

# Estudio petrográfico de las facies piroclásticas en el subsuelo de la Formación Chon Aike, Proyecto Minero Cerro Moro, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina

A. N. MARTÍNEZ <sup>1</sup> y S. DE PASQUALE <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Cátedra de Mineralogía, Dpto. de Geología, Facultad de Cs. Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco 917 (5700), San Luis, Argentina.  
e-mail: amartinez@unsl.edu.ar*

<sup>2</sup>*Exeter Resource Corporation, Estelar Resources Limited, Cognito Limited, Martín Zapata 445, Mendoza, Argentina. Estrada 1154, Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina.*

---

**Resumen:** El proyecto minero Cerro Moro se ubica en el sector Este de la provincia de Santa Cruz, en el departamento Deseado. Corresponde a un campo integrado por vetas de cuarzo alojadas en unidades epi-piroclásticas de la Formación La Matilde e ignimbríticas de la Formación Chon Aike, ambas pertenecientes al Grupo Bahía Laura. El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar las litofacies volcánicas reconocidas en el proyecto minero Cerro Moro, las cuales fueron estudiadas tanto mineralógica como petrográficamente, analizando además sus relaciones estratigráficas. En este estudio se reconocieron en la Formación Chon Aike ignimbritas soldadas y no soldadas provenientes de flujos piroclásticos riolíticos y andesíticos, con variables cantidades de componentes cristalinos, vítreos y líticos. En la Formación La Matilde se distinguieron depósitos sedimentarios generados por erosión de las unidades volcánicas más antiguas. Ambas formaciones deben su origen al gran evento extensivo de rift desarrollado en tiempos jurásicos como consecuencia del desmembramiento de Gondwana.

**Palabras clave:** magmatismo jurásico, depósitos piroclásticos, riolitas-andesitas, Grupo Bahía Laura, Gondwana.

**Abstract:** The Cerro Moro project is located in the eastern sector of the province of Santa Cruz in the required region. It corresponds to a field composed of quartz veins hosted in epi-pyroclastic units of the La Matilde Formation and ignimbrites of the Chon Aike Formation, both belonging to the Bahía Laura Group. The aim of this study was to characterize the volcanic lithofacies recognized in the Cerro Moro project, which were studied both petrographically and mineralogically and analyze the stratigraphic relations. In this study we recognized in the Chon Aike Formation, welded and no-welded ignimbrites from both andesitic and rhyolitic pyroclastic flow deposits with variable amounts of crystalline, glassy and lithic components. In the La Matilde Formation we distinguished sedimentary deposits produced by erosion of older volcanic units. Both formations owe their origin to the great rift extensional event developed in Jurassic times as a result of the breakup of Gondwana.

**Keywords:** Jurassic magmatism, ignimbrites, rhyolites-andesites, Bahía Laura Group, Gondwana.

---

El proyecto minero Cerro Moro se ubica en el sector Este de la provincia de Santa Cruz, en el departamento Deseado, aproximadamente a 60 km en línea recta al sudoeste de la localidad de Puerto

Deseado y a 160 km al noreste de Puerto San Julián (Fig. 1). Corresponde a un campo compuesto por vetas de cuarzo con extensiones que varían entre 450 y 1300 m y espesores entre 1,20 y 4,60 m. Las

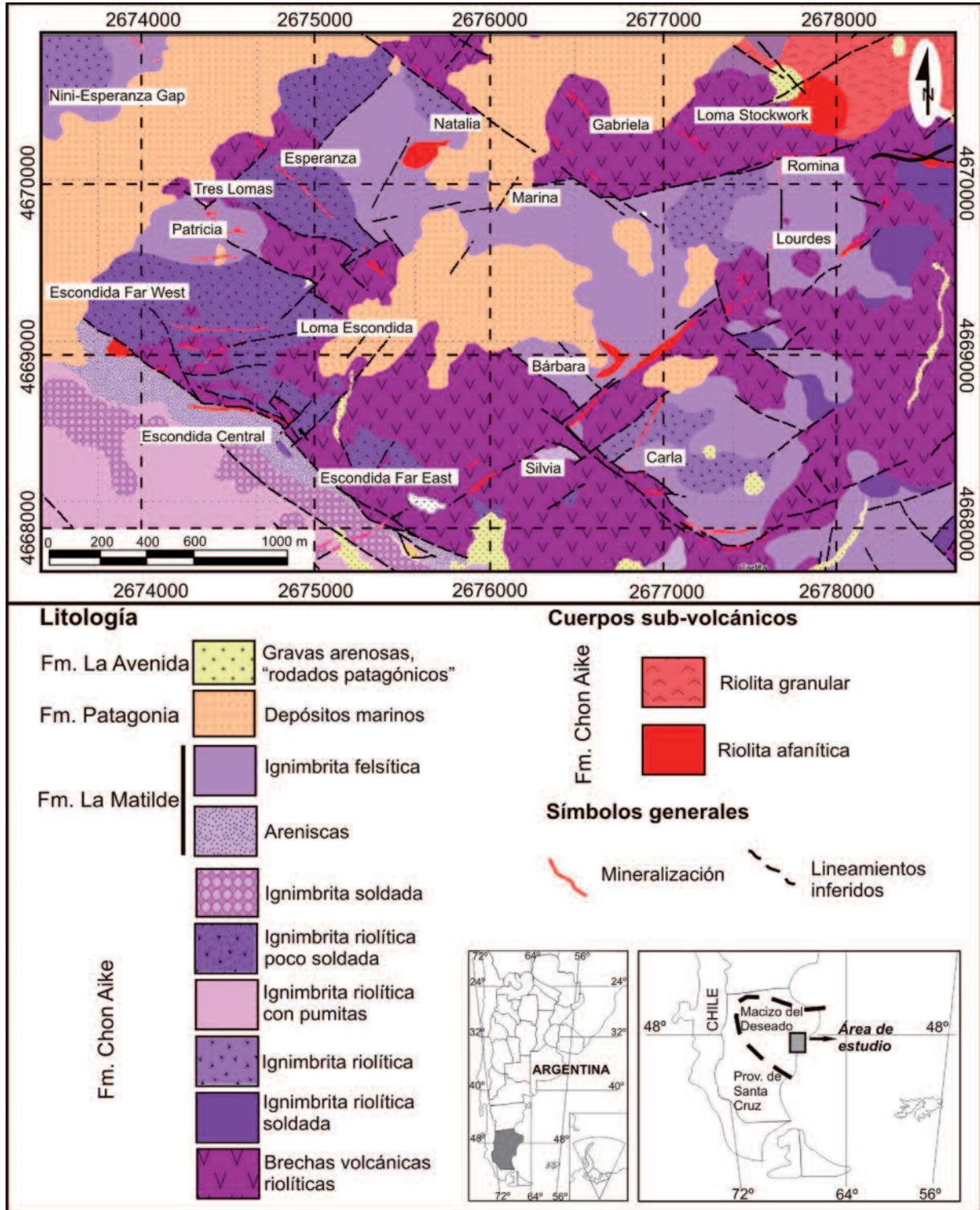


Figura 1. Mapa geológico del proyecto minero Cerro Moro.

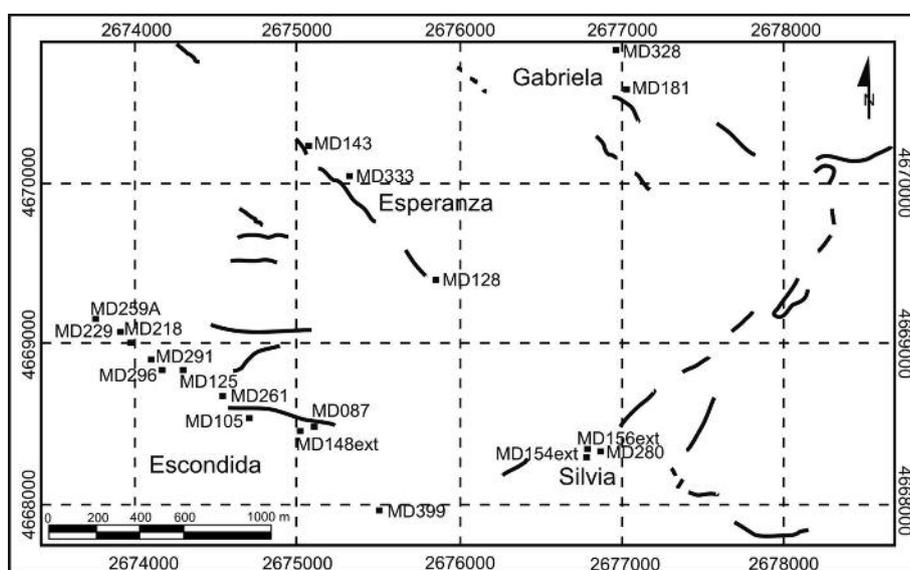
vetas se alojan en ignimbritas riolíticas, riolitas brechoides y brechas riolíticas de la Formación Chon Aike del Grupo Bahía Laura. Las estructuras presentes muestran dos direcciones principales; las ubicadas en el sector oeste y sur del área de estudio, tienen una orientación noroeste, y las situadas en el centro y este, se disponen hacia el noreste. La mineralización auroargentífera se aloja en las estructuras y en menor proporción en las ignimbritas y en pequeñas vetas asociadas. El depósito metalífero fue interpretado como epitermal de baja sulfuración y responde en cuanto a su estructura a un braquianticlinal de eje aproximadamente meridional afectado por fallas conjugadas en dos direcciones principales NO-SE y NE-SO, producto de esfuerzos cuya componente principal habría sido E-O. El área fue descubierta en 1993 por Mincorp S.A., mediante procesamiento de imágenes satelitales y realización de campañas. Esta empresa estudió el yacimiento hasta el año 2003 en el que CVSA, dueña de las propiedades mineras, forma un "joint venture" con Exeter Resources, para la exploración del yacimiento por parte de esta última. Desde el año 2003 hasta la actualidad, Exeter Resources ha desarrollado tareas que incluyen procesamiento de imágenes satelitales, perforaciones, muestreo geoquímico y geofísico, etc., que contribuyeron al mejor conocimiento de la zona. El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar las unidades piroclásticas reconocidas en subsuelo en el proyecto minero Cerro Moro, las cuales fueron estudiadas tanto mineralógica como petrográficamente, analizando además sus relaciones estratigráficas.

## Materiales y métodos

La metodología aplicada incluyó la recopilación de la información bibliográfica y la cartografía geológica existente para el área de estudio. La selección inicial de los pozos para muestreo de testigos de subsuelo se realizó a partir de imágenes satelitales y posteriores trabajos geológicos sobre el terreno. La elección de los intervalos analizados se realizó eligiendo los testigos menos alteración y oxidados. Así, se eligieron 20 testigos cuya distribución espacial se ilustra en las Figs. 1 y 2, se estudiaron sus láminas delgadas y se interpretaron los datos mineralógicos, petrográficos y estratigráficos de subsuelo.

## Marco geológico regional

El área de trabajo se encuentra circunscrita al ámbito de la provincia geológica del Macizo del Deseado (Fig. 1), que corresponde a un área cratónica ubicada al sur de la plataforma patagónica constituida por rocas proterozoicas y paleozoicas. Harrington (1962) lo había denominado Nesocratón, debido a su carácter estable, que contrasta con una marcada subsidencia al norte y al suroeste de la región del Macizo del Deseado, donde se originan cuencas mesozoicas pericratónicas bien definidas, tales como la del Golfo de San Jorge y la Austral o Magallánica, respectivamente (Panza et al., 1995). De este modo, sobre el basamento precámbrico-paleozoico y, ocupando un sistema de grabens y hemigrabens aislados de orientación NO-SE (Uliana et al., 1985), se apoyan en discordancia, sedimentos continentales de edad permotriásica corres-



**Figura 2.** a) Distribución de las principales estructuras vetiformes (líneas negras) aflorantes en el proyecto minero Cerro Moro, con la ubicación de las perforaciones analizadas de las áreas de prospección Escondida, Gabriela, Esperanza y Silvia. Sistema de proyección Gauss-Kruger, campo Inchauspe, faja 2.

pondientes a las formaciones La Golondrina (Archangelsky, 1967), La Juanita (Arrondo, 1972) y El Tranquilo (Di Persia, 1965), localizados en el sector oriental de esta provincia geológica. A partir del Triásico, un cambio en el régimen tectónico del macizo (de Barrio et al., 1999) caracterizado por el comienzo de una extensión generalizada (rift) generó un importante volcanismo que dio lugar a un complejo volcánico-piroclástico-sedimentario de composición ácida a mesosilícica denominado Complejo Bahía Laura (Feruglio, 1949), Grupo Bahía Laura (Lesta y Ferello, 1972) o Complejo Chon Aike (Pankhurst et al., 1993), integrado por la Formación Chon Aike y la Formación La Matilde (Fig. 1) de edad jurásica media (Alric et al., 1996; Féraud et al., 1999; Tessone y del Blanco 1998; Pankhurst et al., 2000). Guido (2002, 2004) propone la utilización del término “complejo Bahía Laura” en vez del clásico Grupo Bahía Laura, mientras que Sruoga et al. (2008) optaron por la denominación de “complejo Volcánico Bahía Laura” acuñada originalmente por Feruglio (1949) ya que, el término complejo es el que mejor refleja la variabilidad litológica y las relaciones de interdigitación lateral de las unidades. La Formación Chon Aike comprende una potente secuencia de ignimbritas riolíticas y aglomerados volcánicos felsíticos. Por su parte, la Formación La Matilde está constituida por tuffs laminados y sedimentos volcanogénicos lacustres interdigitados con las ignimbritas, por lo que no existe un hiato importante en la actividad volcánica y esta formación representa el retrabajamiento de los depósitos piroclásticos entre erupciones (Pankhurst et al. 1998). Los bordes angulosos a subangulosos de los fragmentos líticos y la mala clasificación de las unidades de la Formación Matilde, indica que son rocas inmaduras con un área de aporte o roca madre relativamente cercana a la zona de depósito. Echeveste et al. (2001) han propuesto incorporar al Grupo Bahía Laura las lavas andesíticas y andesitas basálticas y depósitos epiclásticos máficos intercalados de la Formación Bajo Pobre. El régimen extensional jurásico, instalado sobre una corteza adelgazada (Kay et al., 1989), culminó con el desmembramiento de Gondwana y la separación de Sudamérica y África (Uliana et al., 1985) a fines del Jurásico y principios del Cretácico.

### Geología local

En el área de estudio se reconocen unidades piroclásticas de la Formación Chon Aike y unidades epiclásticas y piroclásticas de la Formación La Matilde del Jurásico Medio que cubren la mayor parte de la zona de estudio (Fig. 1). Este volcanismo de carácter felsítico

comienza con depósitos de brechas piroclásticas riolíticas, ignimbritas riolíticas soldadas y no soldadas, previas a la Formación La Matilde. También se reconocen hacia el sector NE cuerpos subvolcánicos de composición riolítica. Sobre estas unidades afloran depósitos correspondientes a transgresiones marinas del Oligoceno Superior, pertenecientes a la Formación Patagonia o Monte León (Zambrano y Urien, 1970; Bertels, 1970). La columna se completa con los denominados “Rodados Patagónicos”, constituidos por la Formación La Avenida (Marín, 1982) que corresponden a un delgado manto de gravas arenosas de edad pliocena superior-pleistocena inferior que cubre en discordancia a las unidades antes mencionadas.

A los fines de caracterizar la petrografía y mineralogía de las unidades en subsuelo se eligió el área de prospección Escondida de mayor dimensión y estudio, ubicada en el extremo SO del proyecto, y con fines comparativos otras de menor envergadura: Gabriela, Esperanza y Silvia, situadas más al oriente (Fig. 2). La veta Escondida presenta escasa a nula exposición superficial y se encuentra cubierta de sedimentos marinos terciarios con espesores que varían entre los 10 a 30 m. Fue definida mediante la interpretación de datos de magnetometría y ha sido explorada por perforaciones a lo largo de sus 3 km. En profundidad, fue perforada un promedio de entre 200 a 250 m medidos desde la superficie en forma vertical. Un total de 6 clavos mineralizados (“ore shoot”) han sido situados a lo largo de ella, los cuales fueron denominados: Far West, West, Gap, Central, East y Far East (véase Fig. 1), llegando a presentar intersecciones con porcentajes de oro equivalente por metro mayores de 10 (>10 g/t AuEq x m).

### Estudio petrográfico de las facies alojadas en las áreas de prospección Escondida, Gabriela, Esperanza y Silvia

#### *Área de prospección Escondida*

Dentro de este área de prospección se analizaron 12 testigos (Tabla I), donde en profundidad se reconocieron varias unidades ígneas de diferente naturaleza y composición, como son las ignimbritas soldadas de composición andesítica que por encima pasan a ignimbritas riolíticas, ambas pertenecientes a la Formación Chon Aike. La unidad más joven que se analizó corresponde a un registro de tipo epiclástico generado a partir de la erosión de las unidades más antiguas, que se interpretó como perteneciente a la Formación La Matilde. En la Tabla II se indican los porcentajes modales de las unidades piroclásticas y a continuación se describe su petrografía.

<b>Área de prospección Escondida</b>				
Formación	Litología	Hole	Box	Profundidad (mbbp)
La Matilde	Areniscas	MD087	4	10,47-10,62
		MD399	11	29,14-29,31
		MD399	25	67,79-67,92
		MD125	26	75,26-75,44
		MD261	7	77,02-77,21
	Ignimbrita riolítica	MD105	6	80,57-80,70
Chon Aike		MD296	6	134,09-134,30
		MD229	15	159,00-159,26
		MD218	19	167,84-168,00
		MD291	37	195,22-195,39
	Ign. andesítica	MD259A	45	218,10-218,25
		MD148ext	52	281,00-281,24
<b>Área de prospección Gabriela</b>				
Chon Aike	Ignimbrita riolítica	MD328	2	95,41-95,61
	Ign. andesítica	MD181	43	119,69-119,93
<b>Área de prospección Esperanza</b>				
	Ignimbrita riolítica	MD128	18	48,10-48,25
Chon Aike	Ign. andesítica	MD143	32	93,54-93,67
		MD333	16	128,20-128,35
<b>Área de prospección Silvia</b>				
		MD280	17	45,00-45,25
Chon Aike	Ignimbrita riolítica	MD156ext	7	93,28-93,53
		MD154ext	19	121,00-121,15

**Tabla I.** Perforaciones y muestras analizadas ordenadas por litología y en función de los metros bajo boca de pozo para cada área de prospección estudiada. También se indica el número de caja (box) donde cada una de las muestras se encuentra ubicada.

*Ignimbrita andesítica cristalina soldada:* Las muestras que presentan similitudes petrográficas y que fueron agrupadas en cuanto a su composición corresponden a las rotuladas como MD291, MD148ext y MD259A (Fig. 2), alcanzando una máxima profundidad de 281 mbbp (Tabla I, Fig. 3). En los testigos estudiados de color gris verdoso presentan bajo la lupa binocular cristaloclastos de feldespato rosados subhedrales dispersos y cristales de pirita euhedrales aislados. Destacan en estas rocas fragmentos juveniles de pumitas (fiammes), de color gris claro o verde y de 1 a 3,6 cm de largo, aplastados y alineados definiendo una textura eutaxítica. Los litoclastos son escasos y corresponden a fragmentos de rocas básicas que presentan formas irregulares y angulosas (Fig. 3a).

Al microscopio la roca está constituida por una matriz microcristalina felsítica y eutaxítica caracterizada por la presencia de fragmentos de pumitas (fiammes) y pequeños fragmentos de vidrio aplastados y alineados, entre la que destacan cristaloclastos, vitroclastos y litoclastos (Figs. 3b y c) (Tabla II). Los cristaloclastos de plagioclasa se presentan en cristales subhedrales tabulares con intensa alteración a arcillas, sericita y carbonatos. Se reconocen maclas polisintéticas y de Carlsbad. Se observan restos de un

mineral máfico subhedral, posiblemente un anfíbol, que muestra un reborde de minerales opacos, que también se presentan como inclusiones, afectados por una importante alteración a clorita (Fig. 3b). El cuarzo es subhedral, subredondeado, está fracturado y se encuentra asociado a minerales opacos y apatito. Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos euhedrales aislados de mayor tamaño que los que integran la matriz y cristales subhedrales de apatito y circón.

Los vitroclastos son elongados y ondulados con coloraciones pardas (Fig. 3c) y tienen cristales euhedrales preservados en su interior. Las pumitas presentan texturas microcristalina felsítica a granofírica con un mayor desarrollo de los cristales hacia el centro. Los fragmentos líticos son oscuros debido a la alta concentración de minerales opacos que posee.

Sobre la base de las cantidades de litoclastos, vitroclastos y cristaloclastos, las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita cristalina (Schmid, 1981) (Fig. 3d); los fragmentos vítreos aplastados indican un alto grado de soldadura. Por la proporción presente de cristaloclastos puede interpretarse que posee una composición andesítica.

	Componentes	M. principales				M. accesorios			M. secundarios				M/C		Piroclastos			
		plagioclasa	feldespato potásico	cuarzo	anfíbol	apatito	zircón	minerales opacos	sericita	cuarzo	titanita	cloritas	carbonatos	matriz	componentes	crystaloclastos	litoclastos	vitroclastos
	Unidades																	
Área de prospección Escondida	Toba lítica riolítica	5	5	10		x	x	x	x	x	x	x	40	60	30	70		
	Toba cristalina riolítica		25	25		x	x	x	x		x		70	30	60	20	20	
	Toba cristalina andesítica	30		5	10	x	x	x	x			x	x	50	50	55	15	30
Área de prospección Gabriela	Toba lítica riolítica		10	15				x	x	x			20	80	30	70		
	Toba cristalina andesítica	35			10	x	x	x		x	x	x	60	40	55	45		
Área de prospección Esperanza	Toba lítica riolítica		10	15			x	x		x			40	60	30	70		
	Toba cristalina andesítica	70			5	x	x	x	x	x	x	x	50	50	80		20	
Área de prospección Silvia	Toba vítrea riolítica	10	10	10			x	x	x	x	x		50	50	35	20	45	

**Tabla II.** Porcentajes modales (%) para cada litología estudiada perteneciente a cada área de prospección analizada. Los minerales accesorios corresponden al (5%) de la roca. Se han considerado para clasificar las rocas piroclásticas solamente las diferentes proporciones de crystaloclastos, vitroclastos y litoclastos.

*Ignimbritas riolíticas:* Las muestras MD 399, MD125, MD261, MD105, MD296, MD229 y MD218 (Fig. 2) presentan similitudes petrográficas por lo que fueron agrupadas bajo el término ignimbritas riolíticas (Tabla I, Fig. 3), alcanzando las máximas profundidades porcentajes de 168 m bajo la boca del pozo.

*Ignimbrita riolítica lítica:* La roca muestra color gris rosado. Se reconocen, bajo la lupa binocular, crystaloclastos de cuarzo (subhedrales, con bordes irregulares), de feldespato (subhedrales, algo alterados) y cristales de pirita euhedral en una matriz afanítica. Los litoclastos presentes (de 1,5 cm) corresponden a fragmentos de rocas piroclásticas ácidas con fenoclastos de cuarzo y feldespato de coloraciones verdosas y rosadas, con gran variación de tamaños, en una matriz eutaxítica con bandas de distinto color. Otros litoclastos (1,5 cm) corresponden a fragmentos de roca básica de color gris verdoso.

Al microscopio la roca está constituida por crystaloclastos en una matriz que presenta textura microcristalina felsítica junto a abundantes minerales opacos dispersos (Tabla II). El feldespato potásico se presenta en cristales subhedrales con alteración a arcillas. El cuarzo es anhedral y exhibe bordes angulosos a subangulosos, en ocasiones con golfos de corrosión. La plagioclasa es subhedral y se observa intensa alteración a sericita y titanita. Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos euhedrales dispersos en la matriz junto a cristales euhedrales de apatito y circón. Los fragmentos líticos juveniles felsíticos son de coloraciones pardas con texturas microcristalina felsítica, esferulítica y eutaxítica, con algunos fragmentos preservados de vidrio volcánico de pequeño tamaño.

Sobre la base de las cantidades de litoclastos, vitroclastos y crystaloclastos, las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita lítica (Schmid, 1981) (Fig. 3d).





Sobre la base de las cantidades de litoclastos, vitroclastos y cristaloclastos, las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita cristalina (Schmid, 1981) (Fig. 3d) que por conservar fragmentos vítreos sin aplastar se deduce un bajo grado de soldadura. En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos se deduce una composición riolítica.

*Depósitos epiclásticos:* la descripción del testigo MD087 refleja que se trata de una roca sedimentaria de color gris verdoso, que presenta un muy leve bandado por la diferencia en los tamaños de los clastos. La textura general es clástica de grano fino (Fig. 3i). La roca está moderadamente clasificada y los clastos son subredondeados. Se reconocen granos de feldespatos de color gris a blanco redondeados y también de cuarzo blanquecino. Los minerales opacos corresponden en general a pirita. Se reconocen también algunos fragmentos líticos irregulares de composición felsítica.

Al microscopio la roca presenta textura clástica con muy poca cantidad de cemento lo que le confiere el carácter de clasto soportada. Es muy difícil determinar la naturaleza de la matriz. Los clastos de plagioclasa (40%) son abundantes, con tamaños que rondan los 1 a 2 milímetros. En general se presentan subredondeados (Figs. 3j y 3k). Los clastos menos abundantes (10%) corresponden a minerales opacos subangulosos con 2 mm de tamaño. También se reconocen apatitos que aún presentan su hábito primario. Los fragmentos líticos felsíticos (50%) son subredondeados y presentan un grado importante de alteración.

#### *Área de prospección Gabriela*

Dentro de esta área de prospección se analizaron los testigos MD328 y MD181 (Tabla I, Fig. 2), donde se reconocieron depósitos ignimbriticos de la Formación Chon Aike de tipo andesítico y riolítico (Fig. 4). En la Tabla II se indican los porcentajes modales correspondientes.

*Ignimbrita andesítica cristalina:* Roca de color verde oscuro. Se reconocen bajo la lupa binocular cristaloclastos de plagioclasa subhedrales de color blanquecino y de un mineral máfico. Existen algunos cristales de pirita euhedral. Los litoclastos subangulosos (2 cm) presentan colores rosados. Toda la roca se encuentra atravesada por venas de pirita, carbonatos y óxidos de hierro (Fig. 4a).

Bajo el microscopio está constituida por cristaloclastos en una matriz parda que presenta texturas de desvitrificación granofírica con abundantes minerales

opacos dispersos en la misma (Fig. 4a). La plagioclasa se presenta en cristales subhedrales tabulares con intensa alteración a arcillas y sericita. Se reconocen maclas polisintéticas y de Carlsbad y un borde de reacción con la matriz. Se observan restos de un mineral máfico (anfíbol?), subhedral y con un reborde e inclusiones de minerales opacos que muestran una importante alteración a cloritas (Figs. 4b y 4c). Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos euhedrales diseminados de mayor tamaño que los que integran la matriz y cristales subhedrales de apatito y circón.

Los litoclastos corresponden a fragmentos líticos juveniles subredondeados de coloraciones oscuras por la alta concentración de pequeños minerales opacos dispersos que posee y muestran texturas de desvitrificación.

Sobre la base de las cantidades de litoclastos, vitroclastos y cristaloclastos, las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita cristalina (Schmid, 1981) (Fig. 4d). En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos se intepre que su composición es andesítica.

*Ignimbrita riolítica lítica:* Roca de color gris rosado, donde se reconocen bajo la lupa binocular cristaloclastos de cuarzo subhedrales con bordes irregulares en matriz afanítica. Se observan dos tipos de fragmentos líticos, unos de composición máficos de color negro con abundantes piritas de tamaño fino. Los otros litoclastos son de naturaleza ácida, de mayor tamaños, subredondeados y de coloraciones rosadas (Fig. 4f).

En lámina delgada la roca está constituida por cristaloclastos en una matriz que presenta textura felsítica y microcristalina felsítica (Fig. 4g) con coloraciones pardas claras. El cuarzo exhibe hábito subhedral con bordes angulosos a subangulosos, en ocasiones con golfos de corrosión. Se observan bordes de reacción con la matriz. El feldespato potásico es subhedral y presenta intensa alteración a arcillas y sericita. Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos subhedrales dispersos en la matriz. Los litoclastos están constituidos por fragmentos líticos juveniles felsíticos en mayor medida (Fig. 4h), de coloraciones pardas y que muestran texturas microcristalina felsítica y esferulítica. Algunos presentan alteración a arcillas y sericita junto a secciones cuadradas euhedrales de minerales opacos. Los litoclastos de naturaleza básica presentan textura pilotáxica con microlitos de plagioclasa orientados y minerales opacos.

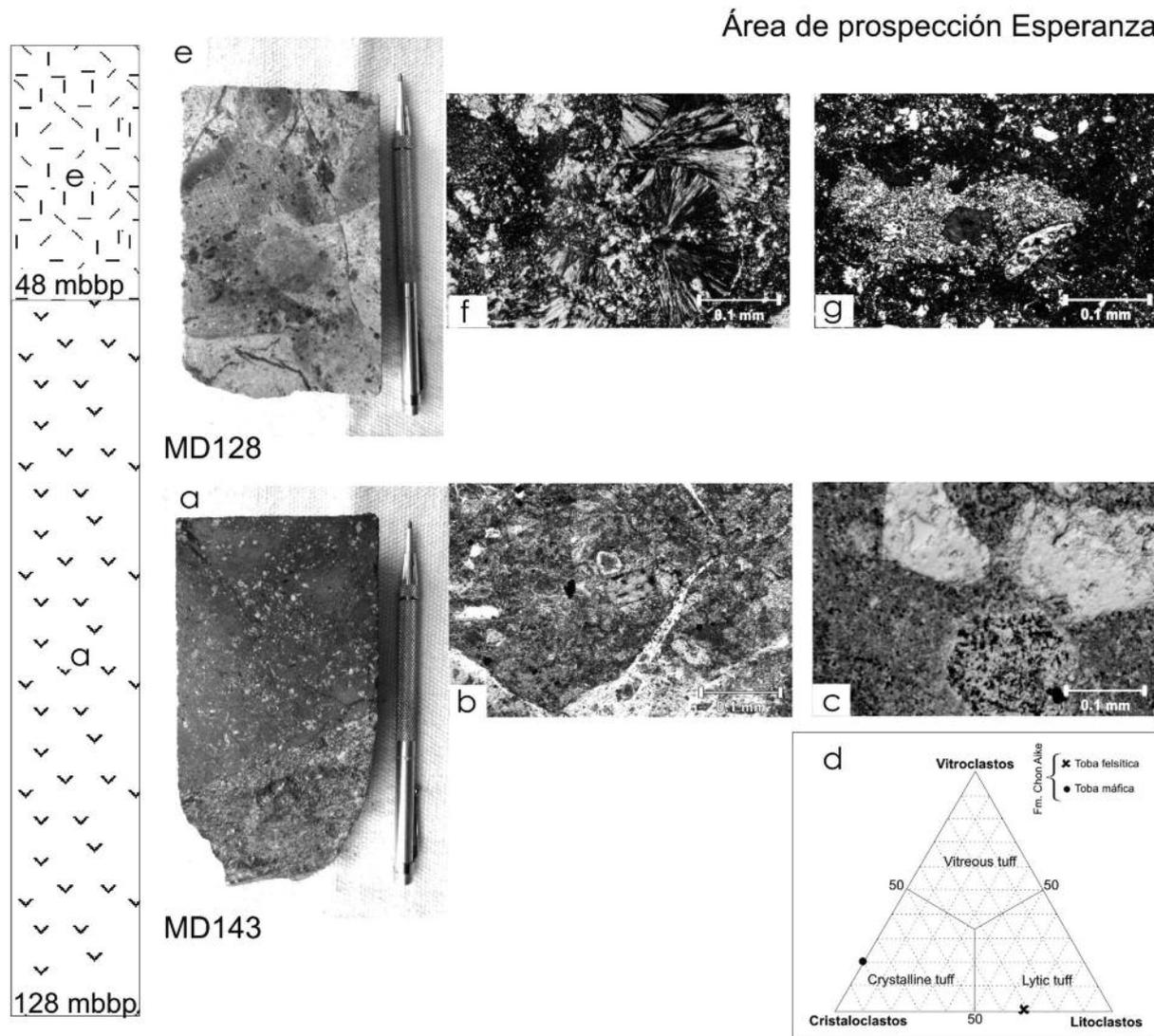
Según Schmid (1981) las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita lítica (Fig. 4d). En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos puede suponerse una composición riolítica de la ignimbrita.

#### Área de prospección Esperanza

Dentro de este área de prospección se analizaron los testigos MD333, MD128 y MD143 (Tabla I, Fig. 2), donde se reconocieron depósitos ignimbríticos andesíticos y por encima riolíticos (Fig. 5) (Tabla II).

*Ignimbrita andesítica cristalina*: Roca de color gris verdoso. Se reconocen bajo la lupa binocular cristaloclastos de plagioclasa subhedrales de color blanquecino, de un mineral máfico y también cristales de pirita euhedral diseminados. Los fragmentos de pumitas son de color más claro y con bordes definidos y la roca se encuentra atravesada por una abundante cantidad de venas de cuarzo (Fig. 5a).

La roca está constituida por cristaloclastos en una matriz de color pardo que presenta textura granofí-



**Figura 5.** Fotografías de los testigos y de las láminas delgadas del área de prospección Esperanza y perfil esquemático de la perforación (Fm. Chon Aike). a) ignimbrita andesítica MD143 con cristaloclastos de plagioclasa. b) Cristaloclasto euhedral de anfíbol preservado NP. 5x. c) Sección basal de anfíbol con abundantes inclusiones de minerales opacos NP. 5x. d) Triángulo de clasificación de Schmid (1981) para las facies piroclásticas. e) Ignimbrita riolítica MD128 con abundantes litoclastos felsíticos. f) Fragmentos líticos de composición ácida con texturas esferulíticas NC. 5x. g) Detalle de un lítico con textura eutaxítica NC. 5x. Longitud aproximada del bolígrafo: 20 centímetros.

ca con abundantes minerales opacos dispersos en la misma (Fig. 5b). La plagioclasa se presenta en cristales subhedrales tabulares con intensa alteración a arcillas y sericita (Fig. 5b). Son difíciles de observar las maclas por la intensa alteración presente. Se observan restos de un mineral máfico (anfíbol?), subhedral y con un reborde de minerales opacos, los cuales también se presentan como inclusión. El máfico muestra una importante alteración a cloritas y las secciones basales tienen forma de rombos típicas de este mineral (Figs. 5b y 5c). Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos euhedrales diseminados de mayor tamaño que los que integran la matriz y cristales subhedrales de titanita, apatito y circón. Se reconocen fragmentos de pumitas elongados y con bordes difusos.

Según Schmid (1981) las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita cristalina (Fig. 5d). En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos puede suponerse una composición andesítica.

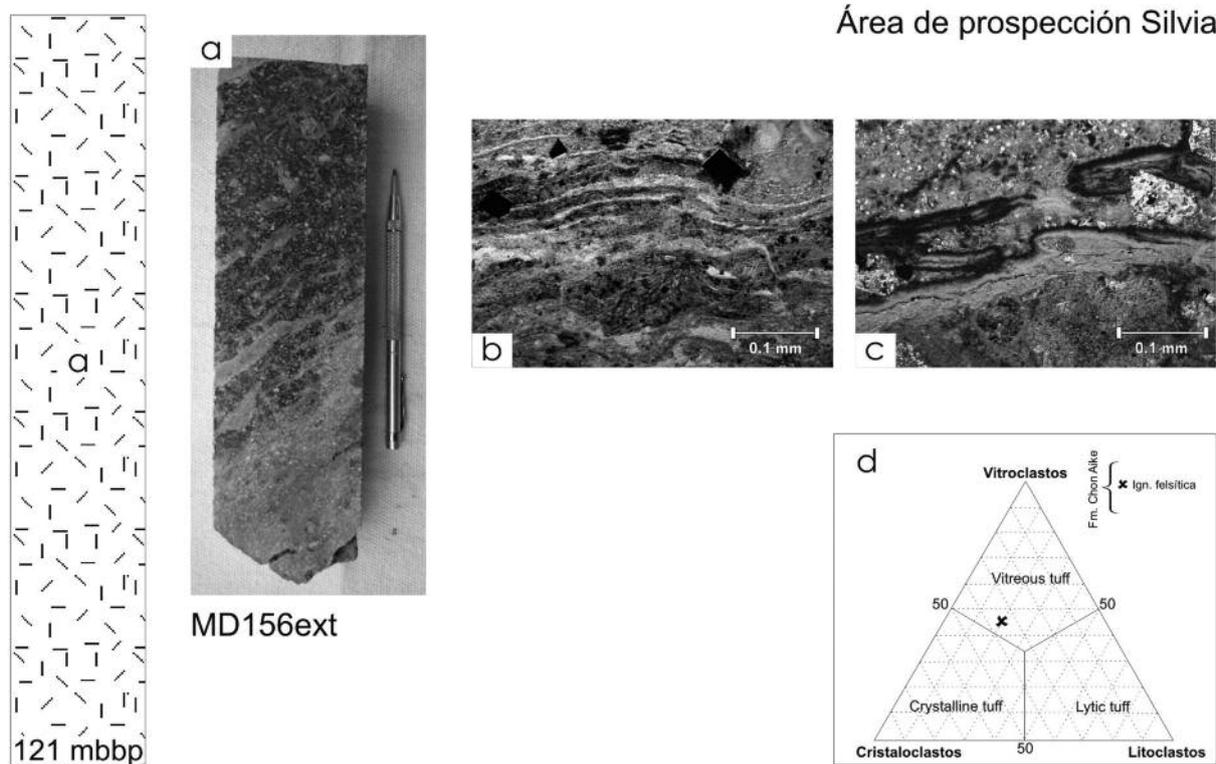
*Ignimbrita riolítica lítica*: se trata de una roca de color gris rosado. Se reconocen bajo la lupa binocular cristaloclastos de cuarzo subhedrales con bordes irregula-

res y feldespatos subhedral en una matriz afanítica. Los litoclastos son del tipo felsítico con dos tamaños bien distinguibles, subredondeados y de coloraciones rosadas (Fig. 5f).

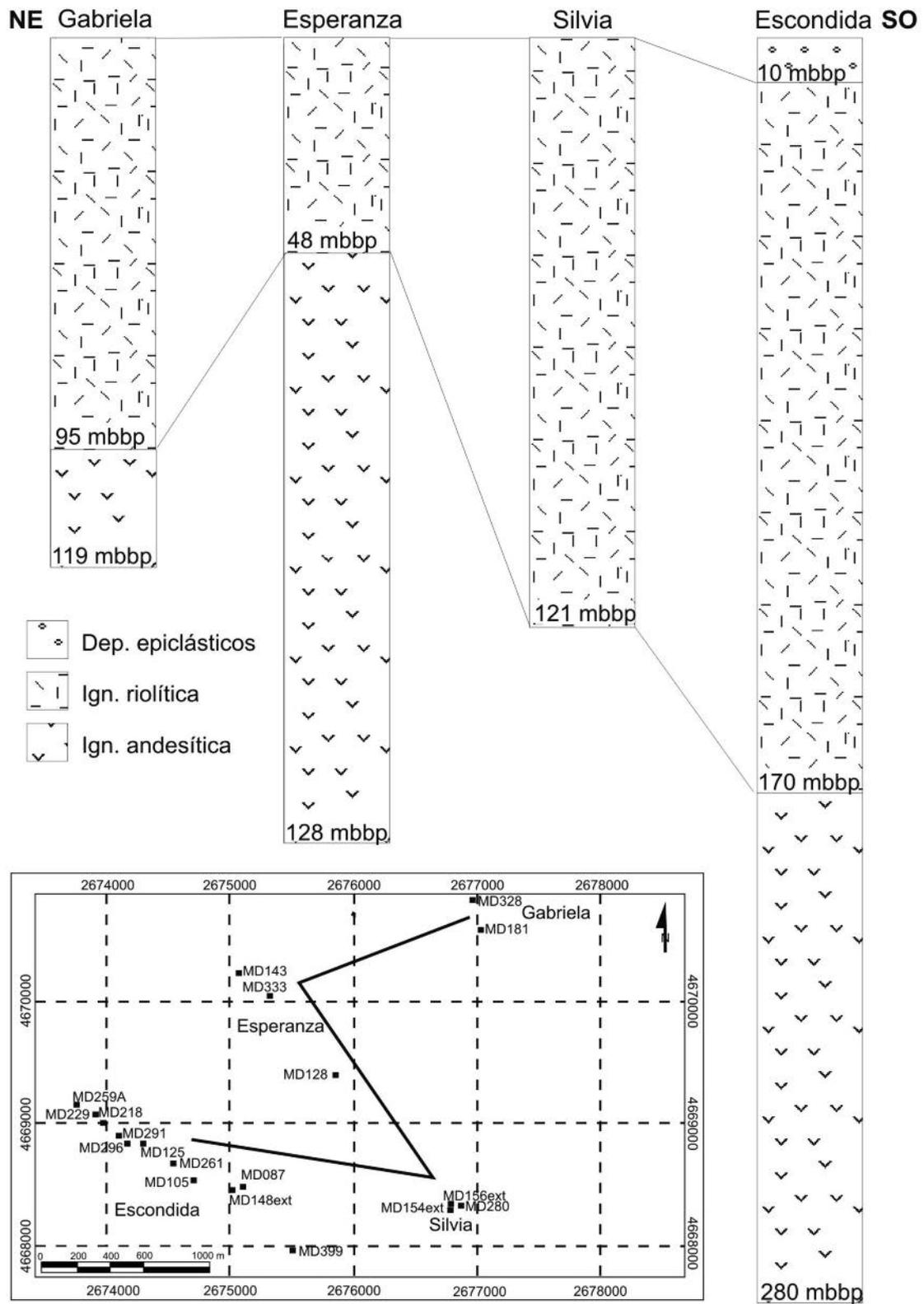
La roca presenta cristaloclastos en una matriz que presenta textura felsítica y microcristalina felsítica con coloraciones pardas claras. El cuarzo exhibe hábito subhedral con bordes angulosos a subangulosos. Se observan bordes de reacción con la matriz. El feldespato potásico es subhedral con leve alteración a arcillas. Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos subhedrales dispersos por la matriz y circones euhedrales.

Los fragmentos líticos juveniles son felsíticos de coloraciones pardas, muestran texturas microcristalina felsítica y esferulítica (Fig. 5g). Algunos presentan texturas eutaxíticas asociadas a minerales opacos (Fig. 5h).

Según Schmid (1981) las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita lítica (Fig. 5d). En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos se supone una composición riolítica.



**Figura 6.** Fotografías de los testigos y de las láminas delgadas del área de prospección Silvia y perfil esquemático de la perforación (Fm. Chon Aike). a) Ignimbrita riolítica MD156ext con clara textura eutaxítica con bandeo de diferente color. b) Detalle de la textura eutaxítica con cristaloclastos de minerales opacos euhedrales NP. 5x. c) Aspecto de un vitroclasto de pumitas elongado NP. 5x. d) Triángulo de clasificación de Schmid (1981) para las facies piroclásticas. Longitud aproximada del bolígrafo: 20 centímetros.



**Figura 7.** Ubicación espacial N-NE a S-SO de los perfiles estudiados para cada área de prospección en función de los metros bajo boca de pozo. Se ilustra en el mapa con la traza aproximada analizada.

### *Área de prospección Silvia*

Dentro de este área de prospección se analizaron los testigos MD154ext, MD156ext y MD280 (Tabla I, Fig. 2), donde se reconocieron depósitos ignimbríticos riolíticos (Fig. 6) (Tabla II).

*Ignimbrita vítrea soldada riolítica:* la roca tiene textura eutaxítica y color gris. Se reconocen bajo la lupa binocular cristaloclastos de cuarzo subhedrales con bordes irregulares y feldespatos subhedral en una matriz microcristalina felsítica. Las variaciones de color permiten distinguir mucho mejor el bandeo típico de la textura eutaxítica (Fig. 6a). Se reconocen cristales euhedrales de pirita diseminados. Los litoclastos son subredondeados y de color gris oscuro, y corresponde a cristales de cuarzo y feldespatos. Los fragmentos de pumitas son de color gris claro, de formas alargadas y deformadas, con cristaloclastos preservados en su interior.

Al microscopio la roca está constituida por cristaloclastos en una matriz que presenta textura eutaxítica (Figs. 6b y 6c), felsítica y microcristalina con coloraciones pardas claras. El cuarzo se exhibe subhedral con bordes angulosos a subangulosos. Se observan bordes de reacción con la matriz y golfos de corrosión. El feldespato potásico se presenta subhedral con macla de Carlsbad. La plagioclasa es subhedral y se encuentra alterada a arcillas, sericita y a titanita en grumos. Como minerales accesorios se distinguen minerales opacos subhedrales dispersos por la matriz, titanita subhedral y circones euhedrales. Los fragmentos líticos juveniles felsíticos son pardos y muestran fenoclastos de cuarzo y feldespatos en una matriz eutaxítica, microcristalina felsítica y granofírica. Se reconocen fragmentos de pumitas alargados y deformados con bordes difusos que se acomodan al contorno cristalino. Los vitroclastos muestran coloraciones pardas claras y texturas esferulítica y microcristalina por desvitrificación de alta y baja temperatura respectivamente (McPhie et al., 1993) y también presentan cristales euhedrales en su interior (Figs. 6b y 6c).

Según Schmid (1981) las facies piroclásticas se clasifican como ignimbrita vítrea (Fig. 6d) con alto grado de soldadura por la textura eutaxítica que presenta. En cuanto al tipo y proporción de cristaloclastos se supone una composición riolítica.

### **Discusión**

Las facies piroclásticas analizadas correspondientes a la Formación Chon Aike fueron formadas a partir de

una erupción explosiva de alta energía, donde el depósito ignimbrítico se habría formado a partir del colapso de una columna eruptiva (Freundt et al. 2000). Se reconocieron diferentes unidades, no solo en cuanto a la diversidad de piroclastos sino también con respecto al grado de soldadura, que varían entre un bajo y un alto grado. Las ignimbritas tanto riolíticas como andesíticas estarían indicando una clara afinidad bimodal de la secuencia piroclástica.

En la Fig. 7 se ilustran los perfiles estudiados expresados en metros bajo boca de pozo y se presentan su distribución espacial con la finalidad de observar las relaciones de la Formación Chon Aike y la Formación La Matilde. Cuando se los analiza de NE a SO los perfiles se profundizan, pero puede deberse a que el área de prospección Escondida es el más importante en cuanto a la mineralización presente y fue el más perforado. En cuanto a composición de las rocas se observa que la secuencia ígnea comienza con ignimbritas andesíticas que pasan a ignimbritas riolíticas, éstas últimas con variados grados de soldadura y con diferentes proporciones de componentes piroclásticos. Las diferentes profundidades para la secuencia pueden deberse a los diferentes escalones presentes en las cuencas de rift, donde en uno de ellos pudo llegar a preservarse los depósitos epiclásticos de la Fm. La Matilde.

### **Conclusiones**

Del estudio de la petrografía de las unidades ígneas en el subsuelo del proyecto minero Cerro Moro a partir de testigos de perforación, se llegó a determinar que la secuencia volcánica analizada comenzó con depósitos piroclásticos andesíticos que gradaron a ignimbritas riolíticas, tanto lítica como vítreas y cristalinas. En el área de prospección Escondida se remata la secuencia con depósitos epiclásticos interpretados como de la Formación La Matilde, generados a partir de la erosión de las unidades más antiguas de la Formación Chon Aike. Los depósitos estudiados guardan cierta similitud con las unidades de superficie, lo que indica que pertenece a un evento de gran envergadura, asociado a un ambiente extensional vinculado al desmembramiento de Gondwana durante los tiempos jurásicos.

### **Agradecimientos**

A Exeter Resources Ltd. por su confianza al permitir el desarrollo de la temática y el acceso sin restricciones a la información. Al Sr. Matt Houston, por ceder su tiempo y colaborando en la elección de muestras, compartiendo sus conocimientos y opiniones. A la

Dra. Nilda Urbina y al Dr. Ariel Ortiz Suárez por facilitar tanto el uso del microscopio como el de la cámara fotográfica con la que se tomaron las fotos de las láminas aquí presentadas. A los comentarios reali-

zados por el Dr. Ricardo Etcheverry y por el Geólogo Marcelo Márquez. A los revisores Dra. Gloria Gallastegui Suárez y a los editores Dr. Alberto Marcos Vallauré y Dr. Josep Poblet de esta revista.

## Bibliografía

- ALRIC, V., HALLER M. J., FERAUD, G., BERTRAND, H. y ZUBIA, M. (1996): Cronología  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  del volcanismo jurásico de la Patagonia extraandina. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 243-250.
- ARCHANGELSKY, S. (1967): Estudio de la Formación Baqueró, Cretácico inferior de Santa Cruz, Argentina. *Revista del Museo de La Plata (N. S.). Paleontología*, 5: 63-171.
- ARRONDO, O. (1972): Estudio geológico y paleontológico de la Estancia La Juanita y alrededores, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista del Museo de La Plata (N. S.). Paleontología*, 7 (43): 1-194.
- BARRIO, R. DE, PANZA, J. L. y NULLO, F. (1999): Jurásico y Cretácico del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. En: *Geología Argentina*. (R. Caminos, Ed.), Instituto de Geología y Recursos Minerales, 29 (17): 511-527.
- BERTELS, A. (1970): Sobre el "Piso Patagoniano" y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia austral (República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25 (4): 495-501.
- DI PERSIA, C. (1965): Presencia de Sedimentos Triásicos en el ambiente del Deseado. *2º Jornadas Geológicas Argentinas*, 2: 147-154.
- ECHAVESTE, H.; FERNÁNDEZ, R.; BELLINI, G.; LLAMBÍAS, E.; TESSONE, M.; SCHALAMUK, I.; PICCIRILLO, E. y DE MIN, A. (2001). Relaciones entre las formaciones Bajo Pobre y Chon Aike (Jurásico medio a superior) en el área estancia El Fénix-Cerro Huemul, zona centro-occidental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (4): 548-558.
- FÉRAUD, G., ALRIC, B., FORNARI, M., BERTRAND, H. y HALLER, M. (1999):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the Jurassic volcanic province of Patagonia: migrating magmatism related to Gondwana break-up and subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 172: 83-96.
- FERUGLIO, E. (1949): Descripción geológica de la Patagonia. *Dirección Nacional de Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, 1: 17-19.
- FREUNDT, A., WILSON, C. J. N. y CAREY, S. N., 2000. Ignimbrites and block and ash flow deposits. En: *Encyclopedia of volcanoes* (H. Sigurdsson, Ed.), Academic Press, 581-599.
- GUIDO, D. M. (2002): *Geología y metalogénesis del sector oriental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz*. Tesis Doctoral (inédito). Universidad Nacional de La Plata, 226 pp.
- GUIDO, D. M. (2004): Subdivisión litofacial e interpretación del volcanismo jurásico (Grupo Bahía Laura) en el este del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 483-485.
- HARRINGTON, H. J. (1962): Paleogeographic development of South America. *American Association of Petroleum Geologist, Bulletin* 46: 1773-1814.
- HILDRETH, W. (1981): Gradients in silicic magma chambers: implication for lithospheric magmatism. *Journal of Geophysical Research*, 86: B10153-B10192.
- KAY, S. M., RAMOS, V., MPODOZIS, C. y 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.
- LESTA, P. y FERELLO, R. (1972): Región Extraandina de Chubut y Norte de Santa Cruz. En: *Geología Regional Argentina* (A. Leanza, Ed.), Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 2: 602-687.
- MCPHIE, J., DOYLE, M. y ALLEN, R. (1993). *Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, Univ. of Tasmania, 198 pp.
- MARIN, G. (1982): *Descripción geológica de la Hoja 55 "Gobernador Gregores", provincia de Santa Cruz*. Informe preliminar. Servicio Geológico Nacional, 17 pp. (Inédito).
- PANKHURST, R., RAPELA C. y MÁRQUEZ, M. (1993): Geocronología y petrogénesis de los granitoides jurásicos del noreste del Macizo del Deseado. *12º Congreso Geológico Argentino*, 4: 134-141.
- PANZA, J. L., MÁRQUEZ, M. y GODEAS, M. (1995): *Hoja Geológica 4966 - I y II Bahía Laura, provincia de Santa Cruz*. Dirección Nacional del Servicio Geológico. 83 pp.
- SCHMID, R. (1981): Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 9: 41-43.
- SRUOGA, P., BUSTEROS, A., GIACOSA, R., MARTÍNEZ, H., KLEIMAN, L., JAPAS, S., MALOBERTI, A. y GAYONE, M. R. (2008): Análisis litofacial y estructural del complejo volcánico Bahía Laura en el área El Dorado -Monserrat, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63 (4): 653-664.
- TESSONE M. y DEL BLANCO, M. (1998): Mineralización epitermal en domos riolíticos de la Formación Chon Aike, Sector Central del Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica*, 10 (3): 94-99.
- ULIANA, M., BIDDLE K., PHELPS, D. y GUST, D. (1985): Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicos en el extremo meridional de Sudamérica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40 (3-4): 231-253.
- ZAMBRANO, J. y URIEN, C. (1970): Geological outline of the basins in Southern Argentina and their continuation of the Atlantic shore. *Journal of Geophysical Research*, 75 (8): 1363-1396.