

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

Licenciatura en Geología



TRABAJO FINAL DE GRADO

Caracterización estratigráfica del Complejo Volcánico Marifil (Jurásico Inferior) al sudeste de Valcheta, provincia de Río Negro

Autora: María Belén Schiappa Pietra

Director: Dr. Paolo Citton

Co-Director: Dr. Gerson Greco

General Roca, Río Negro 2024

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Grado tiene como objetivo la cartografía y el análisis estratigráfico de algunos de los afloramientos del Complejo Volcánico Marifil. El área de estudio se ubica en el Macizo Norpatagónico, a 20 km al SE de la localidad rionegrina de Valcheta, entre las coordenadas 40°47' y 40°44' de latitud sur y los meridianos 66°1' y 65°56' de longitud oeste, en los alrededores del Establecimiento Don Raúl.

El Complejo Volcánico Marifil, en la zona de estudio, está compuesto por rocas volcanoclásticas y volcánicas coherentes. Se realizaron perfiles estratigráficos, y a partir de estos, una columna estratigráfica integrada que representa la sucesión de rocas del área de estudio.

Las rocas volcanoclásticas de la zona de estudio se conforman por areniscas, conglomerados y tobas lapillíticas. En la base de la sucesión de rocas se identificaron las areniscas y conglomerados en pequeños afloramientos. Estas rocas están compuestas principalmente por clastos de origen volcánico de predominancia riolítica. Por encima de las unidades anteriores se hallaron areniscas conglomerádicas con mayor porcentaje de clastos volcánicos y culminando la sucesión volcanoclástica se identificaron extensos bancos de tobas lapillíticas. Por último, la sucesión estratigráfica de la zona de estudio finaliza con rocas volcánicas coherentes asignadas a lavas riolíticas.

Las areniscas y conglomerados del área de estudio fueron comparadas con otras rocas del área circundante, asignadas a la Formación Puesto Piris y asociadas a las rocas presentadas, encontrándose diferencias composicionales entre las mismas.

Palabras clave: Macizo Norpatagónico - Complejo Volcánico Marifil - Establecimiento Don Raúl – Volcanoclástica/Piroclástico/Volcánica - Riolitas - Puesto Piris.

ABSTRACT

The aim of this study is to contribute to the cartography and stratigraphic analysis of the outcrops of the Marifil Volcanic Complex. The study area is located in the North Patagonian Massif, 20 km SE of the Rio Negro town of Valcheta, between coordinates 40°47' and 40°44' south latitude and meridians 66°1' and 65°56' of west longitude, in the surroundings of the Don Raúl Establishment.

The Marifil Volcanic Complex, in the study area, is composed of volcanoclastic and volcanic rocks. Stratigraphic profiles were made, and from these, an integrated stratigraphic column that represents the succession of rocks in the study area.

The volcanoclastic rocks in the study area are made up of sandstones, conglomerates and lapillitic tuffs. At the base of the rock succession, sandstones and conglomerates were identified in small outcrops. These rocks are mainly composed of clasts of volcanic origin of predominant rhyolitic. Above the previous units, conglomeratic sandstones were found with a higher percentage of volcanic clasts and, culminating the volcanoclastic succession, extensive banks of lapillitic tuffs were identified. Finally, the stratigraphic succession of the study area ends with coherent volcanic rocks assigned to rhyolitic lavas.

The sandstones and conglomerates of the study area were compared with other rocks from the surrounding area, assigned to the Puesto Piris Formation and associated with the rocks presented, finding compositional differences between them.

Keywords: North Patagonian Massif - Marifil Volcanic Complex - Don Raúl Establishment –Volcanoclastic/Pyroclastic/Volcanic - Rhyolites - Puesto Piris.

ÍNDICE

1. Introducción	6
1.1 Objetivos.....	8
1.1.1 Objetivo general.....	8
1.1.2 Objetivos específicos.....	8
2. Ubicación del área de estudio	9
3. Materiales y métodos	10
3.1 Tareas de gabinete previas al trabajo de campo.....	10
3.1.1 Antecedentes bibliográficos.....	10
3.1.2 Cartografía preliminar.....	10
3.2 Trabajo de campo.....	12
3.3 Trabajo de gabinete y laboratorio posterior al trabajo de campo.....	13
4. Marco geológico del área de estudio	16
4.1 Paleozoico.....	16
<i>Formación Nahuel Niyeu</i>	16
<i>Plutón Don Raúl</i>	17
4.2 Mesozoico.....	18
4.2.1 Triásico.....	18
<i>Formación Puesto Piris</i>	18
4.2.2 Jurásico.....	19
<i>Complejo Volcánico Marifil</i>	19
4.2.3 Cretácico.....	20
<i>Miembro Aguada Cecilio (Formación Arroyo Barbudo)</i>	20
4.3 Cenozoico.....	22
4.3.1 Paleógeno.....	22
<i>Miembro El Fuerte (Formación Arroyo Barbudo)</i>	22
4.3.2 Neógeno.....	22
<i>Formación Somún Curá</i>	22
4.3.3 Cuaternario.....	22
<i>Depósitos coluviales</i>	22
5. Resultados	23
5.1 Descripción de los perfiles.....	25
5.1.1 Perfil 1.....	25
5.1.2 Perfil 2.....	30
5.1.3 Perfil 3.....	34
5.2 Descripción de litofacies reconocidas.....	37

5.2.1	Litofacies de areniscas (As).....	37
5.2.2	Litofacies de conglomerados (Cg).....	37
5.2.3	Litofacies de ignimbritas (Ig)	38
5.2.4	Litofacies de lavas riolíticas (Lr).....	38
5.3	Correlaciones	38
6.	Discusiones e interpretaciones	40
7.	Conclusiones	44
	Bibliografía.....	45

1. Introducción

Durante el periodo comprendido entre el Triásico Medio y el Cretácico Temprano, la región de la Patagonia extra-andina experimentó un escenario tectonomagmático caracterizado por la extensión generalizada de la litosfera continental y la presencia de magmatismo ácido asociado (Pankhurst *et al.* 2000). Este periodo está relacionado a una anomalía térmica del manto, conocida como pluma del manto de Karoo, generando el emplazamiento de la gran provincia ígnea Karoo-Ferrar-Chon Aike (Uliana *et al.* 1985; Uliana y Biddle 1987; Kay *et al.* 1989; Encarnación *et al.* 1996; Pankhurst *et al.* 1998; Pángaro y Ramos 2012; Navarrete *et al.* 2019). Esto se debe, a escala más global, a la ruptura del supercontinente Pangea (Encarnación *et al.* 1996; Riley y Knight 2001; Storey *et al.* 2013) y la apertura de los océanos Atlántico y Weddell (Mpodozis y Ramos 2008).

En este contexto, en la parte oriental del Macizo Nordpatagónico, en el Jurásico Temprano a Medio hubo una gran actividad volcánica que resultó en la emisión de una cantidad significativa de rocas volcánicas y subvolcánicas principalmente silíceas (Márquez *et al.* 2011). Este vulcanismo Jurásico resultó en un conjunto de rocas conocido como Complejo Volcánico Marifil y está representado por vastos afloramientos de rocas volcánicas asociadas a facies sedimentarias de menor extensión (Malvicini y Llambías 1974; Cortés 1981; Giacosa 1993).

Las rocas sedimentarias correspondientes a las formaciones Puesto Piris (Núñez *et al.* 1975), El Refugio (Zanettini 1980) y La Porfia (Cortés 1981), fueron incluidas en el Complejo Volcánico Marifil (Cortés 1981). En la zona de estudio del presente trabajo se hallan rocas de la Formación Puesto Piris, es un paquete sedimentario dominado por conglomerados y cubierto por flujos ácidos del Complejo Volcánico Marifil. Esta formación aflora en Valcheta y en la localidad Loma de las Panzas, a nueve kilómetros al sur de Sierra Grande, inicialmente interpretado por Núñez *et al.* (1975), luego por Zanettini (1980) y Klammer (1964).

La estratigrafía del Complejo Volcánico Marifil en zonas aledañas al Establecimiento Don Raúl, zona de estudio del presente trabajo, ha sido estudiada por Strazzere *et al.* (2019) y Ramos (2022). La discrepancia en las interpretaciones ha llevado a realizar una caracterización estratigráfica del complejo en este sector. Para este trabajo se ha realizado una cartografía de detalle de la zona de estudio y a partir de perfiles estratigráficos, la caracterización y descripción de la litología de los afloramientos correspondientes a la sucesión volcanoclástica y volcánica del Complejo Volcánico Marifil.

El Complejo Volcánico Marifil es una extensa unidad magmática y piroclástica incluida en la Gran Provincia Ígnea Silícea de Chon Aike (Kay *et al.* 1989; Pankhurst *et al.* 1998) y sus

rocas afloran en amplias zonas del Macizo Norpatagónico oriental (Kay *et al.* 1989; Rapela y Pankhurst 1993; Pankhurst y Rapela 1995; Aragón *et al.* 1996; Pankhurst *et al.* 1998; Caminos *et al.* 2001; Márquez *et al.* 2010, 2011; González *et al.* 2017; Pavón Pivetta *et al.* 2019; Strazzere *et al.* 2019, 2021).

Las rocas volcánicas de la provincia de Chon Aike muestran tres etapas de vulcanismo: V1 (178-188 Ma), representada principalmente en la región Norpatagónica. En el Macizo Norpatagónico, el episodio volcánico V1 está representado por las rocas volcánicas de composición intermedia a ácida de las formaciones Marifil– Garamilla y Lonco Trapial (Bouhier 2017). Este episodio volcánico inicial, representado mayoritariamente en el este del Macizo Norpatagónico, se extiende a lo largo de 500 km en dirección N-S y 140 km en dirección E-O, en las Provincias de Río Negro y Chubut. V2 (162-172 Ma) está representado en el Macizo del Deseado y V3 (152-157 Ma) en la Cordillera Patagónica Austral (Pankhurst *et al.* 2000). Nuevos datos propuestos por Pavon Pivetta *et al.* (2019) indicarían un estadio V0 (193 ± 190 Ma) para el Complejo Volcánico Marifil en el área de arroyo Verde.

Finalmente, los registros volcánicos y sedimentarios triásicos y jurásicos que afloran en los sectores occidental, central y oriental del Macizo Nordpatagónico atestiguan las relaciones entre la abundante actividad volcánica y la sedimentación en las cuencas asociadas a la extensión regional y consecuente *rifting* (Figari *et al.* 1999, 2015; Ranalli *et al.* 2011; Giacosa *et al.* 2020). En este escenario extensional se generaron depocentros de cuencas locales a lo largo de un cinturón N-S de 200 km en la actual frontera atlántica del Macizo Norpatagónico con acumulación de sucesiones volcano-sedimentarias en cuencas elongadas NNO (Kokogián *et al.* 1999).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- El objetivo principal del presente Trabajo Final de Grado es contribuir al conocimiento sobre la estratigrafía de la sucesión volcánicoclástica del Complejo Volcánico Marifil, ubicada al oeste del Establecimiento Don Raúl, a 20 km al sureste de la localidad de Valcheta, en la provincia de Río Negro.

1.1.2 Objetivos específicos

- Cartografiar la zona de estudio a través de la interpretación de imágenes satelitales y el mapeo de campo.
- Caracterizar y describir macro y microscópicamente la litología de los afloramientos correspondientes a la sucesión volcánicoclástica y volcánica del Complejo Volcánico Marifil.
- Establecer las relaciones estratigráficas entre las unidades aflorantes en el área de estudio.
- Levantar perfiles estratigráficos en zonas de interés y proponer entre ellos un esquema de correlación a lo largo del área de estudio.
- Sugerir una diferenciación en litofacies de los depósitos estudiados.

2. Ubicación del área de estudio

El área de trabajo está ubicada al oeste del Establecimiento Don Raúl, en la provincia de Río Negro, entre los paralelos 40°47' y 40°44' de latitud sur y los meridianos 66°1' y 65°56' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 26 km². 20 km al noroeste se encuentra la localidad de Valcheta, y hacia el sureste la localidad de Aguada Cecilio, hacia el sur – suroeste se encuentra la ruta nacional 23 conectando las localidades anteriormente mencionadas (Fig. 1). El área de estudio y sus alrededores se enmarcan dentro de las hojas geológicas Valcheta y San Antonio Oeste del Servicio Geológico Minero Argentino, a la escala 1:250000 (Caminos *et al.* 2001; Martínez *et al.* 2001).

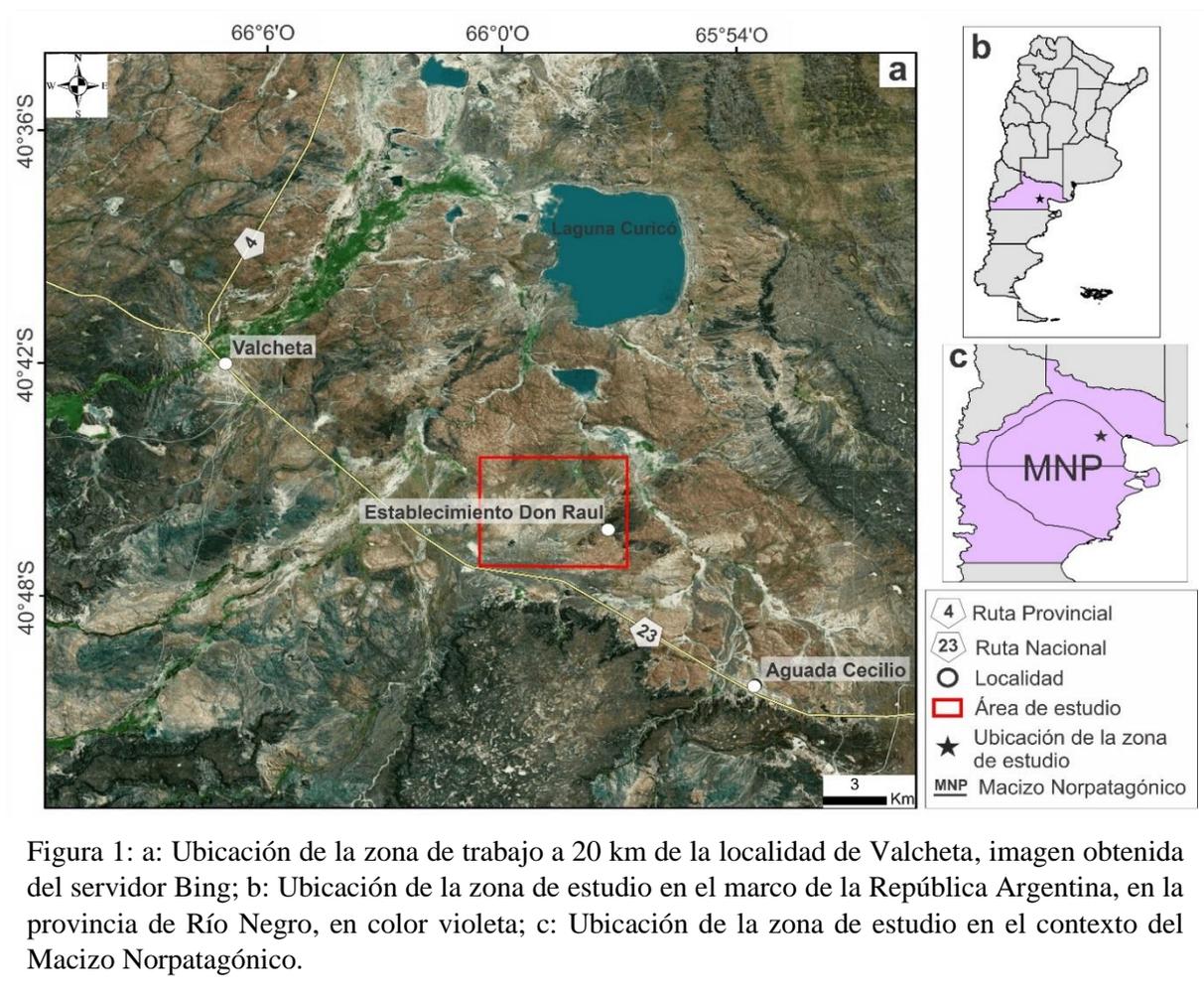


Figura 1: a: Ubicación de la zona de trabajo a 20 km de la localidad de Valcheta, imagen obtenida del servidor Bing; b: Ubicación de la zona de estudio en el marco de la República Argentina, en la provincia de Río Negro, en color violeta; c: Ubicación de la zona de estudio en el contexto del Macizo Norpatagónico.

3. Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en tres etapas que involucran: 1) Tareas de gabinete previas al trabajo de campo; 2) Trabajos de campo; 3) Trabajo de gabinete y laboratorio posteriores al trabajo de campo. Estas tareas se describen a continuación:

3.1 Tareas de gabinete previas al trabajo de campo

Las tareas de gabinete previas al trabajo de campo fueron realizadas con el propósito de obtener un conocimiento del área de estudio. En primera instancia se procedió a recopilar material bibliográfico para obtener información sobre la geología regional y específica del área. Esta etapa también involucró el procesamiento de imágenes satelitales para su posterior fotointerpretación, así como el análisis de antecedentes cartográficos. Estas tareas mencionadas y analizadas en conjunto permitieron iniciar la construcción de un trabajo cartográfico preliminar, el cual fue de utilidad para identificar sectores de interés para el posterior trabajo de campo.

3.1.1 Antecedentes bibliográficos

En primer lugar, se realizó la recopilación bibliográfica de antecedentes referidos a la zona de estudio, haciendo uso de capítulos de libros, artículos en revistas científicas y trabajos finales de grado, para tener un conocimiento sobre la geología regional y local y los eventos que llevaron a la configuración geológica actual del área de estudio. También se utilizaron antecedentes cartográficos con el fin de realizar un trabajo cartográfico preliminar del área de estudio.

3.1.2 Cartografía preliminar

Se utilizaron imágenes satelitales para fotointerpretación sobre la cual se basó la confección de la cartografía preliminar del área de estudio.

Las imágenes utilizadas fueron obtenidas con el programa SAS-planet, el cual es un programa gratuito diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución y mapas convencionales de servidores como Google Earth, Google Maps, Bing Maps, entre otros. Con las imágenes satelitales se generó un proyecto utilizando el sistema de información geográfica de acceso libre QGIS. En QGIS se identificaron y cartografiaron las litologías, los contactos entre las unidades reconocidas y las fallas inferidas.

Para el reconocimiento de litologías y afloramientos, se trabajó con imágenes generadas a partir de la combinación de bandas de satélite ASTER (Fig. 2) tomadas del servidor USGS EarthExplorer. Las imágenes satelitales ASTER son capturadas por el satélite TERRA y se

denominan imágenes multispectrales. ASTER posee tres subsistemas de sensores: VNIR, SWIR y TIR. El subsistema VNIR obtiene imágenes en tres bandas (1, 2 y 3) del rango de luz visible hasta el infrarrojo cercano (0,52-0,86 μm) con una resolución espacial de 15 m. El subsistema SWIR registra la información en seis bandas (4, 5, 6, 7, 8 y 9) del infrarrojo de onda corta (1,600-2,430 μm), con una resolución espacial de 30 m. El subsistema TIR obtiene datos en cinco bandas (10, 11, 12, 13 y 14) en la región del infrarrojo térmico (8,125-11,65 μm) con una resolución espacial de 90 m (Olguín Villa 2010).

Las imágenes ASTER son adecuadas para diversos estudios en Geociencias. Las bandas del VNIR son utilizadas para la detección de vegetación y de óxidos de hierro presentes en rocas y en suelos. El rango espectral que presentan las bandas del SWIR abarca la zona de absorción característica de filosilicatos, carbonatos y minerales de alteración, lo que permite una discriminación más detallada de éstos. Para realizar esta tarea se utilizó el programa de análisis de imágenes geoespaciales ENVI, que permite combinar imágenes de bandas de satélite para obtener diferentes imágenes RGB. Estas imágenes permiten distinguir y diferenciar preliminarmente litologías, afloramientos y mapeo de estructuras geológicas (Rodríguez y Martínez 2009).

Como base para el análisis se generaron las composiciones color RGB 321, RGB 431 y 621 para identificar litologías y comparar diferentes rocas en el terreno. En el caso de la composición RGB 321 se utilizó para diferenciar zonas cubiertas por vegetación, las cuales se resaltan por su color rojo. Esta composición también permitió diferenciar a rocas riolíticas e ignimbritas, las cuales se distinguen con diferentes tonalidades verdosas, amarillentas y castañas. En el caso de las rocas metamórficas contrastan de las otras rocas ya que se identifican de colores azules muy oscuros. La composición de color RGB 431 permitió distinguir afloramientos de rocas metamórficas, los cuales se observan de colores rojizos, contrastando con las rocas volcánicas que se ven en tonalidades verdes, por otro lado, los basaltos se ven en colores oscuros casi negros. En el caso de la composición de color RGB 621 resalta los colores de las unidades volcánicas en tonalidades rojizas oscuras, pudiendo diferenciarlas de las sedimentarias, las cuales se ven en colores rojizos claros y castaños.

Al mismo tiempo, la imagen de satélite de alta resolución obtenida del servidor de Bing maps, fue utilizada como base para cartografiar las diferentes litologías contrastadas en las composiciones de color ASTER. De esta manera, se trabajó haciendo una comparación entre las composiciones de color RGB 321, RGB 431 y RGB 621, con la imagen satelital de alta resolución, en la cual se ven las diferentes litologías en color real para el ojo humano.

Con la información obtenida a partir de los antecedentes bibliográficos y el trabajo cartográfico se determinaron sectores de interés donde se realizaron posteriormente los trabajos de campo. Estos sectores fueron definidos en función de los contactos observados en las imágenes satelitales y las diferentes unidades de rocas reconocidas, con la idea de contrastar en el campo las relaciones estratigráficas entre dichas unidades.

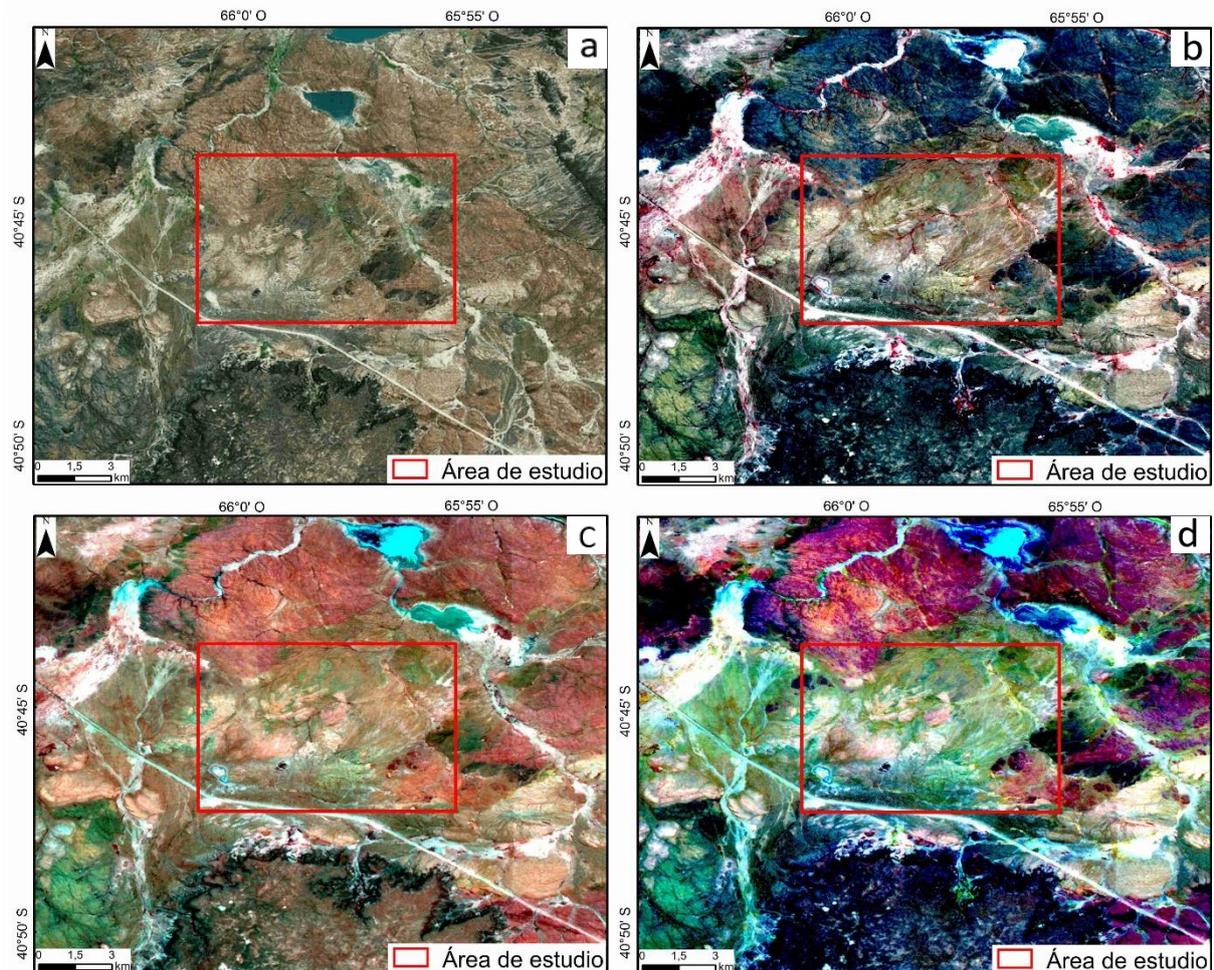


Figura 2: Composición de imágenes utilizadas para el trabajo cartográfico. a: Imagen obtenida del satélite BING utilizada para la cartografía base; b: composición de color RGB 321 diferencia en tonalidades verdosas las rocas volcánicas; c: composición de color RGB 621 distingue en tonalidades rojizas a las rocas volcánicas y castañas a las sedimentarias; d: composición de color RGB 431: distingue afloramientos de rocas metamórficas en colores rojizos de las volcánicas en verdes.

3.2 Trabajo de campo

En los puntos de interés previamente identificados se realizó un levantamiento de 4 secciones estratigráficas con el fin de analizar las relaciones estratigráficas entre las diferentes unidades. Se realizaron perfiles dentro de una sucesión de rocas volcanoclásticas y volcánicas coherentes. A partir del análisis de los perfiles se propone una correlación entre las rocas relevadas en el área.

También se realizó una caracterización macroscópica de la litología de las rocas con el propósito de reconocer diferentes litofacies en las secciones estudiadas.

Las rocas fueron descritas en el campo con lupa de mano. También se utilizaron comparadores visuales para estimar la granulometría y centímetro para medir el diámetro de los clastos. Asimismo, se tomaron 22 muestras de roca para analizar su textura y composición en los laboratorios del Instituto de Investigación de Paleobiología y Geología (IIPG, UNRN-CONICET) utilizando lupa binocular y microscopio petrográfico. El estudio de las rocas en el microscopio petrográfico fue realizado a través de cortes delgados de las 22 muestras obtenidas del campo.

Para la ubicación espacial en el campo se utilizaron los mapas generados previamente y un navegador GPS Garmin modelo GPSMAP 64SX en el cual se registraron las coordenadas de los puntos de estudio.

Para tomar los datos de orientación de planos, base y techo de los estratos se utilizó una brújula tipo Brunton.

En el campo se realizaron 4 perfiles geológicos. La medición de los 4 perfiles estratigráficos se realizó utilizando un báculo que consta de una vara metálica de 1,5 metros con divisiones cada 10 cm a lo largo de toda su longitud, y en su parte superior posee un soporte metálico con un nivel. El soporte metálico del báculo permite proyectar una visual, que corresponde a un plano a la altura de la vara (1,5 m). Este plano imaginario se encuentra inclinado a los mismos grados que los estratos a medir, lo cual se obtiene previamente con la brújula y las mediciones se realizan de forma perpendicular al rumbo de las capas. La localización de los puntos de inicio y final de los perfiles estratigráficos realizados en el campo se encuentra en la tabla 1.

Se realizaron bosquejos a mano con la representación de los perfiles y se tuvieron en cuenta dos variables a la hora de realizar los gráficos: en el eje Y se representó el espesor de roca y en el eje X la granulometría de las rocas analizadas.

Los datos de campo relevados con la brújula, gps, báculo y lupa de mano fueron asentados en la libreta con la información recolectada de los afloramientos. Así mismo, en cada punto de estudio se tomaron fotos de las zonas estudiadas.

3.3 Trabajo de gabinete y laboratorio posterior al trabajo de campo

Durante esta labor se confeccionó la versión digital definitiva en QGIS del mapa geológico de la zona de estudio, integrando los datos recopilados en el campo y los resultados del análisis de las muestras recolectadas. El análisis macroscópico de las muestras se realizó

con lupa de mano y lupa binocular y fue enfocado en la caracterización de diferentes parámetros básicos como la composición y tamaño de grano de la roca, la textura, el color y la dureza de los minerales. Para el estudio microscópico de las muestras se utilizaron cortes delgados en microscopio petrográfico. Los cortes delgados fueron realizados en los laboratorios del Instituto Superior de Correlación Geológica de Tucumán (INSUGEO) y analizados en microscopio petrográfico Nikon Eclipse E200. Con el análisis de los cortes delgados se determinaron diferentes parámetros texturales de las rocas ígneas como la cristalinidad, granularidad, morfología cristalina y la composición mineralógica (González 2008). Entre los parámetros texturales de las rocas clásticas se analizó la granulometría, esfericidad, redondez, selección y composición (clastos, matriz, cemento, fósiles) (Folk 1974). A partir de estos análisis de las rocas se pudo caracterizarlas y hacer inferencias sobre las condiciones que llevaron a su formación.

El estudio de las muestras en conjunto con la información de los perfiles realizados en el campo permitió realizar esquemas estratigráficos. A partir de estos esquemas se establecieron correlaciones entre distintos afloramientos. Finalmente, con la información obtenida de los perfiles estratigráficos realizadas en el campo e integrando la información petrográfica conseguida en el laboratorio se elaboraron esquemas estratigráficos digitales. En los esquemas quedan representados los afloramientos utilizando una escala de 1:200. Para la realización de los perfiles se utilizó un programa de diseño gráfico vectorial.

Con la información obtenida de las muestras de mano y de los cortes delgados se determinaron diferentes litofacies. La litofacies (Reguant 1971) representa el conjunto de los rasgos petrográficos y sedimentológicos que caracterizan una unidad de roca, incluyendo la composición mineralógica, la textura, la estructura sedimentaria, la disposición espacial y la geometría de los estratos. A partir de las litofacies es posible describir unidades de rocas que poseen características litológicas similares en relación con las unidades de rocas adyacentes o de edad similar (Posamentier y Allen 1999).

Las rocas volcaniclásticas referidas a conglomerados y areniscas se clasificaron según su granulometría (Folk 1954) basado en el tamaño de las partículas que las componen.

Los depósitos volcánicos incluyen rocas volcánicas coherentes, volcaniclásticas consolidadas y agregados volcaniclásticos no consolidados. El término "volcaniclástico" es descriptivo y se aplica a depósitos compuestos predominantemente de partículas volcánicas que pueden tener cualquier forma y tamaño (Fisher 1961). Las cuatro categorías genéticas principales de depósitos volcaniclásticos son: autoclásticos, piroclásticos, resedimentados y sedimentarios vulcanógenos. Los clastos volcánicos no modificados que conforman este grupo

fueron fragmentados por procesos volcánicos, pero transportados y depositados por procesos sedimentarios (McPhie *et al.* 1993; McPhie y Allen 2003).

Para la clasificación de las rocas ígneas se siguieron las recomendaciones dadas por la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Ígneas de la IUGS (Unión Internacional de Geociencias (Streckeisen *et al.* 2002). Las rocas volcánicas para las que no se pudo determinar una moda mineral completa, se nombraron siguiendo la terminología de Niggli (1931, p.357), utilizando sus minerales visibles (generalmente fenocristales) para asignar un nombre que está precedido por el prefijo “feno”. Alternativamente, se utilizaron las clasificaciones del diagrama QAPF (Streckeisen *et al.* 2002).

Para el caso de la clasificación de las rocas piroclásticas estudiadas en este trabajo, se empleó el diagrama en base al tamaño de los fragmentos piroclásticos según Fisher (1966), pudiendo ser estas, en tamaño creciente: ceniza (< 2 mm), lapilli (2-64 mm) o bombas (> 64 mm).

4. Marco geológico del área de estudio

Las unidades aflorantes que conforman la geología de la zona de estudio incluyen rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que en su conjunto registran edades que van desde el Cámbrico hasta el Paleógeno-Neógeno. En este apartado se enumeran las unidades litoestratigráficas comenzando desde la más antigua y finalizando con las más recientes.

4.1 Paleozoico

Formación Nahuel Niyeu

La Formación Nahuel Niyeu representa el basamento metamórfico de bajo grado del área de estudio (Fig. 3). Esta formación exhibe una historia tectónica compleja, desarrollada principalmente en tres etapas: Paleozoico temprano, Pérmico tardío y Toarciano-pre-Cretácico Tardío (Von Gosen 2003; Greco *et al.* 2015, 2018, 2021, 2022).

En la zona de estudio, esta unidad está compuesta principalmente por rocas metasedimentarias con una alternancia de metagrauvas, pizarras y filitas (Chernicoff y Caminos 1996; Caminos *et al.* 2001) con intercalaciones menores de metareniscas y rocas metaígneas (Giacosa 1999; Greco *et al.* 2015, 2017).

Rocas sedimentarias, volcánicas/subvolcánicas del Jurásico Inferior, del Complejo Volcánico Marifil, se apoyan en discordancia e intruyen a la Formación Nahuel Niyeu, cortando la fábrica penetrativa del basamento (Greco *et al.* 2018). Al norte del Establecimiento Don Raúl, se apoyan discordantemente sobre el basamento rocas pertenecientes a la Formación Puesto Piris (Núñez *et al.* 1975).

La edad máxima de sedimentación de los protolitos siliciclásticos de la Formación Nahuel Niyeu fue calculada por el método U-Pb SHRIMP y LA-ICP-MS en circones detríticos, quedando la misma comprendida entre 516 Ma y 510 Ma (Pankhurst *et al.* 2006; Rapalini *et al.* 2013; Greco *et al.* 2017). Las rocas ultramáficas a félsicas meta-ígneas intercaladas en la secuencia metasedimentaria fueron analizadas por el método U-Pb LA-ICP-MS en circones de las rocas metaígneas de esta unidad y resultaron en una edad de $513,6 \pm 3,3$ Ma (Greco *et al.* 2015). Esta edad fue interpretada como el límite superior para la depositación del protolito, debido a que la cristalización de estos cuerpos habría ocurrido después de la consolidación de la secuencia sedimentaria (Greco *et al.* 2015). Por lo que la edad de depositación de los protolitos sedimentarios de la Formación Nahuel Niyeu correspondería a la Época 2 del Cámbrico (Greco *et al.* 2017). La estructura interna de esta unidad es compleja y se reconocieron estructuras tectónicas producidas durante cinco etapas de deformación ocurridas

durante el Paleozoico y posiblemente extendiéndose hasta el Mesozoico (Greco *et al.* 2017, 2018).

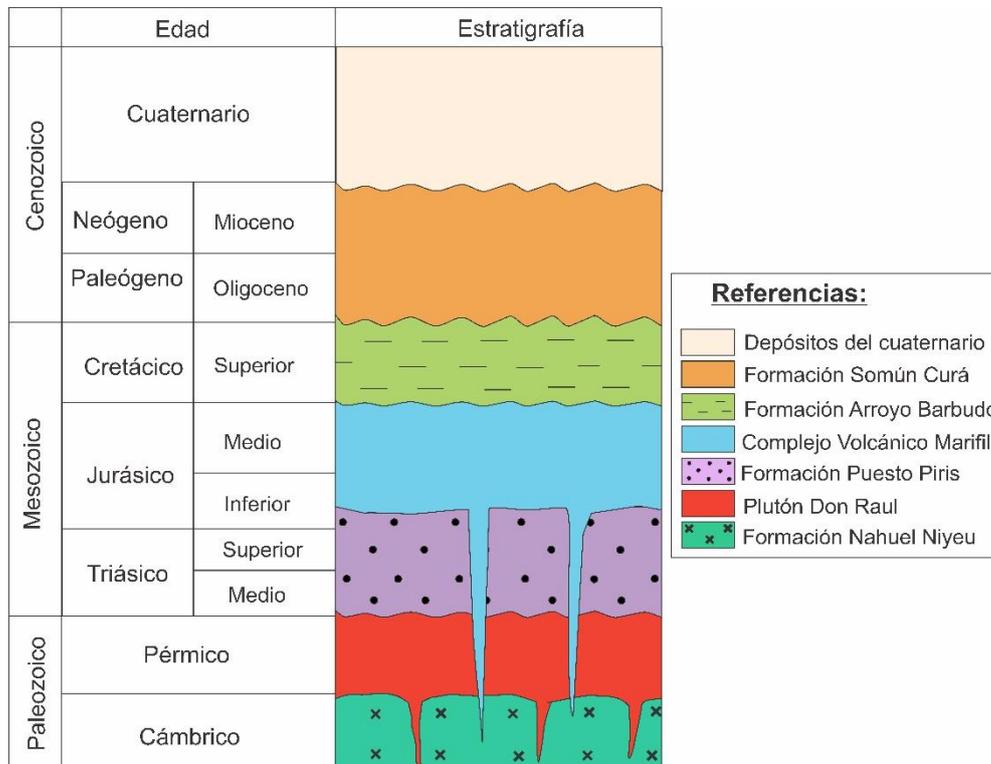


Figura 3: Columna estratigráfica del área de estudio, basado en Ramos (2022) e interpretación de los datos tomados en el campo.

Plutón Don Raúl

El Plutón Don Raúl es un cuerpo ígneo plutónico de ~4 km² que aflora al este del Establecimiento Don Raúl (Fig. 4), intruyendo a la Formación Nahuel Niyeu. El trabajo de (Greco *et al.* 2022) presenta la existencia del cuerpo ígneo y su descripción se basa en ese único antecedente.

En las rocas de la Formación Nahuel Niyeu, próximas al contacto, se reconoció una aureola térmica de aproximadamente 1 km, relacionada con dicha intrusión. El Plutón Don Raúl está compuesto principalmente por dos facies, una granítica con texturas granosa a porfiroide y otra granodiorítica con textura granosa. Los autores determinaron la edad absoluta de cristalización U-Pb del Plutón Don Raúl en 270 Ma, resultado obtenido de circones procedentes de la facies granodiorítica.

4.2 Mesozoico

4.2.1 Triásico

Formación Puesto Piris

La Formación Puesto Piris, descrita por primera vez por Núñez *et al.* (1975) como Conglomerado Puesto Piris, posteriormente Caminos (2001) utiliza la denominación de Formación Puesto Piris. Esta unidad comprende una sucesión de conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas calcáreas, tobas y calizas (Núñez *et al.* 1975). Estos autores atribuyeron a la unidad una edad Triásica debido a que en los conglomerados se encuentran clastos de granitos alásquíticos datados Pérmico superior y a sus relaciones estratigráficas, ya que se apoya en discordancia sobre la Formación Nahuel Niyeu y está cubierta en forma discordante por vulcanitas jurásicas (Fig. 3). Cortés (1981) atribuyó a esta unidad una edad triásica tardía - jurásica temprana, considerando su posición estratigráfica y una edad K/Ar (189 ± 5 Ma) obtenida de las volcanitas suprayacentes en la estancia El Refugio (provincia de Chubut). Strazzere *et al.* (2019) presentaron una edad de cristalización U-Pb en circones de $193,4 \pm 3,1$ Ma, obtenida para una colada de lava traquítica que estaría ubicada en la base de la secuencia. Los autores proponen que los flujos de lava riolítica y traquítica y las tobas del Complejo Volcánico Marifil están intercalados con las secuencias sedimentarias de la Formación Puesto Piris, ubicando tentativamente a esta unidad en el Sinemuriano e indicando que sería coetánea y formaría parte del Complejo Volcánico Marifil, tal como planteó Cortés (1981).

Los conglomerados de la Formación Puesto Piris son de color gris negruzco a pardo violáceo, con algunos bancos de tonalidades rojizas y contienen clastos de rocas metamórficas, granitos, riolitas, andesitas y cuarcitas (Núñez *et al.* 1975). Strazzere *et al.* (2019) describen algunas secuencias sedimentarias de la Formación Puesto Piris, compuestas por conglomerados con algunos clastos de hasta 20 cm de diámetro, intercalados con areniscas de color rojo a marrón de hasta 3 m de espesor. Capas de calizas grises y negras están intercaladas en las areniscas y entre las calizas se encuentran lechos de areniscas finas con material tobáceo.

Strazzere *et al.* (2019) proponen seis litofacies basadas en perfiles realizados en diferentes lugares en los alrededores del establecimiento Don Raúl. La litofacies I está compuesta por conglomerados soportados por una matriz de color rojo a gris. La litofacies II está representada por conglomerados rojos soportados por clastos. En zonas cercanas al establecimiento Don Raúl, a 3 km al norte, la composición de clastos de la litofacies I y II es predominantemente de fragmentos volcánicos del Complejo Volcánico Marifil, y un porcentaje

restante son filitas de la Formación Nahuel Niyeu. Los autores también reconocieron algunas maderas carbonizadas pertenecientes a árboles parecidos a helechos Filicophyta y Araucarites y huellas de hojas pertenecientes a la clase Equisetopsida. La litofacies III contiene areniscas rojas gruesas que gradualmente se transforman en litofacies IV, la cual incluye areniscas tabulares de grano fino y limolitas negras. La litofacies V está compuesta por calizas gruesas negras intercaladas con litofacies IV. Las litofacies VI está compuesta por toba reelaborada y depósitos epiclásticos intercalados con las litofacies I, II y III.

Los conglomerados con clastos volcánicos y metamórficos de la litofacies I y II, han sido relacionados por Strazzere *et al.* (2019) a ambientes de abanicos aluviales. Los autores asocian la presencia de fragmentos volcánicos, toba reelaborada y fragmentos de vidrio en los conglomerados, como un indicador de que la deposición de la Formación Puesto Piris es coetánea con la actividad volcánica del Complejo Volcánico Marifil.

4.2.2 Jurásico

Complejo Volcánico Marifil

El Complejo Volcánico Marifil (Malvicini y Llambías 1974; Cortés 1981; Giacosa 1993) aflora en amplias zonas del Macizo Nordpatagónico oriental (Núñez *et al.* 1975; Kay *et al.* 1989; Giacosa 1993; Rapela y Pankhurst 1993; Pankhurst y Rapela 1995; Aragón *et al.* 1996; Pankhurst *et al.* 1998; Caminos *et al.* 2001; Márquez *et al.* 2010, 2011; González *et al.* 2017; Pavón Pivetta *et al.* 2019; Strazzere *et al.* 2021; González *et al.* 2022) y representa las rocas ígneas y sedimentarias del Jurásico Inferior del área Valcheta - Aguada Cecilio. Su petrogénesis se interpreta como asociada a los efectos térmicos de la pluma mantélica del Karoo (Riley *et al.* 2001; Navarrete *et al.* 2019, 2023).

En la parte oriental del Macizo Norpatagónico existen vastos afloramientos de rocas volcánicas del Jurásico con facies sedimentarias menores. Entre las rocas volcánicas se encuentran espesas asociaciones volcánicas y cuerpos subvolcánicos que forman afloramientos extendidos, Malvicini y Llambías (1974) denominaron a estas secuencias Formación Marifil.

Cortés (1981) establece la denominación litoestratigráfica Complejo Marifil, que se compone de tres unidades: la unidad basal es la Formación Puesto Piris, formada por conglomerados, aglomerados e ignimbritas; la siguiente unidad es la Formación Aguada del Bagual, representada por cuerpos porfídicos subvolcánicos de color rojo anaranjado; la unidad más joven es la Formación La Porfía, formada por aglomerados, tobas, areniscas e ignimbritas. Finalmente, Busteros *et al.* (1998) mencionan a la unidad como Complejo Volcánico Marifil.

Strazzere *et al.* (2019) consideran que la base del Complejo Volcánico Marifil está representada por la Formación Puesto Piris (Cortés 1981) y se apoya sobre rocas pre-triásicas (metamorfitas del Paleozoico inferior, sedimentitas siluro-devónicas o granitoides pérmicos).

En el sector de estudio el Complejo Volcánico Marifil incluye flujos de lava e ignimbritas riódacíticas a riolíticas, coladas de lava traquítica, tobas, conglomerados y areniscas. También se hallan rocas piroclásticas y volcánicas ácidas (Núñez *et al.* 1975; Caminos *et al.* 2001; Strazzere *et al.* 2019). Así mismo, González *et al.* (2017) proponen que la secuencia volcánica ácida representa la sección superior del Complejo Volcánico Marifil y concluyen que se encuentra cubriendo a las formaciones Puesto Piris y Nahuel Niyeu (Núñez *et al.* 1975; Caminos *et al.* 2001; Martínez *et al.* 2001).

Intruyendo a la secuencia anteriormente mencionada, se encuentran cuerpos hipabisales referidos a la Formación Aguada del Bagual (Cortés 1981), formada por rocas subvolcánicas ácidas. Esta unidad está compuesta principalmente por diques riolíticos y riódacíticos emplazados en los mantos efusivos dacíticos y riolítico-riódacíticos. Al sur y sudoeste de Valcheta se destacan por sus colores rosados o rojizos, sobre el fondo oscuro de los bancos dacíticos. Al este y norte de Valcheta están alojados en el basamento metamórfico de grado bajo (Caminos *et al.* 2001). En discordancia angular sobre la primera se dispone una secuencia volcano-sedimentaria predominantemente piroclástica que se denomina Formación La Porfía (Cortés 1981), formada por aglomerados, tobas, areniscas e ignimbritas.

Al oeste de Aguada Cecilio Núñez *et al.* (1975) identificaron restos de plantas del orden Bennetitales, géneros *Otozamites*, *Dictyozamites* y *Ptilophyllum* y fragmentos de *Estheria*, refiriendo a las rocas del Complejo Volcánico Marifil al Jurásico Inferior a Medio.

Dataciones propuestas por Chernicoff *et al.* (2017), Strazzere *et al.* (2019) y González *et al.* (2022) realizadas mediante el método U-Pb en circones para rocas del Complejo Volcánico Marifil, dentro y en los alrededores del área de estudio, indicarían que el vulcanismo abarcaría un intervalo temporal entre $193,4 \pm 3,1$ Ma y 179 ± 5 Ma.

4.2.3 Cretácico

Miembro Aguada Cecilio (Formación Arroyo Barbudo)

Las rocas pertenecientes a la Formación Arroyo Barbudo se apoyan en discordancia sobre la Formación Nahuel Niyeu y sobre el Complejo Volcánico Marifil, siendo cubierta en discordancia por la Formación Somún Curá (Martínez *et al.* 2001).

La porción mesozoica de la Formación Arroyo Barbudo está representada en el área de estudio por el Miembro Aguada Cecilio, de edad maastrichtiana. La unidad está compuesta por

areniscas finas a medias, limolitas y arcilitas con calizas y margas intercaladas (Martínez *et al.* 2001). La sucesión culmina con un banco de lumachella blanca amarillenta, de un metro de espesor, compuesta por restos de gasterópodos, bivalvos y cefalópodos (Camino *et al.* 2001).

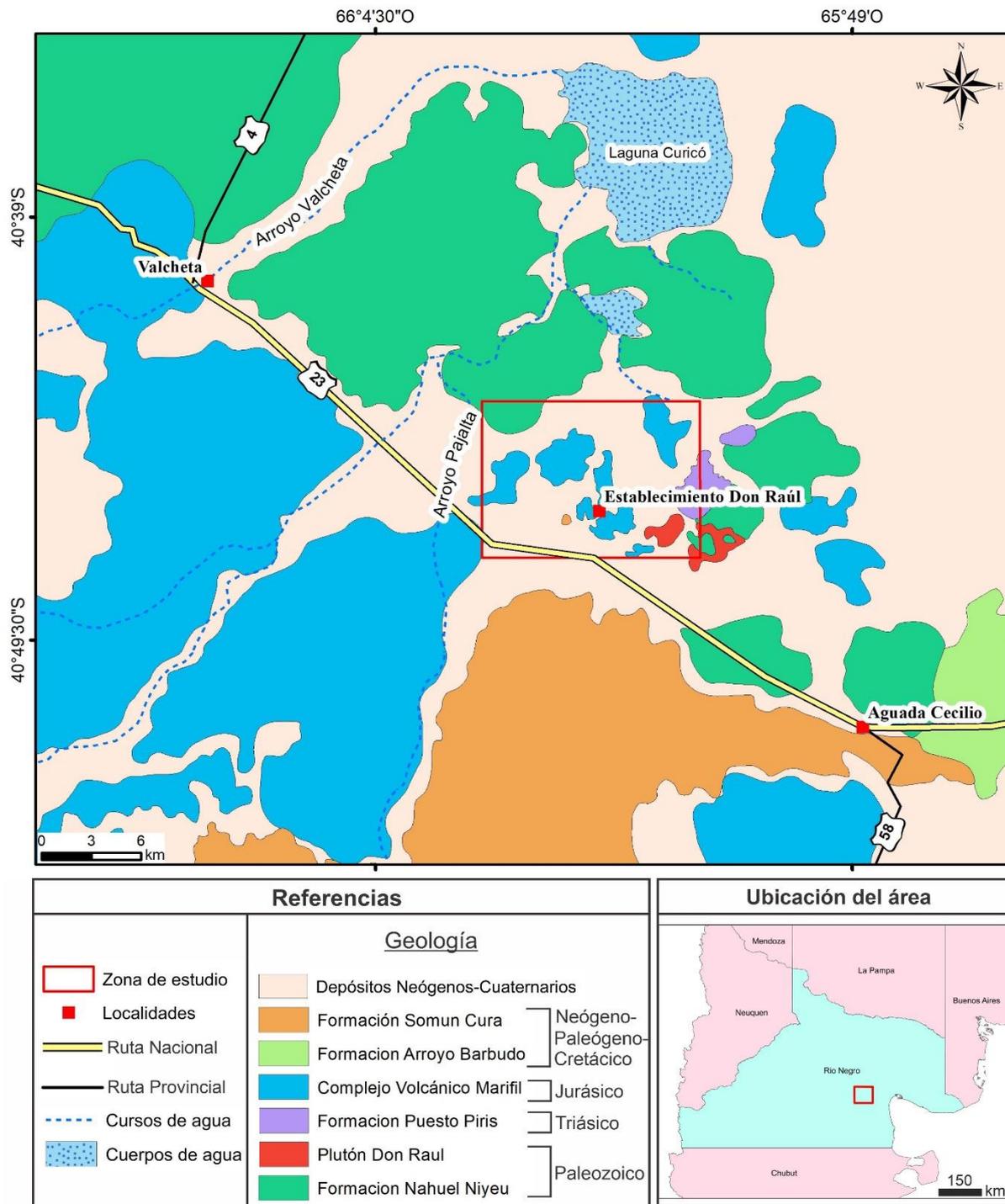


Figura 4: Mapa regional del área de Valcheta-Aguada Cecilio, basado en Martínez *et al.* (2001) y González *et al.* (2022).

4.3 Cenozoico

4.3.1 Paleógeno

Miembro El Fuerte (Formación Arroyo Barbudo)

La Formación Arroyo Barbudo para el Cenozoico está representada por el Miembro El Fuerte de edad daniana (Martínez *et al.* 2001). La unidad comienza con la culminación de la lumachella incluida por Lizuain y Sepúlveda (1978) en el miembro inferior, la cual es seguida por areniscas de grano fino, areniscas limosas y arcilitas, de color pardo rojizo a pardo amarillento (Martínez *et al.* 2001).

4.3.2 Neógeno

Formación Somún Curá

La Formación Somún Curá, de edad Oligoceno-Mioceno cubre a las rocas anteriormente mencionadas. Esta Formación se encuentra en el marco de la Provincia Magmática Somún Curá en el norte de la Patagonia extraandina, en el cual se distinguen dos etapas magmáticas principales: una etapa de meseta, representada por los basaltos subalcalinos Oligoceno-Mioceno de la Formación Somún Curá y una etapa post-meseta que incluye varios complejos de basalto-traquita (riolita) del Mioceno (Remesal *et al.* 2018).

Esta formación agrupa a un conjunto de rocas volcánicas compuestas por basaltos olivínicos de grano fino a mediano, de color gris a gris oscuro. Estas rocas afloran al sur, sudoeste y oeste de Aguada Cecilio, entre la ruta provincial 58 y la ruta nacional 23 (Caminos *et al.* 2001).

4.3.3 Cuaternario

La estratigrafía de la zona se completa con depósitos de aluviones pertenecientes al Cuaternario (Caminos *et al.* 2001; Martínez *et al.* 2001).

Depósitos coluviales

En la zona de estudio se extienden dentro de los bajos menores y desde la meseta al oeste y sudoeste, en los alrededores de la laguna Curicó y al norte y este de Aguada Cecilio. El material proviene y está compuesto por clastos de los Rodados Patagónicos y unidades infrayacentes, principalmente de las sedimentitas marinas y fluviales terciarias. Son limos, arcillas, arenas, y gravas poco o nada consolidadas (Caminos *et al.* 2001).

5. Resultados

En esta sección se presenta la descripción litológica y análisis estratigráfico de un conjunto de perfiles realizados en afloramientos del Complejo Volcánico Marifil, en zonas aledañas al Establecimiento Don Raúl, este del Macizo Norpatagónico.

En la tabla 1 se encuentran las coordenadas geográficas de los puntos de inicio y final de los perfiles. El perfil 1 (P1) se encuentra hacia el noroeste de la zona de trabajo, el perfil 2 (P2) se encuentra inmediatamente hacia el norte del Puesto Don Raúl y los perfiles 3 (P3) y 4 (P4) están ubicados en el centro-norte de la zona de trabajo.

	Inicio		Final	
	<i>Latitud S</i>	<i>Longitud O</i>	<i>Latitud S</i>	<i>Longitud O</i>
Perfil 1	40°44'41,83"	65°59'32,08"	40°44'44,83"	65°59'31,49"
Perfil 2	40°46'13,76"	65°57'17,55"	40°46'13,38"	65°57'23,25"
Perfil 3	40°45'3,55"	65°57'34,43"	40°45'0,28"	65°57'40,34"
Perfil 4	40°44'32,99"	65°57'54,99"	40°44'38,96"	65°57'54,92"

Tabla 1: Ubicación geográfica de los puntos de estudio pertenecientes a los perfiles realizados en el campo.

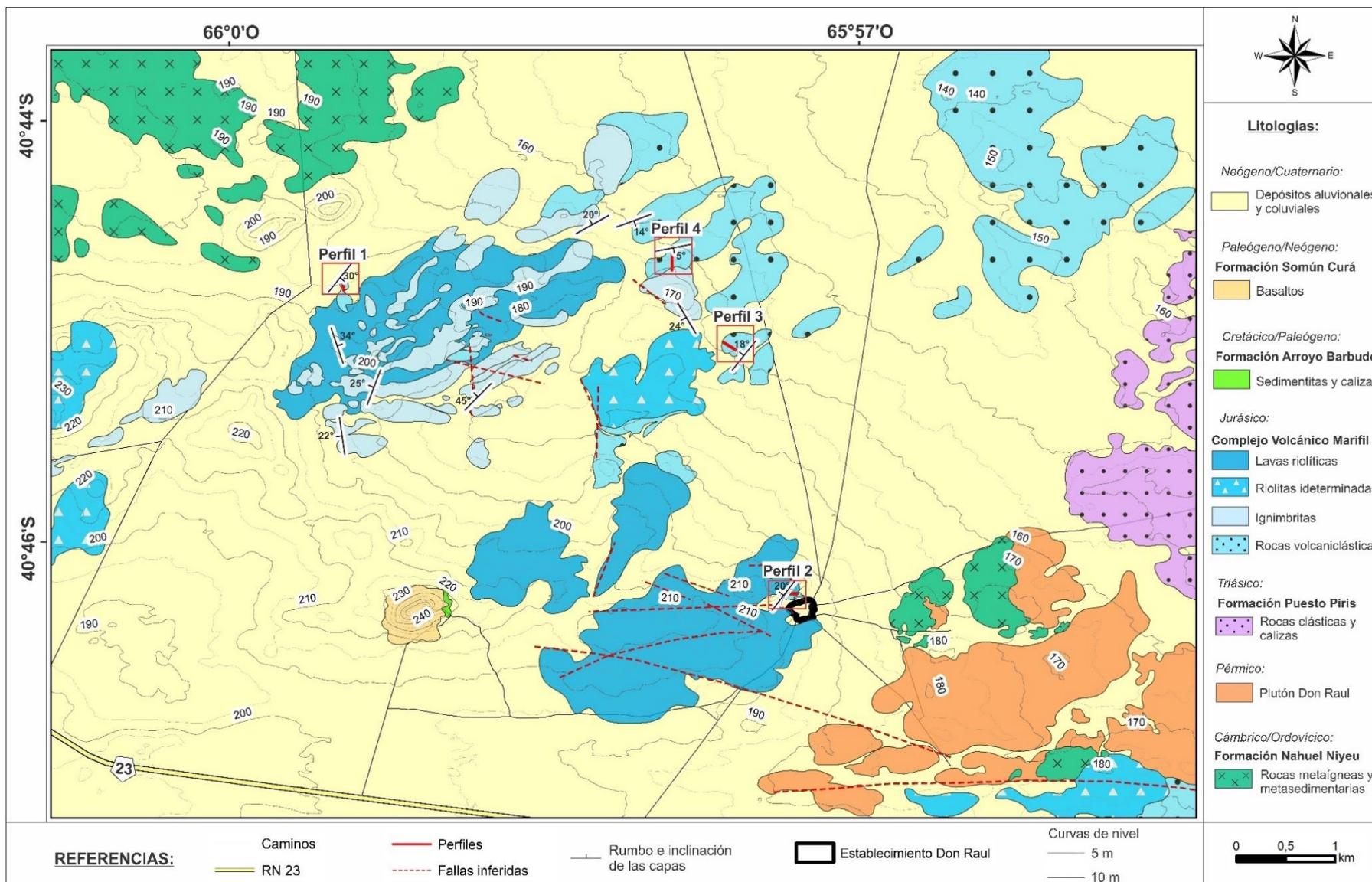


Figura 5: Mapa Geológico del área de estudio.

5.1 Descripción de los perfiles

5.1.1 Perfil 1

El perfil 1 (P1) de 37,45 m de espesor, se encuentra ubicado a 4,3 km hacia el noroeste del Establecimiento Don Raúl.

El P1 comienza con una sucesión de areniscas rojizas masivas (Fig. 6a-b). Las capas de areniscas presentan rumbo NE-SO y buzamientos de entre 35° y 52° al SE. Las areniscas presentan moderada selección y tienen un tamaño de grano medio a grueso, de 0,25 a 0,5 mm. La matriz es escasa y de grano muy fino, por lo que se las identificó como arenitas. El cemento presente en estas rocas es de tipo *rim* de composición ferruginosa. La composición está representada principalmente por cuarzo, plagioclasa y feldespatos. Entre los componentes de las areniscas se reconocieron abundantes líticos, entre ellos se identificaron líticos cuarzo-feldespáticos policristalinos y abundantes líticos volcánicos, entre ellos de riolitas, de granitos (Fig. 6c) y en menor proporción líticos de rocas metamórficas de bajo grado (Fig. 6d).

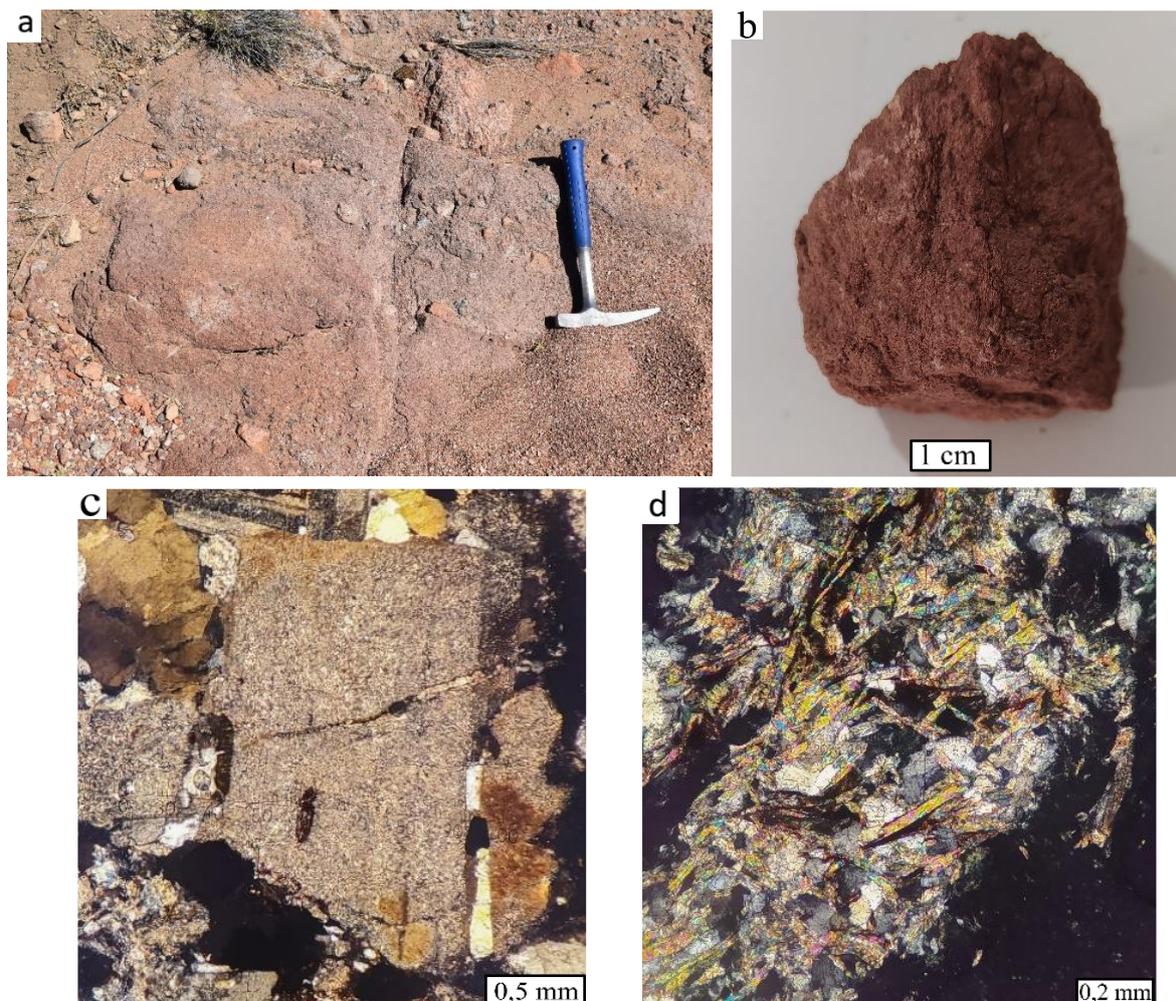


Figura 6: Fotografía de detalle y fotomicrografías de las arenitas rojizas: a: afloramiento de las areniscas rojizas del P1; b: muestra de mano de arenisca rojiza de la zona de estudio. Muestras de arenisca en nicoles cruzados: c: clasto de granito anguloso; d: clasto de esquisto.

El perfil culmina en una arenisca conglomerádica rojiza (Fig. 7a), que conforma el núcleo de un sinclinal con una traza axial de rumbo 57° NE. Las areniscas son conglomerádicas de tamaño de grano medio a grueso constituida por pequeños clastos subredondeados y subangulosos de cuarzo. Esta arenisca es matriz sostén, presenta abundante aporte volcánico y una matriz muy fina. La muestra presenta abundantes fragmentos vítreos (Fig. 7b). Los clastos que conforman esta roca están mal seleccionados, son angulosos y de baja esfericidad. Los mismos están compuestos principalmente por fragmentos líticos ($<70\%$); se distinguen entre estos líticos angulosos de rocas volcánicas (85-95%), algunos de ellos pertenecientes a riolitas (Fig. 7c), líticos de cuarzo policristalino y líticos de rocas metamórficas de bajo grado ($<10\%$) (Fig. 7d). En menor proporción la roca exhibe granos de cuarzo, plagioclasa y feldespatos alcalinos. Esta roca fue identificada como una arenisca asociada al retrabajo de rocas piroclásticas mezcladas con materiales terrígenos.

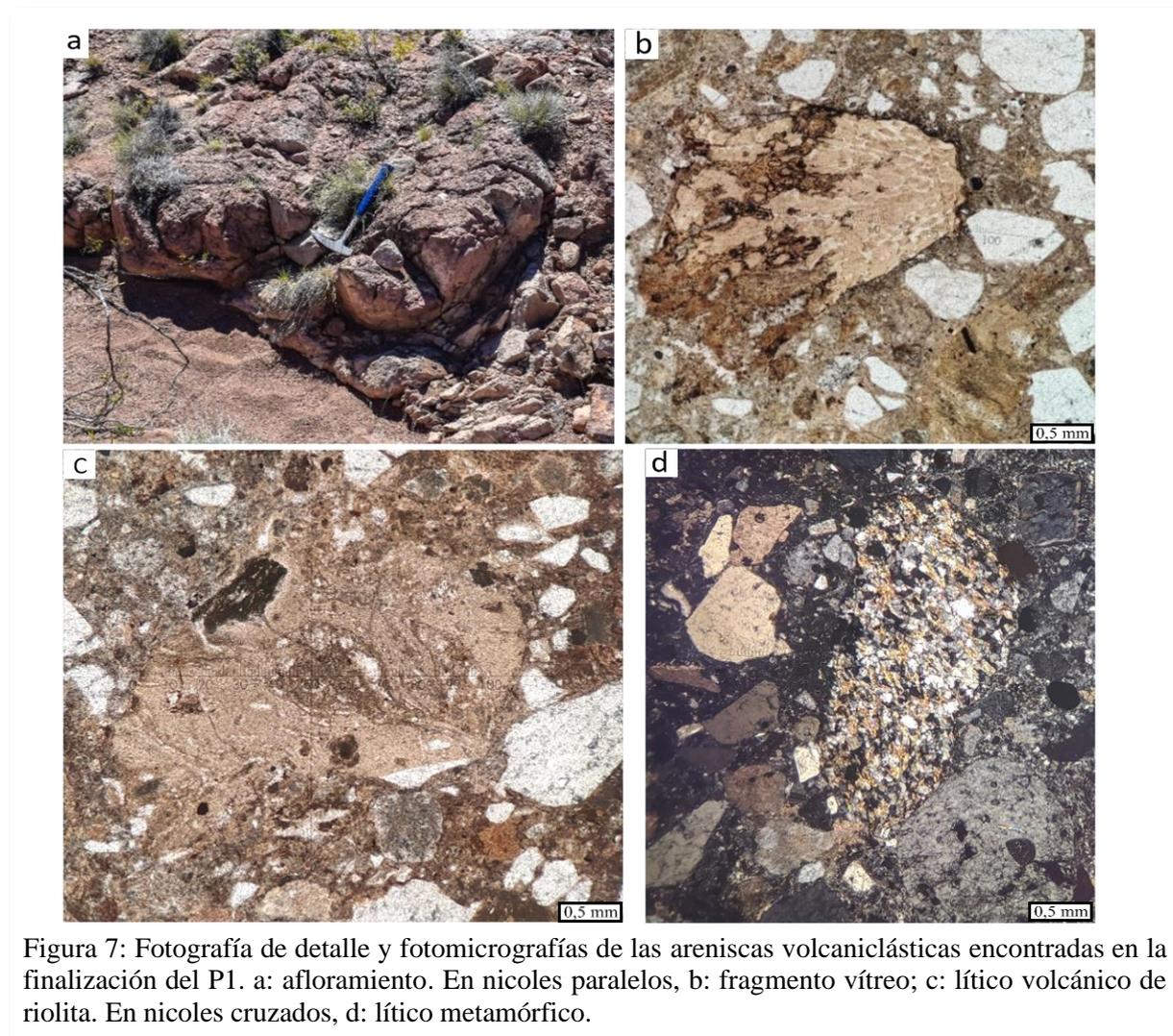


Figura 7: Fotografía de detalle y fotomicrografías de las areniscas volcánicoclásticas encontradas en la finalización del P1. a: afloramiento. En nicoles paralelos, b: fragmento vítreo; c: lítico volcánico de riolita. En nicoles cruzados, d: lítico metamórfico.

Por encima del P1 se reconocieron estratigráficamente afloramientos pertenecientes a conglomerados polimícticos rojizos e ignimbritas. Estos afloramientos no fueron medidos, pero se incluyeron en el P1 fuera de escala, como se observa en la figura 8.

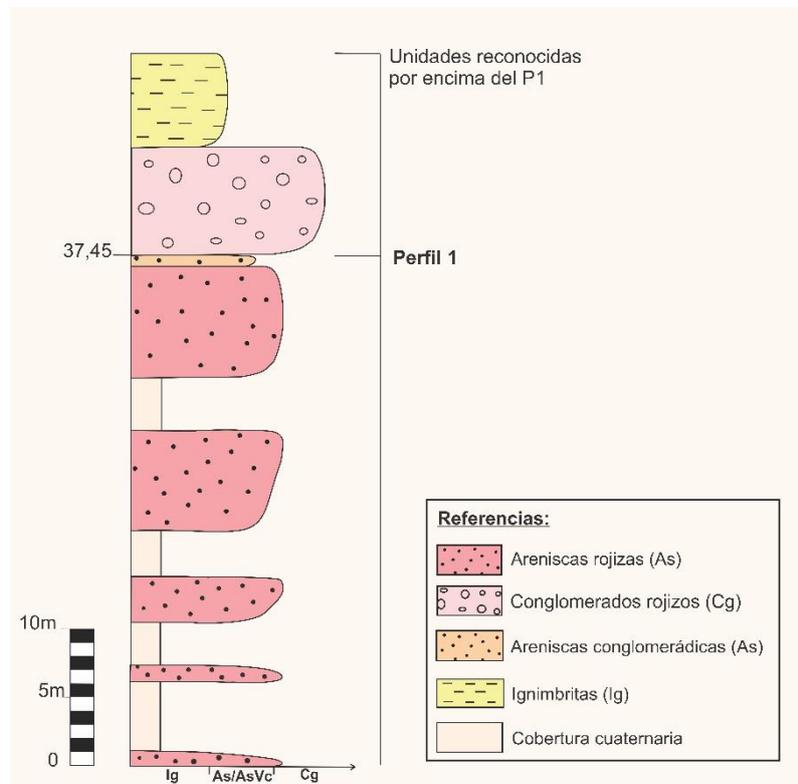


Figura 8: Perfil estratigráfico (P1) realizado en el campo, conformado por una litofacies de areniscas rojizas de grano medio a grueso.

Los conglomerados polimícticos de color rojizos (Fig. 9) ($40^{\circ}44'47,63''$ S - $65^{\circ}59'31,50''$ O) tienen rumbos NO-SE, se encuentran inclinando entre 18° y 30° al SO y suprayacen a las areniscas.

Los conglomerados son clasto soportado en una matriz arenosa de color rojiza-castaña de grano fino a medio. Los clastos son subredondeados, subangulosos y mal seleccionados, se identificaron clastos de pequeñas dimensiones (0,5 cm) al comienzo del afloramiento, mientras que finalizando el mismo se hallaron bloques de 84 cm de largo x 64 cm de ancho. La composición de los clastos es mayoritariamente de origen volcánico (80-90%) siendo predominantes aquellos derivados de una riolita, también se identificaron clastos de ignimbritas riolíticas, fragmentos de rocas tobáceas y andesitas. El porcentaje restante de clastos es ocupado por rocas metamórficas de bajo grado, de tipo filitas.



Figura 9: Afloramientos de conglomerados polimícticos rojizos encontrados en el P1.

En dirección sureste respecto del P1, se reconocieron afloramientos de tobas lapillítica cristalina, de color castaño amarillento ($40^{\circ}44'58,65$ S - $65^{\circ}59'32,72$ O) (Fig. 10), formando extensos mantos de gran extensión areal, con rumbo NE-SO e inclinando entre 25° y 34° al OSO.

Estas rocas se ubican estratigráficamente por encima de los conglomerados mencionados anteriormente en este perfil (P1). Estas rocas son de colores amarillos, marrones claros y rosas claros a morados.

En corte delgado presentan fragmentos vítricos y una matriz vítrea (30-40%). La matriz de la roca es muy fina y no se pudieron reconocer componentes (Fig. 10b). Se reconocieron fragmentos pumíceos aplastados de colores oscuros, definiendo una textura eutaxítica (Fig. 10c). Se encuentran mayoritariamente cristaloclastos muy fragmentados de cuarzo, plagioclasa y feldespatos. Presentan formas anhedrales a subhedrales. Los cristaloclastos representan entre un 35 y 45% de la composición de la roca. Los minerales opacos se encuentran dispersos y algunos presentan formas cúbicas y octaédricas. Los litoclastos son principalmente volcánicos y piroclásticos, de composición principalmente riolítica. Se reconoció carbonato rodeando a los litoclastos y en la matriz (Fig. 10d). También se identificó abundante contenido vítreo y se reconoció una textura de desvitrificación de esferulitas con intercrecimiento radial y nucleando a algunos cristales de feldespatos. Las rocas se interpretaron como ignimbritas.

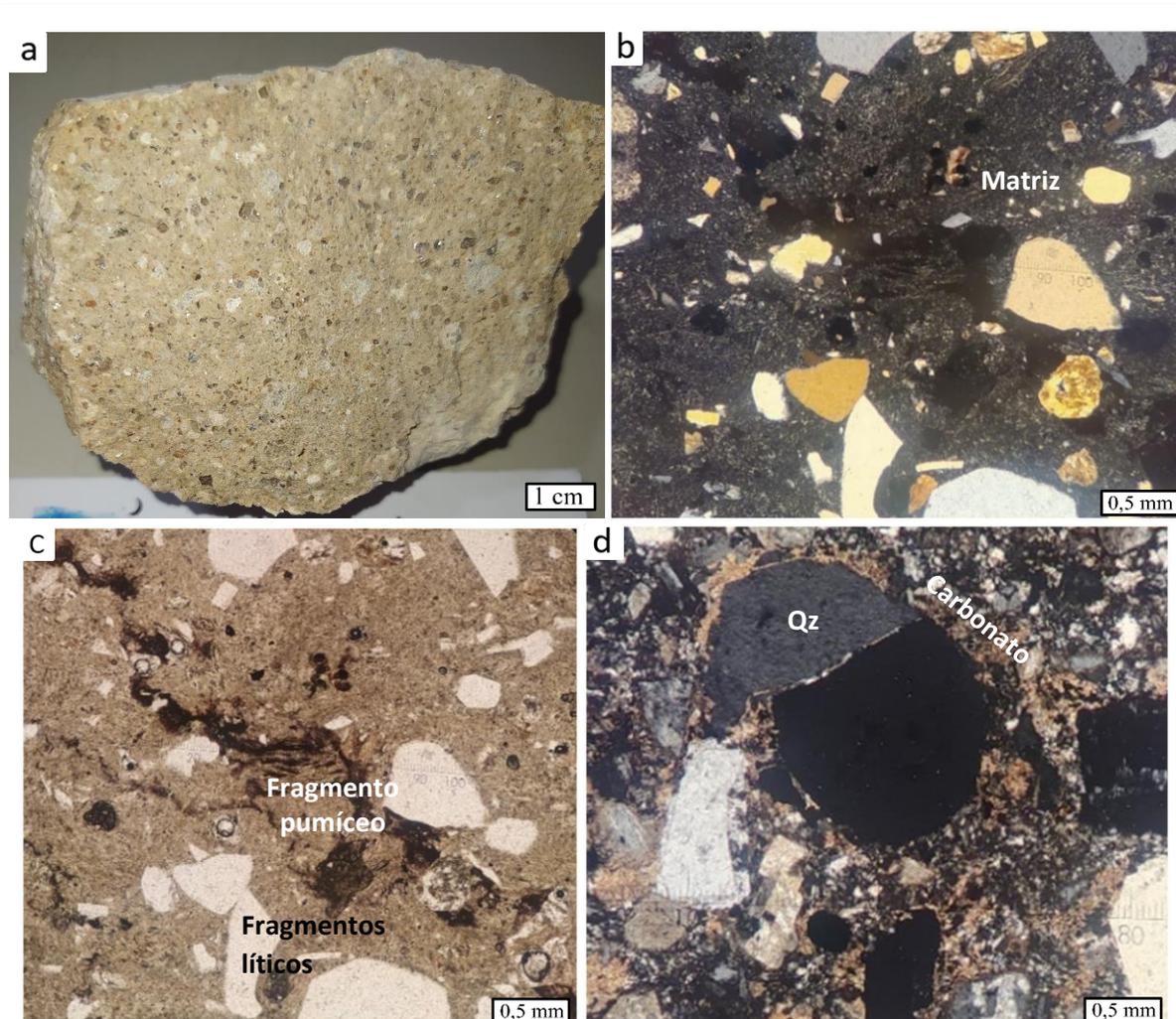


Figura 10: a: muestra de mano de las ignimbritas, con textura fragmental en una matriz de color pardo-rosada; b: en nicols cruzados, se observa un trazo pumíceo y clastos angulosos en matriz vítrea; c: trazo pumíceo en nicols paralelos; d: en nicols cruzados, abundantes fragmentos de cristales y carbonato. Qz: Cuarzo.

5.1.2 Perfil 2

El perfil 2 (P2) de 20,32 m de espesor (Fig. 11), se encuentra ubicado inmediatamente al norte del Establecimiento Don Raúl. Fueron reconocidos afloramientos de rocas volcánicas hacia el techo del perfil (Fig. 12a-b) sobre afloramientos de rocas clásticas (Fig. 12c).

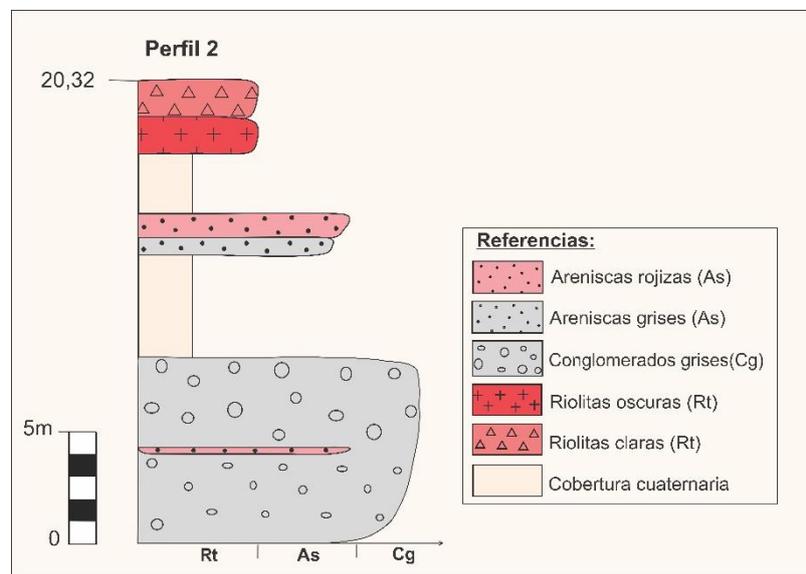


Figura 11: Perfil estratigráfico (P2) realizado en el campo, conformado por litofacias de conglomerados grises, litofacias de areniscas grises, litofacias de areniscas rojizas, litofacias de lavas riolíticas rojizas claras y litofacias de lavas riolíticas rojizas oscuras.

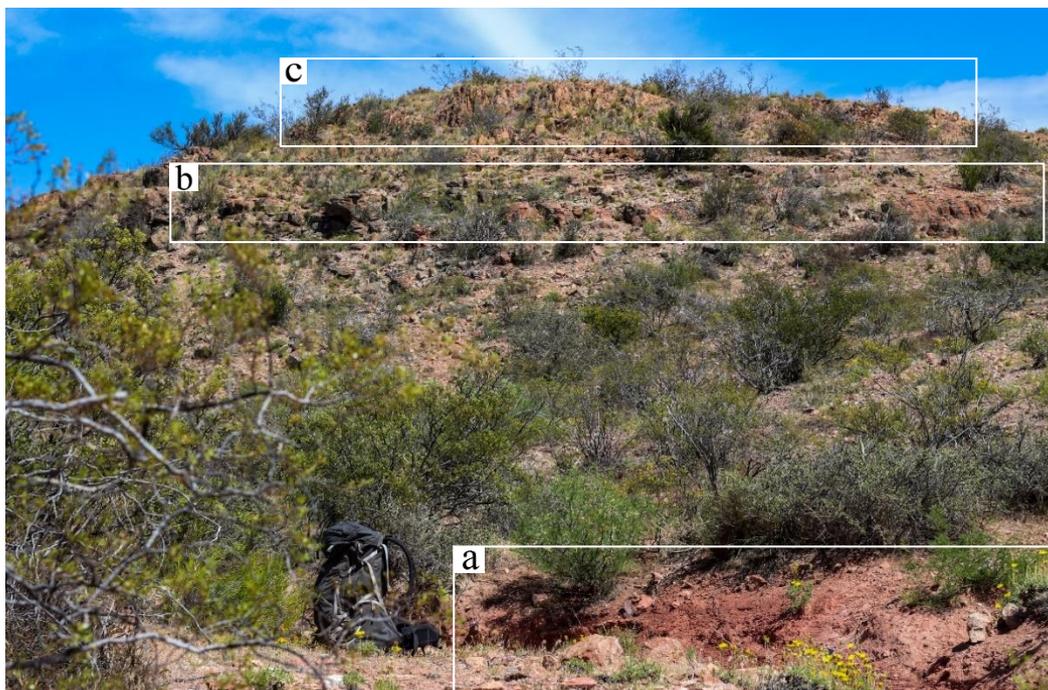


Figura 12: Afloramientos a lo largo del perfil 2 (P2): a: afloramiento de areniscas rojizas en la base del perfil.; b: lavas riolíticas rojizas oscuras; c: lavas riolíticas rojizas claras hacia el techo del perfil.

El perfil comienza con afloramientos de conglomerados polimícticos de color gris (Fig. 13a). Sobre los conglomerados grises se apoyan areniscas grises en bancos de muy pequeño espesor (Fig. 13b) intercaladas con areniscas rojizas (Fig. 30c) de grano fino y estructura masiva.



Figura 13: Fotografías de detalle de los tipos litológicos presentes en el perfil 2 (P2): a: Conglomerados polimícticos grises; b: areniscas grises; c: areniscas rojizas. La dimensión de la piqueta es de 33 cm.

Los conglomerados son de color grisáceo rojizo, clasto soportado en una matriz arenosa de color grisácea-castaña de grano fino a medio. Los clastos son subredondeados, subangulosos y mal seleccionados de 0,5 cm hasta 40 cm. Se observaron cristales anhedrales de color blanco y baja dureza, posiblemente arcillas y minerales micáceos de color verdosos que podrían tratarse de clorita y pequeños cristales de cuarzo. La composición principal de los clastos es volcánica, incluyendo clastos de riolitas y de otras rocas posiblemente asociadas a andesitas.

Las areniscas grises son de grano medio, se las encontró en afloramientos de pequeños bancos de no más de 50 cm y en estructura masiva (Fig. 13b). La roca presenta un cemento ferruginoso rodeando los clastos (Fig. 14a). La matriz es escasa y de grano muy fino, por lo que se las identificó como arenitas. En corte delgado se observaron cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespatos, clorita y en menor proporción biotita alterada a clorita. Entre los componentes de las areniscas se reconocieron abundantes líticos, entre ellos se identificaron

líticos cuarzo-feldespáticos policristalinos con textura felsítica y abundantes líticos volcánicos, entre ellos de rocas piroclásticas (Fig. 14b), de riolitas y en menor proporción líticos de rocas metamórficas de bajo grado (Fig. 14c).

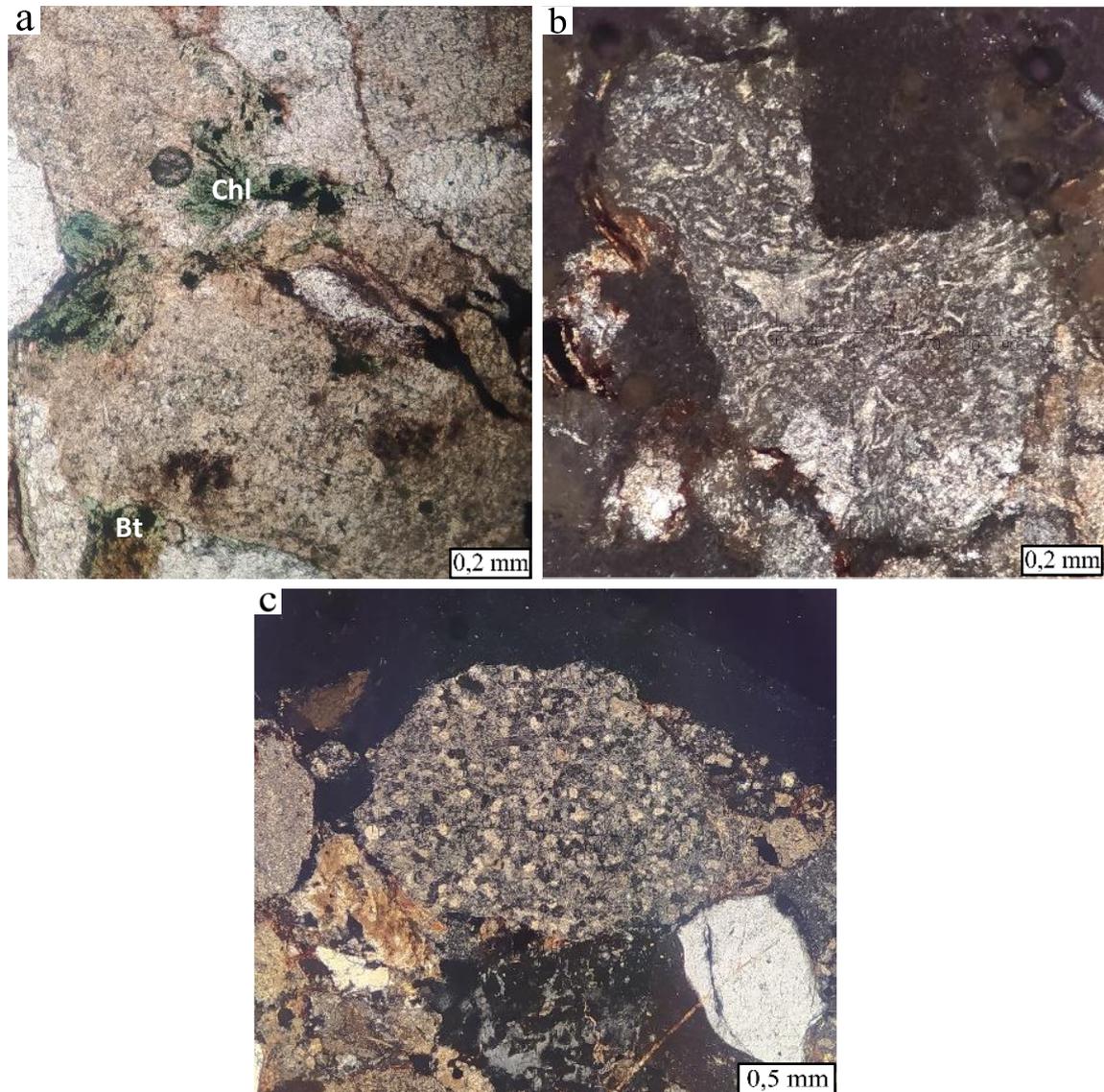


Figura 14: Microfotografía de las arenitas grises en corte delgado y nicoles cruzados: a: cristales de clorita y biotita y cemento ferruginoso de tipo *rim*; b: clasto de roca con abundantes trazas vítreas; c: clasto de roca volcánica con textura felsítica. Chl: Clorita, Bt: Biotita

Las areniscas rojizas son de grano fino y hábito masivo. La roca es polimíctica, tiene buena selección y los granos son subredondeados a subangulosos. La matriz es escasa y de grano muy fino, por los que se las identificó como arenitas. Presenta mayoritariamente cuarzo, feldespato y minerales micáceos como moscovita y biotita. La roca fue clasificada como una arenita rojiza. Estas arenitas son semejantes a las descritas en el P1.

Por encima de la sucesión sedimentaria se hallaron rocas volcánicas coherentes de color rojizos (Fig. 15a) y que muestran variaciones texturales. Estas rocas fueron reconocidas como lavas riolíticas. Estas lavas se diferenciaron en lavas riolíticas rojizas oscuras y claras.

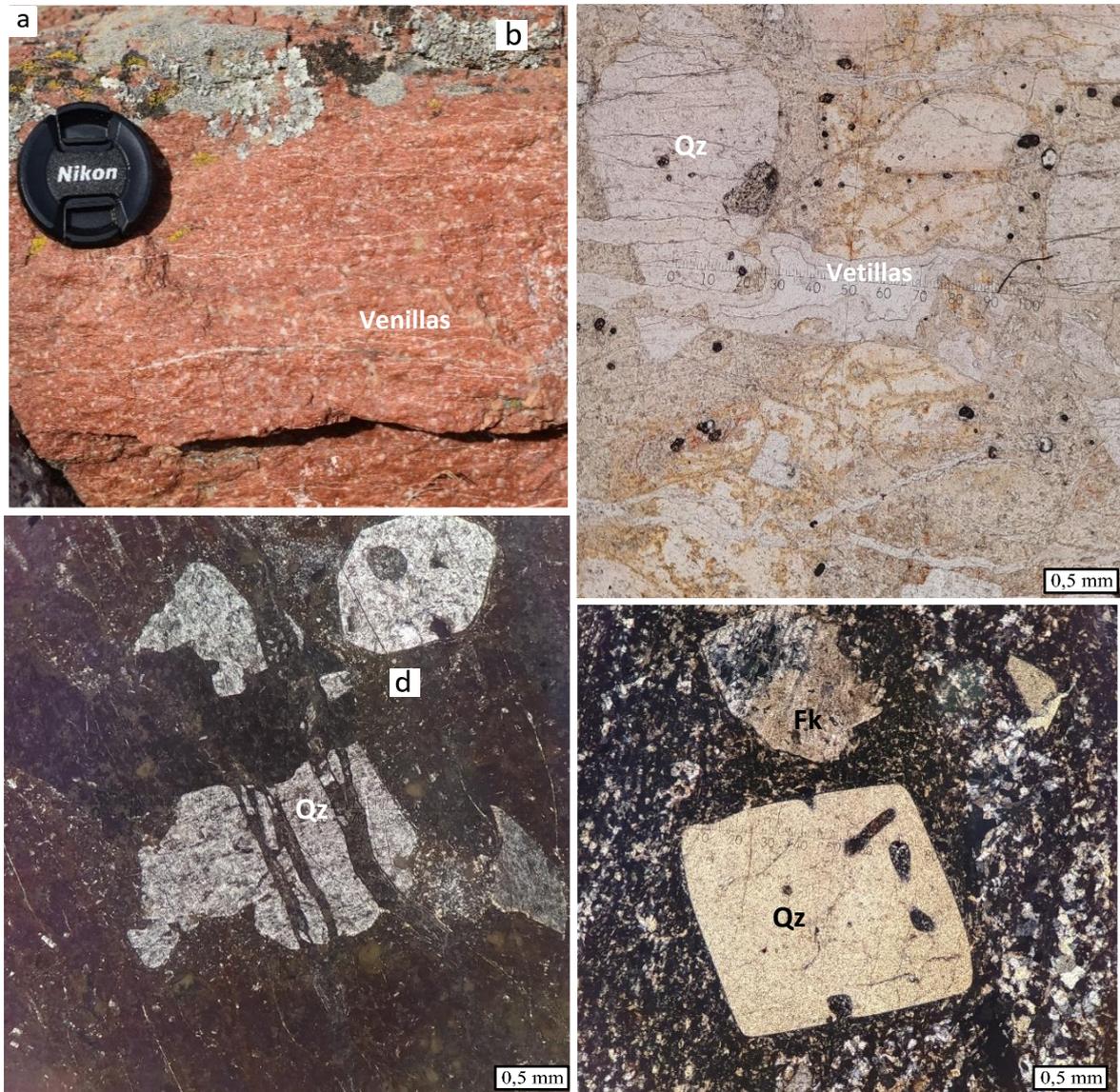


Figura 15: Fotografía de detalle y fotomicrografías de las lavas riolíticas encontradas en el techo del P2 a: afloramiento de lavas riolíticas, se observan abundantes venillas; b: riolita con textura hipocristalina. En nicoles paralelos: fenocristales con vetillas. En nicoles cruzados: c: riolita con textura hipocristalina, fenocristales con venillas en una pasta vítrea; d: riolita con textura porfírica. Fenocristales de cuarzo engolfado y feldespato en una pasta cristalina cuarzo-feldespática y vidrio volcánico con textura felsítica. Qz: Cuarzo; Fk: Feldespato potásico.

Las lavas riolíticas rojizas oscuras son hipocrystalinas formadas por una pasta vítrea. Tiene textura porfírica con fenocristales euhedrales de cuarzo y plagioclasa. La roca tiene foliación magmática y venillas paralelas a la foliación (Fig. 15a). Las venillas son de composición silíceo, posiblemente de calcedonia y/o cuarzo. Los fenocristales actúan de marcadores pasivos de las vetillas (Fig. 15b), las cuales cortan tanto a los fenocristales como a la pasta que los contiene (Fig. 15c). Además, los fenocristales de cuarzo presentan abundantes engolfamientos (Fig. 15d).

Las lavas riolíticas rojizas claras tienen textura porfírica, la pasta es afanítica y presenta un marcado bandeamiento. Los fenocristales están inmersos en una pasta compuesta por una combinación de cristales de composición cuarzo-feldespática y vidrio volcánico con desarrollo de una textura felsítica (Fig. 15d). Los fenocristales son subhedrales y se identificó cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa. Los fenocristales que presentan mayor desarrollo corresponden a un cuarzo engolfado y feldespatos parcialmente alterados a material arcilloso.

5.1.3 Perfil 3

El perfil 3 (P3) de 30,45 m de espesor (Fig. 16), se encuentra ubicado a 2,5 km del Establecimiento Don Raúl, en dirección norte. El P3 consiste de una alternancia entre areniscas rojizas y conglomerados rojizos (Fig. 17).

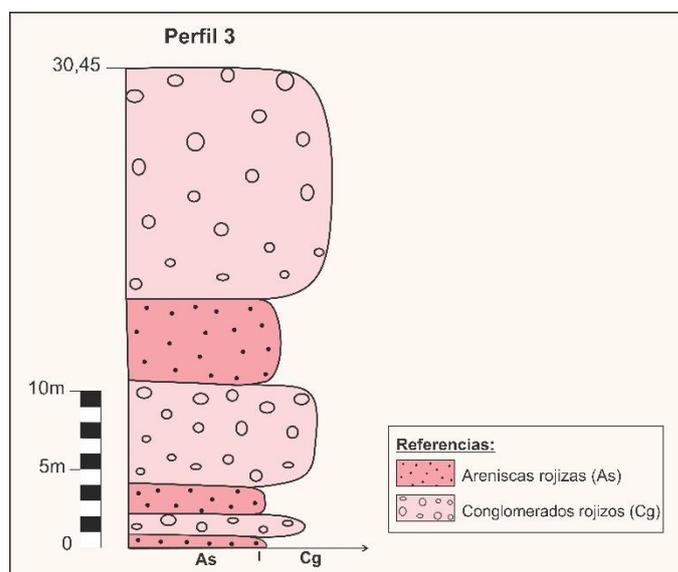


Figura 16: Perfil estratigráfico (P3) realizado en el campo, conformado por una alternancia de litofacies de conglomerados rojizos y areniscas rojizas.

El P3 fue medido a lo largo de un camino con intercalaciones de altos y bajos topográficos. Las litologías correspondientes a areniscas se encontraron en los altos topográficos y los conglomerados se encontraron en los bajos topográficos. El P3 equivale estratigráficamente a la primera porción del perfil 4 (P4), el cual se explica a continuación.

Las litologías de este perfil (P3) correspondientes a areniscas rojizas y conglomerados rojizos, son coincidentes a aquellas mencionadas en los perfiles P1 y P2.



Figura 17: Fotografía de un afloramiento que presenta una secuencia de rocas similares al perfil 3 y la base del perfil 4.

5.1.4 Perfil 4

El perfil 4 (P4) de 55,6 m de espesor (Fig. 18) se ubica a 1 km al noroeste del perfil 3. El perfil se caracteriza por una intercalación de conglomerados y areniscas rojizas. El P4 culmina en un afloramiento de areniscas de color amarillento a marrón claro.

El primer tramo de P4 está representado por capas de areniscas. Las areniscas son rojizas de grano fino en la sección inferior, a grano medio a grueso en la sección superior del perfil. Entre las areniscas se intercalan lentes de hasta 5 cm de conglomerados polimícticos rojizos de clastos de hasta 1 cm. Por encima de las capas de areniscas se apoyan conglomerados polimícticos rojizos a grises hacia el final del perfil. Las capas de conglomerados tienen un arreglo granocreciente y hacia el final del perfil culmina con tamaños de clastos de hasta 15

cm. Entre los conglomerados se intercalan bancos de areniscas como las mencionadas al inicio del perfil.

La composición de las areniscas y los conglomerados es coincidente a la de los perfiles P1, P2 y P3.

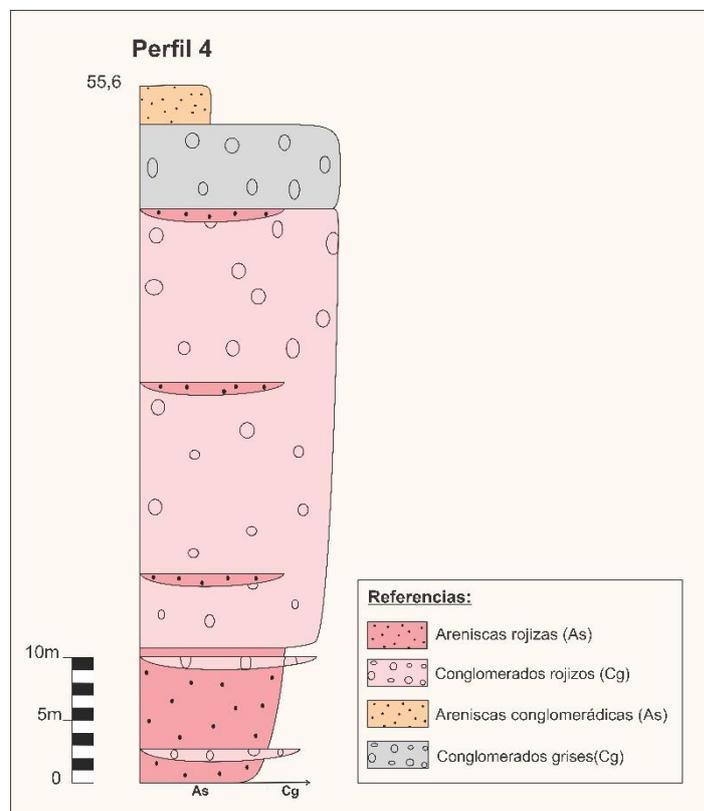


Figura 18: Perfil estratigráfico (P4), consiste de una intercalación de litofacies de areniscas rojizas y conglomerados rojizos y culmina en un afloramiento de areniscas.

El P4 culmina en un afloramiento de una arenisca conglomerádica de color amarillento a marrón claro. La roca presenta abundantes fragmentos de líticas de rocas volcánicas (90-95%) de composiciones riolíticas a andesíticas (Fig. 19a) y en menor proporción líticas de rocas metamórficas (10-5%) (Fig. 19b). La matriz es muy fina y menor al 5%. En cantidades menores se reconocieron cristales de cuarzo y plagioclasa y circón. También se identificaron varios fragmentos de desvitrificación con arreglos de minerales fibrosos y morfologías de abanicos (Fig. 19c).



Figura 19: Cortes delgados en nicoles cruzados de arenisca identificada en la finalización del P4: a: lítico de roca volcánica andesítica, b: arreglo de minerales fibrosos que determinan una morfología en abanico; c: lítico metamórfico.

5.2 Descripción de litofacies reconocidas

5.2.1 Litofacies de areniscas (As)

Se agrupan en esta litofacies a las areniscas que varían de color rojizo, castaño/marrón y grisáceo. Estas litologías fueron reconocidas en el P1, P2, P3 y P4. Las areniscas que conforman esta litofacies presentan moderada selección y tienen un tamaño de grano medio a grueso, de 0,25 a 0,5 mm. La matriz es escasa y de grano muy fino, por lo que se las identificó como arenitas. La composición de estas rocas está representada principalmente por cuarzo, plagioclasa y feldespatos. Entre los componentes de las areniscas se reconocieron abundantes líticos cuarzo-feldespáticos policristalinos y volcánicos, entre ellos de rocas piroclásticas, de riolitas, de granitos y en menor proporción líticos de rocas metamórficas de bajo grado.

En esta litofacies también se agruparon a areniscas conglomerádicas con mayor contenido volcánico y se las interpretó como asociadas al retrabajo de rocas piroclásticas mezcladas con materiales terrígenos. Estas rocas fueron identificadas como areniscas conglomerádicas y reconocidas en la finalización del P1 y P4.

5.2.2 Litofacies de conglomerados (Cg)

Estos conglomerados son polimícticos de color rojizos a grisáceos. Esta litofacies fue reconocida en el P1, P2, P3 y P4. Los conglomerados agrupados en la siguiente litofacies son clasto soportado en una matriz arenosa de color castaño de grano fino a medio. En general, los clastos son subredondeados, subangulosos y mal seleccionados. La composición de los clastos es mayoritariamente de origen volcánico (80-90%) en todos los conglomerados estudiados. El porcentaje menor de clastos es ocupado por rocas metamórficas.

5.2.3 Litofacies de ignimbritas (Ig)

En la siguiente litofacies se agruparon las litologías correspondientes a flujos piroclásticos y clasificadas como tobas lapillíticas. Esta litofacies se reconoció en el P1. Las rocas que componen esta litofacies son de colores amarillos, marrones claros y rosas claros a morados. De acuerdo con su tamaño de grano y composición cristalina, sumado a la naturaleza piroclástica de la roca y su textura eutaxítica, se interpreta a esta litofacies como ignimbritas, producto de un depósito de corriente de densidad piroclástica.

5.2.4 Litofacies de lavas riolíticas (Lr)

Las lavas riolíticas son de color rojizas y se identificaron dos tipos que muestran variaciones texturales. Esta litofacies se reconoció finalizando el P2. Las lavas riolíticas presentan colores rojizos claros a oscuros. Estas rocas presentan textura porfírica y una pasta afanítica. Una de estas rocas presenta textura felsítica y marcado bandeamiento, mientras que la otra es hipocristalina formada por una pasta vítrea.

5.3 Correlaciones

A partir de los perfiles realizados en el campo y mencionados a lo largo de este capítulo, se realizó un panel de correlación de perfiles (Fig. 20) con el fin de establecer una relación entre las distintas rocas relevadas dentro del área de estudio. La correlación de perfiles fue realizada tomando como referencia la finalización de un estrato, es decir, su techo. De esta manera se logra establecer la correspondencia entre partes geográficamente separadas de una unidad geológica.

Considerando este análisis se propone una columna estratigráfica integrada que correspondería a la reconstrucción de una porción de la sucesión estratigráfica completa (Fig. 21).

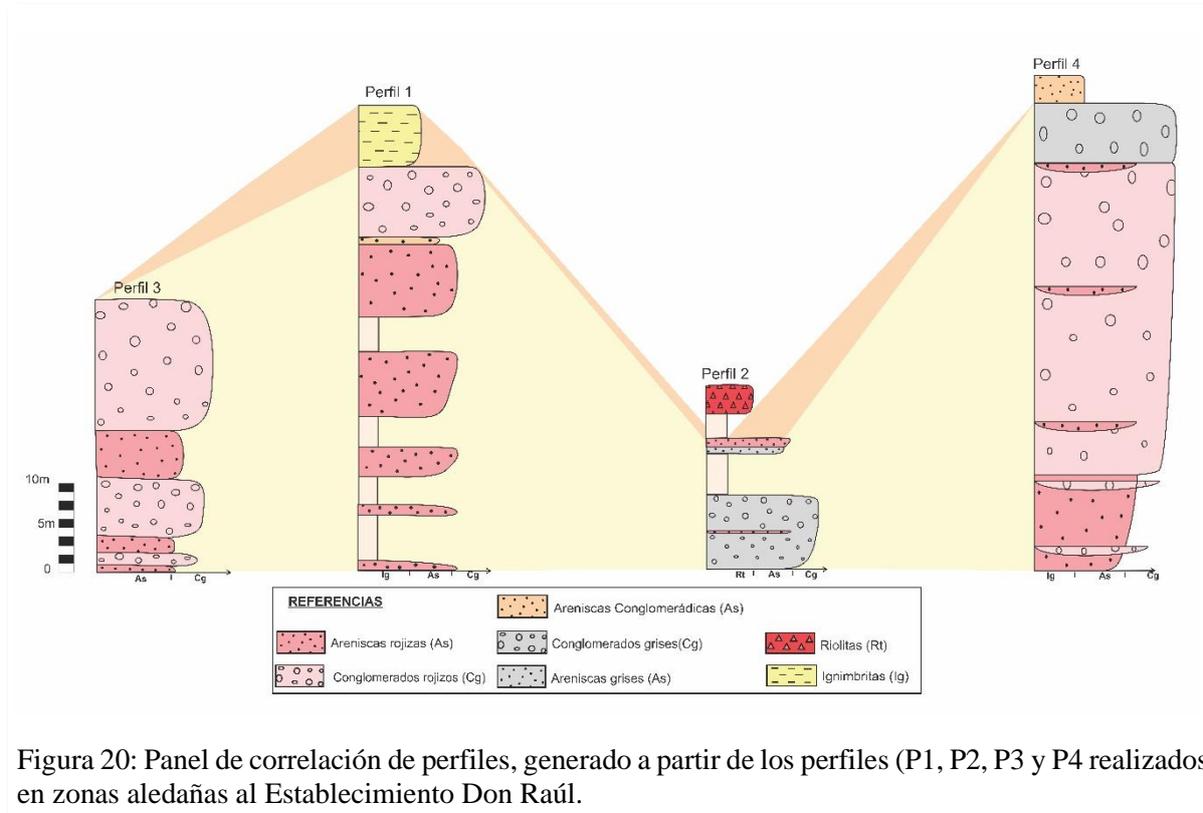


Figura 20: Panel de correlación de perfiles, generado a partir de los perfiles (P1, P2, P3 y P4 realizados en zonas aledañas al Establecimiento Don Raúl.

La columna estratigráfica integrada obtenida de la correlación de perfiles representa las rocas del área de estudio cercana al Establecimiento Don Raúl. La sucesión estratigráfica se compone principalmente por rocas volcánicas, las cuales corresponden a areniscas, conglomerados y rocas piroclásticas. Finalmente, hacia el techo, se encuentran los productos magmáticos finales del Complejo Volcánico Marifil, las rocas volcánicas e identificadas como riollitas.

A partir de este análisis se puede hacer una división en dos grupos que representarían la columna integral de las rocas en la zona de estudio: volcánicas y volcánicas coherentes (Fig. 21).

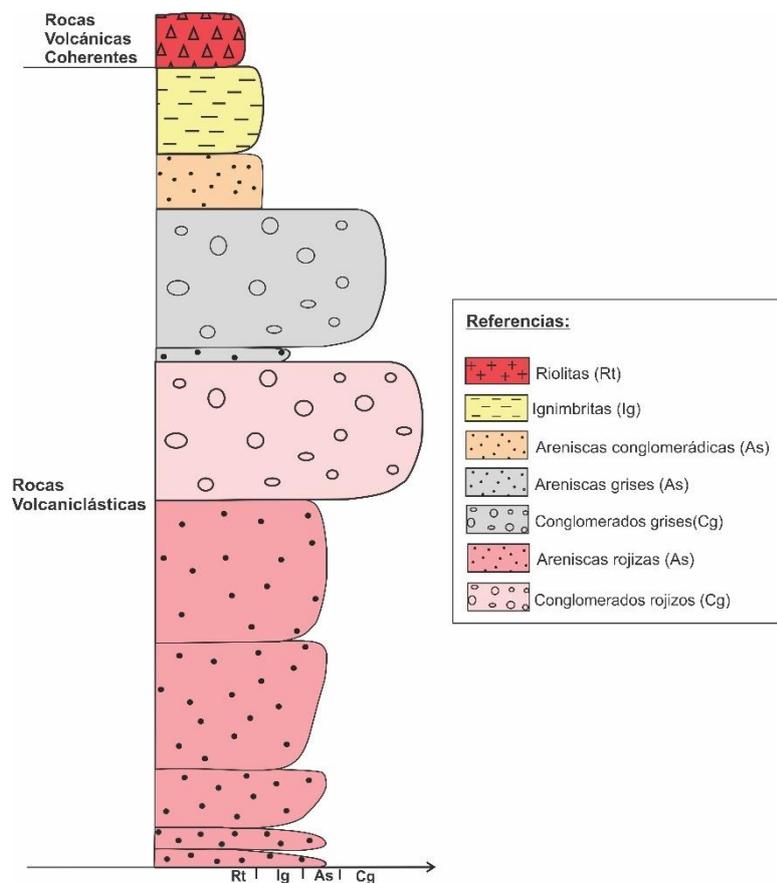


Figura 21: Columna estratigráfica integral de este trabajo que combina la información recabada de los diferentes perfiles, su correlación y la definición de litofacies para las rocas de la secuencia en la zona de estudio.

6. Discusiones e interpretaciones

Las rocas volcanoclásticas analizadas en este trabajo afloran en zonas aledañas al establecimiento Don Raúl (P1, P2, P3 y P4) y los componentes de las mismas exhiben una naturaleza predominantemente volcánica.

La sucesión de estudio se compone principalmente de rocas volcanoclásticas, las cuales muestran un aumento progresivo del tamaño de los clastos hacia el techo, comenzando en la base con litofacies de areniscas de reducido espesor y por encima litofacies de conglomerados. Estas unidades podrían revelar un proceso depositacional que tuvo lugar en un terreno de fuerte pendiente donde posiblemente se desarrollaron flujos de alta energía (Strazzere *et al.* 2019) y ambientes caóticos con poca selección. Estas asociaciones de litofacies pueden relacionarse a ambientes de abanicos aluviales con una mala selección en los clastos de las rocas, con poco

redondeamiento y mala selección, en acuerdo con interpretaciones previas (Strazzere *et al.* 2019).

La secuencia volcanoclástica finaliza con componentes piroclásticos. Por encima de las rocas referidas a conglomerados y areniscas se identificaron areniscas conglomerádicas, con gran aporte de clastos volcánicos y componentes piroclásticos. Por encima de estas últimas, se identificaron rocas piroclásticas encontradas en mantos de gran extensión areal. La presencia de fragmentos volcánicos y piroclásticos en las areniscas conglomerádicas, así como la presencia de rocas piroclásticas podrían indicar una relación próxima en el tiempo entre la sedimentación y el comienzo de una actividad volcánica de carácter explosiva. En este contexto las rocas volcánicas preexistentes estarían siendo erosionadas y fragmentadas, y los materiales resultantes sufrirían un transporte sedimentario para ser nuevamente depositados en el mismo entorno volcánico. Las relaciones latero-verticales entre las distintas rocas estudiadas, entonces, permitirían hipotetizar una sincronidad, en términos geológicos, entre la actividad volcánica, el desmantelamiento de sus productos y la sedimentación en el mismo entorno volcánico

Finalmente, las lavas riolíticas que se encuentran cubriendo a las litologías previamente mencionadas podrían referirse a un cambio en el estilo eruptivo con el pasar del tiempo, de explosivo a efusivo.

La secuencia estudiada en alrededores del establecimiento Don Raúl podría ser comparable con afloramientos incluidos en el Complejo Volcánico Marifil aflorantes al Oeste de Aguada Cecilio (Núñez *et al.* 1975), así como aquellos descritos por Strazzere *et al.* (2019) en sus perfiles estratigráficos 1 y 2 (Fig. 1, pág. 2), que se localizan inmediatamente al este de los perfiles estratigráficos P3 y P4 analizados en el presente trabajo.

Alternancias de conglomerados y areniscas afloran también al este del establecimiento Don Raúl y se apoyan en no concordancia sobre la Formación Nahuel Niyeu, constituyendo la porción basal de la Formación Puesto Piris (Fig. 22a), como es mencionado por Núñez *et al.* (1975). Un análisis preliminar de esta área sugiere que dichos conglomerados se encuentran estratigraficamente por debajo de las unidades observadas en los perfiles estratigráficos analizados y comparados con los descritos por autores previos (Núñez *et al.* 1975; Strazzere *et al.* 2019). Además, estos conglomerados están caracterizados por tener clastos que abarcan principalmente las litologías del basamento paleozoico (Fig. 22b), cómo describieron Núñez *et al.* (1975). Los clastos en estos depósitos son mayoritariamente representados por filitas (algunos con porfiroblastos de muscovita), granitos y leucogranitos (Strazzere *et al.* 2019 en perfiles 3 y 6; Ramos 2022), diferenciándose en este sentido de los depósitos estratigraficamente más altos.

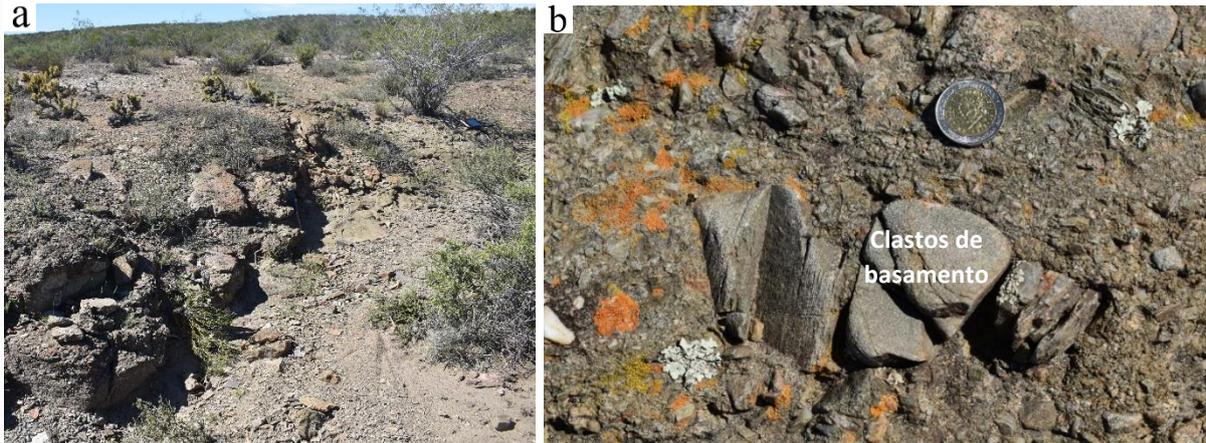


Figura 22: a: afloramientos de los conglomerados basales de la Formación Puesto Piris, hacia el este de la zona de estudio; b: detalles de los conglomerados (Cg) de la Formación Puesto Piris ($40^{\circ} 45' 56''$ S - $65^{\circ} 54' 45''$ O).

Un primer elemento de discusión del presente trabajo, entonces, concierne la posibilidad de diferenciar estos depósitos, directamente desde el análisis en el campo, basándose en la naturaleza de los clastos.

Como se mencionó anteriormente, los conglomerados que Núñez *et al.* (1975) incluyen en Puesto Piris muestran una composición representada casi exclusivamente por clastos de rocas metamórficas. Aunque la ausencia de un marcador no pueda ser considerada una evidencia, se considera muy importante resaltar que la ausencia de clastos de rocas volcánicas referibles al Complejo Volcánico Marifil en las facies conglomerádicas incluidas en la Formación Puesto Piris (Núñez *et al.* 1975) sugeriría que estos sedimentos se depositaron anteriormente a la actividad volcánica jurásica y que su génesis esté relacionada con el desmantelamiento del basamento paleozoico.

Claramente, la erosión del basamento paleozoico está también registrado, aunque con menor énfasis, en los conglomerados con clastos de rocas volcánicas referibles al Complejo Volcánico Marifil y analizados en el presente trabajo. En estas rocas, los clastos volcánicos representarían una novedad en la sucesión aflorante del área, indicando el comienzo de la actividad volcánica jurásica asociada al Complejo Volcánico Marifil, y a su vez, podrían representar la desintegración, quizás en diferentes lugares y de manera sincrónica del mismo.

Entonces, la variación en la composición de las rocas clásticas que se encuentran hacia el este de la zona de estudio en comparación con las rocas en las áreas cercanas al establecimiento Don Raúl sugiere un cambio significativo en el aporte del material que las forma, tal como indicaron previamente Strazzere *et al.* (2019). Además, podrían sugerir la posibilidad de una diferenciación y/o una relación temporal entre los conglomerados.

En resumen, ambos conglomerados, los encontrados hacia el este de la zona de estudio como los que fueron objeto de estudio en este trabajo, se pueden diferenciar no solo por su posición estratigráfica sino también por la composición de sus clastos. Desde el punto de vista litoestratigráfico, se sugiere considerar a los conglomerados ubicados hacia el este del establecimiento Don Raúl como parte de la Formación Puesto Piris. A raíz de estas derivaciones y en coincidencia con lo presentado por Ramos (2022), se situaría a la base de la Formación Puesto Piris a 1200 m al sudeste de lo propuesto por Strazzere *et al.* (2019), como se observa en el mapa geológico de la figura 5.

Por otra parte, teniendo en cuenta la descripción inicial de la Formación Puesto Piris realizada por los primeros autores (Núñez *et al.* 1975) quienes identificaron estas rocas en discordancia por debajo del Complejo Volcánico Marifil, y a partir de lo discutido en este capítulo, se traería a consideración si estas rocas podrían tener una edad anterior a la del Complejo Volcánico Marifil y estar vinculadas al período Triásico, tal como se les atribuyó en un primer momento.

De esta conclusión se desprende que la dificultad de establecer la base del Complejo Volcánico Marifil se debe a la estrecha relación entre la sedimentación y el volcanismo que existe en la región. Lo que plantea la posibilidad de que las rocas sedimentarias se encuentren intercaladas en otras áreas del Macizo Norpatagónico, ya sea por debajo o por encima de las rocas volcánicas, dependiendo de la ubicación de los centros eruptivos. Es decir, es posible que la base del Complejo Volcánico Marifil esté representada por unidades de rocas clásticas en algunos lugares y rocas volcánicas en otros. Esta perspectiva permite considerar la posibilidad de que la sedimentación y el volcanismo hayan ocurrido simultáneamente en ciertos períodos de tiempo y en determinadas zonas del Macizo Norpatagónico, existiendo una sincronía entre los eventos.

Así mismo, Strazzere *et al.* (2021) comparan las unidades de rocas aflorantes en zonas aledañas al Establecimiento Don Raúl con otras secuencias de rocas similares en la provincia de Río Negro y norte de Chubut. Los autores afirman que estos depocentros continentales se habrían desarrollado en cuencas volcanosedimentarias con sentido N-S en la actual frontera atlántica del Macizo Norpatagónico como consecuencia del régimen extensional activo durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano.

7. Conclusiones

El estudio de campo en conjunto con el trabajo cartográfico permitió caracterizar la distribución de los afloramientos, los contactos entre las unidades y su relación estratigráfica, en zonas aledañas del Establecimiento Don Raúl, a 20 km al noroeste de la localidad de Valcheta.

En el área de estudio, el Complejo Volcánico Marifil exhibe una variedad de rocas volcánicas, incluyendo unidades piroclásticas e intrusivas subvolcánicas, con una composición principalmente riolítica. Además de las rocas mencionadas, se encuentran rocas volcanoclásticas referidas a conglomerados y areniscas. A partir del análisis estratigráfico, se pudo diferenciar dos miembros, siendo de base a techo: volcanoclástico y volcánico coherente. En función de la sucesión estratigráfica de la zona de estudio, la base clástica del Complejo Volcánico Marifil puede ser reconocida en el campo considerando la composición de los clastos, que evolucionan hacia arriba en una sucesión volcánica predominante.

Los afloramientos de conglomerados y areniscas constituyen la base de la secuencia estratigráfica estudiada y están constituidos por un 80 a 90% de clastos de rocas volcánicas, de predominancia riolítica, asociadas al Complejo Volcánico Marifil. Las unidades piroclásticas encontradas por encima de las anteriores indicarían un evento explosivo del complejo. Posteriormente los productos magmáticos finales del complejo indicarían un cambio en el régimen a un evento efusivo que dio lugar a las riolitas que se encuentran suprayacendo las litologías anteriormente mencionadas.

Finalmente, las rocas clásticas presentadas en este trabajo, son distintas a las rocas sedimentarias encontradas hacia el este de la zona de trabajo, las cuales se componen en un 80% de clastos metamórficos de filitas asociadas a rocas de la Formación Nahuel Niyeu. Esta secuencia de rocas clásticas aflorantes al este de la zona de trabajo, representada por conglomerados y areniscas, compuestos predominantemente por clastos derivados del basamento, se considera distinta de la secuencia estudiada y afín a las descripciones originales de la Formación Puesto Piris.

Bibliografía

- Aragón E., Rodríguez A.M.I., Benialgo A. 1996. A calderas field at the Marifil Formation, new volcanogenic interpretation, Norpatagonian Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 9: 321-328.
- Bouhier V.E. 2017. Metalogénesis del depósito polimetálico Loma Galena, Proyecto Navidad, (42°2'S-68°8'O), Chubut. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, 303p.
- Busteros A., Giacosa R., Lema H. 1998. Hoja Geológica 4166-IV, Sierra Grande (Río Negro). Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, Boletín 241: 75p.
- Caminos R., Chernicoff J., Fauqué L., Franchi M. 2001. Hoja Geológica 4166-I, Valcheta, Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, Boletín 299: 73p.
- Chernicoff C.J. y Caminos R. 1996. Estructura y relaciones estratigráficas de la Formación Nahuel Niyeu, sector nororiental del Macizo Nordpatagónico, Provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 51 (3): 201-212.
- Chernicoff C.J., Gozalvez M.R., Santos J.O., Mc Naughton N.J. 2017. Edad U-Pb SHRIMP en circones y caracterización de la Riolita Punta del Agua, sector centro-oriental de la provincia de Río Negro, Argentina: nueva evidencia de la compresión jurásica inferior en la Patagonia oriental. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán, 15: 14-15.
- Cortés J. 1981. El substrato precretácico del extremo noreste de la Provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36: 217-235.
- Encarnación J., Fleming T.H., Elliot D.H., Eales H.V. 1996. Synchronous emplacement of Ferrar and Karoo dolerites and the early break-up of Gondwana. *Geology*, 24 (6): 535-538.
- Figari E.G., Strelkov E., Laffitte G., Cid De La Paz M., Courtade S.F., Celaya J., Vottero A., Lafourcade P., Martínez R., Villar H. 1999. Los Sistemas Petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis Estructural, Estratigráfica y Geoquímica. Laffitte G., Villar H., Legarreta L. (Eds.) *Los Sistemas Petroleros de Argentina*. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata.

- Figari E., Scasso R., Cuneo R., Escapa I. 2015. Estratigrafía y evolución geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 22 (2): 135-169.
- Fisher R.V. 1961. Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *The Geological Society of America Bulletin*, 72:1409-1414
- Fisher R.V. 1966. Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth Science Reviews*, 1 (4): 287-298.
- Folk R.L. 1954. The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. *The Journal of Geology*, 62: 344-359.
- Folk R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, 182p.
- Giacosa R. 1993. El ciclo eruptivo gondwánico en el área de Sierra Pailemán, Macizo Nordpatagónico, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires, Actas 4: 113-119.
- Giacosa R. 1999. Tectónica del basamento metamórfico y milonitas gondwanicas en el sector oriental del Macizo Norpatagónico, Rio Negro. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia, Comodoro Rivadavia, 50p.
- Giacosa R. 2020. Basement control, sedimentary basin inception and early evolution of the Mesozoic basins in the Patagonian foreland. *Journal of South American Earth Sciences*, 9p.
- González P.D. 2008. Textura de los cuerpos ígneos. Llambías E.J., D'Eramo J. (Eds.) *Geología de los cuerpos ígneos*. Asociación Geológica Argentina. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, 171-197.
- González S.N., Greco G.A., Sato A.M., González P.D., Llambías E.J., Díaz-Martínez I., De Valais S., Serra-Varela S. 2017. Revisión estratigráfica del Complejo Volcánico Marifil. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán, 72-77.
- González S.N., Greco G.A., Galetto A., Bordes S., Basei M.A.S., Parada M.N., Giacosa R.E., Pons J. 2022. A multi-method approach to constrain the age of eruption and post-depositional processes in a Lower Jurassic ignimbrite from the Marifil Volcanic Complex, eastern North Patagonian Massif. *Journal of South American Earth Sciences*, 16p.

- Greco G.A., González P.D., González S.N., Sato A.M., Basei M.A.S., Colombo C.G.T., Sato K., Varela R., Llambias E.J. 2015. Geology, structure and age of the Nahuel Niyeu Formation in the Aguada Cecilio area, North Patagonian Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 62: 12-32.
- Greco G.A. 2016. Caracterización Metamórfico-estructural Del Basamento De Bajo Grado Entre Nahuel Niyeu Y Aguada Cecilio, Macizo Norpatagónico, Río Negro. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata, 155p.
- Greco G.A., González P.D., González S.N., Sato A.M., Basei M.A.S., Varela R., Llambias E.J. 2017. The Nahuel Niyeu basin: a Cambrian forearc basin in the eastern North Patagonian Massif. *Journal of South American Earth Sciences*, 79: 111-136.
- Greco G.A., González S.N., Giacosa R.E., Serra Varela S., Melo M., Ison J. I. 2018. Estructuras de deformación del Paleozoico y Mesozoico en la Formación Nahuel Niyeu, basamento del este del Macizo Norpatagónico, Río Negro. XVII Reunión de Tectónica, La Rioja, Argentina.
- Greco G.A., González S.N., Vera D., Giacosa R.E. 2021. Contracción no-se del toarciense-precretácico tardío en el este del macizo norpatagónico. XVIII Reunión de Tectónica, San Luis, Argentina.
- Greco G.A., González S.N., Giacosa R.E., Bordese S., Aguirre F.A., Ramos G.A., Rozzi N.E. 2022. El Plutón Don Raúl: evidencias de magmatismo pérmico entre Valcheta y Aguada Cecilio, Río Negro. XXI Congreso Geológico Argentino Puerto Madryn, Argentina, Simposio 15.
- Kay S.M., Ramos V.A., Mpodozis C., Sruoga P. 1989. Late paleozoic to jurassic silicic magmatism at the gondwana margin: analogy to the Middle proterozoic in north America? *Geology*, 17: 324-328.
- Klammer G. 1964. Die Palaeozoischen Eisenerze von Sierra Grande, Argentinien. *Zeitschrift Erzbergbau und Metallhüttenweser*, 17 (10): 534-541.
- Kokogián D. A., Spalletti L. A., Morel E. M., Artabe, A. E. 1999. Los depósitos continentales triásicos. Caminos R. (Ed.) *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, 377-398.
- Lizuaín A. y Sepúlveda E. 1978. Geología del Gran Bajo del Gualicho (Provincia de Río Negro). 7º Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires. Actas 1: 407-422.

- Malvicini L. y Llambías E. 1974. Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, provincia del Chubut. 5° Congreso Geológico Argentino, Villa Carlos Paz, Actas 2: 185-202.
- Martínez H., Nández C., Lizuaín A., Dal Molin C.N., Turel A.V. 2001. Hoja Geológica 4166-II San Antonio Oeste. Provincia de Río Negro. 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 254.
- Márquez M., Massafarro G.I., Fernández M.I. 2010. El volcanismo del Complejo Marifil en Arroyo Verde, vertiente suroriental del Macizo de Somún Cura, Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 66 (3): 14-324.
- Márquez M.J., Massafarro G.I., Fernández M.I., Menegatti N., Navarrete C.R. 2011. El centro volcánico Sierra Grande: caracterización petrográfica y geoquímica del magmatismo extensional liásico, noroeste de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 68 (4): 555-570.
- McPhie J., Doyle M.G., Allen R.L. 1993. Volcanic textures - a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Hobart, Australia, Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, 197 p.
- McPhie J. and Allen R.L. 2003. Submarine, silicic, syneruptive pyroclastic units in the Mount Read Volcanics, western Tasmania - influence of vent setting and proximity on lithofacies characteristics. AGU Geophysical Monograph, Vol. 140: 245-58.
- Mpodozis C. y Ramos V.A. 2008. Jurassic tectonics in Argentina and Chile: Extension, oblique subduction, rifting, drift and collisions?. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (4): 481-497.
- Navarrete C., Gianni G., Encinas A., Márquez M., Kamerbeek Y., Valle N., Folguera A. 2019. Upper Triassic to Middle Jurassic geodynamic evolution of south western Gondwana: from a large flat-slab to a mantle plume suction in a roll back subduction setting. Earth Sciences, 194: 125-159.
- Navarrete C., Bastías-Silva J., Gianni G., Jalfin G., Guerra G., Hurley M., Chew D., Turra J.M., Ocampo M., Lastra M.B., Herbst N., Iglesias M., Perez Frasette M., Drakou F. 2023. Late Paleozoic-Jurassic tectonic evolution of the eastern Deseado Massif in central-southern Patagonia. Journal of Geodynamics, Vol. 158.
- Niggli P. 1931. Die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Zürich, Vol. 11: 296-364.

- Núñez E., Bachman E., Ravazzoli I., Britos A., Franchi M., Lizuain A., Sepulveda E. 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del Macizo Somuncura, Provincia de Río Negro, República Argentina. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Buenos Aires, 4: 247-266.
- Olguín Villa A.E. 2010. Estudio físico y químico del volcanismo hiperalcalino en la región de Cataviña, Baja California. Tesis de Licenciatura, Universidad de Sonora, México, 2: 11-15.
- Pángaro F. y Ramos V.A. 2012. Paleozoic crustal blocks of onshore and offshore central Argentina: new pieces of the southwestern Gondwana collage and their role in the accretion of Patagonia and the evolution of Mesozoic South Atlantic sedimentary basins. *Marine and Petroleum Geology*, 37: 162-183.
- Pankhurst R.J. y Rapela C.W. 1995. Production of Jurassic rhyolite by anatexis of the lower crust of Patagonia. *Earth Planet Science*, 134: 23-36.
- Pankhurst R.J., Leat P.T., Sruoga P., Rapela C.W., Márquez M., Storey B.C., Riley T.R. 1998. La provincia de Chon Aike en la Patagonia y rocas relacionadas en la Antártida occidental: una gran provincia ígnea silícica. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 81: 113-136.
- Pankhurst R.J., Riley T., Fanning C., Kelley S. 2000. Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of Magmatism Associated with the Break-up of Gondwana. *Journal of Petrology*, 41: 605-625.
- Pankhurst R.J., Rapela C.W., Fanning C.M., Márquez M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Herat Science Review*, 76: 235-257.
- Pavón Pivetta C., Gregori D., Benedini L., Garrido M., Strazzere L., Geraldés M., Costa Dos Anderson S., Marcos P. 2019. Contrasting tectonic setting in Northern Chon Aike Igneous Province of Patagonia: subduction and mantle plume-related volcanism in the Marifil Formation. *International Geology Review*, 61 (3): 1-27.
- Posamentier H.W. y Allen G.P. 1999. Estratigrafía de secuencias siliciclásticas: conceptos y aplicaciones. Sociedad de Geología Sedimentaria, Tulsa.
- Ramos V. 1999. Evolución tectónica de la Argentina. *Geología Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 29: 715-784.
- Ramos G.A. 2022. Caracterización geológica del área del establecimiento “Don Raúl”, departamento de Valcheta, provincia de Río Negro, Argentina. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue, 39p.

- Ranalli J.N., Peroni G.O., Boggetti D.A., Manoni R. 2011. Cuenca Cañadón Asfalto, modelo tectosedimentario. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio Cuencas Argentinas, 185-215.
- Rapalini A.E., de Luchi M.L., Tohver E., Cawood P.A. 2013. The South American ancestry of the North Patagonian Massif: geochronological evidence for an autochthonous origin? *Terra Nova*, 25 (4): 337-342.
- Rapela C.W. y Pankhurst R.J. 1993. El volcanismo riolítico del noreste de la Patagonia: un evento meso-jurásico de corta duración y origen profundo: XII Congreso Geológico Argentino y 2 Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mendoza, 179-188.
- Reguant S. 1971. Los conceptos de facies en Estratigrafía. *Acta geológica hispánica*, Vol. 6: 97-101.
- Remesal M.B., Cordenons P.D., Alric V., Cerredo M.E. 2018. Basaltos del norte de la Meseta de Somún Curá. Provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 75(3): 396-408.
- Riley T.R. y Knight K.B. 2001. Age of pre-break-up Gondwana magmatism: a review. *Antarctic Science*, 13: 99-110.
- Rodríguez K.M. y Martínez A. 2009. Procesamiento de imágenes Aster y Landsat de la provincia volcánica de Payunia, Mendoza, República Argentina. XII Congreso Geológico Chileno, Santiago.
- Storey B.C., Vaughan A.P.M., Riley T.R. 2013. The links between large igneous provinces, continental break-up and environmental change: evidence reviewed from Antarctica. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 104: 1-14.
- Strazzere L., Gregori D.A., Benedini L., Marcos P., Barros M.V. 2019. The Puesto Piris Formation: Evidence of basin-development in the North Patagonian Massif during crustal extension associated with Gondwana breakup. *Geoscience Frontiers*, Ámsterdam, 10: 299-314.
- Strazzere L., Pavon Pivetta C., Gregori D.A., Benedini L., Geraldés M.C., Barros M.V. 2021. The Marifil Volcanic Complex at Sierra de Pailemán: implications for the Early Jurassic magmatic evolution of the Eastern North Patagonian Region. *International Geology Review*, 64: 844 – 866.
- Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas, M.J., Bonin B., Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lamere J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Woolley A.R.

2002. *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences*. Le Maitre R.W. (Ed.) Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press.
- Uliana M.A., Biddle K.T., Phelps D.W., Gust D. 1985. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicas en el extremo meridional de Sudamérica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40: 231-25.
- Uliana M. y Biddle K. 1987. Permian to Late Cenozoic evolution of northern Patagonia: main tectonic events, magmatic activity, and depositional trends. McKenzie G.D. (Ed.) *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics*, American Geophysical Union Geophysical, Monograph, 40: 271-186.
- Von Gosen W. 2003. Thrust tectonics in the North Patagonian Massif (Argentina): implications for a Patagonia plate, *Tectonics*, 22 (1).
- Zanettini J.C. 1980. Sedimentitas triásicas al sur de Sierra Grande (Provincias de Río Negro y Chubut). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35: 301-307.