

# GEOLOGÍA DE LOS ALREDEDORES DE LOS RÍOS CALEUFÚ Y MELIQUINA, PROVINCIA DEL NEUQUÉN: EL VOLCANISMO DE LA FORMACIÓN HUITRERA

Priscila F. PALOTTI<sup>1</sup>, Damian M. JAIT<sup>1</sup>, Darío ORTS<sup>1</sup>, Vanesa D. LITVAK<sup>1</sup> y Victor A. RAMOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber - Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires - CONICET. E-mail: pfpalotti@gmail.com

## RESUMEN

En este trabajo se ha relevado la región localizada al sur de la villa Meliquina, en la provincia del Neuquén, zona poco estudiada desde el punto de vista geológico. Esta se sitúa entre las localidades de San Martín de los Andes y San Carlos de Bariloche, donde afloran volcanitas aquí asignadas a la Formación Huitrera. En este sector se diferencian dos dominios con distintas características estructurales: un sector occidental, en la región del lago Filo Hua Hum, donde predominan plegamientos y fallas de orientación NE; y un sector oriental, donde se ubica el río Caleufú, dominado por anticlinales asociados a corrimientos de orientación NO y vergencia NE. Se relevaron dos perfiles de la Formación Huitrera en estas dos áreas como así también otros afloramientos de las volcanitas en la región. Como resultado, se reconoció que la Formación Huitrera está conformada en el área por una facies piroclástica y otra lávica: la primera es más dominante en la región occidental de la zona de estudio, mientras que la segunda, está más ampliamente desarrollada en la región oriental. La facies lávica está compuesta por flujos lávicos de composición basáltica y riolítica, con texturas porfíricas y frecuentes texturas de disequilibrio, mientras que en la facies piroclástica predominan las tobas vítreas con diferentes grados de soldadura. Las características petrográficas de ambas facies se correlacionan con las facies lavico-piroclástica asociadas a un vulcanismo bimodal, como fueran caracterizadas previamente ciertas secuencias equivalentes en forma regional. Por su parte, la particular distribución de las facies en la zona de trabajo tendría una causa principalmente estructural.

**Palabras clave:** Rocas volcánicas, facies lávica, facies piroclástica, Andes patagónicos, petrografía

## ABSTRACT

*Geology of the surroundings of Caleufú and Meliquina rivers, Neuquén Province: The volcanism of Huitrera Formation.*

A series of paleogene volcanic rocks exposed south of Villa Meliquina, located in the foothills of the Andes in the Neuquén province, has been studied in this work. It corresponds to a poorly known area from the geological point of view, located between the San Martín de los Andes and San Carlos de Bariloche localities, where outcrop a volcanic sequence assigned to the Huitrera Formation. In the surveyed area, two different structural domains affecting these outcrops were described: a western sector, in the Lago Filo Hua Hum region, where NE oriented folds and faults predominate, and an eastern sector, around the Caleufú river, dominated by NW trending and NE verging thrusts associated to anticlines. Two profiles of the Huitrera Formation were surveyed in both areas, as well as other outcrops of the volcanic rocks in the region. As a result, it was recognized that the Huitrera Formation is formed by a pyroclastic and lavic facies: the first is more dominant in the western region, while the second is fully developed in the eastern region. The lava facies is composed of lava flows of basaltic and rhyolitic composition, with porphyritic texture and frequent disequilibrium textures; in the pyroclastic facies, the vitreous tuffs are predominant with different degrees of welding. The petrographic characteristics of both facies can be correlated with the bimodal volcanism associated to lavic-pyroclastic facies previously defined for equivalent sequences in neighbouring regions. The particular distribution of the facies in the work area would mainly be controlled by the structure.

**Keywords:** Volcanic rocks, lavic facies, pyroclastic facies, Patagonian Andes, petrography

## INTRODUCCIÓN

La región localizada al sur de la villa Meliquina, en la provincia del Neuquén, se encuentra incluida en la provincia geológica de Cordillera Patagónica Septentrional, y como tal, está caracterizada por

las potentes secuencias volcánicas terciarias antiguamente reunidas bajo la denominación informal de "Serie Andesítica" (Feruglio 1927). La asignación formal para parte de estas secuencias corresponde tanto a las Formaciones Ventana (González Bonorino 1973) como Huitrera (Ra-

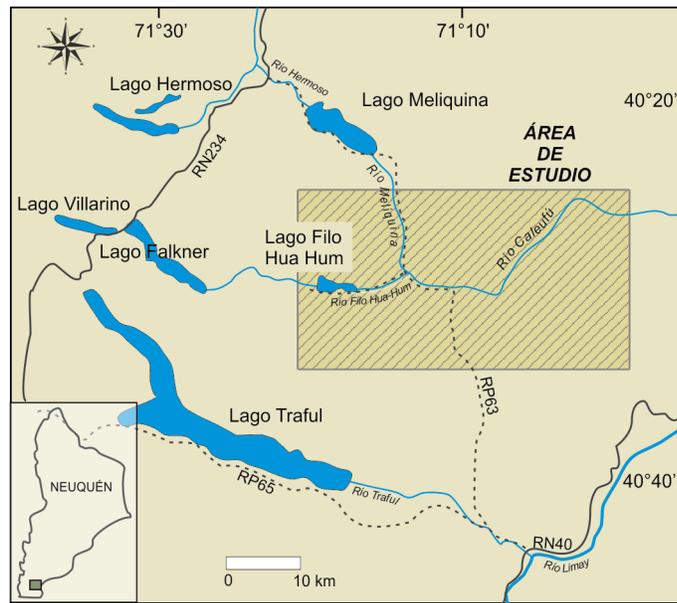
vazzoli y Sesana 1977). La Formación Huitrera representa las manifestaciones más jóvenes y extraandinas de estas series y se correlaciona a la unidad expuesta en el área de estudio, ubicada entre las localidades de San Martín de los Andes y San Carlos de Bariloche (Fig. 1). Estas series

volcánicas fueron estudiadas en estas últimas regiones a nivel regional y local por González Díaz (1979), González Bonorino (1973, 1979), Dalla Salda *et al.* (1981), Rapela *et al.* (1982, 1983, 1984, 1988), Kay y Rapela (1987). Por el contrario, la zona aquí relevada no ha sido específicamente estudiada. Es por ello, que su estudio resulta importante para completar la caracterización geológica regional.

Parte de las denominadas series andesíticas corresponden, regionalmente, al producto de un magmatismo de gran extensión areal en nuestro país, distribuido como un cordón de hasta 90 km de ancho, con una orientación aproximadamente N-S, desde el extremo noroccidental de la provincia del Neuquén hasta la provincia del Chubut. Las edades de las rocas incluidas en esta serie se encuentran en un rango desde el Cretácico Inferior al Paleógeno Superior (González Bonorino 1979, González Díaz 1979, González Díaz y Nullo 1980, Rapela *et al.* 1983, 1988, Cazau *et al.* 1989, Wilf *et al.* 2010, Aragón *et al.* 2011, entre otros).

En la región en estudio, la Formación Huitrera se encuentra representada por afloramientos discontinuos producto de la imperante cubierta boscosa. De acuerdo a los antecedentes regionales, las rocas que componen a la Formación Huitrera en regiones aledañas son tanto piroclásticas como lávicas, y presentan composiciones basandesíticas a riolíticas; son rocas calcoalcalinas, de medio a alto potasio con típicas características de arco, cuyas secuencias se encuentran levemente deformadas, formando plegamientos suaves y simétricos (Dalla Salda *et al.* 1981, Rapela *et al.* 1982, 1983, 1984, 1988, Kay y Rapela 1987).

El objetivo de este trabajo es caracterizar la geología del sector comprendido por la intersección de los ríos Calefú y Meliquina, al sur de la provincia de Neuquén, con especial énfasis en el volcanismo representado por la Formación Huitrera, presentando secciones estratigráficas representativas y su estudio petrográfico. Este análisis permitirá evaluar posibles variaciones litológicas de las secuencias volcánicas respecto a las registradas en



**Figura 1:** Ubicación del área de estudio al sudoeste de la provincia del Neuquén, en la intersección de los ríos Calefú y Meliquina.

otras áreas y complementar la caracterización del volcanismo representado por estas series en una región poco estudiada de nuestro país.

## GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona volcánica sur de los Andes Centrales, caracterizada por una subducción de tipo andina y queda comprendida entre la cordillera nordpatagónica y la cuenca de Collón Curá (González Díaz y Nullo 1980). A su vez, pertenece al segmento norte de la Cordillera Patagónica Septentrional, cuyo basamento metamórfico corresponde al Complejo Colohuincul (Dalla Salda *et al.* 1991a, 1991b), de edad paleozoica superior.

La Cordillera Patagónica Septentrional está caracterizada por la exposición de secuencias jurásicas y cretácicas a través de un sistema de corrimientos con vergencia oriental. Las plutonitas que conforman el batolito andino son expuestas en el sector más interno, mientras que su ciclo sedimentario comienza en el Jurásico Inferior con sedimentitas de ambientes de llanura de mareas, con pasaje a la zona mixta y supramareal, hasta canales de sistema deltaico (Gabaldón y Lizuáin 1982), ubicadas entre la región del lago Nahuel Huapi y la localidad de Esquel. Estas sedimentitas se encuentran intruidas por

plutonitas jurásicas y cretácicas. Hacia el sur, infrayacen a un volcanismo Jurásico Medio a Cretácico Inferior correspondiente a la Formación Lago La Plata y al Grupo Divisadero, donde se reconocen términos volcánicos de composición andesítica a riolítica (Ramos 1976).

Las plutonitas de la Cordillera Patagónica Septentrional afloran a lo largo de su eje axial con edades paleozoicas, jurásicas, cretácicas y terciarias. En la zona norte de la cordillera, incluyendo el área aquí estudiada, se encuentra el plutonismo cretácico, donde se han descrito granodioritas horblendo-biotíticas, dioritas, tonalitas, adamellititas, granitos y cuerpos de composición gábrica (Gordon y Ort 1993). Este plutonismo tiene una relación intrusiva con las sedimentitas del Jurásico Inferior y con las secuencias volcánicas y volcánicas del Jurásico Medio a Superior y Cretácico Inferior y, a su vez, afecta al zócalo ígneo metamórfico del Complejo Colohuincul (Dalla Salda *et al.* 1991a, 1991b), cuya edad se encuentra entre el Devónico y el Carbonífero (Basei *et al.* 1999, Varela *et al.* 1999, 2005). Si bien esta unidad no aflora en el área de estudio, la misma constituye el basamento de las rocas de la Formación Huitrera, tanto regional como localmente, y su contacto tectónico ha sido reconocido en sectores aledaños a la zona de trabajo (Giacosa y Heredia 2002, Gargiulo 2006).

En términos regionales, las rocas volcánicas terciarias incluidas entre los 40° y 42°LS constituyen un potente complejo volcanoclástico y volcánico policíclico de gran extensión areal (Rapela *et al.* 1982). De acuerdo a los trabajos de Rapela *et al.* (1982, 1983, 1984, 1988) la misma se encuentra dividida en dos fajas volcánicas principales: una faja occidental denominada andina, y otra oriental denominada extraandina. Ambas se orientan en forma paralela según una dirección general norte hasta los 41°40'S, a partir de la cual, y hacia el norte, pasan a ser NNO, entrando en territorio chileno (Rapela *et al.* 1983, 1984). Estas dos fajas fueron renombradas posteriormente como cinturón Pilcaniyeu para las rocas paleocenas-eocenas ubicadas en la zona oriental, y cinturón El Maitén para las rocas oligocenas de la región occidental (Rapela *et al.* 1988). Este último está constituido por la Formación Ventana originalmente definida por González Bonorino (1973), caracterizada por rocas lávicas de composición basáltica hasta dacítica. El cinturón Pilcaniyeu, por su parte, está caracterizado por la Formación Huitrera (Ravazzoli y Sesana 1977, Nullo 1978, Coira 1979, Volkheimer y Lage 1981, entre otros) y formado por un amplio rango composicional de rocas volcánicas, con predominio de rocas típicamente riolíticas y dacíticas, y en forma subordinada, rocas de composición más basáltica (Rapela *et al.* 1988).

En el área de estudio, la geología aflorante se encuentra representada principalmente por la Formación Huitrera de gran extensión areal y buen desarrollo vertical (Fig. 2), la cual comprende el objetivo principal de este trabajo. La columna estratigráfica de la región continúa con los depósitos clásticos y volcanoclásticos de las Formaciones Collón Curá (Yrigoyen 1969) y Caleufú (González Díaz *et al.* 1986), los que se localizan hacia el sector oriental del área mapeada (Fig. 2). La Formación Collón Curá queda expuesta en los valles de los ríos, donde se observan bancos continuos de más de 100 m de espesor, y en general está compuesta por sedimentitas y piroclastitas de origen continental (Giacosa y Heredia 2002, Escosteguy y Fran-

chi 2010). Esta formación, de edad miocena media a superior (Giacosa y Heredia 2002), se encuentra sobreyacida por la Formación Caleufú, cuya edad ha sido estimada como miocena superior-pliocena inferior (González Díaz *et al.* 1990, Escosteguy y Franchi 2010). Dicha formación se reconoce por un pedimento que se desarrolla como una superficie de erosión sobre los depósitos que la conforman.

Completan el esquema estratigráfico local un conjunto de coladas basálticas cuaternarias que se apoyan en discordancia angular sobre la Formación Huitrera. Se caracterizan por presentar una típica disyunción columnar producida por el enfriamiento de los flujos lávicos; son basaltos de color gris oscuro a negro y de textura porfírica con una pasta afanítica que, en muestra de mano, presentan fenocristales de plagioclasa. Estos basaltos son correlacionables con los basaltos descriptos por Escosteguy *et al.* (2008) en el cordón de Chapelco - Basaltos Cerro Puntudo Grande - los que fueron asignados al Pleistoceno. Por su parte, las unidades más jóvenes de la zona corresponden a los depósitos aluviales y de remoción en masa, dominantes en las zonas de menor altura (Fig. 2).

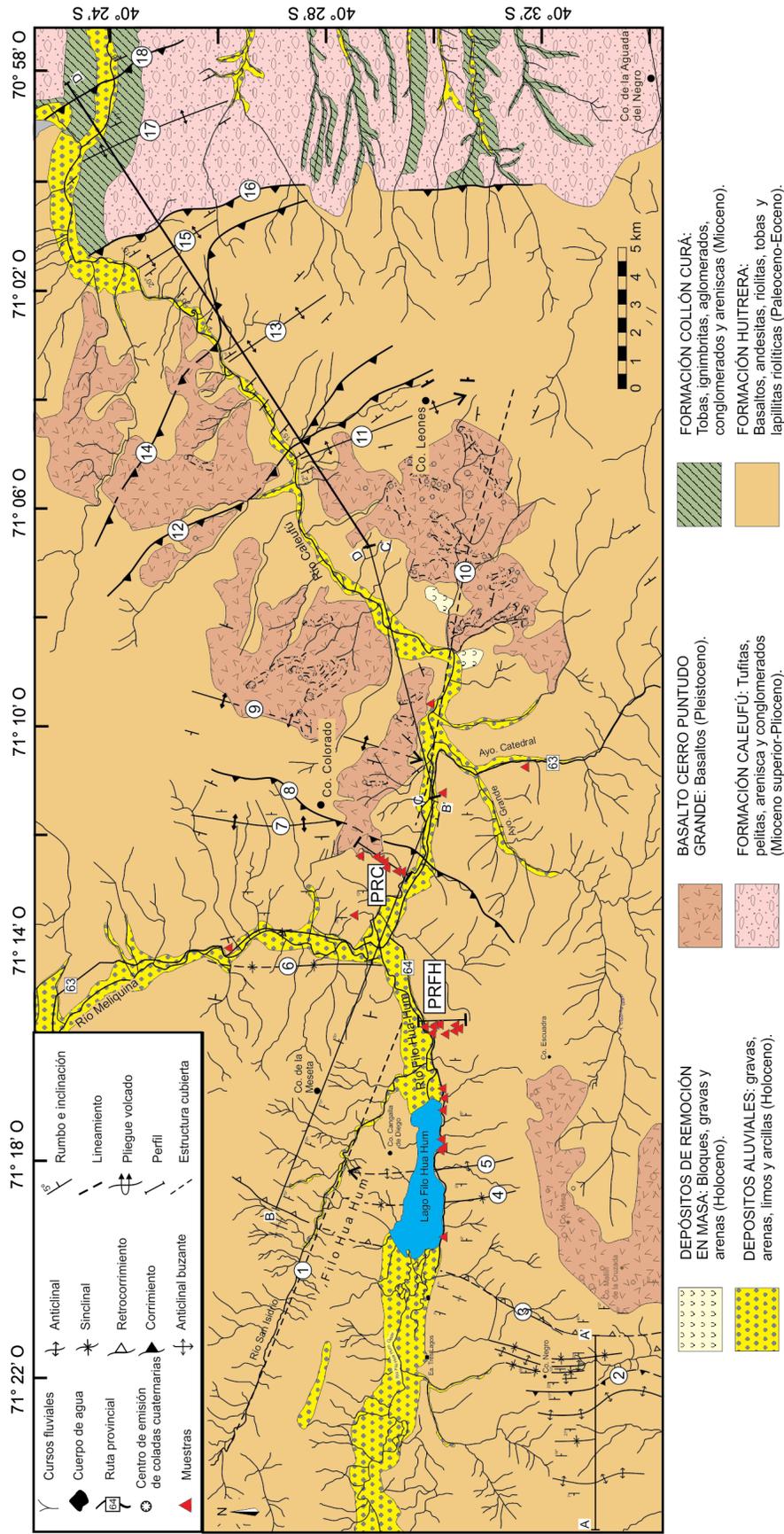
## MARCO ESTRUCTURAL

En la zona de estudio se diferencian dos dominios con distintas características estructurales afectando a los afloramientos de la Formación Huitrera: un sector occidental, en la región del lago Filo Hua Hum; y un sector oriental, donde se ubica el río Caleufú (Fig. 2). La región del lago Filo Hua Hum está dominada por plegamientos asimétricos de variada longitud de onda hacia el límite oeste, y simétricos y suaves hacia el este de la misma, todos con una orientación aproximada NE; mientras que en la zona del río Caleufú, se encuentra dominada por anticlinales con orientación NO asociados a corrimientos que afloran en su limbo frontal con vergencia NE. Estos rasgos estructurales, junto a los lineamientos que se desarrollan en dirección casi E-O, producen un moderado grado de interferencia entre los mismos

hacia el sector occidental de la región del río Caleufú, en donde el río homónimo cambia su rumbo de ONO a NE.

En general, las estructuras del área de estudio se encuentran afectando en superficie a los afloramientos de la Formación Huitrera, no observándose tectonismo en los depósitos o basaltos cuaternarios. Hacia el oeste fuera del área de estudio, estas estructuras afectan a las rocas del basamento; mientras que hacia el este, a los estratos de las Formaciones Collón Curá y Caleufú. El río Caleufú presenta un fuerte control estructural principalmente en los tramos inicial y final de la región.

La cubierta vegetal, la discontinuidad de los afloramientos y la presencia de los basaltos subhorizontales hacen dificultosa la apreciación de las estructuras y su continuidad a lo largo del rumbo. Sin embargo, ha sido posible relevar con continuidad y detalle las estructuras en cuatro sectores (perfiles A-A', B-B', C-C', D-D' en Fig. 2), permitiendo integrarlas en una única sección estructural, realizada en forma perpendicular a las principales estructuras del área, caracterizando tanto la región de lago Filo Hua Hum, como la del río Caleufú (Fig. 3). El perfil se ha realizado sobre la base de los rasgos estructurales medidos en el campo y aquellos interpretados en forma complementaria sobre imágenes *LANDSAT* S-19-40-200, imágenes georeferenciadas extraídas del programa *Google Earth* (*IKONOS*) y los modelos de elevación digital de los sensores TM (90 mp). Para su realización se elaboró un posible modelo de las estructuras en profundidad, acorde con los rasgos vistos en superficie, y se elaboró un esquema respetando sus ángulos de corte. El espesor de la Formación Huitrera en la zona de estudio no se conoce, sin embargo, Rapela *et al.* (1984) indican espesores de hasta 3.000 m en otras áreas. Para esta sección se estimó un espesor cercano a los 1.800 m, considerando que la base de la secuencia no se encuentra expuesta. Para calcular la profundidad de despegue, se consideró la longitud de onda y el área contenida por las estructuras y se simuló con el programa *2D Move* diferentes despegues hasta explicar la estruc-



**Figura 2:** Mapa geológico de la zona de trabajo. Se destaca la amplia extensión de los afloramientos de la Fm. Huitrera y el corrimiento Cerro Colorado (8), que divide una zona occidental y una zona oriental, con diferencias en sus estilos estructurales y litologías presentes. PRFH: perfil río Filo Hua-Hum; PRC: perfil río Culefú. Las transectas A-A, B-B, C-C y D-D representan los perfiles estructurales relevados en las áreas de estudio. Estructuras: 1: lineamiento San Isidro, 2: corrimiento Cerro Negro, 3: retrocorrimiento Filo Hua Hum, 4: sinclinal Tres Lagos, 5: anticlinal Cangalla de Diego, 6: sinclinal Meliquina, 7: anticlinal Piedra de la Ventana, 8: corrimiento Cerro Colorado, 9: anticlinal San Jorge, 10: lineamiento Córdoba Grande; 11: anticlinal Cerro Leonés; 12: corrimiento El Puma; 13: anticlinal Los Alamos; 14: corrimiento Don Hugo; 15: anticlinal Las Brasas; 16: corrimiento Recodo; 17: anticlinal Culefú; 18: corrimiento Rocas Blancas.

tura observada. Posteriormente se llevó a cabo la reconstrucción de dicho esquema por el método de longitud de línea. Dado que las secuencias incluidas en la Formación Huitrera no afloran hacia el este, y se carecen de datos en profundidad que permitan precisar su presencia por debajo de las Formaciones Collón Curá y Caleufú, las mismas no se han representado en subsuelo en este sector de la sección estructural.

El resultado obtenido permite observar bloques distintos, que se diferencian por las longitudes de onda de sus plegamientos asociados, y por encontrarse delimitados por fallas de basamento (Fig. 3). Se interpreta que la deformación epidérmica observada se asocia a la inserción de la estructura del basamento en las secuencias terciarias. Así, la estructura del área está controlada por fallas de basamento de alto ángulo que basculan a las capas de Formación Huitrera y generan a su vez, un suave plegamiento y deformación de los estratos de las Formaciones Collón Curá y Caleufú, hacia el este. A su vez, zonas de deformación con despegue dentro de las rocas volcánicas producen plegamientos más apretados y asimétricos en el sector occidental correspondiente a una zona triangular, donde se encuentra el Cerro Negro.

Entre las estructuras reconocidas más significativas, se destaca el corrimiento Cerro Colorado en el sector central del área mapeada (Fig. 2). Esta estructura corresponde a una falla que se extiende ~12 km con rumbo NE e inclinación 45°NO. Su importancia radica en que a partir de este corrimiento se ponen en contacto las rocas lávicas basandesíticas de la Formación Huitrera que predominan en los alrededores del río Caleufú, con las facies más ácidas y piroclásticas riolíticas reconocidas en la región del lago Filo Hua Hum.

Otro de los principales rasgos estructurales de la región corresponde al lineamiento San Isidro, de orientación ONO, que divide a la zona en dos áreas estructuralmente diferenciables: al norte se observa un homoclinal suave que culmina en un sinclinal de gran longitud de onda hacia el este, mientras que al sur dominan los ple-

gamientos simétricos más apretados y un homoclinal hacia el este. La traza de este lineamiento coincide con el valle del río homónimo; este lineamiento se extiende por 12 km, desde la cabecera del río San Isidro hasta su cruce con el río Filo Hua Hum. Es posible que hacia el sector oriental, el lineamiento Córdoba Grande, el cual presenta la misma orientación, represente la continuación de este lineamiento. Se puede apreciar que algunas estructuras se ven afectadas por ambos lineamientos que limitan su extensión (Fig. 2).

Se destaca, a su vez, al oeste del lago Filo Hua Hum, al retrocorrimiento homónimo, el cual posee vergencia hacia el oeste y un rumbo NE en el centro y norte, y aproximadamente N en el sector sudoccidental. A la latitud del río San Isidro, esta falla se encuentra afectando a las rocas de la Formación Huitrera, donde los bancos del bloque colgante presentan una inclinación aparente de 10°E en la parte media-inferior, aumentando hacia la superficie hasta los ~45°E (Fig. 4a). Por su parte, hacia el este del retrocorrimiento, se destaca el sinclinal Tres Lagos de rumbo NNO. La estructura es levemente asimétrica, presentando bancos con una inclinación de 9°E en su flanco occidental y 5°O en el oriental (Fig. 4b). Se extiende desde la base de los basaltos cuaternarios del cerro Mesa al sur, hasta el lineamiento San Isidro al norte, no observándose más allá del mismo. El núcleo del sinclinal se encuentra ocupado por una secuencia basáltica correspondiente a la Formación Huitrera, mientras que al este, se observa el anticlinal Cangalla de Diego que presenta la misma extensión y rumbo que el sinclinal Tres Lagos, siendo asimétrico con flancos de 5° de inclinación (Fig. 4b). Hacia el extremo oriental del área mapeada, se destaca el corrimiento Caleufú, de rumbo NNO y vergencia hacia el NNE, con una inclinación de su plano de falla de 53°. Esta estructura controla localmente el curso del río Caleufú, y constituye una de las estructuras más importantes del área ya que pone en contacto a las rocas de la Formación Huitrera con aquellas de las Formaciones Collón Curá y Caleufú.

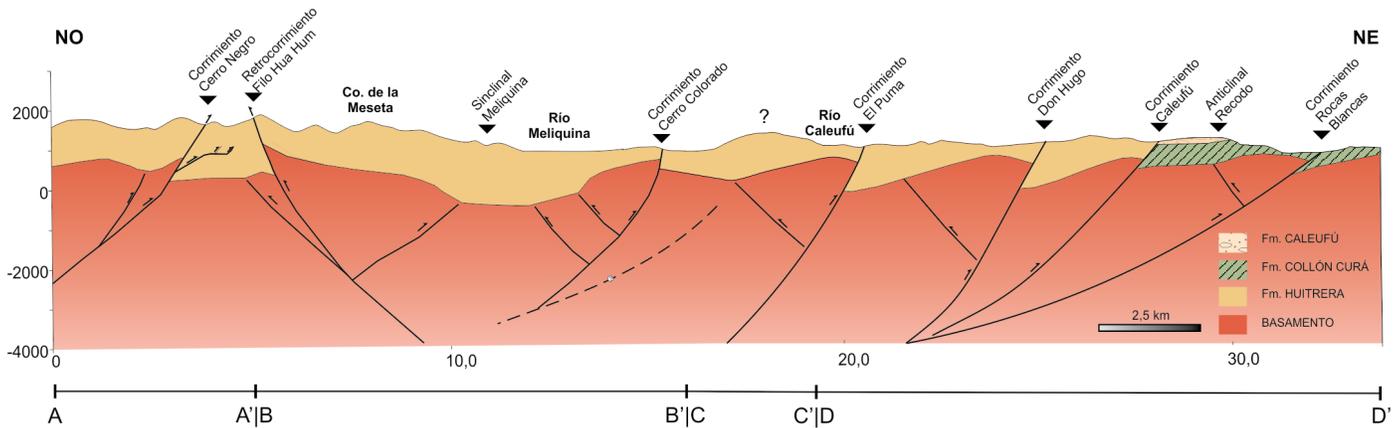
## LA FORMACIÓN HUITRERA

Los afloramientos de la Formación Huitrera son discontinuos y los contactos entre las distintas secuencias raramente se aprecian debido a la cubierta vegetal imperante en el área y/o a la gran cantidad de detritos presentes. Además, los afloramientos suelen presentarse acotados en su desarrollo lateral, ya sea porque están cubiertos o porque simplemente la topografía no permite apreciar su continuación.

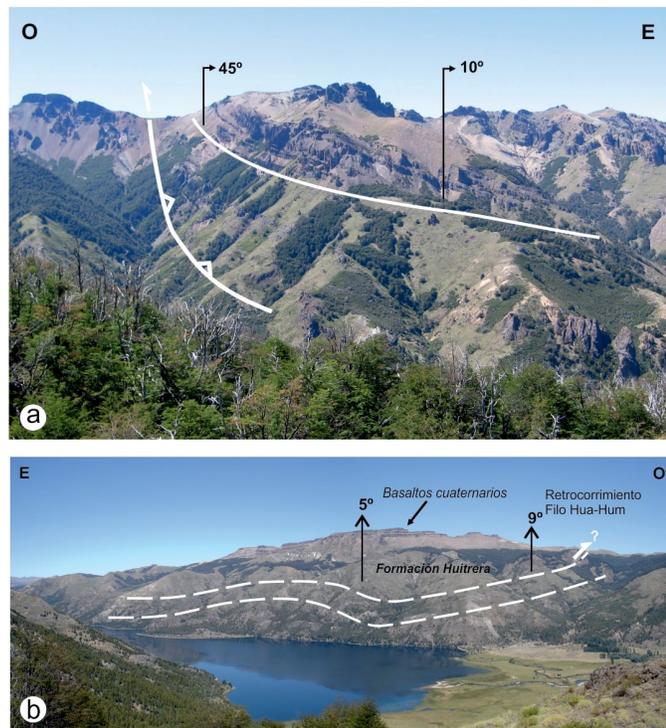
Se relevaron dos perfiles de la Formación Huitrera que describen las variaciones litofaciales que presenta. El primero de ellos, de 326 m de espesor, se ubica sobre la margen sur del río Filo Hua Hum, mientras que el segundo, de casi 170 m de espesor, está situado en un valle de un río afluente del Caleufú, en el extremo oriental de la zona de estudio (Figs. 2, 5 y 6). Dada las características del terreno, se seleccionaron estas dos regiones para el relevamiento de los perfiles por la mayor exposición y continuidad de sus afloramientos. Los espesores fueron medidos con cinta métrica y se muestrearon para caracterizar las variaciones composicionales y texturales de las secuencias; su localización se indica en el mapa geológico (Fig. 2). A su vez, se relevaron áreas aledañas a la de los perfiles para complementar el muestreo y reconocimiento de la Formación Huitrera, lo cual ha permitido evaluar la extensión de las litofacies presentes. Para el estudio petrográfico se han analizado casi 30 secciones delgadas bajo el microscopio de polarización. Como resultado, se reconoció que la Formación Huitrera en la región está conformada por dos facies litológicas, una piroclástica y otra lávica: la primera es más dominante en la región occidental de trabajo, representada por el primer perfil, mientras que la segunda se encuentra más ampliamente desarrollada en la región oriental, en el segundo perfil relevado.

### Facies lávica

*Perfil río Filo Hua Hum:* Esta facies se puede reconocer principalmente en la primera mitad del perfil relevado, donde se ob-



**Figura 3:** Corte estructural del área de estudio, integrando las secciones A-A' y B-B' del sector del lago Filo Hua Hum (al oeste) con las secciones C-C' y D-D' de la región del río Caleufú (al este) (véase localización en figura 2). La estructura del área está controlada por fallas de basamento de alto ángulo que basculan a las capas de Formación Huitrera y deforman levemente a los estratos de las Formaciones Collón Curá y Caleufú; la deformación epidérmica se asocia a la inserción de la estructura del basamento en las secuencias terciarias.



**Figura 4:** a) Retrocorrimiento Filo Hua Hum; bancos de la Formación Huitrera asociados al bloque colgante aumentan su inclinación de ~10° a ~45°E, a medida que se acercan a la superficie y al plano de falla. b) Estructura de Formación Huitrera al sur del lago Filo Hua Hum; se observan los bancos discontinuos y parcialmente cubiertos que forman el sinclinal Tres Lagos y se evidencia el retrocorrimiento Filo Hua Hum por el valle a la derecha de la foto, con una flexura en las capas en la zona superior del cerro. A la izquierda, se encuentra el anticlinal Cangalla de Diego; simétrico y tendido con un ángulo de 5°.

servan distintos niveles de flujos lávicos: en la base de composición basáltica y hacia el nivel medio, riolítica (Fig. 5a). Ambos tipos de lavas son porfíricas, y se presentan en bancos de espesores variables entre 5-30 m, con contactos netos entre sí o totalmente cubiertos. El primer banco de la columna, con un espesor de 15 m, corresponde a un basalto de tonalidad verde que bajo el microscopio muestra un 30 % de fenocristales, de los cuales el 80

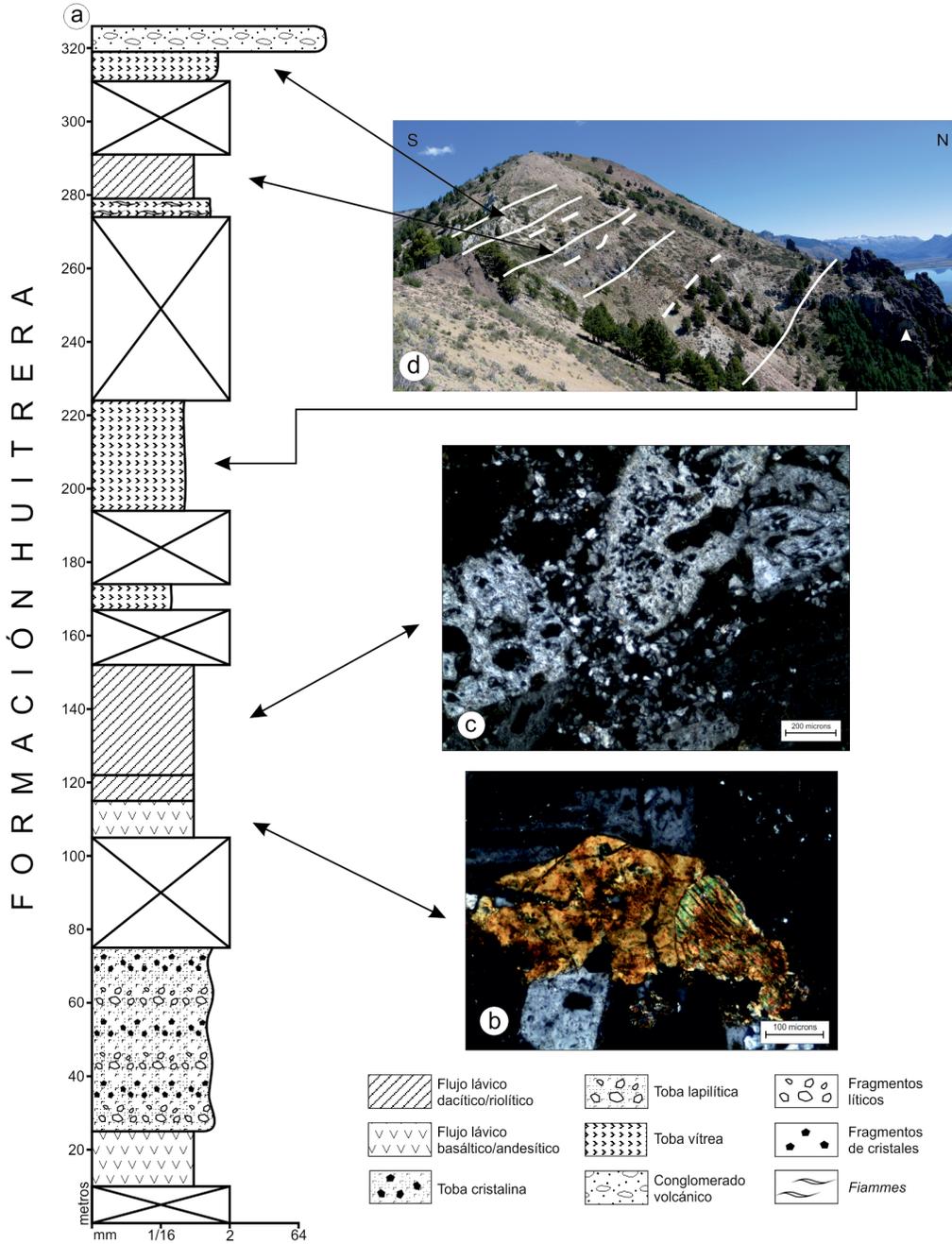
% corresponden a plagioclasas subhedrales a euhedrales alteradas a una plagioclasa sódica, de aspecto de albita; esta alteración cubre al cristal original, y en algunos casos, lo reemplaza totalmente con crecimiento secundario que se proyecta hacia la pasta adyacente. El 20% restante de los fenocristales corresponden a minerales máficos que, como es habitual en la mayoría de las volcanitas del perfil, corresponden a un mineral de hábito pris-

mático corto totalmente reemplazados por carbonatos y una asociación de minerales fibrosos color verde correspondientes a filosilicatos de Fe y Mg. La pasta (70 %) presenta una textura intersertal principalmente compuesta por microlitos de plagioclasa, minerales opacos y vidrio intersticial levemente alterado a arcillas (Fig 7a).

Las facies lávicas en este perfil se continúan con un nivel de 10 m de espesor formado por una riolita porfírica de pasta afanítica y fenocristales de plagioclasa de hasta 1,5 mm de largo. Bajo el microscopio, se caracteriza por una textura porfírica con pasta (65 %) felsítica con fenocristales de plagioclasa cribada, usualmente formando cumulos.

También presenta un mineral máfico de hábito prismático alargado a pseudohexagonal anhedral, fuertemente alterado, con un pleocroísmo de castaño anaranjado a castaño amarillento, con extinción recta inhomogénea. El mineral presenta cristales con hábitos típicamente de anfíbol (hornblenda) tanto al microscopio como en muestra de mano. Sin embargo, cristales con similar extinción inhomogénea y hábitos más irregulares se asemejan a la biotita (Fig. 5b); es probable que ambos minerales hayan estado presentes originalmente y hayan sido alterados a la misma serie de minerales ferromagnesianos de color castaño.

Los dos niveles suprayacentes del perfil



**Figura 5:** Perfil columnar realizado al sudeste del lago Filo Hua Hum sobre la margen sur del río del mismo nombre. a) Corresponde a 320 metros de rocas volcánicas y piroclásticas con zonas cubiertas intercaladas, culminando con 7 m de conglomerados volcánicos. b) Riolitas de las facies lávicas, con posible biotita como fenocristal (nicoles cruzados). c) Fenocristales cribados de plagioclasa en las riolitas de la facies lávica. d) Distribución general de las secciones superiores del perfil, se aprecia la discontinuidad de afloramientos típica de la zona y la cobertura vegetal imperante.

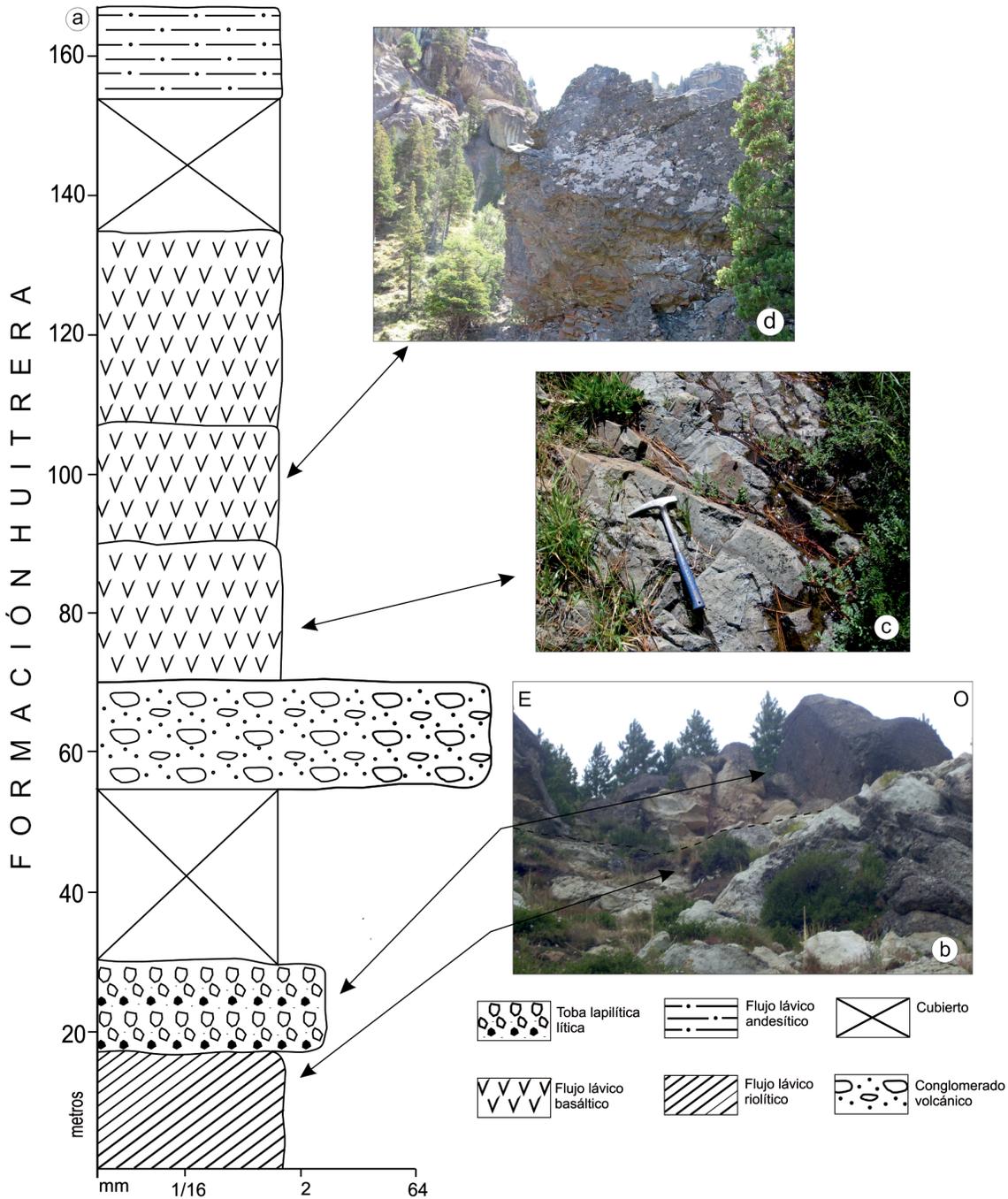
también corresponden a riolitas de similares características que la anterior descrita. Presentan colores entre verde claro y verde castaño, textura porfírica y cristales de plagioclasa dominantes, con texturas de disolución (Fig. 5c). La secuencia superior se caracteriza por presentar vesículas rellenas con texturas en “diente de perro”.

Cabe destacar que las rocas clasificadas como riolitas, presentan pastas ricas en cuarzo y feldespato potásico, mientras

que como fenocristal domina la plagioclasa y en menor medida feldespato alcalino. A su vez, tanto las riolitas como el resto de las muestras de esta facies presentan bajas relaciones fenocristal/pasta. Tendiendo en cuenta estos rasgos, las rocas son clasificadas como riolitas según el doble triángulo QAPF de Streckeisen (1973).

El perfil continúa con 127 m de rocas que pertenecen a la facies piroclásticas, las que serán descritas posteriormente,

mientras que por encima de estas se reconoce una variedad litológica distinta dentro de las facies lávica (Fig. 5d). Se trata de un banco de 12 m, formado por una roca de color gris porfírica con feldespatos de hasta 4 mm de largo y estructura vesicular a amigdaloides, con vesículas rellenas de un mineral verde claro. Al microscopio, la plagioclasa (2 mm) muestra fuertes texturas de desequilibrio, como textura cribada y zonalidad (Fig. 7b), y fenocristales de feldespato alcalino euhe-



**Figura 6:** a) Perfil columnar relevado sobre un valle de un río afluente del Caleufú. Corresponde a una secuencia de 170 m constituido principalmente por basaltos, con intercalaciones de rocas piroclásticas y conglomerados subordinados. b) Contacto entre la riolita porfírica de color castaño y la toba lapilítica lítica, de tonalidades claras. c) Afloramiento de la colada basáltica, verde claro. d) Banco de lava de composición basáltica, de tonalidades grisáceas y alto porcentaje de pasta.

drales, heterogéneos y de diversos tamaños (0,2-1 mm) que forman un glomérulo en forma de cruz (Fig. 7c); a su vez, presenta fenocristales de clinopiroxeno subhedral con macla de dos individuos y minerales opacos. La pasta es hialopilitica a intersertal, compuesta por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, cuarzo, minerales opacos y vidrio intersticial fuertemente alterado a arcillas. Esta roca

se clasificó, de acuerdo al diagrama QA-PF, como una lacita cuarzosa. El perfil culmina con un conglomerado clasto sostenido que se correlaciona con el que aparece en la parte media del perfil del río Caleufú.

*Perfil río Caleufú:* Este perfil se encuentra dominado casi exclusivamente por la facies lávica de la Formación Huitrera (Fig 6a). La sección inferior del perfil consta

de un banco de casi 10 metros de espesor (Fig. 6b), que corresponde a una riolita de color castaño y textura porfírica, con marcadas estructuras de flujo y 20% de fenocristales en una pasta afanítica. Estos corresponden a plagioclasa, que al microscopio presentan formas subhedrales, textura cribada, y moderada alteración a arcilla y sericita. La pasta tiene una textura felsítica, aunque en algunos sectores se

observa una textura pilotáxica fluidal, y en general se encuentra alterada a arcillas, óxidos y cloritas. Como fue explicado, si bien la muestra carece de fenocristales de cuarzo, la composición de la pasta le adjunta una composición riolítica, en base al diagrama QAPF (Streckeisen 1973).

El perfil continúa con un banco correspondiente a la facies piroclásticas, cubierto hacia la parte superior por más de 20 metros de vegetación y detritos. Por encima, se encuentra un banco conglomerádico de similares características al banco que forma el tope del perfil relevado en el río Filo Hua Hum. Comprende un conglomerado clasto sostenido, formado por clastos mayormente volcánicos y piroclásticos. El tamaño de dichos componentes varía de unos pocos centímetros a más de 30 cm, los cuales presentan formas angulosas a subredondeadas. Los clastos volcánicos revelan una probable composición máfica, mientras que en los fragmentos de rocas piroclásticas se destaca una textura eutáxica.

Las facies lávicas de este perfil se continúan con coladas de composición basáltica que se suceden unas a otras en los últimos 70 m del perfil (Fig. 6c, d); sus colores son gris a gris verdoso, con porcentajes variables de fenocristales entre 40 a 80%, predominantemente de plagioclasa. Al microscopio, estos presentan, en general, una avanzada alteración a carbonatos y arcilla, siendo total en algunos casos (Fig. 7d), y ocasionalmente a cloritas y a pequeños cristales de epidoto. La pasta presenta texturas de afieltrada a intersertal, compuesta por microlitos de plagioclasas, minerales opacos, vidrio levemente impregnado con arcillas y óxidos, y material de alteración como carbonatos y clorita en forma de parches; en algunas muestras es recurrente la presencia de cuarzo secundario en los intersticios.

En el tope del perfil, se destaca un banco de lava andesítica, compuesta por fenocristales (30%) de plagioclasa y de anfíbol; los feldespatos muestran, bajo el microscopio, formas subhedrales, con maclados polisintéticos finos a gruesos, y esporádicamente textura cribada hacia el centro (Fig. 7e). Los fenocristales de hornblen-

da son subhedrales, con pleocroísmo intenso en tonos pardos, y es común también encontrarlos cribados en el centro (Fig. 7f). La pasta, intersertal a hialopilitica, presenta abundante vidrio con alteración a minerales ferromagnesianos de colores verdosos, que podrían corresponder a cloritas.

*Otros afloramientos:* La facies lávica también aflora en otras áreas de la región de estudio. Su correlación con el perfil se dificulta debido a la discontinuidad de los afloramientos y la espesa vegetación de la región. Sin embargo, de acuerdo al tipo litológico reconocido se considera parte de esta facies aunque no sea posible ubicarlas estratigráficamente o cronológicamente respecto al perfil estudiado.

Variedades de composición basáltica han sido reconocidas en la desembocadura del lago Filo Hua Hum, hacia el oeste del mencionado lago, y en la margen sur del lago Filo Hua Hum a la altura de su cabecera; por otro lado, en la región mas oriental de trabajo, se describieron basaltos tanto en la margen norte como sur del río Caleufú, y en el camino a villa Meliquina (véanse puntos de muestreo en la figura 2). En estos basaltos también predominan los fenocristales de plagioclasa, mayormente alterada a carbonatos y ocasionalmente formando cumulosos y con texturas de disolución. Los minerales máficos son clinopiroxeno, y probablemente anfíbol, totalmente reemplazados por cloritas. La pasta varía de intersertal a pilotáxica, donde el entramado de microlitos de plagioclasa alberga en sus intersticios pequeños cristales de minerales opacos, vidrio desvitrificado y cloritas secundarias.

Rocas de composición riolítica fueron reconocidas en las cercanías al camping del margen sur del lago Filo Hua Hum, donde forman coladas con fenocristales de plagioclasa alterados a arcillas y sericita, que bajo el microscopio presentan una pasta pilotáxica afieltrada en la que se distinguen microlitos de plagioclasa, cuarzo y feldespato alcalino; los dos últimos asociados a una posible recristalización del vidrio original.

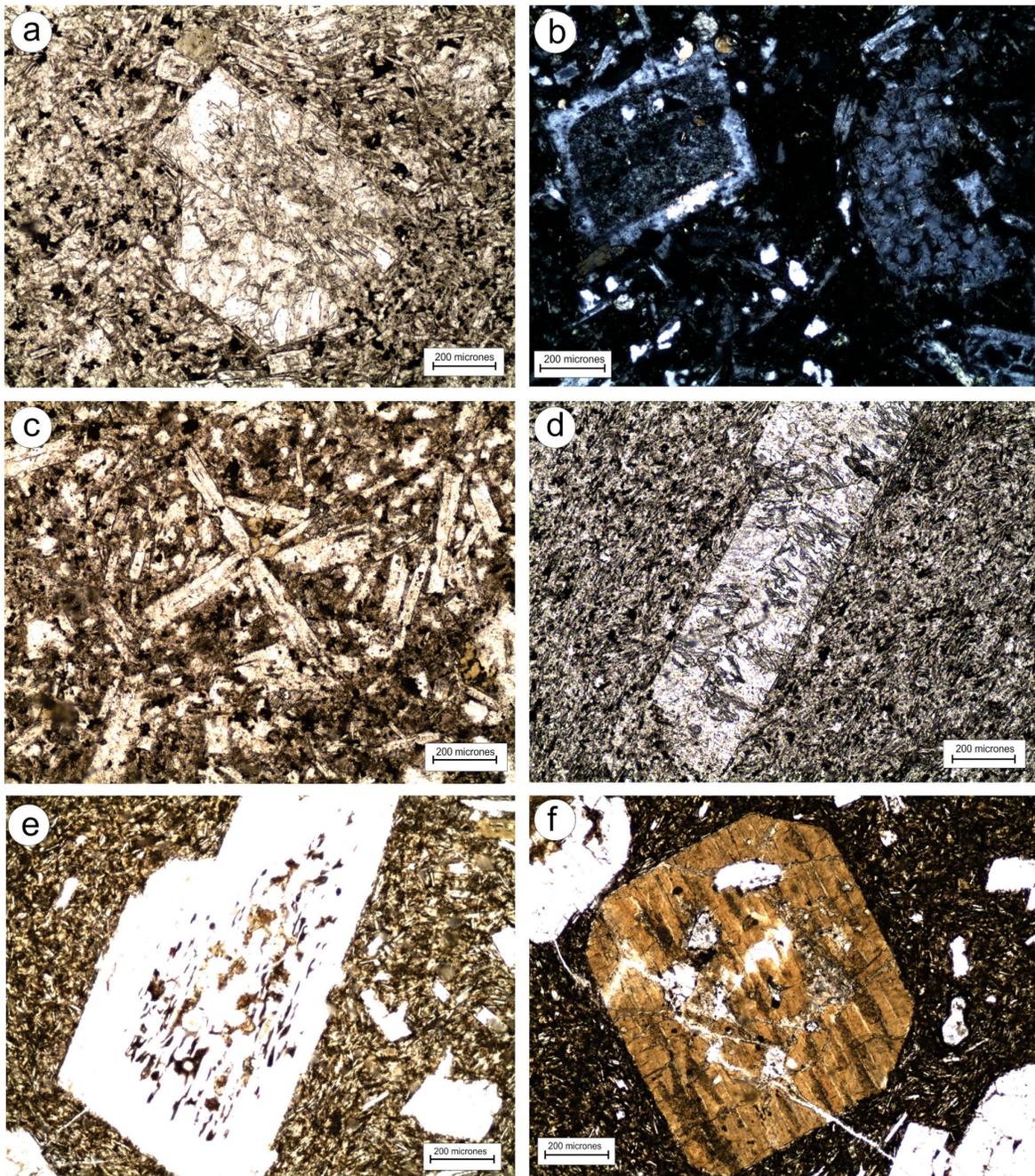
Por su parte, rocas de textura brechosa

y composición basandesítica fueron reconocidas tanto en la margen sur del río Filo Hua Hum, como al norte de la confluencia de los ríos Meliquina y Filo Hua Hum. Corresponden, por un lado, a una autobrecha basáltica, en la que se observan fragmentos de una lava porfírica con fenocristales blancos anhedral, cementados por fragmentos de menor tamaño de igual composición y pátinas de óxidos de color anaranjado. Por otro lado, se han reconocido brechas andesíticas donde la parte dominante corresponde a una lava andesítica porfírica que incluye, con contactos transicionales, a fragmentos de carácter piroclástico. La lava está compuesta por fenocristales (60 %) de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, biotita, titanita y minerales opacos, con variable grado de alteración a carbonato, cloritas y epidoto, sumergidos en una pasta de textura intersertal a hialopilitica. Por su parte, los fragmentos piroclásticos corresponden a una toba cristalina con estructuras de flujo, cuyos componentes cristalinos son de igual composición a los de la lava andesítica mencionada; presenta además, litoclastos volcánicos y vitroclastos como *flames*, y fragmentos pumíceos con menor grado de deformación.

### Facies piroclástica

*Perfil río Filo Hua Hum:* Esta facies domina la mitad superior del presente perfil (Fig. 5a) y está caracterizada principalmente por tobas vítreas y líticas, de acuerdo a la clasificación de Schmid (1981) para rocas piroclásticas. Los afloramientos presentan potencias generalmente menores a los de la facies lávica, aunque también pueden tener hasta 50 m de espesor.

En la sección basal del perfil se reconocen ~50 m de una intercalación de rocas piroclásticas. Una de ellas corresponde a una lapillita lítica de color verde claro con escasos cristaloclastos de un mineral máfico alterado y cristales milimétricos de feldespato alcalino. Los líticos son de color gris oscuro de hasta 4 cm de diámetro, son angulosos y presentan texturas porfírica y afanítica. Esta roca se intercala con una toba lapillítica cristalina, de color verde grisácea y se diferencia princi-



**Figura 7:** Microfotografías de las facies lávica de la Formación Huitrera: a) Basalto con pasta intersertal, vidrio alterado a arcillas y fenocristal de plagioclasa. b) Lacita cuarzosa con fenocristales de plagioclasa cribados (derecha) y corona de diferente composición (izquierda). c) Lacita cuarzosa con feldespato alcalino euhedral con glómérulo en forma de cruz y pasta intersertal con microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, cuarzo, minerales opacos y vidrio alterado a arcillas. d) Basaltos con fenocristales de plagioclasa alterados a carbonatos y arcillas. e) Fenocristales cribados de plagioclasa con vidrio fresco castaño. f) Andesitas con fenocristales de anfíbol fresco y levemente cribados. Todas las fotos con luz paralela, salvo b y f.

palmente de la anterior por la ausencia de fragmentos líticos.

La facies piroclástica continúa en la mitad del perfil con una secuencia aislada de 7 m de espesor, de base y techo cubierto. La roca corresponde a una toba vítrea de matriz verde claro con cristaloclastos blan-

quecinos de feldespato de hasta 2 mm y biotita menores al milímetro. Se aprecian escasos litoclastos subangulosos de color verde de hasta 2 cm, de textura porfírica con fenocristales de similar aspecto y composición que los presentes como cristaloclastos.

Por encima, separado por un importante sector cubierto, se observa un afloramiento de 30 m de espesor de una toba vítrea de color gris verdoso claro, en donde se aprecian cristaloclastos menores al milímetro de un mineral máfico y fragmentos líticos de hasta 3 mm, que se destacan

por su coloración verde y su angulosidad. La matriz es dominante en la muestra y de composición vítrea, formada por ceniza volcánica.

Luego de 50 m cubiertos por vegetación y derrubio, se encuentra un banco de 5 m de potencia correspondiente a una toba de textura eutaxítica. Se reconocen macroscópicamente fragmentos vítreos lenticulares de color amarillo oscuro y cristales blancos a amarillos anhedrales de hasta 1,5 mm de diámetro. Al microscopio, se caracteriza por presentar *fiammes* y fragmentos de pómez con menor grado de deformación (Fig. 8a). También se observan escasos cristales de plagioclasa con textura cribada y minerales opacos.

El último banco de la facies piroclásticas en el perfil, corresponde a 8 m de una toba vítrea, con fragmentos vítreos de color verde. Al microscopio, se observan fragmentos de pómez irregulares cuyas vesículas están rellenas de carbonato y arcillas; y con inclusiones cristalinas de plagioclasa (Fig. 8b). La plagioclasa, como cristaloclasto, se encuentra subhedral a euhedral con macla polisintética, con fuerte disolución y leve fracturación (Fig. 8c).

*Perfil río Caleufú:* En este perfil, solo se expone un nivel de las facies piroclásticas en el nivel más inferior del mismo (Fig. 6a, b). Se encuentra en contacto transicional con el nivel lávico inferior y se trata de un afloramiento de 13 m representado por una toba lapillítica lítica de acuerdo a la clasificación de Schmid (1981). Las rocas están compuestas por fragmentos de cristales y litoclastos volcánicos en una matriz de grano fino. Los cristaloclastos son de plagioclasa, feldespato potásico y escasos ejemplares de cuarzo. Es común también la presencia de pómez desvitrificados, dando como resultado una recristalización de tipo felsítica en los mismos. La matriz presenta también una textura felsítica, con abundante vidrio volcánico desvitrificado e impregnado por arcillas.

*Otros afloramientos:* Al igual que para la facies lávica, se reconocieron áreas fuera de los perfiles analizados que se consideran parte de esta facies, aunque se dificulte su correlación con los perfiles descriptos. Estas áreas corresponden a zonas sobre la

ruta provincial 64 hacia el camino al camping del lago Filo Hua Hum, afloramientos ubicado en el filo Hua Hum a la altura de la cabecera del lago homónimo y también en la margen sur del río Caleufú.

En la zona occidental del área de trabajo, en los alrededores del lago Filo Hua Hum predominan estas facies piroclásticas en relación con el área oriental, sobre el río Caleufú. Las piroclastitas del área occidental están representada por tobas líticas con cristaloclastos de plagioclasa anhedral a subhedral con alteración a arcilla, además de litoclastos volcánicos. En ocasiones, presentan fragmentos de pómez recristalizados a cuarzo microcristalino o desvitrificados a pequeñas esferulitas; las plagioclasas, como es habitual, están cribadas con leve alteración a arcillas, mientras que los líticos presentes son de basaltos con pasta de textura intersertal y riolitas con fenocristales de plagioclasa cribados y pasta de textura felsítica.

En el sector del río Caleufú, se reconocieron rocas de esta facies representadas por una lapillita vítrea, de textura eutaxítica, con *fiammes* de hasta 6 mm de alto y 2 cm de largo, y fragmentos pumíceos de menor grado de deformación. Los cristaloclastos más abundantes son de plagioclasa, y los litoclastos, angulosos a subredondeados, son volcánicos, inmersos en una matriz constituida por polvo y ceniza volcánica. Al microscopio, se reconocen además secciones basales posiblemente de anfíbol, completamente reemplazados por carbonatos y cloritas. Las trizas aparecen con alto grado de deformación y recristalizadas dando un aspecto semejante a una textura felsítica (Fig. 8d), la cual también caracteriza a la matriz de la roca. Los fragmentos pumíceos y *fiammes* también se encuentran desvitrificados.

## EDAD DE LAS SECUENCIAS

Las secuencias volcánicas incluidas en estas series volcánicas, en toda su extensión, muestran edades desde el Cretácico al Mioceno, tanto en su franja mas septentrional al NO de la provincia de Neuquén, (Llambías y Rapela 1989, Franchini

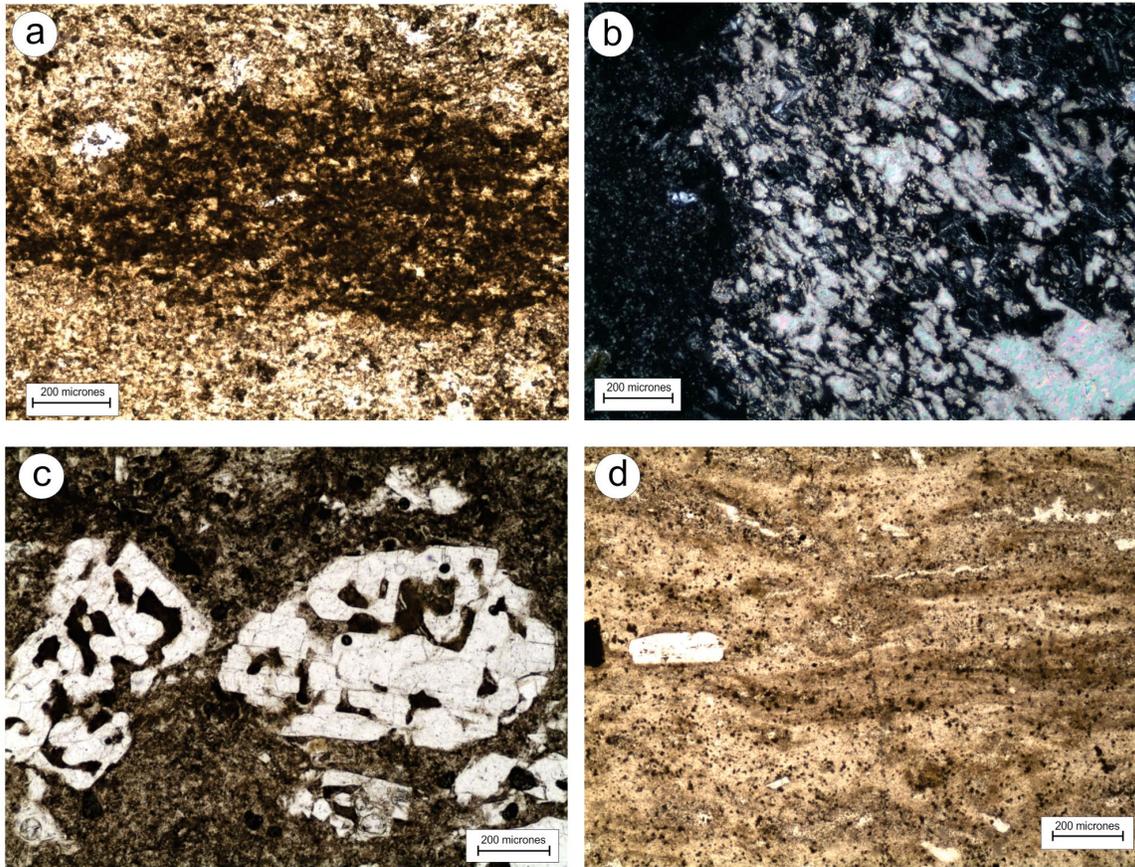
*et al.* 2003, entre otros) como en la región más austral, en los Andes Nordpatagónicos al sur de Neuquén, norte de Río Negro y Chubut (Rapela *et al.* 1988, Cazau *et al.* 1989). En la región central se las divide entre una franja extraandina de edad paleocena-eocena, y otra andina, oligocena-miocena.

Para las regiones aleadañas a las relevadas en este trabajo, Groeber (1954) estableció originalmente una serie de correlaciones de índole regional, y le asignó a las volcanitas aflorantes una edad eocena. González Díaz (1979) propuso una edad eocena para los afloramientos al norte y al este del lago Nahuel Huapi, con un clímax volcánico en el Eoceno medio a superior, a partir de estudios radimétricos, palinológicos, y de faunas fósiles.

Las primeras edades radimétricas (K-Ar) publicadas por González Bonorino (1979), González Díaz (1979) y González Díaz y Nullo (1980), junto con las de Rapela *et al.* (1983, 1988), muestran edades entre 60 y 42 Ma para las secuencias volcánicas expuestas entre San Carlos de Bariloche y San Martín de los Andes, asignándolas así a la Formación Huitrera, en el cinturón Pilcaniyeu o extraandino. Entre los estudios más recientes sobre la edad de estas secuencias volcánicas, se destaca el de Wilf *et al.* (2010), quienes obtuvieron edades Ar/Ar de  $54,24 \pm 0,45$  Ma y  $53,64 \pm 0,35$  Ma para niveles tobáceos asignados por los autores a la Formación Huitrera también del cinturón Pilcaniyeu, en la localidad de Pampa de Jones. Se destaca esta localidad por ser una de las edades radimétricas más cercanas a la zona de trabajo.

Por otro lado, Mazzoni *et al.* (1991) publicaron edades K/Ar entre  $57,8 \pm 2,9$  Ma y  $43,0 \pm 1,7$  Ma para la Formación Huitrera en el borde occidental del macizo Norpatagónico. Por su parte, al norte de Junín de los Andes, se obtuvieron edades K-Ar de  $61 \pm 2$  Ma y  $62 \pm 3$  Ma sobre secuencias volcánicas que fueron asignadas a la Formación Auca Pan (Lagorio *et al.* 1998) confirmando una edad paleocena en el área.

Más al norte, sobre el segmento del NO de Neuquén, las edades son levemente



**Figura 8:** Microfotografías de las facies piroclástica de la Formación Huitrera: a) Toba vítrea de textura eutaxítica, con fiammes de color castaño oscuro de aproximadamente 2 mm de largo. b) Detalle de una toba vítrea con pómez con vesículas rellenas de carbonatos. c) Toba vítrea con cristaloclastos de plagioclasa cribados y fracturados. d) Detalle de la matriz de la lapillita vítrea formada por trizas deformadas y filetes de flujo. Todas las fotografías son con luz paralela, salvo b.

más antiguas. Llambías y Rapela (1989) dataron muestras de la Formación Cayanta por el método K-Ar, adjudicándoles edades cretácicas superiores ( $71,5 \pm 5$  Ma y  $74,2 \pm 1,4$  Ma) y eocenas ( $44,7 \pm 2$  Ma y  $48,4 \pm 2$  Ma). Por otro lado, Franchini *et al.* (2003), en la misma zona, obtuvieron edades radiométricas K-Ar y Ar-Ar entre  $62,2 \pm 1,5$  Ma y  $56,0 \pm 1,7$  Ma (Paleoceno). Por último, en la zona de Collipilli, al noreste de Loncopué, Zamora Valcarce *et al.* (2006) obtuvieron edades Ar-Ar entre  $\sim 56$  y  $72$  Ma en rocas principalmente subvolcánicas.

A partir de lo expuesto y teniendo en cuenta la división en dos cinturones realizado por Rapela *et al.* (1988) para las secuencias volcánicas de estas series volcánicas, la edad del magmatismo extraandino de la Formación Huitrera quedaría acotada dentro del rango 60 a 42 Ma, de acuerdo a las dataciones disponibles correlacionables con las volcanitas

incluidas en la zona de estudio (González Bonorino 1979, González Díaz 1979, González Díaz y Nullo 1980, Rapela *et al.* 1983, 1988).

## DISCUSIÓN

La Formación Huitrera en los alrededores de la intersección entre los ríos Meliquina y Caleufú se encuentra formada predominantemente por afloramientos discontinuos con contactos difusos o no visibles. Es por ello que su correlación entre afloramientos de la zona de estudio y más aún con afloramientos fuera de la misma, es poco precisa.

Como resultado de los perfiles y afloramientos relevados se reconoce que en la región la Formación Huitrera está formada por dos facies: una lávica y otra piroclástica. La facies lávica predomina en el sector oriental de trabajo, al este del corrimiento Cerro Colorado, representa-

da por el perfil relevado en el río Caleufú. Por su parte, al oeste del corrimiento, ambas facies se encuentran representadas en el perfil relevado en el lago Filo Hua Hum, siendo incluso la piroclástica más dominante. A pesar de estas diferencias regionales en cuanto a su distribución cada región, dentro de cada una de ellas se encuentran rocas de la otra facies.

La facies lávica está compuesta por una composición variable de rocas volcánicas que va desde basaltos a riolitas, siendo esta última dominante en la región del lago Filo Hua Hum, en contraposición con el lado oriental, donde dominan los basaltos y andesitas. Este rasgo composicional fue originalmente descrito por Rapela *et al.* (1988) para esta unidad en su descripción regional de estas series volcánicas, quien mencionó su carácter bimodal. En particular, los autores explican que el mismo comienza con asociaciones volcánicas silíceas, registrándose también la-

vas básicas a intermedias, en las secciones superiores de las secuencias volcánicas.

Una característica común para todas las lavas es su textura porfirica con bajas relaciones fenocristal/pasta; relación que evidencia que la permanencia en la cámara magmática fue suficiente para la formación de fenocristales de buen tamaño y desarrollo. A su vez, la recurrente aparición de plagioclasas cribadas o texturas de disolución en general, sumada a la zonalidad que presenta la plagioclasa, podrían indicar un desequilibrio en la cámara magmática produciendo su reabsorción parcial.

En algunas muestras, se observó la coexistencia de dos feldespatos en diferentes estados de equilibrio y tamaño, lo cual indicaría dos composiciones diferentes. Esto se podría explicar a través de procesos de desequilibrio químico en la cámara magmática, que produciría la reabsorción de los fenocristales ya formados y la cristalización de un nuevo feldespato de composición más alcalina, ya sea rodeando al feldespato anterior o como un cristal nuevo.

Por su parte, la facies piroclástica está formada por depósitos en general masivos formados por tobas y lapilitas, fundamentalmente vítreas y en menor medida líticas, siendo los fragmentos de cristales los componentes piroclásticos menos abundantes. Sobre la base de la información relevada, aún teniendo en cuenta la discontinuidad de los depósitos, se observa que la distribución de los vitroclastos, líticos y cristaloclastos, así como el grado de deformación de los vitroclastos, es variable en las rocas piroclásticas expuestas, tanto en sentido lateral como vertical. Estas características de los depósitos, sumadas a los rasgos texturales de las rocas, permiten interpretar a los mismos como depósitos primarios, vinculados con flujos piroclásticos. La asociación de estas rocas piroclásticas con brechas y lavas, tal como se describió en los perfiles y en las áreas aledañas, es un rasgo también característico de este tipo de depósitos (Llambías 2008). La variación en el grado de deformación de los vitroclastos descriptos, desde rocas eutaxíticas con *fiam-*

*mes* y otras variedades con pómez menos deformados, estaría indicando la interdigitación de distintos flujos piroclásticos y/o diferentes niveles de depositación y compactación de un mismo flujo; dada la característica de los afloramientos, no hay evidencias para precisar si los depósitos representan una única o varias unidades de enfriamiento.

En su estudio regional de las rocas incluidas en estas series volcánicas en los Andes Nordpatagónicos, Rapela *et al.* (1988) diferencian cinco facies litológicas: ignimbrítica, pliniana, de obsidiana, subvolcánica, lávico-piroclástica y lávica. Sobre la base de las características texturales y faciales de las secuencias volcánicas descriptas en este trabajo –alrededores de los ríos Meliquina y Caleufú– las mismas se correlacionan con la facies lávica-piroclástica propuesta por el autor mencionado, quien establece que esta facies está compuesta por lavas riolíticas a basálticas, tobas y brechas. La presencia interdigitada de depósitos piroclásticos y lávicos en el mismo perfil refleja el carácter poligénico del volcanismo que dio origen a estas rocas, el cual estaría asociado al desarrollo de volcanes compuestos (Rapela *et al.* 1988).

El sector norte del cinturón Pilcaniyeu, donde se ubica el área de estudio, se caracteriza por la presencia de asociaciones de rocas más basálticas hacia el techo de la secuencia volcánica-volcanoclástica; estas rocas cubren a las rocas riolíticas basales y representan las etapas finales del volcanismo (Rapela *et al.* 1988). El perfil del río Caleufú está compuesto exclusivamente en su mitad superior por andesitas y basaltos que cubren a las tobas y riolitas de la base, y cuya petrografía se correlaciona con las rocas basandesíticas descriptas regionalmente. Es posible considerar, entonces, que las de la sección superior del perfil del río Caleufú representen las etapas finales del volcanismo asociadas a estas facies lávico-piroclástica. Por otro lado, los escasos ejemplares de volcanitas riolíticas y rocas piroclásticas del perfil del río Caleufú pueden correlacionarse por sus características petrográficas con las rocas piroclásticas

descriptas y representadas por el perfil del lago Filo Hua-Hum. La distribución espacial de las facies piroclástica y lávica en la región está fuertemente controlado por el corrimiento Cerro Colorado, el cual separa las regiones de ambos perfiles y sería el responsable de haber levantado y expuesto a las rocas riolíticas y piroclásticas del sector del río Filo Hua-Hum, en contacto con las secuencias de la sección oriental, constituidas por ejemplares basales más riolíticos y las lavas basandesíticas superiores.

Las características petrográficas de la Formación Huitrera, tanto las correspondientes a las facies lávica como piroclástica, estarían describiendo rasgos típicos de rocas calcoalcalinas, probablemente vinculadas con un ambiente de arco volcánico. La vinculación del magmatismo de la Formación Huitrera con un volcanismo calcoalcalino fue descrito originalmente por Rapela *et al.* (1988) sobre la base de estudios geoquímicos de elementos mayoritarios en su estudio de estas secuencias volcánicas en los Andes Norpatagónicos. En la zona relevada en este trabajo, esta hipótesis es sostenida con nuevos datos geoquímicos cuya interpretación preliminar corrobora el carácter calcoalcalino de la secuencias y confirman la influencia de una zona de arco volcánico en la generación de los fundidos que dieron origen a este volcanismo (Jait *et al.* 2011 y Palotti *et al.* 2011).

## CONCLUSIONES

El mapeo geológico de la zona de estudio permitió diferenciar las unidades principales aflorantes: las rocas de la Formación Huitrera, las Formaciones Collún-Cura y Caleufú, los basaltos cuaternarios y por último los depósitos aluviales actuales. A su vez, permitió relevar los principales rasgos estructurales, diferenciando dos sectores principales donde predominan estructuras de piel gruesa con distintas orientaciones y vergencias, las que se encuentran afectando a los afloramientos de la Formación Huitrera. Entre las más significativas se encuentran el corrimiento Cerro Colorado que pone en contacto

a las rocas de la facies lávica dominante en el sector del río Calefú, con las rocas, tanto en sus facies lávica como piroclástica del sector del lago Filo Hua Hum. Por otro lado, se encuentran los lineamientos San Isidro y Córdoba Grande, que dividen a la zona en dos áreas estructuralmente diferenciables y constituyen el límite de la extensión de una gran cantidad de estructuras, sobre todo en la región occidental. Hacia el este posiblemente controlen el curso del río San Isidro, mientras que hacia el centro, al río Calefú. Por su parte, el corrimiento Calefú, de vergencia NE, pone en contacto las rocas volcánicas de la Formación Huitrera con las Formaciones Collón Curá y Calefú en el borde oriental de la zona mapeada.

Las secuencias volcánicas aflorantes, incluidas como término general a las series volcánicas terciarias, fueron analizadas petrográficamente y estructuralmente permitiendo su asignación a la Formación Huitrera del cinturón Pilcaniyeu definido por Rapela *et al.* (1988), con una edad entre 60 a 42 Ma. Se definieron dos facies volcánicas: una facies lávica y otra piroclástica; en conjunto, se reconoce que la sección basal de las secuencias relevadas corresponde a lavas riolíticas y rocas piroclásticas riolíticas, mientras que hacia la sección superior, predominan lavas andesíticas a basálticas.

Las riolitas y piroclásticas presentan principalmente biotita y anfíbol, mientras que en las rocas basandesíticas domina el clinopiroxeno, siendo el porcentaje modal de máficos mayor que en las riolitas. Se destaca que los fenocristales de los minerales máficos y feldespatos de las facies lávica y los escasos cristaloclastos de las facies piroclástica se encuentran, en algunos casos, fuertemente alterados y reemplazados por minerales secundarios producto de procesos de alteración postmagmáticos, lo que en muchos casos oblitera las características primarias de los minerales. Estos productos de alteración son esencialmente carbonatos, arcillas y cloritas, que también se encuentran como parches en las pastas de las lavas, impregnando la matriz de las rocas piroclásticas o rellenando fracturas en ambos tipos de rocas.

Las características petrográficas de ambas facies se correlacionan con las encontradas regionalmente por Rapela *et al.* (1983, 1984, 1988) para estas secuencias volcánicas e incluidas en la facies definida como lávica-piroclástica, las que estarían representando depósitos de flujos piroclásticos y lavas vinculadas a volcanes compuestos. Dada las características del relieve y cubierta boscosa, y las discontinuidad de los afloramientos, se dificulta el mapeo de las mencionadas facies; sin embargo, se reconoce que la facies piroclástica y la facies lávica de composición riolítica se encuentran mejor representadas en el sector occidental de trabajo, en los alrededores del lago Filo Hua Hum. Por su parte, las facies lávica, de composición basandesítica, predomina al este del corrimiento principal de la zona, en cercanías al río Calefú. Esta particular distribución está probablemente vinculada con la estructura que afectó a las secuencias.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos ANPCyT PICT 2008-2142, UBACYT 20020100300091 y 20020120200090 y PIP-CONICET 11420110100 y corresponde a la publicación R90 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber. Se agradecen los comentarios de los árbitros Dres. Corina Risso y Pablo Leal.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aragón, E., Castro, A., Díaz-Alvarado, J. y Liu, D.-Y. 2011. The North Patagonian batholith at Paso Puyehue (Argentina-Chile). SHRIMP ages and compositional features. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 547-554.
- Basei, M.A.S., Brito Neves, B.B., Varela, R., Teixeira, W., Siga Jr., O., Sato, A.M. y Cingolani, C.A. 1999. Isotopic dating on the crystalline basement rocks of the Bariloche region, Rio Negro, Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology, *Anales* 34: 15-18, Buenos Aires.
- Cazau, L., Mancini, D., Cangini, J. y Spalletti, L. 1989. Cuenca de Ñirihuau. En Chebli, G. y Spalletti, L. (eds.) *Cuencas Sedimentarias*

- Argentinas, Serie Correlación Geológica, 6: 299-318, Tucumán.
- Coira, B.L. 1979. Descripción geológica de la Hoja 40d, Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro, Servicio Geológico Nacional 168, 94 p., Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. y Varela, R. 1991a. El basamento cristalino de la región nordpatagónica de los lagos Gutiérrez, Mascardi y Guillermo, Provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46: 263-276.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. y Varela, R. 1991b. El basamento pre-andino ígneo metamórfico de San Martín de los Andes, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46: 223-234.
- Dalla Salda, L., Leguizamón, M., Mazzoni, M., Merodio, J., Rapela, C. y Spalletti, L. 1981. Características del vulcanismo paleógeno en la Cordillera Nordpatagónica entre las latitudes 39° 30' y 41° 20' S. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 629-657, San Luis.
- Escosteguy, L. y Franchi, M. 2010. Estratigrafía de la región de Chapelco, provincia de Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 418-429.
- Escosteguy, L., Franchi, M. y Cegarra, M. 2008. Edad de la formación Chapelco y su relación estratigráfica con las unidades geológicas de la cuenca del río Collun Cura, provincia de Neuquén. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 832-833, Jujuy.
- Feruglio, E. 1927. Estudio geológico de la región pre y sub-andina en la latitud de Nahuel Huapi. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 4: 11-119, Buenos Aires.
- Franchini, M. B., López-Escobar, L., Schalamuk, I. B. A. y Meinert, L. 2003. Magmatic characteristics of the Paleocene Cerro Nevazón Region and other Late Cretaceous to Early Tertiary calc-alkaline subvolcanic to plutonic units in the Neuquén Andes, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 399-421.
- Gabaldón, V. y Lizuain, A. 1982. Estratigrafía y sedimentología del Liásico del Noroeste del Chubut. Argentina. 5° Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 509-526, Buenos Aires.
- Gargiulo, M.F. 2006. Caracterización del basamento metamórfico en el extremo oriental del brazo Huemul, Provincia de Neuquén.

- Revista de la Asociación Geológica Argentina 61: 355-363.
- Giacosa, R.E y Heredia, N. 2002. Hoja Geológica 4172-IV, San Carlos de Bariloche. Provincias de Río Negro y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 279, 77 p., Buenos Aires.
- González Bonorino, F. 1973. Geología del área entre San Carlos de Bariloche y Llao-Llao. Departamento de Recursos Naturales y Energía, Fundación Bariloche 16, 53 p., San Carlos de Bariloche.
- González Bonorino, F. 1979. Esquema de la evolución geológica de la Cordillera Norpatagónica. Revista de la Asociación Geológica Argentina 34:184-202.
- González Díaz, E. 1979. La edad de la Formación Ventana en el área al norte y al este del lago Nahuel Huapí. Revista de la Asociación Geológica Argentina 34: 113-124.
- González Díaz, E. y Nullo, E. 1980. Cordillera Neuquina. En Geología Regional Argentina 2 (ed.) Academia Nacional de Ciencias, 1099-1147, Córdoba.
- González Díaz, E.F., Riggi, J.C. y Fauque, L. 1986. Formación Calefú (Nov. Nom.): Reinterpretación de las Formaciones Río Negro y Alicurá, en el área de Collón Curá, sur de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 43:269-272.
- González Díaz, E.F., Ostera, H.A. Riggi, J.C. y Fauque, L. 1990. Una propuesta temporal acerca del Miembro Limay Chico (ex "Rionegrense") de la Formación Calefú, en el valle del río Collón Curá y adyacencias (SE del Neuquén). 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 243-246, San Juan.
- Gordon, A. y Ort, M. 1993. Edad y correlación del plutonismo subcordillerano en las provincias de Río Negro y Chubut. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4: 120-127, Mendoza.
- Groeber, P. 1954. La Serie Andesítica Patagónica. Sus relaciones, posición y edad. Revista de la Asociación Geológica Argentina 9: 39-47.
- Kay, S.M. y Rapela, C.W. 1987. El volcanismo del Terciario inferior y medio de los Andes Norpatagónicos (40°-42°30'S): Origen de los magmas y su relación con variaciones en la oblicuidad de la zona de subducción. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 192-194, Tucumán.
- Lagorio, S., Montenegro, T., Massafiero, G., y Vattuone, M.E. 1998. Edad y geoquímica de las ignimbritas de Aluminé, provincia del Neuquén, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 321-325, Buenos Aires.
- Llambías, J.E. 2008. Geología de los cuerpos ígneos. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria n°29, 222 p., Buenos Aires.
- Llambías, E. J y Rapela, C.W. 1989. Las volcánitas de Collipilli, Neuquén (37°S) y su relación con otras unidades paleógenas de la cordillera, Revista de la Asociación Geológica Argentina 44: 224-236.
- Mazzoni, M.M., Kawashita, K., Harrison, S. y Aragón, E. 1991. Edades radimétricas eocenas. Borde occidental del macizo Norpatagónico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 46: 150-158.
- Nullo, E. 1978. Descripción geológica de la Hoja 41d, Lipetrén. Servicio Geológico Nacional. Boletín 158: 88 p., Buenos Aires.
- Ramos, V. A. 1976. Estratigrafía de los lagos La Plata y Fontana, Provincia del Chubut. 1° Congreso Geológico Chileno, Actas 1(A): 43-64, Santiago.
- Rapela, C.W., Spalletti, L.A., Merodio, C.J. y Aragón E. 1982. Estudio geoquímico y petrológico del vulcanismo paleógeno en la zona de San Carlos de Bariloche y la Sierra de Cuyín Manzano, Provincia de Río Negro y Neuquén, Argentina. 5° Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 3: 567-584, Buenos Aires.
- Rapela, C.W., Spalletti, L.A. y Merodio, C.J. 1983. Evolución magmática y geotectónica de la "Serie Andesítica" Andina (Paleoceno - Eoceno) en la Cordillera Nordpatagónica. Revista de la Asociación Geológica Argentina 38: 469-484.
- Rapela, C.W., Spalletti, L.A., Merodio, C.J. y Aragón, E. 1984. El vulcanismo paleoceno-eoceno de la provincia andino-patagónica. En Ramos, V. (ed.) Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, 1: 189-214, Buenos Aires.
- Rapela, C.W., Spalletti, L.A., Merodio, C.J. y Aragón, E. 1988. Temporal evolution and spatial variation of early Tertiary volcanism in the Patagonian Andes (40°S-42°30'S). Journal of South American Earth Science 1: 75-88.
- Ravazzoli, I. y Sesana, F. L. 1977. Descripción geológica de la Hoja 41c Río Chico. Servicio Geológico Nacional. Boletín 148: 71 p., Buenos Aires.
- Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematic of igneous rocks. Geology 9: 41-43.
- Streckeisen, A. L. 1973. Classification and nomenclature of igneous rocks. Recommendation of the IUGS subcommission on the systematic of igneous rocks. Geologischen Rundschau 63: 773-786.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Brito Neves, B.B., Sato, A.M., Texeira, W., Cingolani, C.A. y Siga Jr, O. 1999. Isotopic study of igneous and metamorphic rocks of Comallo-Paso Flores, Río Negro, Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology: 148-151, Carlos Paz.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Cingolani, C., Siga, O., Siga Jr. y Passarelli, C. 2005. El basamento cristalino de los Andes norpatagónicos en Argentina, geocronología e interpretación tectónica. Revista Geológica de Chile 32: 167-187.
- Volkheimer, W. y Lage, J. 1981. Descripción geológica de la Hoja 42c, Cerro Mirador, provincia de Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 181, 71 p., Buenos Aires.
- Wilf, P., Singer, B.S., Zamaloa, M.C., Johnson, K. R. y Cúneo, N.R. 2010. Early Eocene <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age for the Pampa de Jones plant, frog, and insect biota (Huitrera Formation, Neuquén Province, Patagonia, Argentina). Ameghiniana 47: 207-216.
- Yrigoyen, M. R. 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina. Revista Asociación Paleontológica Argentina 4: 315-329.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D. y Ansa, A. 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio fold-and-thrust belt. En Kay, S.M., y Ramos, V.A. (ed.) Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat): Geological Society of America, Special Paper 407: 125-145.

Recibido: 11 de septiembre, 2012

Aceptado: 13 de julio, 2013