

El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada del Complejo Volcanico Piroclastico del Río Chubut Medio

Eugenio ARAGON^{1,2}, Pablo D. GONZALEZ¹, Yolanda AGUILERA³, Cintia MARQUETTI⁴,
Claudia CAVAROZZI^{1,2} y Alejandro RIBOT¹

¹ Centro de Investigaciones Geológicas (FCN y M-UNLP). I N° 644. 1900, La Plata, Buenos Aires
E-mail: earagon cig.museo.unlp.edu.ar. Tel (0221) 421-5677

² CONICET

³ Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias (M.O.S.P.). 58 e/7 y 8, piso 2. 1900, La Plata, Buenos Aires.

⁴ Servicio Geológico Minero Argentino. Av. Julio A. Roca, 651, piso 8. 1322. Buenos Aires.

RESUMEN. Se estudia la geología y geoquímica de un domo vitrofirico riolítico de 0,8 km², vinculado a otros cinco domos que están alineados a lo largo del foso de una caldera paleocena de 25 km de diámetro. El domo pertenece al magmatismo post-colapso de la caldera. Las fracturas anulares controlaron la distribución de los domos a lo largo del foso. Las fracturas radiales controlaron el conducto de alimentación del domo. El domo muestra relaciones de intrusividad y extrusión respecto de las tufolitas lacustres que lo contienen. Riolitas foliadas intruyen y sobreyacen al domo por su punto mas elevado, cuando este estaba aún a alta temperatura. La geoquímica muestra que los vitrófros y lavas foliadas, son riolitas con alto potasio, de naturaleza calcoalcalina, comagmáticas y probablemente vinculadas a un intrusivo andesítico tipo etmolito o embudo, que también está restringido al foso de la caldera.

Palabras clave: *Domo vitrofirico, Riolitas, Caldera, Chubut*

ABSTRACT. *The Escuela Piedra Parada Vitrophyric Dome, from the Rio Chubut Medio Volcanic-Pyroclastic Complex.* Geology and geochemistry of a 0.8 km² rhyolitic vitrophyric dome, related to other five domes that line up along the moat of a 25 km diameter cauldron of Paleocene age is studied. The dome belongs to the post-collapse intra calderas magmatism. Ring fractures controlled domes distribution along moat. Radial fractures controlled dome's local feeding conduits. The Dome shows intrusive and extrusive relations with tuffaceous stratified lacustrine sediments. A foliated rhyolite intruded the dome and extruded through the apex of it, while the dome was still at high temperature. Geochemistry shows that vitrophyres and foliated lavas are high potassium rhyolites of calcoalcaline nature, comagmatic and probably related to a funnel like (etmolith) andesitic intrusive that is also restricted to the caldera's moat.

Key words: *Vitrophyric dome, Rhyolitic, Caldera, Chubut*

Introducción

El volcanismo cenozoico del sector más austral de los Andes Centrales, cuyo máximo desarrollo se encuentra entre los 40° y 43° de latitud sur, está constituido por extensas y potentes secuencias de volcanitas y piroclastitas primarias y reelaboradas que forman parte de la provincia volcánica andino patagónica (Rapela *et al.* 1984). Esta extensa faja de rocas volcánicas y volcanoclásticas, es de rumbo NNO a N y se extiende en sentido meridiano a lo largo de 500 km, entre Junín de Los Andes (Neuquén) y Esquel (Chubut). El ancho de la misma es de aproximadamente 150 km, desarrollándose desde el borde oeste del Macizo Norpatagónico occidental hasta el sector cordillerano.

El volcanismo está distribuido a lo largo de dos fajas submeridianas, la occidental o andina y la oriental o extra-andina (Rapela *et al.* 1984), que están separadas por una

depresión central que se desarrolla entre Las Bayas (Río Negro) en el norte y Gualjaina (Chubut) en el sur. El rango de edades de las secuencias volcánicas se ubica entre el Paleoceno y el Eoceno, disminuyendo progresivamente hacia el Oligoceno. A partir del Mioceno se registra un nuevo incremento de la actividad magmática y la migración progresiva hacia el oeste del eje del arco magmático, el cual actualmente está instalado en la región de la frontera argentino-chilena, con una imponente cadena de estrato-volcanes.

La composición química de las volcanitas de la faja occidental, donde predominan los flujos lávicos, es mayormente mesosilícea, por lo cual se la conoce con el nombre informal de serie andesítica andina. En tanto que la faja oriental es geoquímicamente bimodal (básica-ácida), con basaltos, riolitas, y andesitas subordinadas (Rapela *et al.* 1984). En esta faja, entre las rocas ácidas predominan los flujos de ignimbritas sobre las coladas de riolitas.

El sector de estudio se encuentra aproximadamente a 2.500 m al sur de la escuela N°86 de Piedra Parada (42° 40' 15" y 70° 9' 19"), en el sector centro-norte de la provincia del Chubut (Fig.1). Esta zona, ocupa una pequeña superficie de alrededor de 4 km² y regionalmente está ubicada en el extremo austral de la mencionada faja oriental de la provincia volcánica andino patagónica. El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada es un cuerpo riolítico que sólo representa un pequeño evento intrusivo dentro del extenso volcanismo cenozoico desarrollado entre Gualjaina y Piedra Parada, que cubre una superficie superior a los 900 km². Los antecedentes de este volcanismo son abundantes y corresponden en general a mapeos regionales a diferentes escalas (Petersen 1946; Volkheimer 1964; Volkheimer y Lage 1981; Lage 1982) o a estudios detallados de alguna de sus unidades, como por ejemplo la Ignimbrita Barda Colorada (Mazzoni y Aragón 1985; Aragón *et al.* 1987; Mazzoni *et al.* 1988; Mazzoni *et al.* 1989). Recientemente Aragón y Mazzoni (1997) estudiaron integralmente este volcanismo, al que agruparon dentro del Complejo Volcánico Piroclástico Río Chubut Medio de edad paleocena-eocena y lo asociaron al desarrollo de un cinturón de calderas emplazadas en sentido submeridiano desde la latitud de Confluencia, en Río Negro y Neuquén, hasta Piedra Parada (Aragón y Romero 1984). En este sentido González (1998) identificó estructuras anulares y las raíces erodadas de una probable caldera ubicada en los afloramientos más septentrionales de esta misma faja, y que corresponden al cerro Anecón Grande en Río Negro.

El objetivo de la presente contribución es caracterizar la geología de el Domo Vitrofirico Piedra Parada, que pertenece al Complejo Volcánico Piroclástico Río Chubut Medio. Es un cuerpo intrusivo y en parte extrusivo de corta duración y carácter riolítico. El estudio de las relaciones de campo de este cuerpo, de su petrografía y de sus caracteres geoquímicos, permitió fijar con mayor precisión las características composicionales y evolutivas de los estadios póstumos de la caldera de Piedra Parada del cinturón de Pilcaniyeu.

Marco regional

El sustrato pre-pomplejo está constituido por unidades ígneo-metamórficas del Proterozoico al Paleozoico superior y, además, por volcanitas y sedimentitas que se desarrollaron entre el Jurásico y el Terciario inferior (Maastrichtiano-Daniano). Sobre este sustrato se desarrolló el Complejo Volcánico-Piroclástico del Río Chubut Medio (Aragón y Mazzoni 1997), que está constituido por nueve unidades mayores, cuyos depósitos más importantes corresponden a flujos ignimbriticos y lávicos, domos e intrusivos menores subvolcánicos, diques, lluvias de cenizas y piroclastitas retrabajadas en ambiente lacustre y fluvio-lacustre. Pertenecen a la actividad ígnea de una caldera de alrededor de 25 km de diámetro y dos estratovolcanes de menor envergadura, que se desarrollaron sobre los flancos norte y sur de la misma. La actividad

magmática, de composición esencialmente ácida, se desarrolló entre el Paleoceno y el Eoceno Medio (Aragón y Mazzoni 1997). El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada pertenece a la unidad Vitrofiricos Buitrera de este complejo volcánico-piroclástico.

El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada, se encuentra ubicado dentro del ambiente de intracaldera (Aragón y Mazzoni 1997) (Fig. 1). Forma parte de un conjunto de intrusivos subvolcánicos que se emplazaron cerca de la superficie y que en ocasiones alcanzaron a extruirse. El conjunto de intrusivos se distribuyen por una extensión de alrededor de 32 km de largo en lo que corresponde al foso de una caldera tipo *trap door* (Aragón y Mazzoni 1997, Aragón *et al.* 2002).

Las unidades que se desarrollaron después de la finalización de la evolución del complejo volcánico piroclástico son sedimentitas continentales de edad miocena dudosa y basaltos olivínicos alcalinos del Pleistoceno.

Geología del domo

Relaciones de campo

El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada tiene en planta una forma subcircular de alrededor de 0,8 km² de superficie (Fig. 1), mientras que su perfil es lenticular a globoso, característico de los cuerpos dómicos. La base es intrusiva en las Tufolitas Laguna del Hunco, que son tufolitas blancas a verde amarillentas que corresponden a depósitos de ambiente lacustre (Aragón y Romero 1984). En la zona de contacto con el cuerpo, las tufolitas han cambiado su coloración en una faja de espesor variable, como producto del metamorfismo térmico. Las paredes del domo también son intrusivas y se emplazaron a manera de apófisis, parcialmente coincidentes con la estratificación de las tufolitas de la caja. El techo del domo es extrusivo, se derrama por encima de las tufolitas y pasa lateralmente a hialoclastitas y peperitas (Mazzoni, 1988) con líticos vitrofiricos perlíticos del domo. Estas hialoclastitas son a su vez cubiertas por las Tufolitas Laguna del Hunco. Por lo tanto el domo está interestratificado en las Tufolitas Laguna del Hunco.

La base del domo se observa en los afloramientos del sector suroeste. Su identificación en ocasiones es poco clara debido a que el vidrio perlítico al alterarse adquiere una coloración verde amarillenta, lo que dificulta su separación de las rocas de caja compuesta por tufolitas (trizas y pómez) que se alteran con igual coloración y textura. Sin embargo, en los sectores no alterados, se puede distinguir su actitud intrusiva subvertical de rumbo noreste. Tiene forma tabular, con pequeñas irregularidades y cuñas que, a manera de pequeñas apófisis, se ramifican dentro de la caja.

Los laterales del domo, tienen contactos netos con las rocas de caja. Dichos contactos pueden ser de dos tipos: 1) Paredes verticales y discordantes que cortan unos 90 metros de sedimentos, y 2) paredes sub-horizontales y concordantes con la estratificación de las sedimentitas de

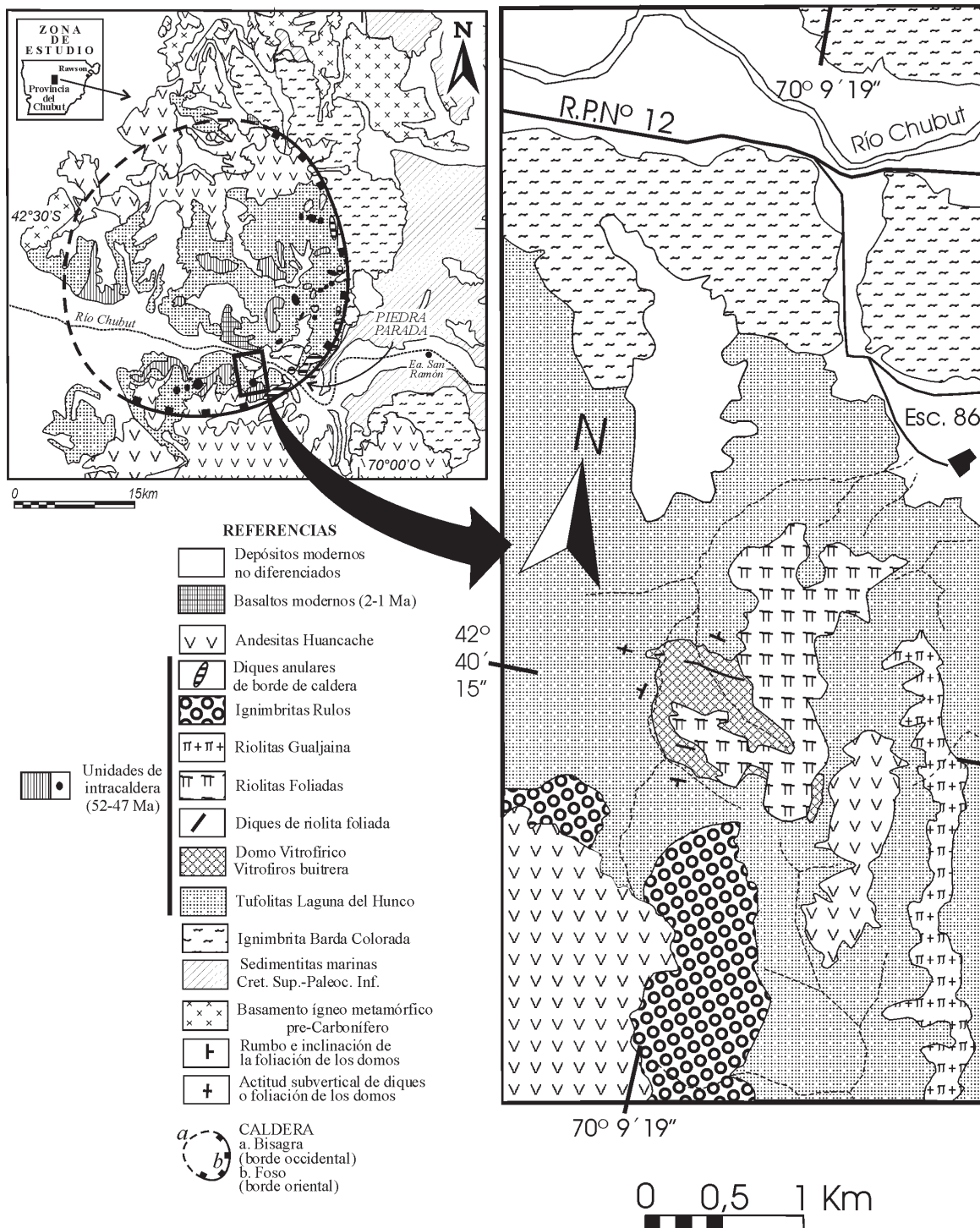


Figura 1: Planos de ubicación y Geológico del Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada.

la caja. En el contacto se ha desarrollado un borde sobre enfriado dentro del cuerpo, en el cual se intercalan y alternan sectores de vidrio perlítico no esferulítico y de *pendants* de las tufolitas.

La costra más externa del techo, con un espesor promedio de unos 2 m, está constituida por vidrio perlítico, autobrechas del mismo vidrio y esferulitas. En esta costra se destaca la textura esferulítica, que pasa gradualmente

en transición desde vidrio perlítico, hasta un total remplazo por esferulitas en la periferia.

El techo es convexo hacia arriba y tiene un buzamiento periclinal de bajo ángulo, que se suaviza gradualmente hacia las zonas más alejadas del centro. Está cubierto por una colada de riolita foliada que cubre tanto a las rocas del domo como a las Tufolitas Laguna del Hunco.

Una colada de riolita foliada se derrama en forma

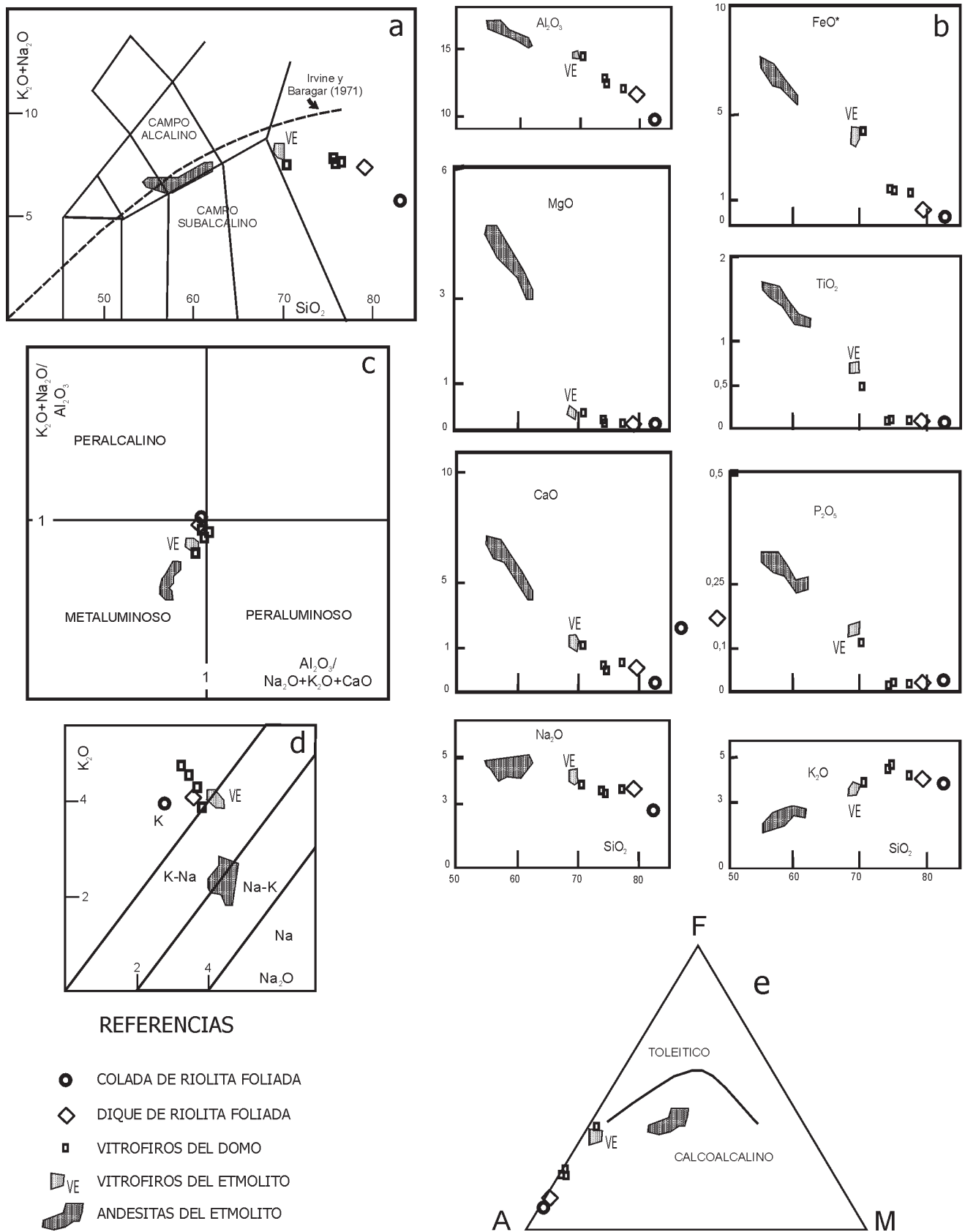


Figura 2: a, Diagrama de clasificación TAS (conforme Le Maitre 1984). b, Diagramas de variación tipo Harker de los elementos mayoritarios. c, Diagrama de saturación en alúmina (Índices de Shand y Agpaitico). d, Diagrama Na_2O versus K_2O . e, Diagrama AFM. En todos los diagramas se han graficado las andesitas del etmolito Florentina para su comparación con el Domo, por ser un evento ígneo de intracaldera contemporáneo.

periclinal sobre el techo del domo (como una capucha), tiene de 3 a 5 m de potencia. Se caracteriza por un bandeamiento o laminación por flujo de escasos milímetros de espesor definido por la intercalación de sectores de color rosa y blanco. Las tufolitas de la caja que se ubican por debajo de la colada de riolita foliada en algunos sectores tienen fragmentos del vidrio del domo. El flanco oeste de la parte superior del domo está cubierto por una brecha con bloques angulosos de riolita foliada.

Dos diques de rumbo este cortan tanto al domo como a las tufolitas de la caja. También son de riolita foliada. Tienen forma sinuosa, con ensanchamientos y adelgazamientos de sus paredes, e inclinación variable tanto al norte como al sur. Los bordes están autobrechados y/o replegados, mientras que en el centro la laminación está poco disturbada por el flujo. El contacto entre el vidrio del domo y la riolita del dique es neto, pero es de destacar que, el dique, en algunos sectores tiene ramificaciones de escaso espesor, que se repliegan englobando el vitrófiro, en lugar de propagarse en forma rectilínea (Fig. 5).

Petrografía

El domo está constituido por vitrófiros afíricos, en los cuales los escasos microfenocristales raramente exceden los 2 mm. Las composiciones en el diagrama TAS se ubican en el campo de las riolitas (Fig. 2). Son rocas gris azuladas a negras de texturas vítreas. En algunos sectores el vidrio presenta una fuerte alteración a argilominerales con coloraciones gris verdosas y blancas que, por su similitud, puede confundirse con los enclaves de las tufolitas de la caja.

En la base del domo, el vidrio está bandeado o laminado y es fuertemente perlítico y sólo en algunos sectores de reducidas dimensiones se conserva como bochones masivos.

El vidrio del techo contiene esferulitas, las que llegan a desarrollar hasta 2 cm de diámetro. Están constituidas por anortoclasa y han crecido a partir de un pequeño cristal de feldespatos. En algunos sectores, el crecimiento anastomosado de esferulitas en forma de racimos, han obliterado casi completamente la base vítrea primitiva. Ocasionalmente las esferulitas están acompañadas de axiolitos plumosos de la misma composición. El vidrio de los vitrófiros es microscópicamente de color castaño. El bandeamiento-laminación está definido por la alternancia de bandas o láminas de vidrio perlítico sin cristales con bandas ricas en microlitos de cuarzo y feldespatos rodeados de una pasta vítrea. El vidrio de las rocas más desvitrificadas presenta parches irregulares de textura felsítica. Los fenocristales son muy escasos, están aislados y son de cuarzo subhedral a anhedral con profundos engolfamientos y libres de inclusiones. Además también aparecen escasos cristales de plagioclasa euhedral a subhedral con zonación normal y de sanidina subhedral, límpida y sin maclar. Como mineral accesorio aparecen escasos prismas de circón.

Tanto las rocas de los diques que cortan al domo,

como las riolitas foliadas que lo coronan, también se ubican en el campo de las riolitas en el diagrama TAS (Fig. 2), pero a diferencia de los vitrófiros lo hacen con un notable incremento en SiO_2 . La foliación de estas riolitas está marcada por un cambio en el tamaño de los microlitos, y por la cantidad de microfenocristales. Los microfenocristales son preferentemente de plagioclasa y en menor medida de cuarzo. Ocasionalmente se observa augita y como accesorios circón, apatita y opacos.

Geoquímica del domo

Las rocas del domo vitrófirico tienen un contenido de SiO_2 que varía entre 65,95% y 72,89% (Cuadro 1). Recalculadas a base anhidra se las ubica dentro del campo de las rocas riolíticas en el diagrama TAS (Fig. 2a). Las muestras del dique ($\text{SiO}_2=76,72\%$) y de la colada ($\text{SiO}_2=81,13\%$) también se ubican en el campo de las rocas riolíticas. Sin embargo son más evolucionadas que los vitrófiros y tienen un contenido de álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) que es levemente menor (Fig. 2a). Todas estas rocas se ubican en el campo subalcalino de Irvine y Baragar (1971) y, a pesar de su elevado contenido en sílice, tienen un Índice de Peralcalinidad que varía entre 0,72 y 0,91, que las ubica como riolitas normales (Le Maitre 1984).

Los diagramas tipo Harker (Fig. 2b) de elementos mayoritarios muestran cierta linealidad en casi todos los elementos, presentando una leve dispersión de los álcalis y del CaO. La muestra menos evolucionada ($\text{SiO}_2 = 65,95\%$), situada en el techo del domo tiene un importante salto composicional en la sílice de alrededor de 5 % con respecto a la siguiente roca más silíceas ($\text{SiO}_2 = 70,67\%$). Este salto composicional también puede observarse en el resto de los óxidos. Con respecto al TiO_2 , P_2O_5 , MgO, FeO^* , MnO y CaO el salto es muy marcado, mientras que en el Al_2O_3 es muy leve y en Na_2O y K_2O está ausente (Fig. 2b). A pesar de estas diferencias en el contenido de sus óxidos, las rocas del domo vitrófirico, de los diques y de la colada se ubican con cierta correspondencia lineal.

Con respecto a la saturación en alúmina, (índice de Shand-índice apatítico, Fig. 2c), todas las rocas se ubican en el límite metaluminoso-peraluminoso, con tendencia evolutiva hacia el límite peralcalino. De la misma forma la relación entre los álcalis ($\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$) indican que las rocas del domo, del dique y de la colada se ubican dentro del campo de las series potásicas (Fig. 2d).

En el diagrama de tierras raras las rocas del domo, del dique y de la colada, comparadas con la composición de un condrito (Nakamura 1974), presentan un patrón similar (Fig. 3). Todas están enriquecidas en tierras raras livianas y empobrecidas en tierras raras pesadas y, de todas ellas, la colada de riolita foliada es la que tiene un contenido de tierras raras totales menor que las rocas del domo y del dique. Todas presentan anomalía negativa de Eu. Es de destacar, que el vidrio menos evolucionado (que se ubica en el techo del domo), presenta el patrón más enriquecido de tierras raras y la anomalía de Eu más suave y tendida.

La similitud de comportamiento en el patrón de tierras

Cuadro 1: Análisis químicos de elementos mayores, menores y trazas, agrupados por unidad efusiva.

Elementos mayoritarios en % en peso						
	Domo vitrofirico				Riolitas Foliadas	
	Proximo a					
	Techo EPP-Techo	Base EPP-1	techo EPP-Borde	Centro EPP-6	Dique Di-EPP	Colada R-1
SiO2	65,95	71,66	72,89	70,89	76,72	81,13
TiO2	0,44	0,1	0,11	0,11	0,1	0,08
Al2O3	13,42	11,2	11,98	11,55	11,13	9,38
Fe2O3	4,63	1,63	1,84	1,75	1,1	0,75
MnO	0,09	0,03	0,04	0,04	<0,01	<0,01
MgO	0,3	0,07	0,04	0,05	0,06	0,01
CaO	1,97	0,49	0,47	0,43	0,36	0,13
Na2O	3,58	3,39	3,31	3,06	3,49	2,75
K2O	3,59	3,86	4,29	4,3	3,84	3,81
P2O5	0,1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
LOI	6,24	7,32	5,73	6,83	2,18	1,18
Total	100,3	99,76	100,7	98,8	99	99,26

Elementos traza en ppm						
Ba	1011	671	779	740	834	580
Sr	161	18	18	16	22	14
Y	57	74	70	66	54	37
Sc	11	2	<1	<1	<1	<1
Zr	453	341	363	346	301	275
Be	3	4	4	4	3	3
V	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Co	17	12	18	26	18	25
Ni	24	<15	<15	23	<15	21
Cu	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zn	91	135	112	122	66	40
Ga	24	23	25	24	24	19
Ge	4,5	<0,5	5,2	5,7	4,6	4,4
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Rb	255	181	155	189	94	111
Nb	33	40	39	39	35	28
Mo	3	3,7	3	3	<2	<2
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
In	<0,1	1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Sn	4	7,4	5	5	4	1
Sb	<0,2	0,27	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cs	17	9,4	6,1	6,6	2,9	2,5
Hf	12	10	11	10	8,8	8,4
Ta	3,1	3,38	4	4,4	3,7	4,3
W	165	191	225	288	234	397
Tl	2,47	1,87	1,04	1,24	0,2	0,38
Pb	9	22	10	11	9	6
Bi	0,64	<0,05	0,49	0,55	0,42	0,12
Th	10,4	12,8	13,5	13,3	11,8	10,2
U	2,43	3,32	3,26	3,53	3,31	1,58

El signo < indica por debajo del limite de detección.

raras de las rocas del domo, del dique y de la colada, sugiere el carácter comagmático de las mismas, hecho ya manifestado por los diagramas tipo Harker de elementos mayoritarios.

Con respecto a los elementos traza las rocas del domo, del dique y de la colada también presentan contenidos totales similares. El diagrama multielemento normalizado respecto de la composición de un manto primordial (Jagoutz *et al.* 1979; Sun 1982) muestra un comportamiento y un patrón similar para todas estas rocas (Fig. 4), con

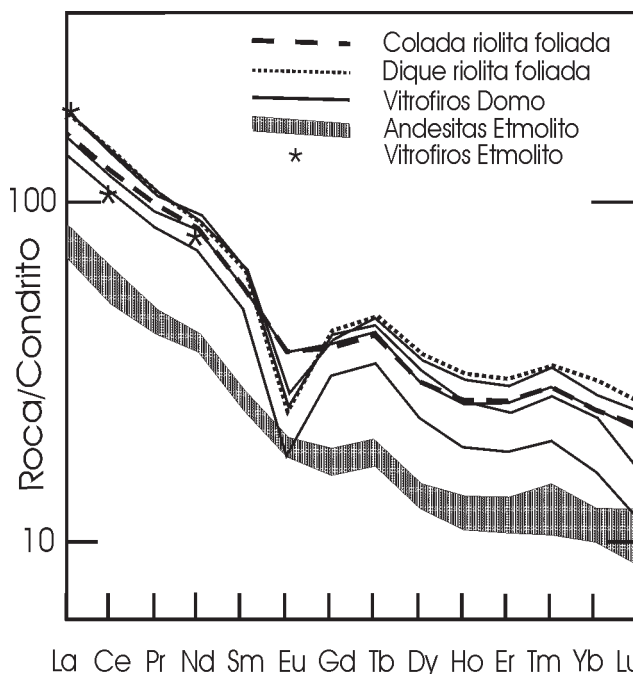


Figura 3: Diagrama de tierras raras, normalizado respecto de un condrito (Nakamura 1974). Se comparan el Domo vitrofirico, con los diques, colada de riolita foliada y el etmolito Florentina.

empobrecimientos en Sr, P, Ti, Sc y Cr-Co-Ni-Cu. Los elementos que se encuentran enriquecidos son el Cs, Rb y Pb, de los cuales los dos primeros tienen una anomalía positiva muy suave, mientras que en el Pb es de mayor magnitud.

El comportamiento geoquímico del vidrio más básico del techo sigue la tendencia general del resto de las rocas, aunque las anomalías negativas del Sr, P, Ti y Sc son de menor magnitud, y en términos relativos está más enriquecida en elementos traza que el resto de los vidrios. A su vez, las riolitas foliadas son las que están relativamente más empobrecidas en los elementos traza.

Discusión e interpretación

El Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada es un cuerpo esencialmente vítreo, donde la naturaleza intrusiva de la base y extrusiva del techo, la geometría subcircular del cuerpo, la potencia de su espesor respecto a la extensión lateral, señalan que se trata de un domo. Su relación interestratificada con las Tufolitas Laguna del Hunco, permiten asignarles la edad paleocena-eocena de las tufolitas, e incluirlas en los procesos ígneos-sedimentarios del relleno del foso de la caldera de Piedra Parada.

Los diques de riolita foliada que cortan al domo presentan replegamiento por flujo, como así también ramificaciones (deshilachado) plegadas (Fig. 5) que engloban al vidrio del domo. Este último factor sugiere que el dique se emplazó cuando partes del domo de vidrio estaban aún a una temperatura elevada, que lo mantenía en estado plástico.

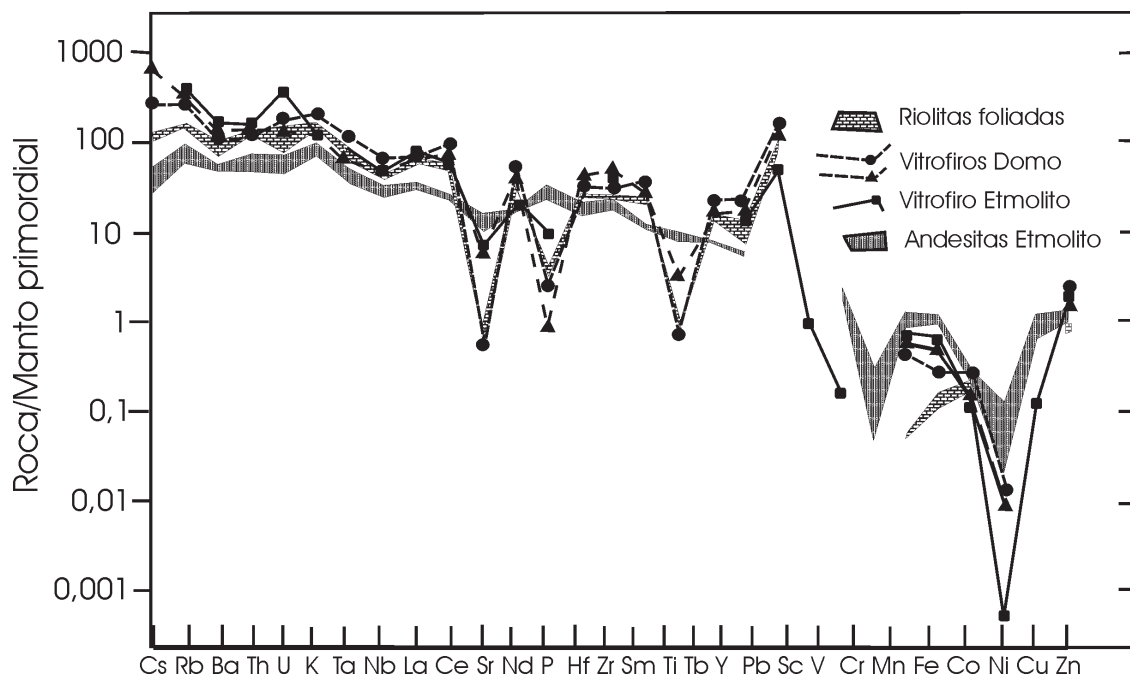


Figura 4: Diagrama multielemento, normalizado respecto del Manto Primordial (Jagoutz *et al.* 1979; Sun 1982), donde se comparan el domo vitrofirico, con los diques, colada de riolita foliada y el etmolito Florentina.

La similitud litológica, geoquímica y textural de los diques de riolita foliada y la colada de riolita foliada, sugieren que los diques podrían representar los canales que alimentaron a la colada que cubre al intrusivo. La geometría periclinal de la colada cubriendo al domo está indicando que el centro emisor de la colada se encontraba en la cima del domo (Fig. 5). Estas evidencias, junto con la ausencia de sedimentos entre la colada de riolita foliada y el domo vítreo, señalan que los eventos de intrusividad del domo, el dique que lo corta y de la efusión de la colada que lo cubre, se suceden sin una interrupción temporal significativa. Son prácticamente coetáneas y se suceden entre sí y en ese orden. El hecho de que la riolita foliada sea coetánea con el vitrófiro, sugieren que las brechas de riolita foliada en el flanco del domo se generaron como consecuencia y durante el crecimiento del mismo y por lo tanto se las puede interpretar como brechas tipo *escargot* (caracol).

La composición tanto de los vitrófiros como de las lavas y diques foliados es riolítica (Fig. 2a) y corresponden a una serie calcoalcalina (Fig. 2e). Los vitrófiros muestran un paulatino incremento en SiO_2 y pérdida de CaO hasta llegar a la composición de los diques y coladas de riolitas foliadas, que corresponden a la del mínimo térmico (Fig. 6) para presiones inferiores a 0,5 Kb.

El hecho de que el domo de vidrio estuviera en estado plástico durante la intrusión de los diques y la emisión de la colada, sumado a la tendencia a la linealidad entre la composición de los vitrófiros, dique y colada riolítica, sugieren un origen co-magmático a partir de un reservorio en común a poca profundidad (menor a 0,5 Kb).

Las esferulitas del techo son interpretadas como prima-

rias dado que están constituidas por anortoclasa creciendo a partir de un núcleo cristalino. En otros domos de esta misma caldera las esferulitas de anortoclasa alcanzan diámetros superiores a los 5 cm, presentan fracturas internas con un relleno de ópalo y son explotadas para su comercialización como *thunder eggs*.

El domo vitrofirico de Piedra Parada comparte las relaciones estructurales con otros cinco domos vitrofiricos que se han detectado en el foso de la caldera de Piedra Parada (Aragón *et al.* 2002). Los domos están distribuidos regionalmente a lo largo de las fracturas anulares que controlan el borde y foso de la caldera, en tanto que sus canales de alimentación están controlados localmente por fallas radiales dentro de la caldera. Todavía no se tiene información geoquímica para establecer si existe alguna tendencia composicional entre los mismos.

Al comparar el domo vitrofirico con otras unidades volcánicas del interior de la caldera (Figs. 2, 3 y 4), se observa una similitud geoquímica entre el vidrio más básico del domo y el vidrio del borde del etmolito andesítico Florentina (Aragón *et al.* 2001), lo que sugiere una posible vinculación genética entre este cuerpo y los domos vitrofiricos de intracaldera.

Si bien hay un salto composicional entre las andesitas del etmolito, los vitrófiros y las riolitas foliadas (véanse Figs. 2 a,b,c,d y 6), la tendencia general, indica que el sistema evolucionó desde el campo de estabilidad de las plagioclasas (andesitas del etmolito) hacia el mínimo térmico (riolitas foliadas), en tanto que los vitrófiros ocupan el tramo evolutivo vinculado a la aparición de un feldespató alcalino, esto último corroborado por la inflexión en la curva del K_2O (Fig. 2b) en el tramo de los vitrófiros.

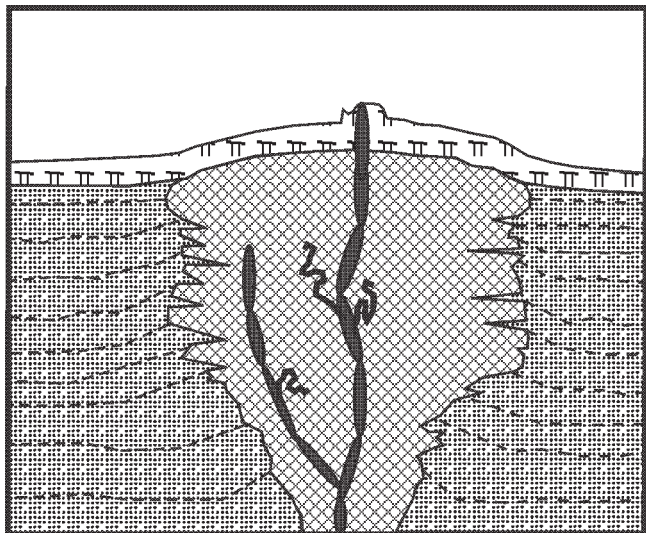


Figura 5: Perfil geológico del Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada. Las escalas verticales y horizontales son esquemáticas para destacar las relaciones entre: la caja, el cuerpo intrusivo-extrusivo, los diques que se repliegan en el domo y la colada riolítica que se extruye desde la cima del domo, derramándose en forma periclinial.

De igual modo, el contenido de los elementos traza en el vitrófiro más básico del domo se asemeja considerablemente al del vitrófiro del etmolito (Figs. 3 y 4). Los elementos LIL y HFS (del Cs al Pb) del domo y colada se encuentran en mayor concentración que en el etmolito, a excepción del Sr, P y Ti que tienen una marcada anomalía negativa.

Por otra parte, los elementos metálicos de transición (Sc al Zn) muestran que el etmolito está mucho más enriquecido en estos elementos que el domo y la riolita foliada, a excepción del Zn.

El comportamiento de las trazas sugiere que el sector de la cámara magmática que alimenta a los vitrófiros estaría fraccionando plagioclasa, apatita, un mineral accesorio con Ti y en forma muy subordinada un clinopiroxeno. Cabe destacar que la anomalía negativa de Eu (Fig. 3) se atenúa en las riolitas foliadas, lo que corrobora la observación previa de que el fraccionamiento de plagioclasa disminuye con el reemplazo por un feldespato alcalino. En tanto que el sector de la cámara magmática que alimenta a las andesitas del etmolito está fraccionando plagioclasa, augita y en sus estadios más tempranos algo de olivina (Aragón *et al.* 2001).

Desde el punto de vista metalogenético se observa que los procesos que llevan a la diferenciación de los domos y riolitas foliadas a partir de las andesitas, conducen a una fuerte anomalía positiva en Pb, en tanto que el Zn lo acompaña con una pequeña anomalía positiva.

Conclusiones

Sobre la base de la interpretación integrada de los datos de campo, de la petrografía y de las características

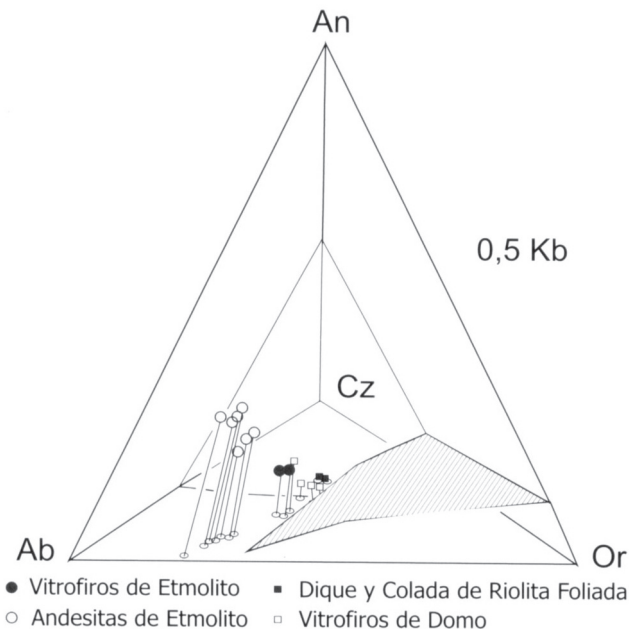


Figura 6: Diagrama cuaternario del sistema granito de Winkler (1978), anortita (An), albita (Ab), ortosa (Or), cuarzo (Cz). La evolución de las rocas del domo sugieren el enriquecimiento en cuarzo y la disminución de anortita normativos, culminando con las riolitas foliadas en la composición del mínimo térmico del sistema a presiones menores de los 0,5 Kb. Tanto los vidrios más básicos del domo como los vidrios del Etmolito Florentina, están en el campo de estabilidad de la plagioclasa. Tan solo una parte de los vidrios del domo están en el campo de estabilidad de un feldespato alcalino. Finalmente, los diques y riolita foliadas están en el mínimo térmico.

geológicas del Domo Vitrofirico Escuela Piedra Parada, y de su comparación regional con otros domos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1.- Los domos vitrofiricos se emplazaron con posterioridad al colapso de la caldera, y son previos a la resurgencia de la misma. Su ubicación está restringida a una faja angosta que se extiende a lo largo del foso semianular, muy próximos del borde oriental de la caldera. La relación del domo con la caja es intrusiva y extrusiva.

2.- El domo vitrofirico, los diques que lo cortan y la colada de riolita foliada que lo cubre conforman eventos volcánicos comagmáticos, sucesivos y de muy corta duración. Estos provienen de una cámara magmática poco profunda (menor a 0,5 Kb).

3.- Las relaciones geoquímicas sugieren que los domos y riolitas foliadas están emparentadas petrogenéticamente con las andesitas del Etmolito Florentina.

Agradecimientos

La presente investigación fue realizada en el marco de proyectos y subsidios del Consejo Nacional de Investi-

gaciones Científicas y Tecnológicas y la Universidad Nacional de La Plata. Se agradece en especial las sugerencias de los arbitros Dr. M.J. Haller y Dra. M. Remesal, las que indudablemente han contribuido a mejorar la claridad de ideas expresadas en el mismo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aragón, E. y Romero, 1984. Geología, paleoambientes y paleobotánica de yacimientos terciarios del occidente de Río Negro, Neuquén y Chubut. *Actas 9° Congreso Geológico Argentino*, 4: 475-507. S. C. de Bariloche.
- Aragón, E., Mazzoni, M. y Merodio, J., 1987. Caracterización geoquímica de la Ignimbrita Barda Colorada en el Río Chubut medio. *Actas 10° Congreso Geológico Argentino*, 4: 171-173, S. M. de Tucumán.
- Aragón, E. y Mazzoni, M., 1997. Geología y estratigrafía del complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio (Eoceno), Chubut, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52(3): 243-256.
- Aragón, E., Aguilera Y.E., Gonzalez, P.D., Gomez Peral, L., Cavarozzi, C.E., y Ribot, A., 2001. El intrusivo Florentina del Complejo Volcánico Piroclástico del Río Chubut medio (Paleoceno-Eoceno Medio); un ejemplo de etmolito o embudo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (2): 161-172.
- Aragón, E., Gonzalez, P.D., Aguilera Y.E., Cavarozzi, C.E., Balalciaga, M., D'Elia, L., Jovic, S., y Muravchik, M., 2002. Los Domo de Vitrofiros Riolticos de Rioltitas foliadas del foso de la caldera Paleogena de Piedra Parada, Río Chubut medio. En: Cabaleri, N., Cingolani, C.A., Linares, E., López de Luchi, M.G., Otera, H.A., y Panarello, H.O., (eds.). *Actas 15° Congreso Geológico Argentino*, CD-ROM, Artículo, Trabajo 170, 7 pp., Calafate.
- González, P., 1998. Geología y estratigrafía del magmatismo Fanerozoico de la Comarca Norpatagónica entre Comallo y Añecón Grande, Río Negro, Argentina. *Actas 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica*, 1: 78-83, Buenos Aires.
- Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Cendales, M., Dreibus, G., Spottel, B., Lorenz, V. y Wanke, H., 1979. The abundances of major, minor and trace elements in the Earth's mantle as derives from primitives nodules. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Supplement, 11: 2031-2050.
- Irvine, T. y Baragar, W., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Lage, J., 1982. Descripción Geológica de la Hoja 43c, Gualjaina, Provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 189. 72 pp., Buenos Aires.
- Le Maitre, R., 1984. A proposal by the IUGS Sub commission on the Systematics of Igneous Rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram. *Australian Journal of Earth Sciences*, 31:243-255.
- Mazzoni M.M., 1988. Hialoclastitas ácidas en la Serie del Hunco. Complejo Volcánico-Piroclástico del Río Chubut medio. *Actas Segunda Reunión Argentina de Sedimentología*: 180-184.
- Mazzoni, M.M. y Aragón, E., 1985. El complejo volcánico piroclástico de la Formación Huitrera (Paleoceno-Eoceno), en el área del Río Chubut medio, República Argentina. *Actas 4° Congreso Geológico Chileno*, 3: 275-300, Antofagasta.
- Mazzoni, M.M., Rapela, C. y Kay, S., 1988. El volcanismo Eoceno de la Formación Huitrera en su localidad tipo (41°43'S, 70°21'O), provincia de Río Negro, Argentina. *Revista Comunicaciones, Número especial, 5° Congreso Geológico Chileno, Resúmenes*: 65, Santiago.
- Mazzoni, M.M., Aragón, E. y Merodio, J., 1989. La Ignimbrita Barda Colorada del Complejo Volcánico Piroclástico del Río Chubut medio. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44(1/4): 246-258.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 38: 757-775.
- Petersen, C., 1946. Estudios geológicos en la región del Río Chubut Medio. Dirección General de Minas y Geología, Boletín 59: 137 pp. Buenos Aires.
- Rapela, C., Spalletti, L., Merodio, J. y Aragón, E., 1984. El vulcanismo Paleoceno-Eoceno de la provincia volcánica Andino-Patagónica. *Relatorio 9° Congreso Geológico Argentino* 1(8): 189-213, S. C. de Bariloche.
- Sun, S., 1982. Chemical composition and origin of the earth's primitive mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46: 179-192.
- Volkheimer, W., 1964. Estratigrafía de la zona extraandina del Departamento de Cushamen (Chubut) entre los paralelos de 42° y 42°30' y los meridianos 70° y 71°. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 19(2): 85-107.
- Volkheimer, W. y Lage, W., 1981. Descripción Geológica de la Hoja 42c, "Cerro Mirador", Provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 181. 71 pp., Buenos Aires.

Recibido: 6 de febrero, 2004

Aceptado: 10 de octubre, 2004