

La sedimentación arrecifal neógena en la región del río Almanzora ⁽¹⁾

Por C. J. DABRIO (*).

RESUMEN.

En la cuenca del río Almanzora aparecen materiales arrecifales neógenos bien desarrollados, intercalados entre los detríticos de la Formación de Serón-Caniles en la base, y los de la Formación de Tierras Blancas en el techo. Los arrecifes están asociados, asimismo, con materiales detríticos.

La morfología arrecifal es muy variada: existen formas "in situ", construidas por corales y algas y acumulaciones de detritus que pueden integrar estratos de cantos desordenados, estratificaciones cruzadas, o bien orientarse paralelamente a las superficies de estratificación.

En este trabajo se analizan la implantación, crecimiento, condiciones de vida y relaciones entre las distintas formas arrecifales. Se ofrece, finalmente, una reconstrucción ambiental.

ABSTRACT.

In the Almanzora River Basin, neogenic reefal deposits well represented. They are interlayered between materials of Seron-Caniles Formation on the bottom and Tierras Blancas Formation ones on the top. Reefs also are associated with detritic rocks.

Reef morphology is very varied: there exist "in situ" forms built up by corals and algae and accumulation of debris which can integrate irregularly disturbed layers, cross-stratifications or may be parallelly oriented to the bed surfaces.

The analysis of implantation, growth, life conditions and the relation of the divers reef forms develops here. At the end, a palaeoambiental reconstruction is shown.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

En la depresión por la que discurre el río Almanzora se localizan afloramientos de materiales arrecifales intercalados en series de edad neógena, cuyo estudio e interpretación sedimentaria constituye el objetivo de este trabajo.

Para llevarlo a cabo, se ha cartografiado un sector de la cuenca del río Almanzora, situado entre Purchena y Albox, que es donde están mejor representados. Estos datos, unidos a los de MALDONADO (1970) para la región de Caniles-Serón y MARTÍN GARCÍA (1972) para la de Serón Purchena, permiten disponer de un conocimiento, bastante preciso, de un sector de la cuenca de unos 50 km. de longitud.

Se cuenta, además, con los datos de VÖLK (1967) en la región de Vera, al Sur de S.^a Almagro, en la desembocadura del río y los de VERA (1969, 1970 a y 1970 b) para la Depresión de Guadix-Baza, en íntima relación con la región que nos ocupa.

Este trabajo se basa en el levantamiento de series detalladas en los diferentes afloramientos, cuya posi-

ción se indica en la figura 1 y la consideración de los ambientes deducidos, para proceder a la reconstrucción paleogeográfica de esta región.

II. MATERIALES REPRESENTADOS.

Se diferencian varias unidades estratigráficas, que de más antiguas a más moderna, son:

II. 1. *Materiales béticos.*

Aparecen plegados y, en parte, metamorfizados. Se localizan en las Sierras de los Filabres y de las Estancias que limitan al Sur y Norte, respectivamente, la cuenca del río Almanzora (VÖET, 1967; VRIES y ZWAN, 1967; EGELER y SIMON, 1969).

Su importancia como área fuente es muy grande, ya que de ellos derivan, en su inmensa mayoría, los materiales detríticos que van a originar las rocas neógenas y cuaternarias de la región.

(1) Trabajo presentado al VII Congreso del Grupo Español de Sedimentología.

(*) Departamento de Estratigrafía, Universidad de Granada.

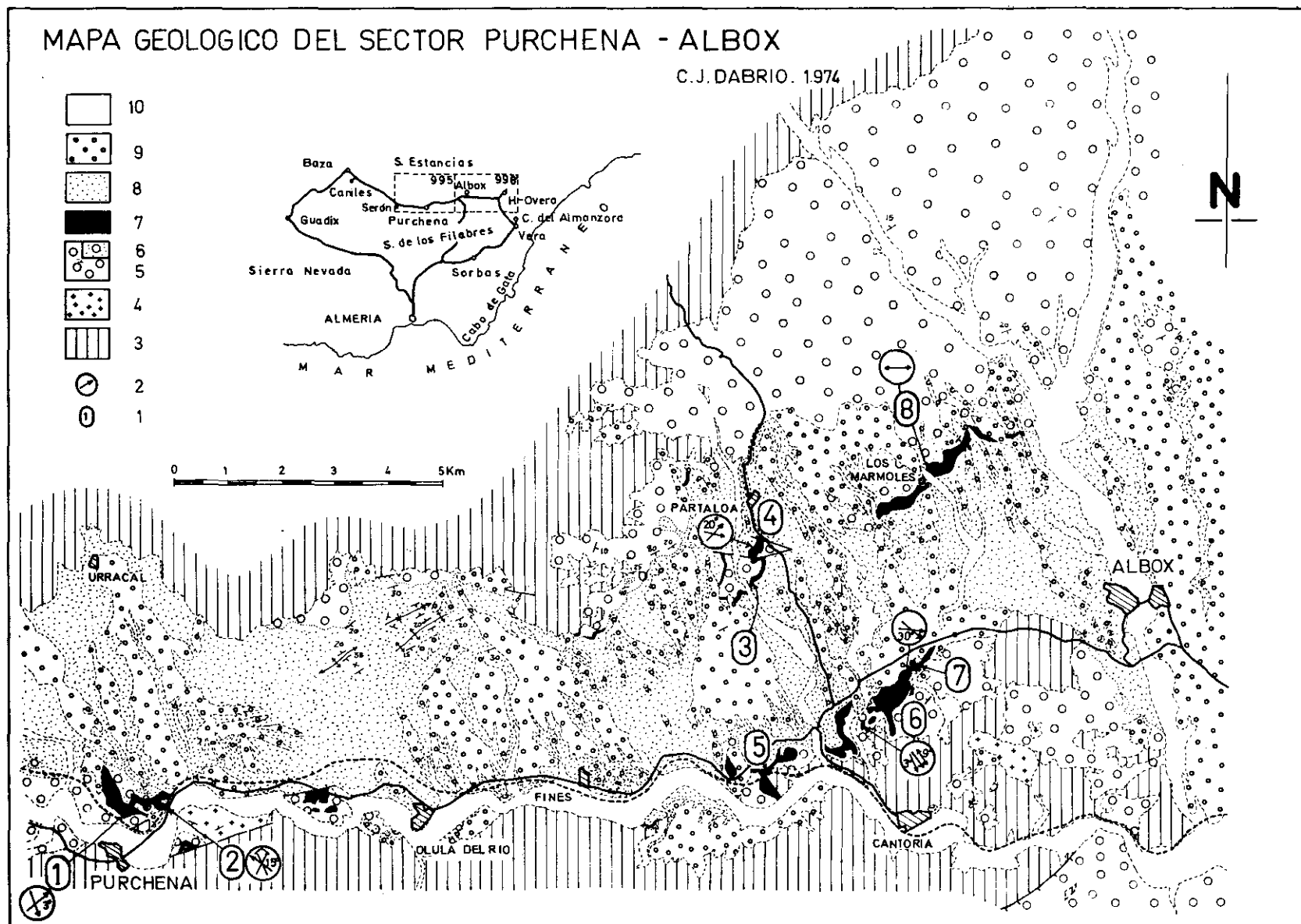


Fig. 1.—Mapa geológico del Sector Purchena-Albox. 1. Posición de las series estratigráficas levantadas, que se representan en la figura 2.—2. Direcciones de paleocorrientes, deducidas a partir de estratificaciones cruzadas y orientaciones de cantos.—3. Materiales de la Zona Bética.—4. Materiales miocénicos infrayacentes.—5. Formación de Serón-Caniles: Conglomerados y arenas rojizas.—6. Conglomerados y arenas de transición.—7. Materiales arrecifales.—8. Formación de Tierras Blancas: Lutitas.—9. Glacis: conglomerados y arenas.—10. Materiales aluviales de las ramblas actuales.

II. 2. *Materiales neógenos.*

Son discordantes con los anteriores. Se distinguen dos conjuntos, en función de su posición estratigráfica. Someramente pueden describirse así:

El inferior, que es atribuido por MALDONADO (1970) al Mioceno medio (Tortonense terminal) y por MARTÍN GARCÍA (1972) al Burdigaliense-Helveciense, consiste en areniscas, conglomerados y margas que afloran en algunos puntos aislados como (en la región que consideramos) al Este de Purchena y Noroeste de Cantoría.

El superior, que se sitúa en discordancia sobre el anterior, se atribuye al Mioceno superior, en virtud de consideraciones y datos regionales (DABRIO, 1974).

Se diferencian en él dos formaciones: en la base, la de Serón Caniles definida por VERA (1970), MALDONADO (1970) la denomina, provisionalmente, Formación de Serón, y MARTÍN GARCÍA (1972) la define según las normas del Código de Nomenclatura Estratigráfica con el mismo nombre que VERA (1970), por lo que respetamos la prioridad de éste, y, sobre ella, la Formación de Tierras Blancas (MARTÍN GARCÍA, 1972).

La Formación de Serón-Caniles está integrada por conglomerados y arenas de color rojizo o pardo. Se caracterizan por la existencia de niveles organógenos que, en el área comprendida entre Serón-Caniles, se intercalan a diversas alturas estratigráficas (biostromas de lamelibranchios, corales y algas) y, entre Purchena y Albox, se sitúan en el techo (biohermos y biostromas de corales y algas). La Formación de Tierras Blancas, a cuyo color hace referencia el nombre, está integrada por lutitas más o menos carbonatadas.

Ambas formaciones se encuentran en posición algo diferente según los puntos. En las partes internas de las cuencas, el paso de una a otra se realiza de un modo gradual, existiendo, en el techo de la Formación de Serón-Caniles, niveles de arenas y conglomerados y lutitas de color grisáceo o blanco, bien representados en la región de Los Mármoles.

En las márgenes la relación se interpreta, a la vista de la cartografía (a pequeña escala es difícil dilucidarla con exactitud), como una discordancia angular, pues la Formación de Tierras Blancas puede llegar a reposar directamente sobre los materiales Béticos, mientras que lateralmente, a poca distancia, la Formación de Serón-Caniles está ampliamente representada.

Así, pues, se trata de un solapamiento (*overlap* de KRUMBEIN y SLOSS, 1963) debido a la naturaleza transgresiva de la Formación de Tierras Blancas.

Los niveles arrecifales a los que se refiere este trabajo, están situados entre ambas formaciones y se consideran como la parte superior de la Formación de Serón-Caniles, ya que siempre están en relación con los niveles detríticos gruesos propios de ésta.

II. 3. *Materiales cuaternarios.*

Se atribuyen a esta unidad los materiales continentales de relleno de la depresión que, al encajarse la red hidrográfica, aparecen coronando los relieves a los que dan, por su mayor resistencia a la erosión, una morfología característica. Su litología es de conglomerados con costras de exudación y arenas. Están especialmente bien desarrollados al este del meridiano de Fines. Ligados a la red hidrográfica actual, se encuentran gravas sobre las que se asientan excelentes zonas de cultivos.

III. NIVELES ARRECIFALES.

Como se ha indicado, se van a considerar los niveles arrecifales del techo de la Formación de Serón-Caniles, que son los únicos que merecen esta denominación, ya que los encontrados a otras alturas estratigráficas son, tan sólo, acumulaciones organógenas, es decir, biostromas (CUMMINGS, 1932).

El estudio se ha llevado a cabo en los afloramientos mejor conservados, mediante el levantamiento de series de detalle, en las que se tienen en cuenta los caracteres más representativos de la sedimentación arrecifal.

Se han considerado, en principio, más interesantes la estructura, el tipo de organismo constructor y la asociación de rocas detríticas. Para favorecer la rápida comprensión de su distribución espacio-temporal, se representan en forma de perfiles de doble entrada.

Cada uno de estos caracteres tiene un valor para la diagnosis del subambiente, que se analiza a continuación:

III. 1. *Estructura.*

Se diferencia entre estructura masiva y removida. La primera engloba todas las formas que crecen y fosilizan "in situ" (posición de vida), independientemente de su forma (casi exclusivamente masivas o tabulares) y naturaleza (fundamentalmente coralígena, aunque no son extraños los de algas). Representan las estructuras, resistentes en general, que forman el armazón arrecifal.

En otros casos se trata de calizas masivas que engloban restos en posición vida, cementadas, con estratificación poco evidente.

Las estructuras removidas incluyen todas las acumulaciones de detritus organógenos, cualesquiera que sean su tamaño y origen. Indican la existencia de zonas de erosión y depósito de restos bioclásticos.

Así, pues, la estructura permite diferenciar las zonas de crecimiento orgánico, de las de erosión y depósito relacionadas con ellas, lo cual es de gran interés en la reconstrucción ambiental. La abundancia relativa de ambas estructuras puede utilizarse, aceptando

los errores que de ello se derivan, como un índice de la energía mecánica del ambiente en ese punto, frente a la energía biológica.

III. 2. *Tipo de organismo constructor.*

Se representa en cada caso el tipo de organismo cuya actividad produce el principal crecimiento del armarazón. Esto es válido para las estructuras masivas (en posición de vida) en las que se encuentra un solo organismo constructor. El mayor crecimiento, en volumen, lo producen los corales. Las algas parecen tener un papel subordinado. Por el contrario, en las estructuras removidas se indica el organismo predominante (suele encontrarse un solo tipo), cuyos restos, al acumularse, contribuyen al crecimiento del sistema arrecifal. Existen, además de los corales y algas, otros muchos organismos sin papel constructor, tales como lamelibranquios, gasterópodos, equínidos, de los que sólo se indican eventualmente los puntos de mayor abundancia, con signos fuera de las columnas.

III. 3. *Asociación de rocas detríticas.*

Representa la aportación terrígena hacia la cuenca. Su textura es índice, en principio, del sistema y energía de las corrientes. Destaca su escasez durante los periodos de depósito orgánico, según se aprecia en todos los gráficos.

III. 4. *Situación de los afloramientos y descripción de las series.*

Se recogen de un modo gráfico en las figuras 1 y 2.

Los afloramientos mejor representados se sitúan en dos sectores, entre los cuales los niveles arrecifales están mucho peor desarrollados.

El sector de Purchena ha sido objeto de otro trabajo anterior (DABRIO, 1974) en el que se abordan con mayor detalle. En él se diferencian dos niveles arrecifales (serie 1 y 2 de las figuras 1 y 2) y otro estratigráficamente superior, con abundantes algas no representado.

A su vez, en el nivel II (fig. 2, núm. 2), se diferencian dos térmicos arrecifales, de los que el inferior se acuña hacia el N y NW, lo cual está de acuerdo con las direcciones de estratificaciones cruzadas que se han desarrollado en las brechas arrecifales.

El sector oriental comprende las series 4 a 8 de las figuras 1 y 2 y queda delimitado, de modo muy aproximado, por el triángulo Cantoria-Partalao-Los Mármoles.

La repartición de los distintos componentes en cada una de las series se expresa gráficamente en la figura 2, números 3 a 8. Como variación más evidente

se aprecia la existencia de niveles masivos hacia el techo de las series 3, 5 y 6, mientras que en las números 4, 7 y 8 el predominio corresponde a acumulaciones de restos removidos, en especial en las 7 y 8.

En todas las series los niveles arrecifales aparecen limitados por rocas detríticas, de tamaño de grano más grueso en la base (conglomerados o arenas) que en el techo (lutitas o arenas). Existen, además, intercalaciones detríticas entre las rocas arrecifales que se indican en cada caso.

IV. MORFOLOGÍA ARRECIFAL, FACIES Y SUBAMBIENTES.

Se ha podido diferenciar, en los diversos cortes, una amplia variedad de formas arrecifales cuyas características se ofrecen a continuación de un modo somero.

IV. 1. *Formas "in situ".*

Engloban todos aquellos organismos que han fosilizado en posición de vida. Los restos corresponden, mayoritariamente, a los corales y, en una proporción menor, a las algas.

IV. 1.1. *Corales.*

Se trata especialmente de formas masivas redondeadas o ramificadas. Estas últimas son más escasas y, en general, presentan huellas de roturas en las ramificaciones. Las formas masivas, en muchos casos, aparecen formando rocas de estratificación mal desarrollada y de continuidad lateral variable según los puntos, pero pequeña en general.

Los contactos con las rocas rodeantes son de diversa índole. Son abruptos cuando se trata de rocas bioclásticas de tamaño arena (calcarenitas), o ruditas finas (calciruditas).

Cuando se ponen en contacto con calciruditas gruesas, constituidas por fragmentos en corales, es frecuente que, a causa de la cementación posterior de éstos, el contacto sea difícil de delimitar sin una cuidadosa observación.

Los corales aparecen completamente recristalizados y, en parte, dolomitizados. En ocasiones el proceso no se ha completado y se puede estudiar la textura primitiva sobre pequeñas zonas del coral (EVAMY, 1963; TALBOT, 1972).

Los huecos aparecen rellenos por micrita. En algunas muestras se han encontrado foraminíferos o trozos de lamelibranquios incluidos en el barro micrítico, llegando, en algunas muestras, incluso a corales rellenos de intramicritas. Otros, escasos, están rellenos de areniscas, clasificadas como grauvacas líticas según PETTIJOHN (1954).

SERIES DETALLADAS DE LOS NIVELES ARRECIFALES, SECTOR PURCHENA-ALBOX

C. J. DABRIO, 1974

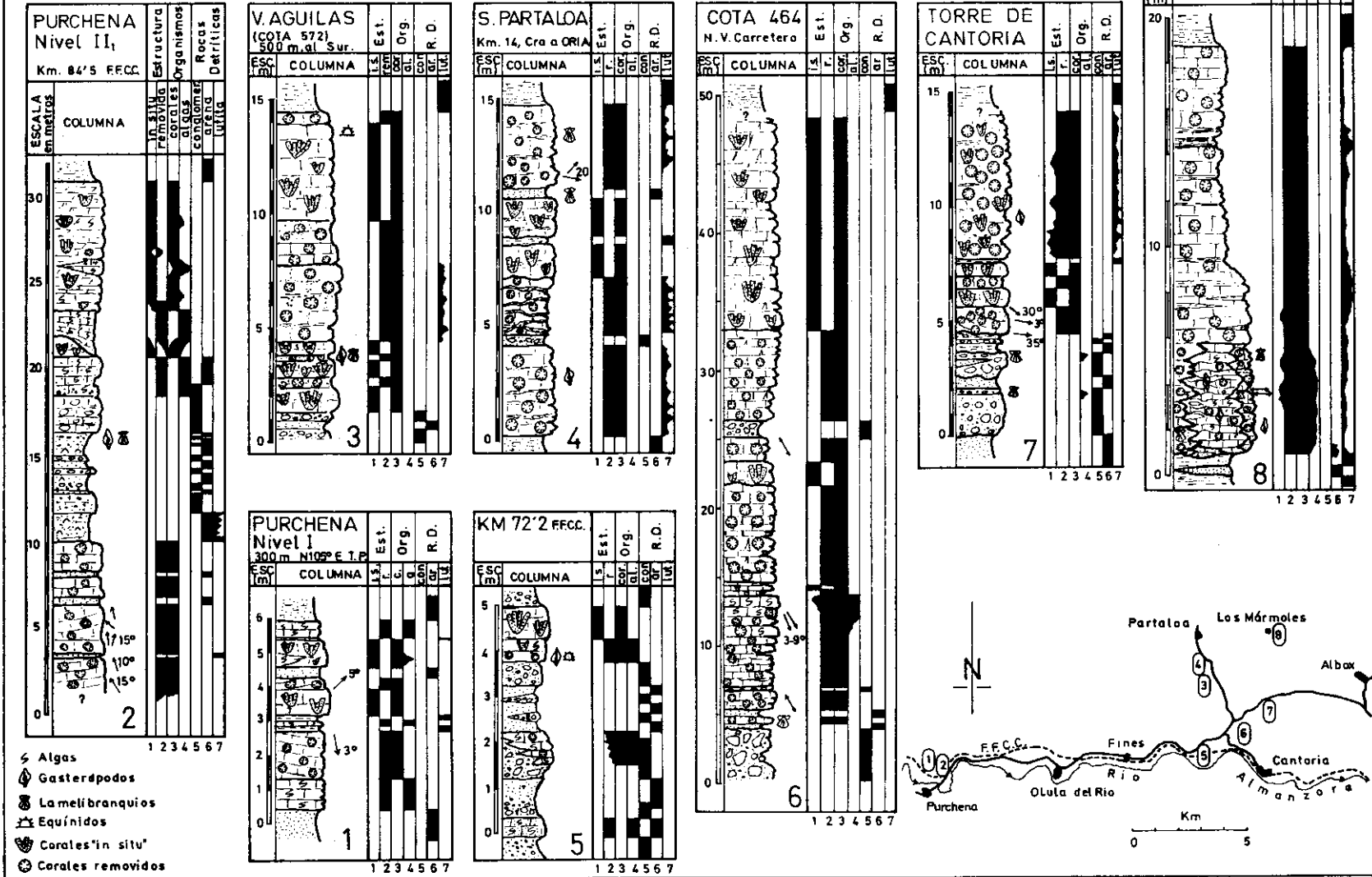


Fig. 2.

En algunas localidades se encuentran en el interior de los políperos (masivos o rotos), recristalizaciones de celestina y/o calcita.

El grado de recristalización dificulta la clasificación de la fauna de corales recolectada. No obstante, se han podido reconocer, entre otros, *Diploria* sp. cf. *D. strigosa* (Dana), *Anomastrea* (?) sp. *Alveopora* sp. *Cyphastraea* (?) sp. y *Poritidos*.

Las formas masivas se interpretan como las constructoras del arrecife, no removidas por la acción del oleaje y las corrientes, situadas en la llanura o plataforma arrecifal (*reef flat*).

IV. 1.2. *Algas*.

Contribuyen de forma más modesta a la construcción del arrecife. Se encuentran "in situ" de dos formas diferentes: como organismos que construyen de modo autónomo (y, más frecuentemente, como aglutinante de trozos sueltos que quedan, así, fijos) o rellenando espacios entre corales masivos o rotos.

La actividad constructora se desarrolla sobre corales o sus detritus o sobre fragmentos terrígenos. En este último caso, sin embargo, dado que el tamaño de un grano suele ser pequeño y que la roca está muy escasamente cementada, es casi inevitable que el alga sea removida y se comporte como un intraclasto más o menos fragmentado o erosionado que pasa a formar parte de las calizas bioclásticas de relleno.

IV. 2. *Acumulaciones*.

Las acumulaciones de detritus organógenos son, con mucho, las rocas más abundantes de las que integran los complejos arrecifales. Los cantos son fragmentos de corales ramificados y, en menor proporción, restos de otros tipos morfológicos de corales.

Destaca en el estudio textural la uniformidad en el tamaño de grano de los restos (cantos) coralígenos, que oscilan alrededor de los siguientes valores de ejes: $a = 8-10$ cm.; $b = 3-5$ cm. y $c = 1,5-3$ cm. El origen de esta acusada selección reside en la propia naturaleza de los restos y no en la acción de corrientes u otros agentes clasificadores. En efecto, los parámetros b y c están condicionados por el crecimiento en grosor de los organismos, mientras que la longitud del eje guarda la relación, además, con la energía física del ambiente —ya que por impacto se produce la rotura (KUKAL, 1971) de las colonias ramificadas o arborescentes en trozos aproximadamente iguales—, y con la actividad de los organismos depredadores.

Así, pues, las acumulaciones de cantos de este tipo no reflejan una actividad abrasiva importante y continuada, que produciría la desintegración en fragmentos mucho menores (de tamaño arena), sino, más

bien, unas condiciones de energía elevada que produce la rotura de las ramas de las colonias y un depósito relativamente rápido de los trozos, que no va precedido de abrasión.

Estas condiciones energéticas se consiguen fácilmente por la acción del oleaje sobre el armazón arrecifal, que alcanza especial efectividad en épocas de tormentas, en las que los detritus son arrojados sobre la llanura arrecifal o la laguna (*lagoon*). La fragmentación se debe a la acción de organismos en otros muchos casos o, al menos, ha sido facilitada por ellos (ZANKL y SCHROEDER, 1972 b).

La matriz que rellena, al menos parcialmente, los espacios entre los cantos es de tamaño arena muy fina-limo y está constituida por un elevado porcentaje de carbonatos que provienen de la trituración y abrasión de algas y corales. Se suman en algunos puntos fracciones variables de materiales terrígenos finos (cuarzo fundamentalmente), en proporciones minoritarias.

Algo menos abundante es, en fin, la cementación de brechas por carbonatos. Por el contrario, las areniscas calcáreas bioclásticas aparecen bien cementadas, originando niveles de calizas bioclásticas.

IV. 2.1. *Acumulaciones de detritus (fragmentos) no orientados*.

Se diferencian dos tipos principales:

IV. 2.1.1. *Acumulaciones de detritus poco removidos*.

Se incluyen aquí las acumulaciones de políperos o trozos casi completos de los mismos, situados casi en posición de vida. Son, a veces, difíciles de identificar, en especial si aparecen cementadas, dada la semejanza de su posición geométrica con la de las colonias que no han sido removidas en absoluto. En el caso de acumulaciones no cementadas, sino con matriz de grano fino, la identificación es, generalmente, más fácil, por serlo las condiciones de observación tridimensional de cada canto o colonia, ya que se puede remover la matriz sin grandes dificultades.

Ejemplos de este tipo se encuentran en los cortes 4 y 7.

IV. 2.1.2. *Acumulaciones de detritus desordenadas*.

En ellas los cantos se disponen totalmente al azar, sin que se observe ninguna orientación preferencial. Se trata, pues, de un proceso de remoción más avanzado que el del apartado anterior.

Los cantos mayoritarios son de corales, seguidos por los de lamelibranchios y algas. Se incluyen aquí tanto depósitos de brechas calcáreas como de calizas

bioclásticas, cuyas diferencias esenciales estriban en la intensidad del proceso de desintegración física que han sufrido, condicionada, en gran parte, por su naturaleza y tamaño original.

El origen de ambos tipos de acumulaciones se debe a la fracturación de las colonias arrecifales de corales o algas, en particular de las arborescentes y depósito posterior de sus restos. Otros organismos, tales como pelecípodos o gasterópodos, pueden contribuir a engrosar estas acumulaciones.

En el primer caso (formas en posición casi vital), la movilización de los detritus es suave e incompleta, con lo que se conserva una disposición parecida a la de vida. En el segundo caso, el proceso es más violento y la deposición de las partículas se realiza de un modo caótico.

IV. 2.2. *Acumulaciones de detritus (fragmentos) orientados.*

Sólo se observan cuando los detritus son de formas irregulares asimétricas. La más frecuente es la forma alargada, de sección más o menos circular o elíptica. Se caracterizan por una disposición ordenada de los materiales cuyos ejes mayores se orientan en una o varias direcciones preferentes.

Se diferencian:

IV. 2.2.1. *Orientados paralelamente a las superficies de estratificación.*

Los cantos se disponen con los ejes mayores paralelos a las superficies del estrato. Normalmente suelen aparecer en relación con acumulaciones caóticas u orientadas de tipo cruzado, en estratos de espesor y continuidad muy variables que alternan sin una pauta definida. Además, las orientaciones que se miden dentro de un mismo estrato suelen ser diferentes, aunque se agrupan en abanicos no muy amplios.

A partir de estas disposiciones sólo se pueden obtener datos de direcciones de corrientes, aunque no de su sentido. Este podría determinarse a partir de imbricaciones de cantos o fragmentos, pero hasta ahora no se han encontrado ejemplos que permitan realizar medidas.

Su valor genético reside en la manifestación de la existencia de sistemas de corrientes capaces de orientar los fragmentos, que podrían estar relacionadas con la acción de las mareas o bien con corrientes, más constantes, de deriva.

IV. 2.2.2. *Orientados formando estratificaciones cruzadas.*

Se caracterizan porque el buzamiento de los ejes mayores de los fragmentos, no coincide con el de las

superficies de estratificación, originándose con ello una estratificación cruzada de gran escala.

Las direcciones y buzamientos de éstas se recogen en las figuras 1 y 2.

La génesis de estas estructuras se debe a la acumulación de fragmentos, en las cercanías de núcleos de corales en crecimiento, de cuya fracturación provienen principalmente. Así, pues, en las cercanías de una colonia arrecifal "in situ", se produce una acumulación con buzamiento original de magnitud variable según la altura de arrecife y distancia al mismo, del punto donde se lleva a cabo el depósito. En estas circunstancias los fragmentos no se sitúan necesariamente con los ejes mayores paralelos entre sí. El hecho de que aparezcan en esa disposición sugiere la acción de corrientes o, al menos, de una orientación preferencial del flujo hidráulico, cuyo origen puede buscarse en la deriva producida por el viento, o en irregularidades del fondo que encaucen las mareas u otras pequeñas corrientes de tipo local.

IV. 3. *Estructuras de erosión y relleno.*

Incluyen formas interpretadas como cavidades y, quizá, canales de forma irregular, que aparecen rellenos por calizas bioclásticas o por brechas de cantos coralinos. Estas formas cortan las estructuras preexistentes y, al rellenarse, hacen que se pongan en contacto directo formas con estructuras muy diferentes.

No se han observado hasta el momento estructuras de ordenamiento interno. La disposición de partículas es caótica. Las calizas bioclásticas al microscopio muestran una textura de intrabionmicritas e intrabionmicritas en las que los intraclastos son fragmentos de fósiles, en especial algas, lamelibranquios y corales. La fracción terrígena es muy escasa.

La matriz es micrita y, en ocasiones, aparece recristalizada a microsparita. A menudo son reconocibles restos orgánicos de tamaño muy fino, que se integran en la micrita. Se suman a la micrita cantidades minoritarias de terrígenos (cuarzo fundamentalmente) de tamaño limo fino. El grado de cementación es variable según los puntos.

Esta micrita se piensa que es de origen mecánico en su mayor parte, pues la trituración de los fósiles y bioclastos hasta tamaños muy finos, provee de enormes cantidades de materiales de origen orgánico y naturaleza carbonatada, que se depositan como matriz de las brechas y calcarenitas descritas anteriormente.

De igual origen se interpretan la mayoría de las lutitas que foman la matriz de las acumulaciones anteriormente reseñadas. En la figura 2 se incluyen dentro de las rocas detríticas, pues aparecen en relación con rocas detríticas de ese tamaño de grano y es difícil de establecer el origen y porcentaje exacto de cada fracción.

IV. 4. *Facies de laguna (lagoon).*

Están representadas por calizas que al microscopio aparecen como biomicroritas. Los fósiles que contienen son: *Alveolínidos*, *Algas Coralíneas* (*Lithohaminiium*), *Miliolidos*, fragmentos de *Lamelibranchios* y escasos *Globigerinidos* y *Ostrácodos*.

El porcentaje de elementos terrígenos es variable y pequeño, pero alcanza, en algunas ocasiones, hasta el 20-25 %. Su tamaño de grano más frecuente es de 0,06-0,1 mm. para el cuarzo y 1-1,5 mm. para los fragmentos de rocas. Se trata de aportes minoritarios desde las áreas emergidas que están erosionándose, situadas en regiones próximas, muy posiblemente en relación con la laguna.

IV. 5. *Rocas detríticas asociadas.*

Además de limitar los niveles arrecifales, las rocas detríticas están también presentes entre ellos, como intercalaciones o como lentejones de desarrollo muy dispar. Están poco cementadas por carbonatos cálcicos.

Las texturas granulométricas se han representado en las series de la figura 2.

La naturaleza de los cantos es de rocas metamórficas casi exclusivamente.

Las arenas y arenitas se pueden clasificar como grauvacas líticas según la clasificación de PETTJOHN (1954).

Contienen fósiles, en especial *Algas coralíneas*, fragmentos de *Lamelibranchios* y, en menor cantidad, *Amphistegina*, *Miliolidos* y otros foraminíferos inclasificables.

Estas rocas constituyen el aporte de los relieves circundantes, no muy alejados, hacia la cuenca en la que se desarrollaban los arrecifes. De su mutua interacción, se forman las alternancias e intercalaciones reflejadas en las series de la región (fig. 2).

Mención aparte merecen las lutitas que constituyen la matriz de las acumulaciones de fragmentos arrecifales. En su mayoría estas lutitas no son detríticas, sino producto de la trituración de los restos arrecifales (corales, algas, etc.), es decir, son microritas formadas mecánicamente. A ellas se añade una fracción lutítica terrígena en proporción difícilmente evaluable, ya que las cementaciones postdeposicionales, aunque no totalmente desarrolladas, enmascaran los verdaderos valores.

Es de destacar que las rocas detríticas se disponen como niveles independientes aunque en relación con las arrecifales. En éstas la influencia detrítica es, en general, muy escasa en los niveles bioclásticos y prácticamente despreciable, en las formas masivas.

V. SEDIMENTACIÓN ARRECIFAL.

V. 1. *Relaciones entre las formas arrecifales.*

Las formas arrecifales que se han descrito más

arriba aparecen en los diversos cortes en íntima relación. Las estructuras masivas están rodeadas por acumulaciones de fragmentos orientados o no y sus contactos son, en ocasiones, difíciles de establecer, sobre todo si hay cementación posterior. En los cortes más occidentales (números 4, 7 y 8 de la figura 2) las acumulaciones son las formas mejor representadas o —en la mayoría de los casos— casi exclusivas. En el resto de los cortes están en relación con estructuras no removidas de las que proceden parte de los fragmentos constituyentes.

Las estructuras de erosión y relleno (*scour and fill structures*) incluyen los posibles canales de arrecife (*surge channels*). De un tipo parecido son también los rellenos de los huecos y cavidades no producidas directamente por erosión. Todas estas estructuras se distribuyen de un modo irregular, con contactos muy bruscos en todas direcciones. Son fácilmente delimitables, porque se ponen en contacto materiales de diferentes estructuras y/o granulometría. En sección vertical la forma oscila desde lenticular a muy compleja.

Las facies lagunares se localizan en niveles intercalados, no muy potentes por lo general, de calizas con algas. Están especialmente bien desarrolladas en el sector de Purchena en la base del nivel I y de la parte superior del II. En la región oriental no se han detectado con tanta claridad y aunque hay representaciones de estas facies lagunares, los ambientes dominantes fueron de otros tipos de energía ambiental más elevada.

En cuanto a los materiales detríticos destaquemos, una vez más su importancia variable, a lo largo del tiempo, en la sedimentación, de modo que aparecen desde niveles detríticos bien desarrollados, hasta cantidades despreciables o nulas en el seno de las rocas arrecifales masivas.

V. 2. *Desarrollo arrecifal.*

El desarrollo del complejo arrecifal es muy diferente según la parte del mismo que se considere. Un arrecife está constituido por un conjunto de subambientes en los que las condiciones energéticas y vitales son muy diversas a lo largo de tiempo. Por ello, los depósitos resultantes van a mostrar, también, rasgos diferenciales que reflejan esas condiciones.

Además, los subambientes evolucionan en el tiempo y se sitúan en posiciones diferentes, por lo que una sección levantada en cualquier punto de un arrecife contendría depósitos característicos de varios de ellos que, normalmente, estarán en íntima relación. Se obtienen así secuencias muy diversas (HECKEL, 1974; BLOOM, 1974; PURDY, 1974; SELLEY, 1970, ZANKL y SCHROEDER, 1972 a y b).

Ejemplos de estas afirmaciones se recogen en las secciones de la figura 2, a partir de las cuales se ofrece un bosquejo del desarrollo del arrecife en las etapas más representativas.

V.2.1. *Implantación.*

En la figura 2 se indica cómo los niveles arrecifales se apoyan sobre materiales detríticos poco o nada cementados. Además el depósito arrecifal se lleva a cabo entre etapas de sedimentación eminentemente terrígena. No puede, por consiguiente, separarse la imagen de estos arrecifes de su relación con las rocas detríticas que aparecen, incluso, interestratificadas en ellos.

En estas condiciones el desarrollo de estos arrecifes coralinos no se lleva a cabo sobre una cuenca consistente como los ejemplos actuales del Pacífico (KUENEN, 1950; MAXWELL, 1968), sino sobre fondos poco consistentes del tipo de los encontrados en el Golfo de Batavia o la Plataforma de la Sonda (KUENEN, 1950; TEMIER y TEMIER, 1960), y costa oeste de Sumatra (UMBROVE, 1937; en KUENEN, 1950).

El proceso de implantación está condicionado, pues, por dos factores diferentes: de una parte, la ausencia de un substrato firme, y, de otra, la sedimentación detrítica simultánea, que entorpece el crecimiento, pues tiende a enterrar los organismos colonizadores. Los primeros arrecifes verdaderos deben haberse desarrollado sobre protuberancias más firmes, o en la propia costa, pero en la casi totalidad de los casos se inicia la sedimentación arrecifal con el depósito de brechas coralinas o calcarenitas o biostromas de lamelibranchios (sobre todo Ostreídos). El papel más importante de estas acumulaciones es comportarse como áreas algo levantadas respecto al fondo que, en muchos casos, serán enterradas de nuevo, pero que, en otros, darán asiento a colonias de algas o corales que comenzarán la construcción de un edificio arrecifal resistente (Véanse a este respecto, HUBBARD y POCKOCK, 1972).

En los puntos donde no se consiga este asiento sobre rocas algo más coherentes o acumulaciones de fragmentos organógenos, el proceso de implantación queda en situación muy comprometida y será fácilmente sofocado por las condiciones ambientales adversas. A gran escala se comprende, entonces, la morfología de este tipo de arrecifes formando manchas irregulares semejantes a las *patch reefs*, separadas por zonas donde los restos de la actividad biológica son casi inexistentes. Un caso intermedio es aquel, también frecuente en esta región, en que la única muestra de actividad biológica queda reducida a biostromas o bancos no consistentes, de ostreídos y algún otro lamelibranchio, sin edificación de arrecifes verdaderos.

V.2.2. *Crecimiento.*

El crecimiento del arrecife se lleva a cabo gracias a la acción constructora de las algas y corales. No obstante, los principales depósitos en cuanto a volumen y distribución, son las acumulaciones de fragmentos que fosilizan como brechas y calcarenitas. Una de las características de la sedimentación es la mezcla

irregular de los diversos materiales, removidos o no. Las algas juegan un importante papel por su actividad cementante de los detritus y de relleno de huecos.

Entre las masas en crecimiento, la acción del oleaje y mareas excava canales y surcos por los que las aguas invaden la llanura arrecifal y la laguna. En ellos se depositan calcarenitas y calciruditas.

V.2.3. *Condiciones de vida.*

Según progresa el desarrollo de los sistemas arrecifales, las condiciones en que se desenvuelve su vida van cambiando. Por una parte el arrecife es influido por las condiciones generales de la cuenca, pero, a su vez, influyen sobre éstas modificándolas a lo largo de su crecimiento. Tenemos, así, un ambiente que evoluciona según un delicado equilibrio entre subsidencia, clima y tipo y cantidad de aportes.

La actividad biológica se traduce, en el sector de Purchena-Cantoría, en la modificación de la sedimentación, que pasa de ser detrítica a carbonatada.

Los corales y algas pueden crecer, coexistiendo con un depósito terrígeno relativamente importante (KUKAL, 1971; KUENEN, 1950), pero el hecho de que el material de relleno de los corales esté casi desprovisto de elementos detríticos, lleva a la conclusión de que durante su crecimiento y depósito éstos eran prácticamente inexistentes en muchos sectores (véanse, p. ej., las columnas 1, 2, 3, 5 y 6 de la figura 2), o tenían muy escasa importancia (columnas 4, 7 y 8 de la figura 2).

Es evidente que durante el depósito de los materiales arrecifales hubo alguna causa que impidió la invasión masiva, por su parte, de los sedimentos terrígenos de las áreas arrecifales florecientes. Una explicación simplista sería la detención del aporte detrítico a la cuenca por una causa externa a ella, tal como un cambio climático importante con disminución o casi anulación de las precipitaciones y con ellas de dichos aportes; otra podría buscarse en la desviación repentina —o gradual— de los aportes hacia otras zonas de la cuenca, causada por un cambio en los cursos de aguas subaéreas o en la distribución del sistema de corrientes de la cuenca. Finalmente, cabe la posibilidad de que no hubiese ningún cambio importante fuera o dentro de la cuenca, pero que el desarrollo de los arrecifes cerca de la costa originase unas barreras que impidieran la progresión hacia el interior de la cuenca de los sedimentos terrígenos.

Posiblemente la explicación esté en más de uno de los mecanismos indicados. Parece muy probable que el crecimiento de los arrecifes alterase el sistema normal de corrientes coincidiendo, quizá, con una época de condiciones favorables para su desarrollo por causas climáticas externas, no necesariamente muy diferentes de las que regían anteriormente. No obstante, la existencia de yeso en los sedimentos detríticos in-

tercalados en el nivel II de Purchena y en otros muchos puntos y de celestina en el interior de los restos de corales, sugiere que, en efecto, las condiciones climáticas debieron cambiar hacia una mayor aridez que favoreció la actividad biológica y frenó algo los aportes detríticos (véanse ejemplos actuales, en PURSER-ED, 1973).

V.2.4. *Destrucción y fin del medio arrecifal.*

La sucesión general de los materiales del Sector del río Almanzora aparece como una secuencia transgresiva.

El fin del sistema arrecifal es la invasión por el material detrítico fino que ahoga el crecimiento.

Es de destacar que tan solo en unos pocos casos se han encontrado huellas de que, una vez muerto el arrecife, se haya vuelto a producir alguna sedimentación de este tipo. En ocasiones sobre los arrecifes muertos se encuentra algún nivel con abundantes algas sueltas o fijas sobre cantos de rocas metamórficas o con fragmentos coralinos removidos, que pueden interpretarse como depósitos de material arrecifal erosionado en zonas más o menos cercanas.

Una vez consumada la destrucción de los arrecifes se depositan los materiales lutíticos y carbonatados de la formación de Tierras Blancas, en un medio marino profundo y alejado de costas. Destaca, cerca de la base de esta formación, la existencia de algunos niveles de areniscas de extensión lateral variable con laminaciones y graduaciones de tamaño de grano que alcanza incluso el tamaño rudita.

IV. PALEOGEOGRAFÍA.

A lo largo de los apartados anteriores se han ido indicando de modo resumido las características sedimentarias y genéticas de las diferentes formas arrecifales que se encuentran en la región de Purchena-Albox. A continuación, se van a exponer someramente las líneas generales de la paleogeografía de la región durante el Mioceno superior.

En esa época el mar ocupaba la mayoría del dominio continental actual, emergiendo tan solo algunos relieves aislados, sometidos a intensa erosión, tales como parte del conjunto Sierra Nevada-Sierra de los Filabres y de Sierra de las Estancias. Gradualmente, en el Mioceno superior (y Plioceno) se fue individualizando un entrante en la costa cuyo fondo lo constituía la Depresión de Guadix-Baza y que comunicaba con el mar abierto por la región comprendida entre las sierras de los Filabres y de las Estancias. En ella se desarrolló la sedimentación arrecifal que nos ocupa. La Formación de Serón-Caniles representa un depósito cercano a costas en medio marino (contiene biostomas de algas y ostreídos). Los sedimentos que

la integran están muy mal seleccionados, son heterométricos y muy inmaduros. MALDONADO (1970) describe en ellos diversas estructuras sedimentarias primarias desde coladas de barro hasta paleocanales y *convolute bedding*, en el límite con la Depresión de Guadix-Baza. Posiblemente el depósito se hiciera, según los sectores, en medios marinos someros hacia el Este y en medio fluvio-lacustre hacia el Oeste de Serón en la Depresión de Guadix-Baza.

En algunos momentos del depósito de esta formación se desarrollan arrecifes verdaderos (biohermos y sus depósitos asociados) o biostomas. Se han localizado, en la base, al Este de Serón o a diversas alturas estratigráficas en la serie al Oeste de Serón y en Armuña de Almanzora, entré Serón y Purchena (véase mapa de situación, figura 1).

El máximo del crecimiento arrecifal se produce en la transición de la sedimentación marina somera a marina más alejada de costas. Los arrecifes se disponen formando manchas con desarrollo vertical muy variable (*path reefs*), del tipo de arrecifes de barrera, ya que entre ellos y la línea de costas se extendían lagunas. No se han detectado arrecifes costeros, en relación con un sustrato rocoso en el margen de la cuenca.

El complejo arrecifal (se utiliza esta expresión para denominar el conjunto de los depósitos ligados al desarrollo de un arrecife, sean biohermales o biostomáticos), actuó como barrera y condicionó (o al menos contribuyó) el comportamiento de la Depresión de Baza, como zona de albufera con circulación restringida de aguas, en la que la fauna está empobrecida y hay depósitos de yeso interestratificados en las series lutíticas. Hacia el este se extendía el mar abierto, con depósitos detríticos finos y medios.

Este dispositivo se refleja también en las columnas de la figura 2. En efecto, en la región de Purchena se encuentra yeso en los niveles detríticos intrestratificados en los arrecifes. En esa región se han localizado, además, los mejores ejemplos de facies lagunares, tanto en el nivel I como en el II. Predominan las formas masivas en posición de vida. Las direcciones de paleocorrientes indican la existencia de taludes arrecifales locales buzando el Norte y Noroeste.

Por el contrario, las series más orientales (números 4, 7 y 8 de la figura 2) reflejan unas condiciones de alta energía ambiental, con predominio de las brechas a menudo orientadas formando estratificaciones cruzadas. Esto es natural, ya que esa sería la zona más expuesta a la acción demolidora del oleaje, de cara al mar abierto. Nótese, además, que en los Mármoles (columna 8, figura 2) se desarrollan biostomas de ostreídos cuya resistencia debía ser muy limitada y aparecen removidos y mezclados con trozos de corales y con gasterópodos. Las direcciones de paleocorrientes deducidas a partir de las estratificaciones cruzadas, son congruentes en todas las series orientadas e indican una inclinación del posible talud arrecifal

(reef slope) hacia el Este y Sureste que es donde se situaría el mar abierto (*open shelf*) (fig. 1).

La tendencia transgresiva de la región conduce a un aumento de la batimetría y se produce la desaparición de los arrecifes ligada también, posiblemente, a un aumento en la cantidad de material fino en suspensión en el agua, que la enturbiaría, dificultando la penetración de la luz y el normal desarrollo de los organismos constructores.

La transgresión se marca claramente en los bordes de la actual cuenca del río Almanzora donde los afloramientos de la Formación de Tierras Blancas sobrepasan los de la Formación de Serón-Caniles y llegan a situarse, directamente, en discordancia sobre los materiales béticos (véanse, por ejemplo, el sector de Urracal, o entre Urracal y Partalao) o, conservándose una mínima potencia no superior al metro, de conglomerados de la Formación de Serón-Caniles (sector sur de Pines). También al oeste de Albox se aprecia este hecho con claridad. En las regiones centrales de la cuenca, la transición entre ambas formaciones es gradual (sector de Los Mármoles) y no hay indicios de discordancia.

En épocas más recientes se produce la colmatación de la cuenca con desarrollo de glaciares de relleno, y, con posterioridad, un levantamiento general de la región del orden de 400 metros en Albox y 600 m. en Purchena, que produce una intensa erosión y el encajamiento de la red fluvial. Este levantamiento guarda relación con el de las sierras colindantes, pero ha sido menos acusado, por lo que la cuenca del río Almanzora se comporta como una depresión alargada entre las Sierras de los Filabres y de las Estancias. El hundimiento se ha visto favorecido por la actuación de fallas que laminan los materiales neógenos en muchas localidades del borde.

La intensa erosión ha eliminado los afloramientos neógenos que, por lo menos parcialmente, deberían cubrir las sierras citadas y en las que se podrían haber estudiado la evolución transversal de las facies lagunares, a las costeras y, en su caso, continentales.

BIBLIOGRAFÍA.

- BATHURST, R. G. C. (edit.).
1971. *Carbonate Sediment and their diagenesis*. Elsevier, Amsterdam, 620 págs.
- BLOOM, A. L.
1974. Geomorphology of reef complexes. *Soc. Ec. Pal. & Min. Spec. Pub.*, 18, 1-8.
- CUMMINGS, E. R.
1932. Reef of biohermes? *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 43, 331-332.
- DABRIO, C. J.
1974. Los niveles arrecifales de Neógeno de Purchena (SE cordilleras béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 5, 79-88.
- EGELER, C. G. y SIMÓN, O. J.
1969. Sur la tectonique de la Zone Bétique (Cordillère Bétique, Espagne). Etude basée sur les recherches dans la secteur compris entre Almería et Vélez Rubio. *Verh. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, V-XXV; 390 págs.
- EVAMY, B. M.
1963. The application of a chemical staining technique to a study of dolomitization. *Sedimentology*, 2, 164-170.
- HECKEL, P. N.
1974. Carbonate buildups in the Geologic Record: a Review. *Soc. Ec. Pal. & Min. Spec. Pub.*, 18, 90-154.
- HUBBARD, J. A. E. B. y POCOCK, Y. P.
1972. Sediment rejection by recent scleractinia corals: a Key to paleo-environmental reconstruction. *Geol. Rund.*, 61, 598-626.
- KRUMBEIN, W. C. y SLOSS, L. L.
1963. *Stratigraphy and Sedimentation*, Freeman, San Francisco, 660 págs.
- KUENEN, PH. H.
1960. *Marine Geology*, Wiley, 568 págs.
- KUKAL, Z.
1971. *Geology of recent sediments*, Academic Press-Londres, 490 págs.
- MALDONADO LÓPEZ, A.
1970. Estudio Geológico de la región Caniles-Serón (Cordillera Bética), *Bol. Geol. y Min.*, 56, 6-22.
- MANTEEN, A. A.
1971. *Silurian reefs of Gotland*, Elsevier, Amsterdam, 539 páginas.
- MARTÍN GARCÍA, L.
1972. Estudio litoestratigráfico del Neógeno-Cuaternario del Valle del Almanzora (Sector Serón-Purchena). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 3, 121-132.
- MAXWELL, W. G. H.
1969. *Atlas of the Great Barrier reef*, Elsevier, Amsterdam, 258 págs.
- PETTIJOHN, F. J.
1954. Classification of Sandstones, *J. Geology*, 62, 300-305.
- PURDY, E. G.
1974. Reef configurations, cause and effect. *Soc. Ec. Pal. & Min. Spec. Pub.*, 18, 9-76.
- PURSER, B. H. (Edit.).
1973. The Persian Gulf-Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea. *Springer-Verlag*, Berlín, 471 págs.
- SANDERS, J. E. FRIEDMAN, G. M.
1967. Origin and occurrence of limestones, In: *Carbonate rocks. Origins, Occurrence and Classification* (G. V. chilingar, H. J. Bissell y R. W. Fairbridge, edits.). Elsevier, Amsterdam, 169-265.
- SELLEY, R. C.
1970. *Ancient sedimentary environment. A brief survey*. Chapman & Hall, 237 págs.
- SHEPARD, F. P.
1948. *Submarine geology*, Harper Brothers Pub. New York, 348 págs.

- TALBOT, M. R.
1972. The preservations of Scleractinian Corals by Calcite in the Corallian Beds (Oxfordian) of Southern England. *Geol. Rund*, **61**, 731-742.
- TERMIER, H. y TERMIER, G.
1960. *Erosion et sedimentation*, Masson, París, 412 págs.
- VERA, J. A.
1969. Características estratigráficas de la Serie de Baza, Depresión de Guadix-Baza. *Acta Geol. Hispánica*, **4**, 14-17.
1970 a. Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza. *Geol. Bol. y Min.*, **71**, 429-462.
1970 b. Facies del Plioceno en la Depresión de Guadix-Baza. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **1**, 23-35.
- VOET, H. W.
1967. *Geological investigation in the northern Sierra de las Filabres, around Macael and Codbar, South-eastern Spain*. Tesis Doctoral, Universidad de Amsterdam, 122 págs.
- VÖLK, H. R.
1967. *Zur geologie und stratigraphie des Neogembekens von Vera, Sudost-Spanien*. Tesis Doctoral Univ. Amsterdam, 160 págs.
- VRIES, W. C. P. y ZWAN K. B.
1967. Alpujarride Sucesion in the central part of the Sierra de las Estancias, province de Almería, SE Spain. *Proc. kon. Akad. v. Wetensch.*, Ser. B., **70**, 443-453.
- ZANKL, H. y SCHROEDER, J. H.
1972 a. Ecology, Sedimentology and diagenesis of Recent and fossil reefs. *Geol. Rund.*, **61**, 480-483.
1972 b. Interaction of genetic processes in Holocene reefs off North Eleuthers Islands y Bahamas. *Geol. Rund.*, **62**, 520-541.

Recibido para su publicación el 3 de marzo de 1975.