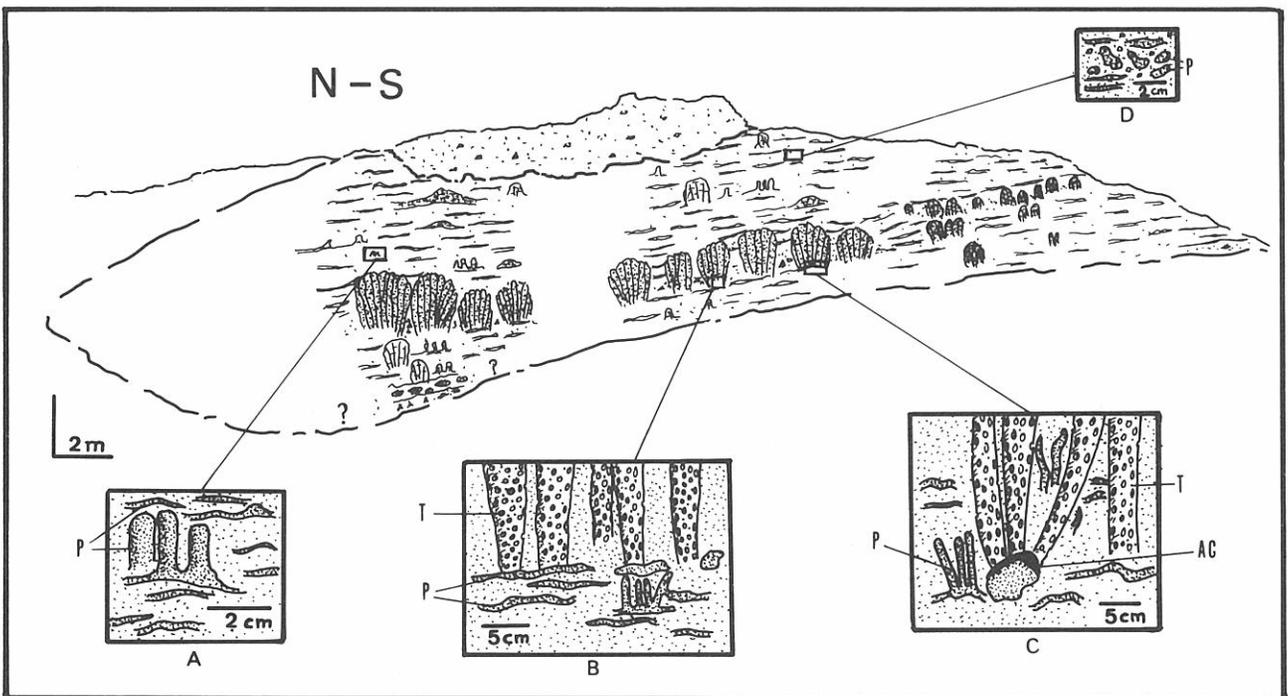


Figura 4. Esquema de un parche del arrecife del Duende (obtenido a partir de una fotografía). P, *Porites*; T, *Tarbellastraea*; d, discontinuidad; A y B, detalles de *Porites* laminares; C y D, detalles de implantación de colonias de *Tarbellastraea* ramosas sobre *Porites*, fragmentos, o sobre algas coralináceas.

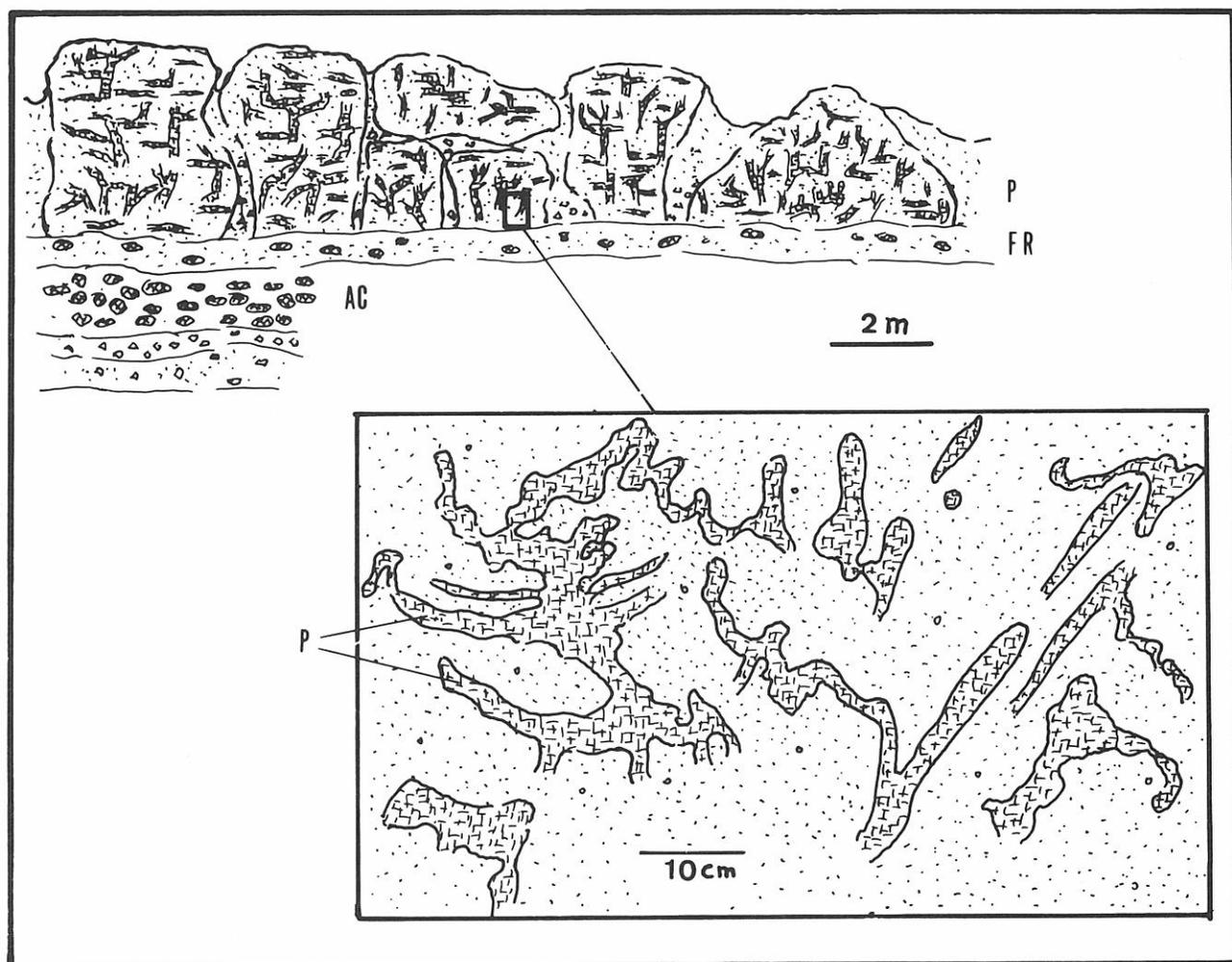


Figura 5. Detalle del parche Sur. P, *Porites*; AC, algas coralínaceas; FR, fragmentos de corales. Detalle de campo de la disposición de los *Porites*.

tituido exclusivamente por *Porites* que forman colonias de ramas delicadas y de aspecto arborescente (fig. 5), entre los que hay una gran cantidad de sedimento.

Arrecifes de la unidad calcarenítica II.

1. Parches en la base de las calcarenitas.

Se localizan en la base de las calcareninas bioclásticas II y están restringidos geográficamente a un área poco más extensa que los arrecifes de la unidad inferior (fig. 1).

Están constituidos básicamente por colonias de *Porites* que forman láminas de aspecto botroidal y en posición de vida. Abundan las colonias removilizadas (fig. 6A).

Las colonias de *Tarbellastraea* se sitúan sobre *Porites*, pero, en uno de los casos, colonizan directamente el substrato separado por una discordancia y que está formado por un arrecife preexistente (fig. 3).

Los niveles de *Porites* se sitúan topográficamente en cotas más bajas, mientras que las *Tarbellastraea* lo hacen en lo que sería un alto fondo.

2. Parches en el techo de las calcarenitas.

Están incluidos en el techo de la unidad calcarenítica II (fig. 2, g2), ocupando una zona algo más dispersa que en los casos anteriores (fig. 1), aunque en afloramientos de peor calidad.

Este nivel está formado por parches arrecifales dispersos constituidos por colonias de *Porites* y abundantes algas rojas. Los corales se presentan como colonias laminares con abundantes protuberancias y completamente embebidos en limos y como colonias ramosas cónicas que raramente se disponen en posición de vida.

La construcción de los parches se encuentra truncada por detritos pertenecientes a los materiales deltaicos del techo. Entre ellos existe una superficie de "hard ground" con abundantes marcas de bioperforación que aparecen de forma generalizada en el techo de éstas (fig. 6B y 6C).

DISCUSIÓN

En virtud a la plasticidad fenotípica que tienen los

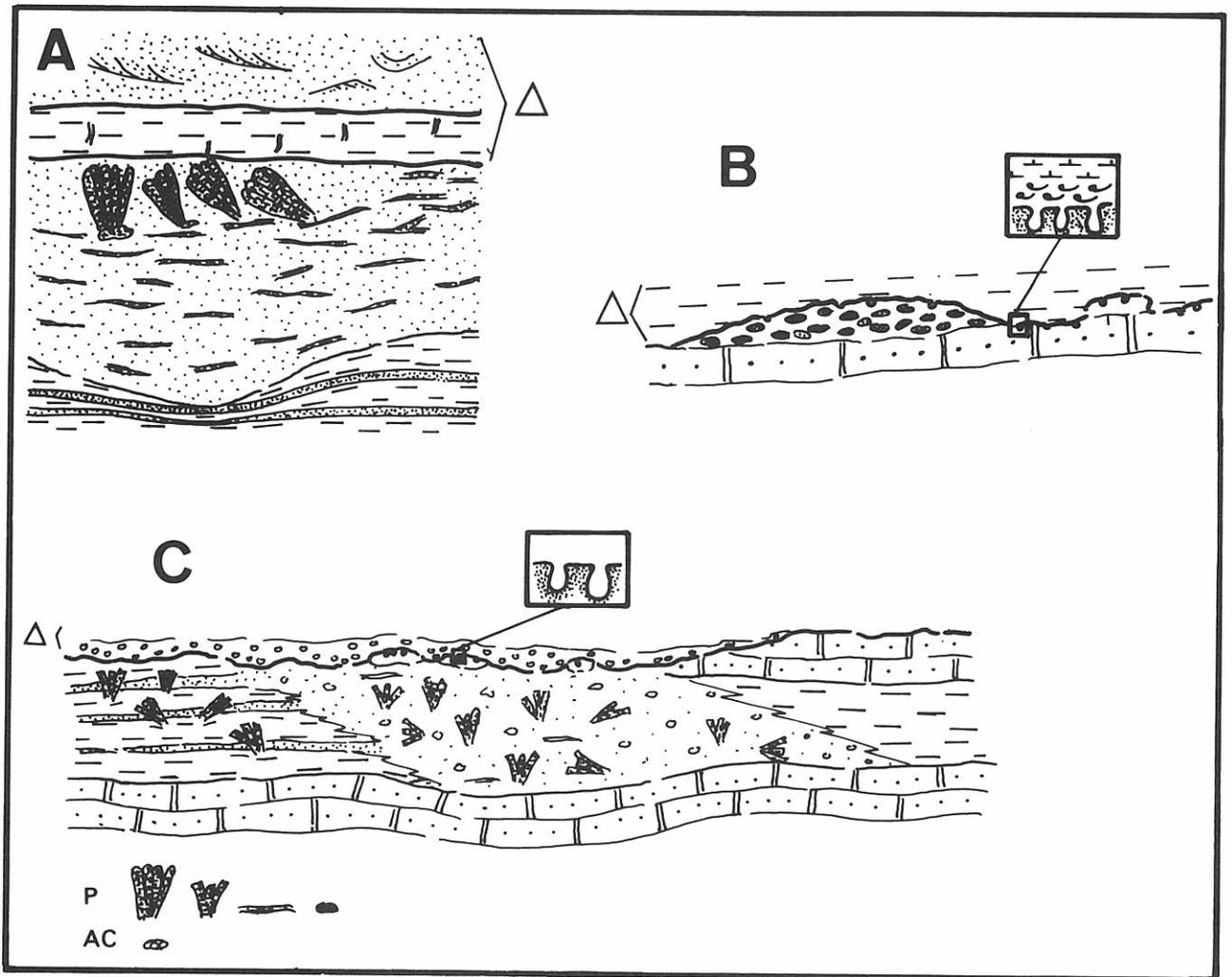


Figura 6. Parches arrecifales en el techo de la unidad de Calcareenitas II. **A**, parche en la rambla El Cigarrón, colonias de *Porites* laminares embebidos en limo. A techo colonias de *Porites* ramosas volcados. **B**, parche de la casa del Duende, rodolitos y fragmentos de coral cuyo techo lo constituye una superficie erosiva que es fosilizada por depósitos deltaicos. Detalle de un "hard ground" con marcas de bioerosión y ostreidos. **C**, parche de Mayayo, colonias de *Porites* en un dispositivo progradante; los niveles de talud presentan colonias ramosas de *Porites*. Detalle de bioerosión bajo nivel de conglomerados.

corales (Grigg, 1972; Harmerin, 1973; Foster, 1979), las colonias presentan una variabilidad morfológica acorde con el medio ambiente en el que crecen (lo que sería la variabilidad ecofenotípica de Best, 1972). Además de esto es necesario considerar la diferente respuesta que tiene cada especie de coral ante distintos fenómenos ambientales (Foster, 1985; Fisk, 1981; Grauss *et al.*, 1977; etc.). Para los géneros de *Porites* y *Tarbellastraea* este particular ha quedado bien demostrado en los ejemplos fósiles del Mediterráneo occidental (Santisteban, 1981; Martín *et al.*, 1989; entre otros).

En los arrecifes descritos, la colonización se hace siempre por *Porites*, y lo hacen de dos maneras; a) sobre un sustrato endurecido, que puede estar constituido por un nivel de rodolitos, por un talud arrecifal previo en donde dominan las algas rojas, o por calcarenitas cementadas; b) sobre un sustrato blando compuesto por margas y/o limos, en cuyo caso las colonias apa-

recen especialmente delgadas y asociadas con algas rojas incrustantes.

Por su parte, las colonias de *Tarbellastraea*, que aparecen únicamente sobre *Porites*, presentan un relleno detrítico menor que estos últimos.

Las estructuras más complejas con las que nos encontramos presentan una sucesión *Porites/Tarbellastraea*. El primero representa la fase inicial de colonización y estabilización del sustrato y la *Tarbellastraea* el clímax, como parece ser la norma para los arrecifes del Mediterráneo durante el Tortoniense superior (Braga & Martín, 1988). No obstante, aunque hay ejemplos en los que los niveles de *Tarbellastraea* sean monoespecíficos, como en el caso del corredor de la Almanzora (Braga *et al.*, 1988), es más corriente la coexistencia con *Porites*, como es el caso de la cuenca de Granada (Braga *et al.*, 1990), o en los ejemplos de este trabajo.

El género *Porites* es actualmente uno de los cora-

les más resistentes a las situaciones más adversas, como a la salinidad, a las variaciones de temperatura y a la presencia de sedimento en suspensión (Esteban, 1979), siendo típicos de áreas de abrigo con poco movimiento de agua (Hamilton & Brakel, 1984). Las colonias de *Tarbellastraea*, sin embargo, son más vulnerables a las condiciones menos favorables para la vida de corales hermatípicos.

Las formas laminares responden fundamentalmente a unas condiciones de baja luminosidad y baja presión de sedimentos (Lidell & Ohlhorst, 1988), así como a unas condiciones de aguas en calma, dado su elevado coeficiente de sustentación (Hoerner, 1965).

La abundancia de protuberancias entre las colonias puede venir condicionada por la elevada tasa de sedimentación, dado que aparecen ejemplos de otras colonias muy próximas y con muy pocos limos que no las presentan con igual abundancia. El espesor de las láminas es inversamente proporcional al coeficiente de sedimentación (Dodge *et al.*, 1974).

Las colonias que forman “ramas delicadas” están relacionadas con zonas más resguardadas, como apuntan Wallace y Schafersman (1977).

Por último, las formas ramosas parecen corresponder a unas condiciones de buena luminosidad y una energía moderada. Las formas en “empalizada” de ramas de colonias son mecánicamente más resistentes al oleaje (fig. 7).

INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA

El plegamiento con el que se relaciona el desarrollo arrecifal se paraliza al final del depósito de margas con turbiditas, de tal forma que los parches arrecifales de la unidad calcarenítica II parecen estar más condicionados por el paleorrelieve heredado y no por un plegamiento sinsedimentario, como ocurre en el resto de los casos.

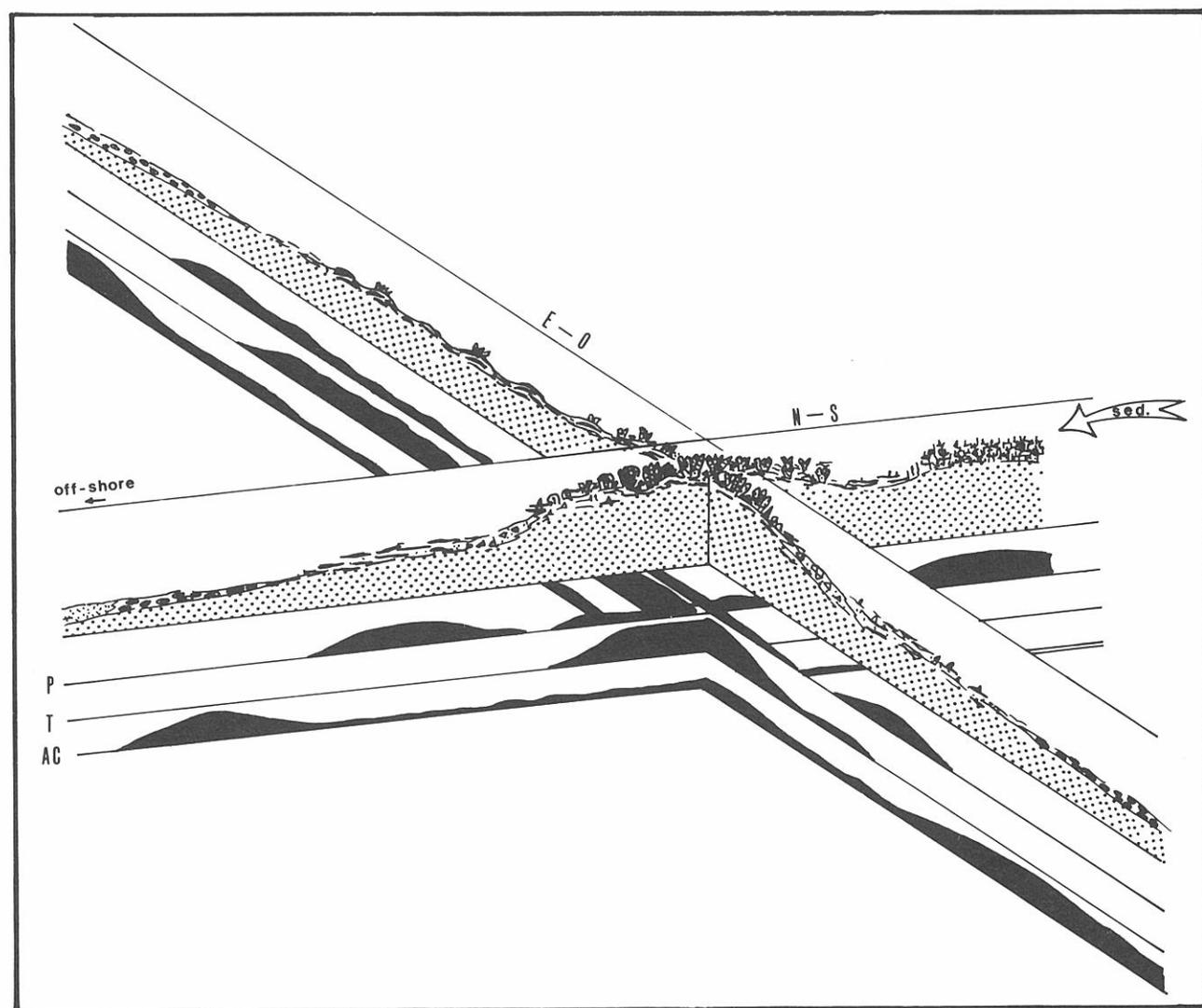


Figura 7. Modelo de distribución de las facies arrecifales en el arrecife del Duende y asociados (parche Sur, “arrecifes en pavimento” de *Tarbellastraea*). El “in-shore” se encuentra hacia el S, de donde recibe un aporte de sedimentos (flecha). P, *Porites*; T, *Tarbellastraea*; AC, algas corallináceas.



Figura 8. Detalle de un parche del arrecife del Duende I, en donde se observan láminas de colonias de *Tarbellastraea*. Forman estructuras de media lenteja. (Longitud del martillo: 33 cm).



Figura 9. Detalle de una colonia de *Tarbellastraea* en forma de cono invertido sobre otras de *Porites* laminares, del arrecife del Duende I. (Longitud del martillo: 33 cm).

El arrecife del Duende presenta tres episodios, a saber:

1. *Porites* laminares.
2. *Tarbellastraea* ramosas.
3. *Porites* laminares.

Según lo discutido anteriormente los episodios 1 y 3 deben corresponder a unas condiciones de mayor profundidad; mientras que el nivel de *Tarbellastraea* coincidiría con una regresión acompañada de un aumento de energía y luminosidad, dado que no sólo se da una sucesión de géneros sino que viene acompañada por una variación morfológica desde formas laminares hacia otras ramosas. Este parche cambia de facies hacia un pequeño talud de conglomerados arrecifales que, progresivamente, pasan a una estrecha llanura de *Porites* finamente laminados con abundante sedimento. Siguiendo este mismo sentido se pasa a un nivel de rodolitos, cada vez con más contenido en sedimento calcarenítico hasta constituir una calcarenita con alto contenido en organismos infáunicos.

Lateralmente se pueden correlacionar los episodios 1 y 2 con los que hemos denominado como pradera de corales al igual que con el afloramiento que aparece algo más al sur.

Según se propone, el arrecife del Duende se puede considerar como el parche arrecifal más somero, siendo el afloramiento localizado algo más al sur el equivalente a un ambiente de lagoon, lo que permitiría un crecimiento de las colonias en forma de ramas débiles dada la situación de aguas en calma. Este se encuentra cercano a la paleocosta, que le proporciona un alimento de detríticos. Subparalela a esta paleocosta, pero alejada de ella, se situaría la pradera de corales, que representa una situación distinta a un lagoon.

Los parches que se localizan en la base de las calcarenitas representan una pradera de corales en los que dominan las colonias de *Porites*, con un aporte de detríticos. El substrato sobre el que se asienta este nivel está formado por una superficie más o menos llana de

margas, entre las que destaca un alto fondo formado por restos de construcciones fósiles de arrecifes. De esta manera, las praderas de *Porites* se disponen directamente sobre la unidad margosa y sobre el alto fondo se implantan directamente colonias de *Tarbellastraea* ramosas, aprovechando las condiciones de la superficie que colonizan.

El modelo de velocidad de crecimiento en arrecifes actuales es de unos 7-8 m/1000 años (Geister, 1983; Johnson *et al.*, 1986); según esto y la aplicación que le dan algunos autores para los arrecifes del Tortonense superior (Martín *et al.*, 1989; Braga *et al.*, 1990) el periodo de crecimiento del Arrecife del Duende estaría alrededor de mil años, teniendo en cuenta que la velocidad de crecimiento no se reduce en las especies pioneras (*Porites*), según apunta Woodwell (1967, 1970), aunque sí lo hagan otros factores (luminosidad, presión de sedimento, temperatura, etc.).

En la última etapa arrecifal los parches aparecen a techo de la unidad de calcarenitas II y siguen un sistema progradante (fig. 6C). El hecho de la disminución de diversidad a unos cuerpos arrecifales monoespecíficos puede ser explicado por cuatro situaciones distintas: a) porque no se pase de un estadio inicial de colonización; b) porque este período coincida con el episodio de la desaparición generalizada de *Tarbellastraea* en el Mediterráneo (Chevalier, 1977); c) debido a una entrada de gran cantidad de sedimento (Acevedo *et al.*, 1989); d) o debido a una condición ambiental restringida en que se encontraría este nivel (Dullo *et al.*, 1987).

CONCLUSIONES

La Sierra de Carrascoy supone un paleoumbra que constituye el límite meridional de la cuenca neógena de Mula. En este lugar se desarrollaron depósitos de plataforma entre los que se encuentran cuerpos arrecifa-

les. La actividad tectónica en la misma ha sido muy intensa durante este período y ha condicionado una paleogeografía con un alto fondo al que se encuentran relacionados las facies arrecifales. Esta condición batimétrica ha perdurado durante el Tortoniense superior y Messiniense inferior.

Las colonias de *Tarbellastraea* crecen, en la gran mayoría de las ocasiones, sobre otras de *Porites*, aunque lo pueden hacer sobre un arrecife fósil preexistente, como aparece en uno de los ejemplos.

Las colonias de *Porites* con formas de ramas delgadas aparecen en zonas resguardadas y soportan considerables aportes de sedimentos. Por su parte, las colonias de *Tarbellastraea* en formas laminares predominan sobre los *Porites* si la tasa de sedimentación es baja, aunque puedan estar limitadas las condiciones de luminosidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado casi en su totalidad en el Dpto. de Estratigrafía y Paleontología de la Univ. de Granada disponiendo de sus instalaciones y ayudas del personal. Las dataciones por nannoplancton han sido realizadas por J.A. Martín Pérez. Así mismo, agradezco al Dr. Juan C. Braga la lectura y crítica de este trabajo y a la colaboración con José M. Martín por las observaciones de campo. Al Dr. C. Santisteban por la última lectura y comentarios. A Castillejo por las colaboraciones en distintos momentos de la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, R.; Horelock, J. and Olivieri, R.A. 1989. Modification of coral reef zonation by terrigenous sediment stress. *Palaios*, **4**, 92-100.
- Azéma, J.; Foucault, A.; Fourcade, E.; García-Hernández, M.; González-Donoso, J.M.; Linares, D.; López-Garrido, A.C.; Rivas, P. y Vera, J.A. 1979. Las microfases del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. *Secr. Pub. Univ. Granada*, 88 pp.
- Best, W.M. 1972. Sistemática and ecology of New Caledonian Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). *Bijdragen Dierkunde*, vol. **42(2)**, 1-77.
- Braga, J.C. and Martín, J.C. 1988. Neogene coralline-algal growth-forms and their palaeoenvironments in the Almanzora river valley (Almería, S.E. Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **67**, 285-303.
- Braga, J.C.; Martín, J.M. and Alcalá, B. 1990. Coral reefs in coarse-terrigenous sedimentary environments (Upper Tortonian, Granada Basin, southern Spain). *Sedimentary Geology*, **66**, 135-150.
- Brujin, H. de, Mein, P.; Montenat, C. et Van der Weerd, A. 1975. Correlations entre les gisements de rongeurs et les formations marines du Miocène Terminal d'Espagne meridionale (prov. d'Alicante et de Murcia). *Koninkl. Nederl. Akad Wetensch. B(78)* **4**, 32 pp.
- Busquet, J.C. y Montenat, C. 1974. Présence de décrochements Nord-Est plioquaternaires dans les Cordillères bétiques orientales (Espagne). Extension et signification. *C. Ac. Sci. Paris*, **278D**, 2.617-2.620.
- Chevalier, J.P. 1961. Recherches sur les madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale. *Memoires de la société géologique de France*, n.s., **40**, 1-562.
- Chevalier, J.P. 1977. Aperçu sur la faune corallienne récifale du Néogène. *Mem. B.R.G.M.*, **89**, 359-366.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, **199**, 1.302-1.310.
- Dodge, R.E.; Aller, R.C. and Thomson, J. 1974. Coral growth related to resuspension of bottom Sediments. *Nature*, **247**, 574-576.
- Dullo, W.Ch., Süßmeier, G. and Tietz, G.F. 1987. Diversity and distributional patterns of reef building scleratinians in recent lagoonal patch reefs on the coast of Kenya. *Facies*, **16**, 1-10.
- Esteban, M. 1979. Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **29**, 168-188.
- Esteban, M.; Braga, J.C.; Martín, J.M. and Santisteban (en prensa).
- Fisk, D.A. 1981. Sediment shedding and particulate feeding in two free-living sediment dwelling corals (*Heteropsamia cochlea* and *Heterocyathus aequicostatus*) at Wsatarí Reef, Great Barrier Reef. *Proceedings 4th International Coral Symposium*, **2**, 21-25.
- Foster, A.B. 1979. Phenotypic plasticity in the reef corals *Montastraea anularis* (Ellis and Solander) and *Siderastraea siderea* (Ellis and Solander). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **39**, 25-54.
- Foster, A.B. 1985. Variation within coral colonies and its importance for interpreting fossil species. *Journal of Paleontology*, **59**, No. 6, 1.381-1.399.
- Geister, J. 1983. Holozäne westindische Korallenriffe: geomorphologie, Ökologie und Fazies. *Facies*, **9**, 173-284.
- Grauss, R.R.; Chamberlain, J.A. and Boxer, A.M. 1977. Structural modification of corals in relation to waves and currents. In Frost, M.P., Weiss, M.P. & Saunders, J.B. (eds.): Reefs and related carbonates-ecology and sedimentology. A.A.P.G., *Studies in Geology*, **4**, 37-52.
- Grigg, R.W. 1972. Orientation and growth form of sea fans. *Limnology and Oceanography*, **17**, 185-192.
- Hamilton, H.G.H. and Brakel, W.H. 1984. Structure and coral fauna of East African reefs. *Bull Mar. Science*, **34**, 248-266.
- Harmelin, J.G. 1973. Morfológica vanitores and ecology of the recent cyclostome bryozoan "Idnonee" atlántica from the Mediterranean, p. 95-106. In G.P. Larwood (ed.), *Living a Fossil Bryozoa*. Academic Press, New York.
- Heckel, Ph. H., 1974. Carbonate buildups in the geologic record: a review. In: L.F. Laporte (Ed.), "Reefs in time and space", *SEMP*, Sp. Publ. **18**, 90-154.
- Hoerner, S.F. 1965. Fluid dynamic drag: Midland Park, *NJSF*. Hoerner, 454 p.
- Johnson, D.P.; Belpiro, A.P. and Hopley, D. 1986. A field guide to mixed terrigenous-carbonate sedimentation in the Central Great Barrier Reef Province, Australia *Australas. Sedimentol. Group Field Guide Ser.*, **3**, 1-173.
- Liddell, W.D. and Ohlhorst, S.L. 1988. Hard substrata community Patterns, 1-120 m, North Jamaica. *Palaios*, **3**, 413-424.
- Martín Pérez, J.A., 1989. Nannoplancton calcáreo del Mioceno superior en el S.E. de España. Bioestratigrafía. *Tesis de Licenciatura*, Univ. de Granada (inédita).

- Martín, J.M.; Braga, J.C. and Rivas, P. 1989. Coral sucsessions in Upper Tortonian reefs in SE Spain. *Lethaia*, **22**, 271-286.
- Martínez Díaz, J.J. y Hernández Enrile, J.L. 1991. Reactivación de la falla de Alhama de Murcia (sector de Lorca-Totana): cinemática y campos de esfuerzos desde el Mesiniense hasta la actualidad. *Geogaceta*, **9**, 38-41.
- Mein, P.; Bizon, G. et Montenat, C. 1973. Le gisement de mammifères de la Alberca (Murcia, Espagne). Corrélation avec les formations marines du Miocène terminal. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, **276**, 3.077-3.080.
- Montenat, C. et Crusafont, M. 1970. Découverte de Mammifères dans le Néogène et le Pléistocène du Levant espagnol (Alicante et Murcia). *C.R. Acad. Sc.*, **270**, 2.434-2.437.
- Montenat, C. 1973. Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol Provinces d'Alicante et de Murcia). *Thesis, University of Paris-Orsay*, Paris, 1.170 p.
- Montenat, C. 1977. Las bassins néogères du levant d'Alicante et de Murcia. Stratigraphie, paléogéographie et evolution dynamique. *Doc. lab. géol. Fac. Sci. Lyon*, **69**, 345.
- Montenat, C.; Ott d'Estevou et Masse, P. 1987. Tectonic-Sedimentary characters of the Betic Neogene Basins evolving a crustal transcurrent shear zone (SE Spain). *Bull. Centres Rech. Explor-Prod. Elf. Aquitaine*, **11**, 1-22.
- Montenat, C.; Ott d'Estevou, P.; Larouziere, F.D. et Bedu, P. 1989. Originalité geodinamique des bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). *Extrait de "Notes et mémoires"* n. 21-TOTAL, 11-49.
- Santisteban, C. 1981. Petrología y sedimentología de los materiales del Mioceno superior de la cuenca de Fortuna (Murcia) a la luz de la teoría de las crisis de salinidad. 725 pp. *Tesis de la Universidad de Barcelona* (inérita).
- Santisteban, C. and Taberner, C. 1988. Sedimentary models of siliciclastic deposits and coral reefs interrelation. In: L.J. Doyle and H.H. Roberts (Editors), Carbonate-Clastic Transitions. *Developments in Sedimentology*, **42**. Elsevier, Amsterdam, 35-50.
- Wallace, R.J. and Schafersman, S.D. 1977. Patch-reef ecology and sedimentology Glovers Reef Atoll, Belize. In: Frost, M.P.; Weiss, M.P. & Saunders, J.B. (eds.). Reefs and related carbonates-ecology and sedimentology. *A.A.P.G., Studies in Geology*, **4**, 37-52.
- Woodwell, G.M. 1967. Radiation and the patterns of nature. *Science*, **156**, 461-470.
- Woodwell, G.M. 1970. Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystems. *Science*, **168**, 429-433.