

QUÍMICA MINERAL DE LAS LAVAS DE LA FORMACIÓN SOMUNCURÁ DEL SECTOR NOROESTE DE LA MESETA DE SOMUNCURÁ, PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Lucía ASIAIN^{1*}, M. Florencia GARGIULO¹, Ernesto A. BJERG¹, Gabriela FERRACUTTI¹ y Natalia HAUSER²

¹ Instituto Geológico del Sur (INGEOSUR), Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

²Laboratory of Geochronology, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 70910 900 Brasília, DF, Brazil

*Autor correspondiente: lasiain@ingeosur-conicet.gob.ar

Abstract

Mineral chemistry of Somuncurá Formation lava flows from the northwestern part of Meseta de Somuncurá, Río Negro province. In the northwestern part of the Meseta de Somuncurá, basaltic and basaltic andesite lava flows of the Somuncurá Formation with petrographic and geochemical disequilibrium evidences are studied. According to the chemical features of the mineral phases from these lavas, it is recognized that mainly the alkaline lavas show plagioclase and orthopyroxene microphenocrysts and crystals of the groundmass, with normal and inverse variations of CaO and MgO, respectively. However, such variations are not always directly related to the disequilibrium textures observed. Nonetheless, the chemical variations documented in this contribution are also considered as cryptic evidences of the chemical disequilibrium in these lavas. All the characteristics of instability recognized in the studied lavas of the Somuncurá Formation indicate that these basalts and basaltic andesites must have been affected by some magmatic process that would give rise to such disequilibrium. Two possibilities are: 1) magma mixing; 2) Somuncurá lava flows belong to different mantle sources.

Palabras Claves: Basaltos alcalinos, basaltos subalcalinos, andesitas basálticas, Meseta de Somuncurá

Keywords: Alkali basalts, subalkali basalts, basaltic andesite, Meseta de Somuncurá

Introducción

La Meseta de Somuncurá está ubicada en la provincia de Río Negro, entre los paralelos 40, 5° y 43°S., con una extensión de más de 25.000 km². Comprende un campo volcánico cenozoico, representado principalmente por rocas basálticas con características de intraplaca y retroarco (Ardolino y Franchi 1993).

Las mayores efusiones volcánicas que conforman la Meseta de Somuncurá corresponden al Oligoceno y están representadas por basaltos olivínicos y andesitas basálticas, asignadas a la Formación Somuncurá (Ardolino 1981). Contribuciones recientes para el sector noroeste de la Meseta de Somuncurá (Asiain *et al.* 2017a, b), documentan las características petrográficas y geoquímicas de coladas lávicas atribuidas a la Formación Somuncurá. Tales autores diferencian tres grupos de lavas de andesitas basálticas: alcalino, transicional y subalcalino. Las primeras presentan distribuciones de elementos de las tierras raras (REE) cercanos al patrón OIB, mientras que las rocas subalcalinas presentan distribuciones cercanas al patrón EMORB, y el grupo transicional, distribuciones intermedias entre ambos. Estas variaciones geoquímicas fueron relacionadas con la estratigrafía del área, demostrándose que las rocas de la Formación Somuncurá de tendencia subalcalina a transicional, corresponden a los flujos lávicos inferiores; mientras que las coladas alcalinas, se localizan hacia el tope de la sucesión de flujos lávicos. Asimismo, tales autores, hacen referencia a la presencia de microfenocristales de ortopiroxeno con bordes esponjosos y coronas de cristales de olivino y

clinopiroxeno, que alcanzan su mayor expresión en los niveles de coladas más alcalinas de la Formación Somuncurá (Asiain *et al.* 2017a).

Este trabajo tiene como objetivo documentar la descripción y caracterización química de las fases minerales de las andesitas basálticas de la Formación Somuncurá, en el sector noroccidental de la Meseta de Somuncurá. Las muestras analizadas corresponden a los grupos subalcalinos, transicional y alcalino descritos por Asiain *et al.* (2017b).

Metodología

Se efectuaron análisis de química mineral en lavas de la Formación Somuncurá, con una microsonda JEOL JXA-8230, con espectrómetro dispersivo en longitud de onda (WDS), perteneciente al *Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília*, Brasil. Las condiciones analíticas estándar utilizadas para los análisis de silicatos fueron: 15 kV de aceleración y corriente de 20 nA. A su vez, se emplearon los siguientes patrones minerales y sustancias sintéticas para la calibración: microclino para Si, K, Al; andradita para Fe y Ca; forsterita para Mg; MnTiO₃ para Ti y Mn; vanadinita para V y Cl, BaSO₄ para Ba; albita para Na; apatito para P.

Resultados

Se presentan los resultados obtenidos de los análisis de química mineral realizados en las muestras SOM22, MSL7, MSL9 y MSL18, correspondientes a coladas lávicas de andesitas basálticas de la Formación Somuncurá. Las características geoquímicas de estas lavas permiten separarlas en los grupos alcalino, transicional y subalcalino, descritos por Asiain *et al.* (2017b). De esta forma, la SOM22 pertenece al grupo subalcalino, la muestra MSL9 al grupo transicional y las muestras MSL7 y MSL18 pertenecen al grupo alcalino.

La muestra SOM22 presenta textura hipocristalina, afírica, subofítica, compuesta por: 50% plagioclasa, 25% olivino, 20% clinopiroxeno, 4% minerales opacos y 1% vidrio volcánico.

La muestra MSL9 tiene textura hipocristalina, microporfírica, compuesta por microfenocristales (7%) de plagioclasa y ortopiroxeno; y pasta (93%) de textura intersertal. La moda mineral general corresponde a: 35% plagioclasa, 25% ortopiroxeno, 20% clinopiroxeno, 10% olivino, 5% minerales opacos y 5% vidrio volcánico. Como característica particular, cabe mencionar que los microfenocristales de ortopiroxeno se encuentran fracturados, corroídos y desarrollan bordes esponjosos en el contacto con la pasta de la roca.

Las muestras MSL7 y MSL18 poseen textura hipocristalina, microporfírica, compuesta por microfenocristales (5-15%) de ortopiroxeno y plagioclasa, inmersos en una pasta (95-85%) de textura intersertal. Las modas minerales generales para ambas muestras son: 35% plagioclasa, 25% ortopiroxeno, 15% clinopiroxeno, 15% olivino, 5% minerales opacos y 5% vidrio volcánico. Los microfenocristales de ortopiroxeno presentan bordes esponjosos y desarrollan corona de reacción en el contacto con la pasta. El espesor de la corona es variable entre 40 y 300 μm , y está integrada por un agregado cristalino anhedral de olivino y clinopiroxeno, con tamaños entre 40 y 200 μm , sin orientación preferencial.

Química mineral

Plagioclasa

En la figura 1a-e se presentan los diagramas composicionales de plagioclasa (Deer *et al.* 1992) para las muestras estudiadas, así como el diagrama de variación CaO *versus* Na₂O.

Los cristales de plagioclasa de la muestra SOM22 corresponden al campo composicional de labradorita, An_{59,58-50,11} Ab_{39,64-48,66} Or_{0,76-1,22} (Fig. 1a), y poseen el mayor contenido de CaO respecto al Na₂O de todos los cristales analizados (Fig. 1e).

En la muestra MSL9 se analizaron núcleos de microfenocristales de plagioclasa y microlitos de la pasta. Todos coinciden con el campo composicional de labradorita, aunque los núcleos son sutilmente más ricos en el componente anortítico (An_{57,69-55,89} Ab_{41,11-43,16}

Or_{1,19-0,93}), respecto de los cristales de la pasta (An_{57,13-49,59} Ab_{41,89-48,69} Or_{0,96-1,70}) (Fig. 1b). Esto mismo, se observa en el diagrama de variación CaO *versus* Na₂O (Fig. 1e).

En la muestra MSL7 se analizaron: el núcleo de un microfenocrystal con desarrollo de textura cribada en el borde, y cristales de plagioclasa de la pasta. El núcleo analizado presenta composición equivalente a andesina (An_{35,63} Ab_{60,47} Or_{3,89}), mientras que los microlitos de la pasta coinciden con el campo de andesina cercano al límite con el campo de labradorita (An_{49,25-38,06} Ab_{48,55-58,41} Or_{2,18-3,52}) (Fig. 1c); por lo que poseen mayor proporción del componente anortítico que el microfenocrystal analizado. Esto mismo se observa en el diagrama de la figura 1e, indicando que el microfenocrystal con textura cribada posee el mayor contenido de Na₂O, y el menor contenido de CaO, respecto a todos los microfenocristales y microlitos de la pasta analizados en las muestras estudiadas.

En la muestra MSL18 se analizaron núcleos de microfenocristales y microlitos de la pasta. Los núcleos son composicionalmente equivalentes a labradorita, siendo la composición promedio: An_{54,06-50,83} Ab_{44,29-47,19} Or_{1,63-1,96}; mientras que los microlitos de la pasta coinciden con el campo composicional de andesina (An_{47,23-31,16} Ab_{50,52-62,93} Or_{2,23-5,89}) (Fig. 1d). Esta misma variación se puede apreciar en el diagrama de la figura 1e, dónde los núcleos de los microfenocristales presentan contenidos mayores de CaO, respecto a los cristales de la pasta. En uno de los microfenocristales se analizó tanto el núcleo (labradorita: An_{53,20} Ab_{44,84} Or_{1,94}), con desarrollo de textura cribada, como el borde (límite labradorita-andesina: An_{49,25} Ab_{48,32} Or_{2,42}) del cristal (Fig. 1d). Si bien ambos sectores presentan concentraciones de Na₂O similares, el contenido de CaO es mayor en el núcleo (Fig. 1e).

Ortopiroxeno

Los cristales analizados en las muestras estudiadas corresponden a enstatita (Morimoto *et al.* 1988) (Fig. 2a), aunque para cada una de las muestras se identifican diferentes variaciones en los contenidos de MgO y FeO (Fig. 2b-d).

En la muestra MSL9 se analizaron: a) núcleo y borde de un microfenocrystal de aspecto corroído; b) núcleos de microfenocristales con desarrollo de borde esponjoso; c) el borde esponjoso de uno de estos microfenocristales; d) cristales de la pasta. En la figura 2b se puede observar una disminución progresiva en el contenido de MgO, desde los núcleos de los microfenocristales (En_{79,77-72,77} Fs_{17,63-23,59} Wo_{2,59-3,63}) hasta los cristales de la pasta (En_{72,32-71,67} Fs_{24,82-24,25} Wo_{3,49-3,41}), y los bordes de los microfenocristales (En_{70,87-67,10} Fs_{25,37-29,02} Wo_{3,74-3,86}).

En la muestra MSL7 se analizaron: núcleos y bordes de microfenocristales (núcleos: En_{77,14-68,42} Fs_{19,83-29,30} Wo_{3,01-2,19}; bordes: En_{77,22-67,08} Fs_{19,69-29,24} Wo_{3,07-3,66}). En la figura 2c, se observa que, en general, los núcleos son más ricos en MgO y pobres en FeO que los bordes. Sin embargo, en aquellos microfenocristales donde se pudo analizar núcleo y borde, se aprecia que existen individuos cuyo contenido de MgO en el núcleo es mayor al del borde (véanse par núcleo-borde 2 y 3); mientras que otros cristales presentan relaciones inversas (núcleos más pobres en MgO que los bordes, véanse par núcleo-borde 1 y 4).

En la muestra MSL18 se analizaron núcleos y bordes de microfenocristales (núcleos: En_{76,62-61,08} Fs_{20,14-36,31} Wo_{3,23-2,59}; bordes: En_{76,96-66,61} Fs_{19,56-28,96} Wo_{3,46-4,41}); y, al igual que en la muestra MSL7, se observa que las concentraciones de MgO y FeO en los núcleos de los cristales analizados son relativamente dispersas (Fig. 2d), y que en aquellos individuos donde se pudo analizar núcleo y borde, los contenidos de MgO pueden ser mayores en el núcleo (véase par 2) o en el borde (véase par 1 y 3).

Clinopiroxeno

En la muestra SOM22 se analizaron los núcleos de los cristales de clinopiroxeno (En_{48,64-44,91} Fs_{22,07-15,54} Wo_{29,28-39,53}); en la muestra MSL9 se analizó un cristal de la pasta (En_{41,62} Fs_{24,05} Wo_{34,32}); y en la muestra MSL7 se analizaron cristales de la pasta (En_{46,10-42,78} Fs_{16,59-16,90} Wo_{40,30-37,29}). Todos los clinopiroxenos analizados coinciden con el campo de augita

(Morimoto *et al.* 1988) (Fig. 2e). En la figura 2f, se observa que los cristales de la muestra MSL7 presentan las mayores concentraciones de Na₂O.

Olivino

Los cristales analizados en las muestras estudiadas clasifican como forsterita (Fo₇₅₋₅₀), entre los campos composicionales de crisolita y hialosiderita (Fig. 2g). Además se identificaron variaciones en los contenidos de MgO y FeO (Fig. 2h).

En la muestra SOM22 se analizaron cristales de olivino de la pasta, cuyas composiciones corresponden al campo de hialosiderita (Fo_{50,43-65,92}) (Fig. 2g), y sus concentraciones de MgO varían entre 24,04 y 31,92 % en peso (Fig. 2h).

En la muestra MSL9 se analizaron núcleos de microfenocristales de olivino, con el borde alterado a iddingsita; y un cristal de la pasta. Los núcleos corresponden al campo de crisolita (Fo_{71,99-75,05}) (Fig. 2g), y los contenidos de MgO varían entre 36,38 y 38,40 % en peso (Fig. 2h); mientras que el cristal de la pasta se encuentra en el campo de hialosiderita (Fo_{56,10}) (Fig. 2g), y su concentración de MgO es 26,71 % en peso (Fig. 2h).

En la muestra MSL7 se analizaron cristales de la pasta, que corresponden al campo de hialosiderita (Fo_{50,38-63,52}) (Fig. 2g), y las concentraciones de MgO varían entre 23,44 y 31,39 % en peso (Fig. 2h).

En la muestra MSL18 se analizaron núcleos y un borde de microfenocristales, y cristales que conforman la corona de reacción de los ortopiroxenos. Tanto los núcleos (Fo_{67,83-69,42}), como los cristales de las coronas de reacción (Fo_{66,13-67,81}), corresponden al campo de hialosiderita (Fig. 2g). Sin embargo, los contenidos de MgO de los núcleos analizados (34,02-34,84 % en peso), son mayores a los del borde (31,71 % en peso) y a los de los cristales de las coronas de reacción (31,35-34,20 % en peso) (Fig. 2h).

Discusión y Conclusión

A partir del análisis químico de las fases minerales de andesitas basálticas de la Formación Somuncurá, se observa que los cristales de plagioclasa de la pasta de la colada de tendencia subalcalina (SOM22) son los más ricos en CaO y corresponden a labradorita. Por otro lado, las composiciones de los núcleos y microlitos de la pasta en la colada de características transicionales (MSL9), son levemente más cálcicos que los núcleos de microfenocristales y microlitos de la pasta de las coladas de tendencia alcalina (MSL7 y MSL18), respectivamente. Las variaciones de CaO-Na₂O de núcleo a borde en el cristal de la colada alcalina (subíndice 1, Fig. 1e), muestran una evolución normal en el proceso de cristalización. Esta misma evolución se identifica, en general, entre todos los núcleos de microfenocristales y los microlitos de la pasta analizados. Sin embargo, el cristal con desarrollo de textura cribada en el borde, analizado en la muestra MSL7, presenta los mayores contenidos de Na₂O de todas las lavas estudiadas.

En la muestra de la colada transicional, los núcleos de ortopiroxenos son, en general, más ricos en MgO, respecto a los microlitos de la pasta; mientras que el borde del microfenocristal de aspecto corroído, y el borde con textura esponjosa (Fig. 2b), son los que tienen la menor proporción de MgO. Por otra parte, en las muestras de las coladas de tendencia alcalina se observa gran dispersión en los contenidos de MgO y FeO, tanto en los microfenocristales donde se pudo analizar núcleo y borde, como en los cristales de la pasta. Es así, que se identificaron cristales con par núcleo-borde con evolución normal (menos MgO hacia el borde), como con evolución inversa (mayor MgO hacia el borde).

Los cristales de augita de la pasta de la colada alcalina, presentan mayores concentraciones de Na₂O que las correspondientes a niveles de características transicionales y subalcalinas. Por otra parte, los individuos de augita de la colada de tendencia subalcalina, presentan mayores variaciones en CaO respecto a los cristales de las demás coladas; las que se atribuyen, en principio, al intercambio de CaO entre clinopiroxenos y plagioclasas, como producto de la textura subofítica.

Las andesitas basálticas estudiadas, evidencian una disminución progresiva del componente Fo de los olivinos, desde los núcleos de los microfenocristales hacia los individuos que conforman coronas de reacción en ortopiroxenos y finalmente los cristales de la pasta. Esta disminución es consistente con una variación normal del contenido de MgO en los cristales de olivino durante el proceso de cristalización, siendo mayor en los núcleos de los microfenocristales, respecto a los cristales que conforman la pasta. Asimismo, los núcleos de los cristales de olivino en las coladas de tendencia transicional parecen ser, en principio, más ricos en MgO que aquellos presentes en las coladas de tendencia alcalina.

En las muestras de coladas alcalinas se identifican evidencias texturales de desequilibrio, como el desarrollo de textura cribada en los cristales de plagioclasa y de bordes esponjosos o de coronas de reacción alrededor de cristales de ortopiroxeno (Asiain *et al.* 2017a). Sin embargo, tales evidencias no tienen un control estricto que se refleje en las características químicas de estos minerales en las muestras estudiadas, ya que las variaciones inversas identificadas en el contenido de MgO en cristales de ortopiroxeno, se producen tanto en aquellos individuos con desarrollo de coronas de reacción, como en los que no las presentan, y en cristales de plagioclasa con y sin desarrollo de texturas cribadas. Aún así, puede apreciarse que la dualidad en la variación química evidenciada especialmente en los microfenocristales de ortopiroxeno, se acentúa en los niveles de tendencia alcalina, para las lavas estudiadas de la Formación Somuncurá.

Por otra parte, en perfiles estratigráficos realizados en el área de estudio, Asiain *et al.* (2017b) reconocen que la tendencia alcalina de las coladas, así como las abundancias relativas de elementos de tierras raras livianas, aumenta hacia el tope de la sucesión lávica. Por lo que el porcentaje de fusión parcial de las coladas de la Formación Somuncurá en el área de estudio es cada vez menor hacia el tope de la sucesión. Si se considera que estas lavas derivan de una misma fuente mantélica, la sucesión estratigráfica observada debería estar invertida. Por lo tanto, las características texturales identificadas en las lavas de la Formación Somuncurá (Asiain *et al.* 2017a), sumado a las incongruencias composicionales mencionadas para las fases minerales en esta contribución, y a las variaciones geoquímicas referidas para toda la sucesión (Asiain *et al.* 2017b); permiten considerar que las lavas estudiadas debieron ser afectadas por algún proceso magmático que diera lugar a tal desequilibrio. Dos posibles mecanismos son: 1) las lavas de la Formación Somuncurá sufrieron mezcla de magmas; 2) las lavas de la Formación Somuncurá no derivan de una única fuente mantélica homogénea, sino de diferentes fuentes.

Futuros estudios de geoquímica de roca total, química mineral e isotópicos (Sr-Nd) en las lavas de la Formación Somuncurá contribuirán a caracterizar y comprender mejor su génesis y evolución, como parte del vulcanismo que dio forma a la Meseta de Somuncurá.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de una beca doctoral otorgada por CONICET a la Lic. L. Asiain, y financiado con fondos otorgados al Dr. E. A. Bjerg por la SGCyT-UNS, proyecto 24/H131 y por el CONICET, proyecto PIP 112-201101-00285; y mediante una beca del “Programa de Becas destinadas a Jóvenes Docentes para financiar Pasantías en Centros de Investigación de Primer Nivel” otorgada por la Universidad Nacional del Sur a la Lic. L. Asiain, la cual se concretó en el *Laboratório de Estudos Geocronológicos, Geodinâmicos e Ambientais, Universidade de Brasilia, Brasil.*

Referencias

Ardolino, A. A. 1981. El vulcanismo cenozoico del borde suroriental de la Meseta de Somuncurá, provincia del Chubut. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 7-23, San Luis.

Ardolino, A. y Franchi, M. 1993. El vulcanismo Cenozoico de la Meseta Somún Curá, Río Negro y Chubut. 12º Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 225-235, Mendoza.

Asiain, L., Gargiulo M. F., Reitinger, J., Ntaflon, Th. y Bjerg, E. A. 2017a. Petrografía y geoquímica de lavas básicas del sector noroeste de la Meseta de Somuncurá, provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 74: 570-582.

Asiain, L., Gargiulo M. F. y Bjerg, E. A. 2017b. Geoquímica de los basaltos del sector noroccidental de la Meseta de Somuncurá, Provincia de Río Negro. 20º Congreso Geológico Argentino, Actas Sesión Técnica 8“Volcanología”:1-4, Tucumán.

Deer, W. A., Howie, R. A. y Zussman, J. 1992. An introduction to the rock forming minerals, Second edition. Longman, Londres, 696 pp.

Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. y Gottardi, G. 1988. Nomenclature of pyroxenes. Mineralogical Magazine 52: 535-550.

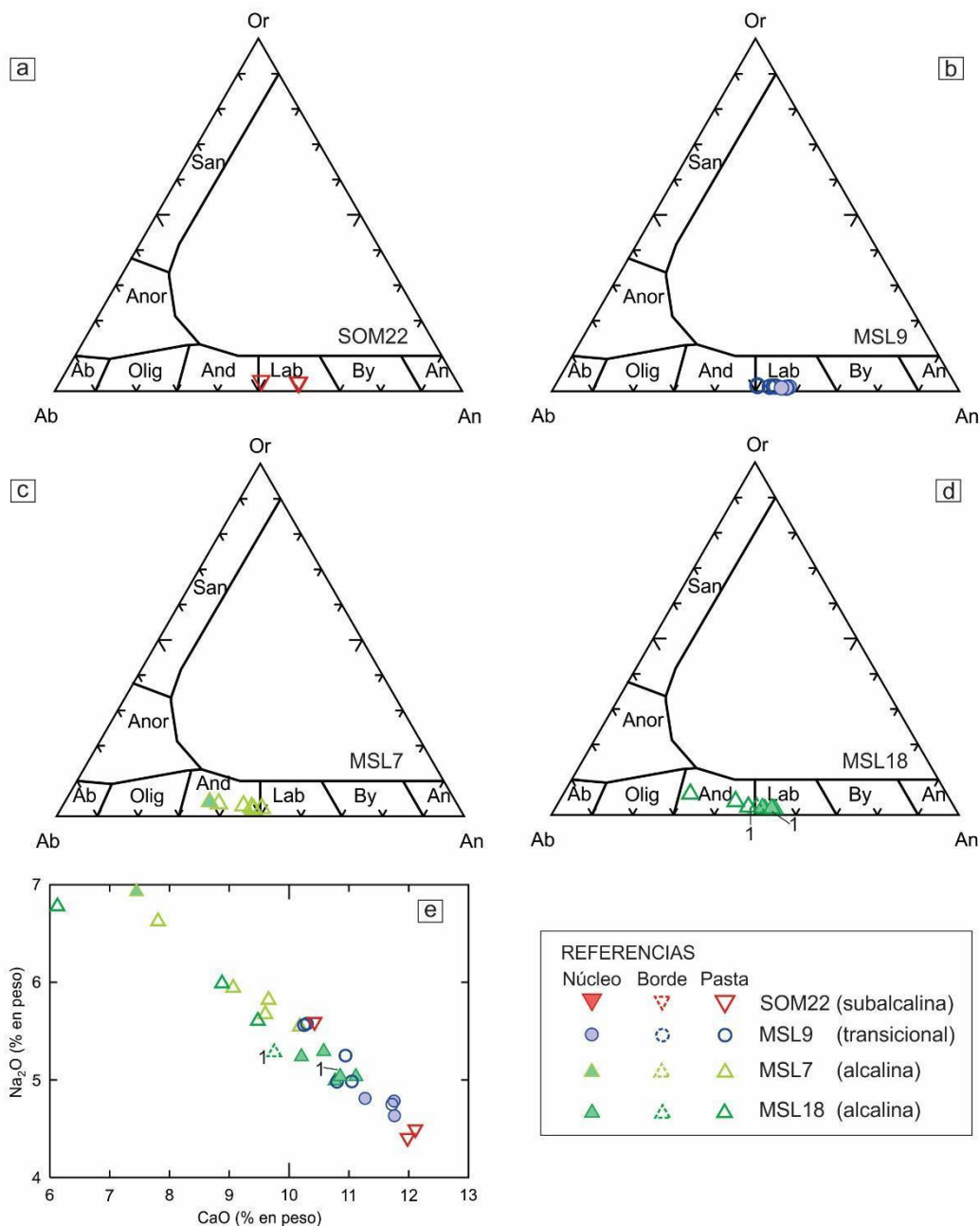


Figura 1: a, b, c, d) Diagramas composicionales de plagioclasa (Deer *et al.* 1992) para las muestras SOM22, MSL9, MSL7 y MSL18, respectivamente. e) Diagrama CaO versus Na₂O.

Los números indicados como subíndices en el diagrama “e” señalan el núcleo y borde de un mismo microfenocristal.

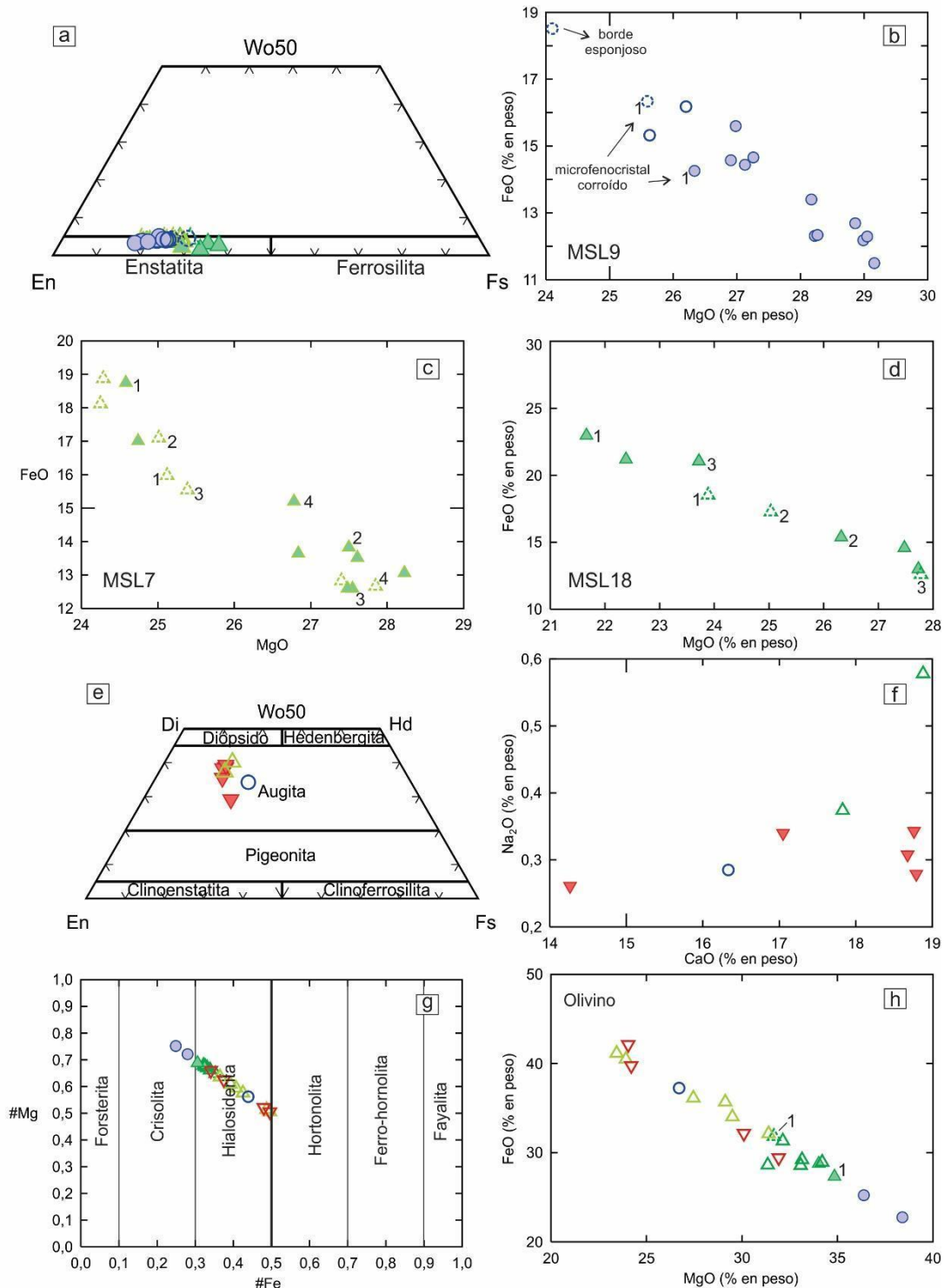


Figura 2: a) Diagrama de clasificación de ortopiroxenos (Morimoto *et al.* 1988). b, c, d) Diagramas de variación MgO *versus* FeO para ortopiroxenos de las muestras MSL9, MSL7 y MSL18, respectivamente. e) Diagrama de clasificación de clinopiroxenos (Morimoto *et al.* 1988). f) Diagramas de variación CaO *versus* Na₂O para clinopiroxenos. g) Diagrama composicional de olivino. h) Diagrama de variación de MgO *versus* FeO para olivino. Los números indicados como subíndices en los diagramas binarios, señalan el núcleo y borde de un mismo microfenocristal. Los símbolos son equivalentes a los de la Fig. 1.