

El protolito siliciclástico de las Ectinitas El Jagüelito, provincia de Río Negro

Luis H. DALLASALDA¹, Eugenio ARAGON¹, Alfredo BENIALGO¹,
Paulina ABRE¹ y Carlos PEZZOTTI¹

¹Centro de Investigaciones Geológicas, Calle 1 N 644, 1900 La Plata
E-mail: dallasal@cig.museo.unlp.edu.ar

RESUMEN. Mediante el análisis del protolito se determinó el carácter de los sedimentos madre de las Ectinitas El Jagüelito, localizadas en la secuencia de metamorfitas del basamento cristalino del este del Macizo Norpatagónico. Se realizaron estudios que incluyeron petrografía, análisis con conteo de granos, relaciones y composición del bandeado y rayos X. Las rocas investigadas derivaron de grauvacas y arenitas líticas, principalmente de grano psamítico y pelítico, depositadas en una cuenca marina profunda por corrientes de alta densidad, provenientes de un arco magmático cercano. Escasas rocas ricas en cuarzo y otras de bajo contenido en carbonato de calcio, pueden representar ambientes más neríticos. El sistema químico de las muestras analizadas no parece haberse modificado por alteración, transporte o metamorfismo. El comportamiento de muchos elementos relevantes en el estudio de protolitos, sugiere que el metamorfismo fue isoquímico. Los diagramas de discriminación de ambientes tectónicos, apuntan a un margen activo como fuente de procedencia de los sedimentos. Recientes datos geocronológicos parecen indicar que el arco continental y la sedimentación del protolito, ocurrieron durante el Cámbrico.

Palabras clave: *Ectinitas El Jagüelito, Protolito, Geoquímica, Margen activo, Cámbrico*

ABSTRACT. *The siliclastic protolith of the El Jagüelito ectinites Río Negro provimce.* The sedimentary character of the El Jagüelito ectinites, within the classic sequence of the crystalline basement of eastern North Patagonian Massif has been established by protolith analysis. A range of studies from hand specimen to trace elements analysis and including micro section, single grain, banding relations and X-ray analysis were performed. The rocks are derived from pre-existing greywacke and lithic sandstone, of shale to sandy grain size. They were deposited within a deep-sea basin, as high-density current deposits coming from a magmatic arc. Sparse quartz- rich rocks and calcium- poor carbonate rocks may represent a more neritic environment. Weathering, transportation and diagenesis seem not to modify the HFS elements. The behaviour of chemical elements, which are relevant to protoliths, suggests that metamorphism was isochemical. Discriminate tectonic diagrams indicate an active margin as the source of the sediments. Recent data from the region seem to indicate a Cambrian age for the continental arc and protolith sedimentation.

Key words: *Ectinitas El Jagüelito, Protolith, Geochemistry, Active margin, Cambrian*

Introducción

Este trabajo, está dirigido a presentar el análisis del protolito de la secuencia metamórfica correspondiente a las Ectinitas El Jagüelito, mediante el estudio por microscopía, rayos X y análisis químicos de elementos mayoritarios y traza. A este fin se realizó un perfil detallado a 13 km al oeste de la mina Gonzalito, del que se seleccionaron 15 muestras, figura 1.

Entre los antecedentes más importantes sobre la descripción de estas rocas, merece destacarse Rosenman (1972). Este autor, describe a las ectinitas como filitas y esquistos cuarcíticos de grano fino y colores rojizos a grises oscuros, correspondientes al Paleozoico inferior y menciona la existencia de micropliegues.

Ramos (1975), las denomina Ectinitas El Jagüelito y

les asigna una edad probablemente precámbrica, sin descartar una posible edad eopaleozoica, describiéndolas como compuestas por esquistos cuarcíticos y pizarras de colores gris oscuro o pardo rojizo de grano fino. Indica contactos nítidos con los granitos pérmicos, reconociendo aureolas de contacto en las mismas.

Giacosa (1997, 2001), estudia con más detalle a esta unidad denominándola Formación El Jagüelito, e incluye rocas no mencionadas por Ramos (1975). Analiza la geología y la sedimentología del protolito, así como la estructura de la primera y segunda fases de deformacionales que afectaron a la unidad. Define los afloramientos de Aguada de Cecilio como constituidos por metamorfitas en facies de esquistos verdes (zona de la clorita) e integrados por metapelitas, metapsamitas y metaandesitas. Al oeste de la mina Gonzalito (donde

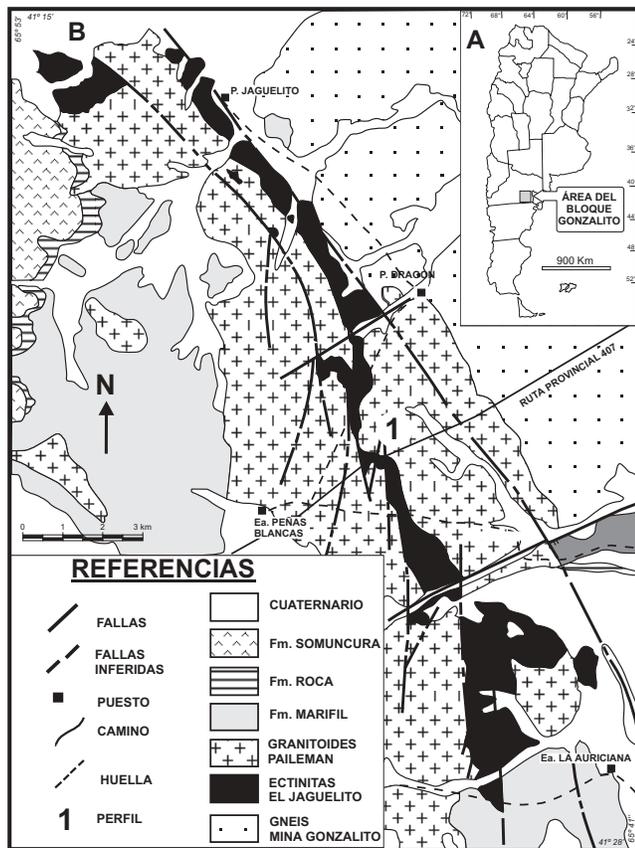


Figura 1: a, Mapa de ubicación del Bloque Gonzalito en el sector oriental del Macizo Norpatagónico. b, Mapa geológico de la región del Bloque Gonzalito mostrando los principales afloramientos de las Ectinitas El Jagüelito, la Falla El Jagüelito y las unidades de contacto con las mismas.

fue nominada la unidad) describe filitas cuarzosas, metagrauvas con clorita y biotita, metacuarcitas y pizarras. Análisis químicos y diagramas discriminantes, Giacosa (1997), sugieren precursores ígneos de naturaleza ácida a intermedia y un margen continental activo con varias fuentes de aporte de los sedimentos. Este autor propone una edad mínima anterior al límite Arenigiano-Tremadociano.

González *et al.* (2002), describen a la Formación El Jagüelito como constituida por metalimolitas y metafangolitas castañas, filitas verdes satinadas y metaques verdes, en estratos de hasta 1 m de potencia. Revelan en los bancos de metagrauvas, calcos en la base y relictos de estratificación entrecruzada. Las paragénesis estudiadas por estos autores habrían alcanzado la facies de esquistos verdes baja. Asimismo dan a conocer una asociación de trazas fósiles constituida por *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Planolites* y *Phycodes*. Estos icnogéneros y edades determinadas por Varela *et al.* (1997, 1998) les permitieron ubicar en el lapso Cámbrico-Tremadociano a la sedimentación de las Ectinitas El Jagüelito. Comparan a la unidad con rocas

equivalentes de la provincia de La Pampa, de las Sierras Pampeanas Orientales y del Noroeste argentino (Formación Puncoviscana).

Geología regional

En este trabajo se respeta la denominación original de Ectinitas El Jagüelito, dada por Ramos (1975). Esta unidad aflora en el sector oriental del Macizo Nordpatagónico, donde las rocas expuestas abarcan edades desde el Proterozoico superior hasta el Reciente. Esta región, ubicada hacia el SE de la provincia de Río Negro, comprendida entre los paralelos $41^{\circ} 10'$ y $41^{\circ} 28'$ y los meridianos $65^{\circ} 35'$ y $65^{\circ} 53'$ de longitud oeste, ocupa parte de los departamentos de Valcheta y San Antonio. El acceso se efectúa desde la ruta provincial 407, que conduce a la mina Gonzalito. Las poblaciones más importantes en la zona son: San Antonio Oeste (120 km al norte de la mina Gonzalito) y Sierra Grande (40 km al sur).

La estratigrafía general de la región fue establecida por Rosenman (1972), Ramos (1975) y Giacosa (1987, 1997, 2001). Las rocas más antiguas corresponden al Gneis Mina Gonzalito (Ramos 1975), posteriormente denominado Complejo Mina Gonzalito por Giacosa (1987), representado por esquistos y gneises ortoderivados y metasedimentarios, anfibolitas, paranfobolitas, metamorfitas calcosilicáticas, mármoles y un conjunto de granitoides leucocráticos foliados a masivos, sincinemáticos respecto del metamorfismo de grado más alto, perteneciente a la facies de anfibolita, Aragón *et al.* (1998) y Dalla Salda y Aragón (1994).

Las Ectinitas El Jagüelito afloran al oeste de la Falla El Jagüelito de manera saltuaria, como una faja discontinua y angosta de 35-40 km de desarrollo, siempre en relación con los Granitoides Pailemán. Los afloramientos se hallan desplazados por fallas secundarias de rumbo general E-NE. Las rocas predominantes son filitas cuarzosas y metagrauvas finas, y, en cantidades subordinadas, aparecen anfibolitas y esquistos anfibólicos. La esquistosidad está bien definida y se aprecia una lineación de crenulación.

Como Granitoides Pailemán, referidos al Ciclo Gondwánico, se incluyen en el área de estudio, en contacto con las Ectinitas El Jagüelito, un conjunto de plutones graníticos que evidencian deformaciones dúctiles homologables con las del Gneis Mina Gonzalito. Los diques triásicos son comunes, de composición basáltica a andesítica y hasta espesartítica cuando predominan los fenocristales de clinoanfíbol. La Formación Marifil se caracteriza por el dominio de ignimbritas riolíticas, aunque se reconocen facies lávicas apoyadas en las metamorfitas y algunas facies intrusivas que, en forma de diques, se disponen en sistemas de fracturas en general de rumbo O-NO en el área del Gneis Mina Gonzalito. Las unidades post-jurásicas son:

la Formación Roca (Maastrichtiano-Daniano) y los basaltos de meseta típicos del borde oriental del Macizo de Somuncura.

Características geológicas de las Ectinitas El Jagüelito

En el Bloque Gonzalito, las relaciones de campo de las Ectinitas El Jagüelito con sus rocas de contacto, se caracterizan por ser tectónicas con la Falla El Jagüelito (y otras menores, con milonitas y cataclasitas) o en contacto directo como roca de caja de los Granitoides Pailemán, figura 1. No se la encontró sobrepuesta a los Gneises Mina Gonzalito, como sería de esperar por su posición en secuencia.

Las capas de las metamorfitas, poseen al menos dos direcciones de deformación (D1 y D2) (Giacosa 1987). Es así que, tanto en imágenes satelitales como en fotos aéreas, es posible visualizar, repetidamente, una forma en “gancho o anzuelo” correspondiente a una figura de interferencia tipo F de Thiessen and Means (1980), estudiadas por Dalla Salda y Benialgo (2002). Este hecho, sumado a la intensa deformación por plegamiento en escala mesoscópica, hacen un tanto difícil definir el espesor real de la secuencia sin repetir capas en un muestreo. No obstante ello, calculamos un espesor tentativo para el total de la unidad de 400 m.

Los estratos se caracterizan morfológicamente por ser delgados y lenticulares. La mayoría de las rocas son bandeadas, en capas que no sobrepasan pocos milímetros. Ocasionalmente los estratos son más potentes y llegan al metro de espesor, pero no es raro ver que, dentro del mismo, existen capas de menor espesor (de los 10 cm a escasos milímetros). Giacosa (2001), menciona para las rocas de las inmediaciones del río Salado, una estratificación plano-paralela con alternancias de delgados bancos (10-20 cm), de pizarras y meta-grauvacas, pizarras con delgadas intercalaciones de metaareniscas (4-10 cm de espesor) y bancos macizos de cuarcitas.

Las estructuras de estratificación son de pequeña escala y consisten en diferentes tipos de laminación, generalmente intergradacionales. La detección de las diferencias granulométricas está basada en cambios de color, dado que los granos no son usualmente visibles. Como regla general, podemos decir que los colores claros revelan mayor tamaño de grano. La fina laminación se revela por la alternancia de bandas claras y oscuras, del orden del milímetro de espesor, que se acuñan lateralmente (*pinch out*). El material de las capas más claras, parece provenir de un protolito de arena fina a limo cuarzo-feldespático. Giacosa (2001) menciona estructuras entrecruzadas, calcos de flujo y carga y muy escasos componentes sabulíticos.

Las rocas, cuando son micáceas y de grano fino (protolito pelítico), presentan un clivaje muy apretado, o muy delgados microlitones separados por planos de

esquistosidad. Las cloritas y otras micas, se disponen en forma paralela y crecidas siguiendo planos preferentes (sectores arcillosos del protolito).

Las estructuras de deformación

Rosenman (1972), menciona micropliegues con una longitud de onda de 10 cm y una amplitud de 2 centímetros. Giacosa (2001), reconoce estratificación, pliegues, micropliegues, boudinage, clivaje pizarreño, venas de cuarzo como rellenos de fracturas, fallas y estrías por flexodeslizamiento. Describe la estratificación con un rumbo N-NO y N-NE con inclinaciones siempre al oeste, con valores entre 60° y 80°. En tanto que, un clivaje pizarreño, inclinaría al NO o SO. En general, los pliegues tienen direcciones N 190°-200° inclinando 20° a 40° y están volcados con variados diseños. Propone que la edad de la sedimentación y su posterior metamorfismo y deformación, tuvieron lugar durante el Cámbrico y Ordovícico temprano.

González *et al.* (2002), indican que las metasedimentitas poseen una estratificación original de orientación N-NO S-SE a N-S, e inclinaciones de 65° a 89° al O-SO o al O. Describen calcos en la base y relictos de estratificación entrecruzada en los bancos de meta-grauvacas y un clivaje S1 de rumbo N-NO S-SE, e inclinación de 60° a 89° al O coincidente con S0.

A lo largo de la faja delgada de afloramientos de las Ectinitas El Jagüelito, se reconocieron a escala megascópica en las imágenes satelitales (Dalla Salda y Benialgo 2002), dos formas estructurales que se interpretaron como figuras de interferencia. El tamaño de las figuras varía entre 1200 a 1500 m en su largo mayor, y los pliegues poseen una media longitud de onda de unos 600 metros. Las figuras se interpretan como de tipo F (según Thiessen and Means 1980). La primera dirección (F1), es de escala menor que la segunda y se orienta N220/45S. Sus pliegues con cerrados (bajo ángulo interlimbos) y de crestas aguzadas, semejándose algunos a los pliegues tipo *kink*. Estas estructuras son muy similares a las mesoscópicas que se describieron como deformando a S0 (estratificación).

La segunda dirección (F2) N10°, coincide con una ya determinada en el Gneis Mina Gonzalito, por lo que se presume que la misma afectó a ambas unidades del basamento. Es así que, considerando la posible edad de sedimentación del protolito de las metamorfitas como del Precámbrico más tardío al Ordovícico más temprano, sospechamos que esta segunda fase de deformación coincide con el Tacónico (Oclóyico).

Petrografía de las rocas

Las rocas del perfil estudiado son principalmente esquistos cuarzo-feldespáticos con muscovita y clorita, y, eventualmente, biotita íntimamente asociada a la

Cuadro 1: Resultado de la determinación mineral y análisis semi-cuantitativo realizado por difracción de rayos X. Las rocas del perfil estudiado son principalmente esquistos cuarzo-feldespáticos con muscovita, eventualmente biotita y clorita. Q=cuarzo, Pl=plagioclasa, FK=feldespato potásico, Cl=clorita, Mu=muscovita y/o biotita y Ca=calcita. ma>50%, a=5-50%, m=10-25%, me=1-5% y Tr= <1%.

Muestras	MJS-2	MJS-4	MJS-5	MJS-7	MJ+S-1	MJ+S-3	MJ+S-9	MJ+S-11	MJ+S-13	MJ+S-5	MJ+S-7	MJ-7	MJ-5	MJ-3
Q	ma	ma	ma	ma	a	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma	a
Pl	m	m	m	m	e	m	e	m	e	a	e	m	m	m
FK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tr	-	-	-
Cl	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	a	m	a
Mu	m	m	a	a	a	a	a	a	m	e	a	a	a	m
Ca	-	Tr	-	me	-	-	-	-	ma	-	me	-	-	-

muscovita (Cuadro 1). Presentan colores grises verdosos, castaños rojizos y grises, y tamaño de grano mediano a fino, con bandeo fino y lenticular y esquistosidad no muy penetrativa, que usualmente se encuentra replegada. Entre las rocas hay variedades que muestran delgadas venillas cuarzosas, normalmente paralelas a la esquistosidad. Las más micáceas son filitas cuarzo-feldespáticas gris verdosas, que predominan en el sector oeste del perfil. Algunas otras rocas se parecen cuarcitas o milonitas de colores castaños y violáceos.

Se eligieron para el muestreo de este estudio, rocas de tamaño limo-grueso, arena fina y libre de carbonatos, y algunas filitas. Al examen microscópico (se midieron en 15 cortes delgados 200 puntos determinando composición, tamaño del mineral y espesor del bandeo), los cortes delgados exhiben una microfábrica sedimentaria, constituida por un bandeamiento correspondiente a una estratificación heredada (S0), en el que se intercalan capas de tectosilicatos (principalmente cuarzo), y, en menor proporción, plagioclasa, muy escaso feldespato potásico y capas de filosilicatos (muscovita, clorita y en menor proporción biotita). Las capas de tectosilicatos, que muestran una textura granoblástica, generalmente son discontinuas y lenticulares; a veces son más continuas y alargadas, y ocasionalmente, componen una forma casi esférica completamente rodeada por filosilicatos. El espesor promedio de las capas de tectosilicatos es de 0,60 mm, con espesores mínimos de 0,25 y máximos de 3 milímetros. El tamaño de sus componentes individuales (tamaño de grano primario), oscila entre 0,04 mm (limo grueso) y 0,19 mm (arena fina), predominando los tamaños arena muy fina y limo grueso. (Cuadro 2).

El espesor de las capas de filosilicatos varía entre 0,15 mm a 4,5 mm, con un promedio de 0,76 milímetros. A veces las rocas de filosilicatos no son bandeadas y presentan una franca textura lepidoblástica. En estos casos, no se midió el tamaño de grano por suponer que el material original era un argilomineral.

El cuarzo con extinción normal es el mineral más abundante; sólo de manera ocasional tienen extinción ondulante. La plagioclasa es escasa, fresca y presenta maclas tipo albita. Entre los filosilicatos dominan la muscovita y la clorita, observándose además, sericita

y biotita. Los minerales accesorios son turmalina, apatita, epidoto, circón y titanita. También son comunes los minerales opacos y óxidos de hierro, y, muy ocasionalmente, aparecen delgadas venillas de cuarzo y calcita.

Geoquímica

Elementos mayoritarios; el protolito.

Los análisis de elementos mayoritarios y traza (Cuadro 3), que fueron realizados en Actlab (Canadá) por técnicas de ICP, son consistentes con un origen detrítico para las rocas estudiadas, y sugieren que la deposición tuvo lugar sin importantes cambios químicos por alteración o transporte. Mientras que algunas rocas muestran poca variación en SiO_2 y Al_2O_3 , las micáceas están fuertemente diferenciadas entre variedades ricas en SiO_2 por un lado y ricas en Al_2O_3 por otro. Se observa una fuerte correlación negativa entre estos dos componentes y se presenta un espectro de composiciones entre protolitos ricos en cuarzo y protolitos ricos en arcillas, figura 2.

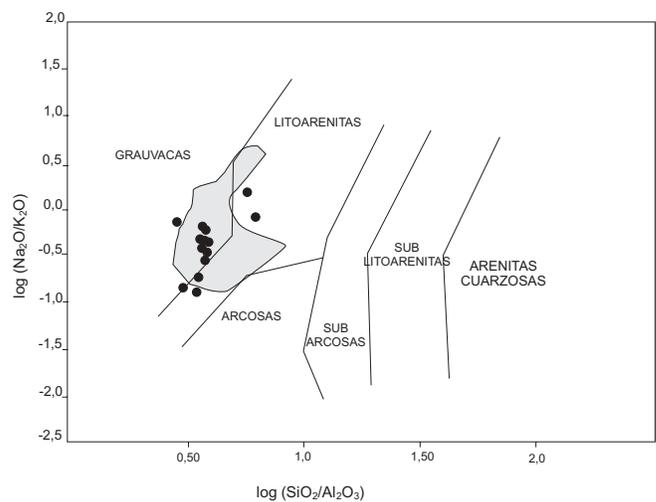


Figura 2: Campos composicionales de los protolitos metamórficos, según Pettijohn *et al.* 1973. El campo grisado corresponde a los análisis de Giacosa (1997).

Cuadro 2: Espesor de estratos, tamaño de grano y composición mineral. (1) T=Espesor de capas de tectosilicatos; (2) F=Espesor de capas de filosilicatos; (3) Tamaño medio de grano de capas de tectosilicatos en milímetros; (4) % de capas de tectosilicatos en cada roca y (5) % de capas de filosilicatos en cada roca.

MUESTRA	(1) E capas (T) mm	(2) E capas (F) mm	(3) (T)	(4) (T)	(5) (F)
MJ-3	0,53	-	0,0500	37,00	63,00
MJ-5	0,75	0,80	0,0400	43,00	57,00
MJ-7	0,60	0,73	0,0550	28,00	72,00
MJS-1	0,78	0,50	0,0560	38,50	61,50
MJS-2	0,54	0,60	0,7700	42,50	57,50
MJS-3	0,48	0,65	0,0618	36,00	64,00
MJS-4	0,50	0,77	0,0616	36,00	64,00
MJS-7	0,71	0,89	0,0580	31,50	68,50
MJS +7	0,46	1,50	0,0840	24,50	75,50
MJS 5b	0,90	0,50	0,0700	51,00	49,00
MJS +11	0,40	0,67	0,0740	27,50	72,50
MJS +9	0,60	-	0,0620	19,00	81,00
MJS +13	-	-	0,1900	77,00	23,00

De acuerdo a sus contenidos en SiO₂, la mayoría de las rocas analizadas son cuarzo-intermedias o cuarzo-ricas. El diagrama de la figura 2 indica como posibles protolitos a arenitas líticas y grauvacas.

La SiO₂ varía entre 50 y 72%, pero la mayoría de las rocas oscilan entre 60 y 64%. El contenido en Al₂O₃ varía entre 16 y 18% y el de Fe₂O₃ lo hace en torno a un 7% (excepto en una muestra que alcanza el 18%). Las rocas son de bajo Ca (menos de 0,8% de CaO). Los contenidos de K₂O y Na₂O de las metamorfitas son bastante similares y varían entre 2 y 5%. El K₂O parece estar relacionado al Al₂O₃; a mayor cantidad de Al₂O₃ mayor K₂O (Fig. 3), en tanto que el Na₂O permanece

constante. La dependencia del K₂O con el incremento de la Al₂O₃ y su divergencia del Na₂O, sugieren el comportamiento geoquímico de los metales alcalinos durante la alteración química. El K₂O en particular, es fácilmente absorbido por el Al(OH)₃ de las arcillas de depósitos arcillosos terrestres y marinos.

El índice de alteración CIA (Nesbitt and Young 1982) para las muestras de Ectinitas El Jagüelito, muestra valores de 75 a 80%. Este índice es un indicador de cambios químicos en la roca debido a alteración y conversión de feldespatos, vidrio volcánico y otros componentes lábiles. Estos valores tan altos en las Ectinitas El Jagüelito, reflejan un grado alto de enriquecimiento en Al₂O₃ respecto a álcalis y Ca. Este indicador, conjuntamente con la presencia de plagioclasa fresca y muscovita en lugar de feldespato potásico (Cuadro 1), sumado a la alta correlación Al₂O₃/K₂O, sugiere una importante removilización de Na₂O y K₂O durante los procesos diagenéticos y metamórficos de bajo grado que afectaron esta secuencia.

Elementos minoritarios y ambiente tectónico.

Los elementos traza HFS con baja susceptibilidad a ser removidos o movilizadas por los procesos de meteorización, diagénesis o metamorfismo, mantienen la identidad geoquímica de las rocas madres. Así, la evaluación del ambiente tectónico parece más factible, dado el comportamiento de estos elementos durante las condiciones de presión y temperatura posdeposicionales y la inmovilidad durante la meteorización y el reciclado. Los HFS, principalmente el Th, U, Zr, Hf, Ta, Nb, y Ti, son útiles para estos análisis discriminarios del ambiente tectónico (Bhatia and Crook 1986; McLennan 1989; McLennan *et al.* 1993; Roser *et al.* 1986 y Rollinson 1993).

Cuadro 3: Análisis químicos de rocas seleccionadas de las Ectinitas El Jagüelito. Los óxidos se muestran en porcentajes y los elementos traza en partes por millón.

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3t}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Sc	Th	La	Ce	Nd	Lu	Zr
EL JAGUE	69,72	13,69	5,43	0,10	1,92	0,79	3,04	2,58	0,75	0,19	9,90	9,80	36,10	80	36	0,46	239
MJ-3	50,09	17,74	18,53	0,47	2,10	0,55	2,26	2,84	0,72	0,16	12,00	9,50	29,90	65	25	0,47	240
MJ-5	63,09	16,67	6,61	0,17	2,46	0,60	2,03	3,91	0,79	0,16	16,00	11,00	38,50	76	37	0,44	165
MJ-7	61,06	16,77	7,24	0,16	3,05	0,66	1,46	4,19	0,79	0,16	17,00	9,90	36,20	83	27	0,48	164
MJS-2	63,25	16,01	6,88	0,31	2,98	1,28	1,50	3,55	0,75	0,16	15,00	9,00	34,10	71	31	0,45	147
MJS-4	61,13	16,92	7,15	0,35	3,14	1,29	1,75	4,00	0,82	0,17	16,00	7,90	34,40	72	31	0,44	156
MJS-5	61,74	17,29	7,61	0,15	2,99	0,52	1,47	4,17	0,80	0,15	17,00	11,00	38,80	77	37	0,44	164
MJS-7	63,51	16,32	7,14	0,17	2,94	0,56	1,95	3,89	0,73	0,12	15,00	7,40	35,50	69	28	0,37	139
MJ+S-1	55,34	20,35	8,73	0,23	3,10	0,54	1,44	5,34	0,96	0,16	21,00	10,00	35,50	73	27	0,42	176
MJ+S-3	62,05	17,27	7,37	0,13	2,79	0,52	1,53	4,73	0,84	0,18	16,00	12,00	33,10	78	32	0,46	189
MJ+S-5	72,64	12,13	4,72	0,17	2,40	0,70	2,61	1,61	0,61	0,18	8,80	8,60	24,60	58	21	0,45	155
MJ+S-7	61,94	18,18	7,06	0,18	1,84	0,74	0,58	5,20	0,76	0,15	16,00	10,00	38,00	84	35	0,48	141
MJ+S-9	60,57	17,59	6,81	0,13	2,63	0,72	1,23	4,23	0,76	0,15	16,00	11,00	29,80	63	28	0,47	167
MJ+S-11	62,43	16,82	6,83	0,26	2,69	0,59	1,76	3,98	0,77	0,16	16,00	12,00	34,70	68	32	0,46	158
MJ+S-13	72,29	11,52	5,70	0,22	2,24	0,84	1,48	2,31	0,52	0,13	11,00	7,80	20,80	53	16	0,40	107

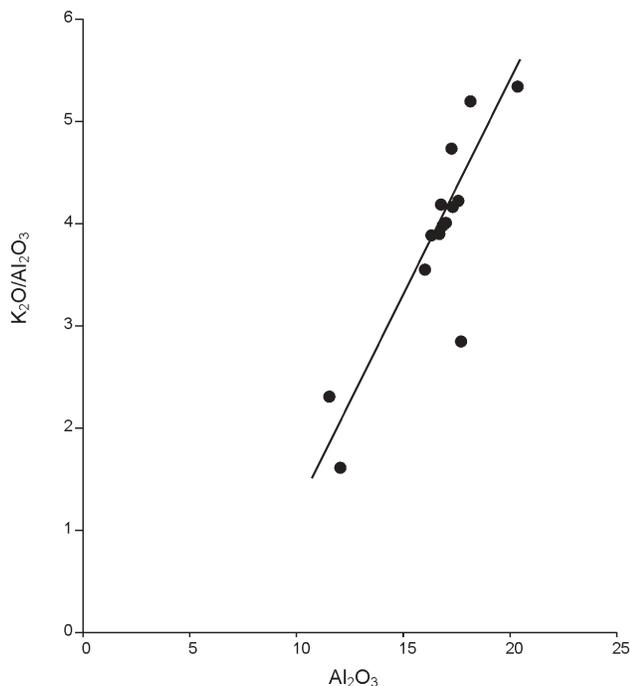


Figura 3: Diagrama de variación K_2O/Al_2O_3 - Al_2O_3 , mostrando una correlación positiva.

Las relaciones entre La/Sc y Ti/Zr , fueron utilizadas con éxito para discriminar entre arcos islándicos, arcos continentales activos y bordes pasivos (Bhatia and Crook 1986), pudiéndose observar la tendencia de las Ectinitas El Jagüelito (Fig. 4), a mantener valores La/Sc moderados y con poca dispersión, en un intervalo de valores que se corresponden al de arcos de islas continentales y al de turbiditas derivadas de un margen de arco continental. Por otra parte, las elevadas relaciones Ti/Zr circunscriben la procedencia a turbiditas de margen continental activo. La presencia de una población más rica en Zr respecto de otra más rica en Ti , sugiere fuentes volcánicas ácidas y básicas para los materiales detríticos; ésta es una característica adicional para interpretar a estas rocas como derivadas de un margen continental activo.

Un resultado similar se obtuvo con el diagrama triangular Sc , $Zr/10$ y Th de Bhatia and Crook (1986), donde la mayoría de las rocas se ubican en el campo de las turbiditas recientes de mar profundo, derivadas y depositadas en un margen de arco continental (Fig. 5). En la figura 6, se muestra el diagrama de Roser and Korsch (1986), donde las muestras corresponden al campo de margen continental activo. Nótese la coincidencia con los datos geoquímicos aportados por Giacosa (1997).

Discusión

La ritmicidad a nivel microscópico y mesoscópico de láminas de tectosilicatos y filosilicatos, como también la composición química reflejada en los diagramas dis-

criminantes de rocas sedimentarias, figura 2, indican la presencia de una secuencia de grauvacas y arenitas líticas. Por otra parte, la gran linealidad en la distribución de los elementos mayoritarios, figura 3, está reflejando la redistribución de los elementos durante los procesos diagenéticos y metamórficos de bajo grado, y la posible influencia ígnea de las áreas de aporte. Los elementos traza inmóviles, figuras 4 y 5, como así también los elementos mayoritarios, figura 6, señalan que la actividad ígnea mencionada precedentemente, corresponde a un ambiente geotectónico de margen continental activo.

Este margen continental activo, de acuerdo a las edades radiométricas antes mencionadas, parece haberse desarrollado durante el Cámbrico. Como se mencionó, Pankhurst *et al.* (2001) obtuvieron edades U/Pb del Gneis Mina Gonzalito, que interpretaron como un evento metamórfico de alto grado de alrededor de 470 Ma, contemporáneo con el Famatiniano del margen oeste de Gondwana. Esta nueva información permitiría aseverar que el Gneis Mina Gonzalito y las Ectinitas El Jagüelito sufrieron un mismo metamorfismo regional Famatiniano. Estos autores además indican que, la distribución del modelo de edad de circones en el rango 500 a 1100 Ma, es similar a aquella de la sedimenta-

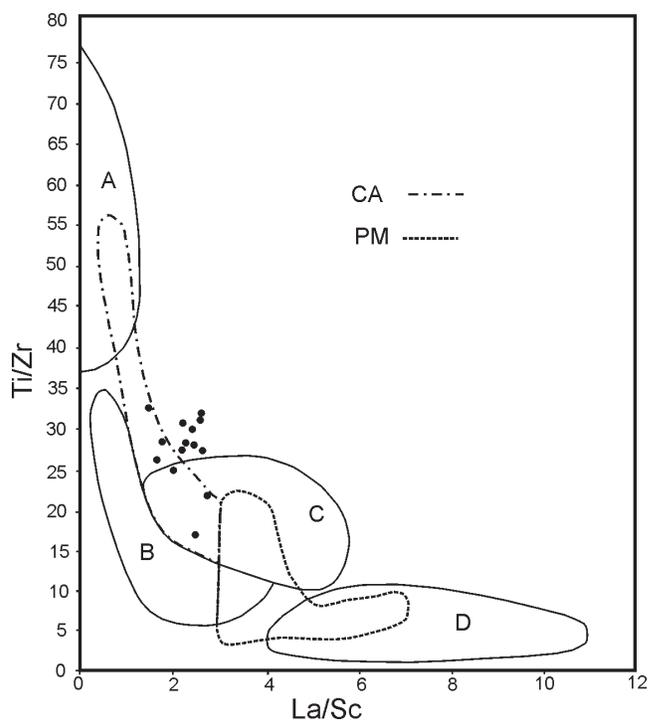


Figura 4: Relaciones entre La/Sc y Ti/Zr , discriminantes entre arcos islándicos, arcos continentales activos y bordes pasivos (Bhatia and Crook 1986). Puede observarse la tendencia de las Ectinitas El Jagüelito a ubicarse en el campo de las turbiditas relacionadas a márgenes continentales activos. A = arco de isla oceánico. B = arco de isla continental. C = margen continental activo. CA = turbiditas recientes de mar profundo derivadas y depositadas en un margen continental activo. PM = turbiditas recientes de mar profundo derivadas y depositadas en un margen pasivo.

ción del protolito de la secuencia de las Ectinitas El Jagüelito, interpretando también que la depositación de esta unidad fue posterior al plutonismo Brasiliano postectónico. Es así que entendemos que en la región del Bloque Gonzalito debió desarrollarse un arco andino típico de subducción, mientras que al oeste del mismo (y de acuerdo con la edad antes señalada), se ubicaría un brazo de océano.

Cabe señalar finalmente que las rocas de las Ectinitas El Jagüelito tienen varios puntos en común (e.j. trazas fósiles, litología, etapas deformativas, nivel de metamorfismo), con otras unidades al norte de la Patagonia, como las rocas descritas en La Pampa del Complejo Metamórfico Las Piedras (Tickyj *et al.* 1999), la Formación San Luis (Prozzi y Ramos 1988), y de las Formaciones Aguaditas-Negro Peinado en el Famatina, Suncho en Catamarca y Puncoviscana en el NOA (Aceñolaza y Durand 1986). Es así que, como lo adelantaron González *et al.* (2002), es factible interpretar que las Ectinitas El Jagüelito, y estas unidades correlacionables hacia el norte, se originaron en un ambiente muy similar, durante una misma etapa y sobre un único continente, situación que limitaría aún más la posible aloctonia de la Patagonia durante el Paleozoico.

Conclusiones

La combinación del análisis petrográfico y geoquímico de las rocas aluminosilicáticas de las Ectinitas El Jagüelito, ha permitido caracterizarlas como derivadas de un protolito de grauwacas y arenitas líticas,

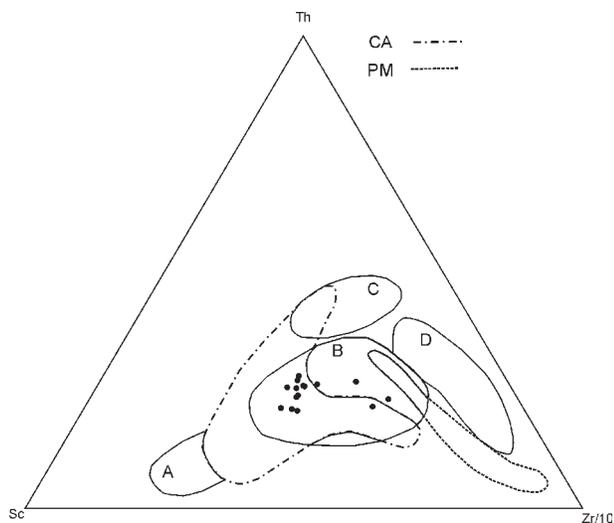


Figura 5: Diagrama triangular Sc, Zr/10 y Th (Bhatia and Crook 1986). La mayoría de las rocas se ubican en el campo de las turbiditas recientes de mar profundo derivadas y depositadas en un margen de arco continental. A = arco de isla oceánico. B = arco de isla continental. C = margen continental activo. D = margen pasivo. CA = turbiditas recientes de mar profundo derivadas y depositadas en un margen de arco continental PM = turbiditas recientes de mar profundo derivadas y depositadas en un margen pasivo.

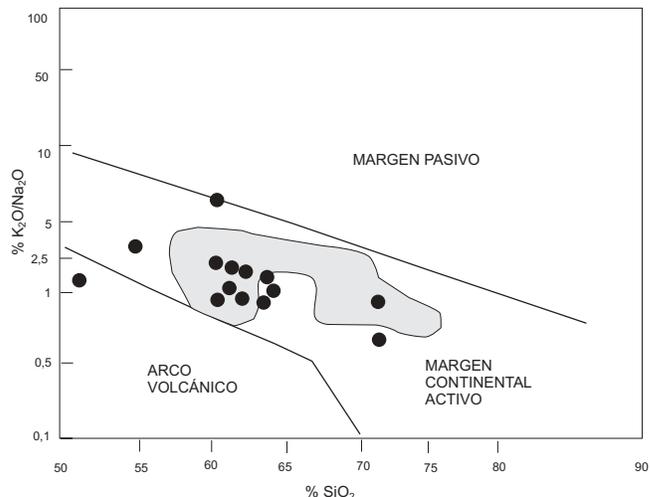


Figura 6: Diagrama discriminante de ambientes tectónicos, según Roser and Korsch 1986. Nótese la concordancia con datos de Giacosa (1997) campo grisado. Las rocas se ubican en el campo de un margen continental activo.

compuesto por materiales provenientes de un arco magmático evolucionado sobre un margen continental activo. La determinación de la proveniencia basada en elementos mayoritarios, coincide con la de los elementos minoritarios. Dicho borde continental activo, se desarrolló sobre el autóctono sudamericano probablemente durante el Cámbrico.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el subsidio PID 033 de la Agencia de Promoción Científica y Técnica. Se agradece al Dr. Daniel Poiré y al Lic. Jorge Maggi por las determinaciones por difracción de rayos X. A los Drs. Luis A. Spalletti y Marcelo Manassero por sus comentarios y la lectura crítica del manuscrito, al Dr. Julio César Merodio por su colaboración con la interpretación estadística de la población estudiada, y a los árbitros por las correcciones y sugerencias realizadas.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aceñolaza, F. and Durand, F., 1986. Upper Precambrian-Lower Cambrian biota from the northwest of Argentina. *Geological Magazine* 123 (4): 367-375.

Aragón, E., Dalla Salda L. H., López de Luchi, M., Benialgo, A., and Di Lello, C., 1998. Gonzalito District: Lithology and Geochemistry of ore bearing metalliferous rocks. *Actas X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica*, 3: 199. Buenos Aires.

Bathia, M. and Crook, K. 1986. Trace elements characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92: 181-193.

- Dalla Salda, L. y Aragón, E., 1994. Yacimientos polideformados de Pb, Ag y Zn: Distrito Gonzalito. 7° Congreso Geológico Chileno, 2: 786-790. Santiago de Chile.
- Dalla Salda, L. y Benialgo, A. 2002. Figuras de interferencia en las Ectinitas El Jaguelito. En: Cabaleri, N., Cingolani, C., Linares, E., López de Luchi, M., Ostera, H. y Panarello, H. (Eds.). Actas XV Congreso Geológico Argentino. CD ROM, artículo 162. 4pp., Buenos Aires.
- Giacosa, R. E., 1987. Caracterización de un sector del Basamento Metamórfico-migmatítico en el extremo sudoriental del Macizo Norpatagónico, Provincia de Río Negro, Argentina. Actas 10 Congreso Geológico Argentino, 3: 51-54, San Miguel de Tucumán.
- Giacosa, R., 1997. Geología y petrología de las rocas pre-cretácicas de la región de Sierra Pailemán, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52 (1):65-80. Buenos Aires.
- Giacosa, R. 2001. Zonas de cizalla frágil-dúctil neopaleozoicas en el nordeste de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 56 (2):131-140. Buenos Aires.
- González, P., Poiré, D. y Varela R. 2002. Hallazgo de trazas fósiles en la Formación El Jagüelito y su relación con la edad de las metasedimentitas, Macizo Norpatagónico Oriental, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 57:(1) 35-44. Buenos Aires.
- McLennan, S. 1989. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks: influence of provenance and sedimentary processes. Reviews in Mineralogy, 21: 169-200.
- McLennan, S., Hemmings, S., McDaniel, D. and Hanson, G. 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Jhonsson, M and Basu, A (Eds). Processes controlling the composition of clastic sediments. Geological Society of America. Special Paper, 285:21-40.
- Nesbitt, W. and Young, G.M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 299:715-717.
- Pankhurst, R., Rapela, C. and Fanning, C., 2001. The Mina Gonzalito Gneiss: early Ordovician metamorphism in Northern Patagonia. Comunicaciones, 52:162. Santiago de Chile.
- Pettijhon, F., Potter, P. y Siever, R. 1973. Sands and sanstones. Springer (Ed). 618p. Berlin.
- Prozzi, C y Ramos, G., 1988. La Formación San Luis. Resúmenes 1 Jornadas de Trabajo de Sierras Pampeanas, 1:1. San Luis.
- Ramos, V. A., 1975. Geología del Sector Oriental del Macizo Nordpatagónico entre Aguada Capitán y la Mina Gonzalito, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 30 (3): 274-285. Buenos Aires.
- Rollinson, H.R. 1993. Using Geochemical Data; Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman (Ed.), 352 p. London.
- Rosenman, H. L., 1972. Geología de la región del Arroyo los Berros (vertiente oriental de la Meseta de Somoncuro), Provincia de Río Negro, Republica Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 27 (1); 117-137. Buenos Aires.
- Roser, B. and Korsch, R. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites determined using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. Journal of Geology, 94:635-650.
- Thiessen, R. and Means, W., 1980. Classification of fold interference patterns: a re-examination. Journal Structural Geology, 2, 3: 311-316.
- Tickyj, H., Llambías, E. y Sato, A., 1999. El basamento cristalino de la región sur-oriental de la Provincia de La Pampa: extensión austral del Orogénio Famatiniano de Sierras Pampeanas. Actas 14 Congreso Geológico Argentino, 1:160-163. Salta.
- Varela, R; Cingolani, C.; Sato, A.; Dalla Salda, L.; Brito Neves, B.B.; Basei, M., Siga, O. and Teixeira, W. 1997. Proterozoic and Paleozoic evolution of Atlantic area of North-Patagonian Massif, Argentine. South-American Symposium on Isotope Geology. 326-328. San Pablo, Brasil.
- Varela, R, Basei, M.A.S., Sato, A.M., Siga Jr. O., Cingolani, C.A. y Sato, K., 1998. Edades Isotópicas Rb/Sr y U/Pb en rocas de Mina Gonzalito y Arroyo Salado. Macizo Norpatagónico Atlántico, Río Negro, Argentina. Actas 10 Congreso Latinoamericano de Geología y 6 Congreso Nacional de Geología Económica, 1: 71-76. Buenos Aires.

Recibido: 30 de noviembre, 2001

Aceptado: 14 de abril, 2003