

# Vitrófiros basales en flujos piroclásticos de composición riolítica: el caso de la unidad de Nuraxi (Sulcis, SE de la isla de Cerdeña, Italia)

*Bottom vitrophiric facies in rhyolitic pyroclastic flows: a case study from Nuraxi unit (Sulcis, SE Sardinia island, Italy)*

D.Gimeno (\*), A. Assorgia (\*\*), N. Díaz(\*) & C.Segura (\*)

(\*) Dept. Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Univ. de Barcelona, 08071 - Barcelona.

(\*\*) Dipto. Scienze della Terra, Univ. Cagliari (CA - Italy).

## ABSTRACT

The bottom of the Nuraxi unit (Assorgia *et al.*, 1990) has a vitrophiric character and the unit shows clear evidences of reomorphic flow during cooling. Both characteristics are present in other acid pyroclastic units of the upper section of the pyroclastic pile of Sulcis mainland, SW Sardinia, and elsewhere in the case of high temperature-deposited pyroclastic flows with high total alkali contents. A detailed meso- and microscopic study of Nuraxi vitrophire shows: 1/ a black and jointed bottom vitrophire (some 40 cm thick) depleted in phenocrysts, with resorbed feldspars; the mesostase reached the sphaerulitic stage of devitrification and shows relicts of an eutaxitic texture. 2/ a transitional grey vitrophire, with several degree of random distributed vesiculation, evidence of fair eutaxitic texture and developed vesiculation. 3/ a sharp horizontal line of color modification that represents the transit towards a flow banded highly macroscopically vesicled reomorphic pyroclastic deposit (Nuraxi unit). The vitrophire overlies a red paleosol and a 30 cm-thick crystal-rich deposit. All or most of these characteristics could be preserved and recognized in an ancient deposit.

*Geogaceta*, 20 (3) (1996), 564-567  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La presencia de vitrófiros basales en coladas piroclásticas intensamente soldadas es relativamente frecuente, en especial en coladas emplazadas en medio subaéreo a alta temperatura y con una composición química rica en álcalis. Este tipo de productos piroclásticos pueden ser confundidos con coladas lávicas, principalmente en los siguientes casos: importante desarrollo de reomorfismo, estadios avanzados de desvitrificación; pobreza relativa en líticos del depósito piroclástico; y en estudios de paleovolcanismo donde los materiales han podido sufrir modificaciones postvolcánicas (alteración, desvitrificación, recristalización, tectonización, metamorfismo, etc.). El objeto de este trabajo es el establecimiento de una metodología de estudio y una descriptiva macro- y microscópica útil en la distinción de este tipo de materiales partiendo del estudio detallado de un ejemplo: el vitrófiro basal de la Unidad de Nuraxi, mioceno del suroeste de la isla de Cerdeña, Italia (Assorgia *et al.*, 1990).

## La Unidad de Nuraxi en el contexto del volcanismo cenozoico de la isla de Cerdeña

El volcanismo oligo-miocénico de la isla de Cerdeña (Italia) está estructuralmente asociado a una estructura distensiva en graderío (Fosa Sarda) de dirección noroeste-sureste y a fosas menores de dirección este-oeste (Fig. 1). Está compuesto principalmente por coladas lávicas y estructuras dómicas de composición andesítica (y en menor medida andesítico-basáltica) y coladas piroclásticas (y también domos) de composición dacítica y riolítica; cronológicamente, los productos más diferenciados suceden a las andesitas y basaltos, siendo esto particularmente evidente en el norte de la isla (Coulon 1977). Desde un punto de vista geodinámico la mayoría de los autores coincide en relacionar este volcanismo, que presenta las características geoquímicas propias del magmatismo orogénico, con la subducción en sentido noroeste de una placa oceánica situada al sur-sureste de la isla de Cerdeña (véase Coulon 1977, Beccaluva

*et al.*, 1989 y referencias en estos autores).

En la región del Sulcis, situada en el suroeste de la isla, este volcanismo aflora extensamente en: la fosa menor de Carbonia-Giba-Narcao; en el margen emergido, al sur de la población de Gonnessa; y en las islas menores de San Pietro y Santo Antíoco (Garbarino *et al.*, 1990; Maccioni *et al.*, 1990; Assorgia *et al.*, 1992 a) (véase el esquema de la Fig. 1). Los términos menos diferenciados son andesitas, andesitas basálticas y en menor medida basaltos de afinidad tholeiítica baja en K (y paragénesis Opx+Cpx+Pl+/-Ol+/-Hbd) que afloran en la fosa, mientras que los términos diferenciados predominan en las islas menores y en el sector noroeste del Sulcis. Estos últimos consisten en una potente sucesión de más de una docena de unidades piroclásticas de composición dacítica y riolítica que presentan en el sector norte (Nuraxi Figus-Seruci-Paringianu) un espesor total superior a 500 m, con intercalaciones sedimentarias y epiclásticas (paleosuelos, sedimentos lacustres, etc) menores (Assorgia *et al.*, 1990). El emplazamiento de

estas unidades piroclásticas fue subaéreo, y reposan principalmente sobre materiales terrígenos de edad Eoceno-Mioceno inferior (Formaciones del Cixerri y de Ussana; Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969).

Desde un punto de vista geoquímico estas unidades piroclásticas presentan una afinidad calcoalcalina en la base de la secuencia (dacitas y riolitas), evolucionando hacia riolitas alcalinas y peralcalinas (comenditas) en el tramo medio-superior y retornando hacia composiciones de riolitas alcalinas en el final de la sucesión. Desde el punto de vista volcanológico, diferentes unidades presentan evidencias de emplazamiento a alta temperatura, tanto en los términos calcoalcalinos como especialmente en los términos peralcalinos. Esta elevada temperatura se traduce en importantes fenómenos de soldadura en los piroclastos (con la consiguiente eliminación de la porosidad primaria de la roca por colapso, especialmente en el tramo basal de cada una de las unidades de enfriamiento) y, en diferentes ocasiones, en la formación de vitrófros basales de apariencia macroscópica lávica.

El estudio sistemático de testigos de sondeo continuo ha permitido relacionar la desaparición de las vesículas primarias de la roca a nivel macroscópico (o, en su defecto, la compactación y deformación de las existentes) con la soldadura de los piroclastos (a nivel microscópico) que es lógicamente mucho más acentuada en la base de las unidades; así como individualizar con claridad las unidades de enfriamiento que en líneas generales coinciden con las principales unidades piroclásticas.

La Unidad de Nuraxi aflora con buena continuidad cartográfica y espesores de varias decenas de metros en el tramo medio-superior de la secuencia piroclástica en el sector situado al oeste de Carbonia (Fig. 1), llegando a alcanzar en sondeo potencias superiores a los 150 m en los alrededores de la localidad de Canale de Paringianu (véase Fig. 10, Assorgia *et al.*, 1992 b). Se caracteriza por presentar una composición riolítica alcalina en el límite de la peralcalinidad (índice de agpaicidad que llega hasta 0.98), junto con una paragénesis mineral principalmente constituida por oligoclasa y sanidina sódica, con presencia de piroxenos (Opx y Cpx, generalmente alterados), biotita, titanomagnetita e ilmenita como fases accesorias, siendo además característica la presencia de manteados de anortoclasa sobre la oligoclasa.

Desde el punto de vista de los componentes piroclásticos, es bastante notable la escasez tanto en fragmentos líticos (en especial accidentales) como púmícticos, hecho que unido a una notable porfiricidad (en especial en el tramo medio-alto de la unidad) y a la existencia de fluidalidad producida durante el desarrollo de reomorfismo (sensu Branney *et*

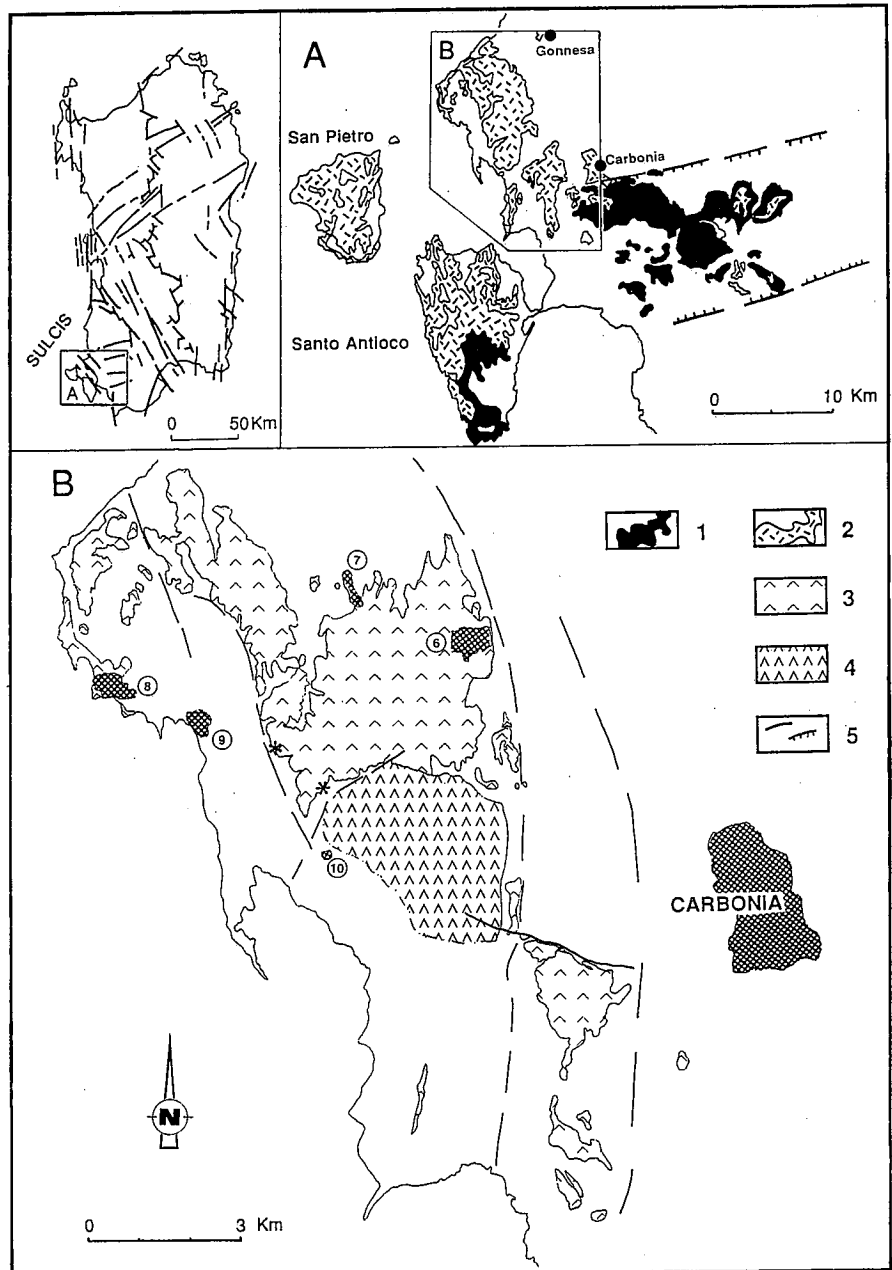


Fig.1.- Situación del sector estudiado. A: región del Sulcis en el SO de la isla de Cerdeña (Italia) con indicación de la distribución de las rocas volcánicas neógenas. B: detalle de la distribución de la Unidad de Nuraxi en el SO de la isla de Cerdeña. Leyenda: 1.- Rocas básicas. 2.- Rocas ácidas (dacitas, riolitas y comenditas). 3.- Unidad de Nuraxi reconocida en afloramiento. 4.- Unidad de Nuraxi reconocida en sondeo (extensión mínima hacia el SO, dada la ausencia de más información). 5/ Fallas. Localidades: 6.- Cortoghiana. 7.- Nuraxi Figs. 8.- Portovesme. 9.- Portovesme. 10.- Paringianu. Los asteriscos representan los principales afloramientos estudiados.

Fig. 1.- Map of situation. A: Neogene volcanic rocks in Sulcis region, SW Sardinia island, Italy. B: areal distribution of Nuraxi unit in Sulcis mainland. Legend: 1.- Basic rocks. 2.- Silicic rocks (dacite, rhyolite and comendite). 3.- Outcrops of Nuraxi unit. 4.- Minimum areal distribution of buried Nuraxi unit (borehole information lacks towards southwestern - discontinuous line - but prosecution is expected). 5.- Faults. Localities: 6.- Cortoghiana. 7.- Nuraxi Figs. 8.- Portovesme. 9.- Portovesme. 10.- Paringianu. The main studied outcrops are quoted by asterisks.

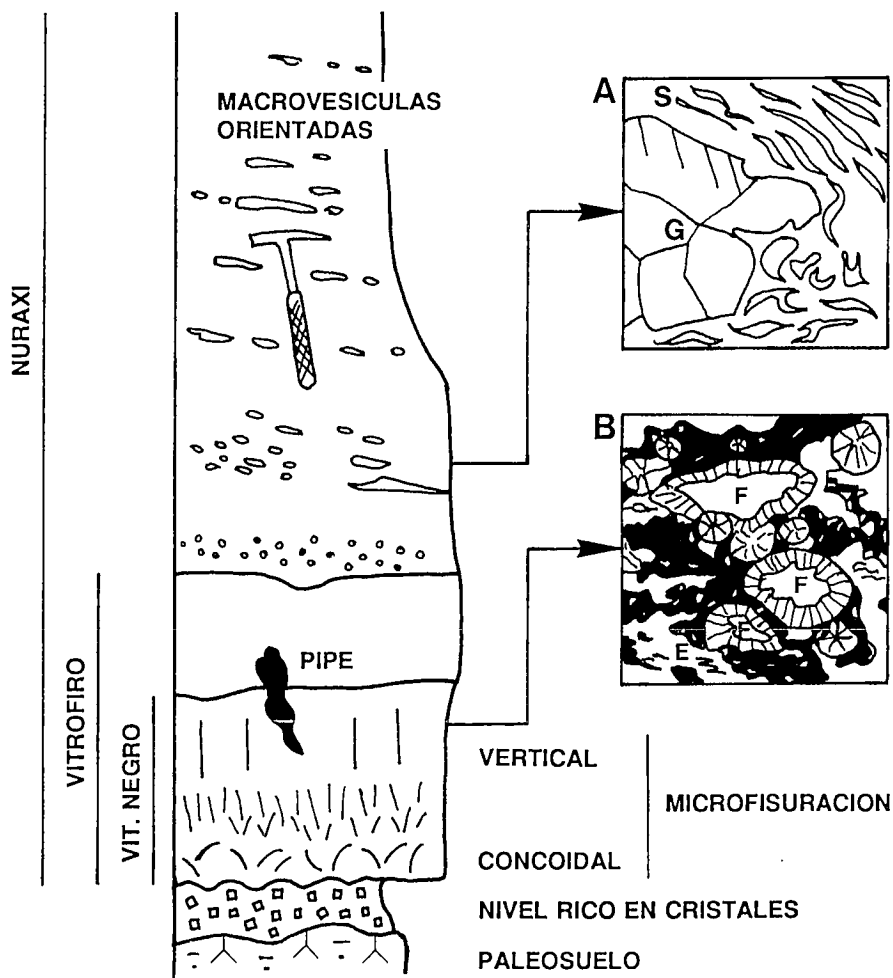


Fig. 2.- Esquema del vitrófiro basal de la Unidad de Nuraxi. A y B representan las texturas al microscopio. Leyenda: F.- Fenocristales de feldespato. G.- Glomérulos de feldespato. S.- espículas vítreas ("shards"). E.- Relictos de textura eutaxítica. Para explicación véase el texto.

Fig. 2.- Sketch of the basal vitrophire of Nuraxi unit. A and B are textural microscope close-ups. Legend: F.- Feldspar phenocrysts. G.- Feldspar glomerules. S.- Shards. E.- Relicts of eutaxitic texture. See explanation in the text.

al., 1992) le confiere un aspecto sensiblemente semejante al de una lava porfírica a glomeroporfírica con una matriz vítrea compacta de color rojizo teja. Caracteriza además a esta unidad la presencia sistemática de macrovesículas centrimétricas, en general de disposición subhorizontal y la presencia en los tramos altos del depósito de pumitas pluricentimétricas de morfología discoidal y un marcado color blanco.

**Tramo inferior de la Unidad Nuraxi y desarrollo del vitrófiro basal**

En afloramiento (Fig. 2) el substrato de la unidad está frecuentemente constituido por un paleosuelo arcilloso rojo. Sobre este paleosuelo se dispone un nivel rico en cristales, incoherente, de gran continuidad lateral (sistemáticamente reconocido en los sondeos estudiados) de unos 10-15 cm de potencia. Los cristales que contiene son mayormente sanidi-

nas y plagioclasas comparables a las presentes en la unidad suprayacente, así como máficos en menor cantidad. Este nivel es interpretado como el producto de la eyección de cristales en el frente de la colada piroclástica suprayacente en el momento del emplazamiento de ésta.

A continuación la base del depósito aparece soldada y continua, en forma de vitrófiro negro compacto. En general, la superficie inferior del vitrófiro es planar o casi planar en afloramiento, aunque localmente se pueden reconocer superficies onduladas, e incluso flexiones en rodilla que reproducen miméticamente las irregularidades del substrato. El vitrófiro basal de color negro presenta una potencia variable entre 30 y 80 cm (en promedio 40 cm), pasando a otra litofacies vitrofírica de color gris a gris pálido. El nivel superior del tramo vitrofírico se puede trazar con claridad en el afloramiento a lo largo de una línea neta que representa el paso a una

litofacies de color beige a crema pálido, igualmente bien soldada.

Además de por su color, la litofacies vitrofírica se caracteriza por una relativa ausencia de fenocristales (disminución muy marcada de éstos respecto al resto de la unidad de Nuraxi), por la presencia de fracturas de retracción y por la ausencia de vesiculación macroscópica significativa.

Las fracturas de retracción son de varios tipos: en los 5 cm inferiores del vitrófiro presentan apariencia concoide; en el tramo central son subverticales, planas y oscilan desde dimensiones verticales de unos 1 a 3 cm (con elevada densidad, generalmente presentes en el sector central inferior) hasta 10-15 cm, siendo en este último caso mucho más escasa la frecuencia con que aparecen y consecuentemente mayor el espaciado entre ellas. En el sector superior del vitrófiro alguna de las fracturas de retracción mayores puede evolucionar hacia estructuras de microchimenea de escape de gases (pipe) de algunos mm de anchura y algunos cm de desarrollo vertical. En conjunto, todas estas estructuras pueden ser interpretadas como la consecuencia de la retracción del vitrófiro durante su proceso de formación y enfriamiento.

La base del vitrófiro presenta en algunos afloramientos protusiones y lóbulos de material esencialmente vítreo inyectados sea hacia el nivel rico en cristales sea hacia el paleosuelo infrayacente. La superficie inferior del vitrófiro en estos casos no es plana sino mamelonar.

La porosidad macroscópica en el vitrófiro es muy escasa, especialmente en el tramo inferior. El tránsito desde el vitrófiro hacia la litofacies "normal" de la unidad Nuraxi está asociado a un importante aumento de la porosidad macroscópica, asociada inicialmente a una distribución aparentemente aleatoria de las vesículas que finalmente es substituída por una disposición plano-lineal unos 20-30 cm por encima del nivel horizontal de cambio de color que utilizamos convencionalmente para definir el final del vitrófiro. A partir de ese punto la porosidad aumenta drásticamente y aparece confinada siguiendo los planos de flujo de la roca, acentuando de este modo las anisotropías planares de ésta y dando lugar a vesículas de morfología elipsoidal-tubular de algunos cm de anchura y hasta 1m de longitud. Estas vesículas aparecen claramente orientadas y han sido interpretadas como el producto de la concentración de los gases magnéticos durante flujo sin-tardodeposicional y reomórfico, siguiendo el modelo propuesto por Chapin & Lowell (1979). Confirma esta interpretación la aparición de estructuras direccionales de tipo surco ("groove casts"), generadas por el desplazamiento de fenocristales de feldespatos confinados en la interfase gas-magma ya muy viscoso. Estas estructuras pre-

sentan indicaciones de sentido del arrastre del fenocristal (arrugas en morfología de punta de flecha en la superficie de la vesícula).

Desde un punto de vista petrográfico, el nivel inferior del vitrófiro (Fig. 2B) se caracteriza por el predominio total del vidrio, completa soldadura de los piroclastos y presencia característica de fenocristales de feldespatos ampliamente reabsorvidos. Estos feldespatos normalmente aparecen idiomórficos y manteados por anortoclasa en el resto del depósito piroclástico. Algunos cristales presentan además anomalías ópticas (aspecto turbio y tendencia a la isotropización). Por lo que se refiere a los máficos (principalmente clinopiroxeno en cristales equidimensionales subidiomórficos), aparecen en una proporción aparentemente mayor que en el tramo superior del vitrófiro y en la litofacies superior.

Al microscopio la mesostasa vítrea presenta color marrón, y muestra un carácter masivo con fracturas perlíticas, o bien presenta relictos de fragmentos vítreos extremadamente aplastados y soldados (esbozos de antigua textura eutaxítica) de colores marrónáceos-rojizos más claros con parches irregulares de color marrón oscuro. En este segundo caso la desvitrificación está muy avanzada, con importante desarrollo de esferulitos constituidos por fibras nucleadas sobre fenocristales más o menos reabsorvidos, sobre acumulaciones de microvesículas de gas o cenizas, o aleatoriamente en la mesostasa vítrea soldada. Además podemos localizar la generación de cavidades esféricas, de unos milímetros de diámetro, asociadas a la generación de pequeños lito-physae que por otra parte aparecen aleatoriamente distribuidos en toda la unidad.

Los sectores superiores del vitrófiro se caracterizan por un gradual incremento de los fenocristales (en tamaño y porcentaje) y una disminución gradual de la reabsorción, así como por la disminución igualmente progresiva del porcentaje de esferulitos presentes y el aplastamiento de la mesostasa vítrea. Además se registra la aparición de estructuras elongadas de desvitrificación (axiolitos) asociadas a fragmentos vítreos aplastados y la creación de cavidades de tipo

vesicular relativamente grandes (que frecuentemente presentan estrangulamientos a lo largo de su recorrido, así como esporádico relleno de microcristalitos asociados genéticamente a la fase vapor).

El tránsito a las litofacies no vitrofíricas se caracteriza por la presencia de claras evidencias de flujo alrededor de los fenocristales. Estos se tornan más frecuentes y los fragmentos vítreos presentan elongamiento, aplastamiento y diferentes tipos de deformación, en general más evidentes en las proximidades de los fenocristales que han realizado la función de obstáculos sólidos (presencia de micropliegues, sombras de presión, etc.) (Fig. 2A). La textura eutaxítica es claramente patente. El tránsito local a deformación en condiciones de fragilidad aparentemente está representado por la aparición de fracturas tensionales en los márgenes de los glomérulos de fenocristales de feldespatos que han actuado como obstáculos durante la fase tardía del flujo atribuible a reomorfismo. En una mesoescala esta atribución queda confirmada localmente por la aparición de pliegues decimétricos paralelos al plano de flujo, con flancos estirados y charnelas engrosadas.

### Conclusiones

Considerado en su conjunto, el tramo vitrofírico y su tránsito a la litofacies normal de la unidad piroclástica de flujo son característicos y bien distinguibles de una colada lávica. A pesar de presentar una avanzada desvitrificación en el estadio esferulítico (Lofgren 1971) se pueden distinguir evidencias residuales de una textura eutaxítica que es mucho más manifiesta unos decímetros o algún metro por encima del vitrófiro. Además, es característica la presencia de reabsorciones en los fenocristales de feldespatos del vitrófiro, mientras que en la litofacies normal de la unidad piroclástica esto no sucede; este hecho ha de ser interpretado como el mantenimiento prolongado en el vitrófiro de unas elevadas temperaturas de las que no tenemos evidencia en el resto de la unidad. Macroscópicamente, la desaparición del vitrófiro aparece asociada al desarrollo de una importante vesi-

culación de dimensiones pluricentimétricas. En conjunto, es razonable suponer que todas o al menos una combinación de estas características del depósito pueden preservarse en un depósito antiguo y permitirían discriminar el depósito piroclástico de una colada lávica.

### Referencias

- Assorgia, A.; Fadda, A.; Gimeno, D.; Morra, V.; Ottelli, L. & Secchi, A. (1990): *Bol. Soc. Geol. It.*, 45: 951-963
- Assorgia, A.; Brotzu, P. & Callegari, E. (Coord.) (1992 a): Carta geologica del distretto vulcanico cenozoico del Sulcis (Sardegna Sud-Occidentale). Mapa 1:50.000, Selca Editrice, Firenze, Italia.
- Assorgia, A.; Fadda, A.; Gimeno, D.; Morra, V.; Ottelli, L.; Pujolriu, L.L. & Secchi, A. (1992 b): *Paleontologia i Evolució*, 24-25 (3): 307-320.
- Beccaluva, L.; Brotzu, P.; Macciotta, G.; Morbidelli, L.; Serri, G. & Traversa, G. (1989): In: Boriani *et al.* (eds.): *The lithosphere in Italy. Accademia Nazionale dei Lincei*, Roma: 229-248.
- Branney, M.J.; Kokelaar, B.P. & McConnell, B.J. (1992): *Bull. Volcanol.*, 54: 187-199.
- Cherchi, A. & Montadert, L. (1982): *Mem. Soc. Geol. It.* 24: 387-400.
- Chapin, C.E. & Lowell, G.R. (1979): *Geol. Soc. of America, Special Paper* 180: 137-152.
- Coulon, C. (1977): Thèse IIIème. Cycle, Univ. Aix-Marseille III, 288 pp.
- Garbarino, C.; Lirer, L.; Maccioni, L. & Salvadori, I. (1990): Isola di San Pietro. Carloforte. Cenni di *Geologia e vulcanologia*. 67 pp + 1 mapa 1:25.000, Edizioni della Torre, Cagliari, Italia.
- Lofgren, G. (1971): *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 82: 111-124.
- Maccioni, L.; Marchi, M. & Assorgia, A. (1990): Carta geopetrografica dell'isola di Santo Antioco (Sardegna Sudoccidentale), Mapa 1:25.000, Selca Editrice, Firenze, Italia.
- Pecorini, G. & Pomesano Cherchi, A. (1969): *Mem. Soc. Geol. It.* 8: 421-451.