

ESTUDIO MINERALÓGICO (SEM-EDS) DEL SILL DE CUARÓ, DEPTO. DE TACUAREMBÓ (URUGUAY)

SEM - EDS MINERALOGICAL STUDY OF THE CUARÓ SILL TACUAREMBÓ DEPT. (URUGUAY)

¹Scaglia, F.; ²Muzio, R.

¹Orosur Mining Inc., Minas de Corrales, Rivera scagliageo@gmail.com

²Depto. Evolución de Cuencas, ICG - Facultad de Ciencias, Iguá 4225, Montevideo.

RESUMEN

El magmatismo mesozoico presente en la Cuenca Norte uruguaya está relacionado con los eventos tectono-magmáticos predecesores de la apertura del océano Atlántico Sur e integra regionalmente la Provincia Magmática Paraná (PMP). Está representado por los derrames basálticos correspondientes a la Formación Arapey y por una importante actividad magmática intrusiva representada por los diques y *sills* de la Formación Cuaró. El objetivo del presente trabajo es la caracterización mineralógica del *sill* de Cuaró (Departamento de Tacuarembó, NE Uruguay), a través de estudios petrográficos convencionales (microscopía polarizada con luz transmitida y reflejada) y microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS). En base a las características petrográficas observadas las doleritas del *sill* de Cuaró están compuestas por: plagioclasas cálcicas (labradorita), piroxenos (augita y pigeonita), óxidos de Fe-Ti (magnetita e ilmenita), relictos de olivino, y trazas de apatito; presentando frecuentes texturas glomeroporfíricas con fenocristales de plagioclase y/o clinopiroxeno, no observándose la presencia de texturas cumuláticas. No presenta anomalías en las concentraciones de elementos guía exploratorios para rocas básicas, aunque se observan trazas de Mn y Cr dentro de las ilmenitas así como presencia de sulfuros (calcopirita), por lo que no se descarta una mayor potencialidad de estos elementos en niveles más profundos de la intrusión.

Palabras claves: petrografía; sill; SEM-EDS, Provincia Paraná, Uruguay

ABSTRACT

The Mesozoic magmatism exposed in the Norte basin of Uruguay is related with the tectono-magmatic events of the South Atlantic Ocean opening and, regionally is part of the Paraná Magmatic Province (PMP). It is represented by basaltic flows correspondent to the Arapey Formation and by the associated intrusive rocks of the Cuaró Formation. The aim of this work is the mineralogical characterization of the Cuaró Sill (Department of Tacuarembó, NE Uruguay), using conventional petrographic techniques (polarized transmitted and reflected microscopy) and scanning electron microscopy (SEM-EDS). Based on the petrographic features observed, the dolerites of the Cuaró Sill are composed by: plagioclase (labradorite), pyroxenes (augite and pigeonite), Fe-Ti oxides (magnetite and ilmenite), relicts of olivine and apatite. It presents frequent glomero-porphyratic textures, with plagioclase/clinopyroxene phenocrysts, with lack of cumulate textures.

Anomalous concentrations of guide exploration elements have not been observed despite the presence of traces of Mn and Cr within the ilmenites or the presence of sulfides (chalcopyrite). Therefore, a greater potential of these elements at deeper levels of the intrusion is not rule out.

Keywords: petrography, sill, SEM-EDS, Paraná Province, Uruguay

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El magmatismo Mesozoico presente en la Cuenca Norte uruguaya y perteneciente a la Provincia Magmática Paraná (Peate, 1997), está representado por los derrames basálticos de la Formación Arapey (Bossi, 1966) y por los cuerpos intrusivos básicos

(diques y *sills*) pertenecientes a la Formación Cuaró (Preciozzi et al., 1985). Esta última unidad geológica, con ocurrencia restringida en la porción centro-noreste del país (Figura 1), cuenta con numerosos relevamientos cartográficos y estudios petrológicos en diferentes sectores de su área aflorante, incluyendo también datos de sub-superficie (Bossi, 2006).

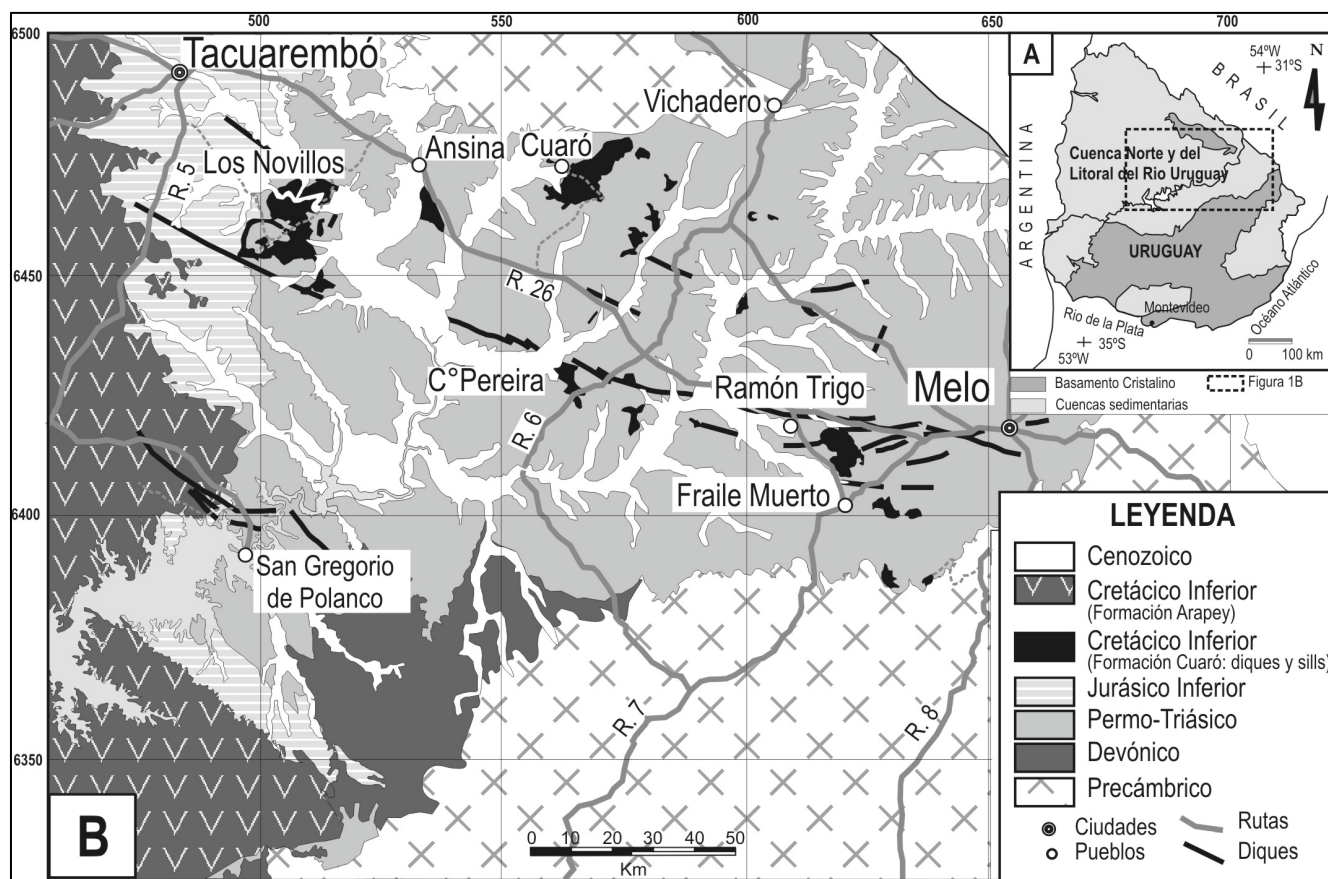


Figura 1 - A) Localización regional del área. B) Mapa geológico simplificado de la región de afloramiento de la Formación Cuaró. Modificado de Masquelin et al. (2009); Muzio et al. (2011).

Los primeros estudios petrográficos de la Formación Cuaró fueron realizados por Walther (1927), si bien no hace referencia de las áreas específicas de donde fueron extraídos los datos. En esa publicación, el autor separa las litologías en tres grupos principales en base a características texturales y/o mineralógicas: doleritas de grano fino hasta grueso, a menudo con “plagioclasa-porfirítica; doleritas netamente de grano grueso, plagioclasas-porfiríticas y también augita-porfirítica”; y finalmente las doleritas de grano fino a afaníticas. En sus descripciones destaca como fases minerales principales presentes: plagioclasas, piroxenos, olivinos; y como minerales accesorios apatito, magnetita y cuarzo intersticial. También señala la presencia de mineraloides como el vidrio y minerales de alteración como iddingsita, clorita, serpentina y hornblenda. Falconer (1937), identificó áreas de afloramientos de “cuerpos intrusivos básicos” en los Departamentos de Tacuarembó (Meseta de Cuaró, Paso de los Novillos y Paso Minuanos) y de Cerro Largo (barra de arroyo Frayle Muerto, Estación Agronómica de Bañado Medina, alrededores de la ciudad de Melo y Ramón Trigo). Bossi et al. (1974) presentan abundante información relacionada con la Formación Arapey en toda su extensión aflorante, y en particular la caracterización petrográfica de los derrames volcánicos. La misma fue de gran utilidad para diferenciar las lavas de aquellas otras rocas básicas de textura más gruesa.

Bossi et al. (1975) indican en base a la información existente la distribución regional de los microgabros en el Departamento de Tacuarembó.

Bossi & Navarro (1988) retoman la definición formal realizada por Preciozzi et al. (1985) como nueva unidad estratigráfica independiente de la Formación Arapey y argumentan los beneficios de su separación de los basaltos basándose en criterios petrográficos texturales y mineralógicos, relacionados a su potencialidad en concentraciones anómalas de algunos elementos como Cr, Ni, Co. Posteriormente, Ferrando & Andreis (1989) comenzaron los relevamientos cartográficos a escala 1:100.000, relevando los diques en los alrededores de la ciudad de Melo e incorporándolos a la Formación Cuaró. Montaña (1992) continúa el relevamiento sistemático, cartografiando el *sill* de los Novillos (Depto. de Tacuarembó) a escala 1:100.000, realizando mayores estudios acerca de los contactos con las pelitas así como de la petrografía de los mismos. Aquí ya se asigna esta unidad al período Cretácico Inferior. Bossi & Schipilov (1998) subdividen a la Formación Cuaró en dos miembros, con similar petrografía pero distinta forma de emplazamiento: Miembro Paso de los Novillos y Miembro Bañado Medina. El primero está compuesto por *sills* que alcanzan dimensiones máximas de 1200 km² y se encuentran expuestos en los Deptos. de Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo; encontrándose la sección tipo en el *sill* de Los

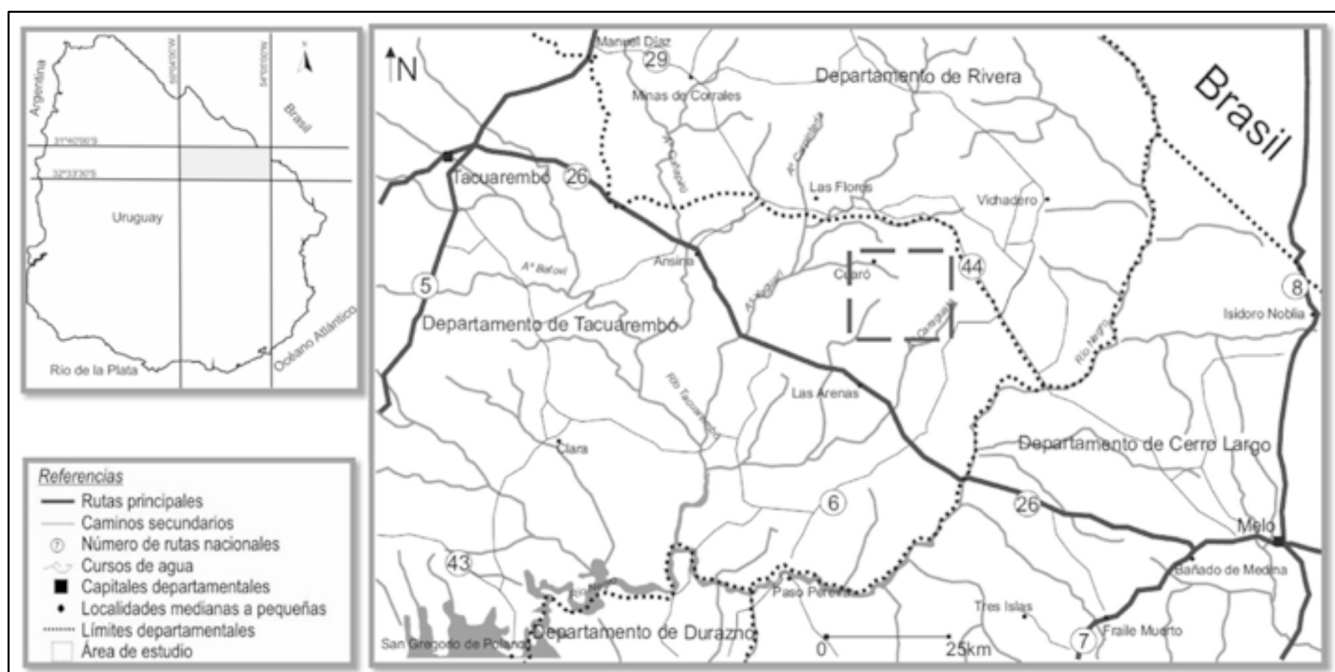


Figura 2 - Localización del área de estudio (Sill de Cuaró).

Novillos (Depto. de Tacuarembó), en las márgenes del Río Tacuarembó. Los demás *sills* que integran este miembro son el de Cuaró (objeto de estudio en este trabajo), Ansina, Frayle Muerto, Cerro Pereira y Ramón Trigo. El segundo miembro está compuesto por los diques verticales a subverticales, con rumbos predominantemente NO-SE y de manera subordinada NE y E-O, condicionados por la fracturación del basamento cristalino. Se encuentran localizados en los Deptos. de Durazno, Tacuarembó y Cerro Largo y poseen extensiones de varias decenas de km y espesores máximos de hasta 50 metros. Los autores recién mencionados presentan esquemas geológicos generales y una caracterización petrográfica general de los cuerpos. Bossi & Schipilov (2007), incorporan mapas con mayor detalle particularmente del *sill* de Cuaró, nuevos datos químicos y elaboran una hipótesis sobre el emplazamiento de este cuerpo intrusivo. Trabajos posteriores como Bossi (2006), Scaglia (2010), Muzio et al. (2011), Muzio et al. (2011b), hacen énfasis en los procesos petrogenéticos de estos cuerpos intrusivos, con base en datos químicos e isotópicos.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del estudio mineralógico-textural realizado específicamente en el *sill* de Cuaró, el mayor de estos cuerpos intrusivos máficos mesozoicos, con especial énfasis en la mineralogía de opacos.

GEOLOGÍA DEL ÁREA

El cuerpo intrusivo de Cuaró está ubicado en el extremo noreste del Departamento de Tacuarembó, entre los paralelos 31°50'10"S - 32°02'55"S y los meridianos 55°11'35"O - 54°55'14"O. En coordenadas

locales (*ROU - USAMS*), la región estudiada se ubica entre $x: 558, x': 582; y: 6480, y': 6454$ km (Figuras 1 y 2). El área estudiada está representada por diferentes rocas que conforman dos tipos geomorfológicos contrastantes: por un lado suaves ondulamientos correspondientes a las unidades sedimentarias pérmicas y cenozoicas y, por el otro, los escarpes tabulares entallados correspondientes al magmatismo básico mesozoico. Las unidades sedimentarias paleozoicas presentes corresponden a sedimentos de la Formación Fraile Muerto (Bossi, 1966) en el sector noroeste; mayoritariamente sedimentos de la Formación Mangrullo (Bossi, 1966); sedimentos de la Formación Yaguari (Bossi, 1966) en el sector sureste y noreste. Las unidades sedimentarias cenozoicas están representadas por arenas finas a medias blanco-amarillentas de la Formación Las Arenas (Bossi et al. 1975) en el sector central del área de estudio; sedimentos pelíticos con lentes arenosos y fangolitas de la Formación Dolores (Goso, 1972), asociados a los principales cursos de agua de la zona y sedimentos recientes.

El *sill* de Cuaró se encuentra localizado mayoritariamente en el sector noroeste del área, con algunos relictos en la porción sureste, con una superficie expuesta de aproximadamente 300 km² pero, de acuerdo a la distribución de las diferentes porciones que componen esta intrusión y la actual cobertura sedimentaria, se podría inferir una extensión superficial cercana a los 1000 km². Las rocas son de color gris oscuro a negro cuando están frescas y presentan textura porfírica a glomérulo porfírica, con fenocristales de plagioclasa y piroxeno de hasta 5 mm de largo y matriz predominantemente equigranular fina a ocasionalmente afanítica. Estos microgabros (doleritas) se encuentran intensamente fracturados, con disyunciones columnares de

diferentes dimensiones. A nivel de afloramientos no se observaron variaciones faciológicas importantes.

METODOLOGÍA

La caracterización petrográfica consistió en la realización de láminas delgadas para complementar información mineralógico-textural de estudios

anteriores (Preciozzi et al. 1985; Bossi & Schipilov, 2007, entre otros) e incorporar información inédita con secciones pulidas y análisis de detalle complementarios utilizando SEM-EDS. Para el total de estos estudios se confeccionaron 40 láminas delgadas y 10 secciones pulidas en el Laboratorio de Geología de Facultad de Ciencias, descritas posteriormente con microscopio petrográfico NIKON -

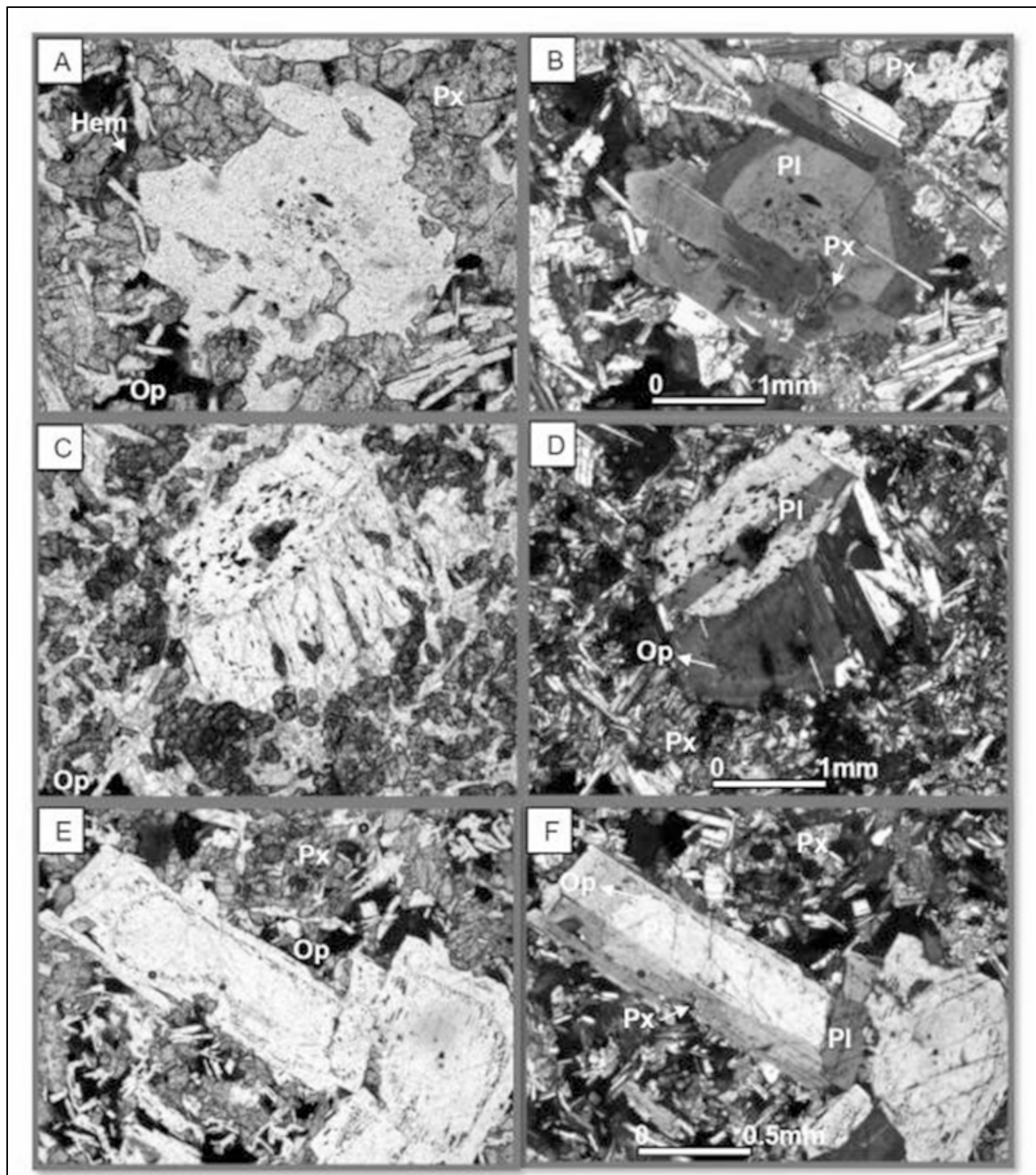


Figura 3 - Fotomicrografías de algunas características mineralógicas descritas con microscopio petrográfico. Ay B) Fenocristal de plagioclasa con zonación e inclusiones de piroxeno en matriz ofítica, LN y CN respectivamente. C y D) Fenocristal de plagioclasa con zonación e inclusiones de minerales opacos. E y F) Glomérulos de plagioclasa en matriz subofítica. Plagioclasa (Pl); Piroxeno (Px); Hematita (Hem); Minerales opacos (Op).

Eclipse 50iPoL, con cámara fotográfica acoplada NIKON DS-Fi-1 (PEDECIBA Geociencias). El software utilizado para visualización y registro de las muestras fue *NIS-Elements* F3.0. Los estudios petrográficos detallados en minerales opacos fueron complementados con microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS), utilizando el equipo Jeol 5900 *Low Vacuum*, con espectrómetro de energía dispersiva acoplado (Sección Microscopía Electrónica de Barrido de Facultad de Ciencias).

RESULTADOS

Las muestras estudiadas presentan texturas predominantemente inequigranulares, glomeroporfíricas a porfíricas, con matriz subofítica a ofítica. Estas observaciones texturales se corresponden con muestras correspondientes a la porción mayor del cuerpo intrusivo, localizada al noroeste del área estudiada. Sin embargo, en algunas muestras se han observado texturas equigranulares finas, asociadas a los cuerpos

menores aflorantes en el sector sureste y noroeste, que podrían corresponder a posibles facies de borde. Los fenocristales de plagioclasa corresponden a labradorita ($An_{50}-An_{70}$), con dimensiones desde 1 mm hasta 5 mm, frecuentemente con zonación composicional normal. Algunos de estos fenocristales suelen presentar abundantes inclusiones de minerales opacos (Figura 3, C-D). Además, se observaron deformaciones en los cristales de plagioclasa debido a inclusiones de piroxenos o minerales opacos durante el crecimiento del cristal (Figura 3, A-B, E-F). También es frecuente observar, especialmente en los fenocristales, la extinción ondulante dada por dislocaciones a escala cristalina, característica de cristales primarios heredados de la cámara magmática según Hibbard (1995). Los fenocristales ocupan hasta un 8% del volumen modal y se presentan con formas automórficas a subautomórficas, a veces con bordes corroídos y fracturas perpendiculares al eje mayor rellenas por minerales secundarios como la sericita y otros (Figura 3, E-F). Presentan además maclas albita-carlsbad combinadas e incluso son comunes las maclas tipo albita y periclina. Las plagioclasas que componen la matriz son de composición $An_{50}-An_{70}$, automorfas a

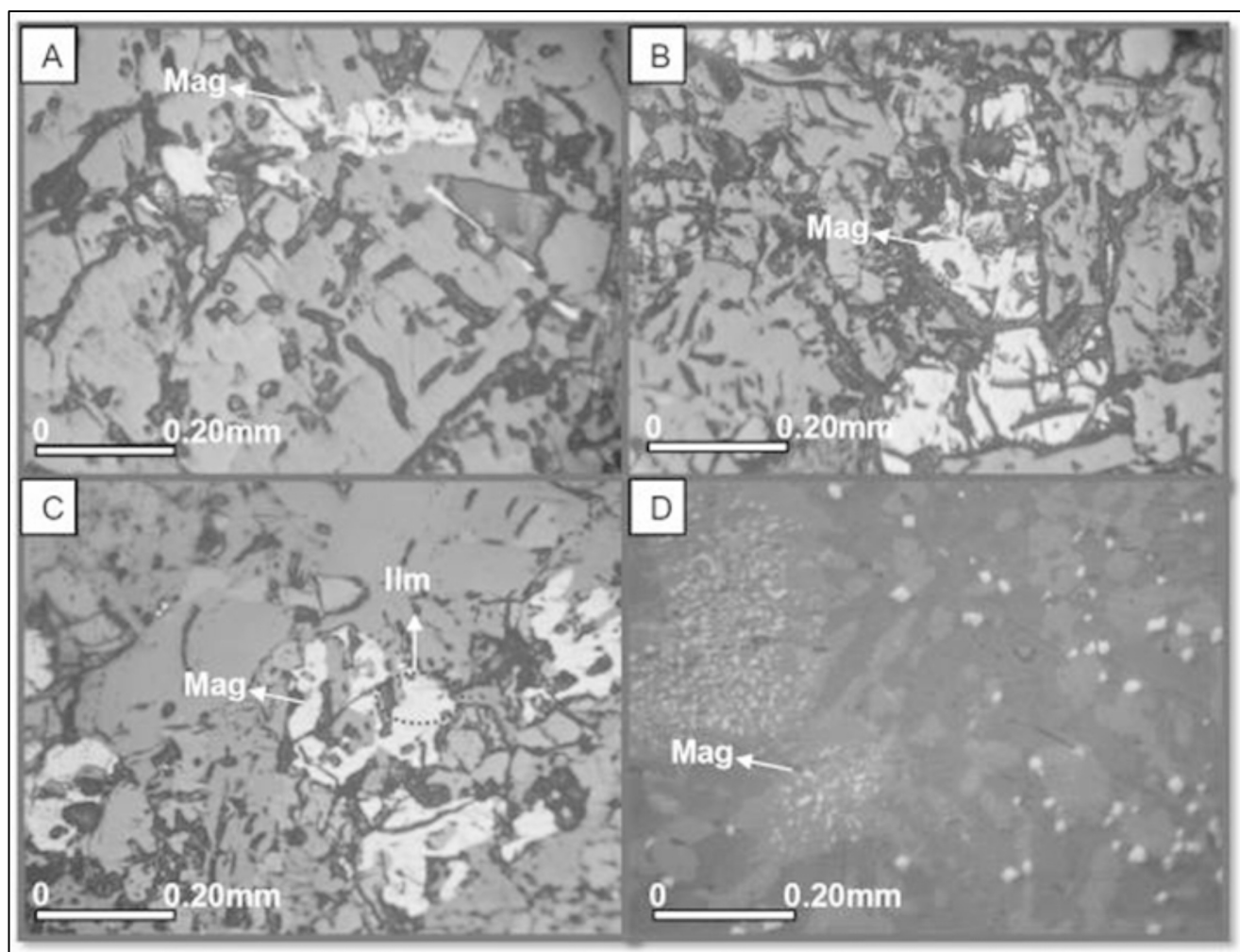


Figura 4 - A y B) Titanomagnetitas con formas irregulares a esqueléticas (luz polarizada plana reflejada). C) Cristal de magnetita con bandas de ilmenita (luz polarizada plana reflejada). D) Inclusiones de titanomagnetita en fenocristal de plagioclasa (luz polarizada plana reflejada). Magnetita (Mag); Ilmenita (Ilm)

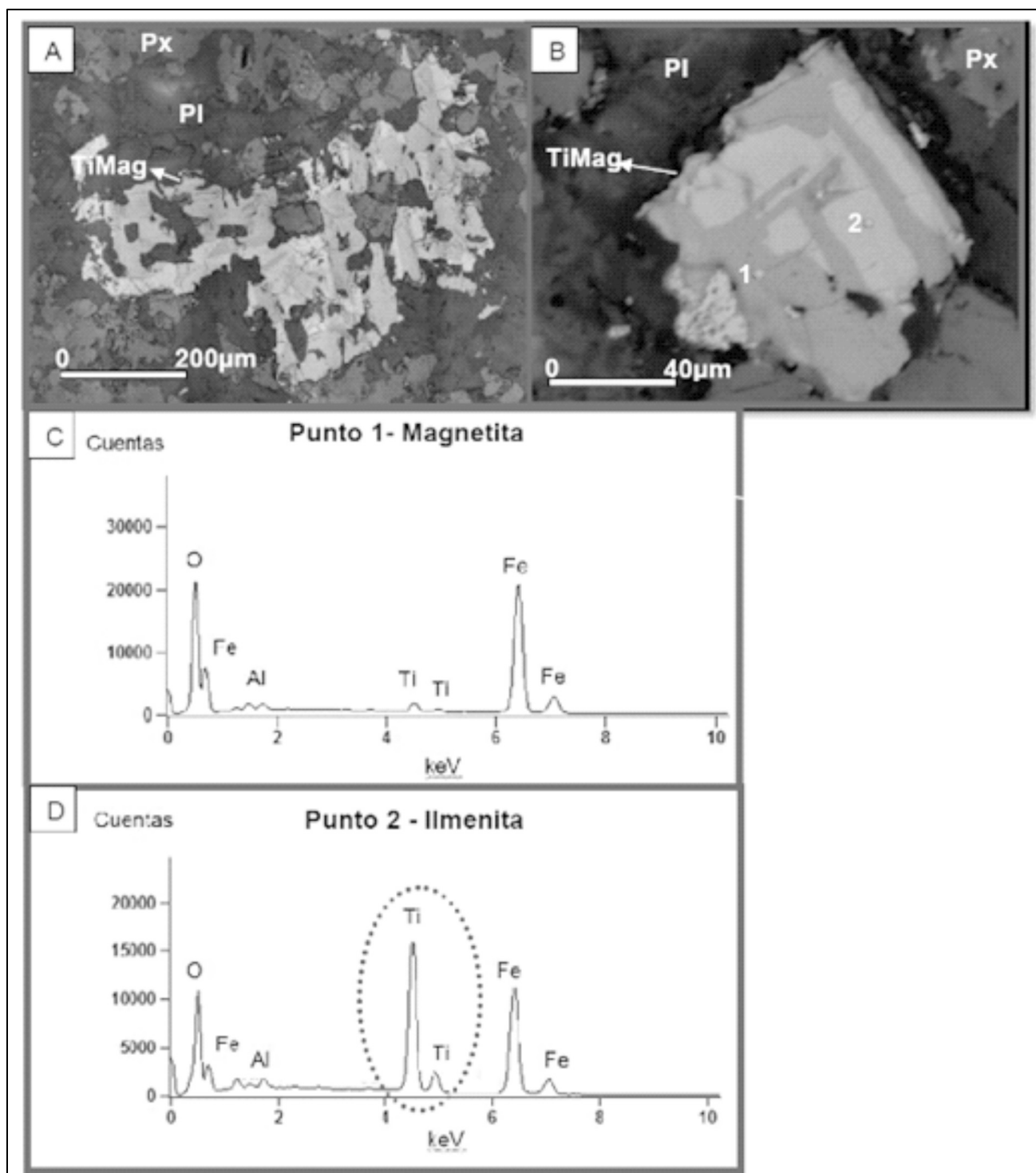


Figura 5 -A) Titanomagnetitas con formas irregulares a esqueletales, imagen BSE. B) Titanomagnetita con los puntos donde se realizaron análisis EDS, imágenes BSE, C y D) Espectros de rayos X obtenidos correspondientes a magnetita e ilmenita, respectivamente. plagioclase (Pl); piroxenos (Px), titanomagnetitas (TiMag).

subautomorfas, con bordes rectos, presentan maclas tipo albita o albita-carlsbad combinadas, con tamaños menores a 0.5 mm y en el rango modal representan entre 50% a 60% del volumen total. En determinadas muestras se observaron texturas de flujo definidas por la orientación preferencial de los fenocristales de plagioclase, principalmente en zonas próximas a los bordes del cuerpo intrusivo. Por su parte, los piroxenos ocurren tanto como fenocristales acompañando los glomérulos de plagioclases así

como componente de la matriz. Los mismos fueron identificados como clinopiroxenos (augita), con formas automorfas a subautomorfas y con pocas inclusiones de minerales opacos. Los tamaños varían desde 0.2 mm hasta 4mm, y se presentan frecuentemente maclados.

Los minerales opacos varían tanto en formas, tamaños como en porcentajes modales dependiendo de las muestras. Las formas varían desde regulares

(cuadradas, rectangulares) a irregulares y esqueléticas (Figura 4), poseen tamaños de 0.1 mm a 0.5 mm (aquellos correspondientes a la población de mayor tamaño), mientras que una segunda población corresponde a tamaños inferiores a 0.1mm (=100 μ m). Como se mencionó anteriormente, es frecuente observar inclusiones de minerales opacos dentro de ciertas zonas de las plagioclasas, con tamaños de cristales en estos casos que varían entre 0.01 mm y 0.03 mm (Figura 3, C-D y E-F). Además, se han observado cristales de olivino en muy baja proporción (entre 1% y 2%) y sólo en pocas muestras. Finalmente, la presencia de sílice residual (cuarzo) aparece en muy pocas muestras, ocupando lugares intersticiales. También es frecuente la presencia de apatito, en cristales muy pequeños, automorfos y en mínimas proporciones modales.

Para determinar con mayor precisión las características de los minerales opacos se procedió a realizar estudios con SEM-EDS. La identificación mineralógica se basó en comparar los espectros obtenidos con espectros estándares reseñados en

Reed (2005).

Estas observaciones permitieron identificar a los minerales opacos como magnetitas, con formas esqueléticas (Figura 5) y tamaños de hasta 500 μ m. Un análisis de mayor detalle permitió visualizar variaciones internas en las magnetitas, cuyos espectros permiten identificar dos áreas con diferente composición química: magnetita (Fe_3O_4 , $z \sim 21$), de color gris medio e ilmenita (FeTiO_4 , $z \sim 19$) de color gris claro. Si bien el valor del número atómico promedio (z) de la magnetita es teóricamente superior al de la ilmenita, en las muestras se observa un mayor contenido de Fe (indicado por los mapas composicionales), aumentando el número atómico del mismo y en consecuencia visualizándose con mayor brillo que la magnetita. Sus espectros se presentan en la Figura 5 C-D, donde se observa la variación en el contenido de Ti siendo éste máximo en la ilmenita y muy bajo en la magnetita. La ilmenita aparece formando bandas de hasta 25 μ m de ancho, siendo también frecuente su presencia en los bordes del cristal.

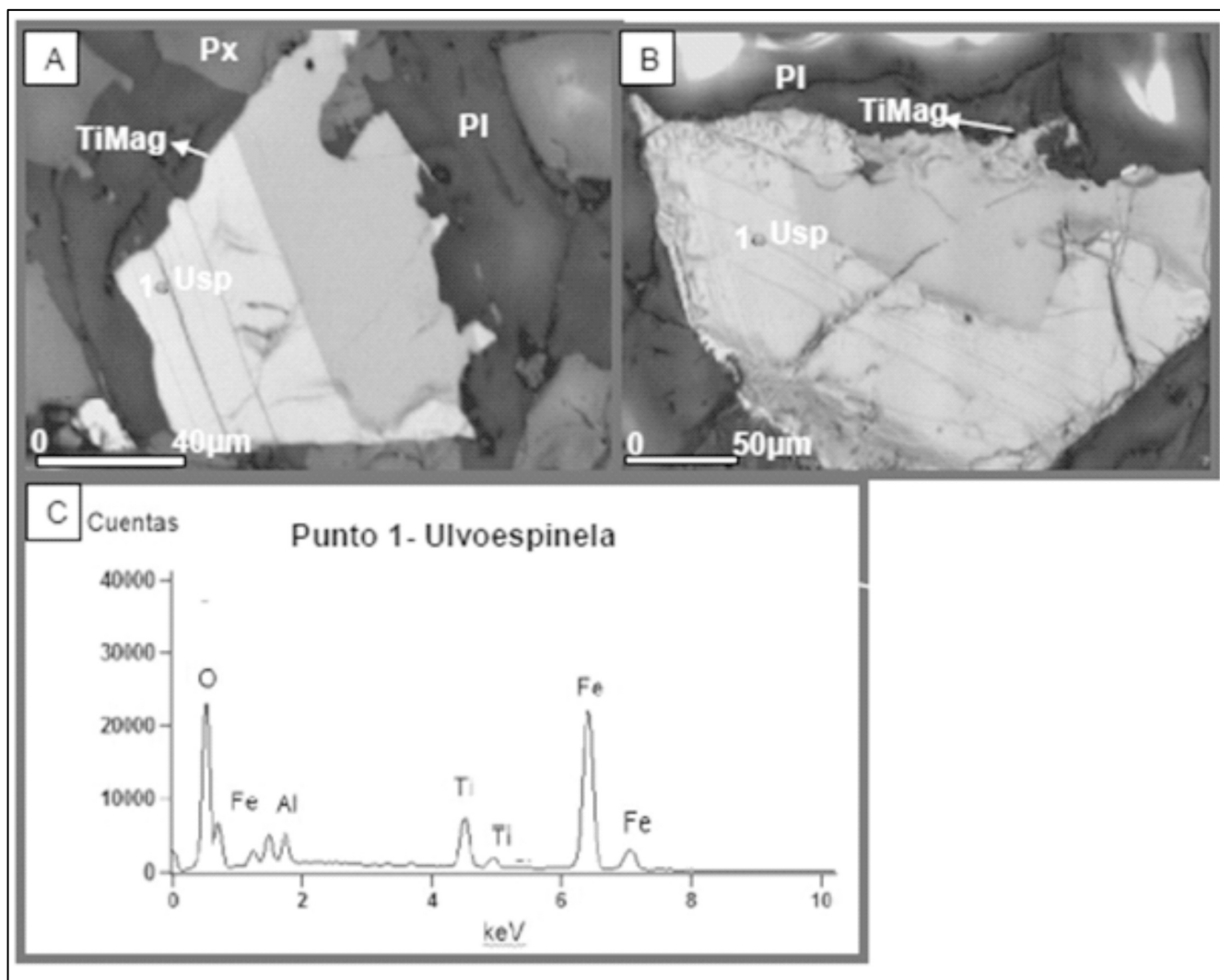


Figura 6 -A-B) Titanomagnetitas con exsolución de ulvoespinela y la ubicación de los puntos donde se realizaron los análisis por rayos X, imágenes de BSE. C) Espectro de rayos X obtenido correspondiente a ulvoespinela, Plagioclasa (Pl); Piroxenos (Px), Titanomagnetitas (TiMag) y Ulvoespinela (Usp).

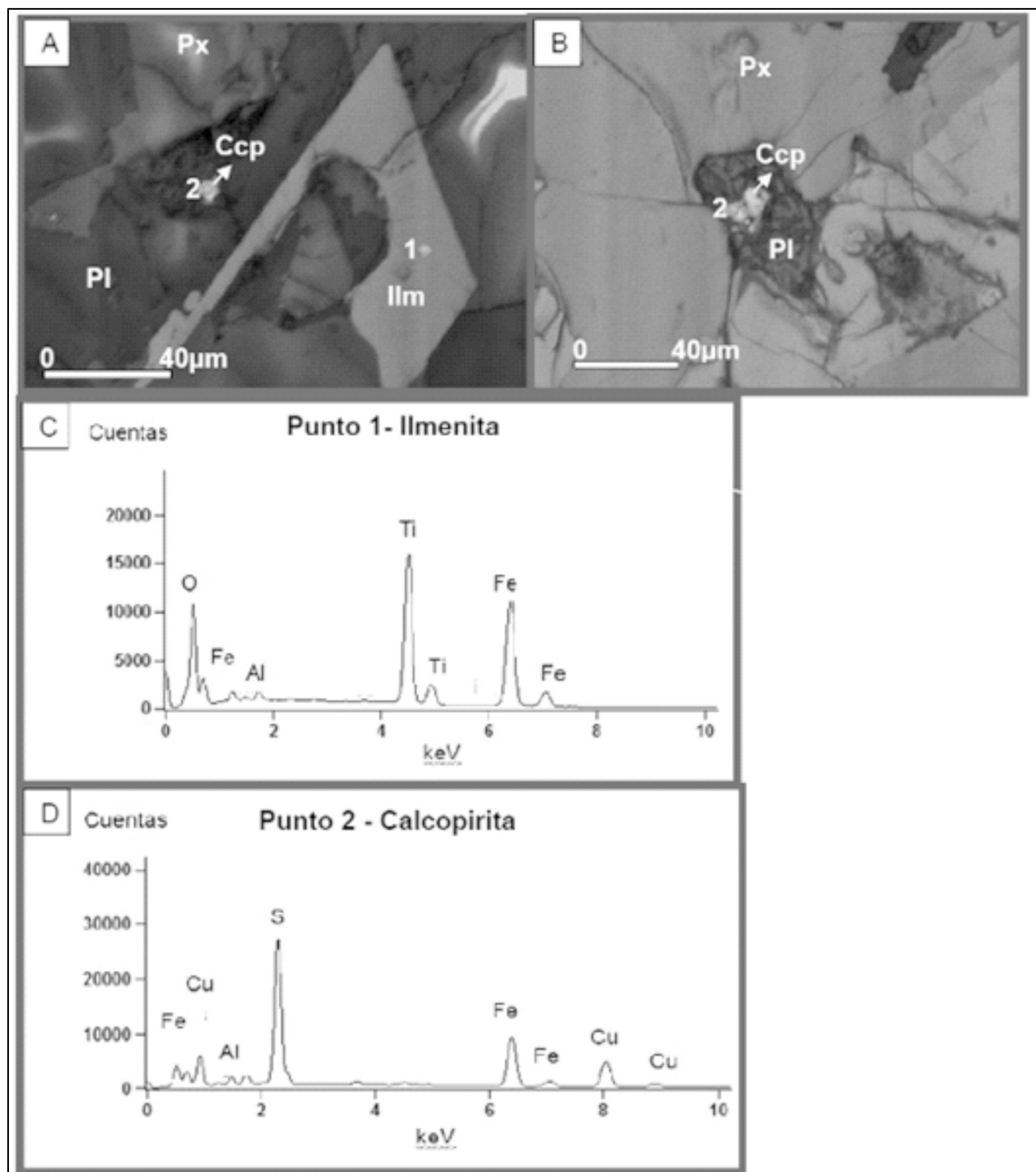


Figura 7 -A-B) Sección rómbica de ilmenita y cristal de calcopirita, imagen BSE. B) Calcopirita como inclusión en cristal de plagioclase, imagen BSE. C - D) Espectros de rayos X correspondientes a los puntos 1 y 2. Plagioclase (Pl); Piroxeno (Px), Ilmenita (Ilm) y Calcopirita (Ccp).

En asociación con las magnetitas se observó también ulvoespinela (FeTiO_4 , $z \sim 20$), de color gris oscuro, como producto de exsolución, ocurriendo como *lamellae* del orden de la micra (Figura 6). Al igual que la ilmenita, la ulvoespinela también es frecuente en los bordes del cristal. El espectro de este mineral se caracteriza por tener un pico correspondiente al aluminio.

Por su parte, la ilmenita también se observa de manera aislada en cristales con formas geométricas definidas, bordes rectos (Figura 7 A-C) y tamaños de hasta 70 μm. Estos minerales opacos se encuentran generalmente asociados o próximos a otros minerales muy brillantes, de formas esféricas a sub-redondeadas y con tamaños que rondan los 10 μm que fueron identificados como calcopirita ($z \sim 23.5$),

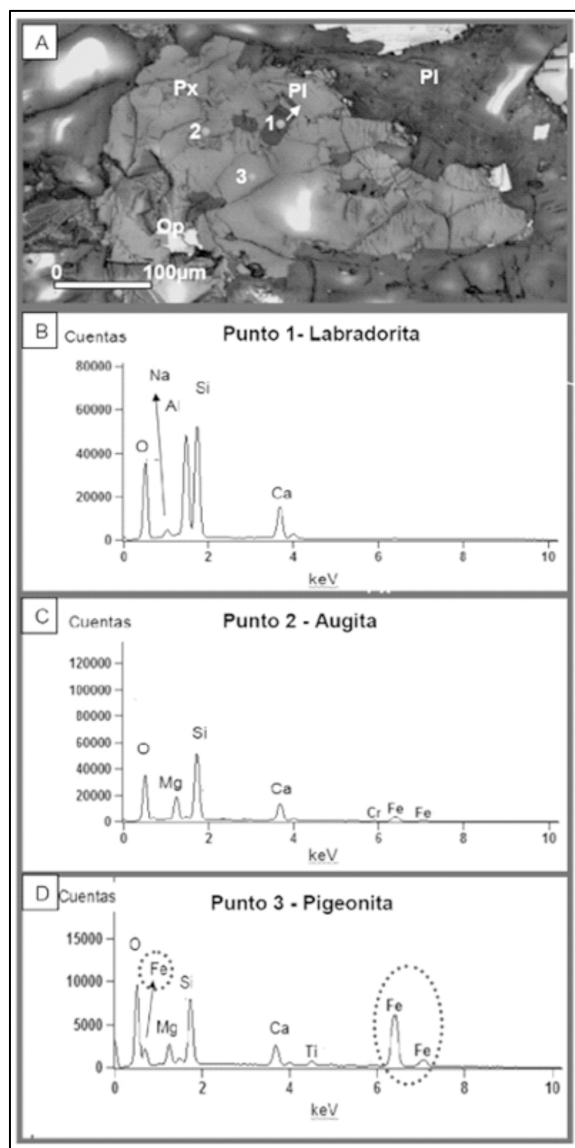


Figura 8 -A) Fenocristal de piroxeno (augita) con finas bandas de exsolución de pigeonita e inclusiones de plagioclasas, imagen BSE. B - C - D) Espectros de rayos X obtenidos en los puntos 1 a 3, correspondientes a labradorita, augita y pigeonita. Plagioclase (Pl); Piroxeno (Px), minerales opacos (Op).

presentados en la Figura 7. También es frecuente observarlos como inclusiones, en mayor proporción en las plagioclasas que en los piroxenos.

La matriz, de tonalidad más oscura en las imágenes de electrones retrodispersados, corresponde a silicatos (plagioclasas y piroxenos), sobre los cuales se realizó la identificación mediante espectros de rayos X. Básicamente, si la separamos de los minerales opacos, la matriz posee dos tonalidades: una tonalidad gris medio y otra gris oscura.

La matriz de tonalidad gris medio corresponde predominantemente a piroxenos cálcicos ($z \sim 12.8$): augita (Figura 8 A-C) y de manera muy subordinada

pigeonita como producto de exsolución (Figura 8 A-D). Esta última se diferencia de la augita por su mayor contenido en los elementos de Fe y Mg. El área gris oscura fue asignada a plagioclasas cálcicas, específicamente labradorita ($An_{50}-An_{70}$, $z \sim 11.8$), la cual se presenta en la Figura 8 con su espectro característico.

Para complementar la información mineralógica se realizó también un mapeo composicional en dos secciones representativas con la finalidad de rastrear trazas de determinados elementos químicos. El mismo fue realizado con énfasis en la búsqueda de Cr, Ni, Co, Cu y PGE, de acuerdo a su distribución en cada fase mineral. A partir de las imágenes obtenidas se observó que las mayores concentraciones correspondientes a los elementos Fe-Ti y la ausencia de Si se encuentran en los minerales opacos. Las ilmenitas se reconocen claramente por su alto contenido en Ti, en tanto que en las magnetitas el mismo es mucho más bajo. Por otro lado, las mayores concentraciones de Fe se encuentran en estas últimas, aunque también se observa en menor concentración en las ilmenitas y augitas. Los minerales opacos son los que presentan una leve concentración de Cr y Mn. No se identificaron concentraciones relevantes de los demás metales.

Por otro lado, los silicatos presentan los máximos tenores en Si, diferenciándose las augitas por contener además valores máximos de Mg; mientras que el Na y el Al se encuentran en las plagioclasas. En estas últimas, se observa también un leve aumento de Na en los bordes de los cristales, asignándose éste a aquellos cristales con zonación composicional. El Ca se encuentra distribuido tanto en los piroxenos como en las plagioclasas, presentando valores máximos en algunas zonas de ambos, lo que correspondería a los núcleos de los cristales con zonación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En lo que concierne a la petrografía; los estudios de detalle realizados con microsonda electrónica en los minerales ricos en Fe y Ti (magnetita-ilmenita) para las rocas básicas de bajo Ti de la región sur de la PMP y para a los *sills* de Brasil (Bellieni et al., 1988; Renner, 2010), indican contenidos promedios trazas inferiores a 1.5% de Al_2O_3 , MnO , MgO , Cr_2O_3 y CaO . En los análisis realizados con SEM-EDS en las titanomagnetitas del *sill* de Cuaró, si bien son cualitativos, se han identificado concentraciones trazas de Cr y Mn. El Cr tiene preferencia a ser incorporado en las magnetitas más que en las ilmenitas, observándose este hecho por una mayor concentración de Cr en las primeras, mientras que el Mn se encuentra en ambos, incluso en los silicatos (piroxeno). Por su parte, si bien en el cálculo normativo aparecen cromita y pirita normativas (Scaglia, 2013), estos minerales se encuentran en

mínimos porcentajes, siendo calcopirita el único mineral observado en estudios petrográficos con SEM-EDS. En contraposición no se observó cromita, apoyando la idea anterior de que el cromo se encuentra asociado como traza a los óxidos de Fe-Ti. La diversidad de tamaños y formas (automorfas a subautomorfas y esqueléticas) de los óxidos de Fe-Ti indica las continuas reacciones entre mineral/líquido y los diferentes estadios de cristalización (Ej. inclusiones de titanomagnetitas dentro del zoneamiento más interno de las plagioclasas). Estos procesos habrían ocurrido a elevadas temperaturas, como lo indica la presencia de exsoluciones de ulvoespinela en los óxidos de Fe-Ti y de pigeonita en los piroxenos (Hibbard, 1995).

En síntesis, se enumeran a continuación las siguientes conclusiones:

- 1) La caracterización petrográfica del *sill* de Cuaró está dada por plagioclasas cálcicas (labradorita), piroxenos (augita y pigeonita), óxidos de Fe-Ti, relictos de olivino y trazas de apatito; no observándose texturas cumuláticas.
- 2) No se observan anomalías en los elementos guía exploratorios para rocas básicas, aunque se observa que los óxidos de Fe-Ti están representados por la asociación entre ilmenita-magnetita, donde las ilmenitas contienen trazas de Mn y Cr. También hay presencia de calcopirita.

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo económico de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (programa de becas de posgrado) y PEDECIBA (área Geociencias). A los revisores de este trabajo, cuyos aportes y comentarios contribuyeron sustancialmente a la mejora del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLIENI, G.; PICCIRILLO, E.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MELFI, A. & DA ROIT, P. (1988). Mineral Chemistry of continental stratoid volcanics and related intrusives from the Paraná Basin (Brazil). En: Piccirillo, E. & Melfi, A. (Eds.): **The Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects**. Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico Publishers, p. 73-93.
- BOSSI, J. (1966). **Geología del Uruguay**. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo, 460 pp.
- BOSSI, J. (2006). Magmatismo hipabisal básico Gondwánico: un nuevo aporte al reconocimiento de terrenos Tectono-Estratigráficos en Uruguay. **Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología** 13, p.34-48.
- BOSSI, J. & NAVARRO, R. (1988). **Geología del Uruguay**. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo, p. 700-742.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. (1998). **Rocas ígneas básicas del Uruguay**. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, 245 pp.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. (2007). **Rocas ígneas básicas del Uruguay**. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, 2da edición. p. 109-129.
- BOSSI, J.; LEDESMA, J.; CARBALLO, E. & NAVARRO, R. (1974). Resumen de los conocimientos actuales sobre los derrames basálticos del noroeste del Uruguay. **Anais XXVIII Congresso Brasileiro de Geología**, Porto Alegre, vol. 1.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L.; FERNÁNDEZ, A.; ELIZALDE, G.; MORALES, H.; LEDESMA, J.; CARBALLO, E.; MEDINA, E.; FORD, I. & MONTAÑA, J. (1975). **Carta Geológica del Uruguay a escala 1:1.000.000**. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, 1 mapa y leyenda explicativa.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L.; FERNÁNDEZ, A.; ELIZALDE, G.; MORALES, H.; LEDESMA, J.; CARBALLO, E.; MEDINA, E.; FORD, I. & MONTAÑA, J. (1975). **Carta Geológica del Uruguay a escala 1:1.000.000**. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, 1 mapa y leyenda explicativa.
- FALCONER, J.D. (1937). La formación de Gondwana en el nordeste del Uruguay, con referencia especial a los terrenos eogondwánicos. Boletín 23, Instituto de Geología y Perforaciones, Montevideo, 113 pp.
- FERRANDO, L. & ANDREIS, R. (1989). **Carta Geológica del Uruguay, Hoja D-15 Melo, Depto. de Cerro Largo, escala 1:100.000**. Facultad de Ciencias, Facultad de Agronomía, Dirección Nacional de Minería y Geología del Uruguay. Memoria explicativa y 1 mapa.
- GOSO, H. (1972). **El Cuaternario uruguayo. Proyecto Estudio Levantamiento de Suelos**. Ed. Mimeografiada, 12pp.
- HIBBARD, M. (1995). **Petrography to petrogenesis**. University of Nevada, Prentice Hall (Ed.), 523 pp.

Estudio mineralógico (SEM - EDS) del sill de Cuaró, Depto. de Tacuarembó (Uruguay)

- MASQUELIN, H; AÍFA, T; MUZIO, R; HALLOT, E; VEROSLAVSKY, G. & BONNEVALLE, L. (2009). The Cuaró Mesozoic doleritic dyke swarm, southern Paraná basin, Uruguay: Examples of superimposed magnetic fabrics?. *Comptes Rendus Geoscience* 341, p. 1003 - 1015.
- MONTAÑA, J. (1992). *Carta Geológica del Uruguay, Hoja H-13 Los Novillos, Depto. de Tacuarembó, escala 1:100.000*. Facultad de Ciencias, Facultad de Agronomía, Dirección Nacional de Minería y Geología del Uruguay. Memoria explicativa y 1 mapa
- MUZIO, R.; SCAGLIA, F. & MASQUELIN, H. (2011). Petrochemistry of Mesozoic mafic intrusions related to the Paraná Magmatic Province, Uruguay. *International Geology Review*, iFirst article, p. 1-17.
- MUZIO, R.; SCAGLIA, F. & MASQUELIN, H. (2011 b). Sm-Nd systematics on dikes and sills related to the Paraná Magmatic Province, Uruguay. *Resúmenes V Simposio de Vulcanismo e Ambientes Asociados*. Goiás, Brasil. Formato CD.
- PEATE, D.W. (1997). The Paraná - Etendeka Province. En: Mahoney, J.J. & Coffin, M.F. (Eds.), *Large Igneous Provinces, Continental, oceanic and planetary flood volcanism*. Geophysical Monograph 100, p. 217 - 245.
- PRECIOZZI, F; SPOTURNO, J; HEINZEN, W. & ROSSI, P. (1985). *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000*. DINAMIGE-MIEM. Montevideo, 2 figuras, 1 mapa, 72 pp.
- REED, J. (2005). *Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology*. Cambridge University Press, New York, 216 pp.
- RENNER, L. (2010). *Geoquímica de sills basálticos da Formação Serra Geral, Sul do Brasil, com base em rocha total e micro-análise de minerais*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 226 pp.
- SCAGLIA, F. (2010). *Estudio petrológico de los diques básicos Mesozoicos en la región de San Gregorio de Polanco, Uruguay*. Tesis de grado de la Licenciatura en Geología, Universidad de la República, Montevideo, 138 pp.
- SCAGLIA, F. (2013). *Estudio petrogenético del Sill de Cuaró, Departamento de Tacuarembó, Uruguay*. Tesis de Maestría, PEDECIBA (área Geociencias), Universidad de la República, Montevideo, 172 p.
- WALTHER, K. (1927). Contribución al conocimiento de las rocas "basálticas" de la formación Gondwana en la América del Sud. *Boletín 9 del*

Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay,
Montevideo, p. 16-28.