

Procesos de incorporación y preservación de bioclastos en flujos piroclásticos subacuáticos: dos ejemplos y un modelo genético

D. GIMENO ⁽¹⁾ y G. ONNIS ⁽²⁾

(1) Dpto. de Petrologia, Geoquímica i Prospecció. Universitat de Barcelona.

(2) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Cagliari.

RESUMEN

Se ofrecen dos ejemplos de incorporación de bioclastos por parte de coladas piroclásticas en ambiente subacuático. Estos ejemplos proceden del Ordovícico Superior-Silúrico inferior del Sarrabus (Sureste de Cerdeña, Italia) y el Mioceno del Arcuentu (Suroeste de Cerdeña, Italia). Los bioclastos aparecen en ambos casos en el frente de coladas piroclásticas, y se han preservado en forma de moldes. Tras una exposición detallada de los materiales se propone un modelo genético común para ambos ejemplos, en el que tras la asimilación de los bioclastos en el frente de la colada éstos sufren disolución y se preservan en los raros casos en los que la colada piroclástica se enfrió rápidamente.

Palabras Clave: Ignimbrita. Cerdeña. Ambiente subacuático. Moldes de bioclastos. «Schistes troués». Modelo Genético.

ABSTRACT

This paper studies two cases of incorporation of bioclasts by pyroclastic flows into a subaqueous environment. These examples are found in the Upper Ordovician-Lower Silurian materials of Sarrabus region (Southeastern Sardinia) and in the Miocene of Arcuentu sector (Southwestern Sardinia). Bioclasts are preserved with moldic porosity and are only present in the front of pyroclastic flows. We propose a genetic model for both cases: assimilation of bioclasts in the front of flows, dissolution of bioclasts (genesis of molds) and preservation of molds by quick cooling of pyroclastic flow.

Key Words: Ignimbrite. Sardinia. Subaqueous environment. Bioclast moulds. «Schistes troués» facies. Genetic model.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años han aparecido diferentes trabajos que dan evidencias de la existencia de flujos piroclásticos en medio subacuático (Caillat *et al.*, 1981; Sparks

et al., 1980, etc.). En esta nota se ofrecen dos ejemplos procedentes del sur de la isla de Cerdeña; ambos ejemplos han sido elegidos por su claridad y porque, a pesar del gran lapso de tiempo que los separa son comparables en un aspecto: contienen moldes de bioclastos muy bien preservados. Asimismo se pretende llamar la atención sobre algunas litofacies antiguas del tipo «Schistes troués», análogas a las descritas en este trabajo, que son frecuentes en muchas zonas (Pirineos, Cadenas Costeras Catalanas, etc.), y pueden ser de utilidad en estudios de paleovolcanismo.

UN EJEMPLO EN EL MIOCENO DEL ARCUENTU (CERDEÑA CENTROCCIDENTAL)

El ejemplo más moderno corresponde al complejo volcánico del Arcuentu, en el sector centroccidental de la isla de Cerdeña, situado al oeste del graben terciario que atraviesa la isla de NO a SE (fig. 1).

El complejo volcánico del Arcuentu tiene unos 100 km² de extensión y está relacionado con diferentes sucesiones sedimentarias continentales y marinas. El complejo es de carácter claramente calcoalcalino, propio de un contexto geodinámico compresivo y se desarrolló en el lapso de tiempo comprendido entre el Oligoceno superior y el Mioceno medio (30-16 m.a., Assorgia *et al.*, 1985; Lonis, 1983).

El volcanismo del Arcuentu evoluciona desde una fase inicial subaérea (domos, cúpulas y coladas de basalto y andesita basáltica) hasta un volcanismo basáltico terminal, predominantemente restringido a necks y coladas subaéreas de modestas dimensiones. Entre estos dos

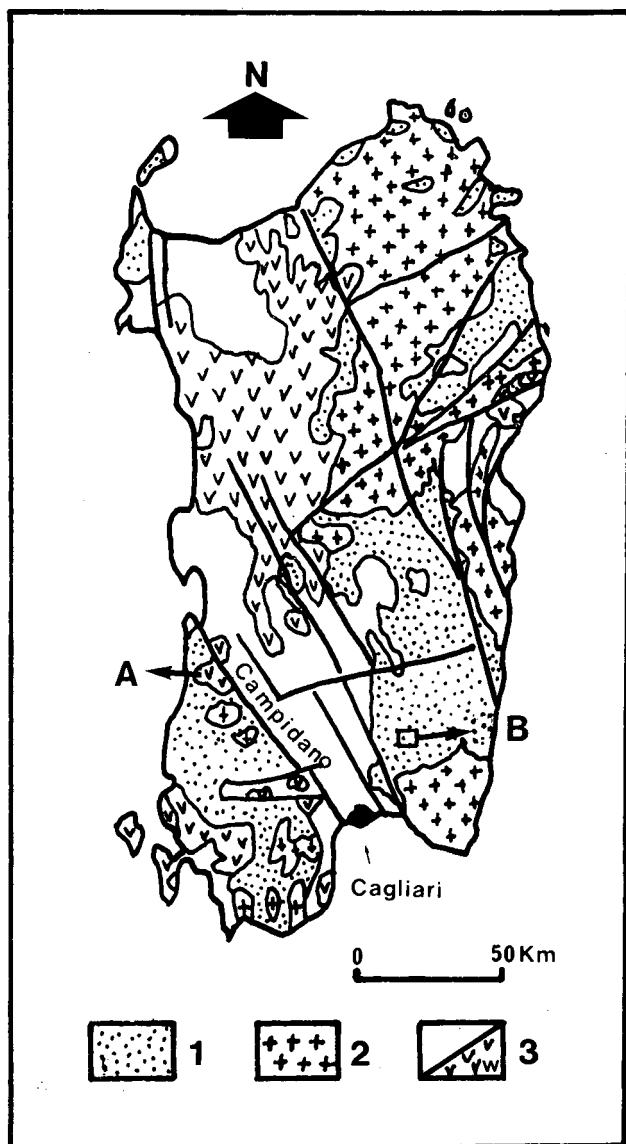


Figura 1.- Situación de los sectores estudiados. A) Case Masalingia, Arcuentu. B) Foresta Sa Terra Arba, Sarrabus Occidental. Leyenda: 1) Materiales sedimentarios y volcánicos paleozoicos. 2) Granitoides hercínicos. 3) Materiales posthercénicos (w: rocas volcánicas y piroclásticas).

Figure 1.- Situation of studied areas. A) Case Masalingia, Arcuentu, B) Foresta Sa Terra Arba, Sarrabus Occidental. Symbols: 1) Sedimentary and volcanic materials of Palaeozoic age. 2) Hercynian granitoids. 3) Post-hercynian materials (w: volcanic and pyroclastic rocks).

tipos de materiales existen importantes intercalaciones ácidas de carácter ignimbrito (principalmente concentradas en el sector inferior) y una fase predominantemen-

te submarina de andesitas y andesitas basálticas que presentan acumulaciones de coladas autobrechadas, lavas almohadilladas, «pillow breccias», hialoclastitas y productos epiclásticos básicos intercalados, localmente muy fosilíferos. Un rasgo morfológico característico del Arcuentu es que la mayor parte del volcanismo está ligado a los lineamientos estructurales típicos de Cerdeña: NNE-SSO y N-S (Lonis, 1983).

El sector objeto de nuestro estudio está ubicado en la zona occidental del macizo del Arcuentu (figs. 1 y 2) en los alrededores de la localidad de Case Masalingia. En este sector se pueden reconocer en el conjunto de las rocas piroclásticas ácidas hasta tres episodios volcánicos sucesivos (fig. 3) que han dado lugar al emplazamiento de ignimbritas en facies de «ash flow» y «pumice flow» (Onnis, 1985). Estos episodios están separados entre sí por sedimentos, tanto marinos (calcarenitas, epiclastitas de composición andesítica) como continentales (calizas lacustres). Los dos primeros episodios se desarrollan en ambiente prevalentemente subaéreo, mientras que el tercero corresponde a un episodio subacuático, ubicado a techo de formaciones calcáreas lacustres intramiocénicas y cubierto a su vez sucesivamente por facies marinas miocénicas (conglomerados y calcarenitas) y coladas de lavas submarinas, con lavas almohadilladas y brechas poligénicas submarinas (Assorgia *et al.*, 1986).

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

En Case Masalingia las rocas piroclásticas ácidas del tercer episodio aparecen intercaladas en conglomerados y microconglomerados, y en calcarenitas fosilíferas. Las ignimbritas presentan un color blanzuzco, y resaltan en ellas los fragmentos orientados de pumita, los cristales de biotita, y los líticos de composición andesítica y de rocas metamórficas paleozoicas. La base de este tercer nivel ignimbrito contiene grandes fragmentos líticos andesíticos, así como pumitas de gran tamaño, lo que hace pensar en que se trate de la zona basal de una ignimbrita de escasa potencia, quizás parcialmente erosionada.

Desde un punto de vista petrográfico, las ignimbritas presentan las características típicas de «ash-flow» y «pumice-flow»; los fragmentos vitroclásticos («shards») angulosos son muy abundantes (constituyen la mayor parte de la matriz vítrea de la roca), así como los fragmentos de pumita vesiculada, predominando ampliamente sobre el contenido en cristales. Por lo que se refiere a éstos, abundan los cuarzos fracturados y las biotitas, tal como ya hemos indicado en la descripción macroscópica, y son relativamente escasos los feldespatos. Entre los líticos se observa un predominio de los fragmentos de esquistos paleozoicos sobre los fragmentos de andesita. A señalar el buen estado de conservación de esta roca, que no ha sufrido desvitrificaciones importantes, lo que hace que los fragmentos vitroclásticos y las pumitas, y en general todo el material vítreo sea perfectamente reconocible.

En la zona de contacto de las ignimbritas con las calcarenitas aparecen concentrados gran cantidad de bioclastos; esta zona de contacto apenas llega a tener un metro de espesor, y debe corresponder a la base (y parcialmente al frente de avance) de la ignimbrita. Por lo que se refiere a los bioclastos, se trata preferentemente de bivalvos (*Mytilus* sp., *Lucinoma borealis* LINNE, *Megaxinus* sp., etc.) con-

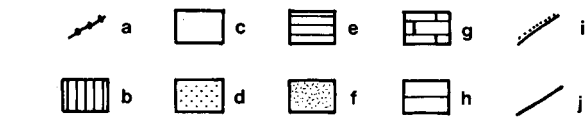
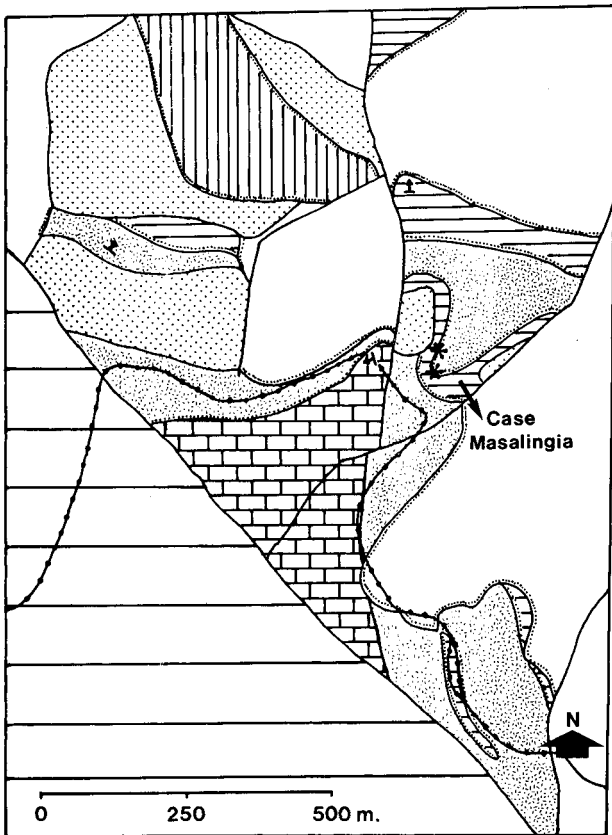


Figura 2.- Esquema geológico del sector de Case Masalingie, Arcuentu, Cerdeña Centrooccidental. Leyenda: a) Carretera comarcal Montevecchio-Marina di Arbus. b) colada lávica subaérea de quimismo básico a intermedio-básico. c) coladas lávicas submarinas con lavas almohadilladas, brechas hialoclásticas y brechas submarinas poligénicas con fragmentos de lava almohadillada. d) cuerpos subvolcánicos de quimismo básico, inyectados dentro de las formaciones lávicas brechadas. e) calcarenitas fosilíferas intercaladas entre las ignimbritas (localmente en el sector de Case Masalingie presentan tránsitos laterales a microconglomerados). f) ignimbritas de composición riolítica en facies de «ash-flow» y «pumice-flow». g) caliza lacustre. h) paleozoico indiferenciado. i) contacto estratigráfico; el punteado señala el estrato superior en cada caso. j) falla. Las ignimbritas fosilíferas están señaladas con asteriscos. (Según Onnis, 1985; simplificado).

Figure 2.- Geological sketch of Case Masalingie sector (Central-Western Sardinia, Italy). Symbols: a) Montevecchio-Marina di Arbus road. b) subaerial lava flow (intermediate-basic to basic). c) submarine (basic) lava flows with pillows, brecciapillows, hyaloclastics and polygenic breccia with pillow fragments. d) subvolcanic (basic) bodies, intruded within brecciated lava bodies. e) fossiliferous calcarenites interbedded with ignimbrites. f) rhyolitic ignimbrites (ash-flow and pumice-flow). g) lacustrine limestone. h) palaeozoic materials. i) stratigraphic contact (points mark side of strata overlying). j) fault. (After Onnis, 1985; simplified).

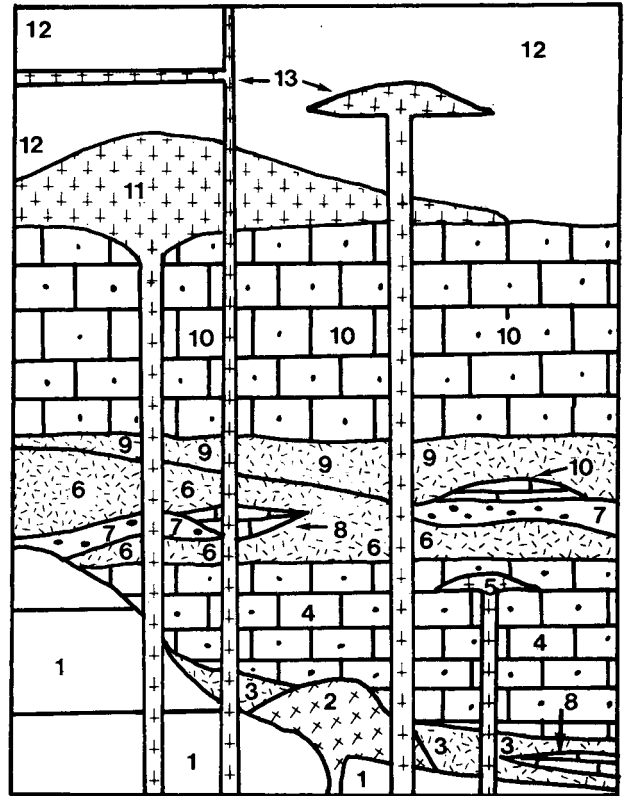


Figura 3.- Relaciones litoestratigráficas en el sector occidental del Arcuentu (según Onnis, 1985; simplificado). 1) Paleozoico indiferenciado. 2) Lavas de quimismo intermedio a básico, en domos. 3) Ignimbritas riolíticas, con intercalaciones de caliza lacustre (8). 4) Calcarenitas de origen marino, intercaladas con lavas básicas (5) y rocas epiclásticas. 6) Ignimbritas riolíticas con intercalaciones de conglomerado fluvial (7) y caliza lacustre (8). 9) Ignimbritas riolíticas intercaladas localmente con microconglomerados y calizas de origen marino (estos depósitos piroclásticos son los que contienen los moldes de bioclastos). 10) Calcarenitas y rocas epiclásticas originadas en ambiente marino. 11) Coladas submarinas básicas con lavas almohadillas. 12) Brechas poligénicas («pillow-breccia», hialoclastitas, etc.) generadas en ambiente submarino. 13) Cuerpos subvolcánicos de quimismo básico, así como filones y lacolitos de la misma composición.

Figure 3.- Lithostratigraphic relationships in Western Arcuentu region (after Onnis, 1985; simplified). 1) Palaeozoic materials. 2) Volcanic domes (intermediate to basic). 3) Rhyolitic ignimbrite interbedded with lacustrine limestone (8). 4) Marine calcarenites, interbedded with basic lava flows (5) and epiclastic rocks. (6) Rhyolitic ignimbrite interbedded with fluvial conglomerate (7) and lacustrine limestone (8). 9) Rhyolitic ignimbrites locally interbedded with marine microconglomerates and limestones (pyroclastic deposits with fossil moulds) 10) Calcarenite and epiclastic rocks (marine environment). 11) Submarine lava flows with pillows. 12) Marine polygenic breccia (pillow-breccia, hyaloclastites, etc.). 13) Subvolcanic bodies, lacolites, necks and veins of basic composition.

servados en forma de moldes internos y/o externos. Se han hallado también fragmentos de vegetales carbonizados (Onnis, 1985). En conjunto, se trata de una acumulación de bioclastos dentro de la roca piroclástica, que se manifiesta en forma de porosidad móldica. Dicha porosidad ocupa una aureola cuyo espesor oscila entre 20 y 50 cm en el borde externo de la ignimbrita y desaparece gradualmente hacia el interior del depósito piroclástico. A pesar de la existencia de moldes de conchas que ya estaban fragmentadas, el grado de conservación de éstas debió de ser bastante bueno en el momento de la captura por parte del flujo piroclástico.

UN EJEMPLO EN EL PALEOZOICO DEL SARRABUS

El segundo ejemplo ha sido tomado del Ordovícico superior-Silúrico inferior del Sarrabus (Sureste de la isla de Cerdeña). Este sector está situado al este del graben del Campidano, y corresponde a una franja de terreno no deformada durante la orogenia hercínica que se extiende al norte del afloramiento de los granitoides del SE de la isla, desde la población de Dolianova hasta la de Muravera (Gimeno, 1985) (fig. 1). Hay litofacies semejantes con asimilación de bioclastos en diferentes afloramientos de toda esa zona, pero hemos preferido concentrar nuestras observaciones en uno de los afloramientos más significativos, situado al sur de Foresta Sa Terra Arba, unos 2 Km al norte de Punta Serpeddi, en el Sarrabus Occidental (fig. 4).

Podemos resumir muy brevemente la geología de los materiales prehercínicos del Sarrabus indicando que se trata en su mayor parte de materiales sedimentarios depositados en una cuenca siliciclástica marina somera. Existe una importante influencia volcánica en la cuenca, como lo demuestra la existencia de diferentes intercalaciones de rocas efusivas y piroclásticas. En consecuencia, la mayor parte del relleno de esta cuenca tiene un carácter de secuencia volcano-sedimentaria. Por lo que se refiere a la paleogeografía y geometría de la

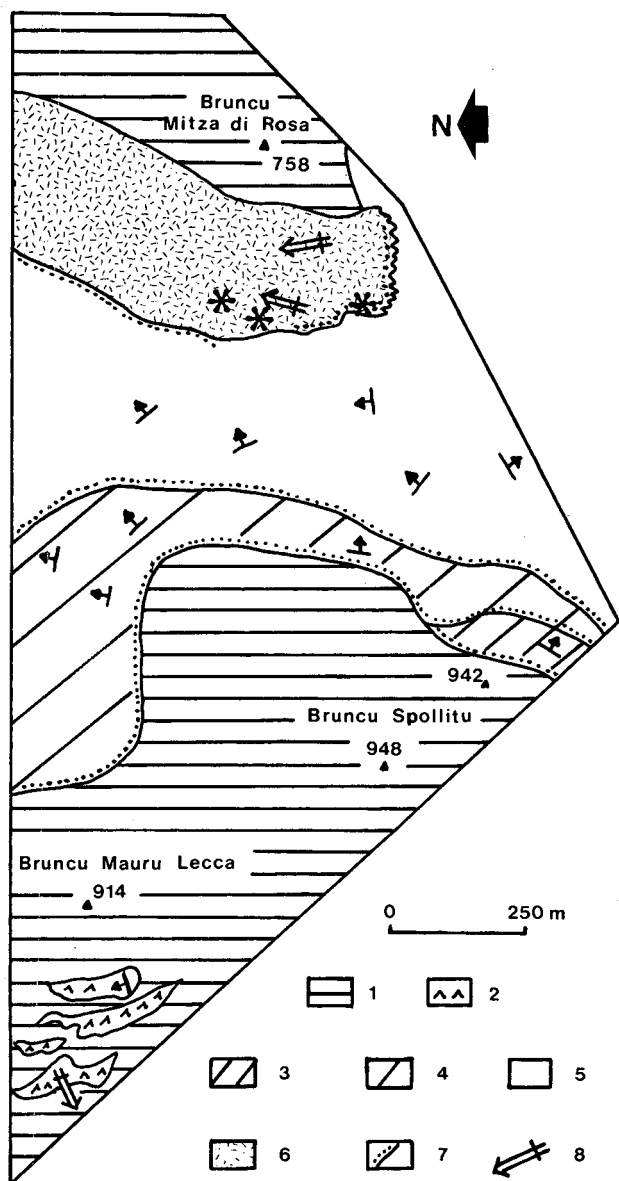


Figura 4.- Esquema geológico del sector de Foresta Sa Terra Arba, en el Sarrabus Occidental (Gimeno, 1985). 1) Cuerpos intrusivos ácidos, principalmente en facies subvolcánicas y de domo (Ordovícico Superior-Silúrico inferior). 2) Coladas riolíticas. 3) «Toba verde», grauwacka rica en filosilicatos, producto del desmantelamiento de los materiales volcánicos infrayacentes. 4) «Toba lavada», arenisca de grano grueso-microconglomerado. 5) Materiales siliciclásticos finos (principalmente siltitas y lutitas en facies de talud: deslizamientos, depósitos de debris-flow, etc.) 6) Coladas piroclásticas ácidos submarinos. 7) Contacto estratigráfico (indica superposición de los materiales situados del lado de los puntos). 8) Dirección de flujo, en las coladas piroclásticas y de lava. La edad de los materiales 3-4-5 y 6 está comprendida en el lapso Caradoc-Silúrico Superior; la mayor parte debe tener ya una edad silúrica.

Figure 4.- Geological sketch of Foresta Sa Terra Arba sector (Western Sarrabus) (Gimeno, 1985). 1) Acid Intrusive bodies, mainly in subvolcanic facies, and locally in dome facies (upper Ordovician-Lower Silurian). 2) Rhyolitic lava flows. 3) «Green epiclastics», very rich in filosilicates, produced by erosion of acid volcanics. 4) «Washed epiclastics», a coarse sandstone-microconglomerate. 5) Siliciclastic materials (mainly lutites-siltites deposited in an unstable environment: slides, debris-flows, etc.). 8) Flow direction in pyroclastic and lava flows. Age of 3, 4, 5 and 6 materials occupies a range between Caradoc and Lower Silurian (mainly Silurian).

cuenca, la cartografía detallada de los materiales sedimentarios (distribución y polaridad de deslizamientos submarinos, formación de precipitados de origen exhalativo, depósitos formados por procesos de debris-flow y corrientes de turbidez, etc.) indica que durante el depósito de todos estos materiales existió una tectónica distensiva sinsedimentaria, activa por lo menos desde el Ordovícico medio-superior hasta finales del Silúrico (Gimeno, 1985 y 1986a).

Por lo que se refiere a las rocas volcánicas, el volcanismo ácido predomina ampliamente («porfidi bianchi e grigi del Sarrabus», Calvino, 1961) y en la mayor parte de los casos aflora en facies subvolcánicas y domos. Estas rocas volcánicas ácidas no son sincrónicas, observándose en general que son más antiguas en el sector occidental que en el oriental (Ordovícico medio-superior y Silúrico inferior-medio respectivamente, Gimeno, 1986c). El volcanismo básico (sector de Serra s'Illixi) es producto de una actividad fisural submarina y corresponde al Silúrico inferior.

Por lo que se refiere a la zona estudiada en esta nota (figs. 1 y 4), en su sector oeste afloran materiales riolíticos en facies subvolcánicas y de domo (Brunco Spollitu); más hacia el noroeste (Brunco Mauru Lecca) afloran en forma de coladas de lava de carácter riolítico. En conjunto se trata de una pequeña parte del amplio afloramiento de rocas volcánicas ácidas de Pta. Serpeddi-Monte Su Calavregu-Brunco Prastali-Brunco Sa Mola-Monte Tronu que constituyen la base de la serie litoestratigráfica del Sarrabus en este sector occidental (Gimeno, 1986c). En base a los datos paleontológicos disponibles podemos decir que estos materiales tienen una edad pre-Caradoc. Sobre ellos se disponen en primer lugar una roca epiclástica rica en filosilicatos, con granos de cuarzo y feldespatos de origen volcánico («toba verde») y a continuación una arenisca de grano grueso («toba lavada») constituida de material volcánico más seleccionado, que puede llegar a ser una cuarcita de apariencia similar a las de tipo «armoricano». Estas dos litofacies presentan una gran variación de potencia en función del paleorrelieve volcánico sobre el que se asientan. Sobre ellos se han depositado materiales siliciclásticos finos que deben corresponder ya al inicio del Silúrico, si atendemos a la fauna de graptolites hallada por Teichmüller (1931) en Cuili Musui. Todo este conjunto de materiales corresponde a un ambiente marino.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales que nos ocupan aparecen intercalados en el seno de los materiales siliciclásticos finos, y todos estos materiales son a su vez cortados por las facies subvolcánicas de Brunco Mitza de Rosa y Su Fragui, ligeramente más modernas (Silúrico inferior-medio). Se trata de depósitos originados por coladas piroclásticas, cuyo pro-

ducto final es una ignimibrita muy bien soldada que ha sufrido deformación de tipo reomórfico durante su emplazamiento (ignimibrita reomórfica).

Este tipo de ignimibritas se caracteriza por su pobreza en fragmentos líticos (prácticamente indistinguibles en este caso) y por existir una gran dificultad en reconocer la existencia de fragmentos pumíticos en su seno. Ello es debido a que por una parte la roca se ha emplazado a alta temperatura, produciéndose una soldadura intensa entre sus componentes, y por otra el desarrollo de los procesos reomórficos ha contribuido al aplastamiento, laminación y deformación de los fragmentos pumíticos procedentes del conducto eruptivo. Además, en este caso en concreto, la antigüedad de la roca hace que todos sus componentes vítreos hayan sufrido desvitrificación, proceso que probablemente ya comenzó en una fase autohidrotermal más o menos contemporánea al emplazamiento de la colada piroclástica.

El resultado es una roca masiva, muy compacta y bien soldada, que presenta en el afloramiento un bandeado definido por niveles estratiformes discontinuos de potencia milimétrica y continuidad centimétrica-métrica de diferentes tonos de color (verde a verde-amarillento, gris oscuro-negro, etc.) dispuestos sobre el fondo gris claro-blanco de la roca. Estos niveles estratiformes aparecen más o menos dispuestos en posición horizontal o subhorizontal en el seno de la roca, aunque también aparecen implicados localmente en pliegues de dimensiones decimétricas-métricas y en general amplio radio. Estos pliegues pueden aparecer aislados en el seno de un nivel de la roca, en clara disarmonía con el resto del depósito piroclástico, e incluso participar en pequeñas discordancias internas de dicho depósito. Por este motivo, creemos que el origen de dichos pliegues es reomórfico, interpretación que parece confirmada por la ausencia de deformación tectónica en los materiales siliciclásticos que constituyen el encajante del depósito piroclástico y por el contexto sedimentario (paleopendientes). En otros lugares, por el contrario, la roca es masiva y tiene toda la apariencia de un vitrófiro.

Los afloramientos de estos depósitos piroclásticos aparecen bastante regularmente en dirección este-oeste a lo largo de todo el Sarrabus, desde las inmediaciones de Punta Serpeddi hasta el Mar Tirreno al sur de la población de Muravera, con la excepción del tramo del Minderri. Se trata de depósitos de potencia variable desde 1-3 m hasta varias decenas de metros, y con expansiones horizontales del orden de varios centenares de m, o unos pocos km a lo sumo; estos depósitos aparecen intercalados en materiales siliciclásticos depositados en ambiente marino. En bastantes afloramientos se pueden reconocer los conductos de alimentación de los flujos piroclásticos.

Al proceder al estudio petrográfico de estos materiales se observa una matriz cristalina muy fina en la que resaltan localmente fragmentos angulosos de cristales de cuarzo y, vitroclastos desvitrificados, siempre de pequeñas dimensiones. El bandeado macroscópico se traduce en ligeras diferencias granulométricas, dentro del tono microgranudo de la pasta de fondo; en alguno de estos niveles se puede reconocer alguna imbricación de cristales. Los bandeados se manifiestan también en forma de pequeñas suturas subparalelas en la matriz cristalina, o bien en niveles o nódulos alargados de minerales elongados coloreados, que al microscopio electrónico podemos reconocer como recristalizaciones a partir de una matriz probablemente vítrea (¿antiguos fragmentos pumíticos?). En nuestra opinión todas estas texturas planares pueden ser interpretadas como una foliación primaria en ignimibritas reomórficas. Aparte de todas las características macroscópicas citadas podemos reconocer la existencia de estructuras de desgasificación, característicamente dispuestas en dos planos conjugados que reflejan la situación del campo de esfuerzos local en el momento de emplazamiento del depósito piroclástico. Estas cavidades de desgasificación se caracterizan por tener una superficie rugosa con estructuras primarias de orden menor «en flecha» o «V». Este tipo de estructuras han sido descritas por Chapin y Lowell (1979) como indicadoras de paleocorrientes en coladas piroclás-

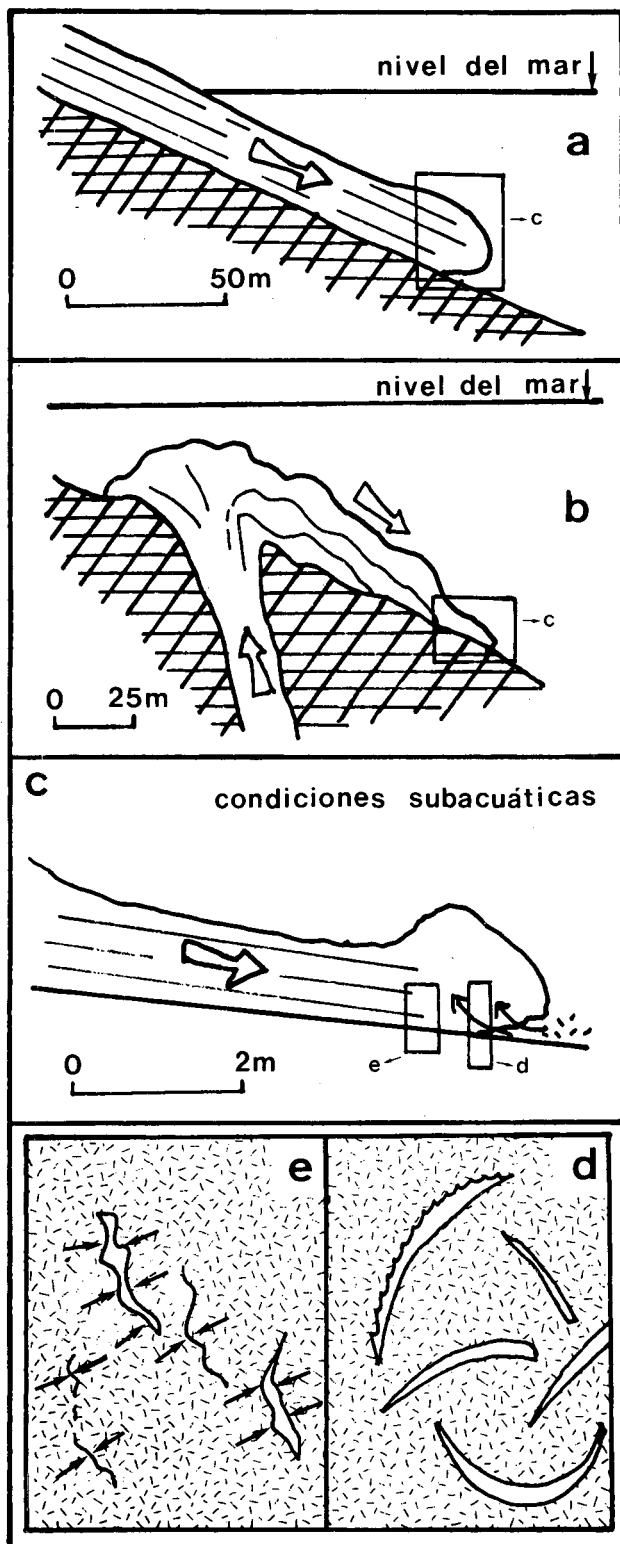


Figura 5.- Modelo genético. El producto final en ambos casos ha sido muy parecido: una litofacies móldica que preserva bastante bien la estructura de los fragmentos esqueléticos. El inicio del proceso fue probablemente distinto: A) en el Arcuentu la colada piroclástica se generó con toda probabilidad en medio subaéreo, introduciéndolo-

tic. En las proximidades de las cavidades de desgasificación más desarrolladas (correspondientes a zonas de frente de colada piroclástica) aparecen los moldes de fósiles, en concreto de órthidos. Podemos hallar tanto moldes perfectamente conservados como otros parcialmente reabsorbidos que apenas son poco más que una sutura irregular en el seno de la ignimbrita soldada.

Brevemente, podemos concluir que el estudio petrográfico de estas litofacies es bastante arduo, y ello explica que estos materiales hayan sido clasificados anteriormente como carbonatos silicificados («Quarziti del Sarrabus» de los autores antiguos). Sin embargo, el conjunto de sus características indica claramente que se trata de un producto de actividad volcánica, en muchos aspectos similar a una lava; en nuestra opinión algunos hechos (entre otros: significativa pobreza en cristales, ausencia de procesos de autobrechado, la misma capacidad de asimilación de bioclastos, y la marcada diferencia con las intercalaciones lávicas ácidas existentes) permiten confirmar que se trata de depósitos piroclásticos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los dos ejemplos descritos constituyen evidencias de un mismo proceso: la asimilación de bioclastos por parte de una colada piroclástica (véase el modelo genético en la fig. 5). En concreto, el ejemplo estudiado en el Sarrabus parece un caso de depósito formado por una colada piroclástica submarina similar en muchos aspectos (estructuras de desgasificación, texturas de bandeado,

se con posterioridad en el mar; B) en el Sarrabus, por el contrario, la colada piroclástica aparece radicada en grandes diques que emitieron las coladas piroclásticas en medio submarino; de hecho la litofacies estudiada tiene muchas similitudes con coladas lávicas. A continuación el proceso fue similar: C) captación de los bioclastos en el frente de la colada piroclástica y rápida disolución de éstos por parte de los fluidos contenidos en aquella. La porosidad móldica generada de esta manera en algunos casos «se congeló» en los frentes de flujo por enfriamiento de éstos (D) lo que ha permitido que se conserven hasta hoy, mientras que en los sectores en los que esto no se produjo la porosidad fue parcial o totalmente eliminada (E).

Figure 5.- Genetic model. The final product was very similar in both cases: a moldic lithofacies with a good preservation of skeletal fragments. Nevertheless, the process could start in different ways: A) In the Arcuentu region pyroclastic flows was probably generated in subaerial environment; B) In Sarrabus region the pyroclastic flow is rooted in acid dikes which reached sea bottom. Afterwards the process was similar; C) incorporation of skeletal fragments in the front of pyroclastic flow and quick dissolution of carbonatic shells resulting from hot fluids confined within the pyroclastic flow. Moldic porosity generated in this way was preserved in some cases in the front of flow by cooling (D) of this front, while porosity was eliminated (E) where quick cooling was not produced.

existencia de foliaciones primarias, procesos de soldadura y reomorfismo) a la descrita en medio subaéreo por Chapin y Lowell (1979).

En los dos casos que hemos estudiado en esta nota no hay duda posible respecto al carácter subacuático de la roca piroclástica, tanto por la naturaleza de las rocas encajantes como por la misma presencia de los fósiles. La asimilación de bioclastos en el frente de la colada piroclástica es posible ya que ésta es un flujo denso que permite incorporarlos sin que se produzca su destrucción mecánica. Por otra parte, no tendríamos evidencia de este hecho si en el frente de avance de la colada piroclástica las condiciones físicas no hubieran sufrido una profunda modificación, alcanzando una gran viscosidad debido al enfriamiento rápido que experimenta, lo que permite la conservación de las cavidades abiertas (vesículas) de la roca piroclástica.

Por lo que se refiere al ejemplo del Sarrabus, el gran desarrollo de las vacuolas de desgasificación a las que van asociados los moldes de las conchas indican que probablemente se produjo un incremento en la fluidización del flujo piroclástico en su frente de avance; esto puede representar un criterio indirecto a favor de una profundidad escasa del ambiente subacuático por el que circuló el flujo piroclástico, por comparación con el modelo de Sparks *et al.*, (1980).

En los dos ejemplos estudiados la desaparición de las conchas de los organismos se produjo por disolución precoz a cargo de los fluidos contenidos a elevada temperatura en el seno de la ignimbrita. En nuestra opinión ambos ejemplos muestran un posible proceso de formación de facies del tipo «Schistes troués» que explica, entre otras cosas, que las litofacies asociadas a éstos sean descritas petrográficamente como grauwackas y que los fósiles aparezcan representados preferentemente en forma de moldes. Hay que señalar que el caso citado en el Sarrabus fue identificado por Naud (1979) como una facies de este tipo. Naturalmente esta afirmación no implica que necesariamente todas las litofacies de este tipo se formen por el mismo proceso.

Finalmente, la cantidad de moldes de bioclastos presentes en el depósito piroclástico es obviamente función, no sólo del comportamiento reológico de la ignimbrita, como hemos visto en el caso del Sarrabus, sino además de la disponibilidad real de éstos en el ambiente sedimentario. Esto puede explicar la mayor representación de los moldes en la ignimbrita miocena, especialmente si tenemos en cuenta la relativa escasez de fósiles en el Sarrabus.

AGRADECIMIENTOS.

Durante la realización de este trabajo uno de nosotros (D.G.) disfrutó de una beca de la CIRIT de la Generalitat de Catalunya. Queremos agradecer toda la ayuda recibida durante la realización de este

trabajo, y muy en especial la de los Profs. A. Assorgia, P. Brotzu, C. Marini, G. Padalino, I. Uras y M. Violo, y los Dres. E. Cadoni, R. Lonis, P. Canetto, G. Sistu (Univ. de Cagliari) y J. Martí (Inst. J. Almera, CSIC). Muchas gracias a Carlo y Giovanni, sin cuya generosa ayuda y amistad este trabajo no se hubiera llevado a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSORGIA, A., BARCA, S., ONNIS, G., SECCHI, F. y SPANO, C., 1986: Episodi sedimentari e vulcanici nel settore ad Ovest del M. Arcuentu (Sardegna Sudoccidentale). (En prensa).
- ASSORGIA, A., BROTZU, P., MORBIDELLI, L., NICCOLETTI, E. y TRAVERSA, G., 1985: Successione e cronologia (K/Ar) degli eventi vulcanici del complesso calco-alcalino oligo-miocenico dell'Arcuentu. *Periodico di Mineralogia*, 54: 89-102.
- CAILLAT, C., DELHAVI, P., MARTEL-JANTIN, B., MICHEL, R. y VINCENT, P.M., 1981: Découverte de coulées pyroclastiques sous-marines dans la zone de l'Iran central. Mécanisme de mise en place. *Bull. Volcanol.*, 44 (2): 169-176.
- CALVINO, F., 1961: Lineamenti strutturali del Sarrabus-Gerrei (Sardegna Sudorientale). *Bol. Serv. Geol. d'It.*, 81 (4-5): 489-556.
- CHAPIN, C.E. y LOWELL, G.R., 1979: Primary and secondary flow structures in ash-flow tuffs of the Gribbles Run paleovalley, Central Colorado. *Geol. Soc. of America, Spec. Paper 180: 137-154.*
- FISCHER, R.V. y SCHMINCKE, H.U., 1984: *Pyroclastic Rocks*, Berlin, Springer-Verlag, 472 p.
- GIMENO, D., 1985: Un modelo en el Paleozoico sardo y su aplicación a la investigación geológica y minera en Cataluña. *Rev. Inv. Geol.*, 41: 5-15.
- GIMENO, D., 1986 a: Fenómenos de desestabilización de taludes submarinos en plataformas siliciclásticas: tipología de litofacies e implicaciones genéticas. In Ll. Cabrera ed. *XI Congreso Español de Sedimentología, Res., Com.*, p. 90, Barcelona, G.E.S.
- GIMENO, D., 1986 b: Génesis de pliegues sinsedimentarios en lilitas paleozoicas: tipos radicados y tipos deslizados in Ll. Cabrera ed. *XI Congreso Español de Sedimentología. Res. Com.* p. 91, Barcelona, G.E.S.
- GIMENO, D., 1986 c: Evolution of a siliciclastic basin during late ordovician-silurian times: an example from Sarrabus region, SE Sardinia, Italy. In I.G.C.P. n. 233 ed. *Proceedings «Int. Conf. Iberian Terranes and their regional correlation»* p. 96. Oviedo.
- LONIS, R., 1983: *Rilevamento e studio geo-petrográfico del settore meridionale del Monte Arcuentu*. Tesi di Laurea inéd. Univ. Cagliari, 156 p.
- NAUD, G., 1979: Les shales de Rio Canoni, formation-repère dans l'Ordovicien supérieur de Sardaigne orientale. Conséquences stratigraphiques et structurales. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 21 (2): 155-159.
- ONNIS, G., 1985: *Rapporti fra sedimentario e vulcanico nel Terzario del settore occidentale dell'Arcuentu*. Tesi di Laurea inéd. Univ. Cagliari, 320 p.
- SPARKS, P.S.J., SIGURDSSON, H. y CAREY, S.N., 1980: The entrance of pyroclastic flows into the sea. II. Theoretical considerations on subaqueous emplacement and welding. *Jour. Volcanology and Geothermal Research*, 7: 97-105.
- TEICHMULLER, R., 1931: Zur Geologie des Tyrrhenisgebietes im südlichen Sardinien. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen. Math. Phys. Kl.* 3 (5): 1-94.