

Las brechas calcáreas en Aralar: su situación, características y significación dentro de la secuencia estratigráfica Cuaternaria

J. L. GUENDON*
C. LOPEZ-AZCONA**
F. M. UGARTE***

RESUMEN

Se ha intentado ampliar el campo de la investigación sobre la evolución morfogenética Cuaternaria (región vasco-cantábrica), con el análisis geomorfológico de las brechas calizas situadas a distintos niveles en el piedemonte de Aralar.

Hemos realizado una investigación de campo, desde el punto de vista geomorfológico (localización de brechas, caracterización de sus estructuras, etc.), complementada con un análisis petrográfico de las muestras recogidas (estudio comparativo del cemento calcáreo); con el objeto de elaborar una cronología relativa de la evolución morfogenética en el piedemonte.

LABURPENA

Euskal-Herri (Kantauri isuriadeko) inguruko morfogenetiko bilakaeraren azterketa-arloa hedatzen saiatu gara, kerarri-bretxak analisatzean. Bretxa hauek Aralarreko mendoian, altuera ezberdinetan, aurkitzen dira.

Geomorfologiari buruzko azterketa, kanpoan, mendian egin dugu (bretxen kokapena, beren egituraren ezaugarriak, etab.), huez gain, batu diren erakusgarriak laboratorioran petrografiko analisi bat jasan dute (karearri-zementoari buruz, azterketa konparatiboa); mendoneko morfogenetiko bilakaerari buruz kronologia erlatibo bat landu nahian.

SUMMARY

In this paper is attempted to extend the research field about the Quaternary morphogenetic evolution (Basque-cantabrian country) by the geomorphologic analysis of the calcareous breccia, located at different levels in Aralar pediment.

We have performed a field research from a geomorphologic point of view (breccia location, structural characterization, etc.), completed by a petrographic analysis of the collected samples (calcareous cement comparative study) in order to elaborate a relative chronology of the pediment morphogenetic evolution.

Intentamos ampliar la investigación geomorfológica y los datos en cuanto a la evolución morfogenética del Cuaternario en la región, con un estudio preciso relativo a las brechas calizas, de sus aspectos geomorfológicos, de su petrología (C. LOPEZ-AZCONA) (1), y un análisis sistemático del cemento calcáreo de estas brechas (J.L.GUENDON (2)).

Dado que la información sobre cronología y evolución morfogenética última, procedente de elementos analizables (depósitos detríticos, suelos, etc.) es

escasa en el área de Aralar por motivos que ya han sido explicados en otros trabajos (3), pretendemos llevar a cabo esta investigación con el ánimo de ampliar el campo de análisis y complementar la información que sobre el tema mencionado existe.

A «priori» las brechas no son un elemento sedimentológico muy a tener en cuenta dada su irregular aparición en nuestra zona y la poca posibilidad de análisis que ofrecen. En nuestro caso, en base a la escasez de todo tipo de elementos analizables nos

(1) Ver anexo.

(2) Ver anexo.

(3) UGARTE, Félix M. (1985): «Recherches géomorphologiques dans le karst de Aralar-Mendi». These 3ème Cycle. Institut de Géographie. Aix-en-Provence.

Las referencias que se hacen en el trabajo con respecto a elementos morfológicos, cronológicos, etc. se refieren a informaciones insertas en este trabajo.

* V. A. 903 du CNRS. Institut de Géographie. Aix-en-Provence.

** Dpto. Petrología. Instituto de Geología Económica. C. S.I. C. Madrid.

*** S. C. Aranzadi. Plaza I. Zuloaga (Museo). 20003-San Sebastián.

hemos decidido a su utilización como indicador de procesos (y su evolución en el tiempo) con los resultados que ofrecemos; teniendo en cuenta que en el caso de Aralar las brechas presentan formaciones relativamente abundantes, sobre todo en el piedemonte, escalonadas a diversos niveles. Destaca el flanco N. entre Azkarate y Larritz, con depósitos de piedemonte y algunos intramontañosos (Buruntzuzin, Latosa), el flanco NW. con las formaciones del borde de la Sierra (Artxal, Ausokoi) y la excepción del piedemonte de la zona Sur (Aiaturrieta). (Ver fig. 1, localización de depósitos).

La metodología empleada en este análisis es una combinación de reflexiones de orden geomorfológico basadas en datos de observación de campo (situación de los depósitos y formaciones, distribución, estructura, evolución morfodinámica), con la información procedente del análisis petrológico (descripción) de las brechas y el estudio petrográfico del cemento calcáreo de las brechas (tipo de microestructura, interpretación del medio en que se formaron, evolución y transición entre las diversas muestras).

He aquí lo que hemos tratado de realizar:

- 1) Descripción, localización en el espacio de las diversas formaciones. Descripción de la estructura: original y actual, de cada una de las formaciones. (Ver cuadros adjuntos).
- 2) Descripción petrológica de muestras de brecha (Anexo 1). Descripción del tipo de cementos: estructuras más características y organización de las diferentes muestras (Anexo 2).
- 3) Análisis comparativo de las diferentes muestras (cemento), asociación de grupos en función del tipo de sus estructuras y sus evoluciones y transiciones sucesivas; en algunos casos aislamiento de casos particulares.
- 4) Adscripción de cada formación de brechas (restos de formaciones en muchos casos) o al me-

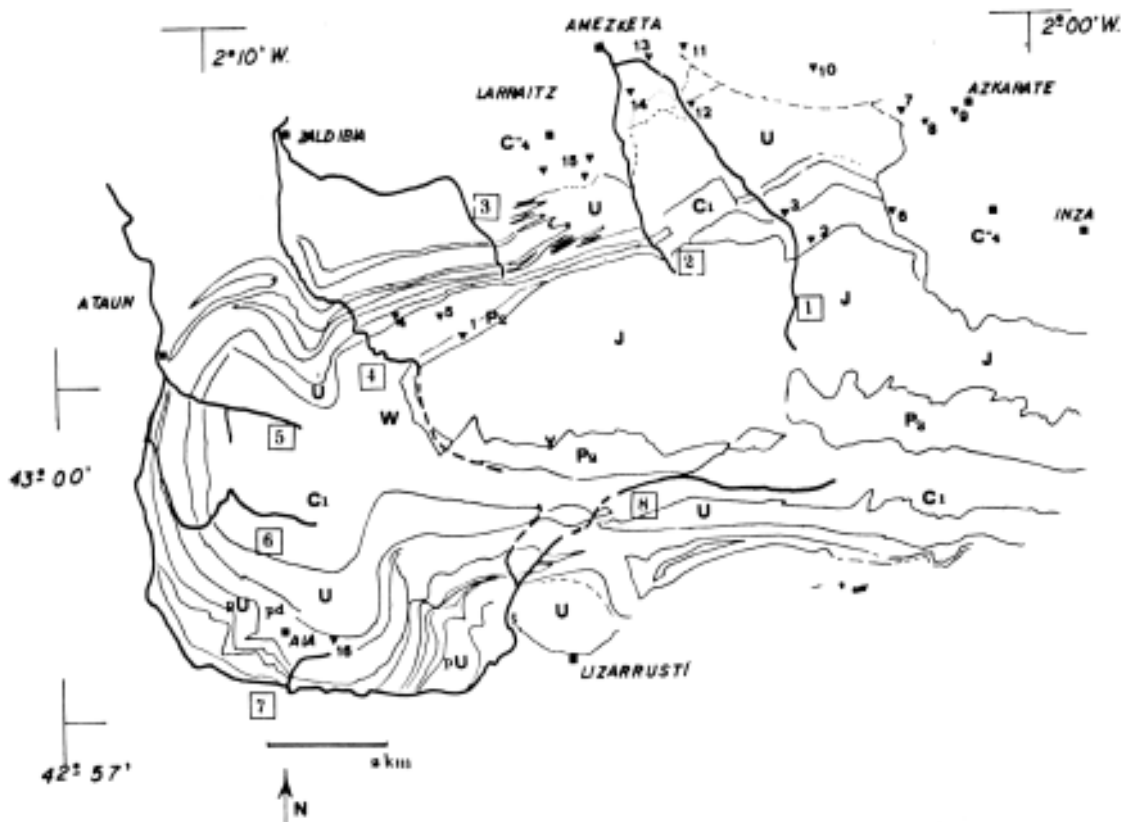


Figura n.º 1. Mapa de situación de las formaciones citadas en el texto y origen de las muestras analizadas.

nos de aquéllas de las que se dispone información suficiente a una fase de la evolución morfogenética de Aralar, en función de los datos suministrados por los análisis petrográficos de los cementos y la información que se desprende de los datos geomorfológicos:

— Situación y localización de la formación, nivel estratigráfico ocupado; relación con el resto de

los elementos morfológicos y sedimentarios que le rodean.

— Estructura sedimentaria del depósito.

— Evolución geomorfológica sufrida con posterioridad a su deposición: tipo de formación original brechificación, desplazamiento sobre la vertiente, rotación, formación de plataformas (karstificación) (ver fig. n.º 4); formaciones originales «in situ» (sima de

LOCALIZACION DE LOS DEPOSITOS

nº	LUGAR	COTA m.s.n.	TIPO SUSTRATO	UNIDAD GEOMORFOLOGICA
1	Zona interior de la Sierra Camino de Artxal a Tx. de Goroskintxu.	600	Calizas facies Purbeck (P2)	Vallejo en el contacto entre el núcleo Jurásico y el flanco.
2	Sima de Latosa	980	Serie Jurásica	Vertiente dcha. del valle de Arritzaga.
3	Morrena de Buruntuzin	900	Pasillo Neocomiense.	Vertiente dcha. del valle de Arritzaga, sobre la morrena.
4	Barra urgoniana en Artxal (U1).	575	Caliza arrecif	Barra de Ausa-Gaztelu, flanco NW. de la Sierra.
5	Ausokoi, plataforma	650	Pasillo Neocomiense.	En la depresión correspondiente a la depresión.
6	Periferia, piedemonte de la Sierra Piedemonte en Astunal de plataforma.	677	Formación (C"4)	Contacto con el flanco de de la Sierra.
7	Urdilleko-lepoa (Azkarate), plataforma	700	idem.	Contacto con el flanco de la Sierra.
8	Vertiente de Azkarate	650 500	idem.	Piedemonte entre Urdilleko lepoa v Azkarate.
9	Idem. (Cementerio).	525	idem.	idem.
10	Piedemonte de Bedaio	868	idem.	Vertiente entre el flanco N. y Brdaio.
11	(a) idem.		idem.	idem.
11	Altunqoena (Amezqueta)	450	idem.	Al pie de la plataforma de Larrondo, piedemonte.
12	Anduitzko borda	525	Complejo Urgon	Vertiente dcha. valle de Arritzaga, cono derrubios.
13	Cº Loidi (Amezqueta)	260	Formación (C"4)	Fondo del valle, vertiente dcha. del rio.
14	Zazpiturrieta (Amezqueta)	350 250	idem.	Vertiente en el piedemonte de Larraone.
15	Larraitz 15.1 Plataforma de abajo. 15.2 Bloques sueltos 15.3 Bloques interfluv	575- 477	idem.	Vertiente en el piedemonte N. del Txindoki.
16	Aiaturrieta	425	Complejo Urgon. arcillas-arenas	Depresion de la periferia del Domo.

Latosa, vallejo de la muestra n.º 1) (ver fig. n.º 7); depósitos relictos (restos de formaciones englobados en coluviones o en coladas de bloques: Altun-goena, Bedaio, Azkarate, Amezketa).

Globalmente, en el conjunto de las muestras analizadas, desde el punto de vista de tipo de cementos (J.L. GUENDON), se han definido los siguientes grupos:

1.º *Un cemento detrítico inicial*, que debería constituir la fase de ligazón durante el depósito de la brecha y que a continuación ha sido más o menos calcitizada (micrita), más o menos lixiviada, eliminada, o al contrario, localmente más o menos concentrada, acumulada, todo esto debido a las circulaciones internas posteriores al depósito de las brechas. Es un cemento compuesto, quizás, por granos de cuarzo con arcillas y fragmentos o pigmentos ferruginosos. Puede ser también de naturaleza esencialmente carbonática, en este caso la fracción detrítica del cemento está constituida de una multitud de micro-fragmentos clásticos de caliza o de calcita. Llamaremos a éste último cemento: *cemento detrítico de «harina» calcárea*, y al primero: *cemento detrítico arcillo-cuarzoso*. Estos cementos detríticos han sido, generalmente calcitizados secundariamente por una micrita, existiendo cementos intermediarios a «harina» calcárea dominante con cuarzo, pero en este caso los clasificamos dentro del grupo: a «harina» calcárea.

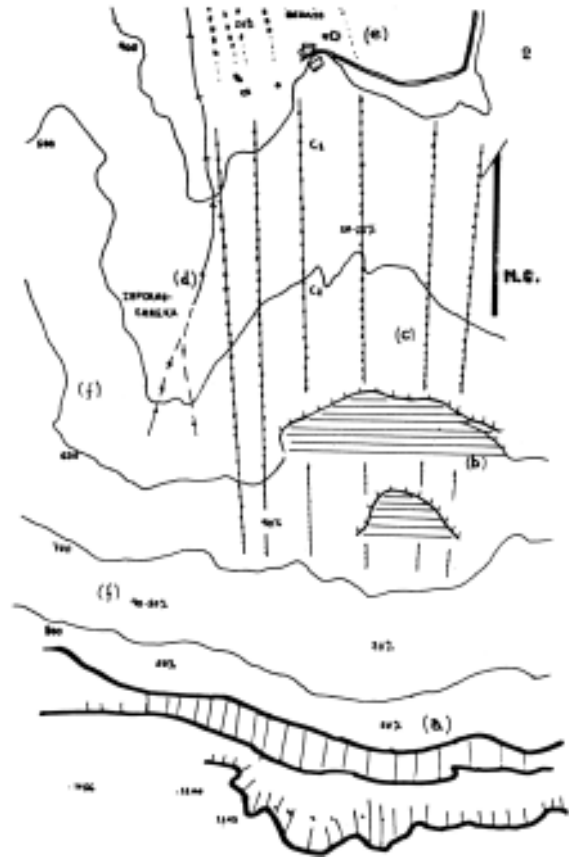


Figura n.º 2. Esquema geomorfológico del piedemonte N. de Aralar en Bedaio, con la situación de las plataformas de brechas (b); el talud formado por las calizas urgonianas (a) y los coluviones que recubren la vertiente (c) con algunos bloques de brechas insertos en el mismo.

MORFOLOGIA Y ESTRUCTURA DE LOS DEPOSITOS

nº	LITOLOGIA ORIGEN DE LOS MATERIALES	ESTRUCTURA ORIGINAL DE LOS DEPOSITOS	SITUACION ACTUAL DE LOS ESTRUCTURAS ORIGINALES	EXTENSION-POTENCIA m.
1	Calizas facies Furbeck	Manto de recubrimiento del vallejo.	Believes residuales en el vallejo.	50m. 3m.
2	Calizas Jurásicas	Relleno de la sima.	Restos	10-15m. altura
3	Calizas facies Furbeck	Recubrimiento superficial de un flanco de la morrena	Restos	Potencia visible 1m.
4	Caliza arrecifal (U)	Manto de recubrimiento sobre la barra (U)	Restos de brecha en la barra	Potencia visible 1m.
5	Idem.	Coluvión, cono de derrubios	Plataforma rotada	200 m. 3m.
6	Serie Jurásica	Cono de derrubios al pie de talud.	Plataforma karstificada	100-200 ¿
7	Caliza arrecifal (U)	Cono de derrubios al pie del talud.	Idem.	100-200 visible 2m.
8	Idem.	¿	Bloques desgajados	2m.
9	Idem.	Coluvión sobre el interfluvio.	Estructura original (¿)	50 m. visible 3m.
10	Caliza arrecifal (U) masa deslizada.	Cono de derrubios al pie de talud y en la vertiente	Plataforma karstificada, incl.	200-300 visible 4-5m.
11	Idem.	¿	Bloques sueltos formando parte de las coladas.	¿ 4-5 m' en algún bloque.
12	Caliza arrecifal (U)	Cono de derrubios en el talud.	-	100m. visible 3m.
13	Idem.	Coluvión cementado	-	100m. " 4m.
14	Idem.	¿	Bloques sueltos en el coluvión.	¿
15	Idem.	Cono de derrubios, pie de talud.	Plataforma karstificada	200-300m. visible 5m.
16	Idem.	Coluvión tipo "groizes"	Estructura original.	100 m. 10 m.

2.º *Un cemento micrítico*, generalmente muy fino y denso, de estructura a menudo laminada y conteniendo, muy raramente, fragmentos de cuarzo. Es definido como: *cemento micrítico laminado* o «*rubané*».

3.º *Cementos micro-esparíticos o esparíticos*, formados por una calcita límpida y clara de estructura geódica o mosaico. Serán denominados como: *cementos esparíticos*. Están totalmente desprovistos de cuarzo.

Un análisis de este tipo, más certero, requeriría sin duda un mayor número de muestras, pero dado que las circunstancias nos han situado en esta tesitura trataremos de realizar el trabajo con los datos que disponemos. Debemos hacer notar en principio que las muestras procedentes de la zona de Larraitz y del flanco NW (Artxal), han resultado fallidas para el análisis por causas que no hemos conseguido dilucidar (toma inadecuada de muestras en el campo que ha repercutido en la calidad de las láminas delgadas; destrucción parcial del cemento por hallarse la formación en zonas muy expuestas a la meteorización: barra de Ausa, o por haber sufrido una evolución muy compleja: bloques de Larraitz empastados en el coluvión), sea lo que fuere el resultado es que la mayor parte de las muestras analizadas provienen del flanco N. (piedemonte: Azkarate, Bedaio, Amezketa).

De acuerdo con la metodología antes expuesta el resultado del análisis podría exponerse así:

a) Una primera generación de brechas que han sufrido una evolución importante, en un primer tiem-

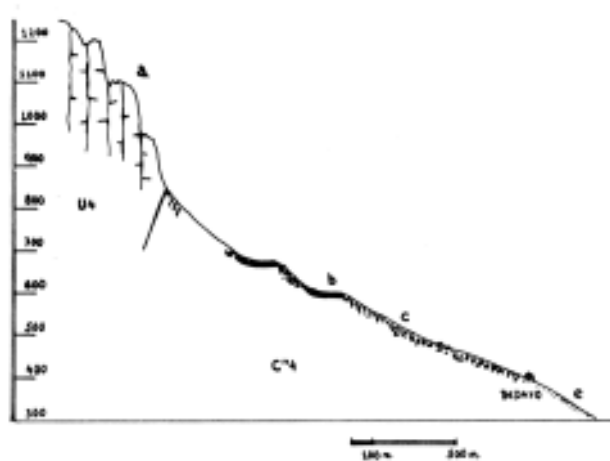


Figura n.º 3. Corte correspondiente a la figura anterior. (U4) formación de calizas arrecifales urgonianas; (C4) serie flyschoides areniscas, arcillas, calizas arenosas del Albiense sup./Cenomanense inf.

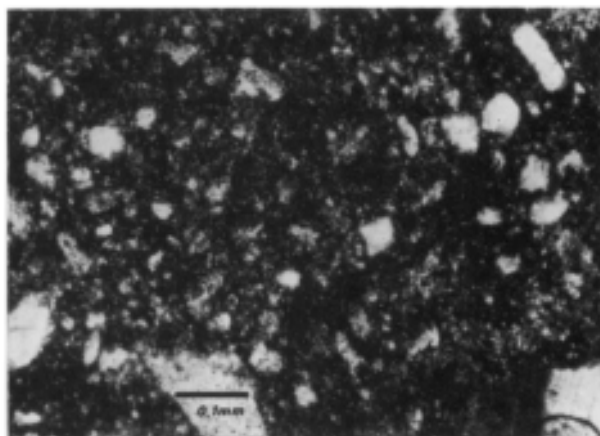


Photo 1. Ciment détritique á «farine» calcaire: micro-fragments anguleux et de taille variée, de calcaire et de calcite (blanc ou gris pale sur la photo), noyés dans un ciment micritique. Ech. 78471, lumière naturelle.

po prolongado (tipo E) (ver Anexo 2). Presentan un cemento detrítico inicial de harina calcárea, una segunda cementación esparítica (generada en medio freático?), intervención de una 1.ª fase de disolución, y aún una segunda en los casos de evolución más prolongada. Sería el caso de la muestra n.º 9 (Cementerio de Azkarate), formación de vertiente residual situada a más de 1.000 m. de la cabecera del piedemonte formaría parte de una formación de brechas que ocuparon un espacio mucho más amplio que las brechas posteriores que se sitúan en la cabecera: plataformas de Azkarate, Bedaio, Larraitz. Posiblemente también son de esta época los bloques de brechas residuales de Altungoena (Amezketa) que forman parte de la colada de bloques. Pueden situarse en la fase más antigua del Wurm o quizás en el Riss.

b) Un segundo grupo de muestras que se correspondan con el grupo (F) (Ver anexo 2), y cuyas características relativas al tipo de cementación sería las siguientes:

— Presencia más o menos importante de cementos micríticos «rubanés o laminados».

— Alternancia de cementos micríticos laminados y de cementos esparíticos, lo que da al conjunto del cemento una estructura zonal, de bandas claras y oscuras. (ver foto 2).

— Por la presencia más o menos visible de filamentos orgánicos en uno u otro de los cementos.

Desde el punto de vista geomorfológico se pueden distinguir varios grupos y lo mismo sucede teniendo en cuenta el tipo de cementos:

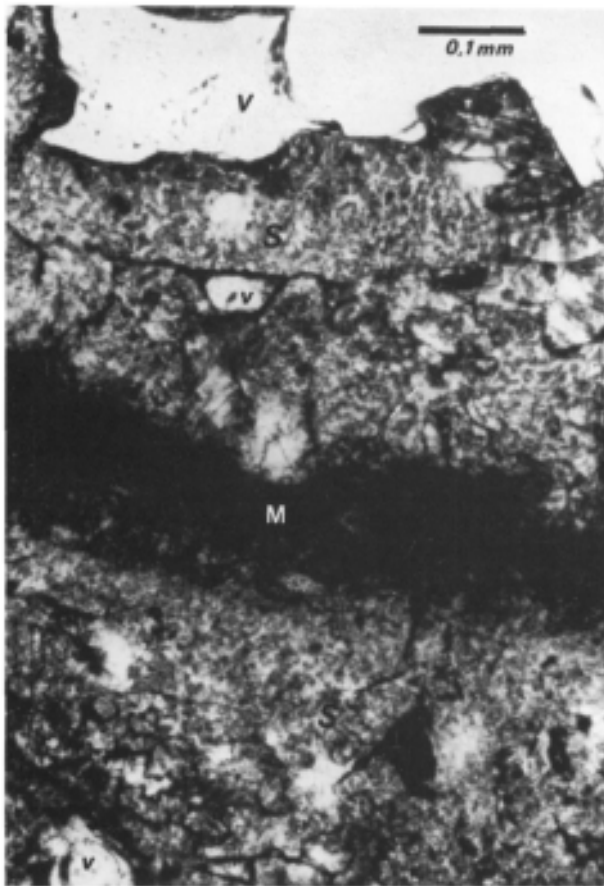


Photo 2. Ciment á structure zonée, constitué par l'alternance de bandes claires de calcite sparitique (S) et de bandes plus foncées de calcite micritique (M). Ech. 78477, lumière naturelle. (V=vides ou pores)

b.1) Bloques aislados en el piedemonte de Bedaio (muestra n.º 11), englobados en el coluvión. Restos de formaciones anteriores, cuya posición original es difícilmente discernible y que no sólo se ven de Bedaio sino también en Larraitz (ver fig. n.º 2, 3, 4, 5, 6). Podría tratarse de brechas concomitantes o inmediatamente anteriores a las formaciones basales de coluvión en Bedaio y Larraitz (2.ª pulsación fría Wurm1).

b.2) Plataformas de Azkarate (muestra n.º 7), Bedaio (n.º 10) Larraitz, localizadas en las cabecezas del piedemonte, habiendo sufrido un deslizamiento y rotación en la vertiente, estratigráficamente ocupando la posición superior (recubriendo los coluviones); se corresponden con el tipo F2a, de la clasificación del cemento (ver Anexo 2). De este mismo momento pueden datarse los restos de las brechas que tapizaban totalmente el vallejo situado cerca de Ausokoi (ver fig. n.º 7), del cual sólo quedan algunos «chicots» aislados. Cronológicamente se

corresponderían con la fase tardiglacial fini-wurm, fría y seca.

b.3) Formaciones de «groizes» (muestra n.º 16) en Aiaturrieta; cono de derrubios sub-actual (muestra n.º 12) en la vertiente dcha. del valle de Arritzaga; derrubios de vertiente en la ladera izda. de la ruz de Jarutabe (Oñati-Guipúzcoa) (muestra n.º 784661; depósitos que ocupan una la posición geomorfológica que puede ser considerada como «reciente» en las vertientes, correspondientes a las últimas fases de morfogénesis. Individualizadas como el tipo F2b) y F2d) en el análisis del cemento (ver Anexo 2). Pueden ser concomitantes a cualquier pulsación fría del fini-Wurm, fases que aún no se han investigado suficientemente en la región.

El caso de la sima de Latosa (muestra n.º 2 situada en la vertiente dcha. del valle de Arritzaga, aguas arriba de Buruntuzin, queda aislado en el análisis correspondiente de cemento (tipo D) (ver anexo 2): (ver foto 4).

— Brecha monogénica, todos los clastos pertenecen a un mismo tipo de caliza, elementos muy angulosos.

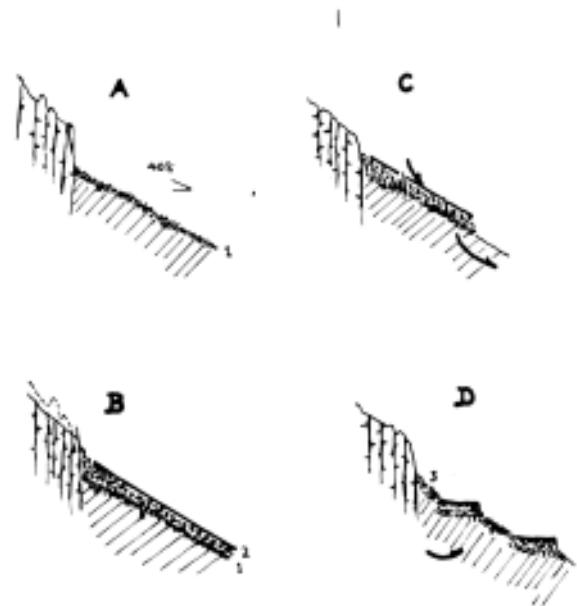


Figura n.º 4. Esquema de interpretación estratigráfica y cinemática de la evolución de la vertiente en Larraitz. A) Coluvión basal. B) Crio-clastia y brechificación. C) Transportes y desmantelamiento parcial de las F.D.s. de la vertiente, ruptura del equilibrio. D) Deslizamiento rotacional, formación de plataformas.

— Elementos clásticos a menudo soldados en contacto directo, los unos con los otros; contacto en dientes de sierra, como los estilolitos; fenómeno de disolución.

— Un único cemento micrítico, sin estructura particular (ni detrítica ni laminada), poco abundante.

— La cementación resulta esencialmente de un fenómeno de soldadura por compactación-disolución.

Geomorfológicamente se trata de un caso de colapsamiento de un pozo en contacto con el exterior (en su momento) actualmente bloqueado en ese punto. A falta de mayores precisiones y en función de la dinámica crio-clástica que supone este hecho optamos por adjudicarle una edad fini-Wurm, concomitante con las grandes formaciones crio-clásticas del piedemonte.

Queda un último caso también aislado que no ha sido adscrito a ningún grupo. Se trata de la muestra n.º 13 depósito de brechas situada en el talweg del río de Arritzaga, margen dcha. en el piedemonte (C.º Loidi-Amézqueta). El depósito se encuentra sobre el río, recubierto por una formación detrítica limo-arcillosa, sobre la que se desarrolla un suelo (prado de siega, con abundantes bloques calizos muy karstificados), por otra parte se encuentra en el apéndice final de la colada de bloques de Altungoen. Globalmente el análisis petrográfico del cemento indica similitudes con las muestras del tipo F2a y F2b, pero con una acumulación de elementos detríticos importante, lo cual aparece estar de acuerdo con el medio en el que se encuentra: infiltración de agua del río, percolación de agua a través del suelo. Los elementos detríticos acumulados ofrecen las siguientes características: cemento arcilloso-cuarzoso muy rico en arcillas (cutanes arcillo-ferruginoso); cemento micrítico, excepcionalmente cargado de cuarzo detrítico y en pigmentos ferruginosos; importante acumulación de materia orgánica en los poros. Todo parece indicar que, aunque situado en un medio muy especial, este depósito puede clasificarse entre los de la fase b2).

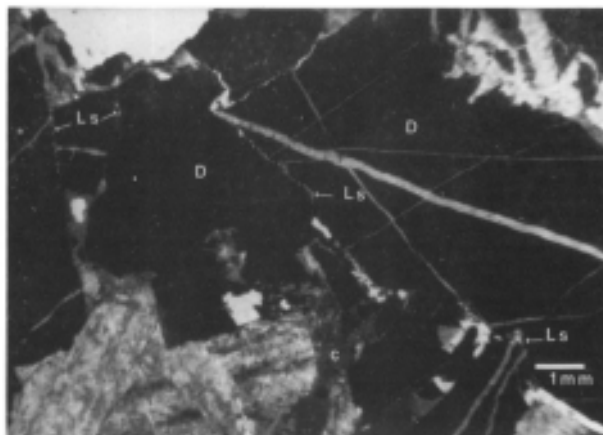


Photo 3. Ciment très vacuolaire, entre deux gros éléments détritiques de calcaire (D). Ciment à structure zonée (C) laissant de nombreux vides (V) de forme evoïde. Ech. 78466, lumière naturelle.

tes características: cemento arcilloso-cuarzoso muy rico en arcillas (cutanes arcillo-ferruginoso); cemento micrítico, excepcionalmente cargado de cuarzo detrítico y en pigmentos ferruginosos; importante acumulación de materia orgánica en los poros. Todo parece indicar que, aunque situado en un medio muy especial, este depósito puede clasificarse entre los de la fase b2).

En resumen la información que se ha obtenido no es definitiva ni exhaustiva, en todo caso la base de donde se ha partido tampoco es muy amplia (intensidad de muestras), aunque sin duda representa un avance en lo que a técnicas de análisis petro-

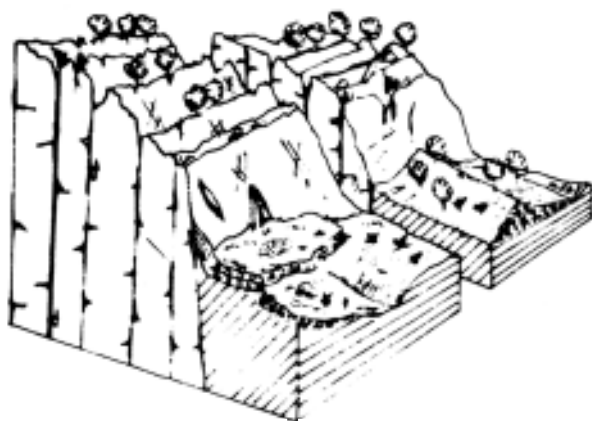


Figura n.º 5. Bloque diagrama, piedemonte de Larraitz. Esquema de la situación actual de las plataformas de brechas.

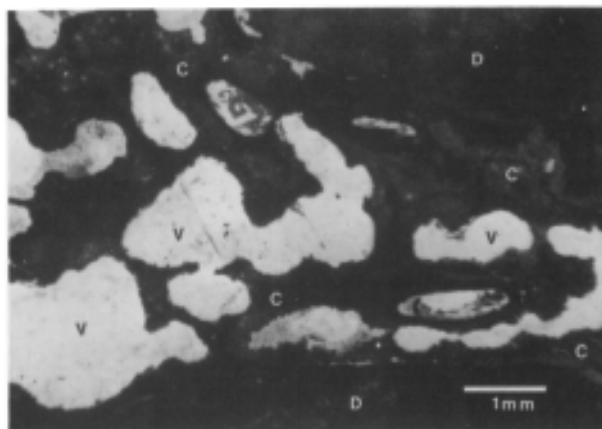


Photo 4. Brèche monogénique à éléments clastiques soudés les uns aux autres: le ciment micritique (C) est rare. Les éléments détritiques de calcaire (D) sont le plus souvent en contact direct les uns avec les autres et même imprégnés les uns autres. Le contact se fait par une ligne en dents de scie (Ls), comme les stylolites, et résulte d'un phénomène de pression-dissolution, Ech. 78479, lumière naturelle.

sedimentarias se refiere, ampliando el ámbito de la investigación y recopilación de información sobre la evolución morfogenética Cuaternaria. Intensificando el trabajo en esta línea y contando en el futuro con los suficientes elementos comparativos los resultados no tardarán en llegar.

ANEXO

N.º muestra y n.º lámina delgada

1 (p. 78457) Brecha calcárea. Los clastos mayores se podrían definir como una Biomicrita de Ostrácodos, ya que aparecen en abundancia y muy conservados. Se ven también pequeños clastos de cuarzo. En los clastos aparecen microfracturas rellenas de calcita. Los clastos carecen de porosidad.

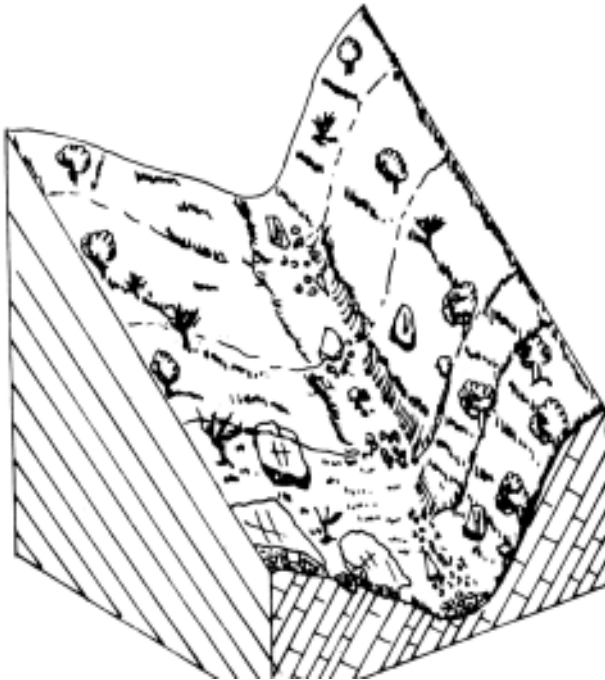


Figura n.º 7. Restos del manto de brechas que tapizaban un vallejo en la zona de Ausokoi, sobre la formación de calizas facies (Purbeck).



2 (p. 76479) Brecha calcárea, constituida casi únicamente por una Biomicrita de Ostrácodos, donde aparecen estos cortados en todas las direcciones e incluso algunos completos. En la masa de Biomicrita aparecen pequeños clastos de cuarzo, se observan también microfracturas casi siempre con una única dirección rellenas de calcita. Los clastos de Biomicrita no presentan porosidad. En el ejemplar de mano, se ven grandes huecos debidos a procesos de disolución.

4 (p. 76465) Brecha calcárea. Los clastos calizos de naturaleza micrítica, con algún fósil muy transformado, en general aparecen los clastos muy fracturados con pequeñas diaclasas rellenas de calcita. Los clastos carecen de poros, pero el conjunto del ejemplar, se presenta como un agregado de clastos cementados por un carbonato que posteriormente ha sido disuelto y presenta cristalitas de calcita en algunas zonas muy locales.

7 (p. 78468) Brecha calcárea, formada por distintos tipos de clastos calizos. Aparecen clastos de naturaleza cristalina con cristalitas de cuarzo, otros clastos se podrían clasificar como de naturaleza biomicrítica, ya que se encuentran constituidos fundamentalmente por fósiles tipo algas. Foraminíferos, Equinodermos (espinas), Colares etc. se observan también zonas ferruginosas. La porosidad es de tipo geoda.

8 (p. 78477) Brecha calcárea formada principalmente por clastos de caliza cristalina y cemento calcáreo. La porosidad es intercrystalina y en algunas zonas parece móldica, como constituida por huecos de antiguos fósiles, de los que no se ha podido estudiar ninguno, por haber desaparecido.

9 (p.78471) Brecha calcárea. Se observan clastos de Calcita cristalizada, en otras zonas se ven carbonatos con fragmentos de fósiles por lo general Equinodermos.

La preparación está cruzada por estilolitos. Bastante porosa, con porosidad en forma de geoda.

10 (p. 78472) Brecha calcárea. Los clastos fundamentalmente de naturaleza carbonática, el cemento, calizo. Los clastos dominantes se clasificarían como Micritas con zonas muy cristalinas, aparecen clastos fosilíferos pero muy diageneizados, donde no se pueden identificar los fósiles. Se observa diaclasas rellenas por calcita. Es muy compacta, sólo en algunas zonas del cemento se observan porosidades en forma de geoda o canales.

10ª (p. 78462) Brecha calcárea, formada especialmente por clastos de caliza Micrítica, con fósiles muy transformados, tipo «pelet», se observa algún cristal de cuarzo. El cemento calcáreo, por posteriores disoluciones (sólo observable en el ejemplar de mano, no en la preparación). Porosidad grande, tipo caverna en el cemento, los clastos carecen de poros.

11 Biomicrita, se podría definir también como una Biomicrita de algas coralinas, ya que son el elemento casi exclusivo fosilífero por el que están constituidas, aparecen de distintas maneras, en secciones longitudinales y transversales, también se pueden distinguir alguna sección longitudinal de corales. La muestra es muy compacta, carece de porosidad.

12 (p. 78473) Brecha calcárea, constituida por clastos calizos fundamentalmente de caliza cristalina, en algunas zonas se puede ver alguna sección longitudinal de corales. En los clastos hay algún poro en forma de geoda, pero el ejemplar en su conjunto, presenta en el cemento calizo algún poro en forma de caverna.

13 (78458) Brecha calcárea con dos tipos de clastos, unos de Biomicrita con los fósiles muy transformados, alguna diaclasa rellena de calcita y porosidad en geoda, otro tipo es el formato por Micritas con impregnaciones ferruginosas, zonas arcillosas con pequeños clastitos de cuarzo y porosidad en canal y caverna... La porosidad de cemento tipo caverna.

15-1 (p. 78470) Brecha calcárea formada por grandes clastos de caliza esparítica, cemento calcáreo... En algunas zonas de los clastos se ven grandes cristales y zonas cruzadas por diaclasas rellenas posteriormente de calcita por impregnaciones ferru-

ginosas. Los clastos son muy compactos carentes de porosidad, pero en el cemento que separa unos clastos de otros, la porosidad se presenta en forma de caverna.

15-2 (p. 76474) Brecha calcárea compuesta por clastos de calcita que se podrían clasificar como Biomicritas, por estar constituidas por fósiles de Foraminíferos, Ostrácodos, fragmentos y conchas de moluscos. Presentan diaclasas rellenas de calcita. La porosidad de los clastos es de tipo caverna.

15-3 (p. 78464) Brecha calcárea muy heterogranular; los clastos dominantes se podrían clasificar como de Biomicrita ya que están constituidos por Foraminíferos, Ostrácodos, secciones de Moluscos, se ve muy bien una de Gasterópodo. En algunas zonas, los fósiles aparecen transformados y el molde a veces relleno posteriormente por calcita. Los clastos se pueden decir que carecen de poros, pero el ejemplar en su totalidad presenta grandes cavernas en el cemento.

16 (p. 78475) Brecha calcárea. Los clastos en general, son de tamaño menor que todos los ejemplares anteriores muestra muy heterogranular, la naturaleza de los clastos se definiría como una Biomicrita con fragmentos de Moluscos, Equinodermos (buenas secciones de espículas), algún Foraminífero, etc. Los clastos carecen de porosidad, o si la tienen en forma de canal. El cemento con porosidad tipo caverna o geoda.

JATURABE (Araoz-Oñati) Brecha calcárea, pero con dominancia de dos tipos de clastos de naturaleza carbonática, unos se clasificarían como de naturaleza Micrítica, con posibles fragmentos de fósiles pero muy transformados, que presentan diaclasas vacías o rellenas de material ferruginoso, carecen de porosidad; otros clastos, de naturaleza esperítica con porosidad móldica o intracristalina. La porosidad del ejemplar total, es decir la de su cambio, es de tipo caverna.

ETUDE COMPARATIVE DES CIMENTS

(15-2) n.º de l'échantillon

(78470) n.º lame mince étudiée

A) Echantillons (15-2) 78470, (15-3) 78474, 78460: Pas de ciment visible sur la préparation qui est entièrement occupée par un élément clastique calcaire.

B) Echantillon (1) (78457): Un seul ciment sparitique visible.

C) Echantillons (15-2) (78464) en (4) (78465): Observation imprécise car la quantité de ciment est très faible.

Deux ciments: un premier sparitique au contact des éléments clastiques et un second, detritique argilo-quartzeu.

D) Echantillon (2) (78479): Brèche très particulière: (voir photo 4).

—Brèche monogénique (tous les éléments clastiques sont formés d'un calcaire identique), éléments très anguleux.

—Éléments clastiques souvent soudés et en contact direct les uns avec les autres. Ils sont même très souvent imprégnés les uns dans les autres (contact en dents de scie, comme les stylolytes): phénomène de dissolution.

—Un seul ciment micritique, sans structures particulières (en particulier: ni detritique, ni laminé), peu abondant. Dans cette brèche monogénique, a éle-

ments detritiques anguleux (donc pas de transport), la cimentation résulte essentiellement d'un phénomène de soudure par compactation-dissolution.

E) Echantillons (9) (78471), (20) (78463, 78478): Brèches à éléments clastiques nombreux de taille et de nature très variées (hétérométriques polygéniques).

Presence d'un ciment détritique initial a farine calcaire plus ou moins abondant et d'un ciment secondaire sparitique. (voir photo 1).

(9) (78471) Ciment détritique a farine calcaire abondant et presque exclusif. Il renferme quelques grains de quartz et des fragments argileux. Le deuxième ciment sparitique, peu développé rempli quelques veinules qui découpent le ciment détritique ou tapissent les parois des quelques rares pores qui trouent ce premier ciment.

(78478) Premier ciment réduit, rélictuel; ciment sparitique idem. a (78463), porosité tardive très développée.

(20) (78463) Ciment détritique peu abondant; ciment sparitique plus développé que dans la lame (78471) porosité secondaire tardive, postérieure aux deux ciments.

Ces trois échantillons semblent présenter une progression:

Dans (78471) le ciment détritique initial abondant et presque exclusif présente un début de cimentation secondaire sparitique qui semble se développer dans des pores et des fissures de dissolution qui ont affecté le premier ciment. Cette deuxième cimentation est incomplète, la sparite ne remplissant pas tous les pores.

Dans (78463) et (78478), le ciment sparitique est bien développé et, semble-t-il, au détriment du ciment détritique initial qui ne subsiste qu'à l'état de lentilles discontinues au contact des éléments clastiques (soit-ce premier ciment a été partiellement éliminé lors d'une phase de dissolution antérieure à la deuxième cimentation, soit dans ces deux échantillons le premier ciment était originellement moins abondant que dans le premier échantillon). Dans la lame (78463) on note le développement d'une nouvelle porosité, postérieure aux deux ciments. Dans la lame (78478), cette porosité est très développée.

En résumé: ce sont des brèches a ciment détritico initial, essentiellement a farine calcaire, parfois abondant. La deuxième cimentation, sparitique (en milieu phéatique?) intervient après une première phase de dissolution.

L'échantillon (78471) semble être le moins évolué (le plus jeune? ou dans des conditions topographiques particulières). Les échantillons (78463 et 78478), plus évolués, ont subi ou subissent actue-

llement une deuxième phase de dissolution, particulièrement importante dans (78478).

F) Toutes les lames restantes peuvent se regrouper dans cet ensemble dans lequel les ciments entre les éléments clastiques sont caractérisés:

—Par la présence plus ou moins importante de ciments micritiques rubanés ou laminés.

—Par l'alternance de ciments micritiques laminés et de ciments sparitiques ce qui donne à l'ensemble du ciment une structure zonée, à bandes claires et sombres (voir photo 2).

—Par la présence plus ou moins visible de filaments organiques dans l'un ou l'autre de ces ciments.

—Ces ciments sont sans doute (par leur structure et la présence de filaments organiques) d'origine biochimique. Ils s'apparentent aux formations stromatolitiques ou travertineuses ou encore aux Calcinis (petits concrétionnements biochimiques —algues ou bactéries— qui se développent parfois à la phase inférieure des fragments calcaires).

L'alternance micrite laminée/sparite, traduit ici une évolution cyclique ou un rythme biologique ou bioclimatique «normal» (le passage d'un ciment à un autre est le plus souvent progressif, sans contact de dissolution). Exemple: régime vadose (période sèche) = micrite laminée; régime phréatique (période humide) = sparite. A ceci s'ajoutent des variations dans l'activité biologique: printemps/hiver, période chaude/période froide.

F1. Echantillons (10b) (78462 et 78469), ciment peu abondant sur la préparation, observation imprécise.

—Éléments clastiques grossiers, pas de petits fragments.

—Micrite rubanée directement en contact avec les éléments clastiques. Présence d'une sparite sur la micrite rubanée.

F2. Présence d'un ciment détritique initial (à farine calcaire ou argilo-quartzeux) au contact des éléments clastiques.

F2a) Éléments clastiques grossiers, pas de petits fragments. Ciment peu abondant (la majeure partie de la préparation est occupée par le ou les éléments clastiques). Présence de filaments organiques sans structure radiée dans les zones sparitiques.

(7) (78468): Éléments clastiques corrodés et ferruginisés au contact du ciment; premier ciment détritico-argilo-quartzeux; deuxième ciment sparitique à filaments organiques nombreux; troisième ciment micritique à filaments organiques nombreux.

(10) (78472): Pas de corrosion des éléments clastiques; premier ciment détritico-argilo-quartzeux; deuxième ciment sparitique à rares filaments; troisième ciment micritique.

F2b) Éléments clastiques grossiers, pas de petits fragments. Ciment proportionnellement peu abondant bien que cette fois la préparation recoupe de larges zones de ciment, ce qui permet une observation plus complète. Ciment très vacuolaire (voir photo 3) (les pores ne semblent pas résulter ici d'une dissolution, mais d'une cimentation incomplète, ce sont des vides résiduels non occupés (pas encore occupés) par le ciment. Ces vides donnent à l'ensemble du ciment une structure réticulée; le ciment forme des ponts entre les éléments clastiques, en laissant de nombreux vides de forme souvent ovoïde ou aux lignes sinueuses.

(16) (78475): Ciment détritico-argilo-quartzeux au contact des éléments clastiques; ciment sparitique, puis micritique en bordure des pores résiduels.

(Jaturabe) (78466): (voir photo 3) Premier ciment détritico-argilo-quartzeux, deuxième micritique, troisième ciment sparitique à lisérés micritiques (présence de filaments organiques à structure radiée dans ces lisérés micritiques), quatrième ciment micritique. Ici les alternances sont donc plus complexes et plus nombreuses.

F2c) Échantillon (13) (78458): Éléments clastiques plus petits et de taille plus variable que dans les échantillons précédentes. Ciment relativement abondant et moins vacuolaire que dans les lames précédentes. Ciment riche en éléments détritiques.

Le premier ciment argilo-quartzeux est assez abondant. Les ciments micritiques et sparitiques zonés sont comparables à ceux des échantillons précédents avec en particulier des filaments organiques à structure radiée (peu visibles) en relation avec des lisérés micritiques. Cependant, l'organisation de ces deux derniers ciments est ici assez complexe. De plus le deuxième ciment (ciment micritique) est souvent rouille et riche en petits grains de quartz. Des pores de dissolution tardive affectant également cette lame, ils sont souvent remplis de matière organique.

Cette préparation présente donc dans l'ensemble des caractères comparables à ceux des échantillons précédentes, mais ici l'accumulation d'éléments détritiques est importante: Le ciment argilo-quartzeux semble très riche en argiles (cutane argilo-ferrugineux); le deuxième ciment, micritique, est ici exceptionnellement chargé en quartz détritico et en pigments ferrugineux. On remarque de plus une importante accumulation de matière organique dans les pores. On est ici dans un milieu d'accumulation.

F2d) Échantillons (8) (78477 et (12) 78473): Éléments clastiques hétérométriques, très espacés les uns par rapport aux autres, ce qui fait que le ciment est proportionnellement très abondant (ce sont

sans douts les deux lames où le pourcentage de ciment est le plus fort).

Ciment très vacuolaire. Comme dans les lames du groupe F2b) cette porosité est résiduelle et non de dissolution. Mais ici les vides ont des formes anguleuses car ce sont des pores entre de grands cristaux de calcite. Le ciment de ces lames est en effet caractérisé par la présence de larges zones de sparite constituée de grands cristaux de calcite de forme allongée, enchevêtrés les uns dans les autres et laissant entre eux des vides parfois importants, surtout dans le dernier ciment (qui est donc ici sparitique) où les cristaux sont extrêmement allongés presque en aiguilles.

Le premier ciment, ditritique, est peu abondant dans la lame (78473) il est argilo-quartzeux, dans

celle n.^o (78477) il est a farine calcaire, mais il est souvent absent ou extrêmement réduit. Ainsi dans cette dernière lame la cimentation débute souvent par une fine zone micritique très dense, qui forme une sorte de cortex autour des éléments clastiques aux formes plus ou moins arrondies.

La cimentation est ensuite généralement sparitique ou microsparitique, avec de nombreux lisérés micritiques (à traces de filaments organiques à structure radiée). On peut ainsi rencontrer 2 ou 3 zones de ciment sparitique séparées par de filisés micritiques à structure laminée. Les premières zones sont peu poreuses. Les deuxièmes un peu plus, et les troisièmes, encore plus, présentent de grands cristaux aux formes allongées.