

Geoquímica de roca total como herramienta para la caracterización e identificación de unidades ignimbríticas: el vulcanismo Oligo-Mioceno del Sulcis (SO de Cerdeña, Italia)

Whole rock geochemistry as tool for ignimbritic units characterisation and identification: the Oligo-Miocene volcanism of the Sulcis area (SW Sardinia, Italy)

G. Gisbert¹ y D. Gimeno¹

1. Dept. Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, C/ Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. ggisbertp@hotmail.com; domingo.gimeno@ub.edu

Resumen: En el Sulcis (SO de Cerdeña, Italia) hay una potente secuencia volcánica Oligo-Miocénica formada durante la traslación y rotación de Cerdeña desde el margen continental europeo hasta su posición actual, originada por la acción combinada de la subducción de corteza oceánica bajo la microplaca sardo-corsa junto con una creciente tectónica extensional a partir de los 18 Ma. Estos depósitos superan los 600 metros de potencia y cubren un área de 40 km de diámetro entre tierra firme y dos islas menores. Esta secuencia consiste en una mitad inferior formada por domos y coladas andesíticos, y una superior de apilamiento de mantos ignimbríticos traquiriolíticos y riolíticos hasta comendíticos, algunos de los cuales cubren toda el área. Las similitudes entre unidades ignimbríticas, tanto macroscópicas como microscópicas, así como la variación de facies dentro de una misma unidad, dificulta la correcta identificación y correlación entre zonas y afloramientos en un área tan extensa, dividida además por el mar. Por ello se ha realizado una caracterización geoquímica de las distintas unidades en base a análisis de elementos mayores y trazas en roca total y se ha desarrollado un protocolo en base a la geoquímica de elementos traza inmóviles para poder resolver dudas de identificación.

Palabras clave: Cerdeña, ignimbritas, geoquímica de roca total.

Abstract: *In the Sulcis area (SW Sardinia, Italy) there is a thick Oligo-Miocene volcanic sequence formed during the drifting and rotation of Sardinia from the European continental margin to its current position. These volcanics were originated by the combined effect of oceanic crust subduction under de Corsica-Sardinia microplate and increased extensional tectonics after 18 Ma. Volcanic deposits are over 600 m thick and cover an area more than 40 km in diameter located in the mainland and two minor islands. This volcanic sequence consists of a lower half formed by andesitic lava domes and flows, and an upper part formed by a pile of trachy-rhyolitic and rhyolitic up to comenditic ignimbritic mantles, some of which cover the whole studied area. Similarities between ignimbritic units, both macro- and microscopically together with facies differences within a single unit, make correct identification and correlation between zones and outcrops difficult in such a wide area, divided, moreover, by the sea. To solve this problem a geochemical characterisation based on whole rock major and trace element analyses has been done for each unit, and an immobile trace element geochemistry protocol has been established to solve identification problems.*

Key words: *Sardinia, ignimbrites, whole rock geochemistry.*

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

A finales del Oligoceno, como consecuencia de la convergencia entre las placas Africana y Euroasiática se inició una subducción hacia NW bajo la microplaca Sardo-Corsa, que se encontraba en el margen continental europeo en la costa occidental del Mediterráneo. Esta subducción empezó entonces a actuar con un mecanismo de roll-back, produciendo la separación de la microplaca mencionada del margen continental y su traslación hacia SE y rotación

antihoraria hasta su posición actual, originando con este movimiento la cuenca Liguro-Provenzal (Cherchi y Montadert, 1982). Éste desplazamiento tuvo lugar entre finales del Oligoceno y el Mioceno, y fue acompañado por un abundante magmatismo calcoalcalino relacionado con la subducción (Coulon, 1977). Posteriormente, en el Plioceno, la zona de subducción se desplazó hacia el oeste, abriendo la cuenca tirrénica y dejando el bloque sardo-corso aislado en su posición actual.

Una de las áreas donde se produjo abundante magmatismo Oligo-Mioceno en Cerdeña es el Sulcis,

en el SW de la isla (Fig. 1), que presentó actividad volcánica desde hace 30 hasta hace 14 Ma (Bellon, 1976; Beccaluva, 1985). La secuencia generada consta de una mitad inferior formada mayoritariamente por domos y coladas andesíticas, y una mitad superior formada por un apilamiento de mantos ignimbríticos de composiciones sobretodo riolíticas, y en menor medida traquiriolíticas y comendíticas en su tramo inferior y superior respectivamente. Estos mantos cubren una extensa área de más de 40 km de diámetro repartida entre tierra firme y dos islas menores (Santo Antioco y San Pietro). En los últimos 20 años esta secuencia ignimbrítica ha sido dividida en varias unidades (13 mayores y algunas menores) para su estudio y cartografía (Assorgia et al., 1990; Morra et al., 1994). Pero la similitud entre unidades, tanto macroscópica como microscópicamente, así como las variaciones de facies en el seno de una misma unidad, dificultan en muchos casos la correcta identificación de éstas, y por tanto la correlación entre áreas de la zona de estudio. Para solventar este problema se decidió realizar una caracterización geoquímica de cada unidad en base a análisis de elementos mayores y trazas a partir de roca total, que permitió desarrollar un protocolo para solventar dudas de identificación, e incluso identificar unidades exclusivamente en base a la geoquímica.

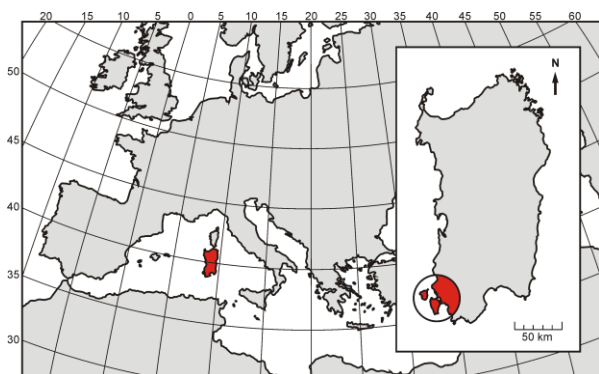


FIGURA 1. Situación del área de estudio.

METODOLOGÍA

Para la caracterización de las unidades se llevó a cabo trabajo de campo durante el cual se revisó la vulcanoestratigrafía descrita para la secuencia ignimbrítica y las cartografías existentes, con el fin de realizar un muestreo sistemático representativo de las unidades y facies principales, así como para asegurar la unidad a la que pertenecía cada muestra recogida. En el estudio se incorporaron también muestras recogidas previamente por el grupo de investigación. Un total de 242 muestras fueron preparadas para análisis de roca total. Todas fueron analizadas mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) para la determinación de elementos mayores y algunos trazas, y una selección de 92 muestras fue también analizada mediante Plasma Acoplado Inductivamente con Espectrometría de Emisión Óptica (ICP-OES) o Espectrometría de Masas (ICP-MS) para la determinación de más elementos

traza. Como complemento a la geoquímica se prepararon láminas delgadas para su estudio petrográfico y de química mineral.

A partir de los resultados de geoquímica obtenidos se revisaron los datos disponibles en la bibliografía existente de la zona, así como los datos disponibles en el seno del grupo de investigación fruto de trabajos previos, con el fin de aprovechar todos aquellos análisis que presentasen buena calidad así como una correcta identificación de las unidades analizadas. Todos los datos, propios y recuperados con contenido en volátiles estructurales inferior a 2,5 % en masa cuyos análisis de elementos mayores sumaran por encima de 98 % en masa fueron incorporados a una base de datos con la que se llevó a cabo la caracterización química de las unidades ignimbríticas.

Hay que destacar que las ignimbritas, fruto de su naturaleza piroclástica y del transporte de los materiales en el seno de flujos de piroclastos, son depósitos que pueden presentar una gran heterogeneidad en la distribución de los piroclastos según su densidad y morfología, así como contener materiales externos como xenolitos o líticos accidentales. Por ello es de suma importancia la recogida de muestras representativas en el campo, así como separar los cuerpos externos que pudieran modificar la composición química de roca total antes de la molturación de las muestras, pues estos podrían distorsionar los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la revisión de la vulcanoestratigrafía, petrografía y química mineral de las unidades se pudo mejorar la caracterización macroscópica y microscópica de las unidades. Las unidades descritas están formadas por uno o varios depósitos de flujo piroclásticos. La mayoría de las unidades comparten unas mismas partes, que son: a) una capa basal de grano fino no consolidada de color blanquecino rica en cristales y pumitas; b) un vitrófiro basal afírico de menos de medio metro de potencia; c) el cuerpo central de la ignimbrita, y d) parte superior, a menudo erosionada, rica en pumitas y ceniza, y menos soldada que el cuerpo central. De todas las partes mencionadas la única que está siempre presente es el cuerpo central, que puede presentar una gran variedad en cuanto a componentes y su contenido, al grado de soldadura, y al desarrollo de facies eutaxíticas. Los problemas de identificación surgen entre unidades que comparten características similares, como se ilustra en la Fig. 2, donde se muestran dos unidades muy soldadas y eutaxíticas con un contenido similar en cristales y pumitas. En la Tabla I se presentan las principales características de las unidades estudiadas.



FIGURA 2. Dos unidades muy parecidas entre sí. a) NU; b) SP.

Abr.	Porf. (%)	Mineralogía	Breve descripción
CL	10	sa+pl+opq±zrn	Colonne/Punta Gennio: ignimbrita cinerítica moderadamente soldada
PM	<1	a+ano+pl+opq+m.a.	Punta Mingosa: ignimbrita cinerítica afríca moderadamente soldada.
SP	1-20	pl+ano+opq+px	Serra di Parigianu: ignimbrita extremadamente soldada y eutaxítica. Abundantes pumitas extremadamente aplanadas de color gris claro y oscuro. Vitrófiro basal
PA	<10	sa+pl+opq±bt±zrn	Parigianu: unidad compleja escasa a moderadamente soldada, en gran parte cinerítica. Baja porfiricidad y contenido en pumitas.
CF	10-20	san+opq+ano	Carloforte: ignimbrita fuertemente soldada y eutaxítica con abundantes pumitas negras hasta decimétricas ricas en fenocristales de sanidina. También pumitas blancas y grises.
MU	<3	sa+qz+opq+amp	Monte Ulmus: ignimbrita afríca fuertemente soldada y eutaxítica con escasas pumitas. Vitrófiro basal
CO	5-30 hasta 50	sa+qz+amp+opq	Comenditas: unidad compleja. Coladas de lava e ignimbritas variablemente soldadas con o sin vitrófiro basal
MZ	3-20	pl+bt+opq	Matzaccara: ignimbrita variablemente soldada. Caracterizada por abundante biotita color bronce
MCR	5-20	sa+pl+opq±zrn	Montagna di Capo Rosso: coladas de lava e ignimbritas moderadamente soldadas ricas en líticos
PC	hasta 50	pl+ano+opq+opx+cpx	Punta dei Cannoni: ignimbrita moderada a fuertemente soldada y eutaxítica, rica en cristales. Abundantes pumitas decimétricas
NU	20-30	sa+pl+opq+cpx±amp	Nuraxi: ignimbrita extremadamente soldada y eutaxítica. Pumitas escasas de color gris extremadamente aplanadas. Abundantes estructuras reomórficas. Vitrófiro basal
CA	10	sa+pl+opq	Conca is Angius: unidad ignimbritica compleja débilmente soldada. Abundantes pumitas y líticos accidentales. Contiene estructuras de desgasificación
MC	10-20	sa+pl+opq	Monte Crobu: ignimbrita moderada a extremadamente soldada y eutaxítica. Abundantes pumitas grises y ocasionalmente negras fuertemente aplanadas. Reomórfica con vitrófiro basal
MLN	<5	pl+opq+bt	Monte la Noce: coladas de lava, cineritas, e ignimbritas moderada a extremadamente soldadas con vitrófiro basal. Todas la facies son afrícas
SE	10-20	pl+opq+m.a	Seruci: ignimbrita fuertemente soldada y eutaxítica con pumitas decimétricas. Vitrófiro basal
AC	10-20	pl+bt+opq±amp	Acqua sa Canna: ignimbrita escasamente soldada, formada por varios depósitos de flujo con gradación normal de pumitas
LE	10-20	pl+sa+opq+cpx±zrn	Lenzu: ignimbrita fuertemente soldada y eutaxítica con abundantes pumitas decimétricas. Vitrófiro basal
CM	10-30	pl+cpx+opq±bt	Corona Maria: ignimbrita escasa a moderadamente soldada y eutaxítica. Abundantes pumitas y líticos. Vitrófiro basal
AND		pl+opx+cpx+opq±ol	Andesitas: coladas y domos de lava con brechas asociadas

TABLA I. Principales características de las unidades estudiadas. Abr.: abreviación de unidad. Porf.: porfiricidad. amp: anfíbol; ano: anortoclasa; bt: biotita; cpx: clinopiroxeno; ol: olivino; opq: minerales opacos; opx: ortopiroxeno; pl: plagioclasa; px: piroxeno; qz: cuarzo; sa: sanidina; zrn: zircón; m.a: máfico alterado

Fruto del trabajo con los datos de geoquímica de roca total se realizó la caracterización química de las unidades y se elaboró un protocolo para resolver dudas en la identificación de las unidades. Éste se basa en la proyección de la composición de la muestra problema en uno o varios diagramas binarios diseñados a tal efecto. En estos diagramas se usaron preferentemente elementos traza inmóviles (Zr, Y y Nb) junto con el Ti, aunque Th, Rb, Sr y Zn fueron usados cuando éstos se mostraron útiles para tal fin. Los otros elementos mayores y los trazas móviles fueron descartados por las variaciones que se pueden producir durante la alteración de los materiales, que afecta especialmente las ignimbritas menos soldadas. En la Fig. 3 se muestra el protocolo para la identificación de una muestra problema. En la Fig. 4 se muestra el primer diagrama a usar ampliado y centrado en la zona de menor contenido en Nb; por ello parte de las muestras se proyecta fuera del área representada.

CONCLUSIONES

Con algunas excepciones, tradicionalmente la geoquímica de roca total de ignimbritas no se ha considerado útil para la caracterización química de éstas, y menos aún para estudios petrogenéticos, debido a la naturaleza piroclástica de estos depósitos y a su origen en un mecanismo de transporte capaz de producir heterogeneidades composicionales, así como

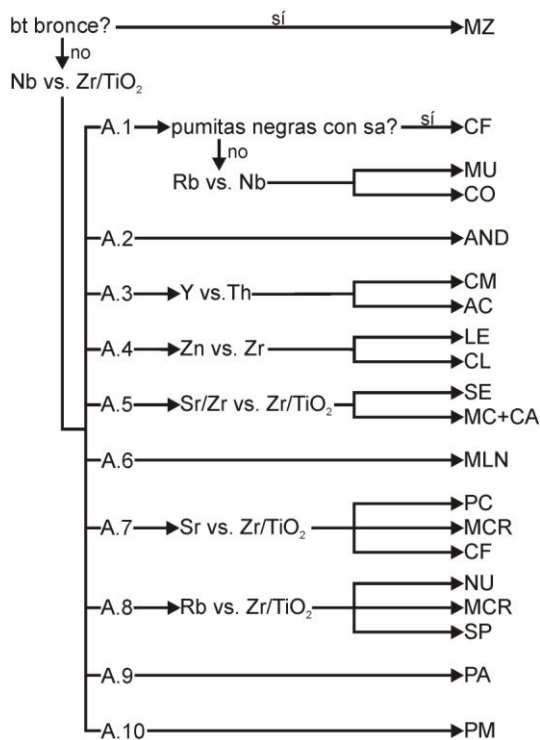


FIGURA 3. Proceso a seguir para identificar a qué unidad pertenece una muestra problema.

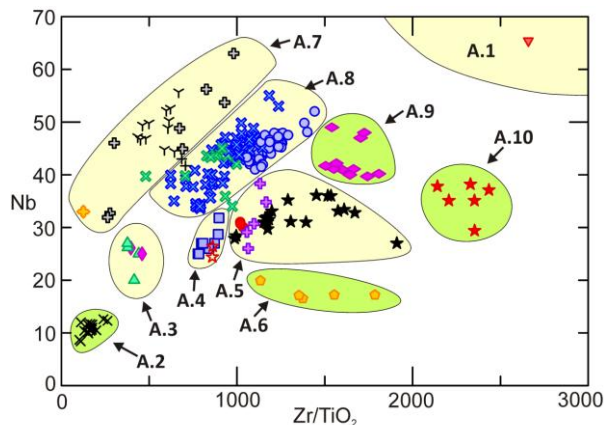


FIGURA 4. Ejemplo de diagrama usado para la identificación de muestras. Éste es el primer diagrama a utilizar. En verde se marcan las unidades que ya quedan individualizadas.

de incorporar cuerpos externos. Se suele recurrir, en cambio, al estudio del vidrio de shards y pumitas, considerando que estos componentes son los que más fiablemente representan la composición original del magma estudiado. A pesar de esto, el presente estudio ha mostrado que un muestreo adecuado y una preparación cuidadosa de las muestras antes de su molturación puede proporcionar unos datos geoquímicos suficientemente precisos como para ser usados para distinguir entre unidades aparentemente muy parecidas entre sí. En el caso de éste área de estudio la metodología expuesta ha sido de gran utilidad puesto que ha permitido resolver dudas surgidas durante el trabajo de campo en lo referente a identificación de unidades, y por tanto a mejorar la

revisión cartográfica realizada. Además ha permitido la correlación entre facies de una misma unidad muy diferentes entre sí gracias a que se ha reconocido que estas compartían una misma signatura geoquímica. Incluso ha revelado que enclaves dentro de la unidad SP eran de hecho partes previamente depositadas de la misma unidad que fueron reincorporadas al flujo piroclástico como bloques coherentes. Y todo esto ha sido posible a pesar de trabajar con una secuencia de composición relativamente restringida, puesto que se trata en gran parte de riolitas, con sólo una presencia menor de traquiriolitas y comenditas.

Por todo lo expuesto la caracterización geoquímica en base a roca total de las ignimbritas es posible a pesar de su aparente heterogeneidad intrínseca, y puede ser usada para estudios de correlación, incluso cuando las ignimbritas presentan escasa variedad composicional.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del Grupo de Investigación Consolidado 2009SGR-972 y de los proyectos CGL2007-63727/BTE (MEC) y CGL2011-28022 (MICINN), y gracias al programa de becas FPU del MEC. Se agradece especialmente la colaboración prestada por la minera Carbosulcis S.p.A.

REFERENCIAS

Assorgia, A., Fadda, A., Gimeno Torrente, D., Morra, V., Ottelli, L., & Secchi, F. A. (1990): Le successioni ignimbrítiche terziarie del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 45: 951-963.

Beccaluva, L., Civetta, L., Macciotta, G., & Ricci, C. A. (1985): Geochronology in Sardinia: results and problems. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 40: 57-72.

Bellon, H. (1976): Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour méditerranéen occidental, comparées dans leur cadre géochronométrique; implications géodinamiques. Tesis doctoral, Univ. de Paris-Orsay.

Cherchi, A., & Montadert, L. (1982): Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of Western Mediterranean Basin. *Nature*, 298: 736-739.

Coulon, C. (1977): Le volcanisme calco-alcalin cénozoïque de Sardaigne (Italie). Petrographie, géochimie et gènèse des laves andésitiques et des ignimbrites. Signification géodynamique. Tesis de 3r ciclo, Univ. de Aix-Marseille III.

Morra, V., Secchi, F. A., & Assorgia, A. (1994): Petrogenetic significance of peralkaline rocks from Cenozoic calc-alkaline volcanism from Sardinia, Italy. *Chemical Geology*, 118: 109-142.