FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN GEOLOGÍA

GEOLOGÍA DE LOS DIQUES DEL MAGMATISMO CHOIYOI, BLOQUE DE SAN RAFAEL SUR

Stern, Ailén Micaela

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

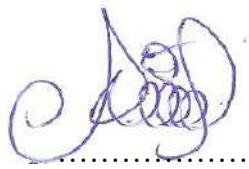
2017

PREFACIO

Esta tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la cátedra de Petrología, dependiente del Departamento de Geología, durante el período comprendido entre el 27 de marzo de 2017 y el 25 de septiembre de 2017, bajo la dirección del Dr. Hugo Tickyj.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de La Pampa y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Al Departamento de Geología.
- Al Director de la presente tesina, Dr. Hugo Tickyj, por su tiempo, guía, paciencia y predisposición.
- A mi familia.
- A mis amigos y compañeros.



Fecha: ……

Stern Ailén Micaela
DNI: 36.285.355

Departamento de Geología

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Resumen

En esta tesina se realizó un mapeo y una descripción litológica en cuerpos ígneos laminares (diques) del magmatismo Choiyoi emplazados en el sur de la Provincia Geológica Bloque de San Rafael, en el área comprendida entre las coordenadas geográficas 36º00’30’’ a 36º02’45’’ de latitud sur y 68º25’00’’ a 68º28’30’’ de longitud oeste. Los diques fueron agrupados en tres enjambres siguiendo criterios estructurales, litológicos y texturales. El primer enjambre de diques presenta una orientación N80ºE/subvertical, y está compuesto por fenolacitas sin cuarzo, de textura porfírica con pasta afanítica microcristalina y un porcentaje de fenocristales de 17,3%. El segundo enjambre tiene una orientación N70ºO/subvertical y está representado por fenoriolitas, de textura seriada con pasta microgranular felsítica y un porcentaje de fenocristales entre 50% y 57%. El tercer enjambre presenta una orientación N50-60ºO/subvertical, y se divide en dos subgrupos, uno de ellos conformado por rocas de una composición modal intermedia entre fenolacitas y fenotraquitas con un porcentaje de fenocristales de 22-35%, y otro compuesto por fenoriolitas con 35 a 44% de fenocristales. En ambos casos, la textura es seriada con pasta afanítica, microcristalina felsítica, exhibiendo además texturas de intercrecimiento entre cuarzo y feldespato. El último enjambre de diques presenta cuerpos laminares de hasta 40 m de espesor, los cuales muestran marcadas diferencias texturales entre el centro y sus bordes. Los bordes tienen texturas de intercrecimiento del tipo granofídico entre cuarzo y feldespatos, mientras que el centro del dique posee una textura microcristalina felsítica con fenocristales de mayor tamaño. Este cambio textural es atribuido a diferentes grados de sobreenfriamiento durante la cristalización del dique. En forma adicional, durante el análisis de las imágenes satelitales se identificó un cuerpo ígneo globoso de composición granítica, denominado Plutón Charito. Por su composición y morfología se infiere que su génesis podría estar relacionada con las fenoriolitas del tercer enjambre de diques.

Abstract

In this thesis a mapping and a lithological description was made in tabular igneous bodies (dykes) of the Choiyoi magmatism located in the southernmost part of the San Rafael Block geological province, in an area situated between the geographical coordinates 36º00'30" to 36º02'45" south latitude and 68º25'00" to 68º28'30" west longitude. The dykes were grouped into three swarms following structural, lithological and textural criteria. The first swarm of dykes is orientated N80ºE/subvertical, and it is composed of phenolatites without quartz, with porphyritic texture, aphanitic microcrystalline groundmass and a total phenocryst content of 17.3%. The second swarm has a mean trend N70ºW/subvertical and is represented by phenorhyolites of serial texture, with a percentage of phenocrystals between 50% and 57%. Finally, the third swarm is orientated to N50-60ºW with near vertical dips and it is divided into two subgroups, one of them formed by rocks of an intermediate modal composition between phenolatite and phenotrachyte with a phenocryst percentage of 22-35%, and another composed of phenorhyolites with phenocryst content between 35 and 44%. In both cases, the texture is seriate with a felsitic, aphanitic microcrystalline groundmass, exhibiting intergrowth textures between quartz and feldspar. The last swarm of dykes presents thicker bodies up to 40 m, which show marked textural differences between the center and its edges. The edges have a granophyric texture in the groundmass, while the center has a felsitic microcrystalline texture with larger phenocrysts. These textural variations are attributed to different degrees of undercooling during the dyke crystallization. Additionally, during the analysis of the satellite images a globose igneous body of granitic composition, called Charito pluton, was identified. By its composition and morphology it is inferred that its genesis could be related to the phenorhyolites of the third swarm of dykes.

Índice

Capítulo 1: Introducción **1**

1.1 Introducción 1

1.2 Ubicación geográfica y vías de acceso 3

1.3 Objetivos. 4

1.4 Hipótesis 5

Capítulo 2: Marco Geológico **6**

2.1 Ciclo orogénico Gondwánico 6

2.2 Magmatismo Choiyoi en el Bloque de San Rafael 9

2.3 Geología del Distrito Minero Agua Escondida 11

Capítulo 3: Metodología de trabajo **18**

3.1 Trabajo de campo 18

3.2 Trabajo de laboratorio 18

3.3 Trabajo de gabinete 18

Capítulo 4: Resultados **20**

4.1 Trabajo de campo 20

Toma de muestras y descripción de textura y estructuras mesoscópicas de los diques 20

4.2 Mapas 24

4.3 Litologías 27

Descripción de las muestras 27

Datos modales 47

Capítulo 5: Discusión **50**

Capítulo 6: Conclusiones **54**

Bibliografía **56**

Capítulo 1 - Introducción

1.1 Introducción

A finales del Devónico y principios del Carbonífero, con la fase orogénica Chánica, comienza el ciclo Gondwánico, que se caracteriza por el desarrollo de un orógeno de tipo andino en el margen sudoccidental del supercontinente de Gondwana (Ramos 1999). El orógeno permaneció activo hasta el Pérmico medio cuando fue sucedido por un régimen extensional generalizado que dominó durante el Pérmico tardío y el Triásico. El ciclo gondwánico se desarrolló en provincias geológicas adyacentes al cinturón orogénico como Cordillera Frontal y Bloque San Rafael, y en las del antepaís como Macizo Nordpatagónico, Precordillera Occidental, Sierras Pampeanas, Bloque de Chadileuvú y Sierras Australes Bonaerenses.

El ciclo Gondwánico en el Pérmico Temprano-Triásico está representado por un extenso magmatismo intermedio a ácido conocido como "Magmatismo Choiyoi". Este se observa en el suroeste de Argentina y este de Chile, y es correlacionable con otros eventos efusivos e intrusivos de similares características identificados en los depósitos de las cuencas del Gondwana (Kay *et al.* 1989, Llambías 1999, Rolleri y Criado Roqué 1970). Sato *et al.* (2015) reunió distintos análisis petrológicos, paleomagnéticos y geoquímicos que le permitieron separar al magmatismo Gondwánico en tres etapas, a las que denominó pre-Choiyoi, Choiyoi y post-Choiyoi. El pre-Choiyoi comienza con la fase orogénica Chánica, como se observa principalmente en Cordillera Frontal y Precordillera, y se caracteriza por contener rocas plutónicas y escasas rocas volcánicas de composición calcoalcalina. El comienzo del magmatismo Choiyoi está marcado por el inicio de la fase orogénica San Rafael durante el Pérmico Temprano y presenta mayor cantidad de rocas volcánicas y escasas rocas plutónicas de composición silícea. Sus afloramientos abarcan un área mayor que el pre-Choiyoi extendiéndose hacia el antepaís en el Bloque de San Rafael-Las Matras-Chadileuvú, Sierras Pampeanas y la región Patagónica. Finalmente, el post-Choiyoi comienza con la fase orogénica Huárpica y está asociado a la generación de rifts tectónicos con importantes eventos volcánicos a lo largo de la Cordillera Frontal y Precordillera en Argentina, y en Cordillera Frontal chilena.

En el Bloque de San Rafael el ciclo gondwánico está representado por sedimentos de la Formación El Imperial del Carbonífero-Pérmico Temprano, por rocas ígneas asociadas a la provincia magmática Choiyoi del Pérmico Temprano-Triásico Temprano y secuencias de rift Triásicas de la Formación Puesto Viejo (Llambías *et al.* 1993).

En el extremo sur del Bloque de San Rafael, en cercanías de la localidad de Agua Escondida, el magmatismo Choiyoi está compuesto por una sección inferior mesosilícea (Formación Agua de los Burros) y una superior silícea (Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo), entre las que se intercala una sección intermedia máfica asignada a la Formación Quebrada del Pimiento (Narciso *et al.* 2007; Linares *et al.* 1980, Tickyj *et al.* 2014). La sección mesosilícea está compuesta por lavas y cuerpos hipabisales de pórfido dacítico y andesitas, acompañados por sus tobas, en menor medida se encuentran traquiandesitas y dioritas cuarcíferas. En tanto que, la sección silícea está integrada por lavas, tobas, ignimbritas y brechas riolíticas, e intrusivos graníticos globosos y laminares.

Con anterioridad, el magmatismo Choiyoi fue descripto en forma regional por González Díaz (1972) en la Hoja Geológica 30e Agua Escondida, quién lo incluyó en la Formación Los Corrales. Esta fue dividida en tres miembros según su composición litológica: el Miembro básico, compuesto por un filón capa basáltico; el Miembro mesosíliceo, compuesto por pórfidos y tobas dacíticas a andesíticas; y el Miembro ácido caracterizado por pórfidos riolíticos y graníticos, que se intruyeron en forma de grandes masas hipabisales y abundantes cuerpos laminares.

Por su parte, Delpino (1997) en su tesis doctoral propuso elevar la Formación Los Corrales a nivel de Grupo y dividir el mismo en dos nuevas unidades denominadas Formación Puesto Cortés y Formación Cuchillas Coloradas. La primera está compuesta por rocas volcánicas intrusivas y diques riolíticos, que por su relación estratigráfica fueron asignados al Pérmico Superior-Triásico. Por otro lado, la Formación Cuchillas Coloradas está representada por rocas intrusivas de dos formas: diques riolíticos y stocks de composición granítica que se correlacionan con los cuerpos del Miembro ácido de la Formación Los Corrales de González Díaz (1972) y se las asignan al Pérmico Superior-Triásico por dataciones radimétricas y por su relación estratigráfica con la Formación Puesto Cortés.

1.2 Ubicación geográfica y vías de acceso

El área de estudio se localiza en el sector sur del Bloque de San Rafael, entre los 36º00'30'' y 36º02'45'' de latitud sur y los 68º25'00'' y 68º28'30'' de longitud oeste, a unos 20 km al noroeste de la localidad de Agua Escondida, en el suroeste de la provincia de Mendoza (Figura 1a y b). El área está incluida en la Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida, provincias de Mendoza y La Pampa (Narciso *et al.* 2007).

El acceso a Agua Escondida se realiza desde la localidad de La Humada en la provincia de La Pampa, por la Ruta Provincial Nº 10, en un recorrido de 35,7 km. También se puede acceder desde la localidad de General Alvear, ubicada al norte en la provincia de Mendoza, realizando 176 km por la Ruta Nacional Nº 143 y la Ruta Provincial Nº 190. Un último punto de acceso se encuentra por el suroeste desde la localidad de Malargüe, provincia de Mendoza, recorriendo 179 km a través de la Ruta Nacional Nº 40 y las Rutas Provinciales Nº 186, Nº 180 y Nº 190 (Figura 1).

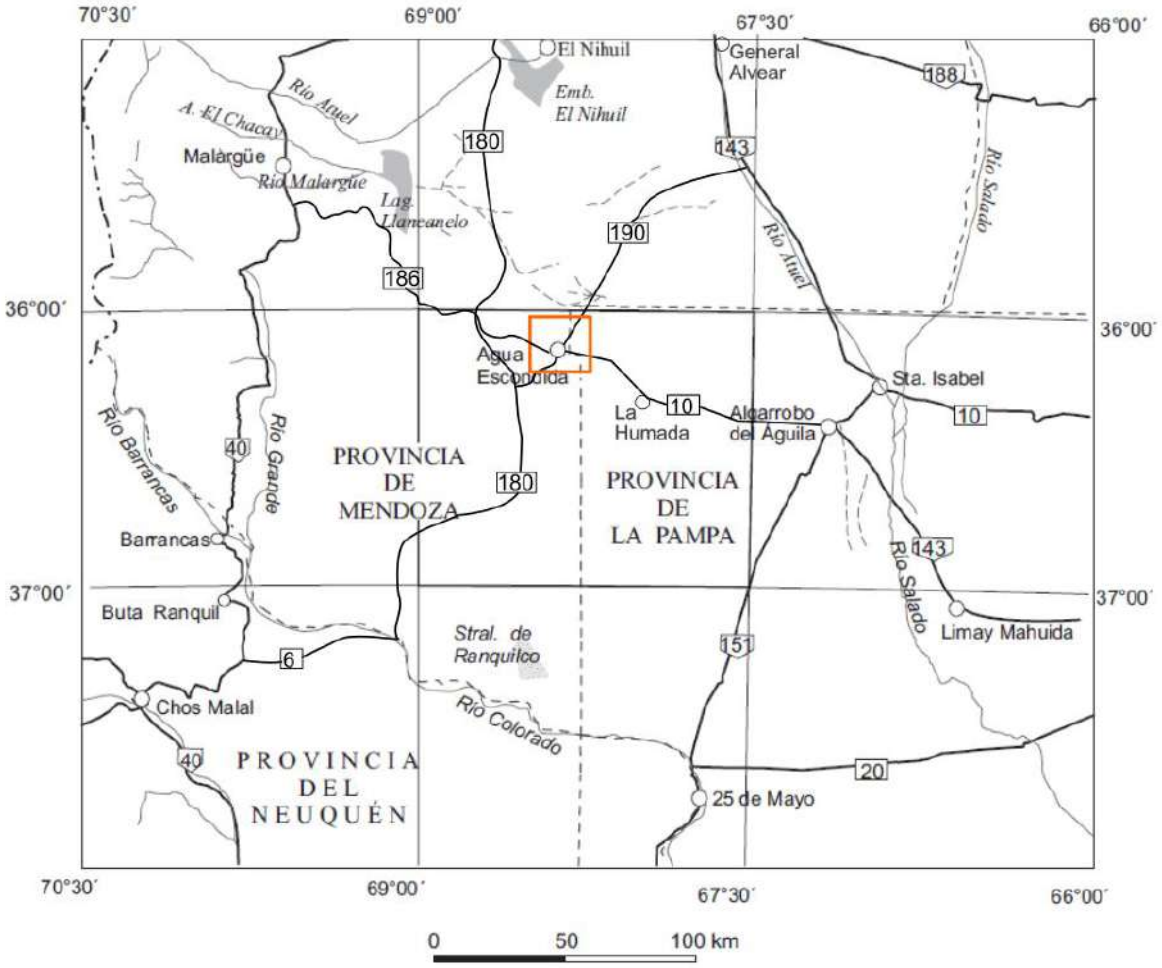


Figura 1a. Localización geográfica del área de estudio, con las principales vías de acceso desde las provincias de La Pampa y Mendoza. El recuadro de color negro son los límites de la Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida y el recuadro de color naranja son los límites de la figura 1b (Modificado de Narciso *et al.* 2007).

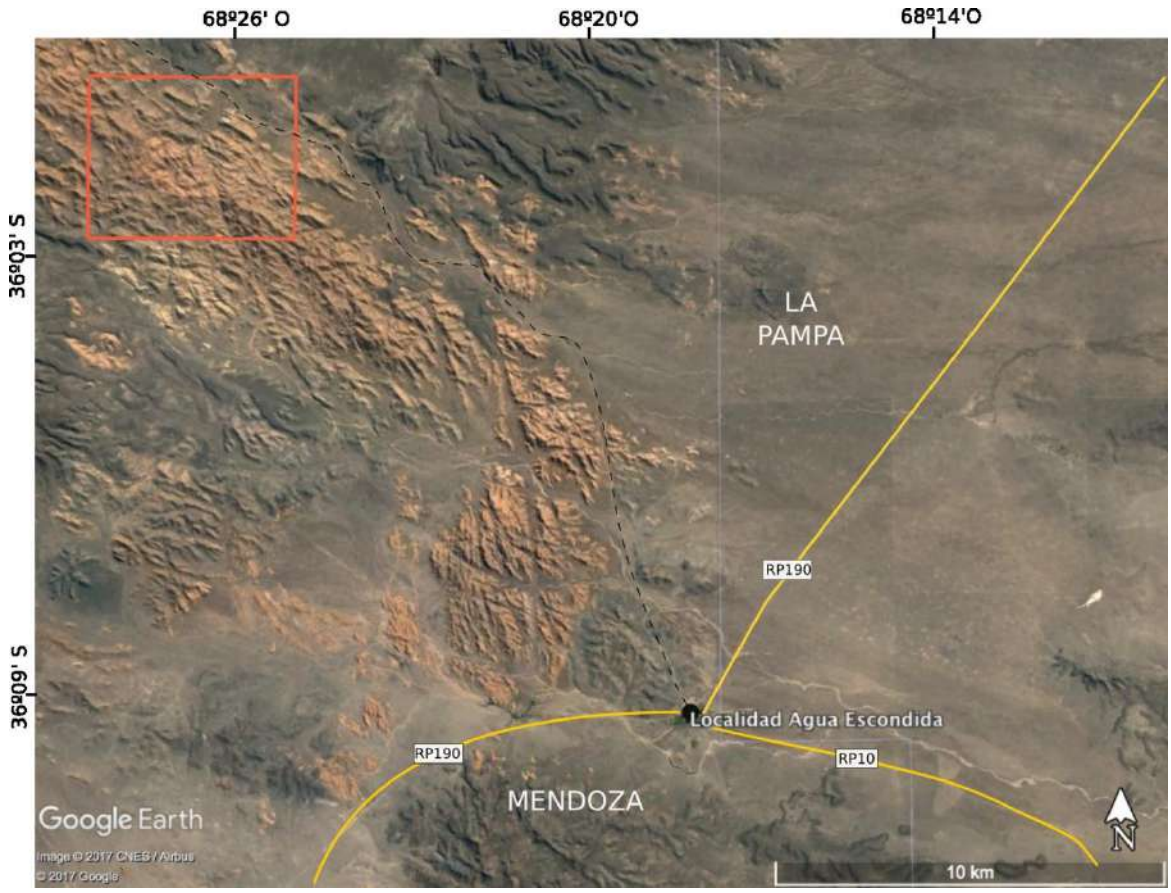


Figura 1b. Imagen satelital de los alrededores de la localidad de Agua Escondida. El cuadro color naranja indica el área de estudio de la presente tesina.

1.3 Objetivos

La realización de esta tesina comprende objetivos generales relacionados con el estudio de plutonitas del magmatismo Choiyoi y su relación con la configuración del margen sudoccidental de Gondwana. De forma más específica, se pretende realizar una descripción detallada de cuerpos ígneos laminares de la sección silícea del magmatismo Choiyoi en el sector sur del Bloque de San Rafael, con el fin de poder agruparlos en enjambres y establecer su secuencia de emplazamiento.

Objetivos generales:

- Conocer la petrología y estructura de las plutonitas ubicadas en el sur del Bloque de San Rafael, pertenecientes al magmatismo Choiyoi.

Objetivos específicos:

- Realizar un mapa geológico de los cuerpos laminares.
- Describir la estructura, textura y mineralogía de los enjambres de diques.
- Reconocer secuencias relativas de emplazamiento de cuerpos ígneos laminares.

1.4 Hipótesis

Con el fin de orientar la investigación se plantearon las siguientes hipótesis en base a los antecedentes geológicos:

- Los diques son rocas afaníticas de composición riolítica.
- Los diques integran tres enjambres que se diferencian por su textura y su orientación.

Capítulo 2 - Marco Geológico

2.1 Ciclo orogénico Gondwánico

Llambías y Sato (2011) definen al ciclo orogénico Gondwánico como un ciclo eruptivo y de desarrollo de cuencas sedimentarias, que abarca un periodo de tiempo comprendido entre el Carbonífero Temprano y el Triásico Temprano, cuya característica principal es la extensión y el gran volumen de una actividad magmática mesosilícica a silícica.

Su comienzo está marcado por la fase orogénica Chánica a finales del Devónico y principios del Carbonífero. Sin embargo, su finalización es aún motivo de discusión para diversos autores. Llambías y Sato (2011) consideran que el ciclo Gondwánico culmina con la fase diástrofica Huárpica, una superficie de erosión de edad intratriásica que abarca gran cantidad de provincias geológicas en Argentina, a partir de la cual se genera una etapa de rifting dando comienzo al ciclo Andino.

El magmatismo Choiyoi es característico del ciclo orogénico Gondwánico, este reúne a los afloramientos de rocas volcánicas y plutónicas mesosilíceas a silíciceas que tuvieron su origen durante el Pérmico Temprano-Triásico a lo largo del margen suroeste de Gondwana. Sato *et al.* (2015) establecen que el magmatismo Choiyoi está mejor expuesto en la región oeste de Argentina (Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael) y se propaga a la región central (Precordillera, Sierras Pampeanas, Bloque Las Matras y Bloque Chadileuvú) y sur (Cordillera Principal, Cuenca Neuquina y Patagonia). También se reconoce en el subsuelo de la región este, en la base de secuencias sedimentarias Meso-Cenozoicas y hacia el oeste se encuentran afloramientos en la Cordillera Frontal Chilena y Precordillera Chilena. En la Figura 2 se observan los afloramientos de edad permotriásica que se relacionan al magmatismo Choiyoi y se indican los límites aproximados de la provincia magmática Choiyoi propuestos por Llambías y Sato (2011).

El comienzo del magmatismo Choiyoi está marcado por la fase orogénica San Rafael durante el Pérmico Temprano (Asseliano). Una fase de carácter compresiva que genera plegamientos y corrimientos en algunas localidades conduciendo a significativos engrosamientos corticales y levantamientos que posteriormente fueron erosionados. Principalmente, su distribución es coincidente con afloramientos de las rocas ígneas eocarboníferas en Cordillera Frontal y en el Bloque de San Rafael. Sin embargo, existen datos paleomagnéticos y estructurales que evidencian que la deformación se extendió hacia

el antepaís en el Bloque de Chadileuvú, Sierra de la Ventana (Buenos Aires) y Macizo Nordpatagónico (Sato *et al.* 2015).

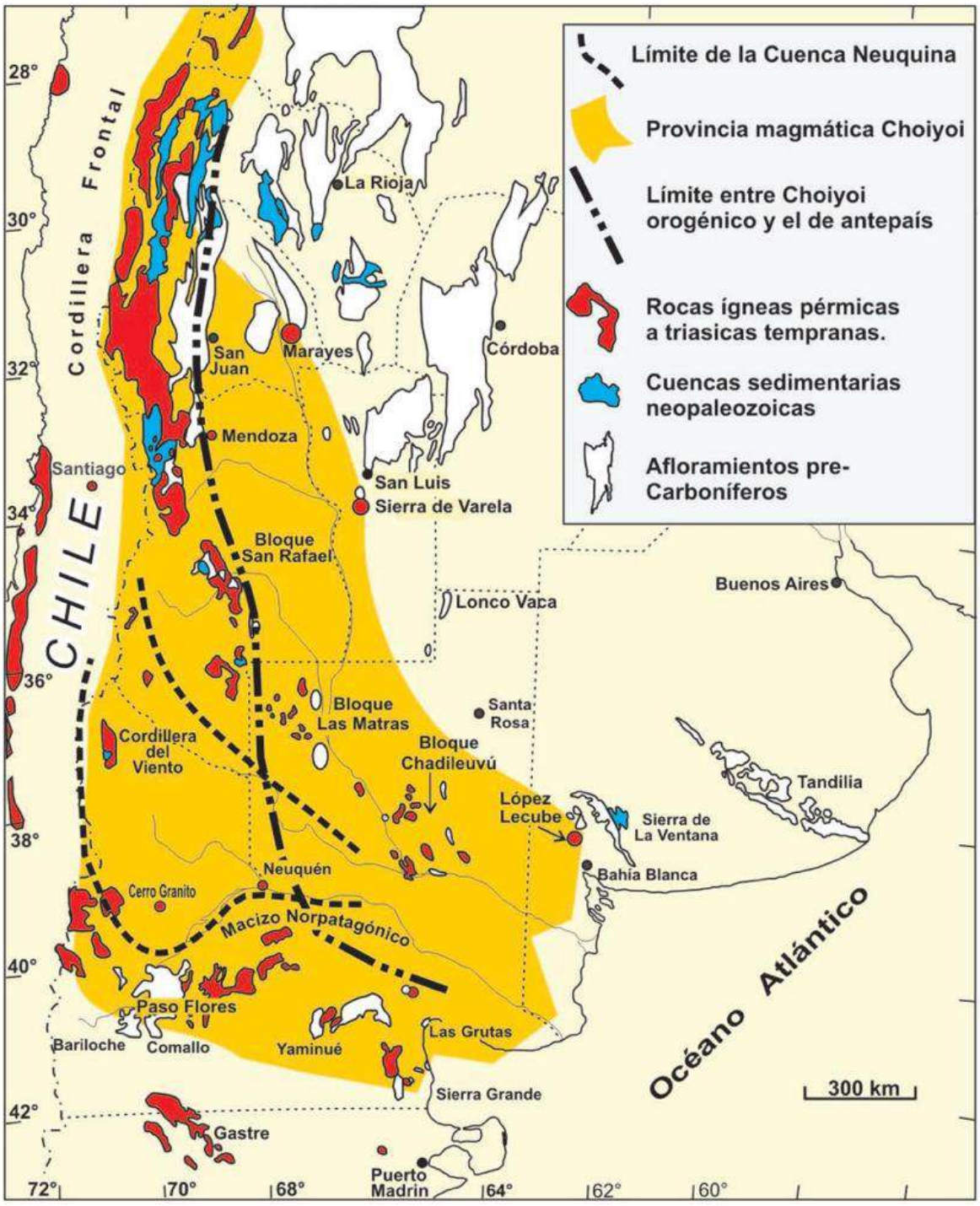


Figura 2. Mapa de afloramientos de la provincia magmática Choiyoi, Pérmico Temprano hasta el Triásico Temprano. Tomado de Llambías y Sato (2011).

Por otro lado, la finalización del magmatismo Choiyoi está indicado por la fase tectónica extensional Huárpica que da origen a distintos rifts diacrónicos y aislados en los depocentros de cuencas como Cuenca de Cuyo en Precordillera, Ischigualasto en Sierras

Pampeanas y Cuenca Neuquina en Cordillera Principal. Sato *et al.* (2015) acotan mejor la edad, recopilando dataciones U-Pb disponibles en distintos sitios conocidos donde se observan afloramientos del magmatismo Choiyoi. Sobre la base de esta compilación se sugiere que el intervalo del magmatismo es de alrededor de 40 Ma, entre 286 y 247 Ma desde el Pérmico Temprano al Triásico Temprano (Artinskiano a Olenekiano).

En la etapa pre-Choiyoi, durante el Carbonífero, el magmatismo fue calcoalcalino y se asocia a una subducción rápida en el margen occidental de Gondwana. Predominan las rocas plutónicas por sobre las volcánicas y están expuestas principalmente en la Precordillera Chilena y la Cordillera Frontal Chilena. En Argentina, Llambías (1999) establece que el magmatismo carbonífero está representado por rocas de composiciones intermedias entre tonalitas y granodioritas en la Cordillera Frontal y Precordillera y por las monzonitas y granitos carboníferos del cerro Veladero en las sierras de Umango, situadas en el borde occidental de las Sierras Pampeanas. También se registra magmatismo carbonífero en el basamento de Cordillera Principal dentro del Grupo Andacollo y en la Patagonia, principalmente en la región de los Andes y en el margen occidental del Macizo Nordpatagónico.

Luego, en el Pérmico comienza la intensa etapa magmática Choiyoi que perdura hasta el Triásico Inferior. Esta consiste en sucesiones volcánico-plutónicas de composición silícea que cubren un área de aproximadamente 500.000 km^2 abarcando tanto el cinturón orogénico como el antepaís. La principal región afectada por el magmatismo Choiyoi se encuentra hacia el oeste de Argentina y este de Chile a lo largo de la Precordillera Chilena, la Cordillera Frontal y el basamento de la Cordillera Principal, y se expande hacia el este y hacia el sur, a lo largo de la Precordillera Argentina, el Bloque de San Rafael-Las Matras-Chadileuvú y la región Patagónica. En las Sierras Pampeanas, los plutones subvolcánicos de composición andesítica a riolítica y los diques emplazados en el basamento eopaleozoico de Marayes son los afloramientos más orientales de este magmatismo (Sato *et al.* 2015).

La provincia magmática Choiyoi muestra variaciones tanto en las composiciones mineralógicas como en las estructuras cinéticas que indican un cambio en las condiciones geodinámicas bajo las cuales se emplazó el magma. En base a ésta última afirmación, la misma ha sido dividida en Choiyoi Inferior, emplazada en un ambiente transpresional, con dirección de convergencia nornoreste, el cual fue relacionada con un arco magmático activo en una zona de subducción subhorizontal (Kleiman y Japas 2009) y Choiyoi Superior, que sería coetánea con un período postorogénico extensional (Kleiman 1999,

Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2009). Estos cambios geodinámicos habrían generado diferencias geoquímicas en los depósitos. La sección inferior presenta una composición calcoalcalina típica de ambiente de subducción continental, mientras que la sección superior representa un magmatismo de transición calcoalcalino a alcalino típico de un entorno anorogénico de intraplaca. Este magmatismo se relacionaría con una tectónica transtensional posiblemente asociada a una etapa de post-convergencia.

2.2 Magmatismo Choiyoi en el Bloque de San Rafael

El Bloque San Rafael es una unidad morfoestructural que se ubica en el sector centro-occidental de la provincia de Mendoza. Limita al norte con Cuenca Cuyo, al sur con Cuenca Neuquina y al oeste con la Cordillera Andina. Su geología comparte rasgos con Precordillera y Cordillera Frontal.

Las unidades pre-carboníferas del Bloque de San Rafael son complejos ígneo-metamórficos mesoproterozoicos cubiertos por depósitos marinos de plataforma carbonática-silicoclástica ordovícicos y estratos de plataforma clástica y sistemas deltaicos del Silúrico y Devónico. Estos últimos fueron metamorfizados y deformados por la fase orogénica Chánica relacionada a la colisión del terreno alóctono de Chilenia con el margen oeste del supercontinente Gondwana (Ramos *et al.* 1984, 1986, Astini 1996, Cingolani y Varela 1999, Cingolani *et al.* 2003, Rocha-Campos *et al.* 2011).

El ciclo Gondwánico en el Bloque de San Rafael comienza con depósitos marinos y glacimarinos, que gradan a depósitos fluviales y fan delta, pertenecientes a la Formación Imperial del Carbonífero superior al Pérmico inferior según su contenido paleontológico (García 1995, 1996, Azcuy *et al.* 1999). Estos datos son respaldados por edades 206Pb/238U obtenidas en circones detríticos, en los cuales se identificó un cristal euhedral de origen volcánico con una edad de 297,2 ± 5,2 Ma (Rocha-Campos *et al.* 2011). Posteriormente, esta formación sufre plegamientos y levantamientos por la fase orogénica San Rafael, dejando una superficie de erosión labrada sobre la cual se depositan en discordancia las rocas volcánicas del magmatismo Choiyoi (Azcuy *et al.* 1999).

Por otro lado, la actividad ígnea durante el Carbonífero no fue muy intensa y sólo se encuentran escasos intrusivos representados principalmente por microtonalitas, granodioritas y dioritas que intruyen a los complejos ígneo-metamórficos mesoproterozoicos (Narciso *et al.* 2007).

A diferencia del Carbonífero, el Pérmico y el Triásico Inferior presentan una intensa actividad magmática. El Choiyoi inferior está representado por el Grupo Cochicó

integrado por las formaciones Yacimiento Los Reyunos y Arroyo Punta del Agua. Este grupo comienza con sucesiones volcano-sedimentarias que alternan con brechas andesíticas, cuerpos subvolcánicos e ignimbritas dacíticas a riolíticas sobre las que se depositan sedimentos fluviales y eólicos. Las dataciones realizadas en circones le asignan una edad de 281,4 ± 2,5 Ma., la cual se corresponde con el inicio de la actividad volcánica en el Pérmico Inferior (Artinskiano) (Rocha-Campos *et al.* 2011). Estos depósitos son cubiertos discordantemente por el Choiyoi Superior representado por las formaciones Agua de los Burros, Quebrada del Pimiento y Cerro Carrizalito. La primera unidad comprende conglomerados, brechas andesíticas, dacíticas y riolíticas e ignimbritas alternadas por lavas riolíticas y sedimentos tobáceos. La Formación Quebrada del Pimiento consiste en diques, lavas y sills andesíticos que intruyen al Grupo Cochicó y a la Formación Agua de los Burros. Por último, la Formación Cerro Carrizalito está representada por complejos de distintas composiciones que van desde lavas y diques riolíticos a basandesíticos.

La Formación Agua de los Burros fue asignada al Pérmico medio a partir de edades U-Pb obtenidas en circones de 264,8 ± 2,5 Ma. A su vez, una datación realizada a la Formación Cerro Carrizalito arrojó una edad de 251,9 ± 2,7 Ma ubicándola en el Pérmico superior (Rocha-Campos *et al.* 2011).

En el Bloque de San Rafael el Triásico está representado por la Formación Puesto Viejo compuesta por sucesiones continentales de sinrift intercaladas con riolitas, ignimbritas y basaltos. Estos depósitos se apoyan en discordancia sobre el Choiyoi Superior y corresponden al final del magmatismo de Gondwana. En la Figura 3 se detallan los afloramientos del Carbonífero, Choiyoi Inferior y Choiyoi Superior descriptos anteriormente en el Bloque de San Rafael, según Kleiman y Japas (2009).

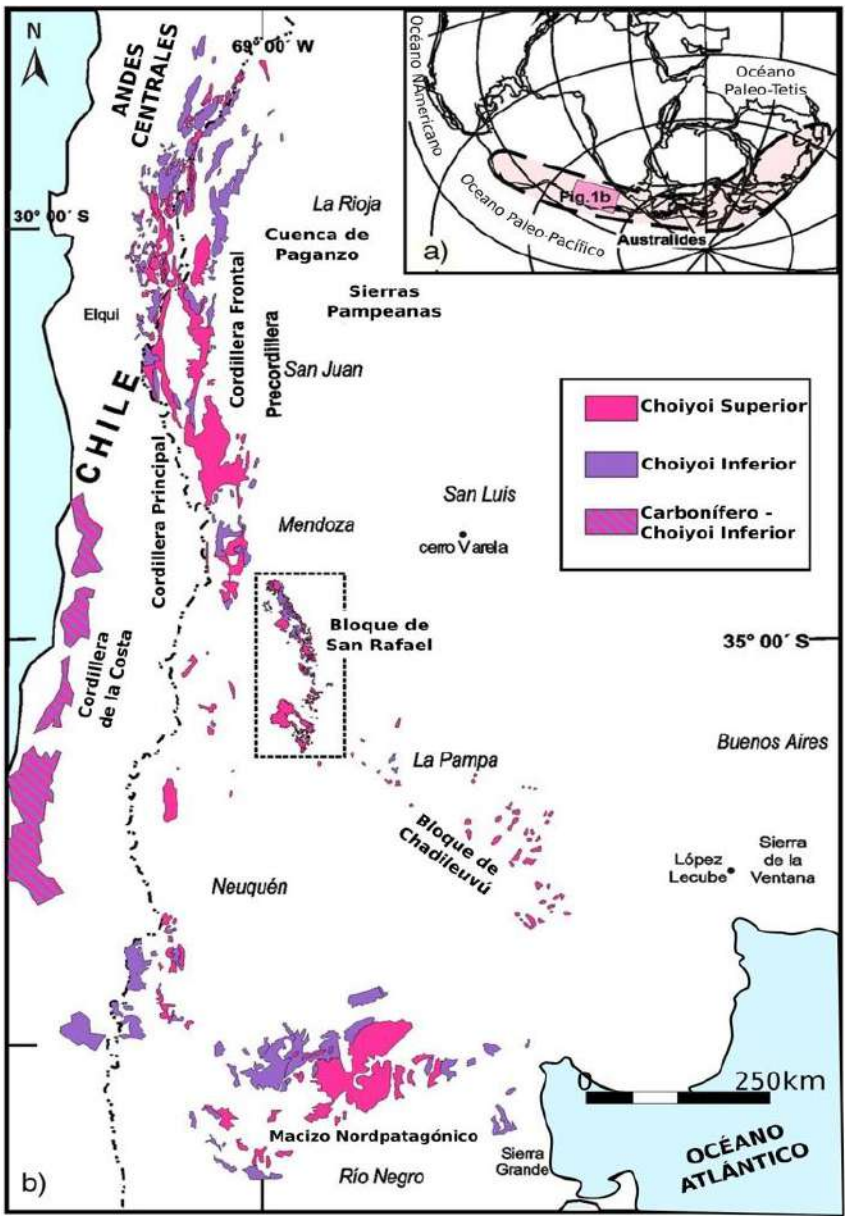


Figura 3. Distribución de la provincia magmática Choiyoi. Tomado de Kleiman y Japas (2009).

2.3 Geología del Distrito Minero Agua Escondida

El Distrito Minero Agua Escondida se encuentra en el extremo sur del bloque de San Rafael, en las proximidades de la localidad mendocina de Agua Escondida (Mallimacci 1999). La geología del área se resume en el Cuadro 1 donde se comparan las propuestas estratigráficas presentada por los autores González Díaz (1972), Delpino (1997) y Narciso *et al.* (2007) quienes asignan diferentes niveles estratigráficos a las unidades litológicas identificadas.

En general, comienza con un basamento cristalino que comprende escasos afloramientos pertenecientes a la Formación Piedras de Afilar, representada por pórfidos graníticos de grano grueso con una superficie muy alterada. A su vez, poseen diques aplíticos en su interior y pequeñas fracturas inyectadas por diferenciados pegmatíticos.

A partir de análisis químicos de elementos mayoritarios y trazas mediante ICP-MS en muestras del Granito La Menta y Granito Borborán, de la Formación Piedras de Afilar, Tickyj *et al.* (2015) indicaron que ambos afloramientos están conformados por rocas calcoalcalinas de arco a alcalinas de intraplaca. Por otro lado, se realizaron dataciones radimétricasestudios de U y Pb en circones magmáticos para establecer la edad de cristalización de los cuerpos ígneos. Esta fue acotada entre el Devónico Medio y el Devónico Tardío (Tickyj *et al.* 2015, Tickyj *et al.* 2016).

Sobre la Formación Piedras de Afilar se apoyan depósitos sedimentarios de la Formación Agua Escondida, ambas separadas por una superficie de discordancia que podría corresponder a la fase orogénica Chánica, de alcance regional (Tickyj *et al.* 2015). La mayor parte de sus afloramientos se hayan en los alrededores de la localidad homónima, pero se encuentran de manera esporádica y no poseen buena calidad ni continuidad. La Formación Agua Escondida está constituida por protocuarcitas y subgrauvacas, alternadas por facies conglomerádicas y, en menor medida, limolitas y lutitas. Los clastos de los conglomerados son subangulosos a angulosos y predominan los restos de pórfidos graníticos. Narciso *et al.* (2007) postularon un paleoambiente de depositación marino marginal, donde los bancos arenosos corresponden a barras y canales de marea. A su vez, estos autores plantearon que las facies más finas indican un ambiente de planicie de marea mientras que las facies conglomerádicas representan pequeños abanicos aluviales. González Díaz y García (1968) acotaron su edad al Carbonífero Superior gracias a restos paleobotánicos de articuladas del tipo de *Calamites s.l.* y ramas y hojas incorporadas provisoriamente al género *Noeggerathiopsis* (*Cordaites* sp.). Según su litología y relaciones estratigráficas, la Formación Agua Escondida es correlacionable con la Formación Imperial que representa el Carbonífero Superior en el Bloque de San Rafael.

Por otra parte, en el área de Agua Escondida se observa un conjunto de rocas ígneas del magmatismo Choiyoi. Éstas intruyen y se apoyan sobre los granitoides de la Formación Piedras de Afilar y las sedimentitas de la Formación Agua Escondida. El primero en describirlas fue González Díaz (1972), quien las nombró como Formación Los Corrales y las dividió en tres miembros siguiendo criterios estratigráficos-composicionales. El primero es el Miembro Básico representado por un filón capa basáltico, sin otros afloramientos similares; le sigue el Miembro Mesosíliceo compuesto por rocas hipabisales dacíticas, rocas efusivas y tobas dacíticas y andesíticas; por último se encuentra el Miembro Ácido, que incluye a pórfidos riolíticos y graníticos hipabisales, y a todas las rocas riolíticas extrusivas como tobas, ignimbritas y pórfidos afaníticos.

Para obtener una descripción estratigráfica más clara, Delpino (1997) propone elevar la Formación Los Corrales a nivel de grupo y dividir al mismo en dos nuevas formaciones denominadas Formación Puesto Cortés y Formación Cuchillas Coloradas. Dataciones radimétricas K/Ar en roca total, obtenidas en el sector sur del Bloque de San Rafael, arrojaron un valor promedio de 259 Ma., con un máximo de 267 Ma. y un mínimo de 250 Ma., ubicando al Grupo Los Corrales en el límite entre el Pérmico Inferior y el Pérmico Superior (Linares *et al.* 1979).

La Formación Puesto Cortés se compone de rocas extrusivas e intrusivas caracterizadas por sus colores oscuros, grises, negros y pardos amarillentos (Delpino 1997). Las rocas extrusivas son tobas, lapillitas y brechas soldadas, con frecuente textura eutaxítica y composición fenoriolítica a fenodacítica, las cuales fueron probablemente generadas por flujos piroclásticos. Las rocas intrusivas son diques con diferentes composiciones y orientaciones. Delpino (1997) describe tres diques en la Cantera de San Germán (36º03’54,14’’S - 68º26’00’’O) con rumbo este-oeste y posición vertical. Dos de los diques son fenoriolíticos de textura porfírica, con fenocristales de feldespato rosado y cuarzo bipiramidal, en una pasta afanítica. El tercer dique es de composición fenodacítica y textura porfírica, con cristales de feldespato gris verdoso, anfíbol y opacos. En general, estos cuerpos presentan hasta un 30% en volumen de fenocristales respecto a la pasta. Además, se describen dos diques con orientación norte-sur y posición vertical en el área de la mina Elsiren (36º05’44,37’’S - 68º18’56,67’’O). Uno de los diques descriptos es fenodacítico y exhibe un espesor que varía entre 2 y 2,5 m. Los fenocristales representan entre 3% y 5% del volumen de la roca y corresponden a tablillas de feldespato blanco grisáceo, anfíbol euhedral y escasos minerales opacos. El otro dique es fenoriolítico y de 2,5 m de espesor. La roca es gris oscuro con cristales de cuarzo y plagioclasas euhedrales. Finalmente, Delpino (1997) describe otro grupo de diques diferentes al noroeste de la Mina Santa Cruz (36º02’32,63’’S - 68º28’5,46’’O), los cuales están conformados por rocas grises de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa, feldespato potásico y escasos máficos. La proporción de fenocristales respecto a la pasta varía entre 1% y 2%.

Por su parte, la Formación Cuchillas Coloradas está compuesta por diques riolíticos y stocks graníticos. Los diques intruyen a la Formación Piedras de Afilar y se caracterizan por su color rojo ladrillo o rosado. En su zona de mayor desarrollo se encuentran en una faja de 30 a 60 km, medida según el sentido del rumbo, conformando un verdadero enjambre de orientación general noroeste-sureste. Por fuera de ésta zona se midieron diques de rumbo N60º-70ºO en las cercanías de Mina Ethel (36º0’32’’S - 68º49’50’’O) y

diques de rumbo N5º-10ºO al oeste de Mina Liana (36º00’35’’S - 68º21’10’’O). En general, los contactos de los diques con la roca de caja presentan bordes enfriados, con una textura porfírica donde la pasta varía desde hialina en los bordes a holocristalina en los sectores centrales. Presentan un bajo porcentaje de fenocristales de feldespato, cuarzo y escasos minerales máficos.

Delpino (1997) realizó observaciones puntuales en un dique a 3 km al sureste del Puesto Lomas Moras (35º48’51,28’’S - 68º43’22,26’’O), el cual intruye brechas riolíticas de la Formación Puesto Cortés. El mismo se encuentra conformado por una roca de composición riolítica de color rojo ladrillo y textura porfírica, con hasta un 3% de fenocristales representados principalmente por feldespato alcalino rosado. Delpino (1997) observó también una notable variación textural interna del dique, lo cual interpretó como resultado de la intrusión de diferentes pulsos, inducidos por esfuerzos tensionales, que dieron lugar a “diques dentro de diques’’

Por otro lado, el mismo autor describió en detalle un dique vertical de orientación norte-sur que aflora entre el Puesto Lomas Moras y el Puesto Cortés. Este presenta bordes de enfriamiento y textura porfírica con pasta afanítica vítrea. En su interior se observan texturas fluidales con bandas muy finas que se deforman alrededor de los fenocristales de feldespatos y anfíboles. Estos se encuentran en una proporción de 1% en volumen y su tamaño aumenta gradualmente desde 0,5 mm en el borde hasta 3 mm en el centro del dique.

Otros cuerpos relacionados con los diques comprenden los stocks graníticos, los cuales exhiben diversas formas y tamaños. En general, estos presentan textura holocristalina, con tamaño de grano medio a fino y una mineralogía conformada por feldespatos, cuarzo y escasos minerales máficos, pero sus texturas van variando a más finas formando cuerpos porfiroides.

Delpino (1997) estableció que la Formación Cuchillas Coloradas intruye a las rocas extrusivas de la Formación Puesto Cortés, a los granitoides de la Formación Piedras de Afilar y a las sedimentitas de la Formación Agua Escondida, y es cubierta e intruída por volcanitas terciarias de la Formación Cortaderas y volcanitas cuaternarias de la Formación Mancha Jarilla y Morado Alto. A partir de sus relaciones estratigráficas, este autor asignó estas rocas al Pérmico Superior y consideró que forman parte del mismo evento magmático que la Formación Puesto Cortés, de edad Pérmico Superior-Triásico

El magmatismo Choiyoi en la Hoja Geológica Agua Escondida de Narciso *et al.* (2007) se engloba bajo la denominación de Grupo Choiyoi. Este incluye una sección

inferior mesosilícia (Formación Agua de los Burros), intercalada con una sección básica (Formación Quebrada del Pimiento) y, por último, una sección superior silícea (Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo).

La Formación Agua de los Burros está conformada por lavas y cuerpos hipabisales de pórfidos dacíticos y andesíticos, acompañados por tobas y brechas de color gris claro a oscuro, gris verdoso oscuro y verde grisáceo; en menor medida, se encuentran traquiandesitas y dioritas cuarcíferas. Esta formación se correlaciona con el Miembro Mesosilíceo descripto por González Díaz (1972) y con la Formación Puesto Cortés de Delpino (1997).

Por otra parte, la Formación Quebrada del Pimiento está formada por pórfidos basálticos de color gris oscuro casi negro, con fenocristales de plagioclasa alterada, en una pasta afanítica. Ésta se correlaciona con el Miembro Básico descripto por González Díaz (1972).

Finalmente, la Formación Choique Mahuida está formada por lavas de composición riolítica, que alternan con tobas, ignimbritas y brechas de igual composición, mientras que el Grupo El Portillo está formado por intrusivos de granitoides y pórfidos riolíticos. Ambos se pueden correlacionar con el Miembro Ácido de González Díaz (1972) y con la Formación Cuchillas Coloradas, propuesta por Delpino (1997).

Tickyj *et al.* (2014) presentaron los primeros datos geocronológicos con el método U-Pb en circón en intrusivos mesosilíceos a silíceos, pertenecientes a la provincia magmática Choiyoi en el área de Agua Escondida. Estos autores dataron un pórfido dacítico, que aflora 2 km al oeste de Agua Escondida, y un granito ubicado en el cerro Cavado.. En el pórfido dacítico obtuvieron una edad Concordia de 283,8 ± 0,98 Ma. (Pérmico Temprano, límite Artinskiano-Kunguriano), en tanto que en el granito del cerro Cavado la edad Concordia fue de 266,7 ± 1,0 Ma. (Pérmico Medio, Wordiano). En ambos casos, los valores obtenidos representan la edad de cristalización de los cuerpos ígneos. Por lo tanto, el pórfido dacítico correspondería a la Sección Inferior del magmatismo Choiyoi y se correlaciona con el Miembro Mesosilíceo de la división propuesta por González Díaz (1972). A su vez, el granito del cerro Cavado se ubica en la base de la Sección Superior del magmatismo Choiyoi y se correlaciona con el Miembro Ácido descripto por González Díaz (1972).

En discordancia con la Formación Agua Escondida y las rocas pérmotriásicas del magmatismo Choiyoi se apoyan coladas de basaltos olivínicos de color gris oscuro y textura porfírica, con fenocristales de olivino, plagioclasa y ocasionalmente augita. Estos

fueron asignados a la Formación Chapúa por Narciso *et al.* (2007) de edad Plioceno y Pleistoceno (González Díaz 1979, Bertotto *et al.* 2016) y son correlacionables con los basaltos de la Formación Morado Alto descriptos por González Díaz (1972) y con la Formación Mancha Jarilla propuesta por Delpino (1988). Sobre éstas unidades se observan depósitos cuaternarios aluviales, con sedimentos de variada granulometría originados por un sistema del tipo fluvial efímero y depósitos coluviales formados por sedimentos de arena mediana a fina y limos (Narciso *et al.* 2007).

Cuadro 1. Estratigrafía del área de la localidad Agua Escondida según los autores González Díaz (1972), Delpino (1997) y Narciso *et al.* (2007).

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">EDAD</th><th rowspan="2">LITOLOGÍA</th><th colspan="6">ASIGNACIÓN ESTRATIGRÁFICA</th></tr>
<tr><th colspan="2">González Díaz (1972)</th><th colspan="2">Delpino (1997)</th><th colspan="2">Narciso et al. (2007)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">CENOZOICO</td><td>CUATERNARIO</td><td>Limos y arenas de granulometría variada</td><td colspan="6">DEPÓSITOS ALUVIALES - COLUVIALES</td></tr>
<tr><td>NEOGENO</td><td>Basaltos olivínicos</td><td colspan="2">FORMACIÓN ALTO MORADO</td><td colspan="2">FORMACIÓN MANCHA JARILLA</td><td colspan="2">FORMACIÓN CHAPÚA</td></tr>
<tr><td>PALEOGENO</td><td colspan="7" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">MESOZOICO</td><td>CRETÁCICO</td></tr>
<tr><td>JURÁSICO</td></tr>
<tr><td>TRIÁSICO</td><td>Pórfidos riolíticos y graníticos intrusivos color rojo ladrillo y rosado. (4)
Rocas riolíticas extrusivas como tobas, ignimbritas, brechas y pórfidos afaníticos. (3)</td><td rowspan="3">FORMACIÓN LOS CORRALES</td><td rowspan="2">MIEMBRO ÁCIDO</td><td rowspan="3">GRUPO LOS CORRALES</td><td rowspan="2">FORMACIÓN CUCHILLAS COLORADAS</td><td rowspan="3">GRUPO CHOIYOI</td><td rowspan="3">SECCIÓN SUPERIOR</td><td>FM. CHOIQUE MAHUIDA (3)</td><td rowspan="3">GRUPO EL PORTILLO (4)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PALEOZOICO</td><td rowspan="2">PÉRMICO SUPERIOR</td><td>Rocas hipabisales dacíticas y granodioritas. Rocas efusivas volcánicas, tobas dacíticas y andesíticas. (2)</td><td rowspan="2">MIEMBRO MESOSILÍCEO</td><td rowspan="2">FORMACIÓN PUESTO CORTÉS</td><td>FM. QUEBRADA DEL PIMIENTO (1)</td></tr>
<tr><td>Pórfido basáltico de color gris oscuro a negro. (1)</td><td>MIEMBRO BÁSICO</td><td rowspan="2">FM. AGUA DE LOS BURROS (2)</td></tr>
<tr><td>PÉRMICO INFERIOR</td><td colspan="5"></td><td>SEC. INFE-RIOR</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="7">Discordancia</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARBONÍFERO</td><td>Protocuarcitas y subgrauvacas alternadas con facies conglomerádicas.</td><td colspan="6">FORMACIÓN AGUA ESCONDIDA</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="7">Discordancia</td></tr>
<tr><td colspan="2">DEVÓNICO</td><td>Pórfidos graníticos con diques aplíticos y diferenciados pegmatíticos.</td><td colspan="6">FORMACIÓN PIEDRAS DE AFILAR *</td></tr>
</table>

* Edad según Tickyj *et al.* (2015, 2016).

Capítulo 3 - Metodología de trabajo

3.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo fue realizado en el año 2015 con el fin de recolectar datos litológicos y estructurales de un grupo de diques, ubicados en un área comprendida entre los 36º00'30'' y 36º02'45'' de latitud sur y los 68º25'00'' y 68º28'30'' de longitud oeste. A partir del análisis de imágenes satelitales se seleccionaron 8 estaciones de muestreo para realizar las tareas correspondientes. En el transcurso de la campaña se tomaron muestras litológicas en el centro y bordes de los diques, y se describieron las texturas y estructuras observables a escala mesoscópica.

3.2 Trabajos de laboratorio

Para la descripción macroscópica y microscópica se confeccionaron 10 secciones pulidas y los correspondientes cortes delgados de rocas pertenecientes a los diferentes diques muestreados. Las tareas se efectuaron en la sala de cortes perteneciente al Departamento de Geología, ubicada en el Campo de Enseñanza de la UNLPam.

3.3 Trabajos de gabinete

Las tareas de gabinete comprendieron: búsqueda y recopilación de material bibliográfico; descripción de rocas, tanto en muestras de mano como en secciones delgadas; clasificación modal macroscópica y microscópica; y por último, la realización de un mapa geológico de la zona de estudio.

En primer lugar, se procedió a la búsqueda y recopilación de material bibliográfico y antecedentes de estudios regionales y locales del área de interés (provincia geológica Bloque de San Rafael). Al mismo tiempo, se recopiló información sobre metodologías y técnicas de descripción de rocas ígneas.

Se describió la mineralogía y la textura de muestras de mano utilizando una lupa binocular estereoscópica (Arcano ZTX), y en láminas delgadas con un microscopio petrográfico (Nikon Eclipse E400 POL), en la Sala de Microscopía perteneciente al Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de la Pampa.

Se llevó a cabo la clasificación modal de las rocas de acuerdo a la propuesta de la IUGS (Le Maitre *et al*. 2002). La moda a escala macroscópica se realizó sobre secciones pulidas de muestras de mano. Para el cálculo de la misma se utilizó el software

JMicroVision (versión 1.2.7), el cual permite cargar imágenes y realizar conteos punto por punto a partir de un mallado regular. Se utilizó una imagen de cada muestra y se contaron 300 puntos por imagen. Durante el conteo se hizo distinción entre la matriz de la roca y 4 especies minerales: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, grupo de los minerales oscuros. Para la determinación de la moda a escala microscópica, se utilizó un contador de puntos semiautomático adosado a la platina del microscopio petrográfico. En este caso el porcentaje modal obtenido fue más exacto como resultado de la mejor visualización de las fases minerales que proporciona el uso de un microscopio petrográfico.

Por otro lado, la interpretación regional del área de estudio fue realizada a partir del análisis de imágenes satelitales multiespectrales Landsat 8. Para el procesamiento de las mismas se empleó el programa QGis 2.18.0 a partir del cual se aplicó una combinación de bandas 7-5-2 (SWIR2-NIR-BLUE), que permitió una mejor visualización de las distintas litologías que conforman el área de estudio. La imagen obtenida sirvió de base para dibujar el mapa geológico según la información disponible en las hojas geológicas (3769-II Agua Escondida y 3569-IV Embalse El Nihuil) elaboradas por el Servicio Geológico Minero Argentino y con datos obtenidos por nuestro grupo de investigación. Además, se realizó un mapa geológico de detalle en el área comprendida entre los 36º00’30’’ y 36º02’45’’ de latitud sur y los 68º25’00’’ y 68º28’30’’ de longitud oeste, utilizando el programa QGis 2.18.0 sobre la base de imágenes Google Earth© y Bingmaps©. Los mapas geológicos fueron georreferenciados con el sistema de coordenadas POSGAR 98/Argentina 2.

Capítulo 4 - Resultados

4.1 Trabajo de campo

Toma de muestras y descripción de texturas y estructuras mesoscópicas de los diques

A partir de la información obtenida en las campañas geológicas previas y de una minuciosa interpretación de las imágenes satelitales del área de estudio se seleccionaron ocho puntos de muestreo que representan la variabilidad de enjambres de diques observados (Figura 4). Los lugares de muestreo fueron de relativo fácil acceso a través de caminos preexistentes. En cada punto de muestreo se realizó una descripción macroscópica de los diques, tomando datos de la litología, orientación de sus estructuras internas y de los contactos dique/roca de caja con el fin de identificar las relaciones de campo entre los diferentes enjambres y entre los diques y la roca de caja.

Figura 4. Imagen satelital del área de estudio en la que se indican los puntos de muestreo seleccionados.

El primer punto de muestreo corresponde a la estación E1-22 situada a los 36º1'23,4"S y 68º25'36,5"O. Se observan dos diques de los cuales se tomaron las muestras 125/15 y 127/15 representados en la Figura 5, ambos tienen un espesor de aproximadamente 12 m. La muestra 125/15 tiene una pasta vítrea mientras que la muestra 127/15 exhibe una pasta microgranosa y contiene mayor cantidad de fenocristales de

feldespato, cuarzo y minerales máficos. No fue posible identificar los contactos con la roca de caja ya que los diques se encuentran rodeados por derrubios. Sin embargo a escasos metros se observan afloramientos de granito perteneciente a la Formación Piedras de Afilar de edad Devónica, por lo que se asume que el contacto dique/granito se encuentra por debajo del derrubio.

El siguiente punto de muestreo en la estación E4-22, situada a los 36º1’27,9”S y 68º25’39,8”O donde se tomó la muestra 131/15 perteneciente a un dique de 70 cm de espesor con orientación N80ºE/subvertical. A diferencia de los demás diques, presenta una matriz oscura y se identifican escasos fenocristales de feldespato y abundantes cristales de pirita. Este dique es cortado por un dique riolítico porfírico de aproximadamente 5 m de espesor y orientación N25Oº/subvertical.

En el punto de coordenadas 36º1’33,9”S y 68º25’43,4”O se estableció la estación E6-22 donde se tomaron las muestras 135/15 y 136/15, las cuales corresponden a un dique con un espesor de aproximadamente 25 m. En la Figura 6 se indican los puntos de muestreo. La primera muestra fue tomada en el borde del dique mientras que la segunda corresponde al centro del mismo. Se pudo observar que ambas rocas presentan diferencias en la matriz y en el tamaño de los fenocristales. La muestra 135/15 presenta pocos fenocristales de feldespato rojo, cuarzo y un bajo porcentaje de minerales máficos. La pasta es de grano más fino que la que se observa en el centro del dique. En cambio, la muestra 136/15 contiene mayor cantidad de fenocristales de feldespato rojo y cuarzo que se agrupan formando aglomerados en una pasta microgranosa. Al igual que los diques anteriores, el contacto dique/roca de caja no es visible aunque se infiere que los diques intruyen a esa Formación Piedras de Afilar ya que en los alrededores se observan pequeños afloramientos de granitos pertenecientes a dicha formación.

Figura 5. Sección transversal de diques donde se tomaron las muestras 125/15 y 127/15. El punto amarillo corresponde a la estación E 1-22 con las coordenadas 36°01’23,4’’S/68°25’36,5’’O.

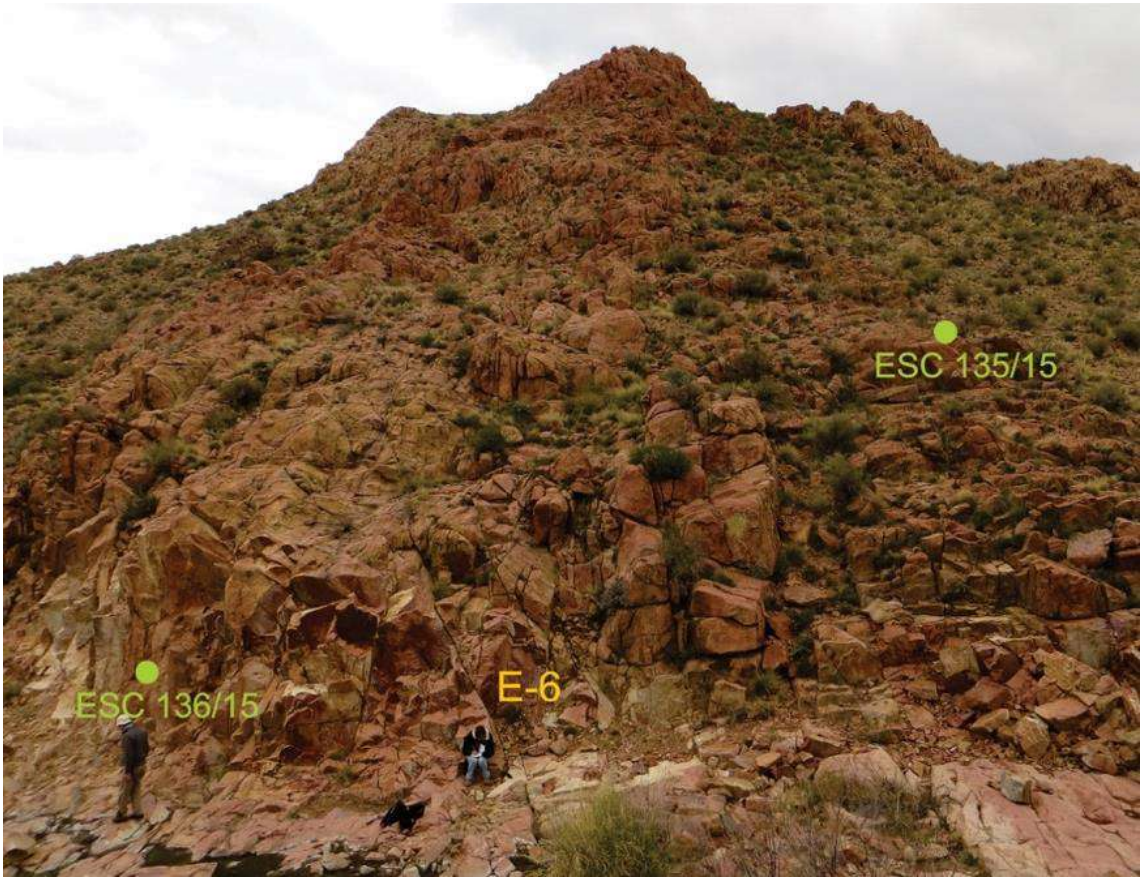


Figura 6. Vista transversal del dique donde se tomaron las muestras 135/15 y 136/15.

A pocos metros se estableció la estación E7-22 en el punto de coordenadas 36º01’35,3”S y 68º25’45,4”O en el cual se tomó la muestra 139/15 en el sector central de un dique de 13 m de espesor, que intruye la Formación Piedras de Afilar. Presenta pasta

vítrea con fenocristales de feldespato rojizo, de cuarzo agrupados en racimo y escasos minerales máficos. A diferencia de los demás diques muestreados, se observan los contactos con la roca de caja con un borde dinámico y bandas de deformación. La orientación medida fue N70ºO, con buzamientos muy altos al sur.

En la estación E1-23 situada a los 36º01’10,2”S y 68º25’31,2”O se tomó la muestra 140/15 de un dique de 30 m de espesor, que posee una orientación similar al dique de la estación E7-22. Presenta textura seriada con fenocristales de feldespatos blancos y rosados, y cuarzo agrupados en racimos. Se observan minerales máficos muy pequeños y piritas oxidadas con hábito cúbico.

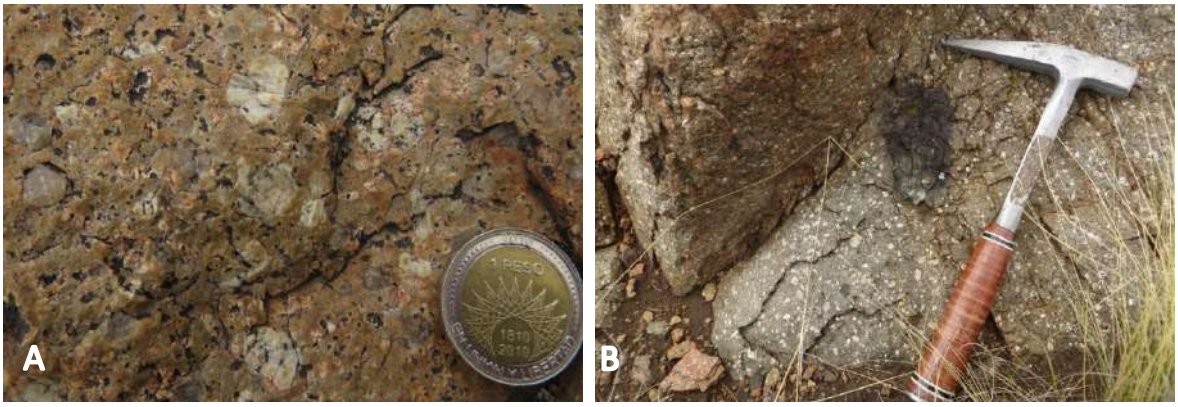


Figura 7. A) Se observa la litología de la muestra 146/15, en la que es posible distinguir la textura inequigranular seriada definida por fenocristales de feldespato y cuarzo. B) un xenolito incluido en el dique.

En las estaciones E6-23 y E7-23 se tomaron las muestras 146/15 y 150/15, respectivamente, en los puntos de coordenadas 36º00’40”S-68º27’17,5”O y 36º00’38,2S-68º27’14,5”O. Por un lado, la muestra 146/15 corresponde a un dique de aproximadamente 35 m de ancho, de rumbo promedio N70ºO y buzamiento subvertical. Es una roca con pasta microgranosa con fenocristales de feldespato rosado, cuarzo y minerales máficos. En el borde suroeste contiene xenolitos de una roca oscura, afanítica, cuya litología no se pudo determinar en el campo (Figura 7). Por otro lado, la muestra 150/15 corresponde a un dique cercano al anterior, de rumbo general N43ºE y un espesor de aproximadamente 40 m. Su petrografía es diferente al dique anterior, este presenta una matriz vítrea con gran cantidad de fenocristales de feldespato de colores rosados y blancos y, en menor abundancia, cristales de cuarzo y minerales máficos. No se encuentran contactos claros dique/roca de caja, aunque se infiere que el dique intruye sobre la Formación Agua Escondida ya que a poca distancia se observan afloramientos de cuarcitas pertenecientes a dicha formación.

Finalmente, se tomó la muestra 153/15 en la estación E3-24 situada en el punto de coordenadas 36º01’43,7”S y 68º27’40,9”O. La muestra representa el borde occidental de un pequeño cuerpo plutónico globoso, el cual intruye a las sedimentitas carboníferas de la Formación Agua Escondida. Posee textura equigranular, de grano muy fino, con una mineralogía conformada principalmente por cuarzo y feldespato. Contiene abundantes diferenciados pegmatíticos de hasta 10 cm y pequeños diques sinmagmáticos aplíticos como se muestra en la Figura 8.

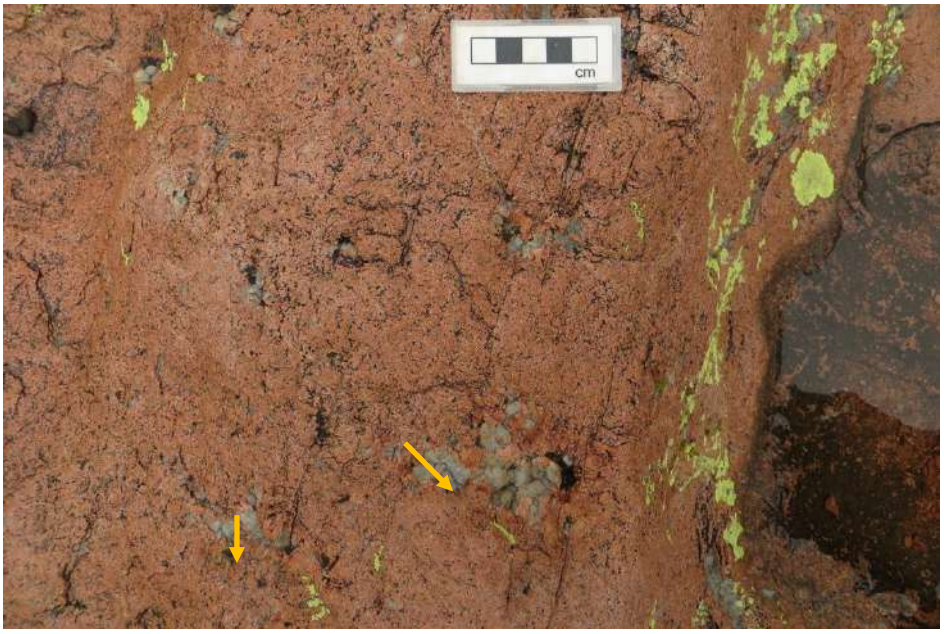


Figura 8. La fotografía muestra los diferenciados pegmatíticos que se observan en el cuerpo granítico muestreado en la estación E3-24.

4.2 Mapas

Sobre la base de imágenes satelitales Landsat 8 con fecha de toma del 21 de marzo de 2016 y en falso color compuesto resultante de la combinación de bandas RGB752, se confeccionó un mapa geológico del área situada entre las los 36º12’ y 36º55’ de latitud sur y los 68º15’ y 68º34’ de longitud oeste, con escala 1:120.000 (Figura 9). Por otro lado, se realizó un mapa geológico de mayor detalle entre los 36º00’30’’ y 36º02’45’ de latitud sur y los 68º25’00’’ y 68º28’30’’ de longitud oeste, con escala 1:30.000 sobre la base de imágenes Google Earth© y Bingmaps© (Figura 10). Se utilizaron los datos de las unidades litológicas según la Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida (Narciso *et al.* 2007) junto con la descripción estratigráfica de González Díaz (1972) y los datos obtenidos por nuestro grupo de investigación.

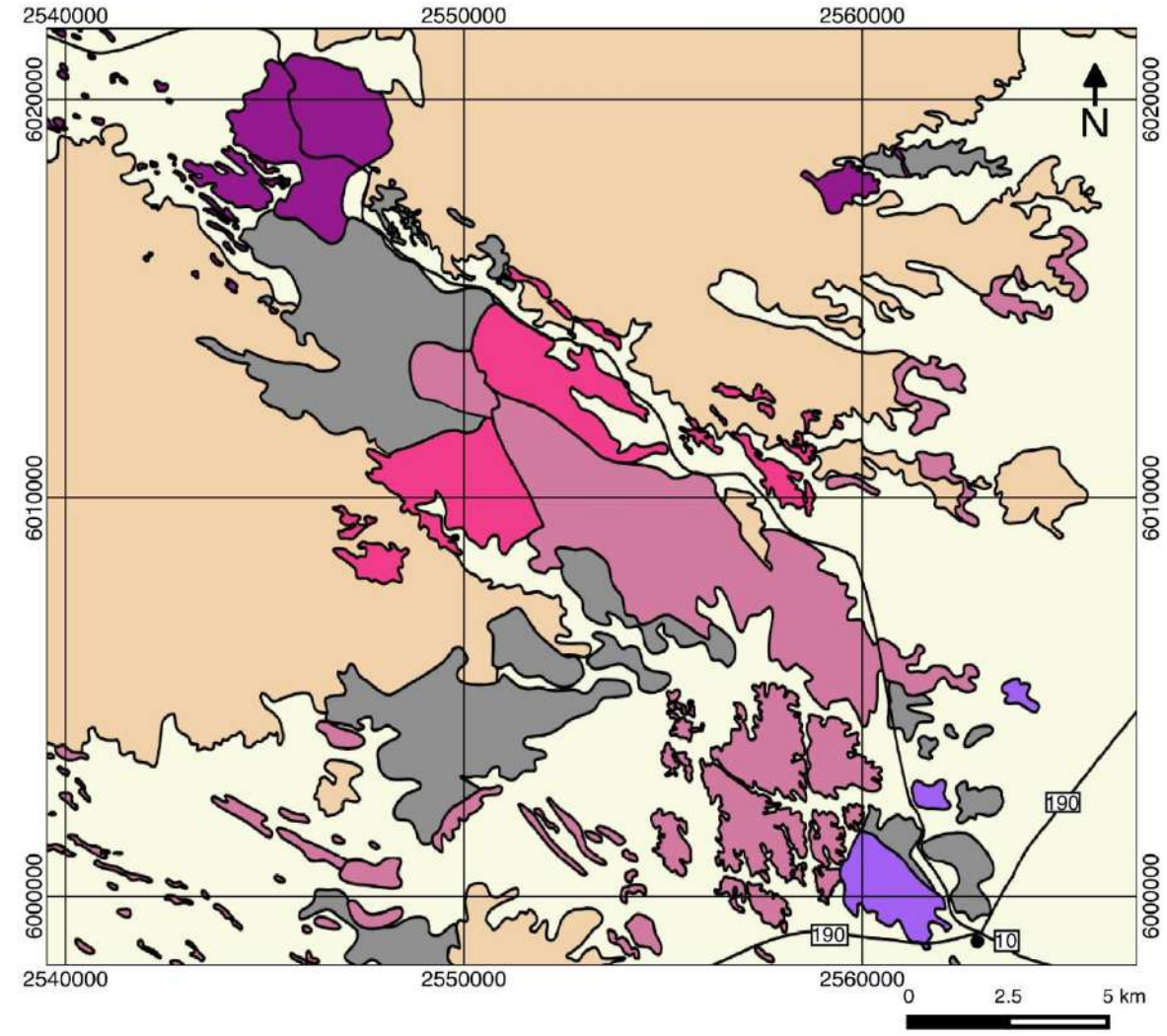


Figura 9. Mapa geológico del área de estudio de escala 1:120.000.

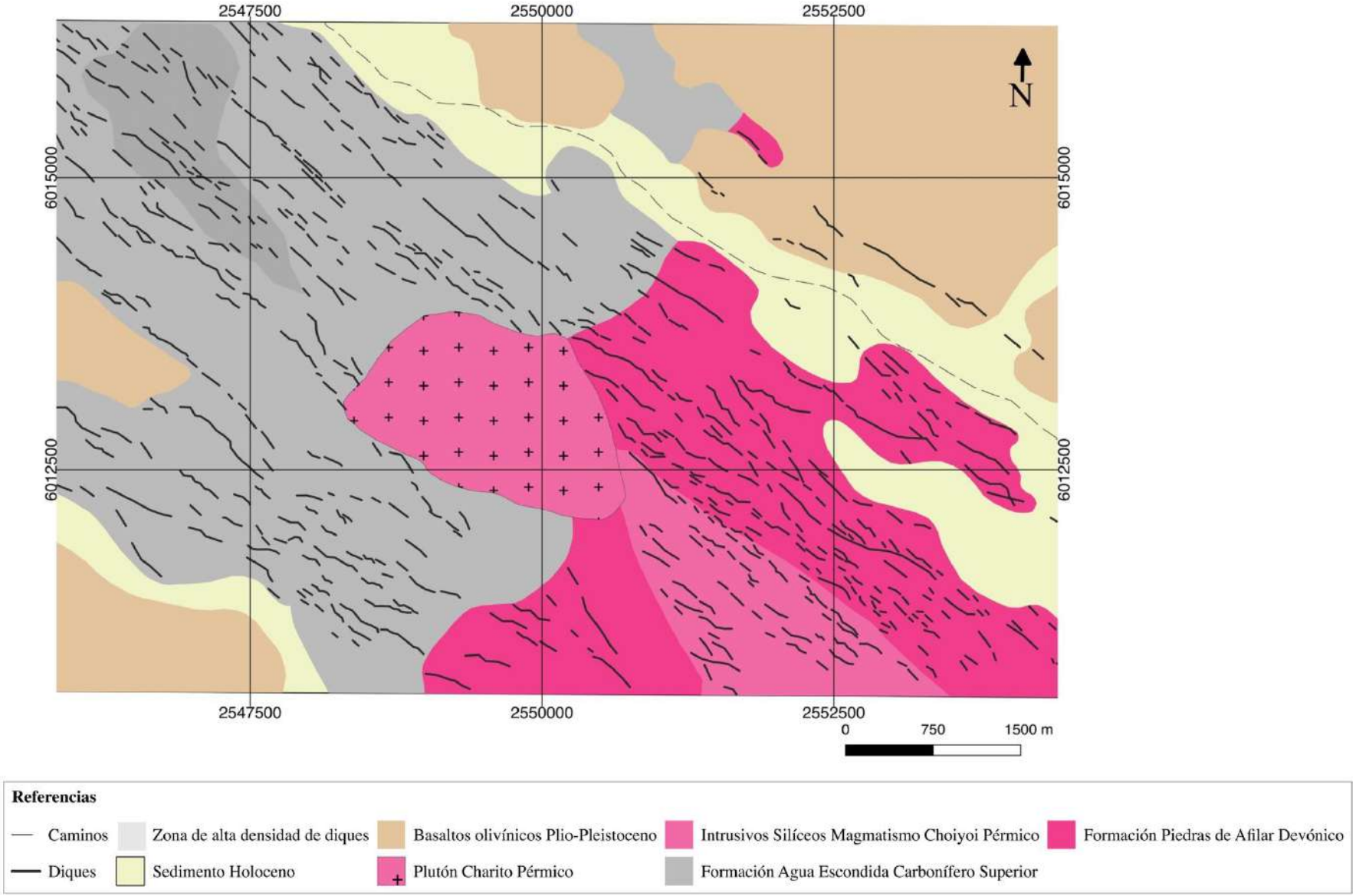


Figura 10. Mapa geológico de detalle del área de estudio. Escala 1:30.000

4.3 Litologías

Descripción de las muestras

ESC 125/15

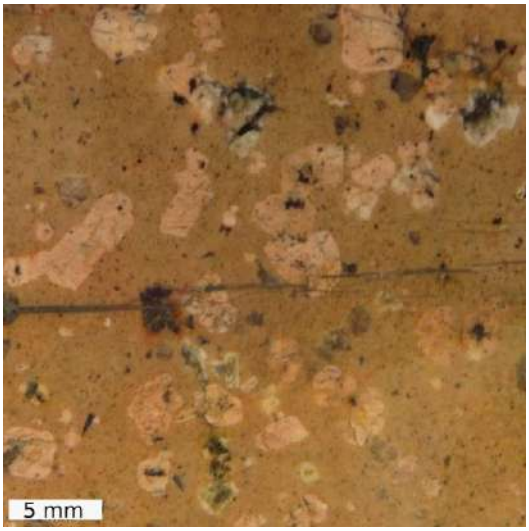


Figura 11. Sección pulida de la muestra 125/15.

Roca de color amarillo, con textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de feldespato potásico, plagioclasa, biotita y cuarzo, en una pasta microlítica felsítica que representa el 65% de la roca (Figura 11). Se observan venillas rellenas con cristales de cuarzo anhedrales.

Los fenocristales de feldespato potásico (20% modal) son subhedrales, con texturas pertíticas y de tamaño mediano (1,5 a 2 mm). La mayoría forman oikocristales con inclusiones de plagioclasas. Presentan una alteración moderada a sericita (Figura 12).

La plagioclasa (8,7%) es subhedral y de hábito tabular. Presenta maclas polisintéticas y, al igual que el feldespato potásico, está moderadamente alterada a sericita. Se observan fenocristales pequeños de 0,4 mm y grandes entre 1,8 y 2,5 mm. Se disponen en tablillas aisladas o conformando aglomerados, y como inclusiones en cristales de feldespato potásico.

La biotita (3%) es anhedral, de grano fino y se observa con un color pardo oscuro. Los cristales se encuentran parcialmente alterados a clorita, mostrando un color pardo verdoso donde el proceso dominante de alteración es la desferrización. Se encuentra asociada a minerales opacos.

El cuarzo (1%) es subhedral a euhedral, desarrolla formas pseudohexagonales con engolfamientos y canalículos. Presenta extinción ondulante y forma aglomerados de cristales de 3 o más individuos. Se observa en dos tamaños, con predominio de cristales entre 0,6 y 0,8 mm y, en menor medida, cristales mayores a 2 mm. Tiene abundantes inclusiones fluidas alineadas y escasos cristalitos aciculares de rutilo (Figura 12).

Entre los minerales accesorios (2,33%) se observa clorita anhedral, dispuesta en la pasta como agregados fibrosos radiales, que en algunas ocasiones tienen formas subhedrales posiblemente debido a la alteración de un mineral máfico (biotita?). Otros

minerales accesorios son pirita de hábito cúbico y forma anhedral a euhedral, titanita de color pardo rojizo, circones subhedrales metamícticos y apatitos de hábito prismático.

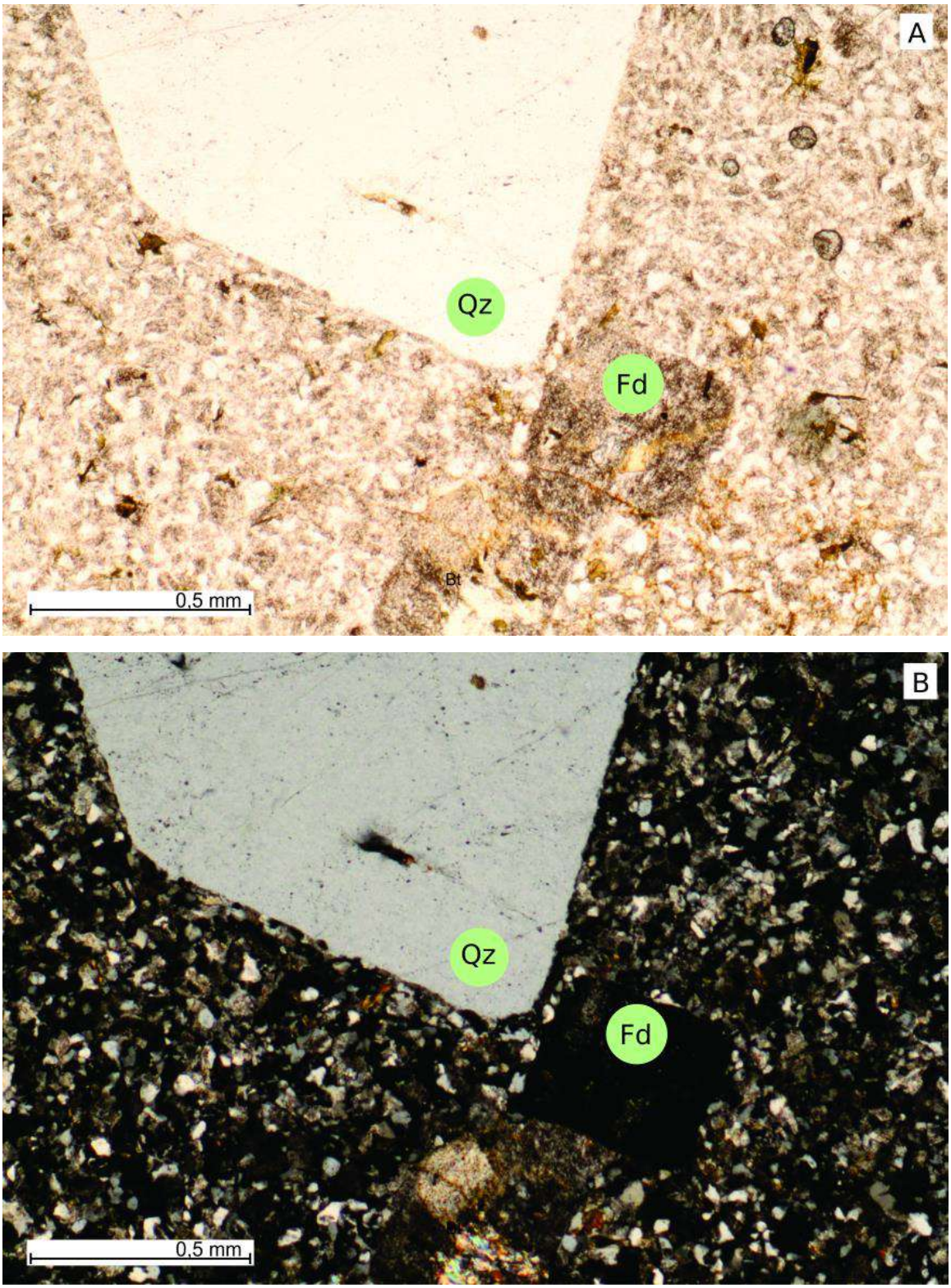


Figura 12. Sección delgada de la muestra 125/15. Fotomicrografía de fenocristales de cuarzo (Qz) y feldespato potásico (Fd) en una pasta microcristalina felsítica. A) Nicoles paralelos y B) nicoles cruzados.

ESC 127/15

Roca de color amarillo claro, con textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de feldespato potásico, plagioclasa, biotita y cuarzo, en una pasta microcristalina felsítica que representa el 77,3% de la roca (Figura 13). La pasta presenta intercrecimientos de cuarzo y feldespato, algunas veces de tipo esferulítico y otras con textura gráfica.

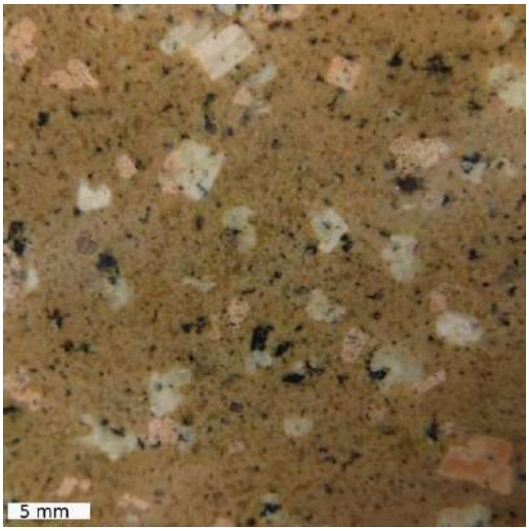


Figura 13. Sección pulida de la muestra 127/15.

La fracción más importante de los fenocristales corresponde a feldespatos potásicos subhedrales (9,4%). Se observan en dos tamaños principales: abundantes cristales medianos con un promedio de 3 mm y escasos cristales mayores de 5 mm. Presentan textura pertítica y están muy alterados a sericita. En su mayoría son cristales poiquilíticos, que incluyen principalmente a plagioclasas en sus bordes.

La plagioclasa (6,3%) es subhedral y presenta hábito tabular. Se observan individuos con maclas polisintéticas y tamaño promedio de 2 mm, aproximadamente (Figura 14).

La biotita (4%) se encuentra la pasta ocupando posiciones intersticiales, es anhedral, de grano muy fino y en general se encuentra alterada a clorita. Frecuentemente se observa en contacto con minerales opacos (Figura 14).

El cuarzo (2%) es subhedral a euhedral y presenta algunos fenocristales con secciones hexagonales bien desarrolladas y con extinción relámpago. Suele aparecer en aglomerados de 3 o más cristales con frecuentes crecimientos esqueletales. Poseen abundantes inclusiones fluidas dispuestas de manera paralela y cristales de rutilo con hábito acicular. Los cristales presentan dos granulometrías principales: granos medianos con tamaño promedio de 1,7 mm y granos menores con tamaño promedio de 0,5 mm, aproximadamente.

Los minerales accesorios (1%) son circón (subhedral a euhedral, con hábito prismático bipiramidal), titanita y muscovita anhedral, la cual se presenta ocupando los espacios intersticiales en la pasta.

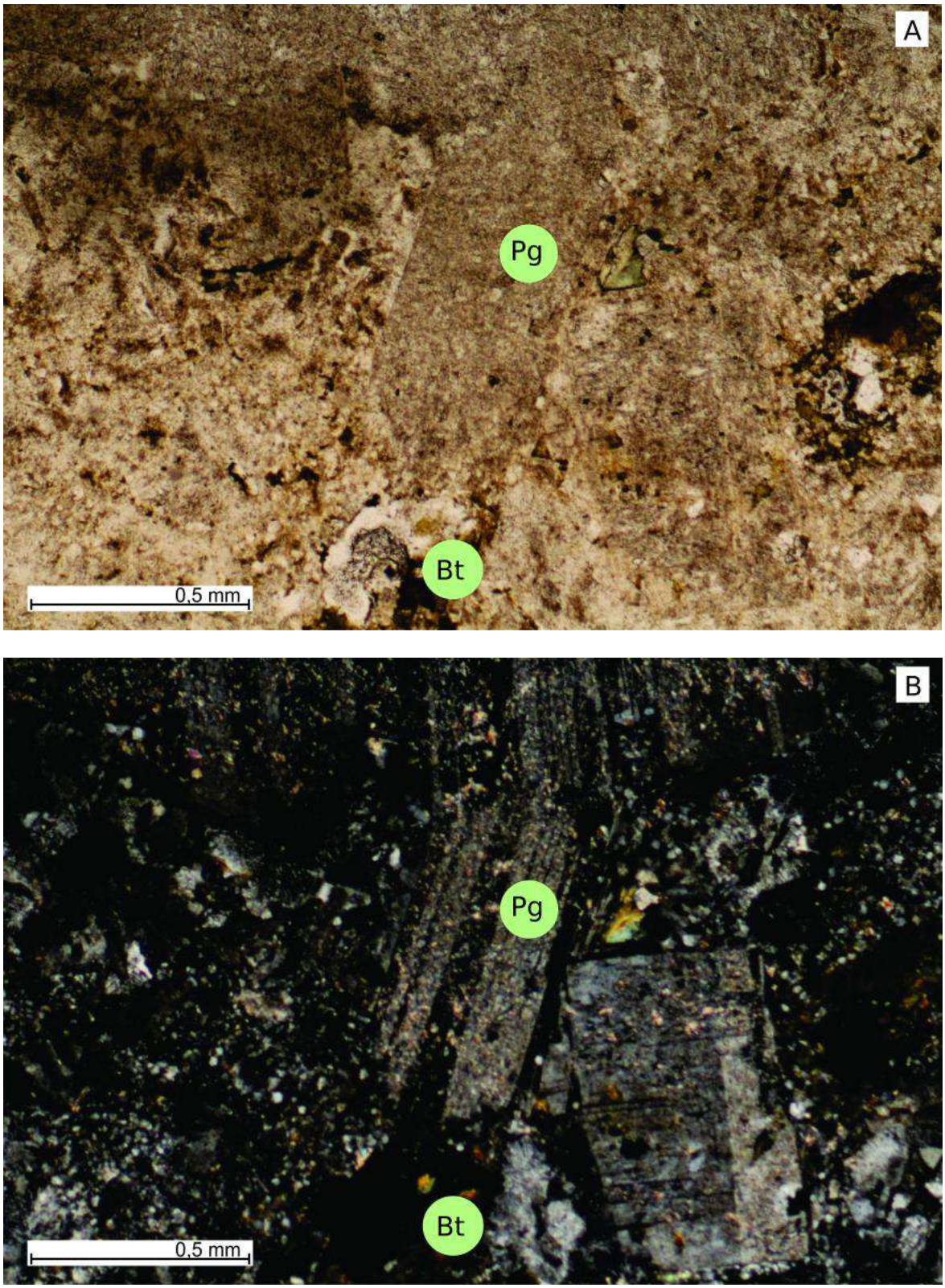


Figura 14. Sección delgada de la muestra 127/15. Fotomicrografía donde se observan plagioclasas (Pg) y biotitas (Bt) cloritizadas en una pasta microcristalina felsítica: A) Nicoles paralelos. B) Nicoles cruzados.

ESC 131/15

Roca de color gris oscuro, de textura afanítica porfírica, con fenocristales de feldespato potásico y plagioclasa. Presenta microvenillas rellenas con cuarzo y epidoto. El 82,7% del volumen de la roca es pasta (Figura 15). Esta última es microcristalina y está conformada por microlitos de cuarzo, feldespato, clorita y muscovita. Presenta textura bandeada integrada por microlitos de diferentes tamaños.

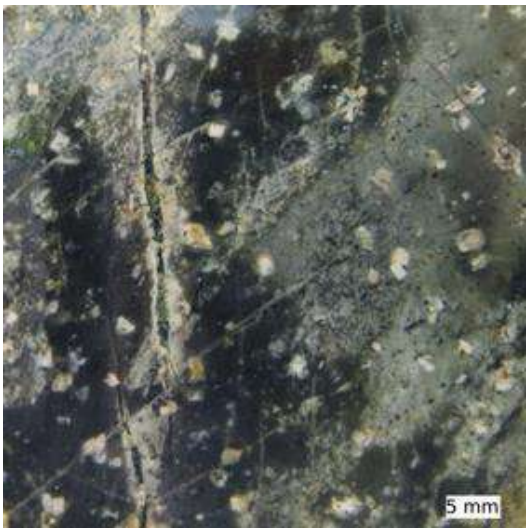


Figura 15. Sección pulida de la muestra 131/15.

El fenocristal predominante es plagioclasa (6,3%) con cristales subhedrales de hábito prismático, con maclas polisintéticas y muy alteradas a sericita En general, son de grano fino a medio, con tamaño promedio de 1 mm, y algunos individuos de hasta 2 mm.

El feldespato potásico (4,7%) es subhedral, de hábito tabular y presentan una menor alteración sericítica que la plagioclasa. Presenta cristales de grano fino a medio, con tamaños entre 1 y 2 mm. Es común que los fenocristales de feldespatos se encuentren agrupados dando lugar a una textura glomeroporfírica (Figura 16).

La biotita (3,6%) es anhedral y se observan alteradas a clorita. En general, están asociadas con feldespato potásico y otros minerales accesorios.

Dentro de los minerales accesorios se encuentra la clorita sólo reconocidas en la pasta, en cristales anhedrales diminutos (< a 10 micrones), en forma aislada o formando racimos. Otros minerales reconocidos son el epidoto, apatito y pequeños circones subhedrales. Además, se observan minerales opacos (2,7%) de grano fino que rodean a las biotitas y calcita como relleno de pequeñas venillas.

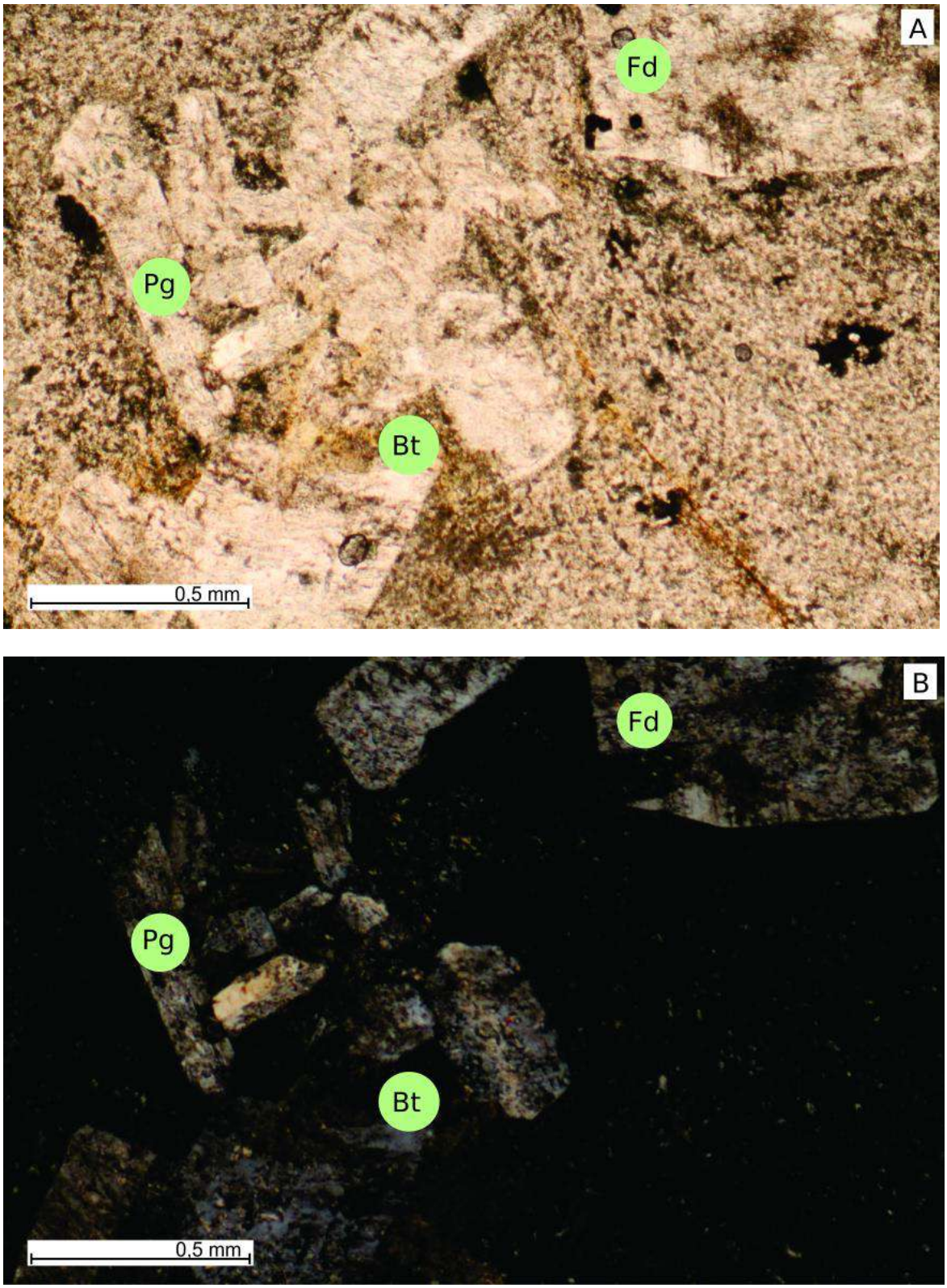


Figura 16. Sección delgada de la muestra 131/15 donde se observa una aglomeración de cristales de plagioclasa (Pg) y feldespato potásico (Fd) en una pasta microcristalina félsica de grano muy fino, además, se observan pequeños cristales de minerales opacos y biotitas (Bt). A) Nicoles paralelos. B) Nicoles cruzados.

ESC 135/15

Roca de color rosado claro, de textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa en una pasta microcristalina felsítica que representa el 67,7% en volumen de la roca (Figura 17).

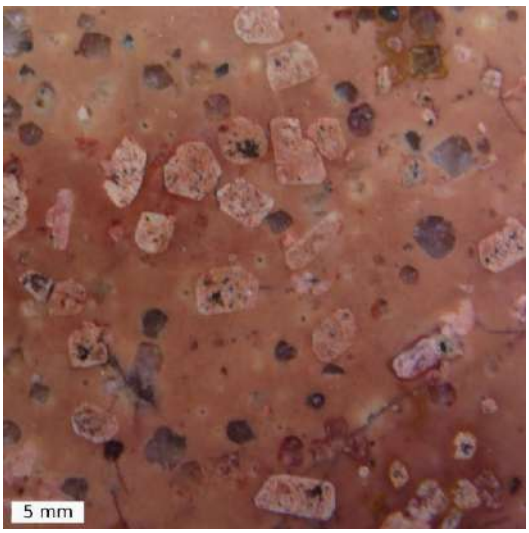


Figura 17. Sección pulida de la muestra 135/15.

Entre los fenocristales predomina el feldespato potásico (14%), con granos subhedrales de hábito tabular, los cuales exhiben texturas pertíticas y una fuerte alteración sericítica. Presentan inclusiones de cristales de plagioclasa prismática y biotita cloritizada que dan lugar a texturas poiquilíticas. Se observan en fenocristales de grano medio con tamaño promedio de 1,5 mm y granos más gruesos mayores a 3 mm, con predominio de estos últimos.

El cuarzo (9,6%) se presenta en agregados policristalinos de dos, tres o más individuos con formas subhedrales e inclusiones fluidas y minerales. Los cristales exhiben extinción relámpago y texturas esqueletales con desarrollo de engolfamientos (Figura 18 A). En cuanto a la granulometría, predominan fenocristales de grano medio entre 1,5 y 2 mm, aunque se observan algunos individuos de más de 3 mm.

La plagioclasa (7%) es subhedral y de hábito prismático. Presenta maclas polisintéticas y una mayor alteración sericítica en comparación con el feldespato potásico. Son de grano medio con tamaño promedio de 1,7 mm. La mayoría de los cristales se encuentra como inclusiones en feldespato potásico, observándose muy pocos individuos aislados (Figura 18 B).

La biotita (1%) es subhedral a anhedral, de color pardo rojizo, y se encuentra como inclusiones en feldespato o en microlitos de la pasta.

Como minerales accesorios se observan minerales opacos, fluorita, titanita y circón. Los minerales opacos (0,7%) se presentan como microfenocristales euhedrales, de hábito cúbico y tamaño promedio de 0,5 mm, o en la pasta como microlitos anhedrales.

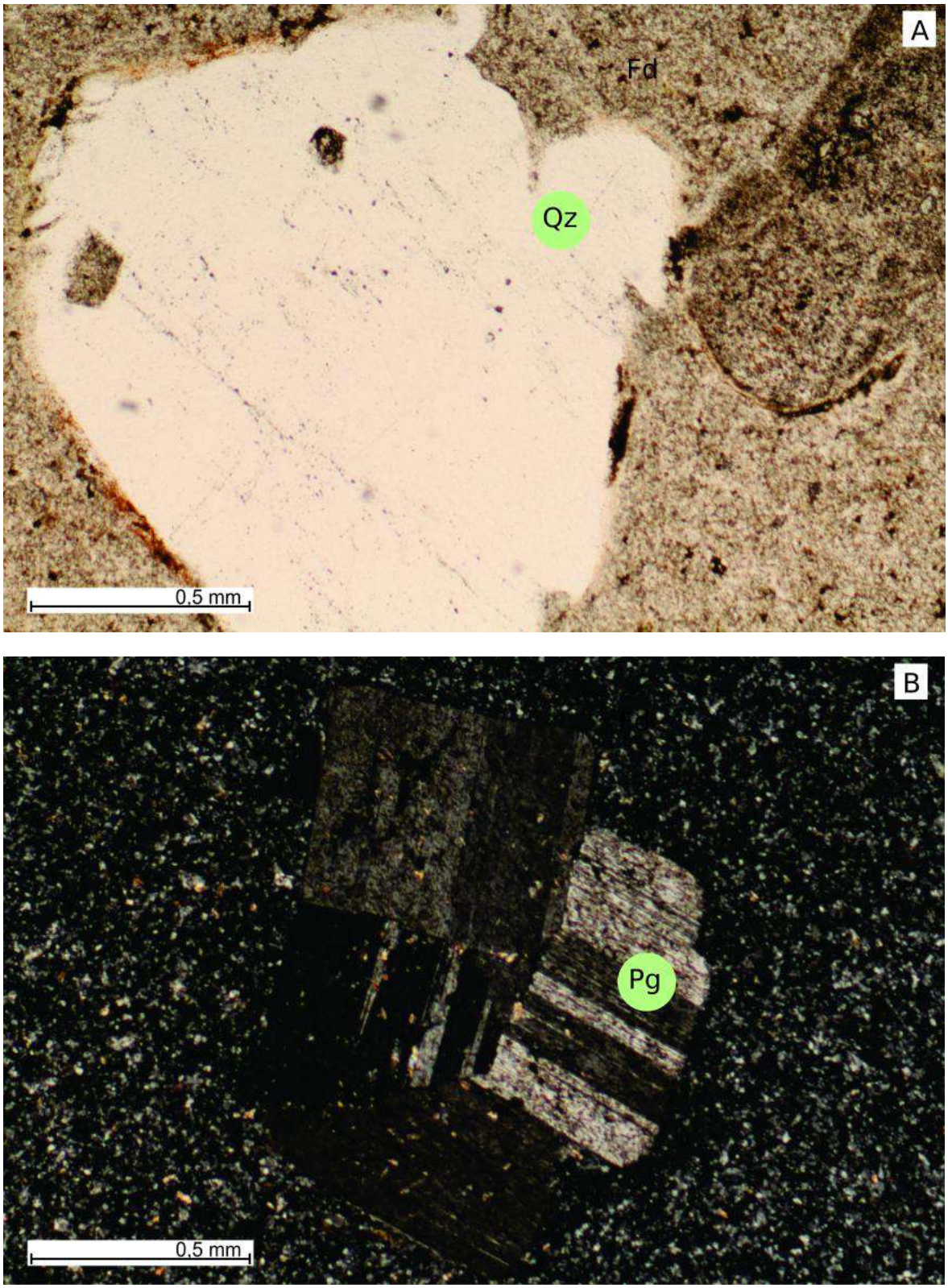


Figura 18. Secciones delgadas de la muestra 135/15. A) Fotomicrografía a nicoles paralelos, donde se observa un fenocristal de cuarzo (Qz) de gran tamaño con crecimiento esqueletal. B) Fotomicrografía a nicoles cruzados donde se observan varios fenocristales de plagioclasa (Pg) en una pasta microcristalina felsítica, con microlitos muy pequeños.

ESC 136/15

Roca de color rosado, de textura inequigranular seriada con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (Figura 19). El 58,3% en volumen de la roca corresponde a la pasta. En la misma, se observan intercrecimientos entre cuarzo y feldespato potásico formando varillas entrelazadas que dan el aspecto de dendritas o formas típicas de la textura granofídica (Figuras 20 y 21). En menor medida, la textura de la pasta es microcristalina felsítica alotriomórfica.

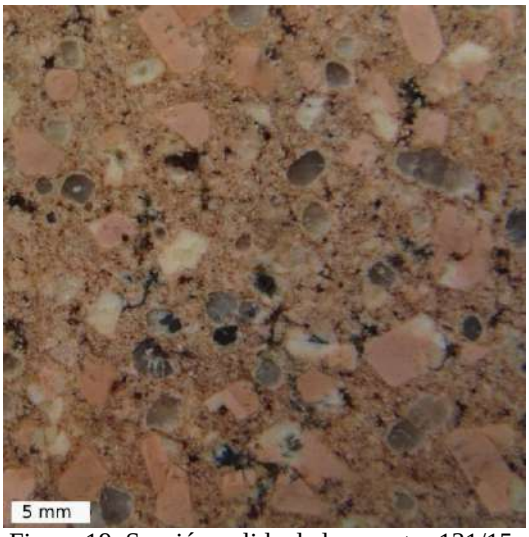


Figura 19. Sección pulida de la muestra 131/15.

El feldespato potásico (17,3%) está alterado a sericita, aunque más levemente que en la muestra 135/15. Se observa como fenocristales subhedrales de hábito tabular y, en algunos individuos, con textura pertítica. Presenta inclusiones de plagioclasa tabular en los bordes de los fenocristales, que dan lugar a texturas poiquilíticas. Son de tamaño mediano a grande, con cristales de 3 a 7 mm.

El cuarzo (16%) es subhedral a euhedral, presenta crecimientos incompletos de sus caras y engolfamientos. Los cristales tienen extinción relámpago y pequeñas inclusiones de minerales y fluidos. Se presenta en dos tamaños, con predominio de fenocristales de grano medio a fino entre 0,8 y 1,7 mm, y, en menor medida, se observan algunos fenocristales de grano más grueso con tamaños de hasta 3 mm.

La plagioclasa (5,67%) es subhedral de hábito tabular. La mayoría de los cristales se encuentra como inclusiones en feldespato potásico, observándose pocos fenocristales de plagioclasas aislados. Se presenta con macla polisintética y son de grano medio con tamaños entre 1,3 y 1,7 mm. Exhiben una mayor alteración sericítica en comparación con el feldespato potásico

Dentro de los minerales máficos se observa biotita pardo-rojiza, con formas subhedrales y anhedrales (1,66%) ocupando espacios intersticiales en la pasta. Está asociada a minerales opacos anhedrales (1%).

Como minerales accesorios se observan muscovita anhedral, titanita y pequeños cristales de circón.

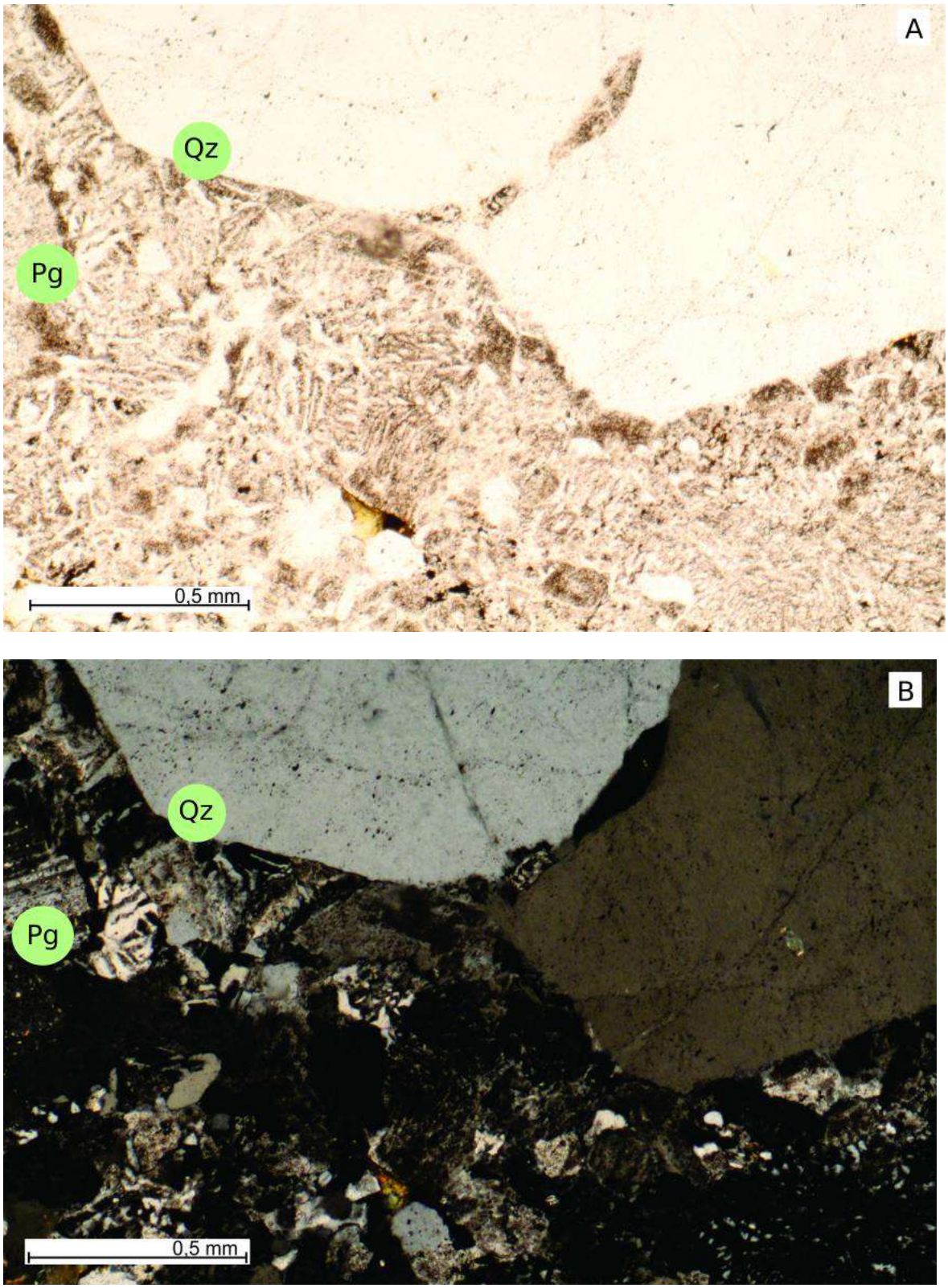


Figura 20. Sección delgada de la muestra 136/15. Fotomicrografía donde se observan fenocristales de cuarzo (Qz) subhedral de gran tamaño y fenocristales más pequeños de plagioclasa (Pg) en una pasta con textura microcristalina felsítica, con texturas de tipo granofídicas. A) Nicoles paralelos. B) Nicoles cruzados.

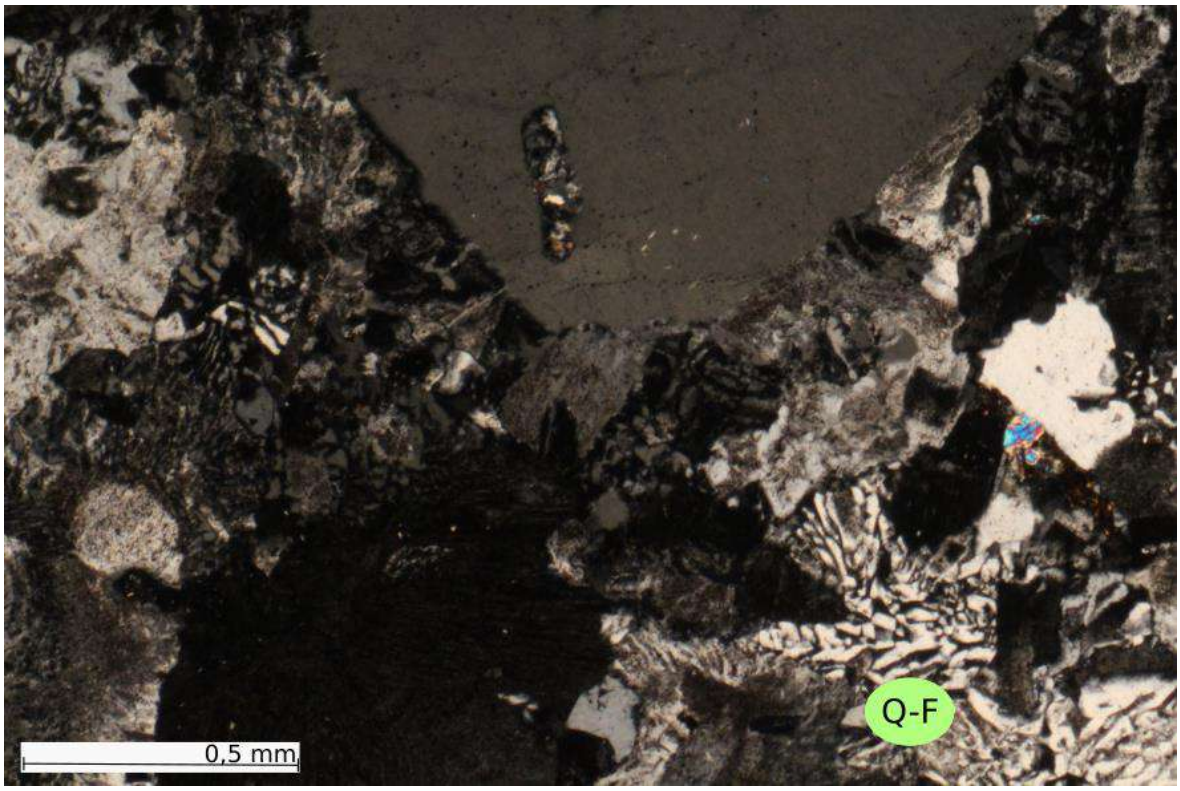


Figura 21. Fotomicrografía de la sección delgada de la muestra 136/15. Se observan intercrecimientos de cuarzo y feldespato.

ESC 139/15

Roca de color marrón claro a rojizo, de textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (Figura 22). Por lo general, la pasta (49,7%) exhibe texturas radiadas definidas por el crecimiento radial de minerales fibrosos félsicos alrededor de un cristal, formando esferulitas. Sólo en algunos sectores se observa una textura microlítica felsítica.

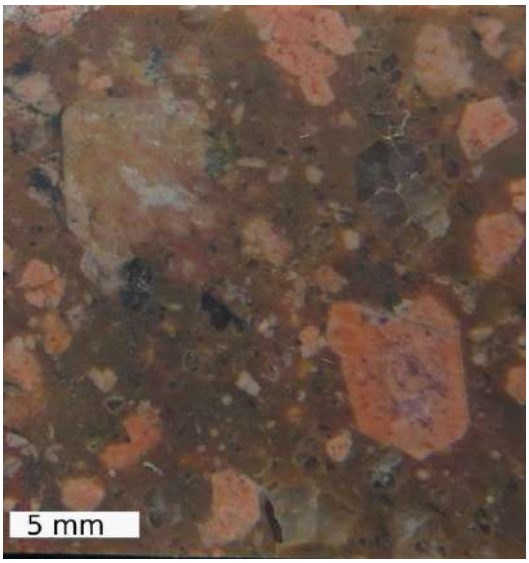


Figura 22. Sección pulida de la muestra 139/15.

Entre los fenocristales predomina el feldespato potásico (29,33%), en granos subhedrales con hábitos tabulares y tamaños de hasta 8 mm. La mayoría presenta textura pertítica e inclusiones de plagioclasa en sus bordes. Los cristales exhiben alteración sericítica moderada.

El cuarzo (10%) se observa de diversos tamaños, predominando las granulometrías finas con tamaños que varían entre 0,75 y 0,15 mm, mientras que muy pocos cristales alcanzan hasta 2,5 mm. Se presentan en forma aislada o formando agregados policristalinos de granos subhedrales a euhedrales, con extinción relámpago. Es común observar, tanto en cristales aislados como en agregados, una corona de minerales félsicos fibrosos dispuestos en forma perpendicular al borde de grano. Algunos cristales presentan crecimientos esqueletales con engolfamientos y abundantes inclusiones fluidas (Figura 23).

La plagioclasa (6%) se presenta en cristales subhedrales, aisladas o como inclusiones en fenocristales de feldespato potásico, de hábito tabular y de tamaño variable entre 0,5 y 3 mm.

Como minerales accesorios aparece biotita (3,3%) en cristales anhedrales con alteración clorítica, muscovita anhedral, minerales opacos (1,7%), clorita anhedral en cristales diminutos, epidoto y circón.

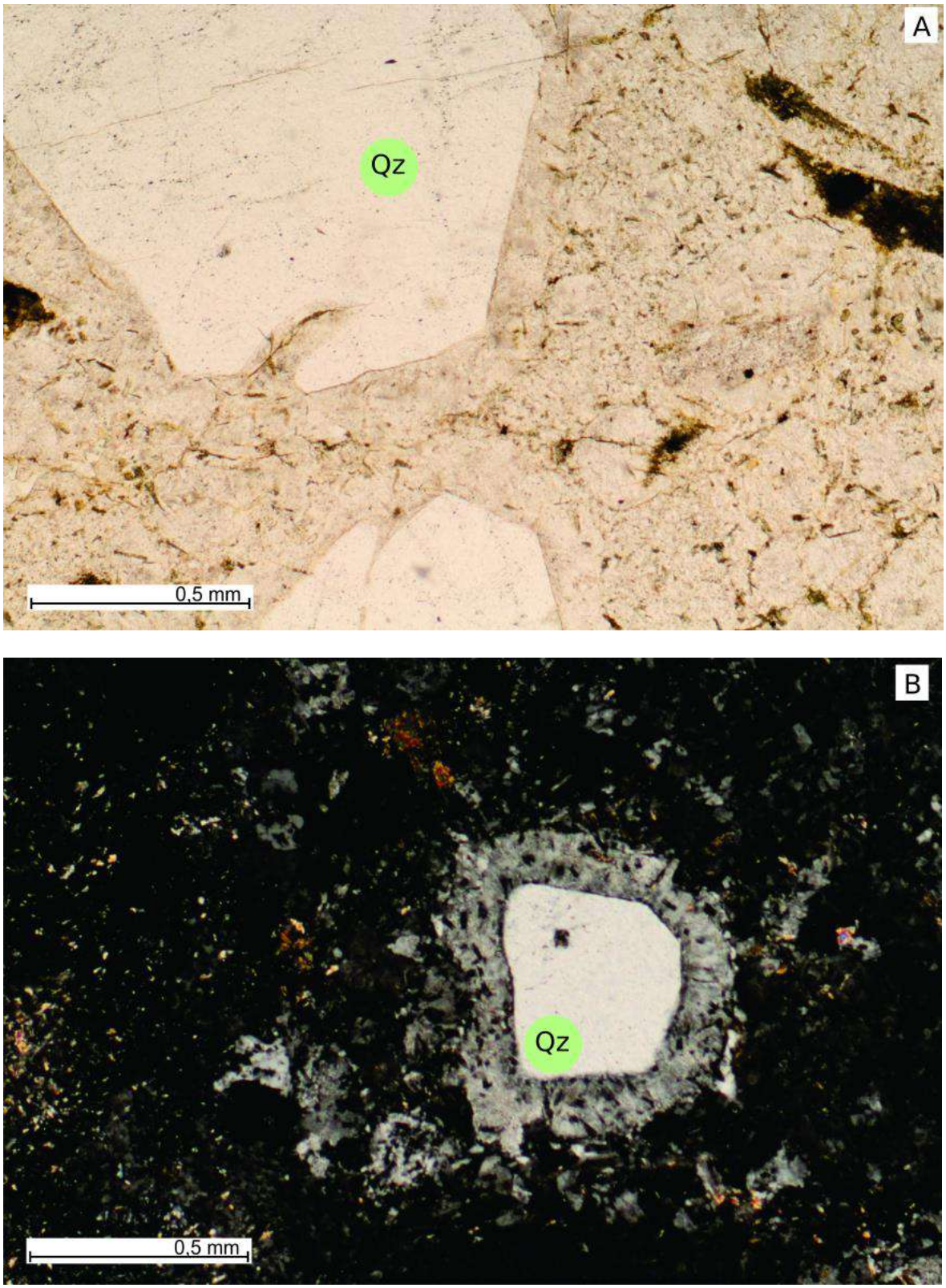


Figura 23. Sección delgada de la muestra 139/15. A) Fotomicrografía a nicoles paralelos donde se observan fenocristales subhedrales de cuarzo con crecimiento esqueletal y minerales máficos de menor tamaño. B) Fotomicrografía a nicoles cruzados en la que se observa un fenocristal de cuarzo como núcleo de una esferulita.

ESC 140/15 (E 1-23)

Roca de color gris claro, de textura porfírica con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa en una pasta microgranular felsítica (Figura 24). La pasta representa el 48,3% en volumen de la roca y presenta texturas de intercrecimientos de cuarzo y feldespato potásico de tipo granofídico. Por sectores, la pasta es microcristalina con microlitos de cuarzo, feldespatos, biotitas y cloritas.

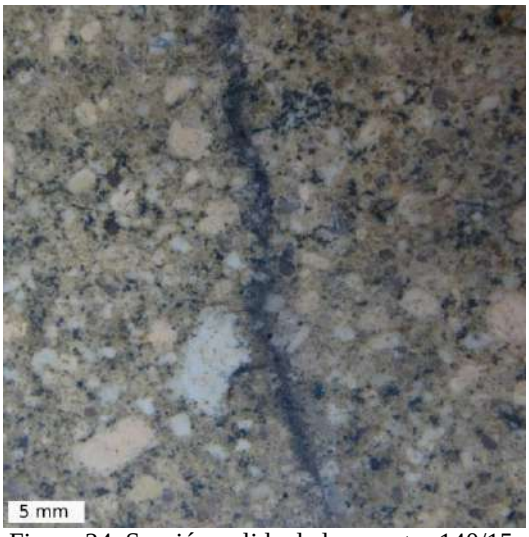


Figura 24. Sección pulida de la muestra 140/15.

Los fenocristales de feldespato potásico (27,7%) pueden alcanzar tamaños de hasta 5 mm. Tienen hábito tabular, texturas pertíticas y están alterados a sericita (Figura 25). Presentan texturas poiquilíticas definidas por inclusiones de plagioclasas tabulares en su interior.

La plagioclasa (10%) es de grano fino a medio y presenta maclas polisintéticas. Exhiben una mayor alteración sericítica que el feldespato potásico.

El cuarzo (8,3%) es subhedral a euhedral, se observan muy pocos cristales hexagonales y, en su mayoría, tienen un desarrollo incompleto de sus caras, con presencia de engolfamientos. En general se presentan formando agregados policristalinos de tres o más individuos. Su granulometría varía desde pequeños fenocristales hasta individuos con tamaño promedio de 1,5 mm.

Dentro de los minerales máficos se encuentra la biotita (4%). La misma se presenta en granos anhedrales parcialmente alterados a clorita (Figura 25), observándose muy pocas láminas de biotita fresca con color pardo rojizo.

Como minerales accesorios se observan cristales de clorita en la pasta, en forma aislada formando agregados policristalinos o agregados con biotita, muscovita, minerales opacos y calcita con un tamaño de 0,1 a 0,3 mm. Otros minerales accesorios reconocidos son titanita anhedral de color pardo rojiza, apatito prismático y minerales opacos anhedrales (1,7%).

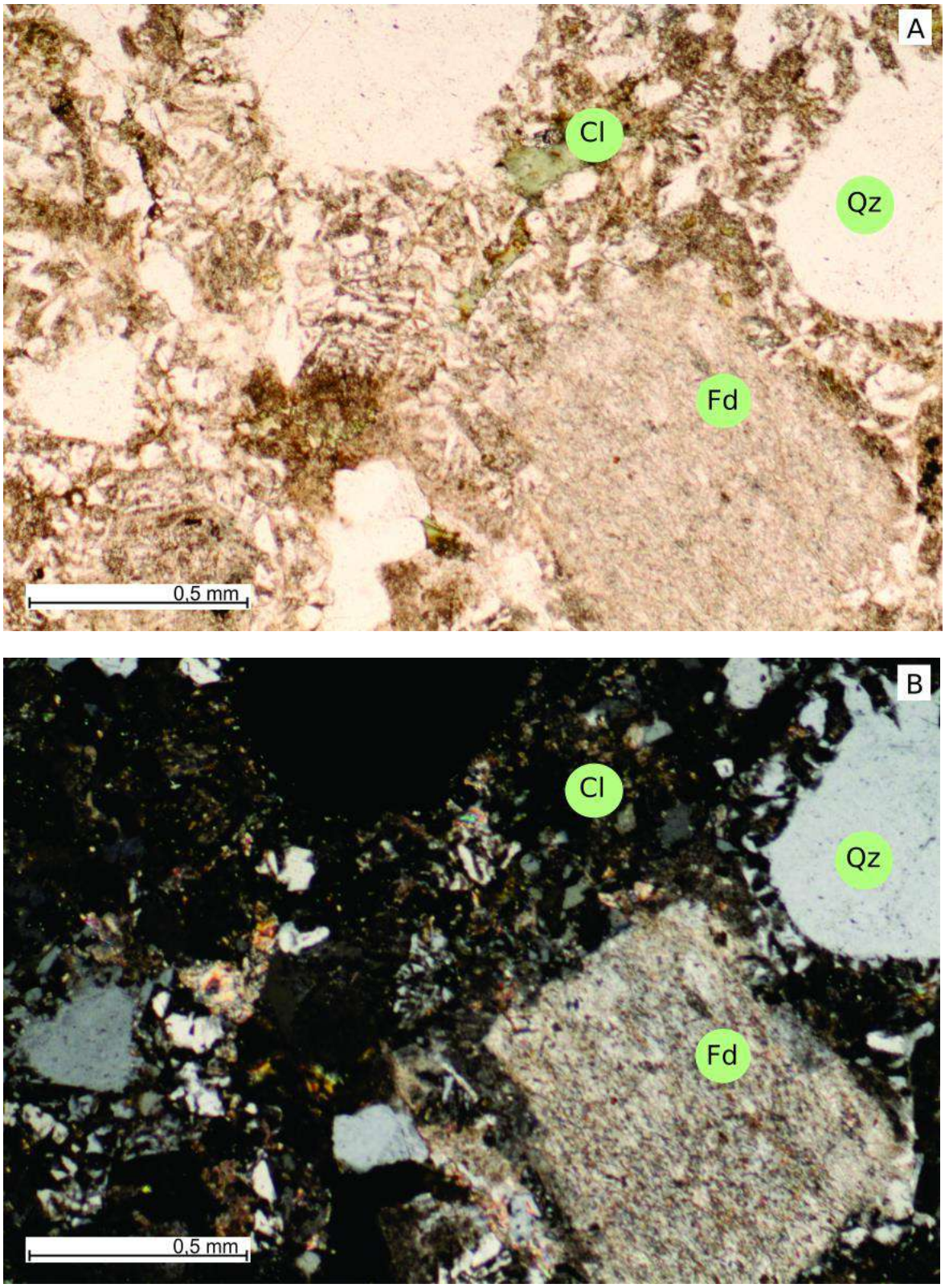


Figura 25. Sección delgada de la muestra 140/15. Fotomicrografía donde se observan fenocristales de cuarzo (Qz) feldespato potásico (Fd) con alteración sericítica y pequeños minerales de biotita cloritizada (Cl). A) Nicoles paralelos. B) Nicoles cruzados.

ESC 146/15 (E 6-23)

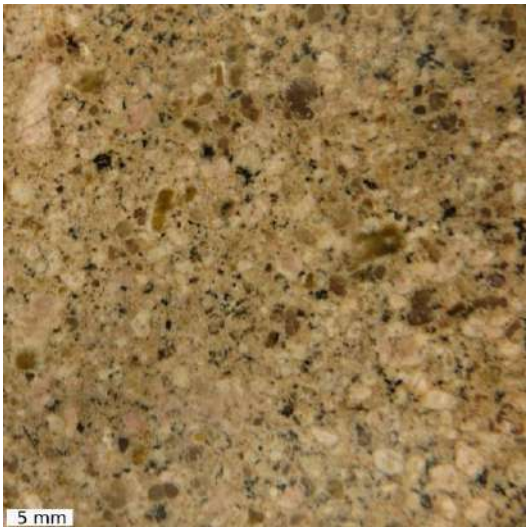


Figura 26. Sección pulida de la muestra 146/15.

Roca de color amarillo claro, con textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa dispuestos en una pasta que representa el 56% del volumen de la roca (Figura 26). En general, la pasta es microcristalina felsítica con microlitos anhedrales de cuarzo y feldespato; por sectores presenta una textura de intercrecimiento de cuarzo y feldespato de tipo granofídica, concentrándose en los bordes de los fenocristales.

Entre los fenocristales predomina el feldespato potásico (19,7%) con textura pertítica. Comprenden oikocristales que incluyen cristales de plagioclasa prismática, cuarzo y biotita anhedral cloritizada (Figura 27). Son de gran tamaño, con algunos fenocristales que sobrepasan los 5 mm y se encuentran moderadamente alterados a sericita.

La plagioclasa (8,3%) es subhedral, de hábito tabular y con maclas polisintéticas. Presenta una granulometría definida por cristales de grano medio, con tamaño promedio de 1,7 mm y en menor proporción, cristales de grano fino de tamaño menor a 0,7 mm.

El cuarzo (7,3%) es subhedral a euhedral. Se presenta con engolfamientos que le otorgan una textura esqueletal. Tiene abundantes inclusiones fluidas y de pequeños minerales félsicos. Se observan dos rangos de tamaño de cristales: fenocristales de grano medio a fino entre 0,8 y 1,7 mm y, en menor medida, fenocristales mayores a 3 mm.

La biotita (4,3%) exhibe cristales anhedrales mayormente alterados a clorita (Figura 28), a su vez se observa clorita (1,7%) en la pasta formando agregados policristalinos, anhedrales a subhedrales, algunas veces asociado con epidotos. Se reconocen escasos minerales accesorios de fluorita incolora.

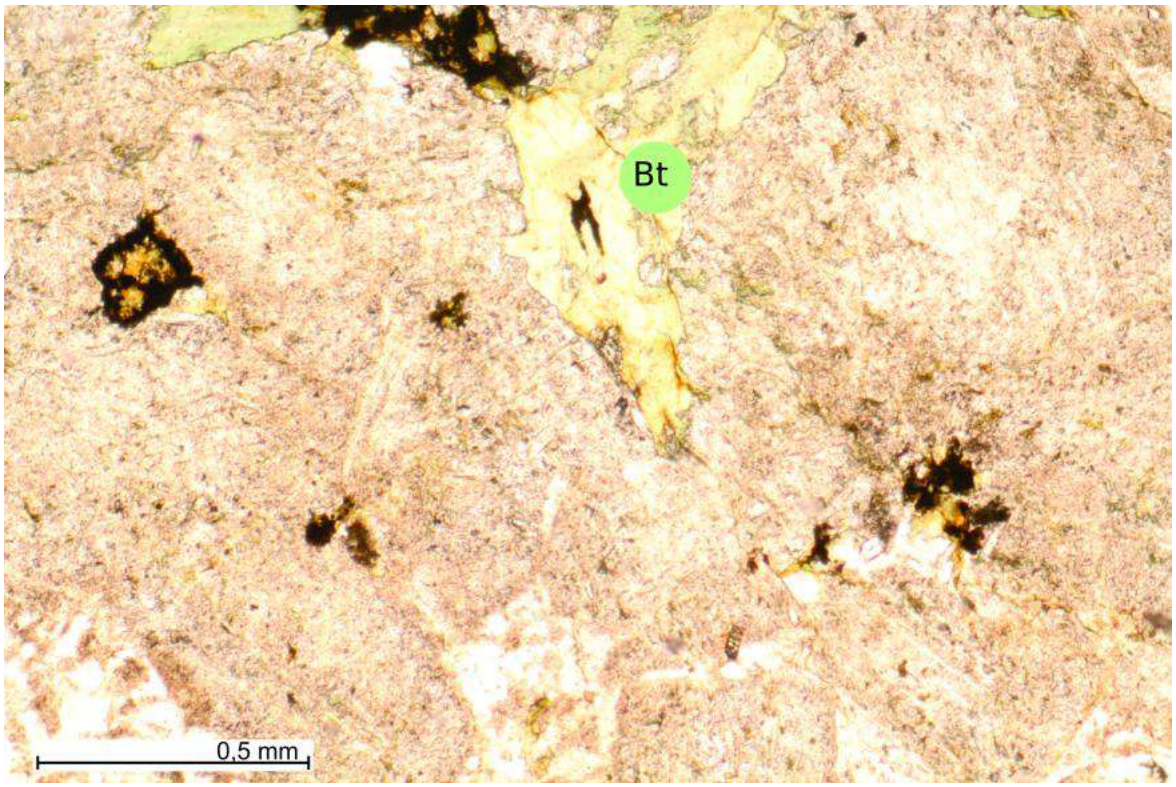


Figura 27. Fotomicrografía a nicoles paralelos de la muestra 146/15 donde se presenta biotita (Bt) cloritizada anhedral en el centro y luego biotitas más pequeñas rodeadas de minerales opacos de menor tamaño.

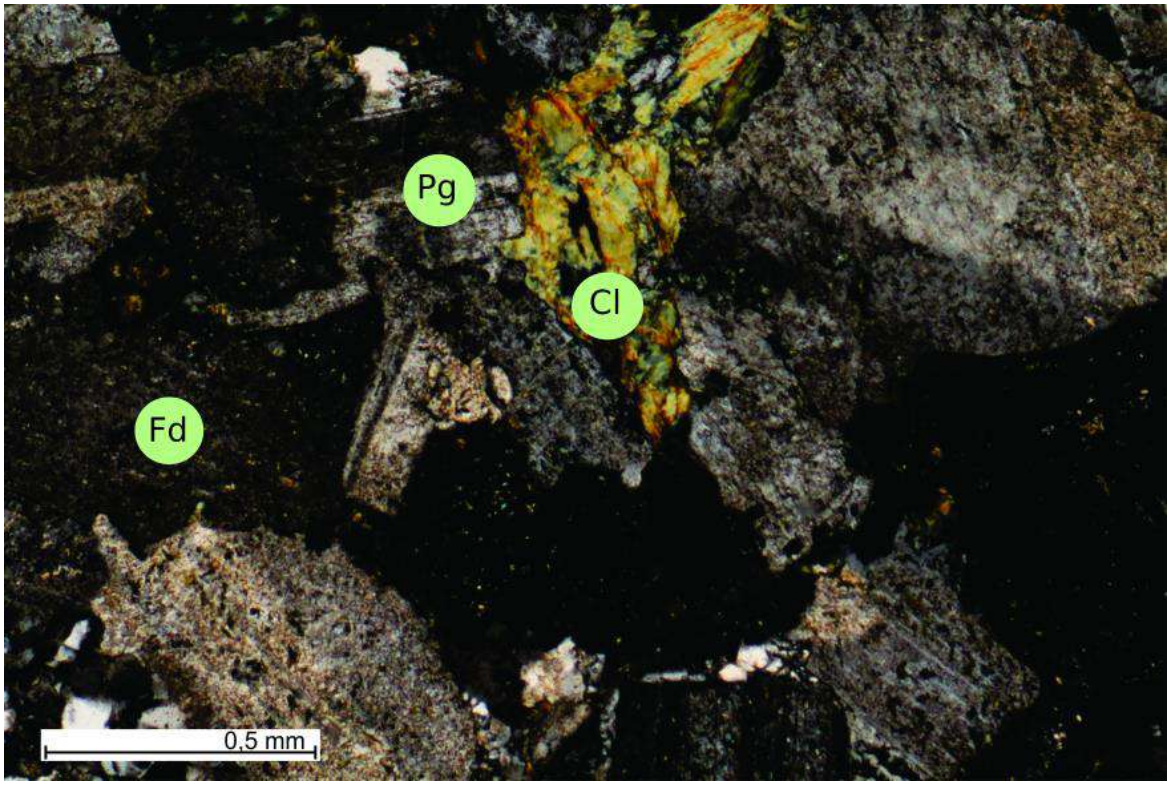


Figura 28. Fotomicrografía a nicoles cruzados de la muestra 146/15 donde se observa un oikocristal de feldespato potásico (Fd) con cristales de plagioclasas (Pg) y clorita (Cl).

ESC 150/15 (E 7-23)

Roca de color marrón claro, de textura afanítica, inequigranular seriada, con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (Figura 29). El 66,3% del volumen de la roca corresponde a la pasta, la cual presenta mayormente una textura microlítica alotriomórfica y, en menor medida, esferulítica. Presenta una mineralogía conformada por feldespatos, cuarzo, minerales máficos, cloritas y muscovitas.

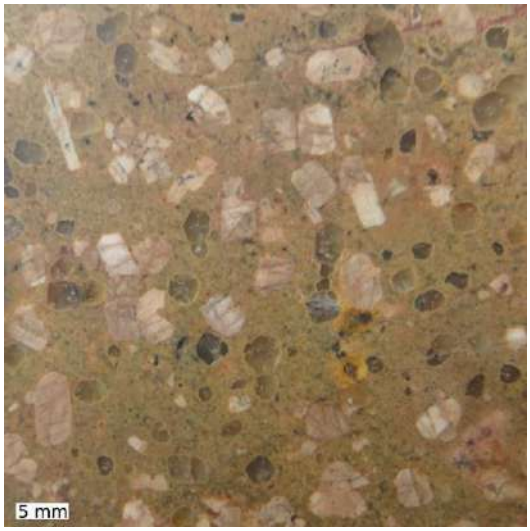


Figura 29. Sección pulida de la muestra 150/15.

Predominan los fenocristales de cuarzo (16,7%), subhedrales a euhedrales, los cuales se encuentran agrupados formando agregados policristalinos. Se observan varios cristales con desarrollo parcial de sus caras presentando engolfamientos y formas esqueletales (Figura 30 B). Tienen extinción ondulante e inclusiones fluidas y minerales. Los cristales presentan tamaños entre 1,5 y 1,9 mm, y algunos individuos mayores a 3 mm.

El feldespato potásico (7,7%) es subhedral con hábito tabular, está alterado a sericita y tiene textura pertítica. Presenta inclusiones de cristales de plagioclasa en su interior que le otorgan una textura poiquilítica (Figura 30 A). En general, son fenocristales de grano medio con tamaño promedio de 1,5 mm, observándose pocos cristales mayores a 3 mm.

La plagioclasa (3,3%) se observa como inclusiones en feldespato potásico o bien aisladas en cristales tabulares, con maclas polisintéticas y de Carlsbad; en pocas ocasiones se presenta formando racimos. Está algo más alterada a sericita que el feldespato potásico.

Los minerales accesorios son la biotita (3,3%) de color pardo, mayormente alterada a clorita junto con minerales opacos (2,7%) dispersos en la pasta, circón y cristales anhedrales de muscovita.

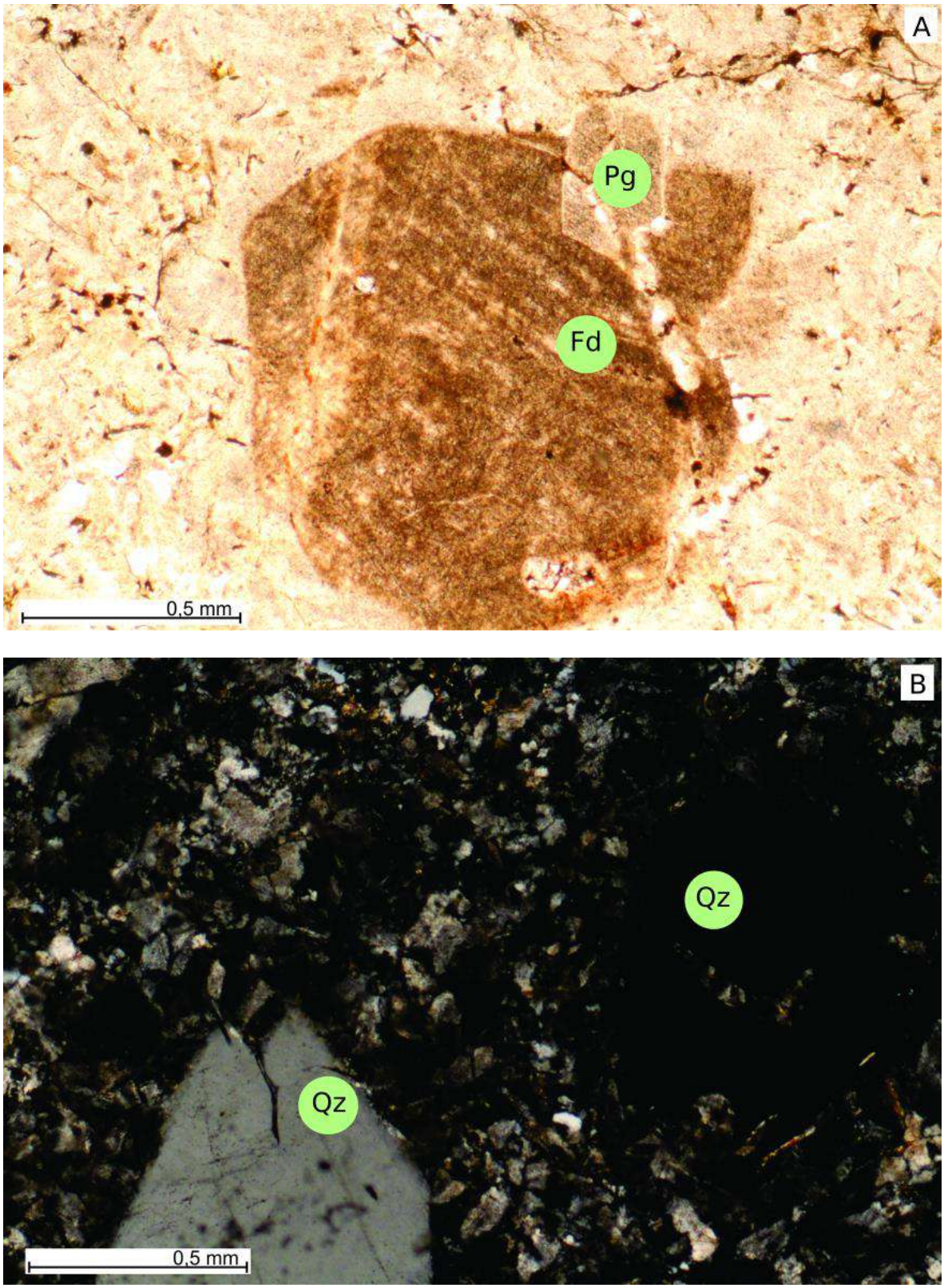


Figura 30. Sección delgada de la muestra 150/15. A) Fotomicrografía a nicoles paralelos de un oikocristal de feldespato potásico (Fd) con cristales tabulares de plagioclasa (Pg) en sus bordes. B) Fotomicrografía a nicoles cruzados de dos fenocristales de cuarzo (Qz) subhedral con crecimiento esqueletal. El fenocristal de la derecha se encuentra en posición de extinción.

ESC 153/15

Roca de color rosa, con textura equigranular alotriomórfica, compuesta por cristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (Figura 31). Presenta textura gráfica resultante del intercrecimiento entre feldespato potásico y cuarzo.

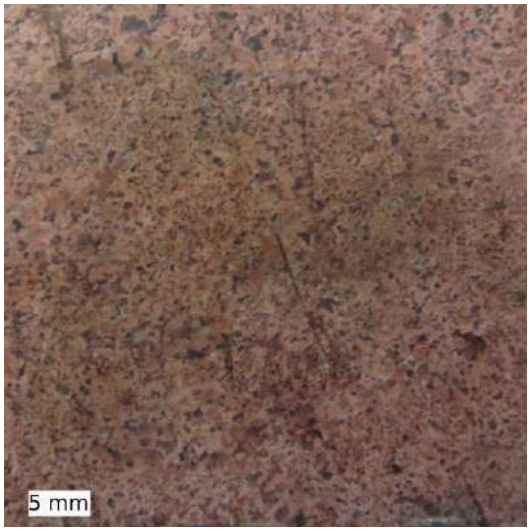


Figura 31. Sección pulida de la muestra 153/15.

El mineral predominante es el feldespato potásico (46,3%). Este se observa con una moderada alteración a sericita (Figura 32). En general, presenta cristales de mayor tamaño que los de plagioclasa, pero son más escasos. Algunos fenocristales muestran texturas pertíticas y exhiben maclas de dos individuos e incluyen pequeños cristales de plagioclasa tabular.

El cuarzo (37,7%) es anhedral y presenta inclusiones fluidas y de cristales de rutilo (Figura 32).

La plagioclasa (10%) es subhedral y de hábito tabular. Tienen forma tabular y se caracterizan por presentar maclas polisintéticas. Son de grano fino, con tamaños menores a 1 mm.

Entre los minerales accesorios se observa biotita anhedral (3,3%) ocupando los espacios intersticiales junto a minerales opacos anhedrales (2,7%) y muscovita (0,3%).

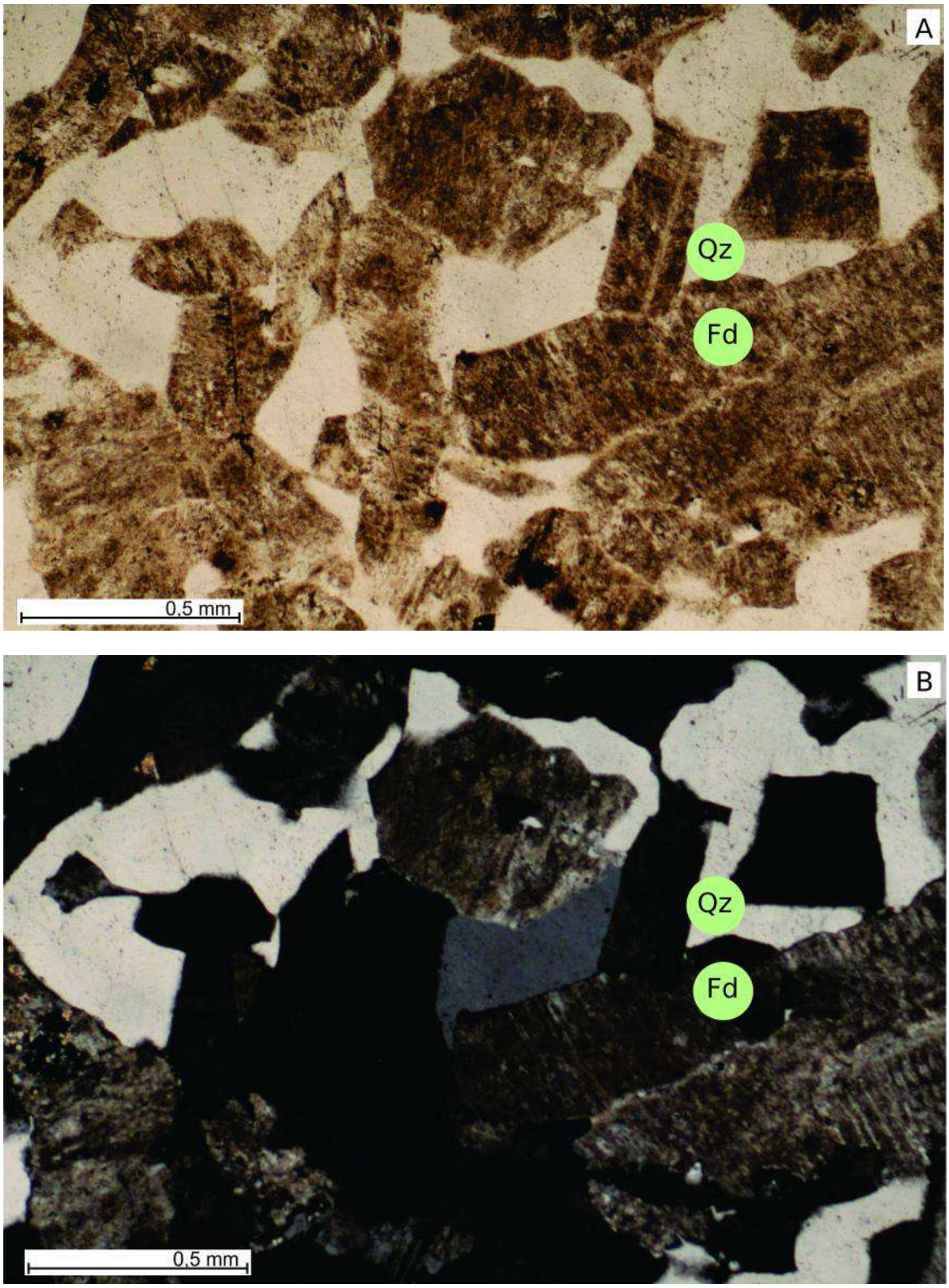


Figura 32. Sección delgada de la muestra 153/15. Fotomicrografías de la textura equigranular alotriomórfica definida por cristales de cuarzo (Qz) y feldespato potásico (Fd). A) Nicoles paralelos. B) Nicoles cruzados .

Datos modales en secciones pulidas y cortes delgados

Se realizaron estimaciones de la moda en secciones pulidas de muestras de mano y en cortes delgados obteniendo dos resultados:

- 1) El porcentaje de fenocristales y pasta.
- 2) La moda de los fenocristales y los minerales accesorios identificados en los cortes delgados.

En el Cuadro 2 se resumen los porcentajes modales obtenidos en cada muestra. En las muestras 131/15 y 153/15 no se obtuvieron las modas de las secciones pulidas, debido a que no fue posible identificar los minerales por su granulometría fina.

Los datos modales se ubicaron en el diagrama QAP propuesto por Streckeisen (1976) y actualizado por Le Maitre *et al.* (2002) para rocas ígneas, con el objetivo de clasificar las rocas según sus porcentajes modales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (Figura 33).

En general se observa una buena correspondencia entre las modas obtenidas en secciones pulidas y cortes delgados de la misma muestra, por lo que se utilizaron los dos valores en la clasificación modal. La mayoría de las muestras se ubican en el campo de las riolitas, en tanto que las muestras 131/15 y 127/15 clasifican como lacitas; la muestra 125/15 se sitúa en el campo de las traquitas, mientras que la muestra 140/15 grafica en los campos de las traquitas y de las riolitas. La moda obtenida en el corte delgado de la muestra 150/15 se ubica cerca del campo de las riolitas, pero dentro de un campo que no está definido en el diagrama QAPF para rocas volcánicas. Por último, la muestra 153/15 clasifica como sienogranito en el diagrama QAPF para rocas plutónicas.

Por otro lado, los resultados obtenidos en las secciones pulidas y cortes delgados de las muestras 135/15 y 136/15 que corresponden al borde y el centro del dique muestreado en la estación E6-22 difieren en cuanto al porcentaje de fenocristales y pasta de la roca. El sector central del dique posee mayor cantidad de fenocristales 42 a 52% con respecto a sus bordes (32%); a su vez ambos sectores, presentan marcadas diferencias texturales en la pasta; en los bordes se observan texturas de intercrecimiento de tipo granofídico mientras que en el centro la textura es microcristalina felsítica.

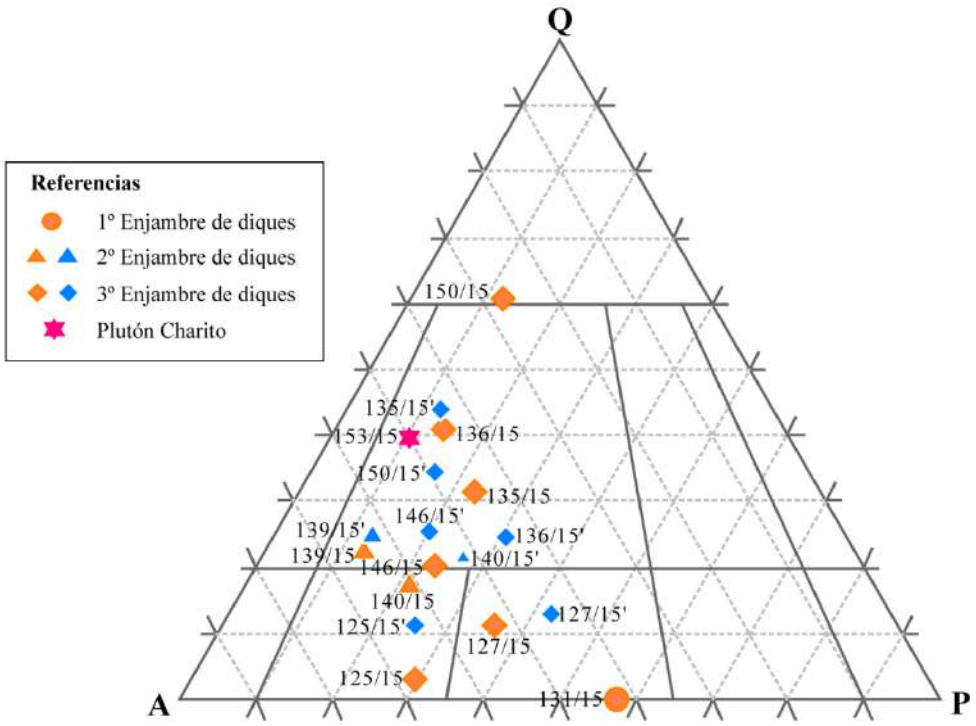


Figura 33. Clasificación modal de las rocas analizadas en el diagrama QAP. Los símbolos color azul representan los porcentajes modales obtenidos a partir del conteo sobre secciones pulidas, mientras que los símbolos color naranja representan porcentajes modales obtenidos a partir del conteo sobre cortes delgados. Las muestras están agrupadas en tres enjambres de diques en correspondencia con lo planteado en el capítulo 5 de esta Tesina.

	Modas obtenidas en secciones pulidas									
Muestra	**125/15'**	**127/15'**	**131/15'**	**135/15'**	**136/15' Diques**	**139/15'**	**140/15'**	**146/15'**	**150/15'**	**153/15' P. Charito**
% de Pasta	66,0%	73,2%	-	67,8%	48,2%	50,0%	42,7%	60,7%	63,0%	-
% de Fenocristales	34,0%	26,8%	-	32,2%	51,8%	50,0%	57,3%	39,3%	37,0%	-
Feld. potásico	19,8%	10,4%	-	13,7%	20,8%	29,0%	23,1%	18,7%	17,0%	-
Plagioclasa	7,8%	9,3%	-	4,0%	13,8%	6,6%	12,0%	7,0%	6,0%	-
Cuarzo	4,0%	3,0%	-	13,7%	11,2%	11,4%	10,0%	8,6%	12,3%	-
Minerales oscuros	2,7%	4,5%	-	0,8%	6,0%	3,0%	12,8%	5,0%	1,7%	-

	Modas obtenidas en cortes delgados									
Muestra	**125/15**	**127/15**	**131/15**	**135/15**	**136/15 Diques**	**139/15**	**140/15**	**146/15**	**150/15**	**153/15 P. Charito**
% de Pasta	65,0%	77,3%	82,7%	67,7%	58,3%	49,7%	48,3%	56,0%	66,3%	-
% de Fenocristales	35,0%	22,7%	17,3%	32,3%	41,7%	50,3%	51,7%	44,0%	33,7%	-
Feld. potásico	20,0%	9,4%	4,7%	14,0%	17,3%	29,3%	27,7%	19,7%	7,7%	46,3%
Plagioclasa	8,7%	6,3%	6,3%	7,0%	5,7%	6,0%	10,0%	8,3%	3,3%	10,0%
Cuarzo	1,0%	2,0%	-	9,6%	16,0%	10,0%	8,3%	7,3%	16,7%	37,3%
Biotita	3,0%	4,0%	3,6%	1,0%	1,7%	3,3%	4,0%	4,3%	3,3%	3,3%
Minerales Opacos	2,3%	1,0%	2,7%	0,7%	1,0%	1,7%	1,7%	2,6%	2,7%	2,7%
Apatito	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-
Circón	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-
Titanita	x	x	-	x	x	-	x	1,7%	-	-
Sericita	-	x	-	x	x	x	-	-	x	0,4%
Epidoto	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-
Calcita	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
Fluorita	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-

Cuadro 2. **Datos modales de las muestras de diques y del Plutón Charito**.

Capítulo 5 - Discusión

En el capítulo introductorio del presente trabajo de tesina, se plantearon dos hipótesis. A continuación se discuten la validez de ambas hipótesis en relación a los resultados obtenidos y a datos previos de otros autores.

- Hipótesis 1: Los diques son rocas afaníticas de composición riolítica.

Los conteos modales en secciones pulidas y cortes delgados dieron como resultado que los diques muestreados están constituidos por tres litotipos diferentes. La mayor parte de las muestras son fenoriolitas, con excepción de las muestras 131/15 y 127/15 que fueron definidas como fenolacitas, la muestra 125/15 que clasificó como una fenotraquita, y la muestra 140/15 que presentó una moda mineral intermedia entre una fenotraquita y una fenoriolita. La muestra 150/15 se ubica cerca del campo de las riolitas, pero dentro de un campo no definido en el diagrama QAPF para rocas volcánicas.

La totalidad de los diques estudiados presenta textura afanítica inequigranular, con fenocristales de hasta 8 mm en una pasta microcristalina. En su mayoría la textura inequigranular es del tipo seriada y en un solo caso clasifica como porfídica. En general la textura es homogénea, sin embargo en los diques de mayor espesor se observaron diferencias texturales entre el centro y sus bordes. En el caso del dique de la estación E6-22, de acuerdo a las observaciones en secciones pulidas y cortes delgados, presenta un sector central que tiene mayor cantidad de fenocristales (42 a 52%) con respecto a sus bordes (32%); a su vez, ambos sectores poseen marcadas diferencias texturales en la pasta, en los bordes se observa una textura de intercrecimiento de tipo granofídico mientras que en el centro la textura es microcristalina felsítica. Estas variaciones texturales estarían asociadas a diferentes grados de sobreenfriamiento del borde y del centro del dique durante su cristalización.

Por la expuesto la hipótesis 1 fue parcialmente corroborada.

- Hipótesis 2: Los diques integran tres enjambres que se diferencian por su textura y su orientación.

En el presente trabajo se identificaron tres enjambres de diques (EN1, EN2 y EN3) en base a tres criterios: 1) relaciones de campo, 2) orientación y 3) litologías y texturas observadas en las secciones pulidas y cortes delgados.

El EN1 está representado por la muestra 131/15, tomada en la estación E 4-22. Sus afloramientos son escasos, está constituido por cuerpos con espesores inferior a 1 m y

poseen una orientación N80ºE/subvertical. Son de color gris oscuro, de composición fenolacítica sin cuarzo y textura porfírica con escasos fenocristales de feldespato potásico y plagioclasa (17,3% modal). A partir de las relaciones de yacencia observadas en el campo se interpreta que este grupo de diques fue el primero en emplazarse.

El EN2 incluye a las muestras 139/15 y 140/15, tomadas en las estaciones E7-22 y E1-23, respectivamente. Son diques subverticales, con orientación N70ºO y espesores entre 13 y 30 m. Se emplazan en la Formación Piedras de Afilar y cortan al EN1. Por su composición modal clasifican como fenoriolitas (139/15) o en el límite entre fenotraquitas y fenoriolitas (140/15). Se caracterizan por tener textura seriada, con abundantes fenocristales (50-57% modal) de hasta 8 mm. La textura de la pasta es microcristalina, con intercrecimientos de tipo esferulítico y granofírico

El EN3 presenta una orientación promedio N50º-60ºO/subvertical. Intruye a las formaciones Piedras de Afilar y Agua Escondida, y al segundo enjambre de diques. Lo integran diques de espesor variable entre 12 a 40 m, e incluye a las muestras 125/15 y 127/15 tomadas en la estación E1-22, a las muestras 135/15 y 136/15 recolectadas en la estación E6-22, y a las muestras 146/15 y 150/15 correspondientes a las estaciones E6-23 y E7-23, respectivamente. En este enjambre se diferenciaron dos litotipos por su composición y porcentaje de fenocristales. Uno corresponde a las muestras 135/15 y 136/15, las cuales clasifican como fenoriolitas y poseen un porcentaje de fenocristales entre 22 y 35% modal. El otro incluye al resto de las muestras que presentan porcentajes de fenocristales entre 32 y 44% modal, en donde las muestras 127/15 y 125/15 clasifican como fenolacitas y fenotraquitas respectivamente, mientras que las otras clasifican como fenoriolitas.

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis 2 y coinciden en forma parcial con las contribuciones más regionales realizadas por González Díaz (1972) y Delpino (1997).

González Díaz (1972) describió un enjambre de diques paralelos de rumbo general N70º-80ºO, que representa la fase magmática terminal del Miembro ácido de la Formación Los Corrales (Pérmico). El enjambre está conformado principalmente por pórfidos riolíticos, que presentan tres variedades texturales en la pasta: microcristalina, granofírica y esferulítica. Esta descripción es coincidente con los enjambres 2 y 3 identificados en esta Tesina.

Por su parte, Delpino (1997) identificó dos enjambres de diques y los asignó a las Formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas del Grupo Los Corrales (Pérmico Superior). Este autor describió a los diques de la Formación Puesto Cortés como rocas de

color gris, negro y/o pardo amarillento, cuya composición litológica varía desde traquítica a riolítica. Por otro lado, el mismo autor definió a los diques de la Formación Cuchillas Coloradas como fenoriolitas de color rojo ladrillo o rosado. Con los resultados de la presente Tesina se correlaciona el EN1 con los diques de la Formación Puesto Cortés descriptos por Delpino (1997), en tanto que las características del EN2 y EN3 se encuentran tanto en los diques de la Formación Puesto Cortés como en los de la Formación Cuchillas Coloradas (Delpino 1997).

Por último, Delpino (1997) incluye dentro de la Formación Cuchillas Coloradas a cuerpos intrusivos elipsoidales con composiciones similares a la de los diques riolíticos. Estos stocks riolíticos presentan características similares al cuerpo intrusivo globoso descripto en esta Tesina como Plutón Charito. El emplazamiento del plutón Charito podría estar relacionado con el segundo subgrupo del enjambre NE3, ya que el análisis petrográfico sugiere composiciones magmáticas similares.

Capítulo 6 – Conclusiones

Los cuerpos laminares del magmatismo Choiyoi ubicados en el sur de la Provincia Geológica Bloque de San Rafael, en el área comprendida entre las coordenadas geográficas 36º00’30’’ a 36º02’45’’ de latitud sur y 68º25’00’’ a 68º28’30’’ de longitud oeste, se encuentran emplazados en rocas graníticas de la Formación Piedras de Afilar de edad devónica y en sedimentitas de la Formación Agua Escondida perteneciente al Carbonífero.

Teniendo en cuenta la composición litológica, las relaciones de intrusión y la orientación observada en el campo y en las imágenes satelitales se identificaron tres enjambres de diques: uno (NE1) de orientación N80ºE/subvertical, con espesores inferiores a un metro; un segundo enjambre (NE2) con orientación N70ºO/subvertical y espesores entre 13 y 30 m; y un tercer enjambre (NE3) con espesores entre 12 y 40 m y una orientación N50º-60ºO/subvertical.

Los tres enjambres poseen diferentes características litológicas y texturales. El enjambre NE1 está compuesto por fenolacitas sin cuarzo, con textura porfírica y pasta microcristalina, con un porcentaje de fenocristales de 17,3%. El enjambre NE2 está representado por fenoriolitas y una roca de composición modal intermedia entre una fenotraquita y una fenoriolita. Las mismas poseen un porcentaje de fenocristales entre 50 y 57%, en una pasta con texturas de intercrecimientos entre cuarzo y feldespato, de tipo esferulítico y granofídico, y por sectores, con texturas microcristalinas felsíticas. Por último, enjambre de diques NE3 se compone de dos litotipos, diferenciados por su composición y porcentaje de fenocristales. Uno de ellos, compuesto por rocas de composición modal variable entre fenolacitas, fenotraquitas y fenoriolitas, contiene entre 22 y 35% de fenocristales, y otro integrado solamente por fenoriolitas presenta entre 35 y 44% de fenocristales. En ambos casos las texturas son inequigranulares seriadas, con pastas afaníticas y, al igual que el segundo enjambre de diques, presentan en la pasta texturas microcristalina felsítica e intercrecimientos de tipo esferulítico y granofídico.

Adyacente a los diques en la zona estudiada, se identificó un cuerpo intrusivo globoso de forma ovalada y composición granítica, que se propone denominar Plutón Charito. Se interpreta que su génesis podría estar relacionada con el tercer enjambre de diques, ya que su eje mayor posee una orientación similar y sus composiciones son equivalentes.

Finalmente, se observó que los diques de mayor espesor presentan variaciones texturales entre el centro y sus bordes. Las muestras obtenidas en el centro del dique se caracterizan por un mayor tamaño de los fenocristales y por una textura microcristalina félsica. Por otra parte, el borde del dique presenta un mayor porcentaje de pasta y texturas de intercrecimiento de tipo granofídico entre cuarzo y feldespato potásico. Ésta variación textural puede ser explicada por los diferentes grados de sobrenfriamiento del magma durante la cristalización del borde y del centro de los diques.

Bibliografía

Astini R.A. 1996. Las fases diastróficas del Paleozoico medio en la Precordillera del oeste argentino — Evidencias estratigráficas. XII Congreso Geológico Argentino, Mendoza, Actas, vol. 5, pp. 509–525.

Azcuy, C.L., Carrizo, H.A. y Caminos, R. 1999. Carbonífero y Pérmico de Las Sierras Pampeanas, Famatina, Precordillera, Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael. Geología Argentina, Anales del Instituto de Geología y Recursos Minerales 29, 261–318.

Bertotto, G. W., Hirch, M. H., Ponce, A. D., Orihashi, Y. y Sumino, H. 2016. Petrografía y geoquímica del centro eruptivo basáltico Toscales. Zona de retroarco extranadino de la provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 73(3), 330-340.

Delpino, D. 1988. Informe preliminar de la Hoja 29 c, Laguna de Llancanelo, Provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería (inédito), Buenos Aires.

Delpino, D. 1997. Geología regional y petrología del Complejo Los Corrales, paleozoico superior - triásico, provincia de Mendoza. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, (inédito), 297 p., La Plata.

Cingolani, C.A. y Varela, R. 1999. Rb–Sr isotopic age of the basement rocks of the San Rafael Block, Mendoza, Argentina. II South American Symposium on Isotope Geology, Carlos Paz, Extended Abstracts, pp. 23–26

Cingolani, C.A., Basei, M.A.S., Llambías, E.J., Varela, R., Chemale Jr., F.; Siga Jr., O. y Abre, P. 2003. The Rodeo Bordalesa Tonalite, San Rafael Block (Argentina): geochemical and isotopic age constraints. X Congreso Geológico Chileno, Concepción. Actas (CD-ROM).

García, G.B. 1995. Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico Superior, Cuenca San Rafael, Argentina. Parte I: esporas. Ameghiniana, 32, pp. 315–339.

García, G.B. 1996. Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico Superior, Cuenca San Rafael, República Argentina. Parte II: granos de pólen, Incertae Sedis, Acritarcas. Ameghiniana, 83, pp. 7–33.

González Díaz, E.F., 1972. Descripción Geológica de la Hoja 30e, Agua Escondida, provincias de Mendoza y La Pampa. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 135, Buenos Aires.

González Díaz, E.F. 1979. Descripción geológica de la Hoja 31 d, "La Matancilla", Provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 173: 1-96. Buenos Aires.

González Díaz E.F., y García, H.H. 1968. El hallazgo del Neopaleozóico plantífero en el área de Agua Escondida (SE de Mendoza NO de La Pampa). III Jornadas Geológicas Argentinas (Comodoro Rivadavia, 1966) Actas I: 341-354, Buenos Aires.

Japas, M.S. y Kleiman, L.E. 2004. El ciclo Choiyoi en el bloque de San Rafael (Mendoza): de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial 7: 89-100.

Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. y Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to Middle Proterozoic in North America?. Geology 17:324-328, Boulder.

Kleiman, L.E. 1999. Mineralogía y petrología del volcanismo permo-triásico y triásico del bloque de San Rafael en el área de Sierra Pintada, provincia de Mendoza y su relación con las mineralizaciones de uranio. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédito), 286 p. Buenos Aires.

Kleiman, L.E y Japas, M.S. 2009. The Choiyoi volcanic province at 34°S–36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): Implications for the Late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. Tectonophysics 473: 283-299.

Linares, E., Manavella, M.A. y Piñeiro, A. 1979. Geocronología de las rocas efusivas de la zona de los yacimientos "Dr. Baulies" y "Los Reyunos" Sierras Pintadas de San Rafael, Mendoza, República Argentina. Actas VII Cong. Geol. Arg. (Neuquén) 1: 13-21. Buenos Aires.

Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C. 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Asociación Geológica Argentina, Revista 34(1): 87-146, Buenos Aires.

Llambías, E.J. 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior - Triásico. En: Caminos R. (Ed.): Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 349-376, Buenos Aires.

Llambías, E.J. y Sato, A.M. 2011. Ciclo Gondwánico: la provincia magmática Choiyoi en Neuquén. In: Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino, pp. 53-62.

Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993. Magmatismo gondwánico de Mendoza. In: Ramos, V.A. (Ed.), Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino, pp. 53–64.

Mallimacci, H.S. 1999. Yacimientos de fluorita del bloque de San Rafael, Mendoza. En: Recursos minerales de la República Argentina (Ed. E.O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 881-892, Buenos Aires.

Narciso, V., Mallimacci, H., SantaMaría, G., Sepúlveda, E. y Zanettini, J.M. 2007. Hoja geológica 3769-II, Agua Escondida. Provincias de Mendoza y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 300, 39 p., Buenos Aires.

Ramos, V.A., Jordan, T., Allmendinger, R.W., Kay, S.M., Cortés, J.M. y Palma, M.A., 1984. Chilenia: un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. IX Congreso Geológico Argentino Actas, vol. 2, pp. 84–106.

Ramos V.A., Jordan T., Allmendinger R., Mpodozis C., Kay S., Cortez J. y Palma M. 1986. Paleozoic terranes of the central Argentina–Chilean Andes. Tectonics, 5, pp. 855–880.

Rolleri, E.O. y Criado Roqué, P. 1970. Geología de la provincia de Mendoza. 4ª Jornadas Geológicas Argentinas (Mendoza, 1969), Actas 2: 1-60. Buenos Aires.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A., Nutman, A.P., Kleiman, L.E., Varela, R., Llambías, E., Canile, F.M. y da Rosa, O. de C.R. 2011. 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. Gondwana Research 19, 509-523.

Sato, A. M., Llambías, E. J., Basei, M. A. S, Castro C.E. 2015. Three stages in the Late Paleozoic to Triassic magmatism of southwestern Gondwana, and the relationships with the volcanogenic events in coeval basins. Journal of South American Earth Sciences 63 (2015): 48-69.

Tickyj, H., Tomezzoli, R.N. y Basei, M.A. 2014. Primeras edades U-Pb en intrusivos pérmicos del Distrito minero Agua Escondida, Mendoza. 19º Congreso Geológico Argentino, Actas CD - T8 54, Córdoba.

Tickyj, H., Tomezzoli, R.N., Basei, M., Fernández, M.A., Blatter, J.M., Rodríguez, N. y Gallo, L. 2015. Geología de la Formación Piedras de Afilar, basamento granítico del Distrito Minero Agua Escondida, Mendoza. 3º Simposio sobre Petrología Ignea y Metalogénesis Asociada. CD Resúmenes: 158-159 p. General Roca.

Tickyj, H., Tomezzoli, R.N y Basei, M.A. 2016. Edad U-Pb del granito Lomas de las Piedras de Afilar, Distrito Minero Agua Escondida, Mendoza. XII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. CD Resúmenes. Santa Rosa, La Pampa.