

Brechas y paleokarst en los depósitos jurásicos de la «Serra de Tramuntana» de Mallorca

J. J. FORNÓS⁽¹⁾, A. RODRÍGUEZ-PEREA⁽¹⁾ y J. ARBONA⁽²⁾

(1) Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.

(2) Museu Balear de Ciències Naturals, Ap. 55, Sóller. Mallorca.

RESUMEN

En la Serra de Tramuntana de Mallorca aflora un volumen importante de materiales calcáreos brechados atribuidos al Jurásico. En este trabajo se revisan los diversos criterios aplicados en la bibliografía para analizar la génesis de los diversos tipos de brechas, y se aplican al estudio de las brechas de la Serra de Tramuntana. Se han diferenciado dos tipos de brechas: brechas sinsedimentarias y por disolución evaporítica. Las primeras son la únicas indiscutiblemente jurásicas, mientras que las segundas podrían relacionarse con diversos episodios de emersión premiocenos, al igual que un tercer tipo de depósitos (brechas y areniscas) que rellenan cavidades kársticas situadas a techo de los materiales mesozoicos.

Palabras clave: Brechas. Karst. Jurásico. Paleoceno. Mallorca.

ABSTRACT

A great volume of carbonate breccias build up the «Serra de Tramuntana» of Mallorca. Several criteria have been used to identify carbonate brecciation processes and some of them are useful to describe the process that took place in Muleta (Sóller) and Sa Calobra areas. Sinsedimentary breccias and breccias formed by evaporite dissolution and collapse are described in these regions. These breccias are affected by karst cavities filled by collapse boulders, gravels and sandstones. These karstic processes are presumably Paleocene in age, while the evaporite dissolution breccias could indicate one or several premiocene exposure episodes.

Key words: Carbonate breccias. Karst. Jurassic. Paleocene. Mallorca.

INTRODUCCIÓN

En Mallorca los depósitos mesozoicos afloran a lo largo de dos alineaciones montañosas (Serra de Tramuntana y Serres de Llevant) y en algunas localidades dispersas de los llanos centrales. La estructura que presentan

es compleja. Puede definirse como un conjunto de láminas cabalgadas hacia el NW que involucran una serie estratigráfica que se extiende desde el Carbonífero hasta el Mioceno medio (Darder, 1914 y 1925; Fallot, 1922; Colom, varios trabajos y síntesis en 1975; Pomar *et al.*, 1983; Alvaro *et al.*, 1984; Sàbat 1986; Rodríguez-Perea y Ramos, 1984).

Se trata de algunos retazos de lutitas carboníferas en las unidades inferiores, un Pérmico no datado y un Triásico en facies germánicas, también situado en las unidades tectónicamente más bajas. El Jurásico es predominantemente calcáreo en volumen y depositado en ambientes de plataforma. Los depósitos mesozoicos pelágicos pertenecen al Jurásico medio y superior y al Cretácico y afloran predominantemente en las láminas cabalgantes superiores. El terciario está representado por materiales paleógenos (a partir del Eoceno medio) de origen continental o marino somero y por sedimentos neógenos (hasta el Mioceno medio) en facies de plataforma mixta y de turbiditas calcáreas (Colom, 1975; Pomar *et al.*, 1983; Fornós *et al.*, 1984; Barnolas, 1984). En el resto de la Isla afloran sedimentos postorogénicos tabulares que rellenan diversas cuencas subsidentes desde el Mioceno medio-superior hasta la actualidad (Pomar *et al.*, 1983).

La existencia de potentes depósitos de brechas (fig. 1) no ha merecido una atención preferente por parte de los distintos investigadores que se han referido a los depósitos mesozoicos de la Serra de Tramuntana (La Marmorera, 1835; Hermite, 1879; Nolan, 1895; Collet, 1909; Darder, 1914; Fallot, 1922; Colom, diversos trabajos y síntesis en 1975). La primera referencia a las brechas como unidades diferenciadas es de Rodríguez-Perea

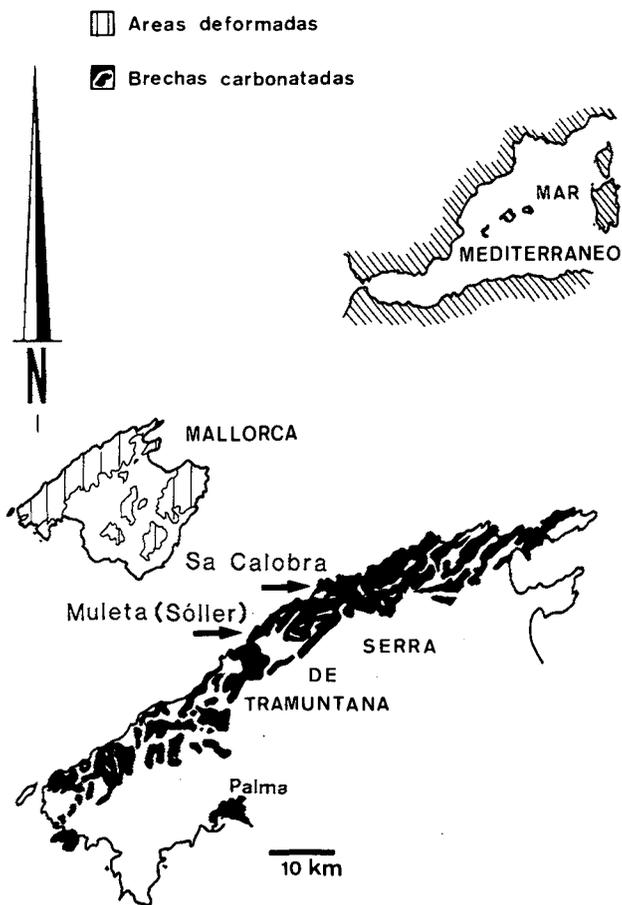


Figura 1. - Situación de los afloramientos de brechas carbonatadas en la Serra de Tramuntana según datos del Instituto Geológico y Minero de España (en prensa) y localización de las dos áreas estudiadas: Sa Calobra y Muleta.

Figure 1. - Location of carbonate breccia outcrops in the Serra de Tramuntana (after Instituto Geológico y Minero de España, in press). Arrows show the study areas of Sa Calobra and Muleta.

(1981) quien define los depósitos de brechas premiocenas como «Unidad de Brechas de Valldemosa» aunque sin atribuirles una génesis ni una edad precisa. El IGME (en prensa) dentro del plan MAGNA, cartografía parte de los niveles de brechas de la Sierra Norte o de Tramuntana y les atribuyen una edad de Oligoceno sup.-Aquitaniense (Alvaro *et al.*, 1984), describiéndolas como diferentes litofacies de carácter delapsional y lagunar. Barnolas (1984) y Van der Hurk (1985) también describen las unidades de brechas.

Este artículo se refiere a las unidades de brechas que conforman parte de los depósitos considerados liásicos de la Serra de Tramuntana (fig. 1). En ellas han podido

diferenciarse dos tipos de brechas que presentan caracteres y génesis diferentes y que no sólo permiten precisar la estratigrafía de la Serra sino que proporcionan también precisiones acerca de su estructura.

LAS BRECHAS CARBONATADAS: TIPOS Y GÉNESIS

A pesar de los repetidos intentos de clasificación no ha sido posible hasta la fecha establecer criterios aceptados por los diversos autores que permitan unificar la nomenclatura de las brechas carbonatadas. Blount y Moore (1969) y Futchbauer y Richter (1980), entre otros, proponen clasificaciones específicas para brechas calcáreas, el primero, y para brechas en general el segundo.

De cualquier forma, hay que señalar que determinados términos alcanzan el consenso necesario y se generalizan en el uso. No existen problemas terminológicos al hablar de *brechas tectónicas*, ni tampoco al referirnos a las *brechas por disolución evaporítica*, a las *brechas de talud carbonatado* o a las *brechas kársticas*, aun cuando sea difícil establecer criterios inequívocos para su identificación. Otra cosa sucede con términos más generales como *brechas intraformacionales*, *brechas deposicionales* y *no deposicionales*, *brechas internas*, *brechas sinsedimentarias* o *brechas gravitacionales* para las que no se observa una generalización suficiente que garantice su utilización.

En este trabajo se utilizan los siguientes términos bajo el significado específico que a continuación se propone para designar diversos tipos de brechas carbonatadas.

Brechas carbonatadas tectónicas

Brechas carbonatadas en relación directa con la actividad de fracturas, en general muy angulosas, con matriz pulverulenta, oligomicticas excepto cuando la fractura pueda afectar a brechas polimicticas preexistentes o a estratos de litologías diversas. La característica principal de las brechas tectónicas es su orientación. Futchbauer y Richter (1980) sólo consideran como realmente tectónicas las brechas de cizalla, en cambio Blount y Moore (1969) aplican el concepto de brecha tectónica de forma excesivamente amplia ya que incluyen todos los depósitos brechados en las proximidades de fracturas extensivas.

Brechas carbonatadas por disolución evaporítica

Brechas calcáreas o dolomíticas producidas por el colapso de capas calcáreas o dolomíticas interestratificadas con evaporitas al producirse la disolución de dichas evaporitas (Middleton, 1961). Presentan fenómenos de dedolomitización (Blount y Moore, 1969; Folk y Siedlecka, 1974; Warrak, 1974; etc.) y de hidratación deshidratación de sulfuros (Middleton, 1961; Kendall, 1969; Folk y Siedlecka, 1974; Warrak, 1974; Assereto y Kendall, 1977; Burgers y Lee, 1978; Futchbauer y Richter, 1980; Assereto y Folk, 1980; entre otros). Son preferente-

mente monomíticas y estratorrelacionadas; las bases de los cuerpos de brechas suelen ser planas, mientras que a techo son transicionales. Pueden ser correlacionables estratigráficamente con evaporitas (Bowles y Braddock, 1963; De Mille *et al.*, 1964; Stanton, 1966; Clifton, 1967) o con ambientes perieaporíticos. Los clastos contienen con frecuencia pseudomorfo evaporíticos (Beales y Oldershaw, 1969).

Brechas kársticas

Dentro de las brechas originadas por procesos kársticos pueden diferenciarse dos tipos: las generadas por colapso de cavidades y las generadas por el relleno de dolinas o cavernas. Tanto unas como las otras se caracterizan por encontrarse en afloramientos localizados, a veces groseramente estratorrelacionables y en general oblicuos o perpendiculares a la estratificación. Los contactos con la roca encajante son siempre irregulares y en muchas ocasiones netos. No es frecuente la presencia de espeleotemas, se observan disoluciones en los cantos con figuras de corrosión y clastos redondeados (Merrill y Winar, 1958; Roberts, 1966; McCaleb y Wayhan, 1969; Company *et al.*, 1982; Wright, 1982; Gillet, 1983; Mussman y Read, 1986).

En el caso de colapso de cavidades los clastos son en general angulosos, presentan fábrica «clast-supported» no están granoclasificados, son oligomíticos y cuando se observa el techo de la cavidad pueden presentarse superficies escalonadas correspondientes a los diversos niveles de desplome (Gillet, 1983). La matriz es calcárea con contenidos variables de insolubles y, en general, con presencia importante de granos de cuarzo. Cuando se trata de rellenos kársticos las litologías y las texturas pueden ser muy variables desde limos y arenas hasta bloques. Cuando se trata de sedimentos finos se presentan laminados con deformaciones gravitacionales («slumps») y fracturas distensivas) hacia el centro de la cavidad (Mussman y Read, 1986) y con elevado contenido en insolubles y en cuarzos. Estos depósitos se encuentran tanto en depresiones localizadas sobre la topografía kárstica como rellenando fisuras que pueden penetrar muchas decenas de metros bajo la superficie expuesta. Los sedimentos gruesos son en general polimíticos, heterométricos, de angulosos a redondeados y con gran frecuencia sin granoclasificación. La matriz presenta características similares a las descritas para los depósitos finos con abundantes insolubles y cuarzos.

Brechas carbonatadas sinsedimentarias

Aun cuando la terminología de este tipo de brechas no está bien definida, sí debe señalarse la presencia entre las brechas carbonatadas de depósitos que prácticamente no han sufrido transporte y en los que su génesis está estrechamente ligada al ambiente sedimentario en que se encuentran. Dentro de ella hay que distinguir las formadas en condiciones subaéreas de las que se desarrollan en condiciones supra e intermareales. Ambas se caracterizan por presentar un buen encaje entre los cantos que suelen ser oligomíticos.

Las primeras están en relación con costras carbonatadas, pisolitos, perfiles edáficos, moldes de raíces, etc. y se presentan con geometrías horizontales más o menos lenticulares (Harrison y Steinin, 1976; y Wright, 1982; entre otros).

Las segundas se sitúan en ambientes estromatolíticos asociados a ambientes perimareales en los que la desecación intermitente juega un papel importante en su formación. Se relacionan en unos casos con estructuras tipo «tepee» (Burri *et al.*, 1973; Assereto y Kendall, 1977) y en otros con períodos esporádicos de alta energía sobre ambientes deposicionales de baja energía (temporales o mareas de alta energía sobre áreas del inter o supramareal, Roehl, 1967). En algún caso se han descrito como «flat pebble breccias». Sus geometrías suelen ser también lenticulares o estratiformes.

Brechas carbonatadas de talud

Se trata de depósitos ligados a una ruptura topográfica bien por subsidencia diferencial, levantamiento tectónico o, progradación sedimentaria. Cuando la ruptura topográfica se produce sobre depósitos carbonatados en condiciones subaéreas las brechas carbonatadas, que tienden a acumularse al pie del talud creado presentan los mismos caracteres que los depósitos no carbonatados de abanicos aluviales proximales. En cambio, cuando el talud se crea en un área carbonatada marina, los sedimentos se intercalan como bloques alóctonos, megabrechas y flujos en masa en los sedimentos propios del talud (depósitos finos con frecuentes cicatrices de slump en el talud superior y masas «slumpizadas» en el talud inferior). Las brechas se presentan a menudo groseramente granoclasificadas y forman un delantal de facies gruesas paralelas al talud (Conaghan *et al.*, 1976; Cook y Taylor, 1977; McIlreath, 1977; Reinhardt, 1977; Futchbauer y Richter, 1983; entre otros).

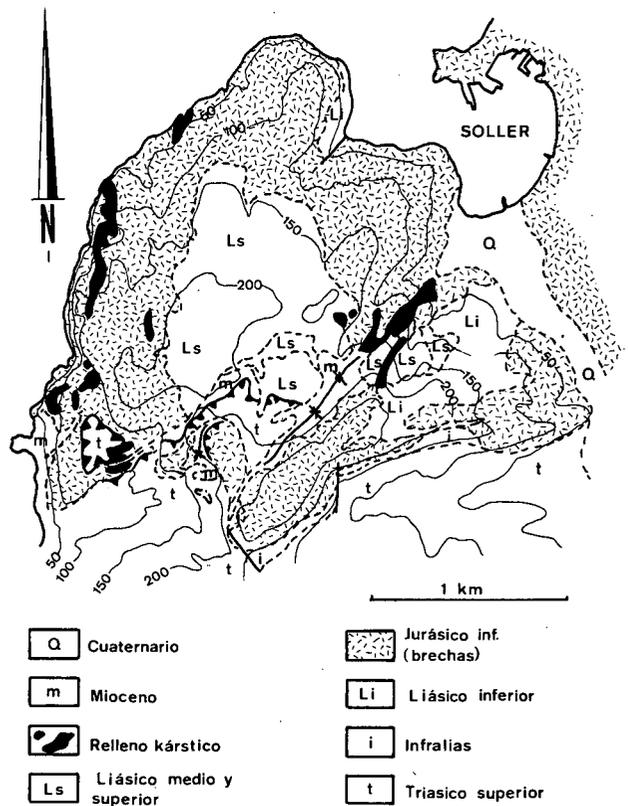


Figura 2. - Cartografía geológica del área de Muleta (Sóller). Obsérvese la disposición geométrica de los niveles de brechas, concordantes con la serie estratigráfica, así como las alineaciones de los rellenos kársticos y la fosilización de éstos por el Mioceno.

Figure 2. - Geologic Map of Muleta (Sóller) showing the stratigraphical relationship between the Type A Breccias and the other liasic units. Type B breccias show oriented outcrops and Miocene deposits clearly overlies both breccia types.

LAS BRECHAS CARBONATADAS DE LA SERRA DE TRAMUNTANA

Brechas tipo A (sinsedimentarias y por disolución evaporítica)

La cartografía realizada en el área de Muleta (fig. 2) junto con las series realizadas en la carretera de bajada a Sa Calobra (fig. 3) permiten identificar una unidad de brechas situada estratigráficamente entre el Triásico superior y el Lias margoso (Pliensbachiense).

Su potencia es irregular y alcanza los 150 m en Sa Calobra. En su base se sitúan dolomías oscuras y carniolas en tránsito hacia el Infralías, mientras que a techo pasa gradualmente hacia capas bien estratificadas que constituyen la base de las margas con braquiópodos domerienses. Los términos inferiores de la unidad están formados por una alternancia de niveles brechados, que son mayoritarios, con niveles laminados que en algún caso presentan brechas de cantos planos. Los cantos de las brechas son oligomícticos, de subangulosos a angulosos, ligeramente heterométricos y están formados por calizas micríticas finamente recrystalizadas de color gris oscuro y gris claro y gran parte de ellas presentan laminación muy fina.

La parte central de la unidad se encuentra más brechificada que en sus términos inferiores. Las brechas son muy heterométricas, oligomícticas y subangulosas a muy angulosas. No obstante, el buen encaje (*fitting*) de los cantos se mantiene a lo largo de esta parte central y pueden reconocerse algunas superficies relictas de la estratificación. En la parte superior se repiten de nuevo las intercalaciones de brechas, siempre mayoritarias, con ni-

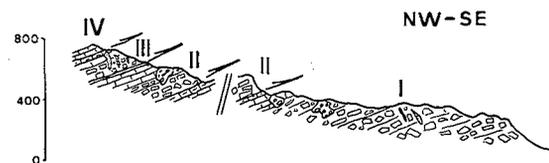
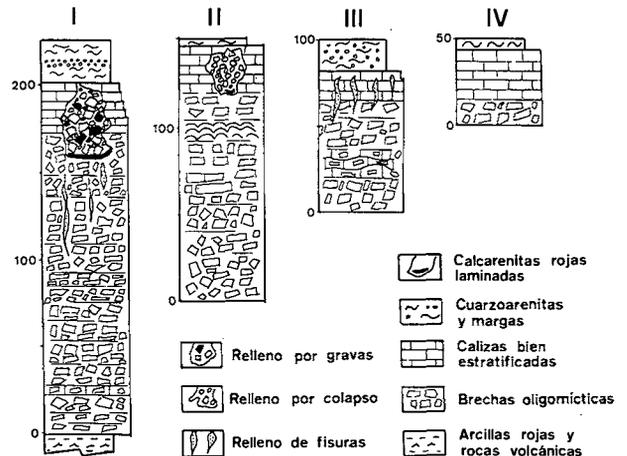


Figura 3. - Series estratigráficas y disposición estructural de los materiales de Sa Calobra.

Figure 3. - Stratigraphic and structural sections in Sa Calobra area.

veles calcáreos, en general masivos, aunque en algún caso se encuentran finamente laminadas con estructuras estromatolíticas y de *tepees*. En los niveles más altos en los que predominan las brechas se observa un tránsito rápido a capas bien estratificadas de calizas grises.

LAMINA I. Microfacies de las brechas.

Fig. a. - Aspecto petrográfico de los niveles de brechas monomícticas tipo A. Se observan clastos de calizas micríticas grises (mudstones and wackestones con ostrácodos) finamente recrystalizadas, afectados por dos sistemas de grietas de tensión.

Fig. b. - Pseudomorfos de evaporitas dentro de los clastos de las brechas monomícticas.

Fig. c. - Corrosión de los clastos de las brechas monomícticas.

Fig. d. - *Microcodium* presente en el techo de las brechas indicando procesos edáficos.

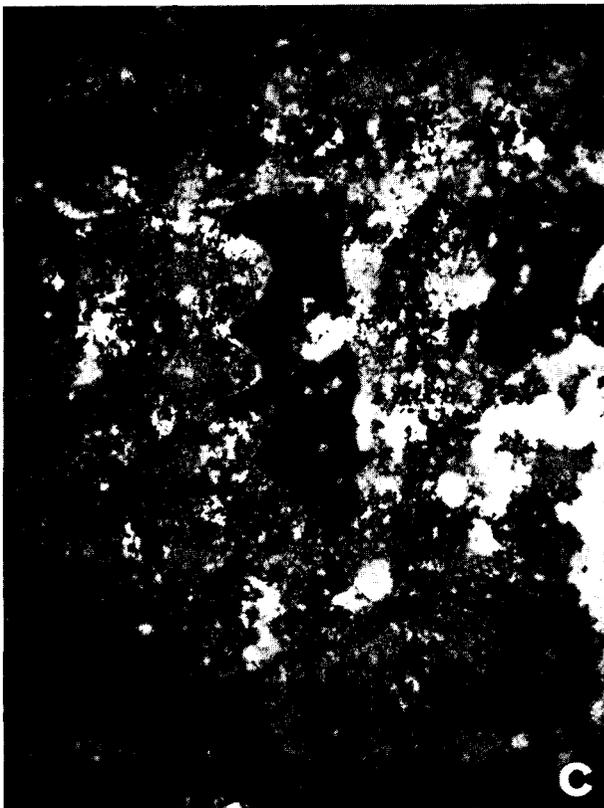
PLATE I. Thin sections of the breccia facies.

Fig. a. - Petrographic view of monomyctic type A breccia. Slightly recrystalized grey limestones (mudstones and wackestones with *Ostracoda*) show two crack systems which predate the brecciation process.

Fig. b. - Pseudomorphs of evaporites are constituents of monomyctic breccias.

Fig. c. - Corrosion figures in monomyctic breccias.

Fig. d. - *Microcodium* structures on top of breccia units as an indicator of edaphic processes.



Petrográficamente pueden reconocerse algunas de las características de la roca original examinando las litologías de los clastos. Predominan los mudstones y wackestones de ostrácodos (lam. I, fig. a) que presentan frecuentemente pseudomorfos de evaporitas (lam. I, fig. b) y son componentes muy minoritarios algunos *grainstones* oolíticos. En algún caso se han observado alternancias de niveles milimétricos de *grainstones* oolíticos y *mudstones*.

Los clastos están afectados por al menos dos sistemas de grietas de tensión previas a la brechificación (lam. I, fig. A). Uno de ellos es subparalelo a la estratificación mientras que el otro es oblicuo. Las grietas se encuentran rellenas de esparita, aunque en un caso se ha observado silicificación. Un tercer sistema de grietas de tensión y otro de superficies estilolíticas afecta a las brechas. Estas grietas y los estilolitos no son compatibles. En buena medida los clastos presentan figuras de corrosión en sus bordes (lam. I, fig. c).

Origen

Los caracteres definidos para estas brechas Tipo A indican dos procesos distintos probablemente separados en el tiempo. La presencia tanto en sus niveles inferiores como en los superiores de facies estromatolíticas con *flat pebble breccias* y *tepees* indican periódicas exposiciones subaéreas de los depósitos en ambientes inter o supramareales. La formación de brechas carbonatadas sin-sedimentarias en estas condiciones es más que probable y a este proceso deben atribuirse la génesis de una buena parte de la unidad.

Por otra parte, tanto la presencia de abundantes pseudomorfos de evaporitas como las frecuentes figuras de corrosión de los clastos aboga por una génesis por disolución evaporítica. La posible presencia en sondeos de facies evaporíticas intercaladas con dolomías confirmaría la existencia de este proceso. Indicios regionales y locales de su presencia no confirmados por el momento hacen sugerente dicha hipótesis.

Brechas tipo B (relleno de cavidades kársticas)

Disectando las brechas anteriores así como a los niveles liásicos superiores y posiblemente al resto de los depósitos mesozoicos se encuentran un grupo de brechas carbonatadas que presentan tres facies diferentes observables en las diversas unidades de Sa Calobra y en Muleta.

Relleno por colapso

Situándose con preferencia en las partes superiores de las secuencias de brechas tipo A y disectando al Liásico superior, se encuentran bolsadas de geometría irregular, groseramente cilíndrica, de brechas oligomícticas, heterométricas (desde bloques a matriz limosa), sin prácticamente granoclasificación y de subangulosas a subredondeadas. Las dimensiones de las bolsadas son de métricas a decamétricas siendo en la cartografía de Muleta (fig. 2) alargadas en dirección NNE-SSW mientras que en Sa Calobra son aproximadamente equidimensionales.

Los contactos con la roca encajante son netos en unos casos y menos definidos en otros (cuando la roca encajante está formada también por brechas). De cualquier forma puede definirse su geometría gracias a la ausencia total de estratificación que presentan las bolsadas. En su base se sitúan calcarenitas muy laminadas, a veces con ripples de color pardo rojizo, con abundantes insolubles y cuarzo y con geometría lenticular.

Petrográficamente las brechas están formadas por idénticas litologías que los depósitos encajantes diferenciándose únicamente a veces por cuarzo en la matriz.

Tanto las brechas de relleno por colapso como las micritas laminadas de su base están afectadas por grietas de tensión.

Relleno por gravas

Situadas también a techo de la secuencia liásica afloran bolsadas de brechas polimícticas que disectan los materiales jurásicos y las brechas de tipo A. Presentan geometrías groseramente cilíndricas de dimensiones decamétricas que en Muleta se alargan orientándose de NNE a SSW.

Están formadas por brechas polimícticas, heterométricas, aunque en menor grado que las brechas de relleno por colapso descritas anteriormente y son de subangulosas a subredondeadas. Las litologías son muy variables y alcanzan desde cantos de brechas tipo A a casi todas las litologías presentes en el Jurásico y, probablemente, también en el Cretácico. Este extremo no ha sido posible confirmarlo todavía al estar pendiente de una datación paleontológica.

Los contactos con la roca encajante (fig. 4) son netos pudiéndose observar con facilidad la pared de la cavidad que acoge el relleno.

Petrográficamente se caracterizan por la variedad de litologías y la presencia de una matriz micrítica en la que casi siempre están presentes los granos de cuarzo, tanto

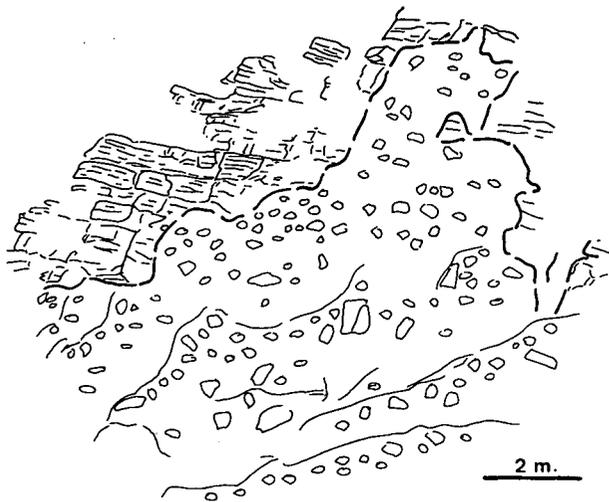


Figura 4. - Caverna kárstica rellena por brechas polimícticas. Obsérvense los contactos netos entre la roca encajante, formada por calizas micríticas grises bien estratificadas y el relleno. Carretera de Sa Calobra.

Figure 4. - Karst cavity infilled by polymictic breccias. A very sharp contact between the well bedded limestones and the breccia infilling can be seen. Road to Sa Calobra.

angulosos como subredondeados procedentes tanto de la disolución de las calizas como de los depósitos cuarzoareníticos suprayacentes.

Al igual que en las brechas de relleno por colapso y en las micritas laminadas, en las brechas de relleno polimícticas se observan grietas de tensión que postdatan a los sedimentos.

Relleno fisural

Tanto en las brechas tipo A como en los niveles de calizas bien estratificadas que se les superponen, se encuentran fisuras (centimétricas de anchura) y alargadas en la vertical, rellenas por sedimentos microconglomeráticos areniscos y limosos de tonalidades rojizas formados por granos de cuarzo subredondeados a bien redondeados (fig. 5).

Presentan localmente granoclasificación y su laminación es de subparalela a 15° discordante con respecto a la estratificación liásica. Se encuentran situados prácticamente a lo largo de toda la unidad de brechas tipo A siendo su frecuencia mayor en los dos tercios superiores de la unidad.

Origen

Los caracteres geométricos que presentan las brechas tipo B son claros indicadores de su relación con cavidades kársticas. Las geometrías cilíndricas o alargadas, los contactos bruscos e irregulares con el material encajante, al que disectan oblicuamente, junto con la presencia de micritas laminadas con cuarzo en la base de algunas bolsadas son caracteres excluyentes de otras posibles interpretaciones. La ausencia prácticamente total de espeleotemas (escasos fragmentos de espeleotemas se encuentran entre brechas similares en la región de Formentor) no sólo no excluye el citado origen kárstico si no que precisa la formación de las fisuras de las cavidades bajo el nivel freático.

Los tres tipos de rellenos diferenciados corresponden a situaciones diferentes dentro del sistema kárstico. Los *rellenos fisurales* se encontrarían tanto en las zonas más profundas del sistema donde la porosidad está en los estadios iniciales, juveniles, como en las ramificaciones más distales de las cavidades más desarrolladas. Tanto el tamaño como la geometría y/o el flujo, necesariamente reducido, que circulaba por dichas fisuras impediría otro

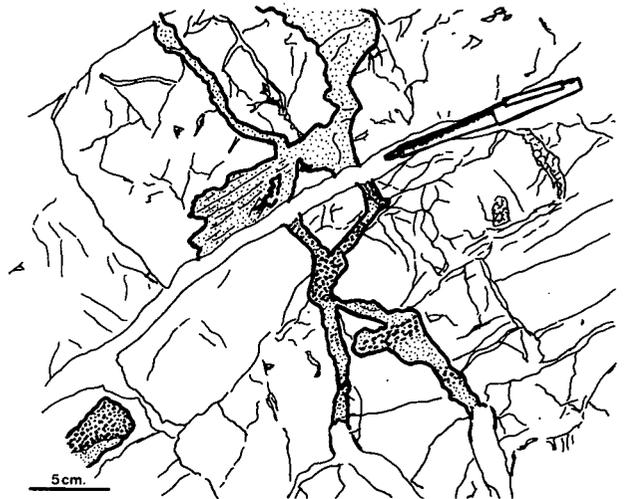


Figura 5. - Relleno fisural por cuarzoarenitas y microconglomerados. Obsérvense la granoclasificación y la laminación interna discordante con la estratificación de los sedimentos liásicos.

Figure 5. - Fissural infilling of quartzarenites and microconglomerates. It shows graded bedding which is slightly oblique to the limestone bedding.

relleno que no fuera el de sedimentos finos, residuos de la disolución kárstica y de elementos insolubles procedentes del exterior (cuarzoarenitas toarcienses).

Los *rellenos por colapso* se producirían cuando la cavidad no está lo suficientemente comunicada con el exterior como para permitir el ingreso en el karst de otros materiales distintos de los insolubles que el mismo sistema genera y acumula en las depresiones de menor flujo hidráulico. Así las micritas laminadas con cuarzo en el fondo de la caverna, indican que cuando se produce el colapso de la misma, el régimen de flujo es escaso. La presencia de grandes bloques métricos junto a cantos y arenas, todos ellos de litologías similares entre sí y a las de la roca encajante abogan también por una génesis por colapso.

El caso contrario se produce en los *rellenos por gravas*. En este caso la cavidad está comunicada con el exterior de forma que facilita su relleno por cantos de las litologías sobre las que se desarrolla. Los cantos sujetos entonces a un mayor transporte presentan una menor heterometría y cuando las litologías se diversifican se hacen polimícticos. No puede descartarse que alguno de los rellenos oligomícticos observados se haya producido de igual forma, al no existir en el área fuente del relleno litologías diversificadas.

PROCESOS EDÁFICOS A TECHO DE LAS UNIDADES DE BRECHAS

Sobre los depósitos mesozoicos de buena parte de la Serra de Tramuntana se sitúan sedimentos miocenos discordantes. Estos depósitos presentan frecuentemente en su base perfiles edáficos y/o sedimentos de abanicos aluviales que, se desarrollan sobre las brechas descritas en este artículo. Cuando se produce esta situación tanto las brechas tipo A como las tipo B presentan, sobre todo en sus niveles superiores, abundantes caracteres edáficos. Son frecuentes entonces entre los clastos de las brechas los componentes pisolíticos y peloidales. También se desarrollan con profusión, envueltas micríticas y son abundantes las estructuras de tipo *Microcodium* (lam. I, fig. d). La diferenciación entre estas brechas edafizadas y las anteriormente descritas se realiza entonces tanto por criterios de facies como de posición estratigráfica en la base de los depósitos miocenos y a techo de las unidades de brechas. No se han observado procesos edáficos que no estén relacionados con los depósitos miocenos.

Al igual que las brechas, las envueltas micríticas, los peloides, pisolitos y *Microcodium* están afectados por grietas de tensión, que también están presentes en los depósitos miocenos.

CRONOLOGÍA Y SIGNIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DESCRITOS

Aun cuando la dificultad de establecer una cronología precisa para los procesos descritos es manifiesta, al no poderse utilizar criterios paleontológicos, si pueden establecerse algunos hechos significativos.

Parte de las brechas tipo A (por disolución evaporítica) postdatan dos episodios tectónicos (sendos sistemas de grietas de tensión) por lo que la disolución evaporítica ha de haberse producido tardíamente respecto a la sedimentación. Por criterios regionales es difícil pensar que se haya producido antes del Cretácico, que en Mallorca presenta facies profundas; no obstante, no pueden descartarse etapas de emersión intrajurásicas.

Las brechas tipo B (brechas kársticas) debían producirse con posterioridad a la sedimentación pelágica del Jurásico medio y superior y posiblemente del Cretácico (contienen cantos de depósitos pelágicos mesozoicos) y con anterioridad al Mioceno inferior. Si consideramos los criterios regionales es sugerente correlacionar el proceso kárstico con la emersión paleocena (no se han encontrado sedimentos de dicha edad en la Baleares) ya que aunque existe una discordancia entre los sedimentos oligocenos y los miocenos, dicha discordancia presenta mucha menor entidad, y no se han encontrado cantos eocenos u oligocenos en las brechas de relleno del karst.

CONCLUSIONES

En los depósitos jurásicos de la Serra de Tramuntana de Mallorca se reconocen varios tipos de brechas que responden a procesos genéticos diversos que han actuado en épocas diferentes.

La secuencia calcáreo-dolomítica liásica está afectada por un proceso de brechificación sinsedimentaria congruente con las características litológicas de sus depósitos. En condiciones perimareales se producen episodios más o menos prolongados de emersión que dan lugar a «flat pebble breccia» y a estructuras de «tepee». La importancia cuantitativa de este proceso de brechificación es difícilmente definible ya que los mismos sedimentos se ven sometidos a otro proceso de brechificación, probablemente paleoceno, producido por la disolución de niveles evaporíticos que se intercalaban con los sedimentos calcáreos y dolomíticos.

Durante la emersión paleocena y posiblemente en relación con la brechificación por disolución evaporítica tiene lugar un proceso kárstico que se traduce en la creación de fisuras a lo largo de los dos tercios superiores

de los depósitos y de cavernas en el tercio superior. El relleno de esta porosidad se produce por medio de cuarzoarenitas y limos rojizos en las fisuras, por brechas oligomícticas y heterométricas en las cavidades que colapsan y por brechas oligo y polimícticas en las cavidades mejor comunicadas con el exterior.

El reconocimiento y la descripción de estos fenómenos y los correspondientes sedimentos permiten diferenciar mejor las diversas escamas tectónicas reduciendo la potencia de la serie calcáreo-dolomítica jurásica a 150 m de potencia y explicitando la estructura de cabalgamientos de la Serra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecemos a los Drs. L. Pomar, F. Calvet, M. Esteban y A.E. Adams los comentarios, sugerencias y críticas efectuados durante la confección del trabajo. Este trabajo ha sido financiado en parte por la CAICYT nº 0871 M04-02.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVARO, M., BARNOLAS, A., DEL OLMO, P., RAMÍREZ DEL POZO, J. y SIMÓ, A., 1984: Las Brechas Negras y Olistolitos de la Sierra Norte de Mallorca (Balears): Interpretación Estratigráfica y Significado Geodinámico. *I Congreso Español de Geología*, 3:159-167.
- ÁLVARO, M. y DEL OLMO, P., 1984: Las unidades tectónicas de la Sierra Norte de Mallorca. *1er Cong. Esp. Geol.* III: 1-10. Segovia.
- ASSERETO, R.L.A.M. y FOLK, R.L., 1980: Diagenetic Fabrics of Aragonite, Calcite and Dolomite in an Ancient Peritidal-Spelean Environment Triassic Calcarea Rosso, Lombardia, Italy. *Journal Sed. Petrol.*, 50:371-395.
- ASSERETO, R.L.A.M. y KENDALL, C.G.ST.C., 1977: Nature, Origin and Classification of Peritidal Tepee Structures and Related Breccias. *Sedimentology*, 24:153-210.
- BARNOLAS, A., (ed.) 1984: *Sedimentología del Jurásico de Mallorca*. Grupo Español del Mesozoico. Equipo del Proyecto MAGNA de Mallorca. Palma de Mallorca, 2 a 5 de octubre de 1984, 263 pp.
- BEALES, F.W. y OLDERSHAW, A.E., 1969: Evaporite solution Brecciation and Devonian Carbonate Reservoir Porosity in Western Canada. *A.A.P.G. Bull.*, 53:503-512.
- BLOUNT, D.N. y MOORE, C.H., 1969: Depositional and non-Depositional Carbonate Breccias. Chiantla Quadrangle, Guatemala. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80:429-442.
- BOWLES, W.C. y BRADDOCK, W.A., 1963: Solution Breccias of the Minnelusa Formation in the Black Hills, South Dakota and Wyoming. *U.S. Geol. Survey Prof. Pap.*, 475-C: 91-95.
- BURGESS, C.J. y LEE, C.W., 1978: The development of a Lower Jurassic Carbonate Tidal Flat, Central High Atlas, Morocco. 1: Sedimentary History. *Journal Sed. Petrology*, 48(3):777-794.
- BURRI, P., DE DRESNAY, R. y WAGNER, C.W., 1973: Tepee structures and associated Diagenetic Features in Interdital Carbonate Sands (Lower Jurassic, Morocco). *Sedimentary Geology*, 9:221-228.
- CLIFTON, H.E., 1967: Solution-collapse and Cavity Filling in the Windsor Group, Nova Scotia, Canada. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78:819-832.
- COLLET, L., 1909: Quelques Observations sur la Géologie de la Sierra de Majorque. *Arch. Scien. Phys. Nat. Genève*, 27(4):589-615.
- COLOM, G., 1975: *Geología de Mallorca*. Gráficas Miramar, 2 vols. Ciutat de Mallorca, 522 pp.
- COMPANY, M., GONZÁLEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A., MARTÍN-ALGARRA, A., REBOLLO, M., SERRANO, F., TAVERA, J.M., y VERA, J.A., 1982: Diques Neptúnicos en el Cretácico del Penibético: Aspectos Genéticos y Etapas de Relleno. *Cuad. Geol. Ibérica*, 8:545-562.
- CONAGHAN, P.J. y MOUNTJOY, E.W., 1976: Nubrigyn Algal Reefs (Devonian), Eastern Australia: Allochthonous Blocks and Megabreccias. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87:515-530.
- COOK, H.E. y TAYLOR, M.E., 1977: Comparison of Continental Slope and Shelf Environments in the Upper Cambrian and Lower Ordovician of Nevada. *SEPM. Spec. Publ.*, 25:51-81.
- DARDER, B., 1914: El Triásico de Mallorca. *Trab. Inst. Nac. de Ciencias Naturales, Ser. Geol.*, 7:1-85.
- DARDER, B., 1925: La Tectonique de la Région Orientale de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Géol. France*, 4(25):245-278.
- DE LA MARMORA, A., 1835: Observations Géologiques sur les deux Illes Baléares (Minorque et Mallorca). *Mem. R. Acad. Scien. Torino*, 38:51 p.
- DE MILLE, G., SHOULDICE, J.R. y NELSON, H.W., 1964: Collapse Structures Related to Evaporites of the Prairie Formation, Saskatchewan. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 75:307-316.
- FALLOT, P., 1922: Etude Géologique de la Sierra de Majorque. *Thèse Doctorale*. Paris. 1 vol. 480 p.
- FOLK, R.L. y SIEDLECKA, A., 1974: The "Schizohaline" Environment: Its Sedimentary and diagenetic Fabrics as Exemplified by Late Paleozoic Rocks of Bear Island, Svalbard. *Sedimentary geology*, 11:1-15.
- FORNÓS, J.J., RODRÍGUEZ-PEREA, A. y SÀBAT, F., 1984: El Mesozoico de la Serra de Son Amoixa (Serres de Llevant, Mallorca). *I Congreso Español de Geología*, 1:173-185.
- FUCHTBAUER, H. y RICHTER, D.K., 1980: Breccias: Criteria and Observations. *Int. Assoc. Sed. (IAS) Ist. European Meeting, Bochum. Abstracts*, 52-55.
- FUCHTBAUER, H. y RICHTER, D.K., 1983: Carbonate Internal Breccias: A source of Mass Flows at Early Geosynclinal Platform Margins in Greece. *SEPM. Spec. Publ.*, 33-207-215.
- GILLET, S.L., 1983: A Probable Cave Breccia in Middle Cambrian Limestone, Southern Nevada: Petrography and paleomagnetic Constraints on the Time of formation. *Journal Sed. Petrology*, 53:221-229.
- HARRISON, R.S. y STEININ, R.P., 1978: Subaerial Crusts, Caliche Profiles and Breccia Horizons: Comparison of some Holocene and Mississippian Exposure Surfaces, Barbados and Kentucky. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89:385-396.
- HERMITE, H., 1879: Observations Géologiques sur les Illes Majorque et Minorque. *C. Rend. Acad. Sci. Paris*, 88-1097-1148.
- I.G.M.E. (en prensa): *Mapa Geológico de España*. E. 1:50.000. Plan MAGNA.

- KENDALL, C.G.ST.C., 1969: An Environmental Re-interpretation of the Permian Evaporite/Carbonate Shelf Sediments of the Guadalupe Mountains. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80:2503-2526.
- McCALEB, J.A. y WAYHAN, D.A., 1969: Geologic Reservoir Analysis, Mississippian Madison Formation, Elk Basin Field, Wyoming-Montana. *A.A.P.G. Bull.*, 53(10):2094-2113.
- McILREATH, I.A., 1977: Accumulation of a Middle Cambrian, Deep Water Limestone Debris Apron Adjacent to a Vertical, Submarine Carbonate Escarpment, Southern Rocky Mountains, Canada. *SEPM. Spec. Publ.*, 25:113-124.
- MERRIL, W.M. y WINAR, R.M., 1958: Molas and Associated Formations in the San Juan Mountains Area, SW Colorado. *A.A.P.G. Bull.* 42(9):2107-2132.
- MIDDLETON, G.V., 1961: Evaporite Solution Breccias from the Mississippian of Southwest Montana. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31(2):189-195.
- MUSSMAN, W.J. y READ, J.F., 1986: Sedimentology and development of a Passive -to Convergent-Margin Unconformity: Middle Ordovician Knox Unconformity, Virginia Appalachians. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 97:282-295.
- NOLAN, H., 1895: Structure Géologique d'ensemble de l'Archipel Balear. *B.S.G.F.* 23(3):76-91. Paris.
- POMAR, L., RODRÍGUEZ-PEREA, A. y SANTANACH, P., 1983: Rôle des charriages, des failles verticales et des glissements gravitationnels dans la structure de la Serra de Tramuntana de Mallorca. *C. R. Acad. Sc. Paris*. II, 297:607-611.
- POMAR, L., OBRADOR, A., FORNÓS, J.J. y RODRÍGUEZ-PEREA, A. (ed.), 1983: *El Terciario de las Baleares (Mallorca - Menorca). Guía de las excursiones X Cong. Nacional de Sedimentología*. Menorca. Inst. Est. Baleàrics. U.A.B. 255 p.
- REINHARDT, J., 1977: Cambrian Off-shelf Sedimentation, Central Appalachians. *SEPM. Spec. Publ.*, 25:83-112.
- ROBERTS, A.E., 1966: Stratigraphy of the Madison Group near Livingston, Montana, and Discussion of Karst and Solution-Breccia Features. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 526-B.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A., 1981: *Estudio Sedimentológico del Mioceno Basal Transgresivo de la Sierra Norte de Mallorca (Sector Centro-Occidental)*. Tesis de Licenciatura. Univ. Barcelona. Inédita.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. y RAMOS, E., 1984: Presencia de Paleozoico en la Sierra de Tramuntana (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 28:145-148.
- ROEHL, P.O., 1967: Stony Mountain (Ordovician) and Interlake (Silurian) Facies Analogs of Recent Low-energy Marine and Subaerial Carbonates, Bahamas. *A.A.P.G. Bull.*, 5:1979-2032.
- SÀBAT, F., 1986. *Estructura geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesis Doctoral Univ. de Barcelona. Inédita.
- STANTON, R.J.Jr., 1966: The Solution Brecciation Process. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 77:843-847.
- VAN DEN HURK, A.M., 1985: *Análisis de Facies del Jurásico y Brechas de Valldemosa en la Zona comprendida entre S'Esclop y Puig Galatzó (Mallorca, Serra de Tramuntana, Sector Suroccidental) dentro de su Contexto Regional*. Tesis de Licenciatura. Universitat Autònoma de Barcelona. Inédita.
- WARRAK, H., 1974: The Petrography and Origin of Dedolomitized, Veined or Brecciated Carbonate Rocks. The «Cornieules» in the Fréjus Region, French Alps. *Journal Geol. Soc. London*, 130:229-247.
- WRIGHT, V.P., 1982: The recognition and interpretation of Paleokarsts: Two Examples from the Lower Carboniferous of South Wales. *Journal Sed. Petrology*, 52(1):83-94.