

Continuo

CUADERNOS DE GEOLOGIA

8 y 9

UNIVERSIDAD DE GRANADA

1977-1978

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

C.J. DABRIO* y J.M. MARTIN*

REVISTA: Cuad. Geol. Univ. Granada
VOL., PAG., 8, 85-100 AÑO: 1978

RESUMEN:

En las cuencas neógenas de la provincia de Almería (sureste de España) afloran depósitos arrecifales muy bien desarrollados, de edad Messiniense. Del estudio de algunos de los arrecifes más conocidos se han deducido sus principales rasgos estratigráficos y su significado paleogeográfico.

Los arrecifes se desarrollaron sobre las áreas marginales de las plataformas al tiempo que en las cuencas adyacentes más profundas se producía una sedimentación margosa. Por esta causa, las series estratigráficas acumuladas en cada uno de estos lugares difieren notablemente.

Dentro del arrecife se distinguen varias facies relacionadas con los distintos subambientes de este último. Las *facies de almacén* está constituida por colonias de *Porites* en tubos verticales de hasta varios metros de altura, cementadas tempranamente en el ambiente submarino donde crecían, y muy resistentes a la erosión. La *facies de talud*, que presenta un buzamiento original de 10-25°, está constituida por calcirruditas y calcarenitas que presentan cambios notables en el tipo de elementos esqueléticos constituyentes conforme nos desplazamos hacia la cuenca. Las *facies de transición talud distal-cuenca* consiste en calcilitas laminadas.

La reconstrucción paleogeográfica del área estudiada muestra un archipiélago constituido por islas dispersas, la mayor parte de las cuales corresponden a las actuales sierras, las cuales, por aquel entonces, estaban ya parcialmente emergidas. Los arrecifes se desarrollaron como orlas que progradaron hacia la cuenca desde las islas. Por esta razón, los buzamientos de los taludes divergen en todas las direcciones y tienen una disposición radial.

Posteriormente en estas zonas marginales se desarrollaron plataformas carbonatadas, no arrecifales, que en las áreas del sureste son típicamente oolíticas e intercalan estromatolitos.

Los depósitos arrecifales han sido dolomitizados en la diagénesis. La disolución, posiblemente concomitante a la dolomitización, de los

*Departamento de Estratigrafía. Universidad de Granada.

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

C.J. DABRIO* y J.M. MARTIN*

RESUMEN:

En las cuencas neógenas de la provincia de Almería (sureste de España) afloran depósitos arrecifales muy bien desarrollados, de edad Messiniense. Del estudio de algunos de los arrecifes más conocidos se han deducido sus principales rasgos estratigráficos y su significado paleogeográfico.

Los arrecifes se desarrollaron sobre las áreas marginales de las plataformas al tiempo que en las cuencas adyacentes más profundas se producía una sedimentación margosa. Por esta causa, las series estratigráficas acumuladas en cada uno de estos lugares difieren notablemente.

Dentro del arrecife se distinguen varias facies relacionadas con los distintos subambientes de este último. Las *facies de armazón* está constituida por colonias de *Porites* en tubos verticales de hasta varios metros de altura, cementadas tempranamente en el ambiente submarino donde crecían, y muy resistentes a la erosión. La *facies de talud*, que presenta un buzamiento original de 10-25°, está constituida por calcirruditas y calcarenitas que presentan cambios notables en el tipo de elementos esqueléticos constituyentes conforme nos desplazamos hacia la cuenca. Las *facies de transición talud distal-cuenca* consiste en calcilitas laminadas.

La reconstrucción paleogeográfica del área estudiada muestra un archipiélago constituido por islas dispersas, la mayor parte de las cuales corresponden a las actuales sierras, las cuales, por aquel entonces, estaban ya parcialmente emergidas. Los arrecifes se desarrollaron como orlas que progradaron hacia la cuenca desde las islas. Por esta razón, los buzamientos de los taludes divergen en todas las direcciones y tienen una disposición radial.

Posteriormente en estas zonas marginales se desarrollaron plataformas carbonatadas, no arrecifales, que en las áreas del sureste son típicamente oolíticas e intercalan estromatolitos.

Los depósitos arrecifales han sido dolomitizados en la diagénesis. La disolución, posiblemente concomitante a la dolomitización, de los

*Departamento de Estratigrafía. Universidad de Granada.

componentes esqueletales originalmente aragoníticos confiere a los arrecifes una elevada porosidad intragranular, lo que los hace interesantes desde el punto de vista petrolífero como posibles roca de almacén.

Finalmente se resaltan los rasgos principales de los arrecifes messinienses y se comparan con los de los arrecifes tortonienses que afloran en la misma área.

ABSTRACT:

Well-developed Messinian coral reef deposits outcrop in the neogene basins of Almería (Southeastern Spain). The study of some of the best known reefs leads to the establishment of their main stratigraphic features and of their paleogeographic meaning.

Reefs grew on shelf marginal areas while, at the same time, marly sedimentation was taking place on adjacent deeper basins. Because of that, completely different stratigraphic sections accumulated in each place.

Several sedimentary facies related to reef subenvironments can be distinguished. *Reef framework facies* is built up by *Porytes*. Vertical tube-like colonies, up to several meters high, were cemented early in the submarine environment and became highly resistant to erosion. *Fore-reef facies* (reef talus facies) dipping originally 10-25° are mainly composed by calcirudites and calcarenites showing changes in the type of skeletal constituents as we move toward the basin. *Distal talus/basin transition facies* consist of laminated calcilutites.

The paleogeographical reconstruction shows an archipelago with scattered islands most of them corresponding to the present sierras which, at that time, were partly emerged. The reefs developed as fringes which prograded basinward from the islands. Thus radial patterns of talus originated.

Later on broad shallow carbonate platforms, without reefs, developed on these reliefs, in the Southeastern outcrops the sediments typically consisting of oolites and some interlayered stromatolite beds.

Reef deposits were later dolomitized during diagenesis. Intragranular porosity due to dissolution of primary aragonitic skeletal remains (and possibly accompanying dolomitization) is very high. That is why they are thought to be good potential oil reservoir.

Major features of Messinian reefs have been finally outlined and compared with those who present the reefs of Tortonian age occurring in the same area.

INTRODUCCION

El propósito del presente trabajo es mostrar las características generales de los arrecifes del Mioceno terminal (Messiniense) de la región de Almería (fig. 1) y estudiar los rasgos sedimentarios básicos, su repartición geográfica, su significado paleogeográfico, etc., como paso previo de un estudio mucho más pormenorizado que los autores llevan a cabo en esta región. Ello permitirá de una parte contar con un armazón de trabajo donde encajar los datos locales y, de otra, ofrecer las ideas más interesantes para su empleo en la investigación petrolífera, contribuyendo a desarrollar modelos aplicables a otras regiones y, en especial, a la investigación de *offshore*. En efecto, el interés de estos depósitos arrecifales es muy alto desde el punto de vista de la geología del petróleo dada su equivalencia lateral con facies de cuenca más profundas y su elevada porosidad (foto 1), que los hace merecedores de un análisis de detalle como posibles rocas almacén y trampas estratigráficas.

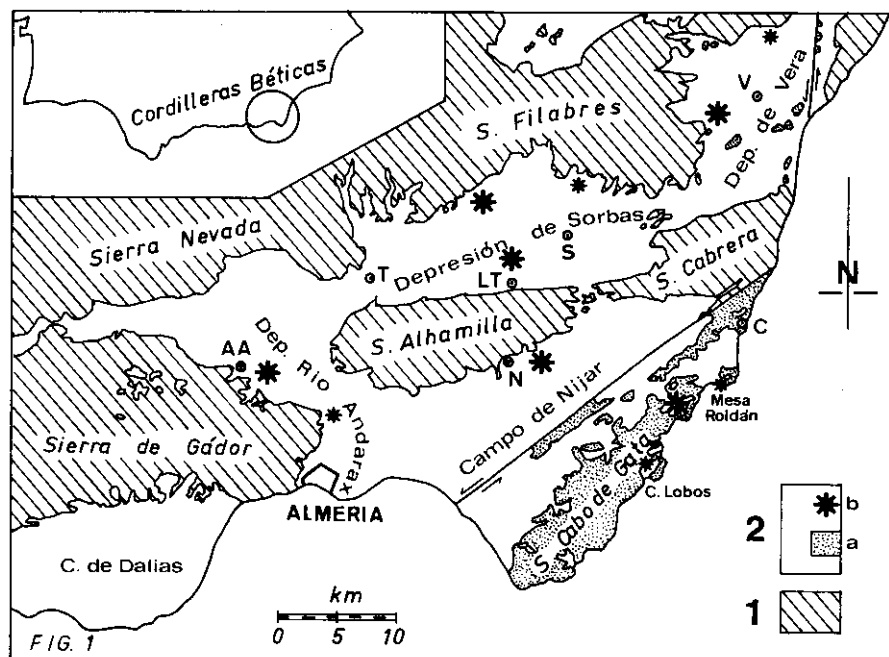


Fig. 1. Distribución de los principales afloramientos arrecifales messinienses en la región de Almería.
 Leyenda: 1. Sustrato Bético. 2. Materiales neógeno-cuaternarios: a) rocas volcánicas, b) arrecifes messinienses. Poblaciones: AA, Alhama de Almería; C, Carboneras; LT, Lucainena de las Torres; N, Níjar; S, Sorbas; T, Tabernas y V, Vera.

El crecimiento de arrecifes en el ámbito mediterráneo durante el Messiniense fué muy floreciente y se conocen en muchas localidades tales como las reseñadas por Chevalier (1961) y Esteban et al. (1977). Es fácil suponer que quedan aún muchos otros por citar en áreas continentales y, desde luego, en las áreas hoy día sumergidas de la plataforma continental mediterránea, hacia las que se dirige un notable esfuerzo de prospección.

Los datos que han permitido elaborar esta primera puesta al día proceden no sólo del trabajo de los autores sino de otras muchas fuentes que se citan en cada caso.

RASGOS ESTRATIGRAFICOS REGIONALES DE LOS MATERIALES DEL MESSINIENSE

El estudio sistemático de los materiales neógenos de Almería comenzó en la década de los sesenta de la mano de la escuela holandesa. Uno de los trabajos más conocidos es el de Völk (1967) sobre la cuenca de Vera, donde se distinguen varias formaciones en las que se encuadran los distintos términos neógenos. La nomenclatura ha sido luego usada en otros trabajos y extendida a la cuenca de Sorbas y campo de Almería. En concreto, la FORMACION DE TURRE (Völk y Rondeel, 1964) engloba materiales de edad Tortoniense superior y Messiniense y la FORMACION DE CUEVAS (Völk, 1967) del Messiniense y Plioceno. Dentro de cada una de ellas se diferencian varios miembros en función de sus características litológicas (fig. 2). Los arrecifes objeto de este trabajo forman la parte superior de la Formación de Turre, denominada capas de Cantera por Völk (1967) y a ella se hará referencia con una amplitud mayor.

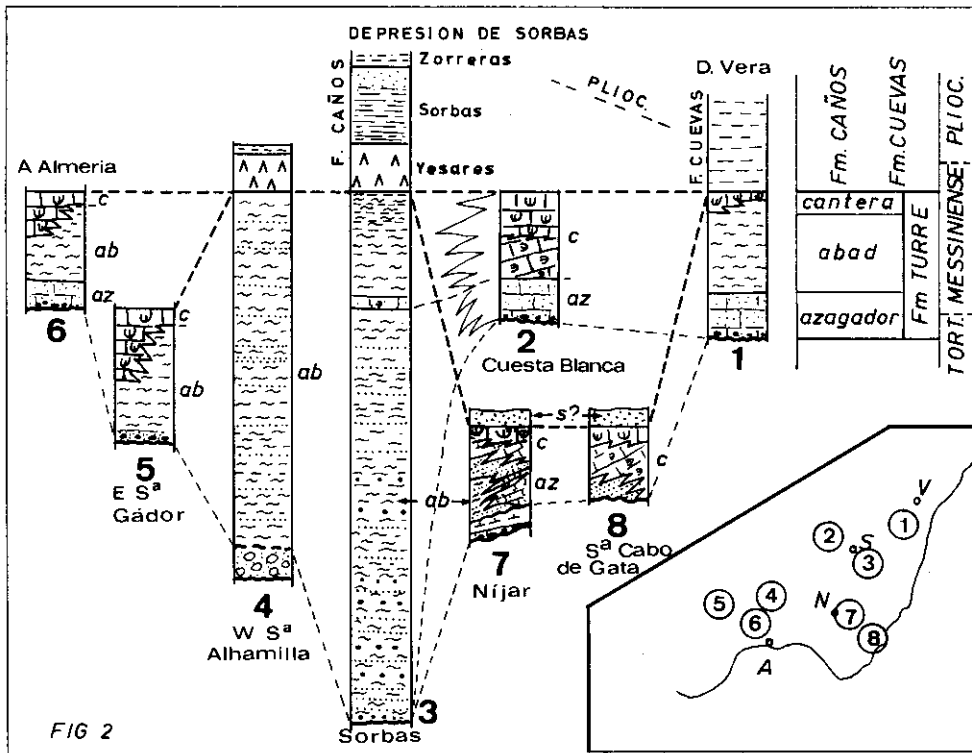


Fig. 2. Correlaciones entre las series messiniense más características de la región. Se ha supuesto que el techo de las calizas arrecifales (c: miembro Cantera, localmente integrado por varias facies) es coetáneo en todas las series. En las margas del miembro Abad los punteados representan turbiditas. El límite Tortoniense-Messiniense se localiza en las areniscas del miembro Azagador (az) o en las margas del miembro Abad (ab), cuando aquél no está representado. Los números permiten identificar las series en el mapa de situación. (Elaborada a partir de datos de I.G.M.E., Montecat, Völk y los autores).

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

Típicamente, la Formación de Turre incluye tres miembros cuyos rasgos generales son, de muro a techo:

Miembro Azagador (Völk, 1967). En la base suele presentar un conglomerado nutrido de cantos béticos sobre el que se desarrollan calcirruditas y calcarenitas, así como areniscas con cemento carbonatado. La fauna y flora de briozoos, algas rojas, equínidos y lamelibranquios (entre otros) indica un ambiente de plataforma marina abierta poco profunda.

Miembro Abad (Völk, 1967). Es un término esencialmente margoso rico en foraminíferos planctónicos que normalmente incluye intercalaciones areniscosas y conglomeráticas, a veces muy fosilíferas, que representan aportes turbidíticos en sentido amplio, procedentes de los márgenes de las cuencas. Se trata de facies marinas de cuenca.

Miembro Cantera (Völk, 1967). Constituido por calizas arrecifales en las que pueden diferenciarse las construcciones carbonatadas (*reef framework*) y las brechas y calcarenitas de talud de arrecife (*fore reef*).

Las relaciones entre ellos se recogen en la fig. 2. El miembro Abad incluye las rocas formadas en las partes más profundas de las cuencas, mientras que los miembros Azagador y Cantera corresponden a los de áreas someras del borde de aquellas. En consecuencia hay transiciones laterales y verticales entre los tres y, en algunas zonas, puede faltar el miembro Abad disponiéndose entonces el miembro Cantera sobre el Azagador.

La transición Tortoniense-Messiniense se sitúa en las rocas del miembro Azagador pero donde este falta debe buscarse en el miembro Abad (fig. 2-III).

Sobre la Formación Turre se apoyan materiales Messinienses más modernos de litología variada, que reciben distintas denominaciones según el área donde afloran y el autor que los ha estudiado. Así, en la cuenca de Vera, directamente sobre el miembro Cantera de la Formación Turre aparecen las margas limosas de la Formación Cuevas (Völk, 1967) atribuidas primero por dicho autor al Plioceno pero que, según las últimas investigaciones, parecen incluir también en su base materiales messinienses y del tránsito Messiniense-Plioceno (Montenat et al., 1976).

En la parte central de la cuenca de Sorbas (fig. 2-III) el techo del miembro Abad de la Formación Turre consiste en calcilutitas, que son equivalentes laterales (facies talud distal-cuenca) del miembro Cantera. Sobre ellas se sitúa la FORMACION CAÑOS (Ruegg, 1964) subdividida a su vez en tres miembros, de muro a techo: Yesares, Sorbas y Zorreras.

El miembro Yesares (Ruegg, 1964) está confinado a las partes profundas de la cuenca. Su potencia puede superar el centenar de metros. Litológicamente está constituido por capas de yeso selenítico de morfología y potencia variable (dm - varios m.), que alternan o se incluyen en capas lutíticas y de caliza micrítica laminada. El conjunto se agrupa en siete facies de aspecto morfológico diferente que han sido descritas en detalle por Dronkert (1977) y Dronkert y Pagnier (1977).

La base del miembro Sorbas (Ruegg, 1964) está constituida por una alternancia de niveles lutíticos grisáceo-amarillentos y niveles calcilutíticos laminados idénticos a los del miembro inferior pero desprovistos de yeso. El resto lo constituyen fundamentalmente calcirruditas y calcarenitas blancas, sin fósiles, formadas en barras de playa que hacia su parte alta intercalan sedimentos de ambientes más protegidos, costeros y de *lagoon*, con huellas de aves y mamíferos, grietas de desecación, raíces, etc. (Dronkert y Pagnier, 1977).

El miembro superior de la Formación Caños es el miembro Zorreras (Ruegg, 1964) constituido por arcillas, y arenas de color grisáceo, que intercalan niveles de conglomerados en su parte alta. El color rojo, la presencia de grietas de desecación y los perfiles típicos de caliches apuntan hacia un origen continental, fluvial (Roep y Beets, 1977) para la mayor parte de este miembro. Existen dos intercalaciones carbonatadas ricas en ostrácodos que representan pequeñas trans-

gresiones sobre una extensa llanura costera. Dronker y Pagnier (1977) hacen equivaler parcialmente el miembro Zorreras a la Formación Cuevas de Völk (1967).

En Níjar y Sierra del Cabo de Gata sobre los materiales arrecifales (miembro Cantera) afloran en disconformidad, calizas oolíticas que intercalan niveles estromatolíticos. En conjunto representan facies de plataforma carbonatada, con eventual colonización por estromatolitos en zonas más protegidas o en períodos más tranquilos. Por su posición estratigráfica son correlacionables con las Formaciones Cuevas y Caños y, especialmente, resalta su semejanza con algunos de los materiales del miembro Sorbas.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ARRECIFES EN LOS DISTINTOS AFLORAMIENTOS

CAMPO DE NIJAR

El afloramiento más característico se encuentra en la vertiente sur de la Sierra Alhambra, junto a Níjar. La serie estratigráfica comprende los siguientes términos: conglomerado basal discontinuo, sobre sustrato de materiales béticos, constituido por cantos de la misma procedencia. Sobre él, areniscas y calcarenitas (o calcirruditas) con briozoos, algas rojas, lamelibranquios, etc. En conjunto ambos términos son atribuibles al miembro Azagador de la Formación de Turre. Lateral y verticalmente esta unidad cambia, en el sector occidental, a margas de cuenca que intercalan areniscas y conglomerados fosilíferos de carácter turbidítico, análogas al miembro Abad. Entre este y los materiales del complejo arrecifal media, también en el sector oeste, una cuña marina terrígena de areniscas y conglomerados que hacia arriba pasan gradualmente a las facies de talud de arrecife. Hacia el sur y este se acuña.

Los arrecifes se sitúan pues sobre materiales terrígenos marinos, que forman un talud local, en el sector occidental, sobre areniscas y calcarenitas marinas someras en el oriental (ambos el miembro Azagador) y sobre margas de cuenca (miembro Abad) hacia el sur. En algunos puntos reposan directamente sobre rocas volcánicas dacíticas intramiocénicas, como en el Hoyazo de Níjar.

En los depósitos arrecifales (miembro Cantera) se pueden distinguir tres facies:

- a) Armazón arrecifal o núcleo del arrecife (*reef framework*) de aspecto masivo, constituido, casi exclusivamente, por colonias de *Porites* cuya morfología dominante es de largos tubos verticales, de hasta varios metros de altura, unidos por algo de sedimento fino litificado y cemento submarino. Se reconocen muchos de los rasgos morfológicos del arrecife tales como pináculos, rodeados de lumaquelas y brechas, y el sistema de crestas y surcos (*spurs and grooves*) de la plataforma arrecifal.
- b) Talud de arrecife o talud proximal (*fore reef*) con varias subfacies: brechas de bloques de *Porites*, lumaquelas de gasterópodos y lamelibranquios, calcirruditas y (o) calcarenitas de *Halimeda* (foto 4), de anélidos serpulidos, de algas rojas de hábito ramificado (*branching*), de rodolitos y, finalmente, de fragmentos irreconocibles. Estas subfacies se suceden en este orden hacia la cuenca dentro de la misma capa. Suelen presentar bioturbación con galerías verticales. Las capas del talud muestran un buzamiento original hacia el sur - sureste, que es la dirección de progradación del arrecife hacia la cuenca. Una vez descontado el suave basculamiento regional, los valores de las pendientes originales oscilan entre los 10 y 25°. El espesor de cada capa disminuye así mismo hacia el centro de la cuenca, indentándose con las facies que se describen a continuación.
- c) Facies de talud distal -transición cuenca, constituidas por calcilitas blancas laminadas (fot. 5), con bioturbación horizontal, depositadas en aguas más profundas y tranquilas que las anteriores.

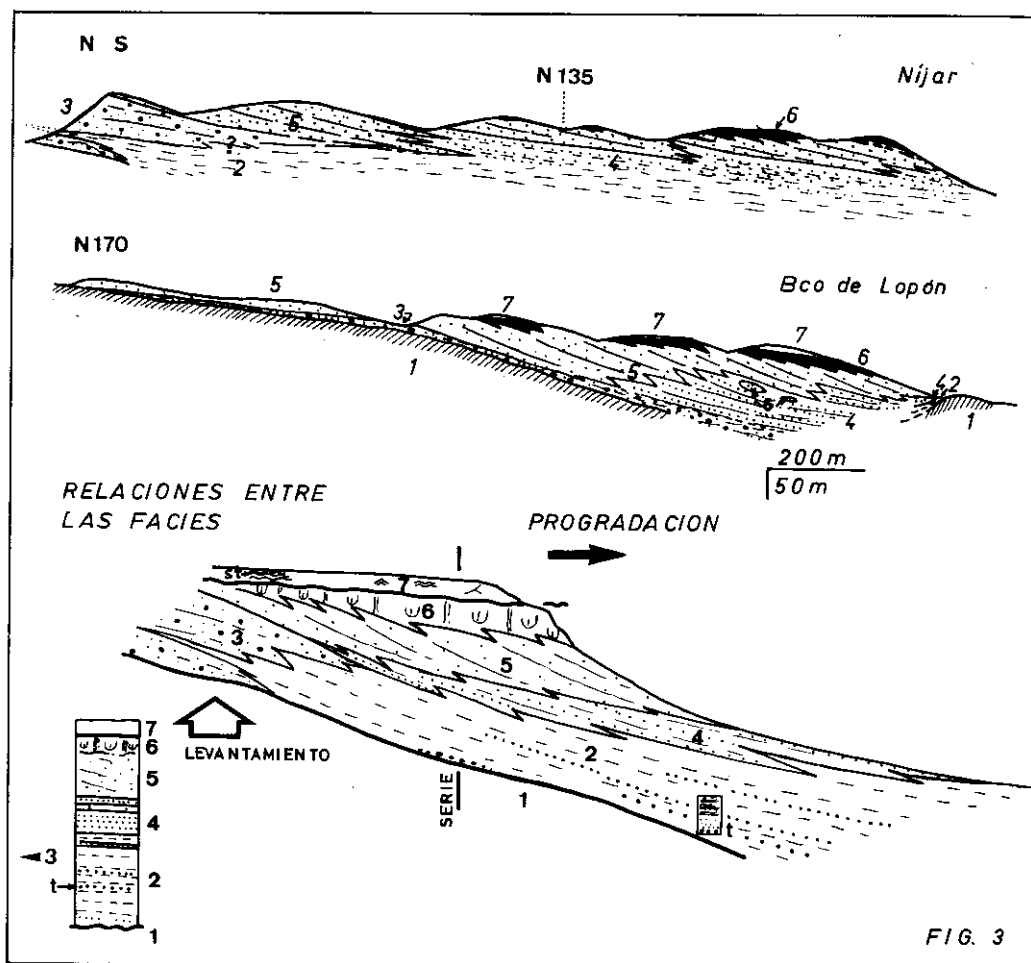


FIG. 3

Fig. 3. Los arrecifes de Níjar. Cortes geológicos y modelo simplificado de las relaciones de facies del Messiniense.
 Leyenda: Sustrato. 2. Miembro Abad (margas con intercalaciones turbidíticas t). 3. Miembro Azagador (areniscas y microconglomerados). 4. Calculitas (talud distal). 5. Calcirruditas y calcarenitas (talud). 6. Armazón arrecifal. 7. Calizas oolíticas con estromatolitos (st).

Las relaciones entre las tres facies son de cambios laterales (fig. 3) y, según los cortes, a las margas con turbiditas se superponen las facies de talud proximal o las de talud distal, que pueden llegar a ser las únicas representantes de los depósitos arrecifales. En este último caso, que se daría hacia el centro de la cuenca, podría pasar desapercibido el verdadero carácter de estos materiales y ser englobados en las margas del miembro Abad, como sucede por ejemplo en la cuenca de Sorbas. Hacia los márgenes de la cuenca se superponen las tres facies debido al carácter progradante del arrecife y entonces es evidente el significado sedimentario de cada una de ellas.

En disconformidad con los materiales arrecifales se dispone una unidad integrada por calizas oolíticas con abundantes estructuras sedimentarias primarias: laminación paralela, estratificación cruzada y *ripples* de oscilación (fot. 7). Las asociaciones y secuencias de estructuras permiten atribuir las a un depósito de barras en el *shoreface* dentro de una plataforma carbona-

tada localizada sobre los relieves debidos al crecimiento de los arrecifes, en los márgenes de la cuenca. Suelen intercalarse uno o dos niveles de estromatolitos, en especial hacia las zonas más protegidas. La morfología del antiguo arrecife y de las barras oolíticas influyen en su distribución y, normalmente, los estromatolitos se sitúan en las partes más altas topográficamente, tales como crestas de barras y *spurs*. En los bordes de estos relieves pueden aparecer brechas estromatolíticas (fot. 8) debidas a desplomes sinsedimentarios. Este conjunto parece correlacionable, por su afinidad litológica, con el miembro Sorbas de la Formación Caños. Por su posición estratigráfica podría serlo de igual modo con los miembros Yesares e incluso Zorreras.

El conjunto de materiales neógenos descritos ilustra un buen ejemplo de ciclo sedimentario transgresivo en la parte inferior y regresivo en la superior. La secuencia regresiva está formada por la superposición de margas de cuenca /calcilitas del talud distal/ calcirruditas y calcarenitas del talud proximal/ armazón arrecifal/ sedimentos de plataforma carbonatada (separados de los infrayacentes por una suave disconformidad).

Tanto las facies del complejo arrecifal (armazón, talud proximal, talud distal) como las oolíticas suprayacentes de plataforma aparecen actualmente dolomitizadas. Gran parte de los elementos texturales originalmente aragoníticos: esqueletos de *Porites*, placas de *Halimeda*, conchas de lamelibranchios, etc. fueron disueltos con anterioridad o, más probablemente, al tiempo de la dolomitización, con lo que sólo se han preservado sus moldes (fotografías 1 y 3).

Ello confiere a las facies de armazón y talud muy proximal una elevada porosidad de disolución y, en consecuencia, un alto valor como roca almacén de hidrocarburos. Los oolitos no están disueltos lo cual, junto con el hecho de que la estructura original laminada concéntrica esté pobremente preservada, lleva a pensar que sufrieron un proceso de inversión aragonito-calcita antes de la dolomitización. Sin embargo presentan una cierta porosidad inicial intergranular, en parte ocluida por un cemento calcítico espático muy tardío, posterior a la dolomitización de la facies.

SIERRA DEL CABO DE GATA

Existen buenos afloramientos neógenos que, en muchos casos, incluyen depósitos arrecifales tales como los del Cerro de los Lobos/Las Negras y los de la Rellana de San Pedro/Mesa de Roldán.

Los depósitos arrecifales se apoyan sobre un sustrato constituido por rocas volcánicas neógenas (fot. 10) y a veces se encuentran conglomerados basales con cantos de rocas volcánicas en matriz de calcarenitas organógenas. Así pues, una diferencia importante con la serie descrita en Níjar es la ausencia de las areniscas y margas infrayacentes atribuidas a los miembros de Azagador y Abad (fig. 4). En los depósitos arrecifales se distinguen las mismas facies que en Níjar, más las correspondientes a la plataforma carbonatada poblada por innumerables lamelibranchios (*Chlamys*) y briozoos. Esta plataforma es esencialmente más antigua, pero en parte equivale lateralmente, a las distintas zonas del complejo arrecifal como por ejemplo en la Rellana de San Pedro, al norte de Las Negras, y en los acantilados que la limitan hacia el mar (fig. 4).

En algunos puntos (Cerro de La Molata, al sur de Las Negras) se observan rasgos interesantes en los materiales del talud del arrecife. Uno de ellos es la existencia de bloques de caliza arrecifal deslizados hacia el pie del talud. Otro es el desarrollo de barras calcareníticas en el techo de los materiales del talud, sobre todo en el extremo occidental del afloramiento. Por comparación con los afloramientos de la Rellana de San Pedro, cabría interpretarlas como barras cerca del borde de la plataforma cuyo mayor relieve sirvió, de algún modo, como basamento favorable para el crecimiento de los organismos coloniales constructores del arrecife. Primero se implantan tímidamente colonias de *Tarbellastrea* y sobre ellas crecen profusamente las construcciones de *Porites*.

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

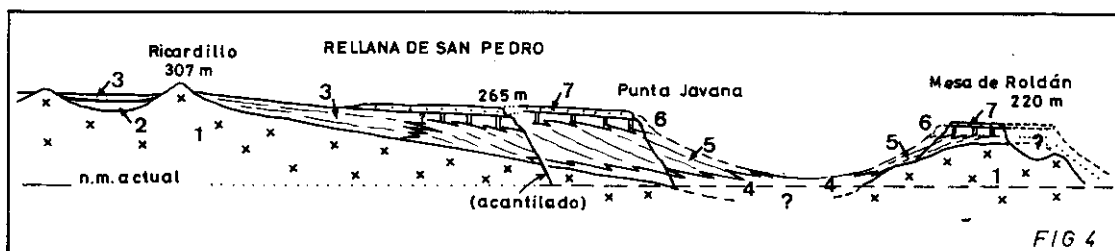


Fig. 4. Los arrecifes de la Sierra del Cabo de Gata. Panorámica proyectada sobre un mismo plano vertical para ilustrar la disposición y relaciones entre las facies, y su significado en términos de ambientes sedimentarios. Leyenda: 1. Sustrato de rocas volcánicas parcialmente emergidas. 2. Calcarenitas y lumáculas con niveles de conglomerados. 3. Calcarenitas con lamelibrancios y briozoos (plataforma). 4. Calcilutitas de talud distal de arrecife / cuenca. 5. Calcirruditas y calcarenitas del talud. 6. Armazón arrecifal. 7. Calizas oolíticas y estromatolitos (plataforma carbonatada).

Como en Níjar, los arrecifes muestran un comportamiento progradante. Los taludes de los arrecifes divergen de los relieves más importantes, que en parte estaban emergidos formando islas: Cerro de los Lobos (263 m.), Cerro del Cinto, al oeste de Rodalquilar (349 m.), Cerro del Ricardillo (307 m.) al norte de Las Negras, etc. Un ejemplo espectacular de esto se tiene en las vertientes de la Rellana de San Pedro. Hacia el norte queda otro afloramiento muy interesante, la Mesa de Roldán, con ejemplos de taludes de calcarenitas y calcirruditas que se hunden hacia el oeste y el noroeste, y pasan a margocalizas finas (calcilutitas). Corresponde a los restos de un relieve volcánico sobre el que se desarrolló un complejo arrecifal (fot. 10). La erosión de las laderas sur y este impide completar la morfología de detalle de este sector.

Cubriendo los depósitos arrecifales se encuentra la unidad de calcarenitas y calizas oolíticas con intercalaciones de estromatolitos, similar a la descrita en Níjar. Aparecen horizontales, bien estratificadas, en disconformidad con los materiales infrayacentes (el buzamiento original de los taludes no debe llevar a pensar en discordancia) aunque el arrasamiento previo parece haber sido más intenso que en Níjar.

Las relaciones entre las facies se ofrecen en la figura 4.

DEPRESION DE SORBAS

Los arrecifes Messinienses de la parte norte de la cuenca de Sorbas han sido estudiados por Pagnier (1977). Lo que sigue, referente a la parte norte de la depresión de Sorbas, está tomado de datos de dicho autor. El complejo arrecifal sobreyace directamente las rocas del basamento en su parte oriental, existiendo a veces entre ambos un conglomerado basal que marca la transición. En la parte occidental y en la central, el complejo arrecifal se implantó, por el contrario, sobre facies de calizas y areniscas calcáreas de plataforma (miembro Azagador), o sobre conglomerados supuestamente tortonienses (véase esquema cartográfico de la fig. 5a).

Dentro del complejo arrecifal distingue fácilmente las facies de talud (*fore reef*) constituidas por alternancias de conglomerados, areniscas calcáreas y margas bastante fosilíferas (con algas, moluscos, equínidos, etc.), bien estratificadas, y con cierto buzamiento original (5-25°) y las del armazón arrecifal o núcleo propiamente dicho (*reef framework*). Este último es más masivo y está constituido fundamentalmente por colonias de *Porites* en posición de crecimiento, cementadas tempranamente y con restos incrustados de organismos perforantes (moluscos, equínidos, etc.).

Pagnier (op.cit.) diferencia también una tercera facies, que denomina facies de *Montastrea*

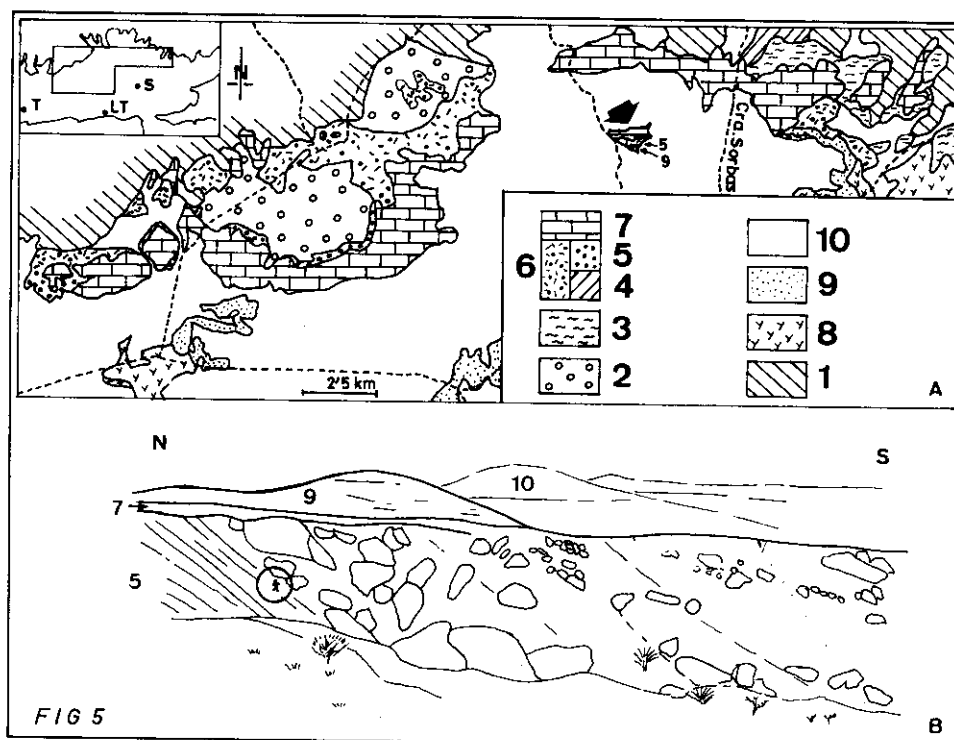


Fig. 5. Esquema cartográfico del norte de la depresión de Sorbas (A) y corte mostrando las relaciones entre las facies (B). Según Pagnier (1977). Leyenda: 1. Sustrato Bético. 2. Conglomerados del Tortoniense. 3. Miembro Abad de la Formación Turre. 4. Miembro Azagador de la Formación Turre. 5. Calcirruditas y calcarenitas del talud del arrecife. 6. Miembro Azagador y facies del talud indiferenciadas. 7. Facies del núcleo del arrecife. 8. Miembro Yesares (Formación Caños). 10. Materiales más modernos no diferenciados. La flecha de la figura superior señala la posición del corte. La escala de este último la da el hombre encerrado en el círculo.

(=*Tarbellastrea*), localizada más hacia el interior, cerca de los afloramientos del sustrato aunque no implantada directamente sobre este sino sobre facies de plataforma marina somera, que contienen abundantes restos de algas, lamelibranquios, gasterópodos, braquiópodos, equínidos, etc. Para él la facies de *Montastrea* representa los primeros intentos de colonización y desarrollo arrecifal. En ella las colonias de *Montastrea* se presentan ya asociadas a las de *Porites*. Posteriormente estas últimas se hacen más importantes. Durante la etapa de desarrollo masivo de los *Porites* hay una progradación general de los arrecifes hacia el sur sobre sus propios derrumbios de talud (fig. 5b), lo que da lugar a una estructura semejante a la citada en Níjar y Sierra del Cabo de Gata.

Al sur de la cuenca se encuentra una alineación E-W de afloramientos calizos arrecifales (miembro Cantera). Un corte característico de ellos se tiene, por ejemplo, en el Cerro de los Llanos (688 m.), tres kilómetros al norte de Lucainena de las Torres. Allí, el complejo arrecifal progresa hacia el oeste y norte sobre las margas de cuenca (miembro Abad). El armazón arrecifal es de *Porites*, que construyen tubos verticales largos y delgados (fot. 1) entre los que se encuentra algo de sedimento fino y cemento. Cambia de facies a depósitos de calcirruditas y calcarenitas de talud (fot. 3) análogos a los citados en otros ejemplos y, finalmente hacia la cuenca, a calcilititas blancas (fot. 6). Es decir un dispositivo similar a los ya descritos. La serie estratigráfica del neógeno de Lucainena de las Torres ha sido descrita, entre otros, por Montenat (1973).

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

DEPRESION DE VERA

Los datos referentes a los arrecifes Messinienses de la Depresión de Vera han sido tomados de los trabajos de Völk (1967) y Montenat (1973,75,76 y 77). Los afloramientos se sitúan en los bordes oeste y norte de la cuenca (fig. 6). Se trata en general de afloramientos muy pequeños y de mala calidad. Los mejor preservados son los de la parte occidental. Es en estos últimos, concretamente al este de la Loma de los Perros, donde Völk (op.cit.) establece la serie tipo, que se implanta directamente sobre las margas del miembro Abad de la Formación Turre, y está constituida por:

- a) Tres metros de margas limosas y arenosas que para Völk representan el techo del miembro Abad.
- b) Cinco-ocho metros de arenas groseras amarillentas, mal estratificadas y con abundantes ostréidos. No siempre están presentes.
- c) cinco-seis metros de materiales que engloban en su base calcirruditas de corales cementadas (facies de talud muy proximal) que hacia arriba pasan a las construcciones de corales propiamente dichas (facies de almacén o núcleo del arrecife). Los corales son pobres en especies y están representados esencialmente por colonias de *Porites*.

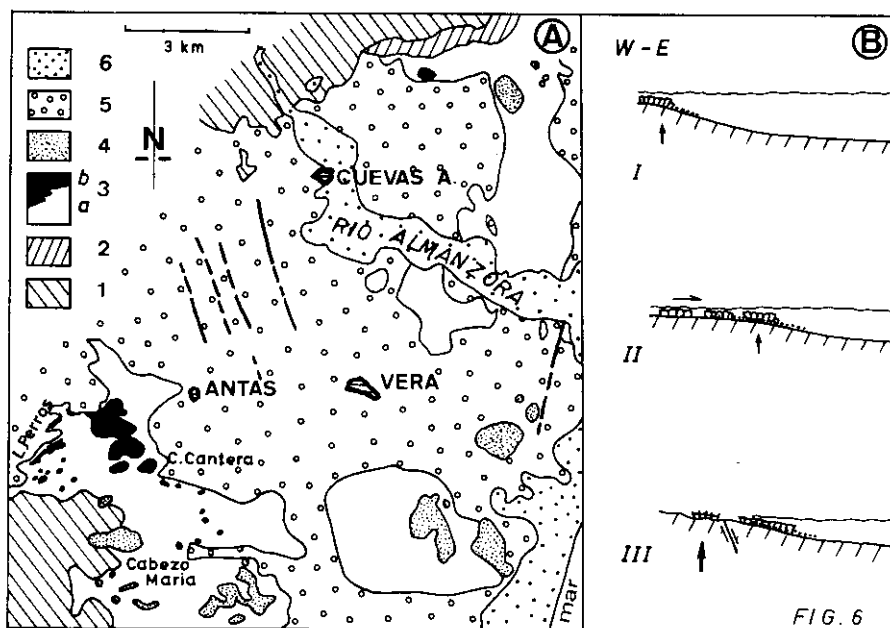


Fig. 6. Los arrecifes de la depresión de Vera. A.- Cartografía según Völk (1967). Simplificada. Leyenda: 1. Sustrato Bético. 2. Materiales miocénicos más antiguos que.... 3. Formación de Turre (3a: margas del miembro Abad; 3b: calizas arrecifales del miembro Cantera). 4. Rocas volcánicas. 5. Plioceno. 6. Cuaternario. B.- Evolución del borde occidental de la cuenca según Montenat et al. (1976). Estadio I: Parte superior, Mioceno terminal. Comienza la surreción de los márgenes y reducción de la profundidad de la cuenca. Los arrecifes progradan hacia el este. Estadio III: Fin del Mioceno. Fracturación y erosión de los bordes de la cuenca. Los arrecifes más occidentales emergen, sufren erosión y se castifican.

Para Montenat (1976) los arrecifes son de tipo franjeante y están ligados a un ciclo regresivo. Progradan de oeste a este simultáneamente al estrechamiento de la cuenca, aunque no llegan a alcanzar el centro de esta. La actuación de movimientos importantes de ascenso ligados a la

actividad de fallas normales intramessinienses comporta que los arrecifes más occidentales lleguen a emerger y sufran procesos de erosión subaérea y disolución cárstica (fig. 6b), con relleno de las cavidades resultantes por materiales continentales. Por el contrario, las construcciones arrecifales situadas más al este son cubiertas por los depósitos pliocenos sin sufrir apenas degradación. Esta es una de las razones por las que, dentro del área occidental de la cuenca de Vera, los complejos arrecifales situados más hacia el este (Cabezo de la Cantera, del que toma nombre esta unidad litoestratigráfica) están mejor conservados.

Los afloramientos de la parte norte de la depresión de Vera son de muy mala calidad. Se sitúan en dos pequeñas colinas de vulcanitas negras (Veritas). Los restos coralinos aparecen englobados en la roca volcánica y materialmente recocidos por ella (Völk, 1967). Conviene aquí señalar que el vulcanismo neógeno es polifásico y las últimas manifestaciones corresponden a rocas volcánicas lamproíticas (Veríticas), ricas en olivino (Montenat, 1977).

Volk (1967) destaca la semejanza de la serie de la cuenca de Vera, durante el depósito de la Formación Turre, con las del ciclo Messiniense, de margas con calizas arrecifales, de Melilla.

DEPRESION DEL RIO ANDARAX

Los arrecifes Messinienses afloran a lo largo del borde oriental de Sierra de Gádor entre Almería y Alhama de Almería. Jacquín (1970) ha descrito los materiales neógenos y Montenat (1973, 75) los estudia en detalle. Sobre estos datos se basa la descripción que sigue.

En esta región se aprecian también las diferencias entre las series de cuenca y de borde, ya citadas en la depresión de Sorbas (fig. 2, series VI, VII y VIII). Los arrecifes (miembro Cantera) son equivalentes parciales de las potentes formaciones margosas turbidíticas, lo cual traduce la influencia paleogeográfica de los contrafuertes de la Sierra de Gádor. Ello se marca muy bien en las relaciones de facies observables en la carretera Almería - Murcia a la altura del km. 119,5 (Montenat, 1975) (fig. 7). En efecto, el Mioceno terminal está representado por margas grises azuladas poco potentes (unos 50 m.) ricas en foraminíferos planctónicos, transgresivas sobre el sustrato por intermedio de un nivel detrítico poco potente. Sobre ellas aparecen arrecifes masivos de *Porites* que, en las cercanías de los relieves, pueden sustituir a las

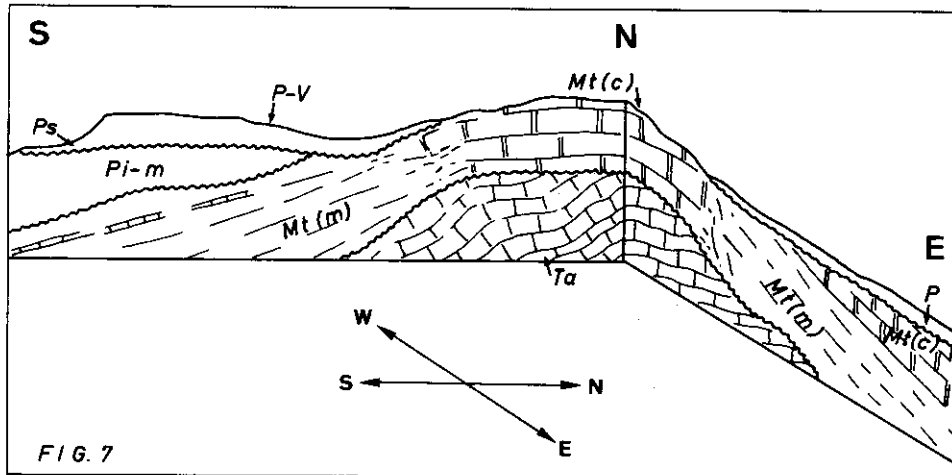


Fig. 7. Paleorelieve excavado en dolomías triásicas (Ta) del sustrato, colonizado por los arrecifes del Mioceno terminal (Mt(c)). Observese como estos pasan lateralmente a margas en las cuencas (Mt(m)). Pi-m: materiales suprayacentes, discordantes, del Plioceno inferior y medio. P: Plioceno indiferenciado. P - V: Plioceno-Villafranchiense. (Según Montenat, 1975).

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

margas y reposar directamente sobre el sustrato triásico. Debido a los movimientos tectónicos localizados en el límite Mioceno - Plioceno estos materiales han sido erosionados en parte y los del Plioceno reposan sobre ellos en discordancia presentando, localmente, un conglomerado basal con cantos removidos de calizas de *Porites* perforados por litófagos y con moluscos pliocénicos adheridos a ellas.

Es decir, el esquema general es similar a los otros descritos más atrás.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

A la vista de los datos expuestos se desprenden varios rasgos generales comunes a todos los ejemplos considerados. En todos ellos aparecen los mismos tipos de depósitos:

Depósitos de plataforma: calcirruditas y calcarenitas bioclásticas con abundantes restos de organismos bentónicos tales como lamelibranquios, briozoos, algas coralináceas, equínidos, etc. A la escala del afloramiento presentan estratificación paralela.

Depósitos de arrecife, con las tres facies características:

a) Facies de armazón arrecifal, bioconstruida. El participante principal es *Porites* (fot. 1) y, en muy escasa proporción, *Tarbellastrea*.

b) Facies de talud de arrecife: calcirruditas y calcarenitas bioclásticas con abundantes restos organógenos (fotografías 3 y 4). Cerca de las construcciones abundan los bloques de *Porites* y las lumaquelas. Hacia el pie del talud el sedimento consiste en una masa calcarenítica de restos no identificables. A la escala del afloramiento presenta una megaestratificación cruzada (fotografías 6 y 10) debida al buzamiento original.

c) Facies de talud distal / transición hacia la cuenca: calcilutitas blancas laminadas (fot.5). En muchos puntos engloban bloques deslizados del arrecife, a veces de considerables dimensiones.

Depósitos de cuenca: margas que rellenan las partes más profundas de las depresiones y que alcanzan un considerable espesor. Suelen contener intercalaciones de areniscas y conglomerados de carácter turbidítico.

Las relaciones entre estas facies son también equivalentes en todos los casos y se ilustran en la fig. 8. Hacia el borde de la cuenca el espesor de las margas suele reducirse y las calcarenitas de plataforma o el propio arrecife (?) llegan a situarse directamente sobre el sustrato. En una posición marginal la sedimentación Messiniense suele mostrar, pues, un predominio de carbonatos (fig. 8). Hacia el interior de las cuencas las margas y turbiditas están plenamente desarrolladas. El verdadero carácter de facies distal del arrecife, que correspondería a los sedimentos finos del talud distal coetáneos de este, podría, de hecho, pasar desapercibido hacia la cuenca al indentarse con las facies de margas características de esta última (fig. 8). Cada facies tiene, pues, un significado concreto en términos de ambientes sedimentarios y su análisis ha de realizarse en el contexto de un esquema unitario del cual puede considerarse modelo el arrecife de Níjar. No existen diferencias lo suficientemente acusadas como para distinguir varios modelos.

De acuerdo con todo ello puede visualizarse la paleogeografía Messiniense de la región estudiada como un conjunto de relieves parcialmente emergidos, rodeados por el mar (fig. 9). Los relieves coinciden aproximadamente con las actuales sierras, pero las áreas emergidas serían mucho más pequeñas que ellas. Las líneas de costa sobrepasarían los límites actuales de los afloramientos neógenos debido al levantamiento posterior que han sufrido muchos de estos relieves, demostrado por los buzamientos de las capas en los bordes de las depresiones, y el desmantelamiento de parte de los materiales neógenos por la erosión subsiguiente.

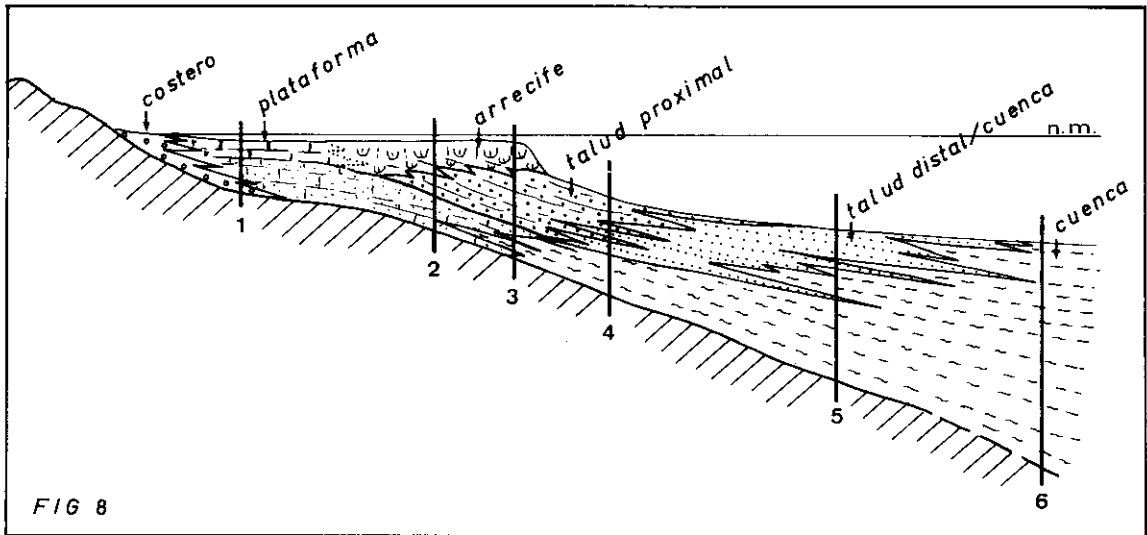


Fig. 8. Modelo general integrado de ambientes sedimentarios y facies resultantes. Las series estratigráficas levantadas en distintas posiciones (1 a 6), respecto al paleorelieve, comprenderían diferentes términos.

En las márgenes de los relieves levantados se sitúan las áreas de plataforma continental, a cuyo favor se desarrollan los arrecifes formando franjas o barreras. Estas rodean los relieves y progadan hacia la cuenca, con lo que los buzamientos de los taludes se dirigen radialmente en todas las direcciones alrededor del relieve.

La progradación se produce en general a nivel del mar casi constante o algo en descenso. En Níjar, la existencia de tres niveles topográficos y la disposición de los materiales sugiere un efecto relativo de descenso del nivel del mar, con tres etapas de estabilización y progradación simultánea. El descenso relativo del nivel del agua puede explicarse fácilmente por el comportamiento tectónico de la región, con ascenso progresivo de las zonas de plataforma a favor de fallas sinsedimentarias en los bordes de los actuales relieves. También los rasgos topográficos menores son colonizados, cuando la profundidad lo permite, y se convierten en núcleos de arrecifes rodeados de taludes menores divergentes, como los del Joyazo de Níjar (fot. 9) o Mesa de Roldán (fot. 10). El ejemplo del Joyazo ilustra la interferencia de los taludes progradando en direcciones opuestas y la adaptación final a la tendencia mayor del complejo arrecifal de Níjar.

Las zonas levantadas colonizadas por los arrecifes sufren posteriormente un arrasamiento, no muy intenso por lo general, y se convierten en dominios de sedimentación carbonatada de plataforma, pero sin arrecifes. La litología y las estructuras sedimentarias en la región de Níjar y Sierra del Cabo de Gata indican un depósito ligado a barras oolíticas. En Sorbas, Pagnier (1977) cita arenas azoicas, más modernas que el arrecife, pero no llega a establecer ni su ambiente sedimentario ni el tipo de contacto con los materiales infrayacentes. Roep y Beets (1977) y Dronkert y Pagnier (1977) interpretan los términos arenosos del miembro Sorbas, cuyas características litológicas son muy similares a las de estos materiales arenosos y oolíticos, como facies costeras de barras de playa, así que el significado paleogeográfico no parece ser muy diferente que el de las citadas en Níjar. Su posición, sin embargo, queda por ahora un tanto imprecisa. En algunos casos, como por ejemplo en la depresión de Vera, los arrecifes llegan a emerger y sufren procesos cársticos y erosión. En otros, incluso a la escala de la propia depresión de Vera, el fin de la historia arrecifal no está ligada a emersión, pero tampoco se depositan calizas oolíticas o similares. Es decir, en todas las cuencas las características

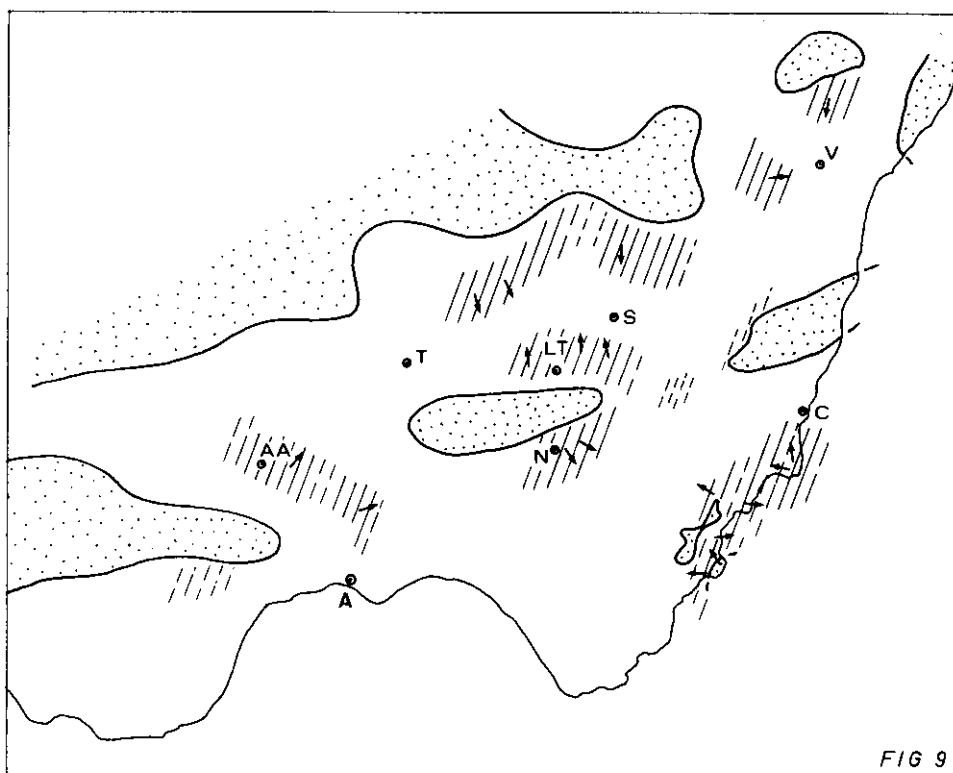


Fig. 9. Mapa paleogeográfico de la región de Almería en el Messiniense. En punteado las zonas emergidas. En líneas oblicuas las áreas someras de plataforma donde se implantaron los arrecifes. Las flechas indican las direcciones principales de progradación marcadas por la inclinación de los taludes.

sedimentarias son muy semejantes e incluyen episodios arrecifales, pero ello no significa necesariamente una analogía total en la evolución geodinámica que está ligada, más bien, al comportamiento concreto de cada sector, en gran parte inducido por la tectónica.

Otra cuestión importante es situar todos estos hechos en el marco de la evolución geodinámica neógena de la parte oriental de las Cordilleras Béticas. Las cuencas neógenas se forman en el Mioceno superior a favor de importantes movimientos verticales, en la fase de relajación de esfuerzos que sigue a la compresión post-serravallense. En el Tortoniense inferior la invasión del mar coexiste con una activa erosión de los relieves emergidos, que produce gran cantidad de sedimentos detríticos groseros (Río Almanzora, Vera,...). Los sedimentos del Tortoniense superior son discordantes o reposan en disconformidad sobre estos materiales lo cual, según Montecat (1975), se debe a un aumento en la velocidad de relajación que bascula las áreas marginales de las cuencas pero sin producir emersiones sino que, en ocasiones, resulta incluso en hundimientos.

En el Tortoniense superior continua la subsidencia y la transgresión. La interferencia tectónica - sedimentación es muy acusada y se traduce en cambios frecuentes de facies, ligados a menudo al funcionamiento de fracturas sinsedimentarias (por ejemplo en la cuenca de Huércal Overa). Todos estos rasgos revelan el aspecto dinámico de la sedimentación, ligado al modelado y a la movilidad de los relieves (Montecat, 1975). La erosión es importante pero los sedimen-

LOS ARRECIFES MESSINIENSES DE ALMERIA (S.E. DE ESPAÑA)

REFERENCIAS

- CHEVALIER, J.P. (1961). Recherches sur les Madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale. *Mem. Soc. Geol. France.* 40/93, 562 p.
- DABRIO, C.J. (1974). Los niveles arrecifales del neógeno de Purchena (SE. Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol.* 5, 79-88.
- DABRIO C.J. (1975). La sedimentación arrecifal neógena en la región del río Almanzora. *Est. Geol.* 31, 285-296.
- DABRIO, C.J.; FERNANDEZ, J.; PEÑA, J.A.; RUIZ BUSTOS, A. y SANZ DE GALDEANO, C. (1978). Interprétation sédimentaire des matériaux néogènes du bord nord-est du bassin de Grenade (Espagne). *C.R.Som.Soc.Géol. Fr.*, 3, 121-123.
- DRONKERT, H. (1977). Excursion to the evaporites of the Sorbas basin. *Messinian Sem. 3, Field trip 2*, 54-63.
- DRONKERT, H. y PAGNIER, H. (1977). Introduction to Mio/Pliocene of the Sorbas Basin. *Messinian Sem. 3, Field trip 2*, 1-21.
- ESTEBAN, M.; CALVET, F.; DABRIO, C.J.; BARON, A.; GINER, P.; POMAR, L. y SALAS, R. (1977). Aberrant features of the messinian coral reefs, Spain. *Messinian Sem. 3. Abstract*, 5 p.
- GALLEGO GUARNIDO, J. (1978). Estudio de la transgresión Tortoniense en el borde SE de la Depresión de Granada. Tesis de Licenciatura. Dpto. Estratigrafía. Univ. Granada (inédito) 142 p.
- IGME (1971). Mapa y memoria explicativa de la Hoja 84-85 (Almería-Garrucha). 1:200.000, 22 p.
- IGME (1975). Mapa y memoria explicativa de la Hoja 24-42 (Sorbas). 1:50.000 (MAGNA), 46 p.
- IGME (1975). Mapa y memoria explicativa de la Hoja 23-42 (Tabernas). 1:50.000 (MAGNA). 31 p.
- JACQUIN, J.P. (1970). Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería-Espagne). Tesis. Doct. Univ. Nantes. 501 p.
- MONTENAT, C. (1973). Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol. Tesis Doct. Univ. Orsay, 1170 p.
- MONTENAT, C. (1975). Le Néogène des Cordillères Bétiques. Essai de synthèse stratigraphique et paléogéographique. CNRS, Paris, 187 p.
- MONTENAT, C. (1977). Les bassins néogènes du Levant d'Alicante et de Murcia (Cordillères Bétiques orientales-Espagne). Stratigraphie, Paléogéographie et evolution dynamique. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, 69, 345 p.
- MONTENAT, C.; BIZON, G.; BIZON, J.J.; CARBONNEL, G.; MULLER, C. y RENEVILLE, P. (1976). Continuité ou discontinuité de sédimentation marine mio-pliocène en Méditerranée occidentale. L'exemple du bassin de Vera (Espagne méridionale). *Rev. Inst. Fr. du Pétrole*, 31, 613-663.
- PAGNIER, H. (1977). Excursion to messinian reef deposits in the northern part of the Sorbas basin: an introduction. *Mess. Sem. 3, Field trip 2*, 44-54.
- ROEP, TH.B. y BEETS, D.J. (1977). An excursion to coastal and fluvial sediments of Messinian-Pliocene age (Sorbas member and Zorreras member) in the Sorbas basin, SE. Spain. *Mess. Sem. 3, Field trip 2*, 44-53.
- RUEGG, G.J.H. (1964). Geologische onderzoe-kingen in het bekken van Sorbas, SE. Spanje. *Geol. Inst. Univ. Amsterdam*, (inédito), 64 p.
- VÖLK, H.R. (1967). Zur geologie und stratigraphie des Neogenbecken von Vera, Südost-Spanien. Tesis Doct. Univ. Amsterdam, 160 p.
- VÖLK, H.R. y RONDEEL, H.E. (1964). Zur gliederung des jungtertiärs im becken von Vera, Südost-Spanien. *Geol. Mijnb.* 43, 310-315.

Trabajo entregado en Diciembre de 1.978

tos son, por término medio, de tamaño de grano menor que en el Tortoniense inferior. En muchas partes se implantan arrecifes, que coexisten con un importante aporte terrígeno (fot. 2): entre otros, los de la depresión de Granada (Gallejo Guarnido, 1978; Dabrio et al., 1978), los de la cuenca del río Almanzora (Dabrio, 1974, 1975) y Huércal Overa (Montenat, com. pers.).

En el Messiniense la situación no es ya tan homogénea y la evolución de las depresiones sigue un camino diferente.

En las situadas al norte y noroeste (Granada, Alhama de Murcia) el Tortoniense terminal - Messiniense marca el paso de ambientes marinos a continentales, mientras que las más cercanas al Mediterráneo actual conservan el régimen marino incluso hasta el Plioceno. Los arrecifes que viven entonces coexisten con muy poco aporte terrígeno y se forman construcciones cementadas, de aspecto muy diferente a las del Tortoniense (fot. 1).

Es interesante comparar y establecer con claridad las diferencias básicas entre los arrecifes tortonienses y messinienses. Dichas diferencias se refieren a aspectos muy diversos, algunos de los cuales se reseñan en la Tabla I. Los datos en que se basa su elaboración proceden, sobre todo, de las depresiones de Granada y río Almanzora para los del Tortoniense, y de Níjar y Sierra del Cabo de Gata para los del Messiniense. La extrapolación a escala regional parece ser consistente, pero debe hacerse con cierta precaución ya que alguno de los caracteres reseñados puede variar en otro sentido.

Cabe también preguntarse acerca del papel y significado de los arrecifes de *Porites* messinienses en el Mediterráneo, cuando en la misma época y a la misma latitud habían desaparecido en el Atlántico, y los únicos "arrecifes" existentes incluyen sólo algas rojas, briozoos y corales ahermatípicos (Chevalier, 1961). El Mediterráneo se comporta como un refugio de corales en el que, de todos modos, las condiciones no parecen haber sido óptimas, dada la pobreza de especies unida al extraordinario crecimiento de arrecifes con rasgos "aberrantes" (Esteban et al., 1977). A la escala de la región estudiada, los arrecifes son esencialmente anteriores a los episodios evaporíticos con formación de yeso (fig. 2), lo cual viene también atestiguado por la existencia de bloques y cantos de caliza arrecifal en niveles inferiores a las evaporitas. Así pues no está claro, aquí, que el carácter anómalo de los arrecifes esté relacionado con el depósito coetáneo de yesos; todo lo más podría pensarse en que los arrecifes proveen de un indicio precoz del cambio que va a operarse en las condiciones ambientales, y que culminará en la "crisis" messiniense. El trabajo futuro, en esta región, debe ir encaminado a profundizar en el conocimiento detallado de los ejemplos expuestos y precisar aún más los modelos y su aplicabilidad a otras regiones.

TABLA I

TORTONIENSE

Los arrecifes tienden a formar *patch reefs* aislados.

Afloramientos con aspecto caótico por acumulación de colonias (en posición de vida o volcadas).

Las facies del arrecife no están muy bien desarrolladas, en especial el talud distal.

Coexistencia con abundante sedimentación terrígena fina en la que están "embebidas" las colonias.

No cementadas.

Variedad relativamente alta de corales: *Porites*, *Tarbellastrea*, *Palaeoplesiastrea*,...

Colonias arborescentes de *Porites*.

Algas rojas de hábito ramificado in situ (constructores secundarios).

?

Lumaquelas de gasterópodos en el *lagoon*.

Porosidad intergranular. Los esqueletos y bioclastos originalmente aragoníticos, no está disueltos.

Recristalización

Localmente mineralizados en celestina y óxidos de Fe.

MESSINIENSE

Los arrecifes forman barreras o franjas más o menos continuas.

Afloramientos masivos, resistentes a la erosión.

Buena diferenciación de facies dentro del arrecife.

Sedimentación terrígena ausente.

Cementación submarina temprana muy bien desarrollada.

Poca diversidad: *Porites* muy dominante y *Tarbellastrea* muy limitado.

Colonias en tubos verticales largos o, a veces, en forma de plato

Algas rojas (ramificadas y rodolitos) fragmentadas en el talud.

Halimeda abundante en la parte alta del talud.

Lumaquelas de gasterópodos y lamelibranquios al pié de las construcciones coralinas y pináculos.

Porosidad intragranular debida a la disolución de los esqueletos y bioclastos originalmente aragoníticos.

Dolomitización muy frecuente.

No mineralizado.