



Geología y metamorfismo del basamento Ígneo-
Metamórfico del arroyo Cochicó Grande en el
paraje Kilka, Precordillera Neuquina Sur

Claudio Jesus Garcia

Universidad Nacional de Río Negro

Sede Alto Valle - Valle Medio

Carrera de Licenciatura en Geología

*“Geología y metamorfismo del basamento ígneo-metamórfico del
arroyo Cochicó Grande en el paraje Kilka, Precordillera Neuquina
Sur”*

Autor: Claudio Jesus Garcia

cgarcia@unrn.edu.ar

Universidad Nacional de Río Negro

Director: Dr. Pablo Diego González

pdgonzalez@unrn.edu.ar

Universidad Nacional de Río Negro

CONICET

Marzo de 2020 - TRABAJO FINAL DE GRADO

RESUMEN

Se estudió la estratigrafía, estructura interna y petrografía del basamento ígneo-metamórfico del arroyo Cochicó Grande en el paraje Kilka y alrededores (38°51'00"S-70°48'00"O, Villa Pehuenia, Neuquén). Como resultado del mapeo se han identificado hasta tres complejos de rocas de basamento y su cobertura volcano-sedimentaria.

El basamento está constituido por rocas metamórficas de bajo grado y de alto grado del Complejo Igneo-Metamórfico Kilka y del Complejo Metamórfico Pehuenia, respectivamente, que no están en contacto entre sí. Los cuerpos ígneos intrusivos se reunieron en el Complejo Plutónico Cochicó Grande, que es post-orogénico ya que corta la estructura interna de los complejos metamórficos y produce metamorfismo térmico de contacto.

El Complejo Igneo-Metamórfico Kilka está compuesto por meta-volcanitas, filitas y hornfels. La esquistosidad de plano axial S1 tiene rumbo NO-SE e inclina 67°-80° al NE. La asociación metamórfica de las filitas es cuarzo-mica blanca-clorita y de las meta-volcanitas/meta-ignimbritas es cuarzo-albita-epidoto-clorita ± tremolita-actinolita, e indican que el metamorfismo regional alcanzó la facies esquistos verdes.

El Complejo Metamórfico Pehuenia consiste en paragneises con cuarzo-plagioclasa-biotita-muscovita ± cordierita, migmatitas y anfibolitas. Su foliación metamórfica penetrativa S2 es de rumbo NO-SE e inclina con alto ángulo al SO. El metamorfismo regional alcanzó la facies anfibolita.

La cobertura volcano-sedimentaria está compuesta por rocas piroclásticas y volcánicas que cubren en discordancia angular a los tres complejos de basamento. Sus rocas son reunidas dentro del Grupo Choiyoi y asignadas al Pérmico-Triásico inferior, por lo cual la evolución geológico-estructural del basamento es pre-pérmica. Dado que las rocas de la cobertura están afectadas por metamorfismo regional de muy bajo a bajo grado y por deformación compresiva, también se las puede comparar con aquellas del ciclo Pre-Cuyano (Triásico superior-Jurásico inferior) de la Cuenca Neuquina, que también exhiben estos mismos atributos geológicos.

Palabras clave: Estructura-Metamorfismo-Basamento-Villa Pehuenia-Neuquén.

ABSTRACT

The aim of this contribution is the study of the stratigraphy, internal structure and petrography of the igneous-metamorphic basement in arroyo Cochicó Grande, Kilka area and surroundings (38°51'00"S-70°48'00"O, Villa Pehuenia, Neuquén). As a results, up to three complexes of basement rock and their volcano-sedimentary cover have been identified.

The basement consists of low-grade and high-grade metamorphic rocks of the Kilka Igneous-Metamorphic Complex and the Pehuenia Metamorphic Complex respectively, which are not in contact with each other. The intrusive igneous bodies were grouped into the Cochicó Grande Plutonic Complex, which is post-orogenic as it cuts the internal structure of metamorphic complexes and produces thermal contact metamorphism.

The Kilka Igneous-Metamorphic Complex is composed of meta-volcanic rocks, phyllites, and hornfels. The axial plane of schistosity S1 has NW-SE trending and dips between 67° and 80° to the NE. The metamorphic association of the phyllites is quartz-white mica-chlorite, and that of the meta-volcanic rocks is quartz-albite-epidote-chlorite ± tremolite-actinolite, both indicative that the regional metamorphism reached the greenschist facies.

The Pehuenia Metamorphic Complex consists of paragneises with quartz-plagioclase-biotite-muscovite ± cordierite, migmatites and amphibolite. Its penetrative metamorphic foliation S2 is NW-SE tranding and dips to the SW at high angles. Regional metamorphism reached the amphibolite facies.

The volcano-sedimentary cover is composed of pyroclastic and volcanic rocks that unconformably cover the three basement complexes. It is assigned to the Choiyoi Group of the Lower Permian-Triassic, so the geological-structural evolution of the basement is pre-Permian. Since the rocks of the sedimentary cover are affected by very-low to low-grade regional metamorphism and by compressive deformation, they can also be compared with

those of the Pre-Cuyano cycle (Upper Triassic-Lower Jurassic) of the Neuquén Basin, which also exhibit these same geological attributes.

Keywords: Structure-Metamorphism-Basement-Villa Pehuenia-Neuquén.

Agradecimientos. El presente trabajo se llevó a cabo en el marco de las Becas de Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional EVC-CIN y del proyecto con código PI-UNRN-40-A-462 a cargo de Pablo Diego Gonzalez. En el trabajo de campo fue indispensable la compañía del director de tesis y el Licenciado en Geología Christian Soto quien aportó muchas de las fotografías de afloramientos en este documento.

Índice general

1 Introducción

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Marco geológico
- 1.3 Objetivos

2 Materiales y métodos

- 2.1 Trabajos de gabinete previos al campo
- 2.2 Trabajos de campo
- 2.3 Trabajos de gabinete posteriores al campo

3 Resultados

- 3.1 Estratigrafía del basamento ígneo-metamórfico
 - 3.1.1 Complejo Metamórfico Pehuenia
 - 3.1.2 Complejo Ígneo-Metamórfico Kilka
 - 3.1.3 Complejo Plutónico Cochicó Grande
 - 3.1.3.1 Emplazamiento y deformación
- 3.2 Rocas volcánicas y subvolcánicas
- 3.3 Meta-ignimbrita del ciclo precuyano
- 3.4 Mesozoico y cenozoico del área de estudio

4 Discusión

5 Conclusiones

6 Referencias bibliográficas

Índice de figuras

1. Figura de ubicación y acceso al lugar de trabajo
2. Figura de los principales afloramientos de basamento de la provincia de Neuquén
3. Panorámica de los afloramientos de basamento
4. Mapa de detalle del basamento ígneo-metamórfico
5. Mapa Geológico del arroyo Cochicó grande
6. Afloramientos y rocas del Complejo Metamórfico Pehuenia
7. Fotomicrografías de la petrografía del Complejo Metamórfico Pehuenia
8. Afloramientos y rocas del Complejo Ígneo-Metamórfico Kilka
9. Fotomicrografías de la petrografía del Complejo Ígneo-Metamórfico Kilka
10. Afloramientos y rocas del Complejo Plutónico Cochicó Grande
11. Fotomicrografías de la petrografía del Complejo Plutónico Cochicó Grande
12. Fotografías de escalones sin-cinemáticos de cuarzo
13. Fotomicrografías de las micro estructuras de la milonita y pseudotaquilita
14. Afloramientos de rocas volcánicas y subvolcánicas
15. Secuencia volcanoclástica plegada del ciclo precuyano
16. Fotomicrografías del metamorfismo del ciclo precuyano
17. Tabla de facies metamórficas
18. Figura de relaciones estratigráficas

Lista de minerales abreviados

Act: actinolita

Pl: plagioclasa

Bt: biotita

Pmp: pumpellyita

Chl: clorita

Pr: prehnita

Cpx: clinopiroxeno

Qz: cuarzo

Ep: epidoto

Tr: tremolita

Kfs: feldespato potásico

Tur: turmalina

Opq: opacos

1 - INTRODUCCIÓN

La zona de trabajo se encuentra en el sector centro occidental de la provincia de Neuquén a unos ~32 km al este de la localidad de Villa Pehuenia por ruta provincial número 13 y al norte del paraje Kilka en un asentamiento de trashumancia ganadera (Fig. 1). El trabajo se restringe a las cabeceras, zona alta y media del arroyo Cochicó Grande. Sus aguas provienen del deshielo de pequeñas cabeceras nevadas dentro de un gran valle de origen fluvial, pero que en primera instancia socavaron las últimas glaciaciones del Pleistoceno. El estudio está enfocado en la petrología del basamento ígneo-metamórfico local para inferir sobre la Geología regional, haciendo hincapié en el metamorfismo, estructura y estratigrafía con el propósito de ampliar el conocimiento del zócalo de basamento de la provincia política de Neuquén y la provincia Geológica de Precordillera Neuquina Sur, que en esta rama de la Geología se encuentra escasamente estudiada.

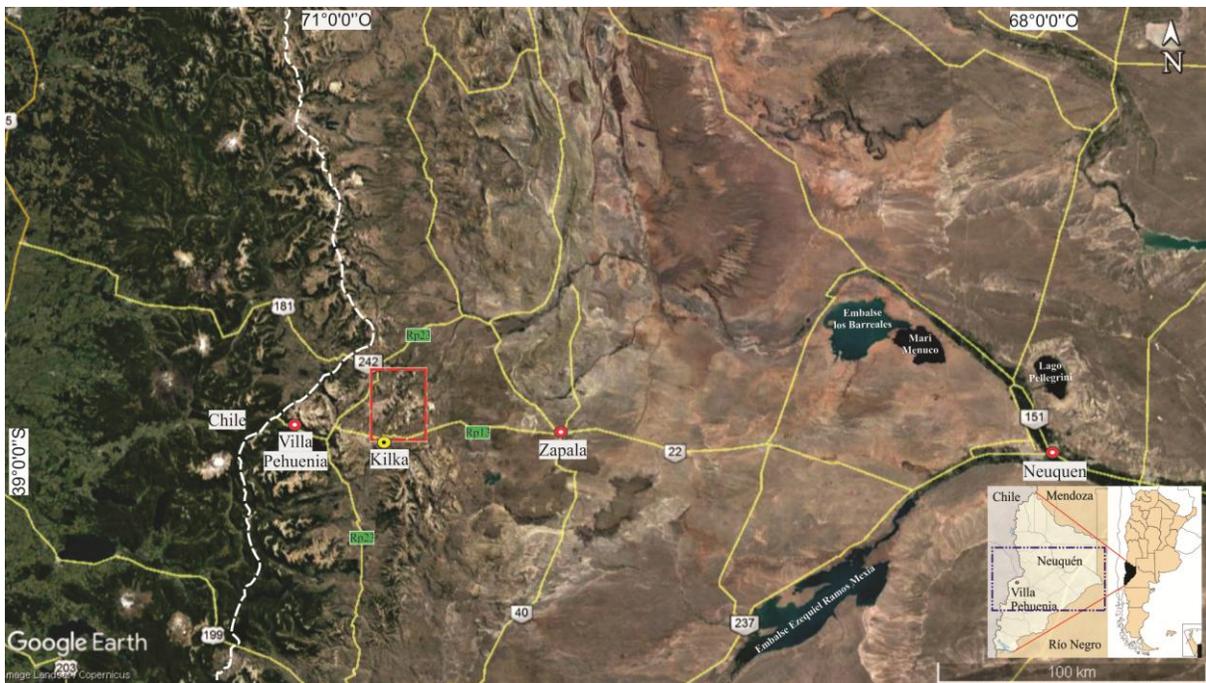


Figura 1: ubicación geográfica con las rutas de acceso a la zona de trabajo.

1.1 - ANTECEDENTES

En el área de trabajo son escasos los antecedentes bibliográficos que se refieren exclusivamente a la cartografía regional incluyendo las relaciones estratigráficas y descripciones de las rocas ígneo-metamórficas de basamento y de la cobertura volcano-sedimentaria (Lambert 1956, Galli 1969). Los trabajos de estos autores son los primeros publicados en la zona, y a pesar de haberse realizado hace más de medio siglo, sus mapas y descripciones aún tienen vigencia. Trabajos más recientes (Zanettini *et al.* 2010, Cingolani *et al.* 2011) brindan síntesis del conocimiento de este basamento, pero siguen apoyándose sobre las bases cartográficas de los trabajos de Lambert (1956) y Galli (1969), aportando además comparaciones estratigráficas regionales con otras rocas del basamento de Neuquén y Río Negro (Fig. 2). Sobre la base de estas comparaciones asignan edades siluro-devónica media a la depositación del protolito y devónica superior-carbonífera al metamorfismo (Zanettini *et al.* 2010, Cingolani *et al.* 2011).

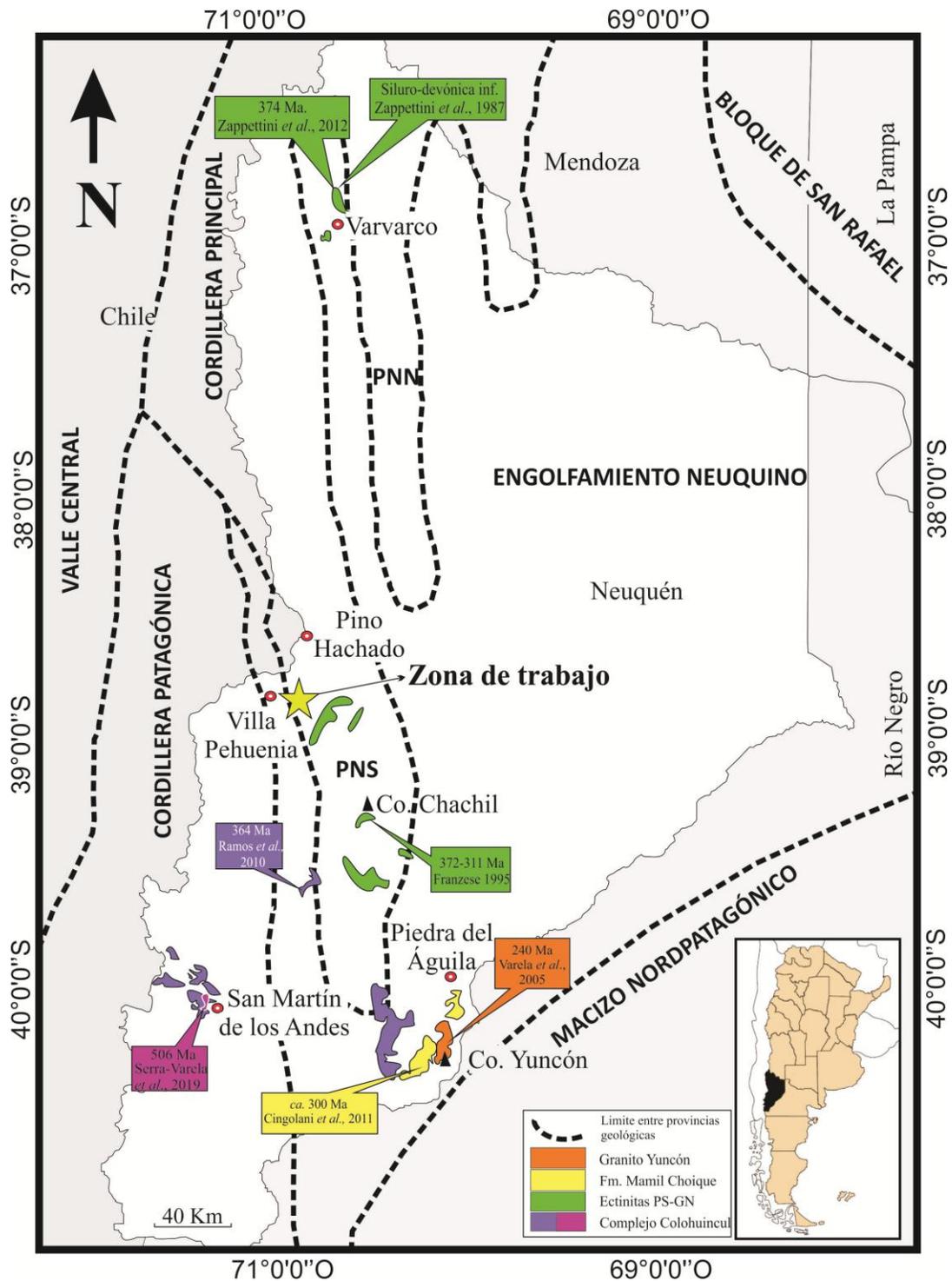


Figura 2: ubicación de los principales afloramientos de basamento de la provincia de Neuquén. En líneas discontinuas están redibujadas las provincias Geológicas (Ramos *et al.* 2011). Las abreviaturas corresponden a: PNN; Precordillera Neuquina Norte, PNS; Precordillera Neuquina Sur, PS; Piedra Santa y GN; Guaraco Norte. Para fines comparativos se muestran los principales afloramientos de basamento de la PNS con los de la PNN, Cordillera Patagónica y Cuenca Neuquina. La nueva edad en cercanías a la localidad de San Martín de los Andes se encuentra dentro del Complejo Colohuincul y está tomado de Serra Varela *et al.*, (2019).

1.2 - MARCO GEOLÓGICO

El basamento ígneo-metamórfico que es objeto de estudio en esta tesis se ubica entre Villa Pehuenia y Zapala, provincia de Neuquén (con centro en 38°51'00"S, 70°48'00"O), formando parte del zócalo Paleozoico de la PNS (Fig. 2). La PNS es una ramificación hacia el S-SE de la Cordillera Principal (Keidel 1925) que finaliza a los ~38° de latitud Sur donde comienza la Cordillera Norpatagónica. La PNS agrupa una serie de cordones montañosos de rumbo NNO-SSE a N-S que varían entre 2.600 y 2.825 m.s.n.m., presentando mayores alturas respecto de los cerros que integran la Cordillera Patagónica (Ramos *et al.* 2011). La edad general de las rocas del basamento es neopaleozoica, del Devónico a Pérmico inferior (Cingolani *et al.* 2011) que por encima y en discordancia angular están cubiertas por rocas volcánicas del Choiyolitense (Galli 1969) o Grupo Choiyoi (Zanettini *et al.* 2010) del Pérmico-Triásico inferior, secuencias volcanoclásticas correspondientes al ciclo precuyano con edades triásicas a infrajurásicas (Rapela *et al.* 1983, Schiuma y Llambías 2008) y sucesiones volcanosedimentarias de edades cenozoicas completan el registro (Ramos *et al.* 2011). Estructuralmente se encuentra caracterizada por la inversión tectónica de un sistema de fallas extensionales que afecta al basamento y le da el carácter de piel gruesa, y que tuvieron lugar en diferentes episodios del Cretácico-Paleógeno (García Morabito 2010). La vergencia predominante hacia el oeste marca el límite oriental con la fosa del Bio Bio-Aluminé.

Con respecto al basamento ígneo-metamórfico de la provincia de Neuquén, los afloramientos se reúnen en las Formaciones Colohuincul, (Ectinita) Piedra Santa y (Ectinita) Guaraco Norte, para las rocas metamórficas y Formación Mamil Choique sumado al Granito Yuncón para las rocas ígneas intrusivas. El Complejo Colohuincul reúne a las metamorfitas expuestas en afloramientos dispersos en la Cordillera Neuquina con edades Cámbricas, en sectores cercanos a San Martín de los Andes a Devónicas en Cuesta de Rahue. La Formación Mamil Choique que se desarrolla en el sudeste del territorio provincial (comarca de Piedra del Águila) se interpreta como un complejo plutónico del neopaleozoico (ca. 300 Ma). Por su parte, el Granito Yuncón es un cuerpo de dimensiones batolíticas aflorante en la misma zona, su posible edad varía entre Neopaleozoico y Triásico. La Ectinita Guaraco Norte está compuesta por pizarras y esquistos que se exponen

en la región de Varvarco y sería correlacionable con la Ectinita Piedra Santa. Esta última se desarrolla casi en los mismos límites de este trabajo, en la comarca delimitada por los parajes de Pino Hachado, Sainuco y Primeros Pinos donde se encuentran sus principales afloramientos y su localidad tipo llamada cordón de la Piedra Santa (39° 20' S- 70° 40' O aproximadamente).

En la Hoja Geológica Lago Aluminé (Galli 1969), el mapeo del basamento en la zona se estudio se lo describe todo como basamento cristalino, compuesto esencialmente por filitas, esquistos y paragneises, y en menor proporción por areniscas, lutitas, cuarcitas y anfibolitas. También varios cuerpos de granitoides son intrusivos en las rocas metamórficas y producen hornfels en la zona de contacto. Las metapelitas están en contacto entre sí, especialmente las filitas con los esquistos y las filitas con los gneises (Lambert 1956, Galli 1969). Sin embargo, se desconocen los tipos de contactos, si son netos, o transicionales o si son tectónicos. En las cabeceras del arroyo Cochicó Grande en su parte más occidental y septentrional afloran filitas oscuras de rumbo noreste e inclinación al sudeste, que al fracturarse, se ven de tonos grisáceas. También se distinguen los cuerpos intrusivos microgranodioríticos que deformaron la roca previamente sedimentaria. Los gneises tienen una foliación de rumbo ~E-O, que geométricamente es casi ortogonal al rumbo del clivaje de las filitas. No se conoce si los gneises son el equivalente de mayor grado metamórfico de las filitas, ni si sus estructuras de deformación tienen alguna relación geométrica y si ambas rocas derivan de un protolito en común.

En una Hoja más reciente Zanettini *et al.* (2010) retoman las ideas cartográficas de Galli (1969) e interpreta al basamento del arroyo Cochicó Grande como la Ectinita Piedra Santa (expuestas en el Cordón de la Piedra Santa) y la Ectinita Guaraco Norte (expuesta en la localidad de Varvarco y al norte de la Laguna Varvarco campos) y un bloque de granitoides intrusivos que por comparación estratigráfica regional los asigna al Pérmico inferior como Complejo Plutónico de Chachil formada por granodioritas, granitos, tonalitas.

1.3 – OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es contribuir al conocimiento petrológico y estructural del basamento de la zona. Confeccionar un mapa geológico a escala detallada de la zona de

estudio, diferenciando claramente los cuerpos ígneos de sus rocas metamórficas de caja. Determinar las relaciones estratigráficas primarias entre las distintas unidades de basamento.

Elaborar perfiles estratigráficos y estructurales que representen las relaciones de contacto entre el basamento y los cuerpos intrusivos.

Realizar un análisis mineralógico-textural y micro-tectónico de las rocas ígneas y metamórficas aportando información adicional a los anteriores ítems.

Proponer un esquema general de evolución geológica para el basamento.

A partir de la evolución tectono-metamórfica y magmática del basamento discutir las similitudes y diferencias con basamentos de la misma Precordillera Neuquina Sur y los afloramientos vecinos, como los que se encuentran más al sur en Cordillera Norpatagónica.

2 – MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología y técnicas empleadas son las de uso frecuente en Cartografía, Petrología Ígnea-Metamórfica y Geología Estructural. Se desarrolla a continuación de forma cronológica el detalle de las labores realizadas.

2.1 – TRABAJOS DE GABINETE PREVIOS AL CAMPO

En los trabajos previos al campo se realizó la recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos, éditos de la zona de estudio y temas generales de metamorfismo, afianzando y fortaleciendo el manejo de los conocimientos y técnicas geológicas adquiridas durante el cursado de la carrera de una forma integral.

Se realizaron trabajos de mapeo de las unidades ígneo-metamórficas con los softwares Global Mapper 11 y ArcMap 10.1. Esto se realizó a partir de la base geológica de imágenes satelitales (descargadas, analizadas e interpretadas) de Google Earth Pro, Bing Maps e imágenes Landsat RGB 321 (muestra el color natural).

Se seleccionaron los lugares de muestreo teniendo en cuenta el acceso y la calidad de los afloramientos (generalmente buscados en grandes geoformas de erosión glaciár). Haciendo hincapié en que contengan rasgos lineales de gran y pequeña escala que pudieran

estar mostrando algún tipo de fábrica metamórfica o estructuras a nivel regional y local. También se prestó atención a los cambios texturales en la meteorización de las rocas y al tipo de manto vegetado que las cubre, ya que generalmente cambia el tipo de vegetación según el sustrato que las contenga.

2.2 – TRABAJOS DE CAMPO

En los trabajos de campo se controló el mapeo de base de las unidades ígneo-metamórficas estudiadas en gabinete y se procedió al muestreo de cada unidad para su estudio mineralógico-textural en gabinete-laboratorio. Se relevaron datos geológicos en recorridos transversales al rumbo de las principales estructuras regionales y datos de rumbo e inclinación de foliaciones, lineaciones y ejes de pliegues, así como también de indicadores cinemáticos en zonas de cizalla. Se documentaron las unidades mediante fotos de afloramiento y detalle y se georeferenciaron con GPS los datos de las localidades relevadas.

2.3 – TRABAJOS DE GABINETE POSTERIORES AL CAMPO

En el laboratorio del IIPG (Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología) y gabinete, se realizó el acondicionamiento y preparación de chips de rocas (resultado intermedio entre la muestra de mano y la lámina delgada), acompañado del estudio mineralógico y textural bajo lupa binocular.

Para la preparación de los chips de roca se realizaron los siguientes pasos:

- Se orientaron espacialmente las muestras de rocas en el campo con brújula y GPS (sea que tengan foliación magmática o tectónica).
- Se titularon con rotulador indeleble según la ubicación marcando en ellas algún tipo de estructura, polaridad o simplemente la línea de rumbo.
- En el laboratorio del IIPG se utilizó una cortadora de disco adiamantado y refrigerado por agua para llegar a un tamaño adecuado de la muestra, que en este caso se encontraba sujeto al tamaño del vidrio porta objeto. Acompañando al proceso de corte con el estudio de la mineralogía y textura.

- Luego se procede al pulido con abrasivos de polvo de carburo de silicio (desde grado 800 pasando por 1000 y terminando en 1200) sobre planchas cuadradas de vidrio con un espesor de 8 mm y un ancho de 40 cm de lado.
- El preparado y terminación final de las láminas se llevaron a cabo en un laboratorio externo y de uso corriente.
- Una vez obtenidas las secciones delgadas, se realizó el estudio e interpretación de la mineralogía y textura bajo el microscopio petrográfico. Se analizaron cualitativamente las condiciones físicas del metamorfismo (presión y temperatura) mediante las asociaciones minerales, las paragénesis, las facies y la serie de facies metamórficas. El estudio mineralógico, textural y composicional se efectuó con un microscopio petrográfico NIKON modelo Eclipse EPOL 200, perteneciente al Laboratorio de Microscopía Óptica del IIPG.
- Se obtuvieron fotomicrografías que fueron adquiridas con un equipo de cámara y video digital 319 CU (3.2M) CMOS Microscopy Camera, adosado al tubo central del microscopio, y conectado a un sistema de hardware. El proceso de digitalización de las fotografías se llevó a cabo con el software Micrometrics® SE Premium 4 asociado al equipo, que también pertenece al IIPG (UNRN-CONICET).
- Finalmente, se prepararon informes de beca CIN que sirvieron de base para la redacción final de este trabajo y se preparó una contribución presentada en el XIII Congreso de Mineralogía, Petrología Ígnea y Metamórfica, y Metalogénesis (XIII MINMET – IV PIMMA).

3 – RESULTADOS

3.1 - ESTRATIGRAFÍA DEL BASAMENTO ÍGNEO-METAMÓRFICO

Sí bien los afloramientos de la zona están cubiertos por la vegetación autóctona, con el estudio de imágenes satelitales, se pudieron distinguir algunos rasgos característicos. Diferenciando entre rocas de distinta composición, disposición de grandes y medianas estructuras se planeó un relevamiento sistemático, principalmente de los grandes cuerpos ígneos plutónicos, para encontrar subsecuentemente los de menor tamaño de origen ígneo y metamórfico (Fig. 3).

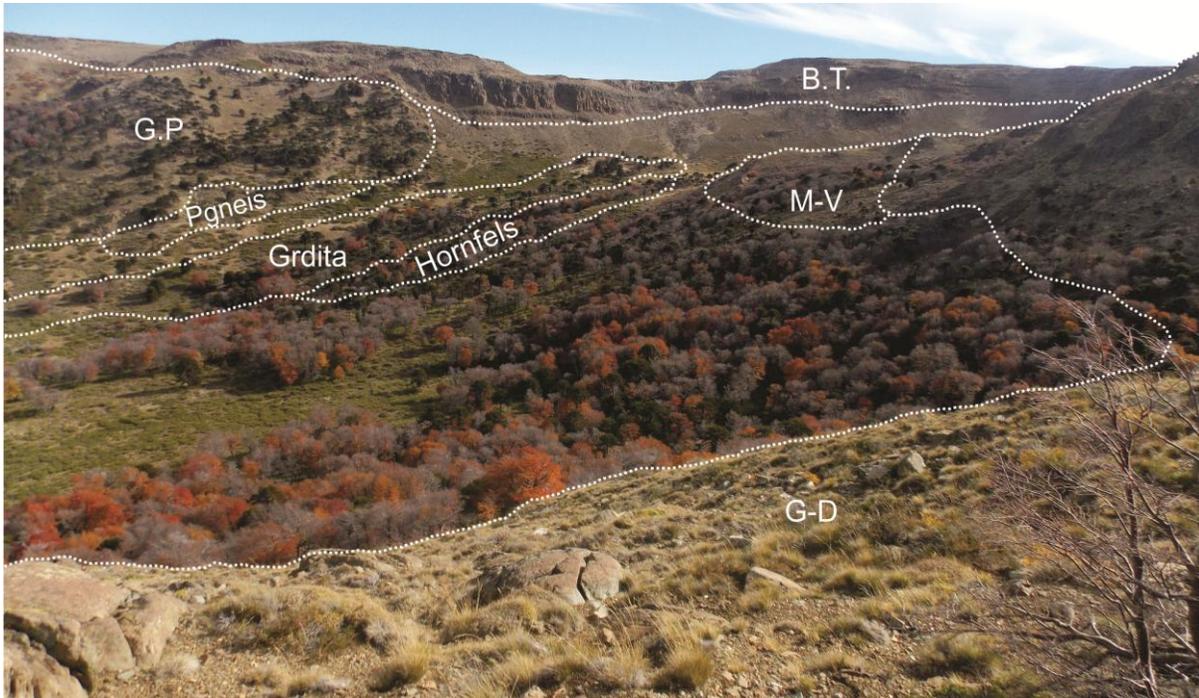


Figura 3: fotografía con vista hacia el oeste mostrando los contactos entre las unidades que afloran en un circo glaciar del arroyo Cochicó Grande. Las siglas y abreviaturas corresponden a: Pgneis (Paragneis), que forman el CMP; Hornfels y M-V (Metavulcanitas) que se agrupan dentro del CI-MK; G-D (Gabro-Diorita), Grdita (Granodiorita) y G.P (Granito Porfírico) como cuerpos intrusivos dentro del CPCG; por último, en discordancia angular con una forma tabular planar y coronando a las rocas del basamento el Basalto Tipilihuque (B.T.).

A partir del mapeo geológico, petrológico y estructural, el basamento se ha dividido en las siguientes unidades litoestratigráficas, que corresponden a la primera mención para la zona de estudio: Complejo Metamórfico Pehuenia (CMP de aquí en adelante), Complejo Ígneo-Metamórfico Kilka (CI-MK de aquí en adelante) y Complejo Plutónico Cochicó Grande (CPCG de aquí en adelante). Si bien se carecen de controles temporales que permiten asignar edades de metamorfismo-deformación y magmatismo, y así establecer correlaciones regionales precisas, los dos primeros son equivalentes a la Ectinita Piedra Santa y el complejo plutónico podría ser comparable con el Complejo Plutónico del Chachil (Fig. 4).

En este TFL se prefiere distinguir el basamento ígneo-metamórfico de la zona de estudio con nombres nuevos y abolir los usados por comparación regional, ya que las rocas que los conforman son distintas, y además están a varios kilómetros de distancia, de las localidades tipo de Ectinita Piedra Santa y Complejo Plutónico del Chachil (Fig. 4).

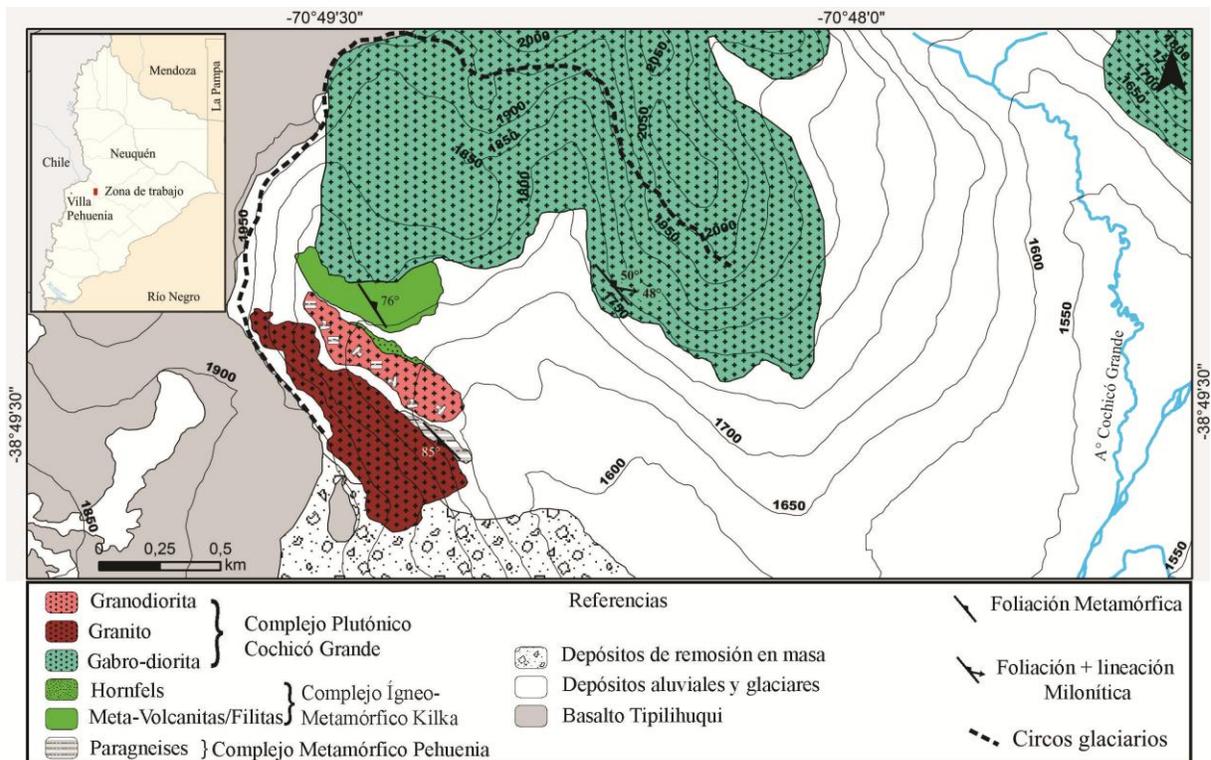


Figura 4: mapa de detalle del basamento ígneo-metamórfico en un circo glaciar en el extremo norte del arroyo Cochicó Grande.

Las rocas metamórficas se dividen en bajo y alto grado, que no están en contacto entre sí. Los cuerpos ígneos intrusivos cortan la estructura interna de las mismas y producen metamorfismo local de contacto.

El CPCG está compuesto por, al menos, un plutón de granito-granodiorita de textura porfírica a equigranular de grano grueso a medio respectivamente y otro de gabro-diorita equigranular de grano medio, que no se encontraron en contacto entre sí.

El plutón de granito-granodiorita está intruído en las rocas ya deformadas y metamorfizadas regionalmente del CMP y del CI-MK, mientras que el cuerpo de gabro-diorita sólo intruye al CI-MK. El CPCG tiene carácter post-orogénico respecto a la evolución estructural y metamórfica de sus rocas de caja.

El CMP es de alto grado en facies anfíbolita y consiste esencialmente en paragneises con cuarzo-plagioclasa-biotita-muscovita ± cordierita y migmatitas, y en menor proporción por anfíbolita. Su foliación metamórfica penetrativa S2 es de rumbo NO-SE e inclina con alto ángulo al SO.

El CI-MK es de bajo grado en facies esquistos verdes y está compuesto por una alternancia de meta-volcanitas mesosilícicas a ácidas, filitas y hornfels. La esquistosidad S1 del CI-MK es de plano axial y también tiene rumbo NO-SE e inclina entre 67° y 80° al NE. La asociación metamórfica de las filitas es cuarzo-mica blanca-clorita y de las meta-volcanitas/meta-ignimbritas es cuarzo-albita-epidoto-clorita ± tremolita-actinolita.

Una faja de cizalla dúctil discreta de 50-60 cm de espesor con protomilonitas corta al plutón de gabro-diorita. La foliación milonítica es de rumbo NO-SE con inclinaciones de ~50° al NE. La lineación milonítica es de estiramiento y buza 48° al Este. La cinemática de la faja es oblicua sinistral, paralela a la lineación milonítica y movimiento de techo hacia el Oeste, con carácter inverso (Fig. 5).

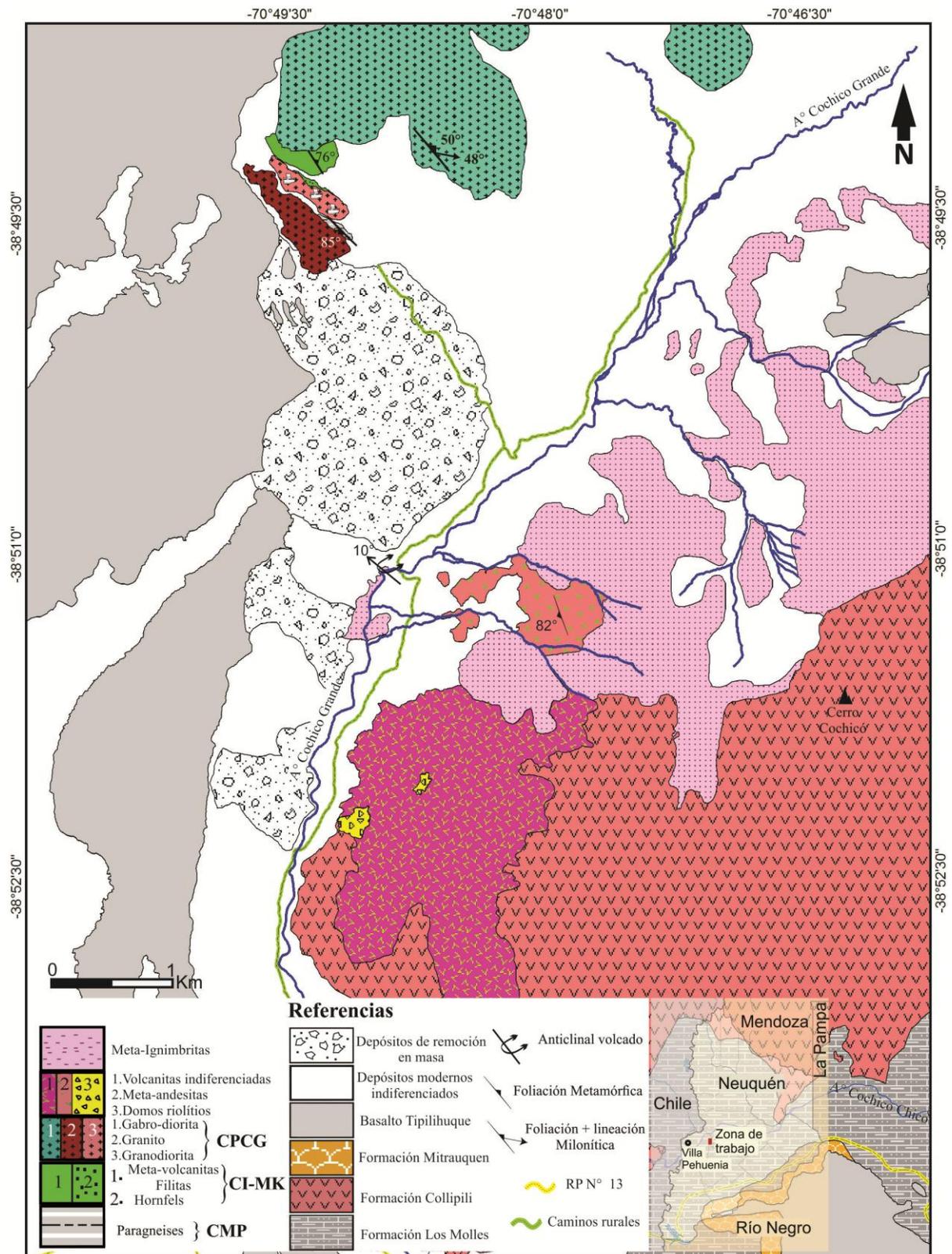


Figura 5: mapa geológico del arroyo Cochicó Grande.

3.1.1 – COMPLEJO METAMÓRFICO PEHUENIA

El Complejo Metamórfico Pehuenia es de alto grado en facies anfibolita y está compuesto esencialmente por paragneises con cuarzo-plagioclasa-biotita-muscovita ± cordierita, por migmatitas y en menor proporción por anfibolitas (Fig. 6). Su foliación metamórfica penetrativa S1 es de rumbo NO-SE e inclina con alto ángulo de ~82° al S.

Los paragneises son de color gris oscuro, y con un bandeamiento gnéisico concordante con la foliación metamórfica. La preservación del bandeamiento varía según este afectada o no por el metamorfismo térmico de contacto del CPCG. La foliación penetrativa regional está replegada por una segunda foliación de crenulación S2, con ejes de buzamiento de ~42° hacia 160°. Por lo tanto, en el Complejo Metamórfico Pehuenia se han identificado, al menos, dos episodios de deformación, D1 y D2 (Fig. 6, D).

Los paragneises bajo el microscopio petrográfico, exhiben textura grano-lepidoblástica. La parte granoblástica marcada principalmente por cuarzo, feldespatos y cordierita formando uniones triples por cristalización estática entre estos 3 minerales, mientras que las bandas lepidoblásticas se componen mayoritariamente por biotita cloritizada y moscovita (fig. 7).

Al metamorfismo regional, que impronta las foliaciones S1 del tipo orogénico y S2 que deforma la S1, se le impone un metamorfismo del tipo local (Fig. 7, A). Este se caracteriza por una recristalización estática y una generación de nuevos porfiroblastos de biotita y cordierita con una orientación aleatoria sin ningún tipo de deformación, esto se le adjudica a la intrusión de los cuerpos ígneos del CPCG y la circulación de fluidos que estos generan. El aporte de temperatura y la circulación de fluidos del CPCG, deja un sello en las rocas de basamento de alto grado, en forma de una serie de texturas de reemplazo mineral retrogrado y prógrado como así también ramificaciones de vetillas y venillas que cortan a las foliaciones regionales. Las texturas de reemplazo retrogrado se evidencian en la biotita reemplazada por clorita, las plagioclasas por un agregado de grano fino de plagioclasa sódica y epidoto, junto con calcita y micas de grano fino. Mientras que las texturas que indican un metamorfismo prógrado se ven en coronas de cordierita sobre biotita (Fig. 7, C y D). Las venillas y vetillas compuestas de clorita, epidoto y ocasionalmente turmalina cortan a las foliaciones regionales pero no así a los porfiroblastos de biotita formados en el metamorfismo local, lo que indicaría

que estas podrían haberse desarrollado en simultáneo o previo a esto, acotando temporalmente al evento.

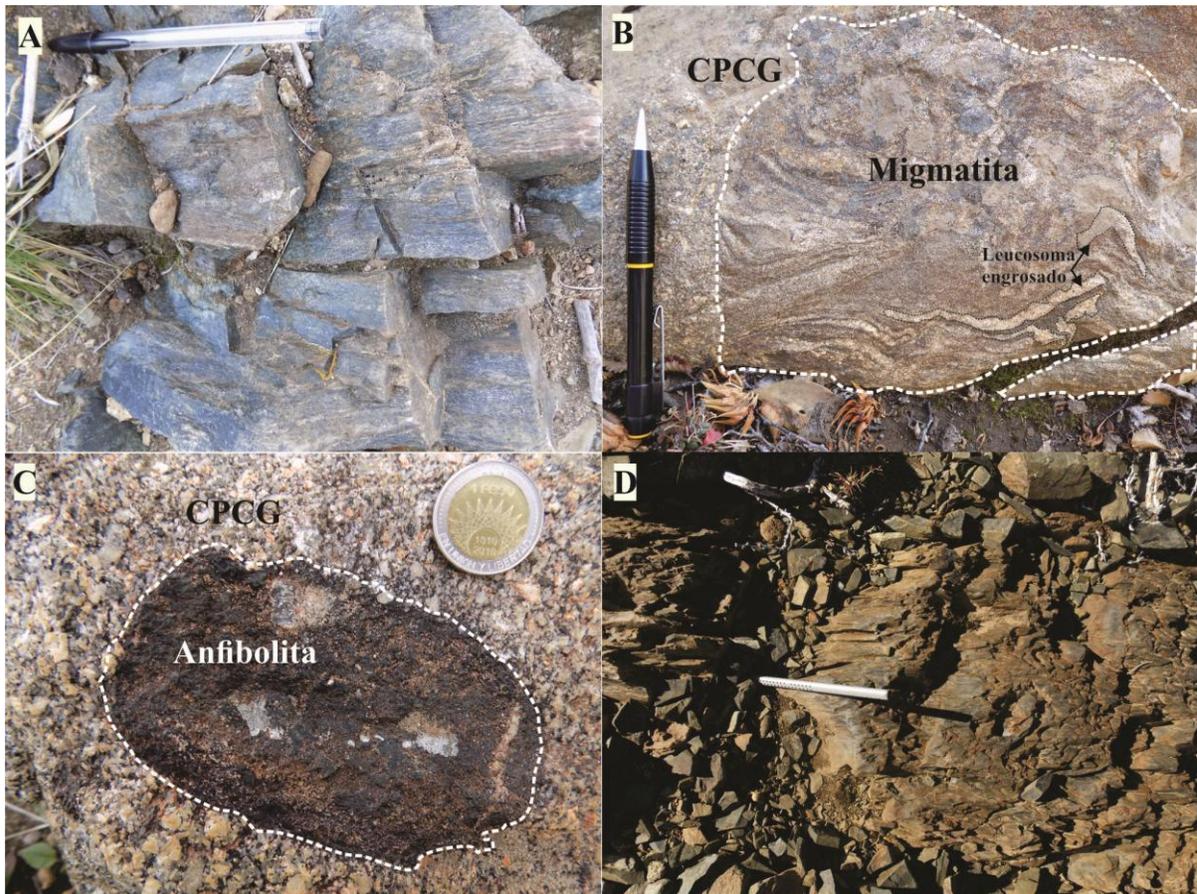


Figura 6: fotografías de las rocas que forman el CMP. A) Afloramiento de paragneises, B) uno de los enclaves de migmatitas (que llegan al metro cúbico), C) enclave de anfibolita con una corona de reacción de minerales máficos y D) ejes de crenulación de la foliación regional S1 de los paragneis que caracterizan a todo el CMP.

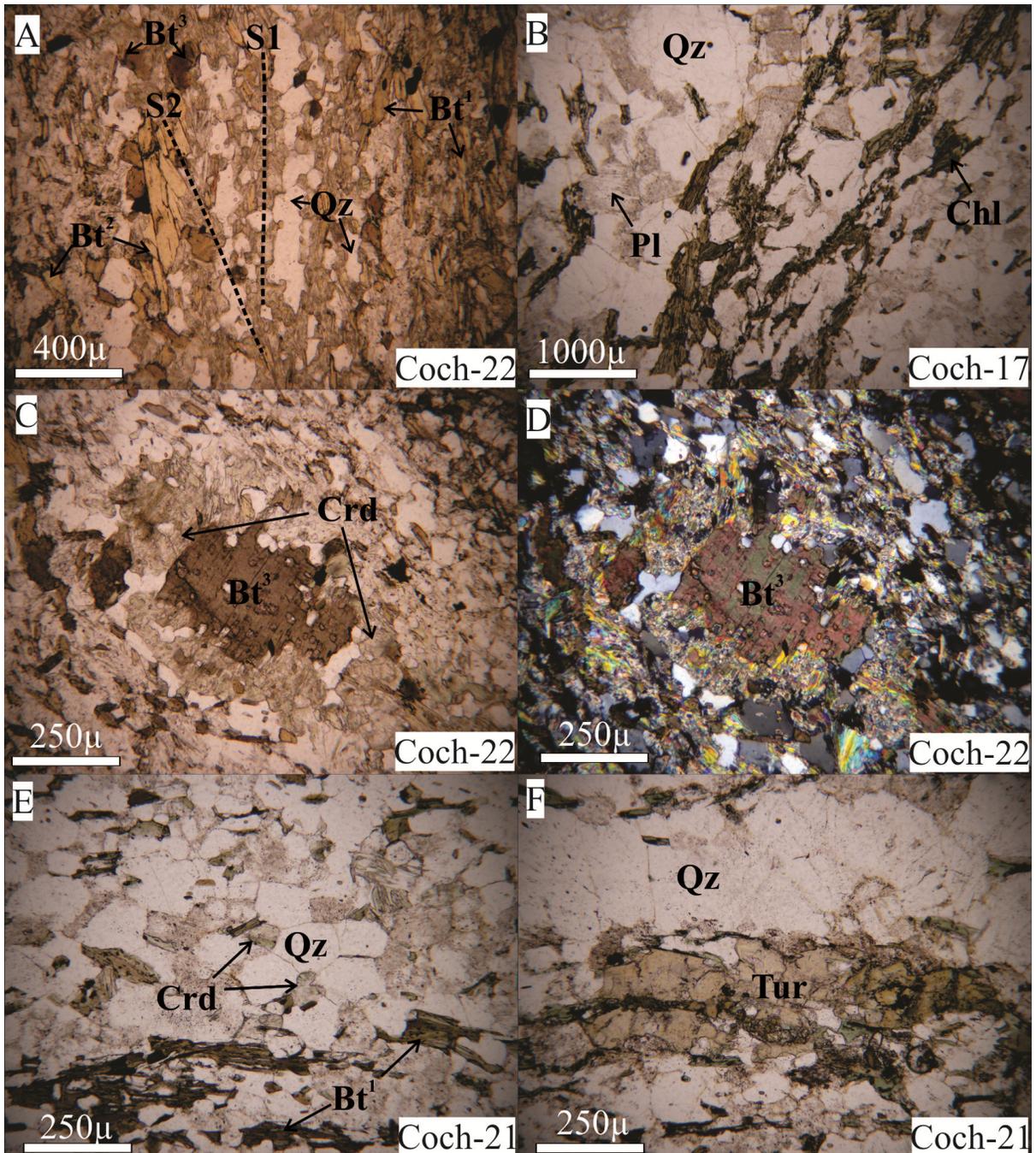


Figura 7: fotomicrografías de láminas delgadas del CMP. A) Se muestra la foliación penetrativa del tipo regional S1 y la crenulación marcada como S2, B) la muestra de paragneis de grano más grueso con biotita retrogradada a clorita, C) y D) es la misma lámina con nicoles paralelos y cruzado mostrando un porfiroblasto de biotita con corona de reacción de cordierita, E) muestra en la parte granoblástica como forma uniones poligonales el cuarzo con cordierita y F) se ve turmalina con clorita en una de las vetillas. Las siglas Coch- corresponden al número de muestra.

3.1.2 – COMPLEJO ÍGNEO-METAMÓRFICO KILKA

El CI-MK aflora al norte del arroyo Cochicó Grande en un circo glaciar. Se presenta en afloramientos de tono gris oscuro que al acercarse al afloramiento se ve verdoso de una composición bandeada entre rocas meta-volcanicas de protolitos volcanoclásticos y volcánicos coherentes, pero también negros de rocas tipo corneanas.

El complejo metamórfico es de bajo grado en facies esquistos verdes. El bandeamiento composicional S0, entre flujos de rocas volcánicas y piroclásticas, tiene rumbo general NO-SE e inclinación variable hacia el NE o SO. Una esquistosidad de plano axial S1 es más o menos concordante con S0, compartiendo su rumbo general y con inclinaciones variables entre 67 y 80° al NE. La asociación metamórfica de las filitas es cuarzo-mica blanca-clorita mientras que las meta-volcanitas y meta-ignimbritas se compone de cuarzo-albita-epidoto-clorita ± tremolita-actinolita (Fig. 8).

Los protolitos varían entre rocas sedimentarias pelíticas, piroclásticas como ignimbritas y volcánicas efusivas en forma de lavas de composiciones andesíticas. La textura eutaxítica y la matriz, con un alto porcentaje de cristaloclastos fracturados, permite clasificarla en meta-ignimbritas, donde los *fiammes* se disponen paralelos a los planos del bandeamiento composicional indicando una concordancia estratigráfica con las lavas y sedimentitas tipo limolitas, con cuarzo en sombras de presión y paralelismo con los cristaloclastos y líticos formando la foliación de metamorfismo regional. La textura porfírica con fenocristales de plagioclasas y minerales máficos, posiblemente hornblenda de unos ~ 2 mm, sumado a la pasta microcristalina, con una pseudo-orientación de los microlitos, permitió clasificarla como meta-volcanita. Por último, la textura lepidoblástica, en el protolito pelítico, está caracterizada por el alineamiento regular de minerales micáceos y cuarzo (Fig. 9).

Al CI-MK se lo pudo desglosar en al menos tres eventos bien diferenciados; los primarios que forman a los protolitos formando una foliación S0 entre lavas andesíticas, flujos piroclásticos y sedimentitas pelíticas; un metamorfismo regional que impronta sobre las rocas una foliación S1 generando un clivaje, que en algunos casos, se vé oblicuo al S0 por la diferencia reológica entre las distintas capas; un metamorfismo de contacto que genera el CPCG cortando al S0 y S1, desdibujando la foliación S1 y generando el crecimiento de nuevos porfiroblastos como cuarzo y biotita en el hornfels filítico (Fig. 9, E).

Por último, la foliación regional y el bandeamiento composicional se ven cortados casi ortogonalmente por una faja cataclástica representada por vetillas y venillas de clorita, epidoto y pumpellyita, aún no se tiene control si fue producto del emplazamiento del CPCG o algún evento anterior entre el metamorfismo regional y el de contacto (Fig. 9 D y F). Cabe destacar que minerales metamórficos de las facies prehnita-pumpellyita solo aparecen entre estas microestructuras y no así en el CPCG generando un punto a favor de que el evento sea previo al emplazamiento de los cuerpos intrusivos.

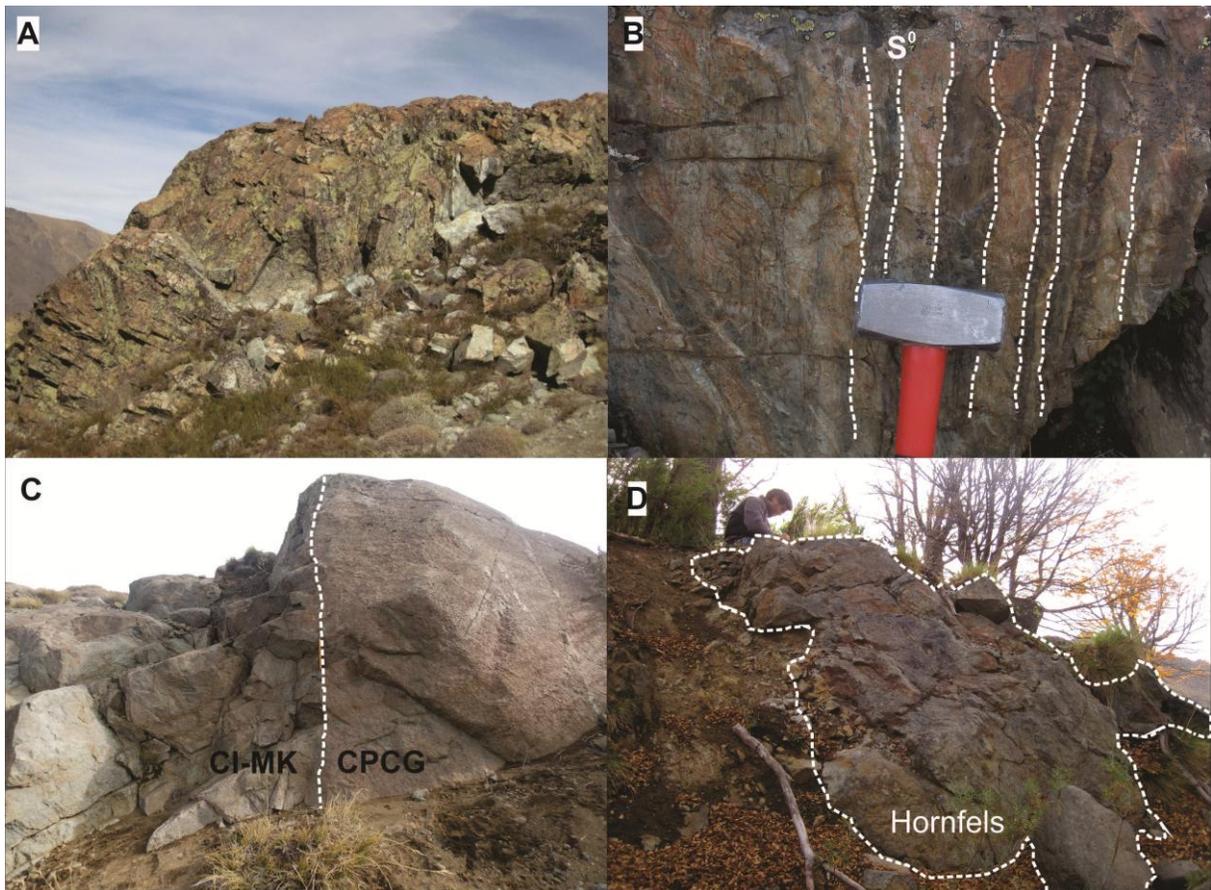


Figura 8: fotografías de afloramientos del CI-MK. A) Se muestra la forma en que afloran las meta-vulcanitas, B) la diferenciación composicional del protolito marcando un S_0 , C) contacto neto de un corte recto E-O entre la caja y un cuerpo intrusivo de CPCG y D) se muestran las formas y colores de los afloramientos de las rocas corneanas a orillas de un arroyo de primer orden que alimenta al arroyo Cochicó Grande.

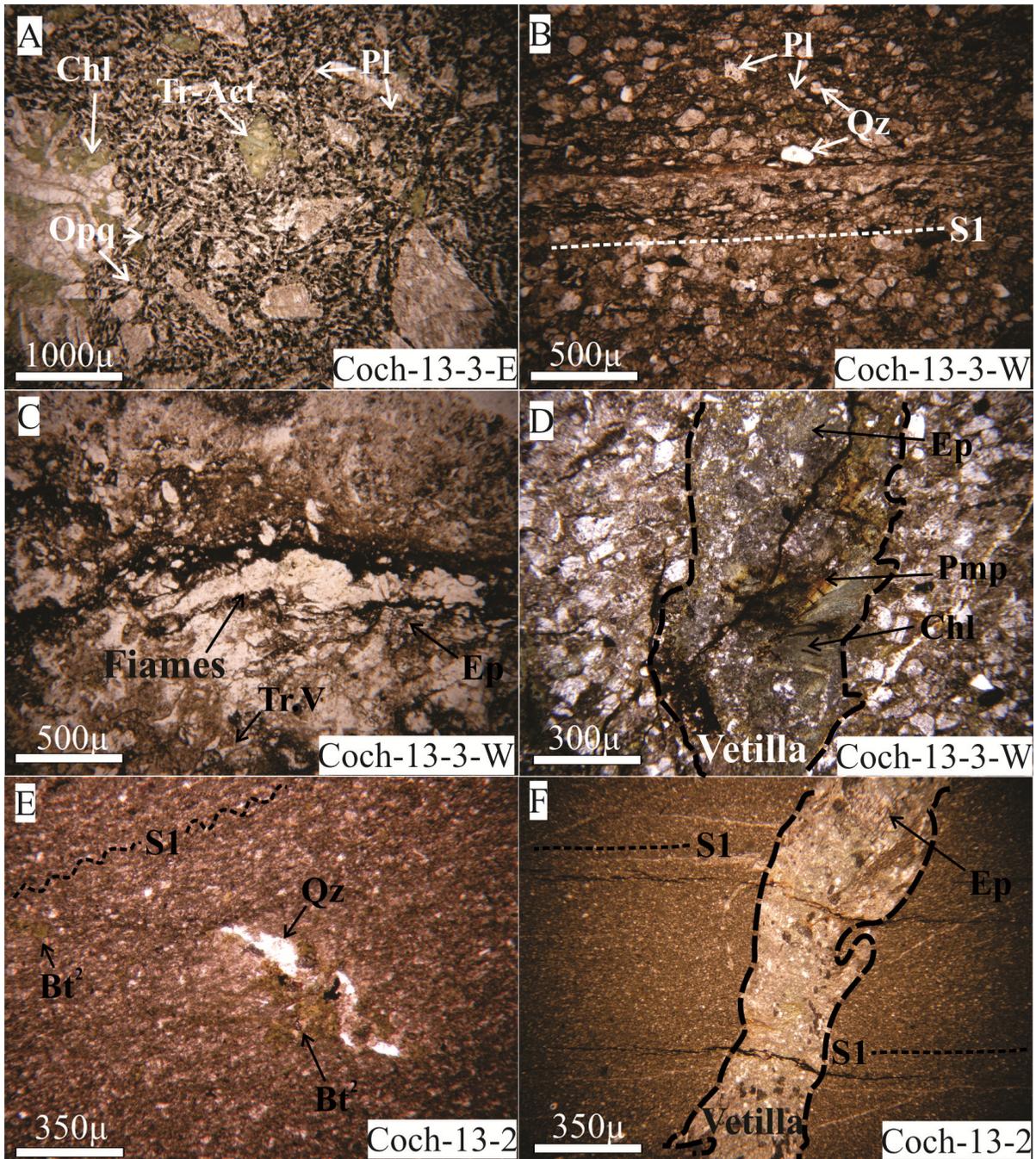


Figura 9: microfotografías de las láminas delgadas del CI-MK. A) Textura porfírica entre fenocristales de lo que fueron hornblendas (actualmente minerales de la serie tremolita actinolita + clorita) y plagioclasas en una pasta microcristalina del protolito de las meta-volcanitas, B) la foliación regional marcada por material soluble que envuelve cristaloclastos y líticos en las ignimbritas, C) muestra el aplastamiento de los pómez con una matriz de trizas vítreas del protolito, D) y F) se ve el vetilleo que corta la foliación regional del complejo y E) se ve lo difuso entre los contactos de los granos de la filita por el M2 (metamorfismo térmico de contacto) junto a nuevos porfiroblastos de cuarzo y biotita, se destaca la foliación regional heredada (S1).

3.1.3 – COMPLEJO PLUTÓNICO COCHICÓ GRANDE

Está compuesto por un plutón de granito-granodiorita de textura porfírica a equigranular de grano grueso a medio y otro de gabro-diorita equigranular de grano medio (Fig. 10). Los dos cuerpos, félsico y máfico, no se observó en el campo el contacto entre sí. El plutón de granito-granodiorita está intruído en las rocas ya deformadas y metamorizadas regionalmente del CMP y del CI-MK, mientras que el cuerpo de gabro-diorita sólo intruye al CI-MK. El CPCG tiene carácter post-orogénico respecto de la evolución estructural y metamórfica de sus rocas de caja metamórficas.

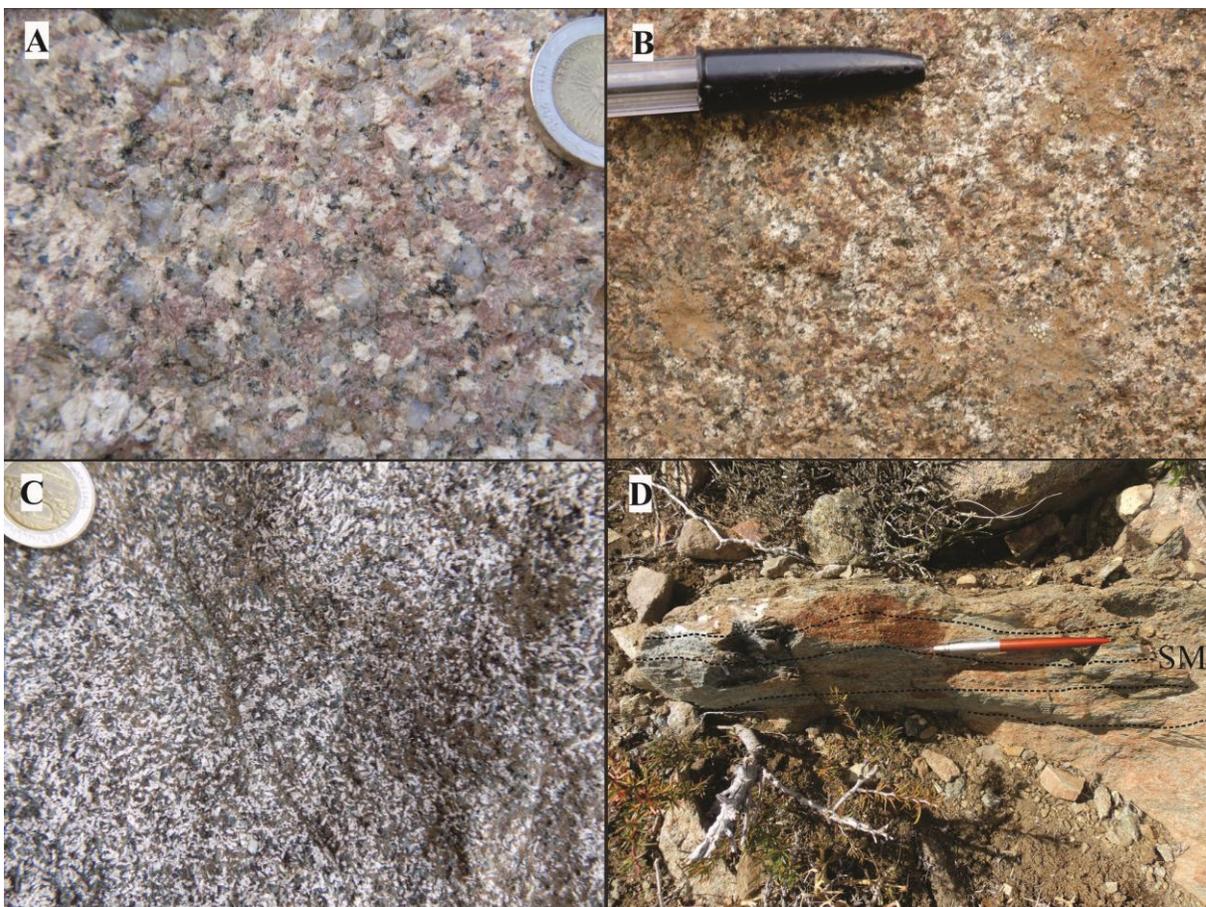


Figura 10: fotografías de afloramientos en distintos sectores del CPCG. A) Afloramiento del granito porfírico, B) gabro-diorita, C) granodiorita y D) los planos de foliación Milonítica (SM) que afectan la gabro-diorita.

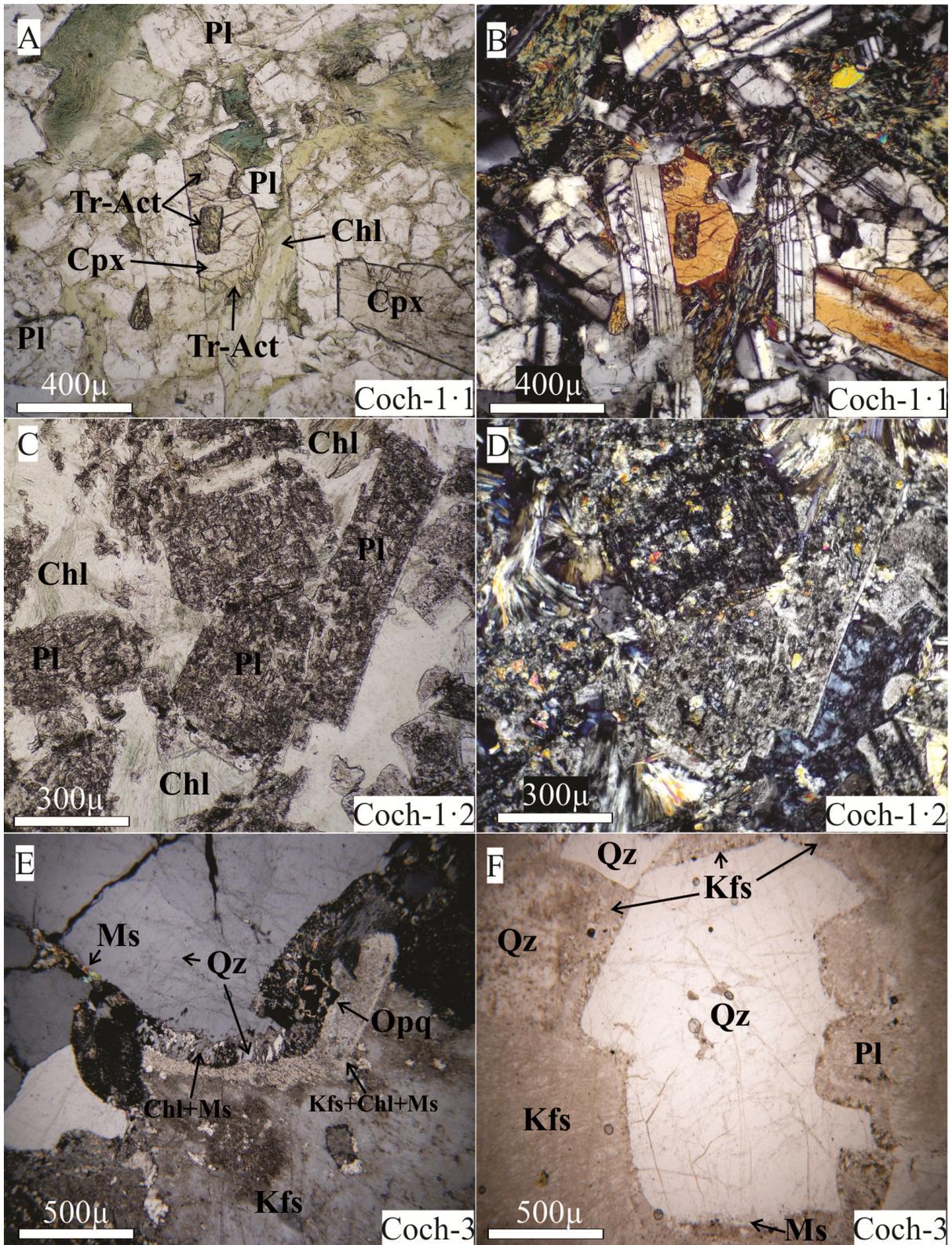


Figura 11: láminas delgadas del CPCG. A, B, C y D) Gabro-diorita con texturas y minerales de reemplazo, en "E y F" el granito porfírico con el feldespato potásico relleno de cavidades entre el cuarzo euhedral.

3.1.3 .1- EMPLAZAMIENTO Y DEFORMACIÓN

En el sector noreste de la zona de estudio aflora un cuerpo globoso o semi-globoso básico de composición gabro-diorítica que presenta estructuras de carácter dúctil y frágil.

Las estructuras frágiles están representadas por planos de falla de dos modalidades de rumbo. Uno NNO-SSE sub-verticales de $\sim 75^\circ$ con una cinemática del tipo dextral, marcada por juegos de fallas conjugadas del tipo Riedel sumado a estrías de falla N-S con una inclinación de bajo ángulo de $\sim 9^\circ$ al Sur. La otra orientación preferencial de los planos de falla es del mismo rumbo (NNO-SSE) pero con una inclinación mayor de $\sim 55^\circ$ y con una cinemática del tipo inversa marcada en escalones de falla con precipitación sin-cinemática de cuarzo (Fig. 12).

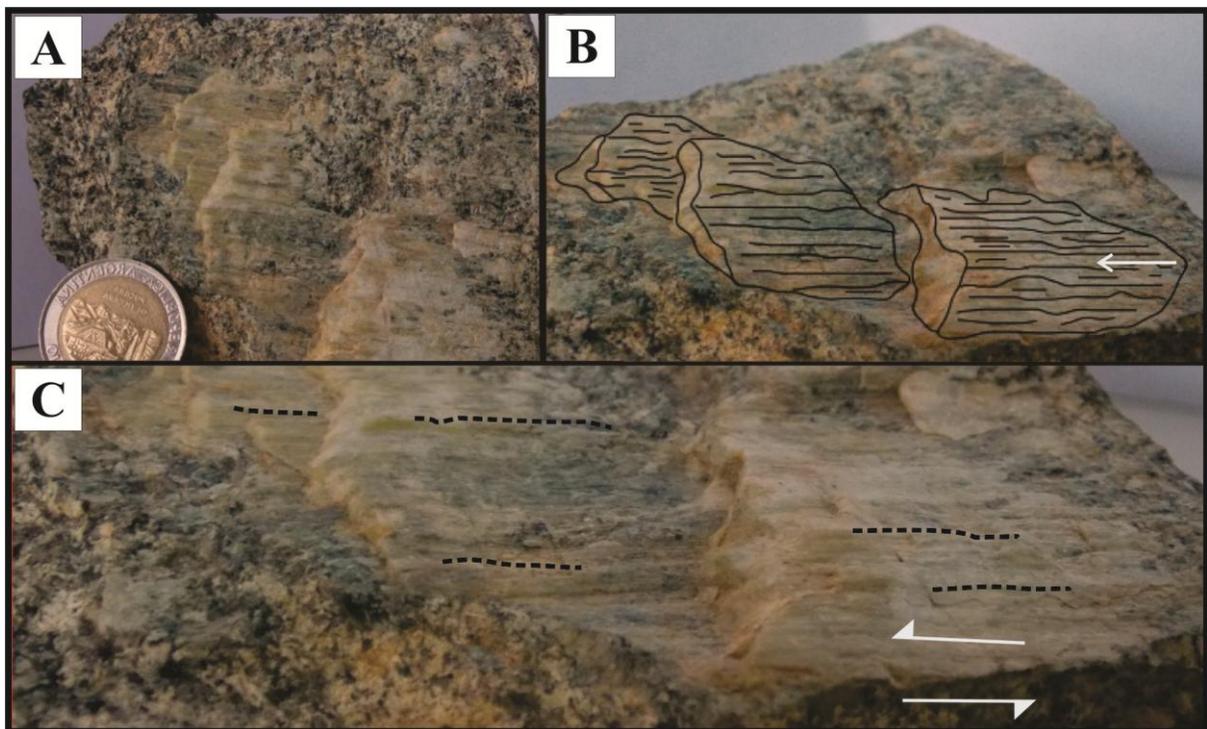


Figura 12: fotografías de muestra de roca de composición gabro-diorita con estructuras escalonadas de cuarzo sin-cinemático. A) Fotografía en planta con escala, B) redibujo de los escalones de falla con la cinemática indicada en la flecha y C) en línea discontinua se muestra la lineación de crecimiento de las fibras de cuarzo paralela al movimiento de cizalla.

La estructura de deformación dúctil es una faja de cizalla de 50-60 cm de espesor con protomilonitas, que trunca al plutón de gabro-diorita. La foliación milonítica es de rumbo NO-

SE e inclinaciones de $\sim 50^\circ$ al NE. La lineación milonítica es de estiramiento mineral marcado en cloritas y tiene buzamiento de 48° al Este. Con la foliación oblicua tipo S-C sumado a la lineación se puede interpretar la cinemática de la faja, como sinistral-inversa con transporte tectónico de Este a Oeste. Esta cinemática se reafirma en los análisis micro tectónicos en lámina delgada, en donde algunas microestructuras como fracturas en dominó de plagioclasas, porfiroclastos tipo sigma y foliaciones tipo S-C confirman una cinemática inversa sinistral (Fig. 13).

A esta faja milonítica se le superpone una banda de pseudotaquilita, de la misma cinemática, ya que comparten los planos de foliaciones tipo S-C. Está marcada por finas cintas de vidrio desvitrificado de $\sim 500 \mu\text{m}$ de espesor, que se forman por la recristalización instantánea de minerales. Esto es el resultado de un evento sísmico, que usando la debilidad previa de la roca (foliación Milonítica) se genera un movimiento de cizalla instantáneo (Fig. 13, D).

En el sector sudoeste de la zona de estudio, el CPCG está compuesto por cuerpos que afloran alargados en un eje NO-SE. Estos cuerpos de origen plutónico van de un granito de grano grueso y textura porfírica a una granodiorita de textura granosa media. El granito es de color rosa y está compuesto por feldespato potásico anhedral de tamaño mayor a 1 cm, por cuarzo y plagioclasas euhedrales que entre sí forman una textura granosa y en menor medida por biotita, moscovita, opacos y clorita como mineral de alteración. La granodiorita de tonos grises y de una textura general granosa se emplaza entre el CI-MK y entre el CMP e incluye tabiques de estas cajas con formas muy angulosas alcanzando. Las plagioclasas forman un entramado dando formas semi-trianguulares en los intersticios con textura tipo intersertal, estas se encuentran parcialmente alteradas por sericita atravesando de forma ortogonal la máxima elongación de las tablillas. Dentro de los espacios cristalizó clinopiroxeno en pequeños parches dentro de lo que fue su máximo volumen, ya que, presentan un importante grado de alteración y de borde a núcleo ahora se encuentra clorita con fibras asbestiformes de minerales de la serie tremolita-actinolita y en el núcleo epidoto.

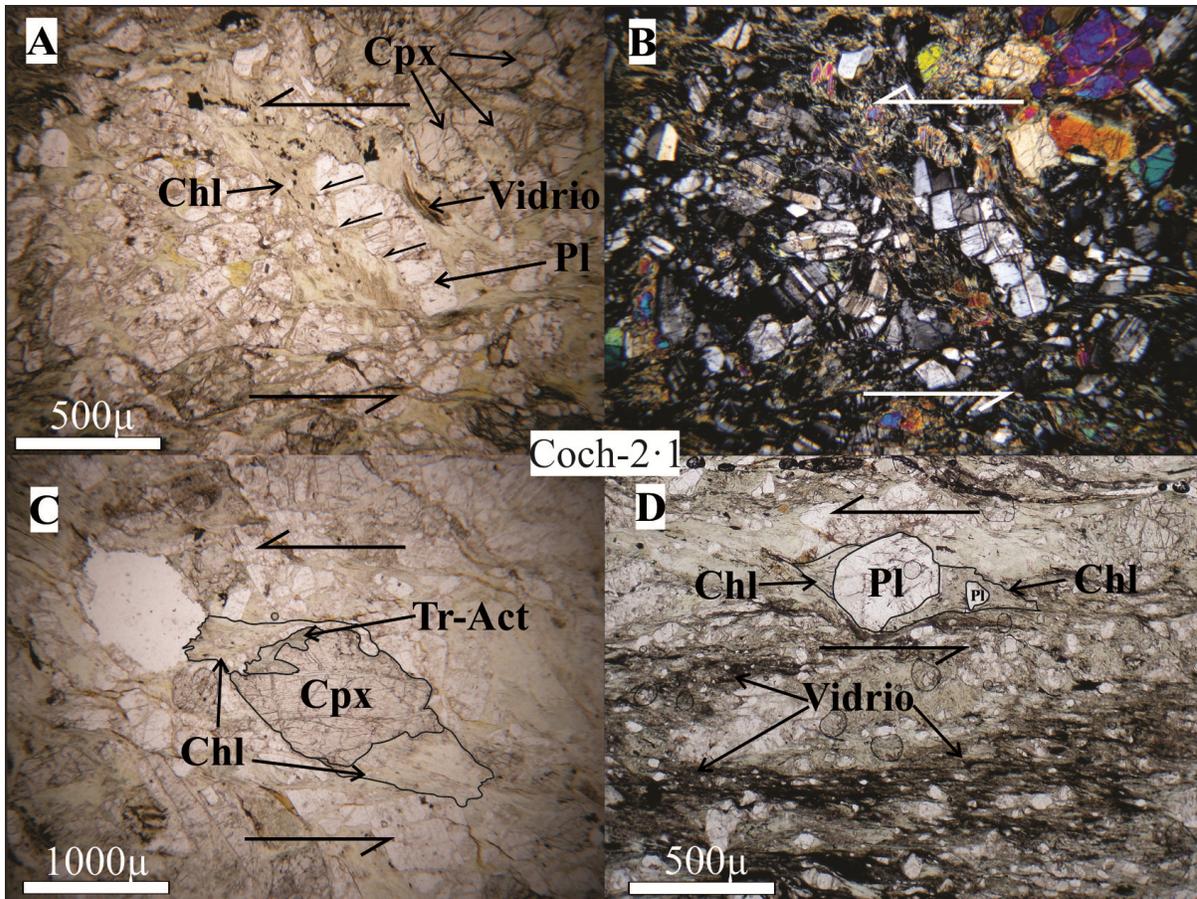


Figura 13: fotomicrografías en la sección X-Z de las láminas delgadas que muestran la deformación dúctil y frágil del sector Noreste del CPCG. A y B) Fracturas en dominó con cinemática sinistral, C) clinopiroxeno formando un porfiroclasto tipo sigma con colas de recrystalización clorítica de una cinemática sinistral y D) un porfiroclasto tipo sigma de plagioclasa con cinemática sinistral, todos los indicadores cinemáticos que dan un movimiento tipo sinistral, orientados en la muestra resultan en inversas. En todas las fotografías se observa la foliación Milonítica tipo S-C reforzando la idea de su cinemática sinistral que en la muestra resulta inversa.

3.2 – ROCAS VOLCÁNICAS Y SUBVOLCÁNICAS

Rocas volcánicas y subvolcánicas que afloran en el sector oriental de las planicies de inundación del arroyo Cochicó Grande, fueron asignadas al grupo Choiyoi (Galli, 1969; Zanettini *et al.* 2010). Se trata de meta-andesitas, riolitas y depósitos volcánicos indiferenciados (Fig. 5).

Las andesitas de tonos gris verdoso presentan una textura porfírica con fenocristales de clinopiroxenos ricos en calcio como jadeita, glomérulos de diópsido y algunos con zonación posiblemente augitas, todos en buen estado de preservación exceptuando algunas clinoenstatitas oxidadas. Se encuentran en una pasta totalmente recrystalizada que a simple

vista se muestran como clorita y epidoto, pero que en lámina delgada se ve la serpentización de olivinos y sauritización de las plagioclasas. Se encuentran deformadas en múltiples planos de foliación rumbo NNO-SSE e inclinando con alto ángulo al O ~84°, estos se encuentran en el campo gracias a la abundante clorita que contienen diferenciándolos así del resto de la roca.

Las rocas de composiciones riolíticas afloran en tonos verdosos. En partes se ve brechada como autobrecha o brecha de derrumbe mientras que en otros sectores se ve alternada y bandeada. Esto posiblemente sea la diferencia entre una zona más somera donde cristaliza a mayor velocidad de una zona de mayor temperatura donde se separa así en bandas composicionales (Fig. 14).

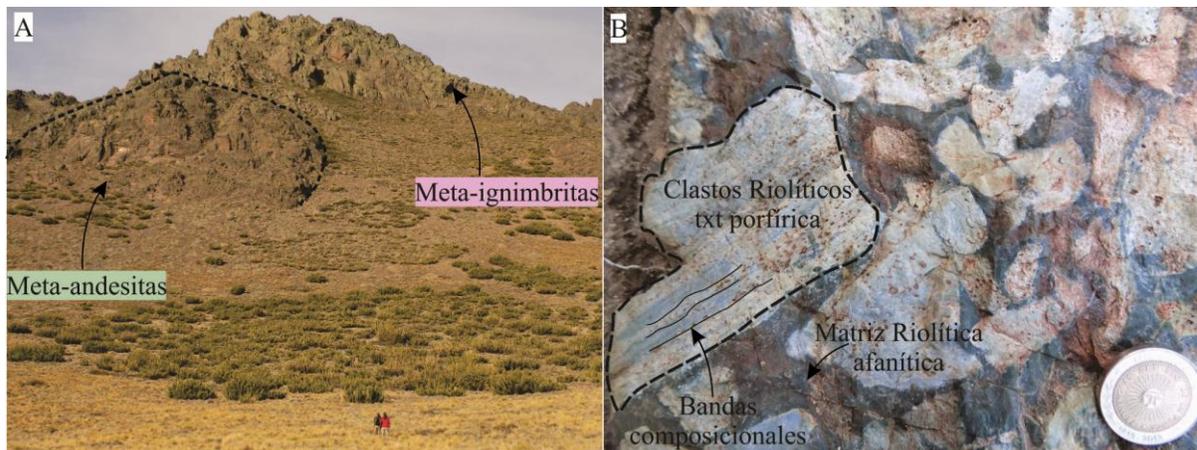


Figura 14: A) afloramientos de meta-andesitas en contacto con las meta-ignimbritas y B) afloramiento de la autobrecha del domo sub-volcánico o colada cómica de composición riolítica.

3.3 – META-IGNIMBRITAS DEL CICLO PRECUYANO

Por encima de las rocas de basamento y en discordancia angular se encuentran estas rocas fragmentarias del tipo volcánicas explosivas con un metamorfismo de bajo a muy bajo grado en facies prehnita-pumpellyita (Fig. 5). Los afloramientos son, en su mayoría, grandes bloques aborregados con estrías N-S de los glaciares que socavaron este valle. Son rocas de color morado que están intercaladas en forma de estratos de tobas vítreas (Fisher y Schmincke 1984) y de Ignimbritas soldadas de la misma composición, ambas comparten el alto contenido en material juvenil y la misma granulometría Toba lapillítica (Pettijohn *et al.* 1987).

Composicionalmente presentan un alto contenido de material juvenil que deriva directamente del magma que produjo la erupción en forma de trizas vítreas, lapillis

acrecionales, pómez, cristaloclastos de cuarzo/feldspatos muy fragmentados con fracturas concoideas y fiammes en los estratos ignimbríticos. En su contenido de líticos accidentales contiene fragmentos de rocas de basamento como gneises, cuarcitas y esquistos con al menos dos eventos de deformación representados por el clivaje regional kinkado. Las rocas se encuentran plegadas con un eje ~NO-SE y un desplazamiento desde el NE hacia el SO (Fig. 15).

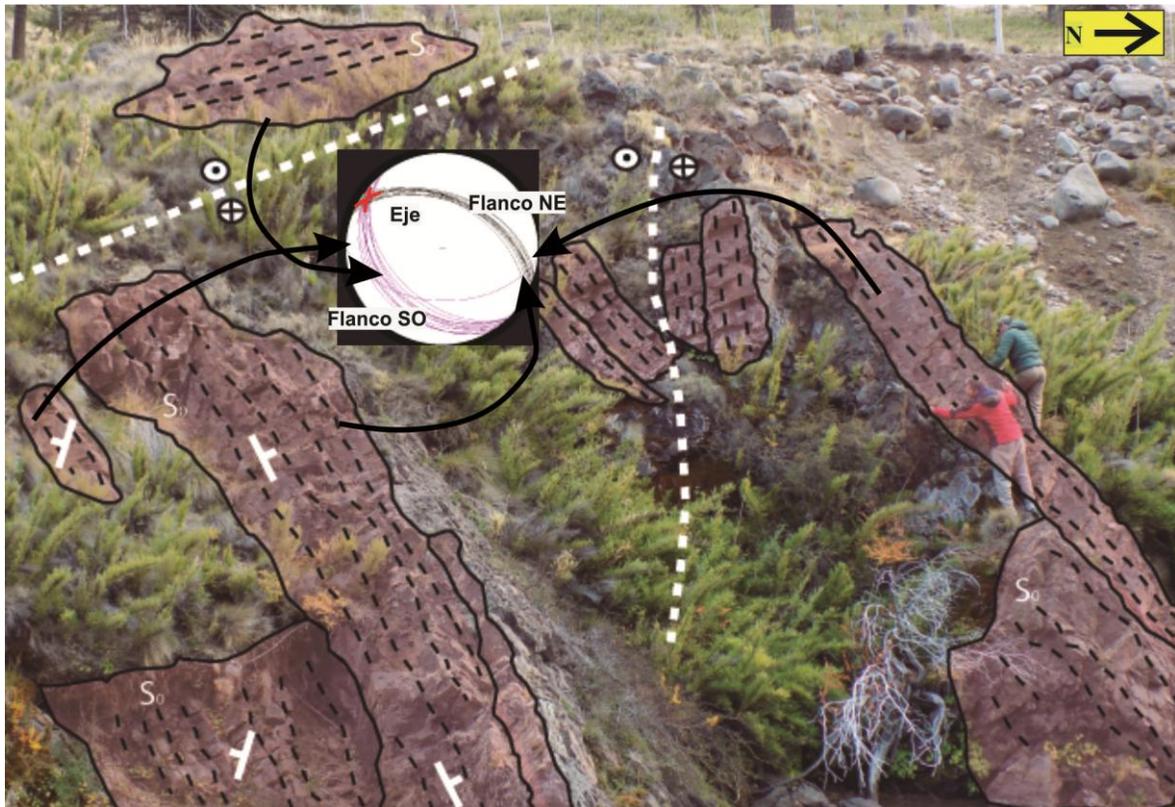


Figura 15: afloramiento meta-ignimbritas plegadas en forma de anticlinal volcado hacia el SO. En líneas discontinua negra se redibuja la diferenciación composicional del protolito entre ignimbritas soldadas y tobas, en líneas discontinuas blancas se dibujaron las fallas de desplazamiento de rumbo paralelas al eje del pliegue. La fotografía redibujada está tomada hacia el Oeste.

Las asociaciones y paragénesis minerales de estas rocas indican que el grado metamórfico alcanzado fue de bajo a muy bajo en facies prehnita–pumpellyíta a facies ceolita, la foliación metamórfica S1 es sub-paralela a los planos S0 y se desarrolla mejor en donde los planos estructurales aportan al transporte fluidos. Las asociaciones minerales son de clorita-pumpellyíta y muy sectorizado de pumpellyíta-ceolita (Fig. 16). Este tipo de metamorfismo es característico de los depocentros del ciclo precuyano de la Cuenca Neuquina (Suárez y

González 2018) y esta nueva unidad mapeada tentativamente podría ser considerada como parte de estos depocentros.

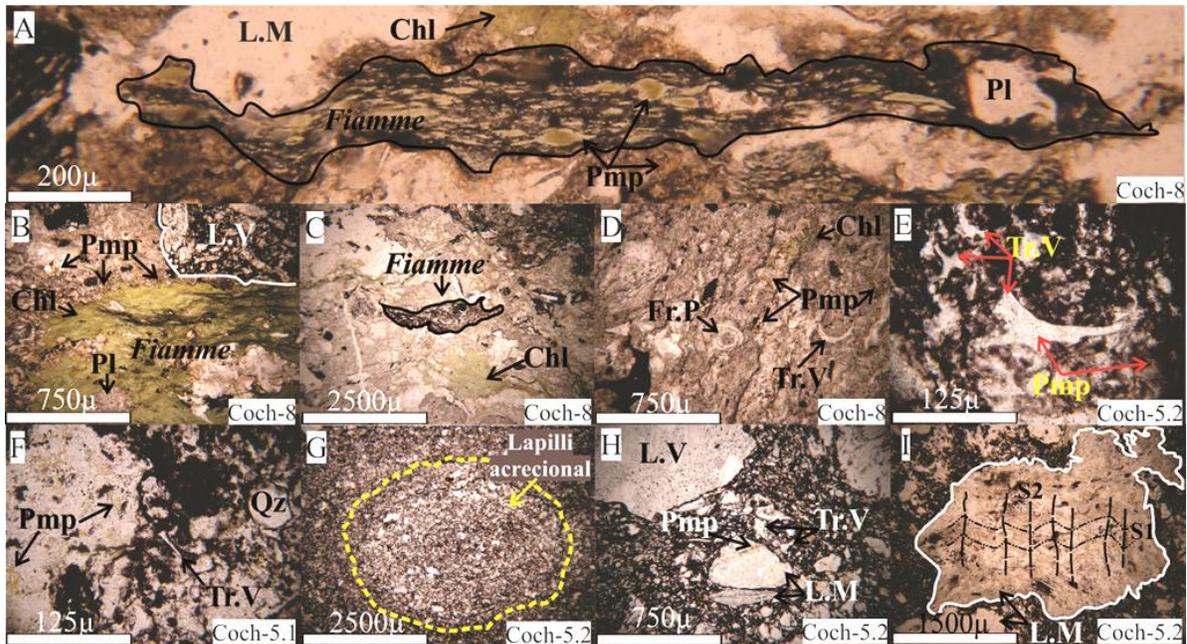


Figura 16: microfotografías de las secuencias meta-ignimbríticas. Aclaración de algunas abreviaturas; Fr.P: fracturas perlíticas, L.M: lítico metamórfico, L.V: lítico volcánico y Tr.V: trizas vítreas.

3.4 – MESOZOICO Y CENOZOICO DEL AREA DE ESTUDIO

Por encima de las rocas de basamento y su cobertura volcano-sedimentaria, se encuentran los depósitos de la Formación Los Molles que fue definida por Weaver (1931) y está compuesta, esencialmente, por depósitos sedimentarios lutíticos de la primera ingresión marina de la Cuenca Neuquina y apoyándose en discordancia angular sobre el Grupo Choiyoi. Luego siguen las vulcanitas del Eoceno medio a superior temprano, compuesta por la Andesita Colipilli la cual fue instituida por Llambías y Rapela (1989) en el cerro Cochicó y sobre el arroyo Cochicó Chico donde se juntan ambos arroyos. La misma es de color gris con textura porfírica formada por fenocristales de plagioclasa (andesina) y anfíbol, en pastas pilotáxica (plagioclasa, augita intersticial y minerales opacos). Por encima, se encuentra la Formación Mitrauquén, que desde el paraje Pino Hachado hasta el límite sur de la Hoja Geológica Lago Aluminé, fueron nombrados como Colloncurenses por Galli (1969a). Compuesta esencialmente por tufitas, tobas y areniscas tobáceas del Mioceno superior. Coronando las unidades anteriores, una meseta formada por coladas del Basalto Tipilihuque, que nombró Turner (1965a, 1965b) a rocas de espesores variables de 4 a 10 metros,

representada en su mayoría por Basaltos Olivínicos. En su parte inferior se ven lajeados y en paredones verticales a orillas del arroyo Cochico Grande, se desarrolla una excelente disyunción columnar (tapa de esta tesis). Por último y aflorando en toda la planicie de inundación del arroyo Cochicó Grande, se mapearon los depósitos aluviales y glaciares, agrupados en “Depósitos modernos indiferenciados” y por encima “Depósitos de remoción en masa” (Fig. 5).

4- DISCUSION

GRADO METAMÓRFICO: el alto grado metamórfico está representado por el CMP en facies anfibolita, generadas por un metamorfismo del tipo orogénico regional, mientras que el bajo grado está representado por el CI-MK en facies esquisto verde, de igual forma por metamorfismo orogénico regional. Por último las rocas descritas como parte del Ciclo Precuyano representan el muy bajo grado en facies prehnita-pumpellyita formados por un metamorfismo regional de soterramiento en Cuenca Neuquina (Fig. 17).

Unidad	Ciclo Precuyano		CI-MK		CMP	
Tipo de metamorfismo	Regional M1		Regional M1	Contacto M2	Regional M1/M2	Contacto M3
Rocas	Meta-ignimbritas		Filitas, meta-volcanitas	Hornfels	Paragneises, migmatitas y anfibolitas	Hornfels
Asociación mineral	Ceolita-pumpellyita	clorita-pumpellyita	Cuarzo-moscovita-clorita Cuarzo-albita-epidoto-clorita ± tremolita-actinolita	Cuarzo-biotita	cuarzo-plagioclasa-biotita-moscovita ± cordierita	cuarzo-plagioclasa-biotita-moscovita ± cordierita
Microestructuras / texturas	Clivaje pizarreño Textura eutaxítica		Esquistocidad de plano axial	Textura granoblástica	Bandeamiento gnéisico, crenulación, tamaño de grano grueso.	Textura granoblástica/porfiroblástica. Textura coronítica, cordierita prógrada coronando biotita
Grado metamórfico	Muy bajo grado. facies prehnita-pumpellyita		Bajo grado. facies esquisto verde	Bajo grado. facies corneanas albítica-epidótica	Grado medio a alto. facies anfibolita	Grado medio. facies corneanas anfibólicas

Figura 17: tabla de distribución de las facies metamórficas en los afloramientos del arroyo Cochicó Grande. Cada facies está basada en las asociaciones minerales de Yardley (1989).

PROTOLITOS Y EVOLUCIÓN TECTONO-METAMÓRFICA: con la clasificación del tipo de metamorfismo, los protolitos que la formaron y la cartografía de las unidades se pudo discernir entre afloramientos de bajo grado (CI-MK) y alto grado (CMP). El CI-MK está compuesto esencialmente por meta-volcanitas de protolitos bandeados entre flujos de rocas volcánicas y piroclásticas, pero también por rocas tipo corneanas de protolitos metamórficos como filitas. A la depositación concordante y sub-horizontal del protolito de las filitas, sumado al de las ignimbritas y andesitas le siguió el soterramiento para formar un S0, posteriormente una orogenia que las pliega y forma la esquistosidad de plano axial S1 que es aproximadamente concordante con el S0.

El CMP está representado por paragneises de color gris oscuro, y con un bandeamiento gnéisico de preservación variable casi concordante con la foliación metamórfica. El protolito de este fue una roca sedimentaria de granulometría fina pero pobre en argilominerales, posiblemente un arena fina limpia, lo que restringe la formación de silicatos de aluminio. Los eventos ocurridos en este complejo se ordenan de la siguiente forma; posterior a la formación de la estratificación S0 un M1 (entiéndase con M al evento metamórfico) regional y orogénico que consecuentemente, posiblemente el mismo evento, genera una crenulación de la M1 formando una M2.

A los dos complejos, de bajo y alto grado, los intruye el CPCG generando una M2 para el bajo grado y una M3 para el alto grado. Las rocas generadas en este evento son del tipo corneanas, de grado medio y en facies corneanas anfibólicas. El metamorfismo en los dos complejos es típicamente térmico, de baja presión y alta temperatura, esto implica que los cuerpos intrusivos que aportaron calor, se emplazaron en un ambiente geológico donde no existieron esfuerzos diferenciales.

MAGMATISMO ASOCIADO: Los intrusivos se reunieron en el CPCG que está compuesto por, un plutón de granito-granodiorita de textura porfírica a equigranular y otro de gabro-diorita equigranular. Los dos cuerpos, félsico y máfico, no se encontraron en contacto entre sí. El plutón de granito-granodiorita corta las rocas ya deformadas y metamorfizadas regionalmente del CMP y del CI-MK, mientras que el cuerpo de gabro-diorita sólo intruye al CI-MK. El CPCG tiene carácter post-orogénico respecto de la evolución estructural y metamórfica de sus rocas de caja (Fig. 18).

EDAD RELATIVA: Como aún no existen dataciones radimétricas para las edades de cristalización de los cuerpos intrusivos, o de sedimentación-efusión de los protolitos sedimentarios y volcánicos respectivamente, ni tampoco acotar las edades de metamorfismo-deformación, solo se pueden precisar edades relativas a través de las relaciones primarias de campo y confirmadas en estudios petrográficos (Fig. 18). El CMP y el CI-MK podrían ser más antiguas que Pérmico-Triásico inferior según la relación estratigráfica con la cobertura volcano-sedimentaria del Grupo Choiyoi (Zanettini *et al.* 2010), como estratigráficamente por encima se encuentran rocas volcánicas y piroclásticas que además están afectadas por metamorfismo regional de muy bajo a bajo grado y deformación contraccional, que se las puede comparar con aquellas del Ciclo Precuyano (Triásico superior-Jurásico inferior) de la Cuenca Neuquina y también exhiben estos mismos atributos geológicos (Suárez y González 2018), este basamento debería ser más antiguo.

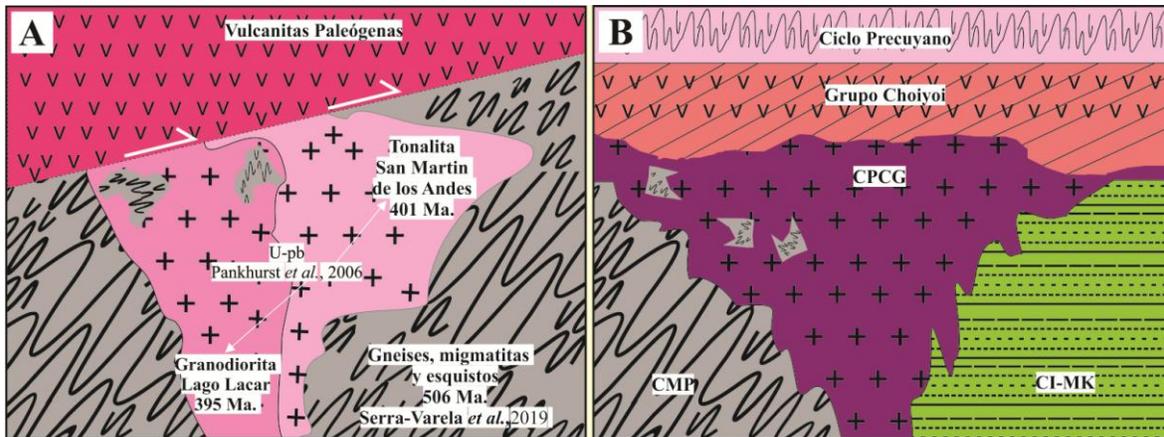


Figura 18: Esquema comparativo de relaciones estratigráficas entre las unidades que afloran en San Martín de los Andes (A) y las descritas en esta tesis (B).

COMPARACIÓN REGIONAL: Esta evolución tectono-metamórfica y magmática del basamento parece tener cierta semejanza con la de aquel que aflora hacia el Sur del arroyo Cochicó Grande, en los alrededores de la localidad de San Martín de los Andes en la Cordillera Norpatagónica. En este sentido, el CMP comparte las mismas litologías, paragénesis minerales, grado metamórfico y orientación de estructuras con el Complejo Colohuincul de aquella región (Serra-Varela *et al.* 2019) (Fig. 18). Lo mismo ocurre con los cuerpos ígneos (p. ej., la Tonalita San Martín de los Andes y la Granodiorita Lago Lácar: Dalla Salda *et al.* 1991; Varela *et al.* 2005) que tienen la misma composición granitoide y relación de intrusividad post-orogénica cortando las estructuras del basamento, que los cuerpos ígneos del CPCG.

5- CONCLUSIONES

Se ha realizado el mapeo del área que abarca el valle glaciofluvial del arroyo Cochicó Grande. Está compuesto por rocas metamórficas de basamento, tan antiguas como Pre-Permiano, hasta depósitos del Holoceno superior. Los estudios petrográficos y las relaciones de campo posibilitaron describir tres complejos de basamento, Complejo

Metamórfico Pehuenia, Complejo Ígneo-Metamórfico Kilka y Complejo Plutónico Cochicó Grande.

A partir de la columna estratigráfica se pueden desarrollar la serie de eventos que formaron los complejos. Depositación y posterior metamorfismo orogénico de grado medio a alto en facies Anfibolita del CMP, por lo menos un episodio más de diastrofismo que genera una nueva foliación regional, depositación y metamorfismo orogénico de bajo grado en facies Esquistos verdes para el CI-MK, y por último, un periodo donde se emplaza el CPCG generando una aureola de contacto de medio grado hasta facies corneanas anfibólicas en el CMP y bajo grado en facies corneanas albítica-epidótica en el CI-MK. Continúa un periodo contraccional marcado en estructuras frágil-dúctil del CPCG de rumbo NO-SE con un empuje desde el este hacia el oeste. Depositación en discordancia angular, con respecto al basamento, de las rocas efusivas formadas por intercalaciones de tobas e ignimbritas seguido por un nuevo episodio de diastrofismo con un empuje desde el NE al SO, continuo o contemporáneo con un soterramiento que genera un metamorfismo de bajo a muy bajo grado en facies prehnita-pumpellyita.

Por encima del basamento ígneo-metamórfico, pero sin relación de contacto, y por debajo del basamento técnico de Cuenca Neuquina (ciclo precuyano) se mapearon los depósitos del Grupo Choiyoi, que aquí, comparte aspectos estructurales y metamórficos con los depósitos del ciclo precuyano descripto.

Bibliografía

Cingolani C., Zanettini J. y Leanza H. 2011. El basamento ígneo y metamórfico. En: Leanza, H. A., Arregui, C., Carbone, C., Danieli, J. C. y Vallés, J. M. (Eds.), Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 37-47, Neuquén.

Dalla Salda, L., Cingolani, C., y Varela, R. 1991. El basamento pre-andino ígneo metamórfico de San Martín de los Andes, Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 46 (3-4), 223-234.

Fisher, R. V. y Schmincke, H. U., 1984, Pyroclastic Rocks: Springer, Berlin, Heidelberg . 274 p.

García Morabito, E. 2010. Tectónica y estructura del retroarco andino entre los 38°15' y los 40°S. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Galli, C. 1969. Descripción Geológica de la hoja 35a, Lago Aluminé, Provincia de Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 108. 45p. Buenos Aires.

Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 236-259.

Keidel, J., 1925. Sobre la Estructura Tectónica de las Capas Petrolíferas en el Oriente del Territorio del Neuquén. Publicación 8. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. 75 p.

Lambert, L. 1956. Descripción Geológica de la Hoja 35b, Zapala. Territorio Nacional del Neuquén. Escala 1:200.000. Dirección Nacional de Minería, Boletín N° 83, 93p. Buenos Aires.

Llambías, E.J. y C.W. Rapela, 1989. Las volcanitas de Colipilli, Neuquén (37°S) y su relación con otras unidades paleógenas de la cordillera. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 44(1-4):224-236. Buenos Aires.

Pankhurst, R.J., C.W. Rapela, C.M. Fanning y M. Márquez, 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews*, 76: 235-257.

Pettijohn, F J.; Potter. P.E.; Siever, R.S. 1987. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, 553 p. New York.

Ramos, V.A., Folguera, A., y Garcia Morabito, E. 2011. Las provincias geológicas del Neuquén. *Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. 317- 326.

Rapela, C., L. Spalletti y J. Merodio, 1983. Evolución magmática y geotectónica de la «Serie Andesítica» andina (Paleoceno-Eoceno) en la Cordillera Nordpatagónica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38(3-4): 469-484. Buenos Aires.

Schiuma, M. y Llambias, E. 2008. Nuevas edades del volcanismo jurásico inferior de la cuenca Neuquina en la dorsal de Huincul. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63, 644-652.

Serra-Varela, S., González, P.D., Giacosa, R., Heredia, N., Pedreira, D., Martín-González, F. y Sato, A.M. 2019. Evolution of the Palaeozoic basement of the North Patagonian Andes in the San Martín de los Andes area (Neuquén, Argentina): petrology, age and correlations. *Andean Geology* 46 (1), 102-130.

Suárez, R. y González, P.D. 2018. Caracterización geológica del metamorfismo diastaternal mesozoico en la Cuenca Neuquina y su relación con la anomalía térmica del sinrift. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 75 (3), 457-472.

Turner, J.C.M., 1965a. Estratigrafía de la comarca de Junín de los Andes, Provincia del Neuquén. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 44(1-4):5-51. Córdoba.

Turner, J.C.M., 1965b. Estratigrafía de Aluminé y adyacencias, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 20(2):153.184. Buenos Aires.

Varela, R., Basei, M., Cingolani, C., y Passarelli, C. 2005. El basamento cristalino de los Andes Norpatagónicos en Argentina: geocronología e interpretación tectónica. *Revista Geológica de Chile* 32 (2), 167-187.

Weaver, Ch., 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. Memoria de la Universidad de Washington, 1:1-469. Seattle.

Yardley, B. W. D. (1989): An introduction to metamorphic petrology. Longman, Harlow, 248 p. Harlow, Essex CMZO ZJE, England.

Zanettini, J., Leanza, H., Giusiano, A. y Santamaría, G. 2010. Hoja Geológica 3972-II, Loncopué, provincia del Neuquén. IGRM-SEGEMAR, Boletín 381, 93p. Buenos Aires.