

Una plataforma calcárea en el Complejo Mina Gonzalito, provincia de Río Negro

Luis H. DALLA SALDA¹, Eugenio ARAGÓN¹, Alfredo BENIALGO¹ y Carlos PEZZOTTI¹

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

RESUMEN. Este trabajo trata sobre la descripción e interpretación de un perfil con mármoles calcíticos y dolomíticos zona granate, que afloran al sur del Complejo Mina Gonzalito cerca del arroyo Salado. Estos mármoles, que siguen una figura de interferencia antiformal, representan parte de un banco carbonático desarrollado en un período de trasgresión marina durante un rift. Dos bancos dolomíticos se destacan en la sección superior del perfil. La geoquímica prueba un aumento de MnO y MgO hacia la sección inferior. La sección superior muestra bajos contenidos de Na₂O, mientras que la inferior está enriquecida en él. Los mármoles dolomíticos tienen un mayor contenido en SiO₂, Ti, Ba y relación SiO₂/Al₂O₃ que los calcíticos. La variación química a lo largo del perfil hace suponer que no hay repeticiones ni migraciones químicas, interpretándose a la sucesión como correspondiente a un único ciclo de sedimentación. La actitud concordante de los mármoles con las rocas del Complejo Mina Gonzalito, indica que estas rocas fueron parte de una plataforma cercana a la costa, cuyas rocas más profundas se ubicaban hacia el norte, relacionadas a su vez, con algo del vulcanismo asociado a la mineralización de Gonzalito. El metamorfismo regional que afectó los mármoles durante el Paleozoico inferior, no modificó mayormente la composición del protolito.

Palabras clave: Mármoles, Complejo Mina Gonzalito, rifting, Cámbrico, Macizo Nordpatagónico oriental.

ABSTRACT. *A calcareous platform on the Mina Gonzalito Complex, Río Negro Province.* A succession of garnet zone calcitic and dolomitic marbles cropping out to the south of the Mina Gonzalito Complex, near the Río Salado represent part of a carbonate bank developed during a transgressive episode of a continental rifting. The marbles occur in a complex antiformal interference structure. At the top of the section, two dolomitic marbles are conspicuous. Their geochemistry shows an increase in MnO and MgO towards the base of the sequence. The upper part of the section shows a low Na₂O content whereas the lower part is Na₂O rich. SiO₂, Ti, Ba and SiO₂/Al₂O₃ relation indicate a higher content [of what?] in the dolomitic marbles. The conformable attitude of the marbles with the Mina Gonzalito Complex indicates that they were part of the near-shore platform with deeper-water rocks to the north, in turn related to volcanism associated with Gonzalito mineralization. The Lower Palaeozoic regional metamorphic event that affected the marbles modified the composition of the protolith very little.

Key words: Marbles, Mina Gonzalito Complex, rifting, Cambrian, Eastern Northpatagonian Massif.

Introducción

Ramos (1975) distingue dentro del Complejo Mina Gonzalito, a unos 3 km al SE de la estancia La Auriciana y al norte del lecho del arroyo Salado (Fig. 1b), lentes de caliza cristalina anteriormente citados por Wichmann (1927). Giacosa (1997) menciona en el sector sur de los afloramientos correspondientes al Complejo Mina Gonzalito, a unos 5 km al este de la Estancia La Auriciana y sobre el arroyo Salado, mármoles asociados con esquistos biotíticos de grano fino (Fig. 1b). Describe cuerpos de rumbo N-S inclinando al este de 400 a 1700 m de largo y espesor de 30 a 60 m en la estancia La Auriciana, y potentes bancos como el de la cantera Santa Adela de 3500 por 200 m y otro ubicado al suroeste de 400 m de longitud y 800 m de ancho, en el arroyo Salado. Clasifica a la mayoría de estas rocas como dolomíticas con muscovita y cuarzo.

Otra mención en regiones cercanas fue realizada por Sesana (1974), quien cita calizas cristalinas levemente magnesianas de textura granoblástica en el Paraje de El Tembrao (Fig. 1a), a unos 20 km al O de la localidad de Sierra Pailemán, asociadas a rocas similares al Complejo Mina Gonzalito. Finalmente Rosenman (1972), indica la presencia de calizas cristalinas en el puesto Durazno, próximo a la localidad de Arroyo Los Berros (Fig. 1a), incluyéndolas en sus rocas metamórficas de alto grado.

En este trabajo se describe e interpreta una secuencia de mármoles y rocas metamórficas calcosilicáticas, que forman parte del conjunto denominado Complejo Mina Gonzalito. Esta secuencia, que aflora hacia el sur del denominado Bloque Gonzalito, compone una plataforma marcando la línea de costa de un rift de la cuenca neoproterozoica del conjunto metamórfico (Aragón *et al.* 1998, 1999; Dalla Salda y Aragón, 1994; Dalla Salda *et al.* 1998).

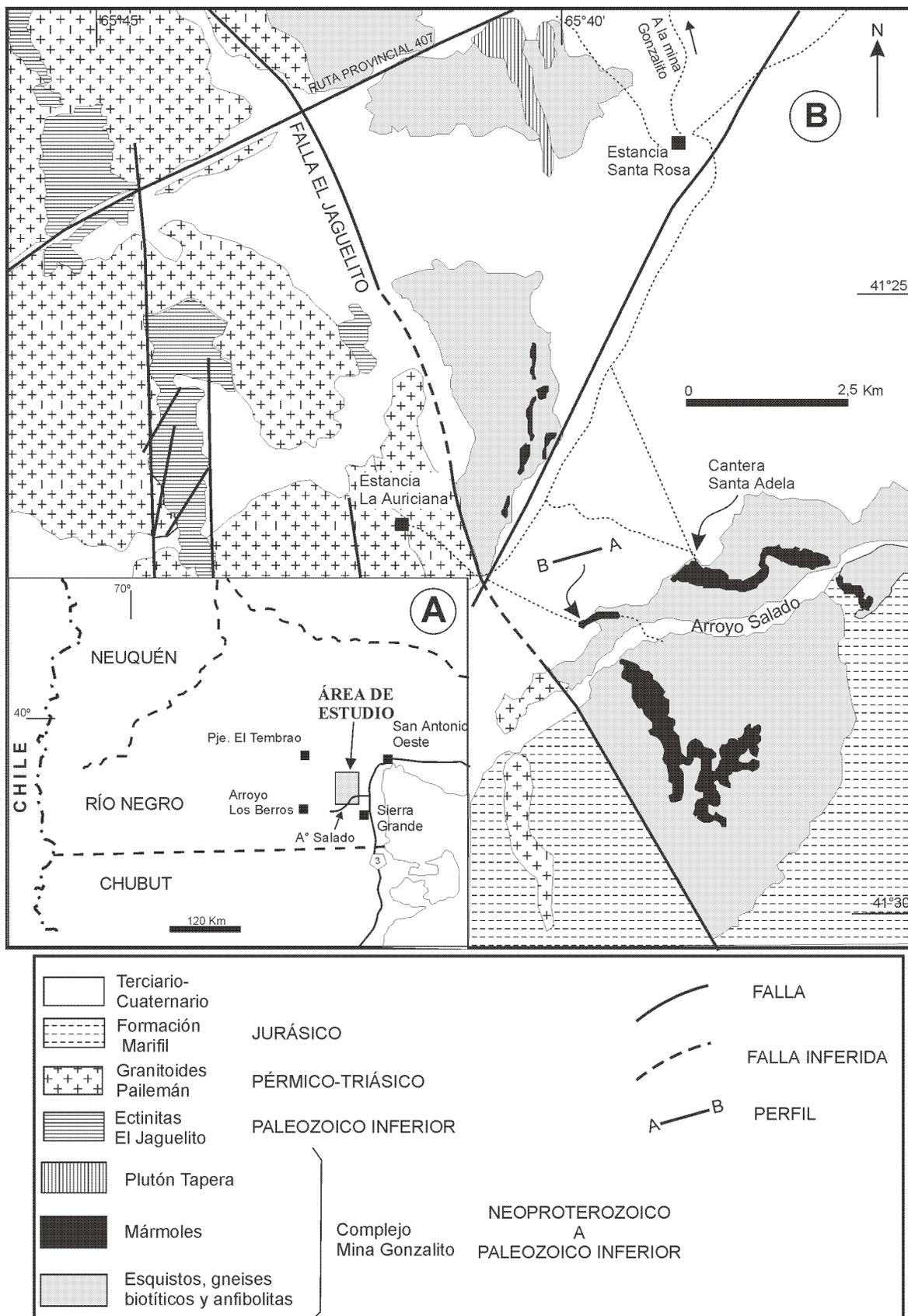


Figura 1: a, mapa de ubicación de la región del sector oriental del Macizo Nordpatagónico. b, mapa geológico de la región sur del Bloque Gonzalito mostrando los principales afloramientos del banco carbonático.

Marco geológico regional

El área de trabajo se ubica al SE de la provincia de Río Negro y está comprendida entre los paralelos 41° 10' y 41° 28' de latitud sur y los meridianos 65° 35' y 65° 46' de longitud oeste, (Fig. 1a). El acceso a las localidades estudiadas se efectúa desde la ruta provincial 407. Las poblaciones más importantes en la zona son San Antonio Oeste (120 km al norte de Mina Gonzalito) y Sierra Grande (40 km al sur). Se halla situada en el sector oriental del Macizo Nordpatagónico y las unidades expuestas abarcan desde el Proterozoico superior hasta el Reciente.

La estratigrafía general de la zona fue establecida por Rosenman (1972), Ramos (1975), Vallés (1978) y Giacosa (1987, 1997, 2001). La denominación original de Gneis Mina Gonzalito corresponde a Ramos (1975), siendo rebautizada por Giacosa (1987) como Complejo Mina Gonzalito. La litología está representada por esquistos y gneises ortoderivados y metasedimentarios, anfíbolitas, cuarcitas, metamorfitas calcosilicáticas, mármoles dolomíticos y calcíticos y un conjunto de granitoides leucocráticos (como el granito La Tapera) sincinemáticos respecto del metamorfismo de grado más alto reconocido (facies anfíbolita). Para más detalles ver Dalla Salda y Aragón (1994), Dalla Salda *et al.* (1998) y Aragón *et al.* (1998). En estos dos últimos trabajos, la mineralización de Gonzalito se interpretó como de tipo sedex.

El Complejo Mina Gonzalito constituye el encajonante del banco carbonático que aquí se estudia, y aflora de manera saltuaria desde el sur de la ruta provincial 405, hasta unos 3 km al sur del arroyo Salado (Fig. 1b). Su límite occidental está constituido por la zona de falla El Jagüelito, de rumbo NNO.

Halpern *et al.* (1970) dataron los gneises del Complejo Mina Gonzalito sobre roca total y muscovita en 315 Ma (K/Ar), y Linares *et al.* (1990) determinaron edades de 850 Ma sobre las mismas rocas por Rb/Sr, otorgándole a la supuestamente más joven Ectinitas El Jagüelito, una edad de 600 Ma (Rb/Sr). Por su parte Varela *et al.* (1997) asignaron ambas unidades al Ciclo Brasileño. Varela *et al.* (1998) presentaron nuevas edades Rb/Sr y U/Pb. La isocrona Rb/Sr, realizada sobre gneises tonalíticos y graníticos, produjo una edad de 557 Ma y un diagrama Concordia U/Pb de un gneis tonalítico, produjo una intersección inferior a 526 Ma (interpretada como la edad de la roca) y una intersección superior a 1728 Ma (considerada la edad del protolito). Recientemente Pankhurst *et al.* (2001) presentaron una edad ordovícica inferior para el metamorfismo del Complejo Mina Gonzalito, mediante el estudio de circones.

En aparente sucesión normal, continúa la unidad Ectinitas El Jagüelito (Ramos, 1975), a la que Giacosa (1987) denomina posteriormente Formación El Jagüelito e incluye en la misma, a unidades no mencionadas por el primero de los autores. La Formación El

Jagüelito aflora al oeste de la zona de falla El Jagüelito como una faja discontinua y angosta de unos 30 km de largo, siempre en relación con los Granitoides Pailemán (Fig. 1b). Los diferentes 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, anfíbolitas y esquistos anfibólicos. La esquistosidad se halla bien definida y se marca una buena lineación de crenulación. Recientemente se han descrito icnogéneros, entre ellos formas de Chondrites, que la datarían entre el Cámbrico al Tremadociano (González *et al.* 2001) en afloramientos equivalentes ubicados al este del área de estudio.

Los Granitoides Pailemán, pertenecientes al Ciclo Gondwánico, se caracterizan por un conjunto de plutones graníticos que evidencian deformaciones dúctiles semejantes a las del Complejo Mina Gonzalito (Giacosa, 1997). Un complejo de delgados diques triásicos constituyen enjambres subparalelos. Su composición varía entre basáltico a andesítico, hasta espesartítico cuando predominan los fenocristales de clinofibol. Su emplazamiento estaría controlado por un sistema de fallas sintéticas y antitéticas en el marco de zonas transtensionales y regionales.

Los afloramientos de la Formación Marifil (Malvicini y Llambías, 1974) son escasos en el área en estudio (Fig. 1b), mientras que predominan al norte, oeste y sur, marcando una importante diferencia de este sector (con extensos afloramientos de basamento) respecto de las restantes zonas del Macizo Nordpatagónico en su sector oriental. Aquí la Formación Marifil se caracteriza por el predominio de ignimbritas riolíticas, aunque se reconocen facies lávicas y algunas intrusivas que, en forma de diques, se disponen en sistemas de fracturas en general de rumbo O-NO.

Los mármoles del arroyo Salado

Como se ha mencionado, en el sur de la región de Gonzalito existen varios afloramientos de mármoles, encontrándose los principales al oeste de la estancia La Auriciana y al norte y sur del sector medio del arroyo Salado (Fig. 1b). En todos los casos, estas rocas son concordantes con esquistos, gneises y anfíbolitas del Complejo Mina Gonzalito que se desarrollaron al norte de este "frente carbonático" (Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998). Interpretamos que los mármoles dolomíticos en la sección superior del perfil indican el *drawing* de la sucesión carbonática y, por consiguiente, su culminación hacia el norte.

Al norte del arroyo Salado, a unos 3 km al SE de la estancia La Auriciana, se realizó un perfil detallado de este a oeste, a lo largo de una trinchera de exploración minera, sobre el flanco de una estructura del banco carbonático, que en ese lugar tiene un espesor de 43 m (ver Fig. 2). En la sección superior de la unidad se lo-

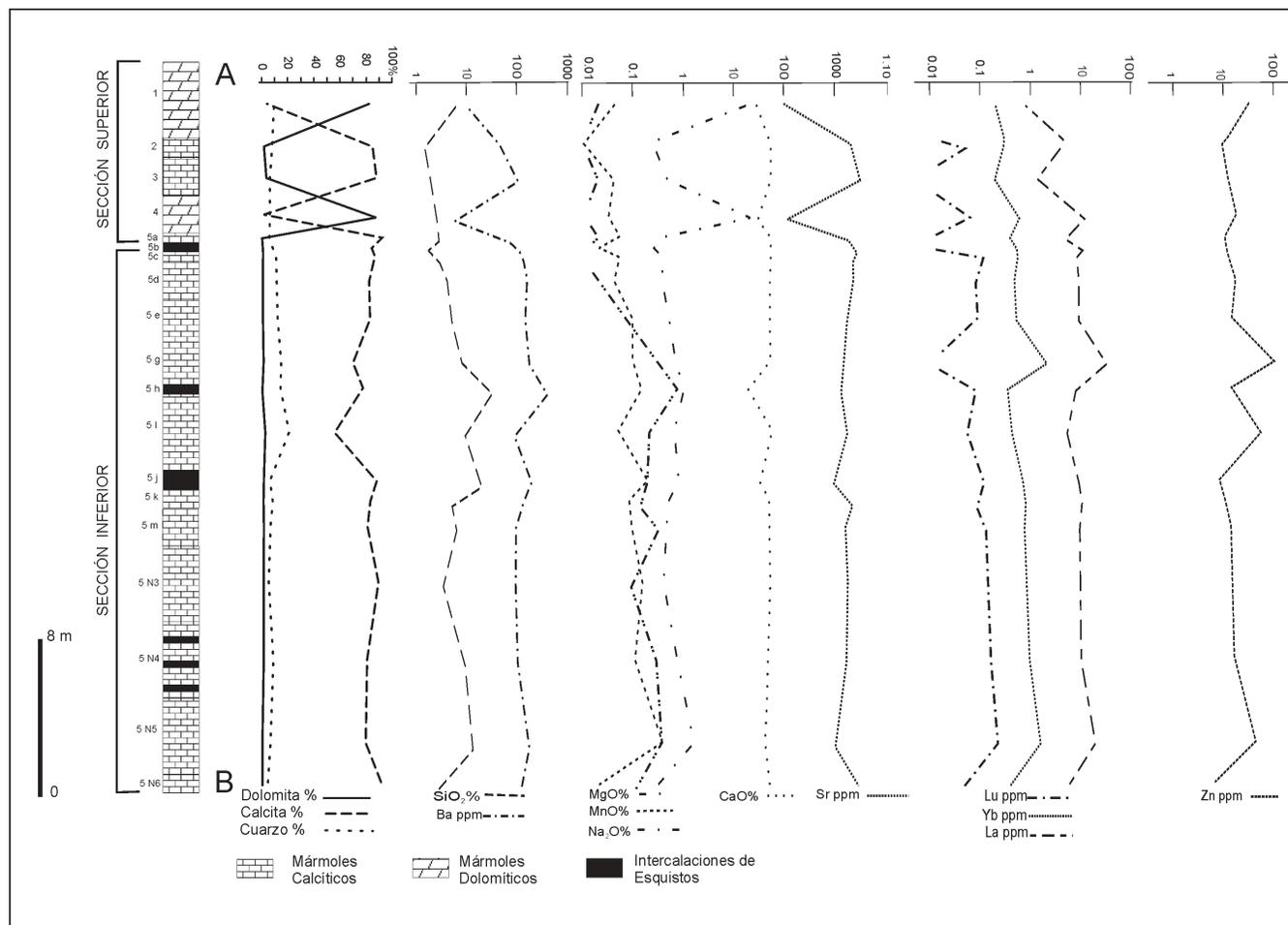


Figura 2: Sección columnar del perfil estudiado de los mármoles del arroyo Salado. Se muestran los contenidos porcentuales de calcita, dolomita y cuarzo, y de los elementos carbonatofílicos, terrígenos, tierras raras y metales pesados.

calizaron dos importantes cuerpos dolomíticos (Fig. 2 y 3) de unos tres metros de espesor, grano grueso y colores castaños claros, separados por un mármol calcítico grisáceo. Luego continúa hacia abajo, una secuencia de bancos espesos calcáreos con potencias que varían entre 2 y 5 metros, interrumpidos por delgadas intercalaciones de entre 1 y 4 metros de espesor, compuestos por rocas calcosilicáticas y esquistos cuarzosos con muscovita y biotita. Dicha secuencia se ve interrumpida por una serie de fallas menores normales, una de las cuales sirvió de camino para alojar un dique andesítico triásico. En este perfil se muestrearon 19 rocas correspondientes a bancos limitados por planos de foliación bien definidos, y representativos de los principales cambios composicionales.

Petrografía de los mármoles y rocas calcosilicáticas

Las rocas dolomíticas de la sección superior poseen alrededor de 85% de dolomita, 10% de cuarzo y 5% de calcita, de acuerdo al análisis cuali-cuantitativo reali-

zado por rayos X, (Fig. 2). La sección inferior, más espesa, está compuesta por mármoles calcíticos e intercalaciones de esquistos calcosilicáticos. Los mármoles calcíticos intercalados entre los mármoles dolomíticos y los que son típicos en la sección inferior presentan un promedio de 80% de calcita, escasa dolomita y un promedio de 10% de cuarzo al que acompaña escaso feldespato, muscovita, pirita y grafito.

Las rocas compuestas exclusivamente por carbonato son simples. Sus calizas y dolomías madres dieron lugar a mármoles calcíticos y dolomíticos. En éstas, los granos de calcita muestran un cierto grado de *interlocking*, en tanto que en las variedades dolomíticas los cristales y relaciones entre ellos, tienen formas más simples y cuando los dos minerales están asociados, la dolomita es siempre más idioblástica. Presentan texturas granoblásticas (considerando la matriz calcítica o dolomítica), con modificaciones idioblásticas y porfiroblásticas, cuando existen minerales silicatados.

Se observan también delgadas venillas de brechas intraformacionales, usualmente más coloreadas por óxido de hierro. Es común encontrar cristales menores dispersos de muscovita, cuarzo, clinzoicita, flogopita,

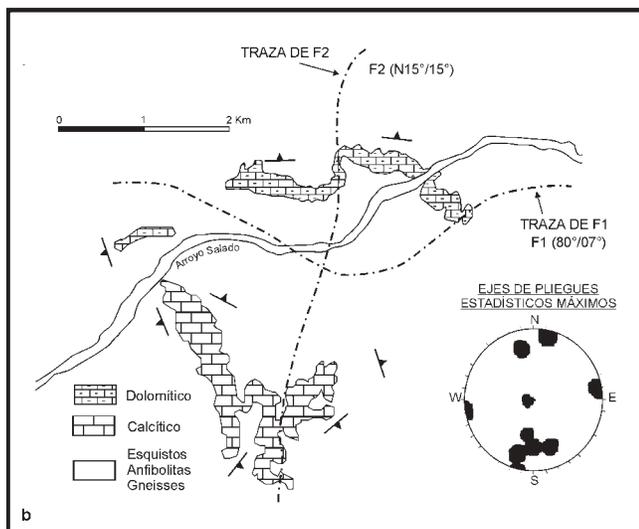
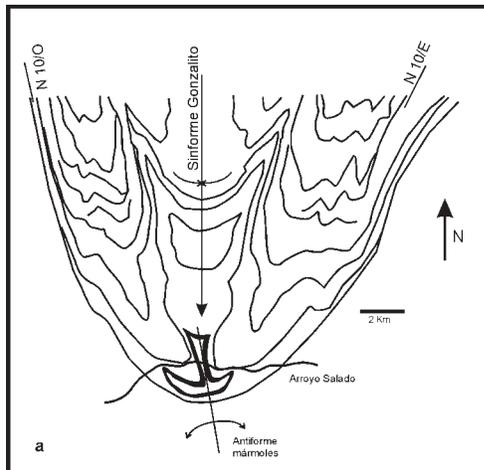


Figura 3: a, estructura mayor sinforme del Bloque Gonzalito que contiene el antiforme de los mármoles al sur, en el área del arroyo Salado. b, detalle de la estructura deformacional del banco carbonático en el área del arroyo Salado. Obsérvese el modelo de interferencia y las medias estadísticas de los ejes de pliegues del Gneis Gonzalito.

biotita, microclino, albita, opacos y pirita o, en partes más impuras, resolverse como agregados calcosilicáticos.

En los mármoles dolomíticos, que son rocas de grano grueso (3-6 mm), se identifican fracturas con morteros de molienda y deformación de maclas, así como algunas venas de carbonato también con signos de fuerte deformación, tipo flaser. Acompañan escasos "nidos" de arcillas, sílice microcristalina y escaso cuarzo. Una variedad de grano fino es foliada (marcada por la alternancia de bandas de calcita más gruesas y claras con otras más finas y ricas en opacos). Estos mármoles pueden tener 10% de cuarzo y otro tanto de silicatos; la asociación cuarzo, muscovita, zoicita, granate, apatita y opacos es una de las más frecuentes.

Entre las rocas calcosilicáticas (metamargas) intercaladas en la secuencia de mármoles, predominan las va-

riedades de esquistos calcíticos (alrededor del 20% de calcita) que portan cuarzo, muscovita, microclino, zoicita y plagioclasa.

Dos muestras fueron analizadas por microscopía de reflexión (5C y 5N4). La primera, un mármol calcítico foliado, mostró laminillas de grafito y cubos de pirita ahora limonitizados. La segunda, otro mármol calcítico de grano grueso, se caracteriza por venillas constituidas por limonita, además de limonita relleno de espacios idiomorfos. En ella, en granos de cuarzo quedaron preservados cristales pequeños de calcopirita y chispas de oro, hay también algunas laminillas de grafito.

Cuatro muestras fueron analizadas por cátodo-luminiscencia en el Centro de Investigaciones Geológicas. Merece señalarse que estos estudios en rocas metamórficas se están desarrollando en forma experimental. Estos análisis, han arrojado resultados preliminares que reflejan en general, condiciones de baja luminiscencia, con coloraciones rojizas a anaranjadas, lo cual indica escasa proporción de elementos activadores (Mn, Cd, entre otros), denotando en sentido contrario alta proporción de elementos inhibidores en calizas (Fe, Co, Ni), (Cuadro 2). Se ha observado en una gran parte de cristales cierta zonación de carácter normal, con núcleo *dull luminiscente* y un reborde con mayor luminiscencia, con coloraciones anaranjadas, lo cual puede deberse a un crecimiento bajo condiciones marinas (Machel 1985). Las condiciones experimentales han sido las siguientes: equipo TECHNOSYN MKIII de cátodo frío con vacío sostenido entre 0,01 y 0,05 torr, voltaje entre 18 a 22 Kv. Con una densidad de corriente entre 400 a 520 microamperes.

Finalmente cabe señalar que las asociaciones clino-zoicita-biotita y granate-zoicita, permiten clasificar cuantitativamente a las metamorfitas como pertenecientes a la zona granate.

Geoquímica de las rocas carbonáticas y calcosilicáticas

Los análisis químicos fueron realizados en Actlabs (Canadá) por la técnica de ICP. Los elementos carbonatofílicos principales (CaO y MgO) marcan los dos niveles dolomíticos en el tramo superior del perfil, manteniendo el MgO un paulatino incremento en los términos inferiores que llega a alcanzar tenores de hasta un 1% (Fig. 2). Este incremento se ve reflejado también en el comportamiento del Na₂O que divide a la secuencia en dos sectores, uno superior pobre en Na₂O (< 0.02 %) y otro inferior rico en Na₂O (> 0.1%). El Sr por su parte, acompaña al comportamiento del CaO en todo el perfil y señala dos escalones con tendencia a disminuir hacia la base del perfil. Finalmente, el MnO al igual que el MgO, muestra un paulatino incremento hacia la base del perfil, con dos muestras enriquecidas en el mismo que son las intercalaciones calcosilicáticas, excepto la muestra Tech 5N6 de la base del perfil.

La SiO₂ indica un incremento hacia la base del perfil con picos correspondientes a las intercalaciones de rocas calcosilicáticas. El Ba y el Ti acompañan a la SiO₂ y la relación SiO₂/Al₂O₃ marca un valor alto para el sector dolomítico superior y se mantiene casi constante con un pequeño incremento hacia el sector inferior. La relación Ti-Al₂O₃ muestra una tendencia similar a la de SiO₂-Al₂O₃. Tanto las tierras raras livianas (La) como las pesadas (Lu y Yb), señalan un paulatino incremento hacia la base del perfil. Por su parte los metales pesados mantienen una relación casi constante a lo largo del perfil, transgrediendo el umbral tan sólo en las muestras calcosilicáticas, lo que va acompañado de un incremento anómalo en MnO, Ti y Ba.

De lo expuesto, se deduce que no obstante la compleja historia metamórfica, la secuencia carbonática del Complejo Mina Gonzalito, indica variaciones sistemáticas de SiO₂, MnO, Na₂O, CaO, Sr y Ba, que se corresponden con las observadas en secuencias carbonáticas no metamorfizadas como las estudiadas por Gale (1996), Mitchell *et al.* (1996) y Jarvis *et al.* (2001) entre otros, en secuencias cretácicas. Dichos estudios, señalan que las variaciones sistemáticas corresponden esencialmente a oscilaciones en el nivel del mar tanto en períodos cortos como largos.

Aunque la secuencia metamórfica carbonática estudiada presente una estructura de transposición interna de escala menor (en el orden de los centímetros), entendemos que el perfil estudiado representa la sucesión de un solo ciclo sedimentario. Es así que la variación sistemática continua de estos elementos, junto con la correspondencia con ambientes carbonáticos no metamorfizados, hacen suponer que no hay repeticiones

tectónicas ni migraciones químicas sustanciales en lo que hace a los carbonatos durante el metamorfismo.

Si bien el Mn es considerado un elemento de alta afinidad hacia los carbonatos (Pratt *et al.* 1991) debe contemplarse que también participa de las arcillas (con un umbral mucho mayor), por lo que debe ser considerado como un sistema binario arcillas-carbonato. Bajo esta óptica, en aquellos tramos del perfil en que el MnO muestra enriquecimiento y que tanto la SiO₂ como la Al₂O₃ no lo hacen, están indicando un pico transgresivo (Robazynski *et al.* 1998). En tanto que los valores mínimos estarían indicando los límites entre ciclos o secuencias.

Para la secuencia carbonática del Complejo Mina Gonzalito, el MnO señala un incremento paulatino hacia la base, con al menos dos incrementos notables donde los valores aumentan junto a los de SiO₂ y Al₂O₃ (influencia de argilominerales). Esto también sugiere que la sucesión está compuesta por parte de un solo ciclo transgresivo, en el que se intercalan lentes de argilominerales de un ambiente más profundo hacia la base.

Estructura de las rocas del Complejo Mina Gonzalito y de los mármoles

Vallés (1978) consideró que la esquistosidad dominante en el área del Complejo Mina Gonzalito tiene rumbos variables entre N 12° a 35° O con inclinaciones dominantes al NE; en tanto la esquistosidad regional de las Ectinitas El Jagüelito varía entre N 65° a 80° con inclinaciones al NO. Estas dos foliaciones serían

Cuadro 1: Análisis químicos de los mármoles del arroyo Salado. (óxidos porcentuales).

| Muestra | % SiO ₂ | % Al ₂ O ₃ | % Fe ₂ O _{3t} | % MnO | % MgO | % CaO | % Na ₂ O | % K ₂ O | % P ₂ O ₅ | % LOI | Total |
|-----------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|---------------------------------|-------|--------|
| Tech 1 | 6,27 | 0,03 | 1,51 | 0,04 | 19,90 | 28,75 | 0,02 | <0,01 | 0,09 | 43,35 | 99,86 |
| Tech 2 | 1,60 | 0,28 | 0,25 | 0,01 | 0,24 | 55,07 | <0,01 | 0,09 | 0,07 | 42,77 | 100,38 |
| Tech 3 | 2,10 | 0,51 | 0,33 | 0,04 | 0,47 | 53,93 | 0,02 | 0,18 | 0,05 | 42,53 | 100,16 |
| Tech 4 | 2,73 | 0,07 | 0,46 | 0,03 | 21,03 | 30,28 | <0,01 | <0,01 | 0,11 | 45,02 | 99,72 |
| Tech 5A | 2,74 | 0,72 | 0,65 | 0,05 | 0,34 | 53,81 | 0,02 | 0,24 | 0,07 | 42,15 | 100,82 |
| Tech 5B | 1,90 | 0,51 | 0,28 | 0,02 | 0,26 | 54,29 | <0,01 | 0,17 | 0,06 | 42,85 | 100,35 |
| Tech 5C | 3,59 | 0,85 | 0,42 | 0,05 | 0,36 | 52,61 | 0,01 | 0,27 | 0,17 | 41,88 | 100,25 |
| Tech 5D | 4,95 | 1,25 | 0,49 | 0,04 | 0,36 | 51,63 | 0,02 | 0,41 | 0,12 | 41,02 | 100,32 |
| Tech 5E | 5,50 | 1,60 | 0,81 | 0,10 | 0,50 | 51,06 | 0,07 | 0,46 | 0,06 | 40,38 | 100,58 |
| Tech 5 J | 21,54 | 5,52 | 1,96 | 0,21 | 0,83 | 37,08 | 0,20 | 1,33 | 0,08 | 31,76 | 100,74 |
| Tech 5 G | 7,90 | 2,36 | 0,92 | 0,09 | 0,62 | 47,96 | 0,31 | 0,58 | 0,06 | 38,85 | 99,73 |
| Tech 5 H | 39,76 | 9,40 | 3,41 | 0,17 | 1,14 | 21,52 | 0,89 | 2,48 | 0,11 | 20,80 | 100,04 |
| Tech 5 I | 8,34 | 2,20 | 0,76 | 0,04 | 0,52 | 48,70 | 0,17 | 0,50 | 0,04 | 39,18 | 100,53 |
| Tech 5 K | 5,41 | 1,46 | 0,75 | 0,08 | 0,45 | 50,88 | 0,13 | 0,44 | 0,06 | 40,53 | 100,29 |
| Tech 5 M | 6,32 | 1,66 | 0,74 | 0,09 | 0,43 | 49,46 | 0,32 | 0,43 | 0,06 | 39,83 | 99,46 |
| Tech 5 N3 | 3,68 | 0,67 | 0,81 | 0,15 | 0,40 | 52,97 | 0,09 | 0,19 | 0,09 | 41,65 | 100,70 |
| Tech 5 N4 | 9,56 | 1,65 | 0,78 | 0,10 | 0,70 | 43,32 | 0,27 | 0,47 | 0,06 | 38,45 | 100,47 |
| Tech 5 N5 | 13,92 | 3,35 | 2,09 | 0,38 | 1,60 | 42,53 | 0,38 | 0,96 | 0,06 | 33,87 | 99,30 |
| Tech 5 N6 | 2,96 | 0,75 | 0,37 | 0,02 | 0,31 | 52,92 | 0,12 | 0,17 | 0,09 | 41,89 | 99,61 |

Cuadro 2: Análisis químicos de los mármoles. (elementos en partes por millón).

| Muestra | ppm Ba | ppm Sr | ppm La | ppm Yb | ppm Lu | ppm Pb | ppm Zn | ppm Ag | ppm Co | ppm Ni | ppm Y | ppm Ti |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Tech 1 | 10 | 96 | 0,80 | 0,20 | <0.05 | 9 | 24 | <0.4 | 1 | 4 | 3 | <60 |
| Tech 2 | 43 | 1927 | 4,60 | 0,30 | <0.05 | 6 | 7 | <0.4 | <1 | 2 | 4 | <60 |
| Tech 3 | 101 | 3108 | 4,20 | 0,30 | 0,05 | <5 | 9 | <0.4 | 2 | 2 | 6 | 60 |
| Tech 4 | 6 | 117 | 1,30 | 0,20 | <0.05 | <5 | 13 | <0.4 | <1 | 2 | 3 | <60 |
| Tech 5A | 73 | 1755 | 12,40 | 0,60 | 0,07 | 6 | 12 | <0.4 | 2 | 2 | 9 | 120 |
| Tech 5B | 111 | 2620 | 5,30 | 0,40 | <0.05 | <5 | 11 | <0.4 | 1 | 2 | 6 | 60 |
| Tech 5C | 140 | 2093 | 11,60 | 0,60 | <0.05 | <5 | 12 | <0.4 | 2 | 3 | 10 | 180 |
| Tech 5D | 157 | 2223 | 8,10 | 0,60 | 0,10 | <5 | 15 | <0.4 | 2 | 3 | 9 | 300 |
| Tech 5E | 146 | 1656 | 9,70 | 0,50 | 0,09 | <5 | 18 | <0.4 | 3 | 2 | 8 | 360 |
| Tech 5 J | 195 | 973 | 5,10 | 0,50 | 0,06 | 15 | 46 | <0.4 | 50 | 15 | 15 | 1319 |
| Tech 5 G | 182 | 1489 | 9,90 | 0,60 | 0,09 | <5 | 15 | 0,40 | 4 | 6 | 9 | 540 |
| Tech 5 H | 372 | 1300 | 28,20 | 2,10 | 0,01 | 21 | 95 | 0,60 | 19 | 42 | 21 | 2218 |
| Tech 5 I | 87 | 1699 | 8,00 | 0,40 | 0,08 | <5 | 14 | 0,60 | 3 | 6 | 7 | 480 |
| Tech 5 K | 132 | 2333 | 10,80 | 0,80 | 0,12 | <5 | 10 | <0.4 | 2 | 3 | 13 | 300 |
| Tech 5 M | 90 | 1634 | 10,90 | 0,80 | 0,09 | <5 | 10 | 0,90 | 2 | 6 | 10 | 360 |
| Tech 5 N3 | 87 | 1666 | 9,90 | 0,80 | 0,13 | 7 | 7 | 0,50 | 2 | 4 | 12 | 120 |
| Tech 5 N4 | 104 | 1580 | 10,30 | 1,00 | 0,17 | 5 | 12 | 1,20 | 2 | 4 | 12 | 360 |
| Tech 5 N5 | 168 | 988 | 19,70 | 1,60 | 0,23 | 12 | 32 | <0.4 | 7 | 9 | 21 | 1079 |
| Tech 5 N6 | 118 | 2839 | 5,90 | 0,40 | 0,05 | <5 | 7 | <0.4 | 2 | 2 | 7 | 120 |

presilúricas ya que el citado autor consideró que la Formación Ferrífera silúrica de Sierra Grande no se halla afectada por estas deformaciones. Las estructuras frágiles, que en parte pueden responder a antiguas estructuras reactivadas, son de rumbo N 30°- 40° O o bien N-NE, aunque se reconocen fallas menores de rumbo en el entorno E-O, que controlan el emplazamiento de diques triásicos. Éstas a su vez, son afectadas por un fallamiento en el cuadrante NE con un rumbo dominante N 35°-45° y que no se reconoce en las unidades jurásicas. Este mismo autor, consideró que es éste el sistema que controló el emplazamiento de las vetas de Pb principales como las de las minas Gonzalito, Polito, Tres Marías y María Teresa. Recientemente Giacosa (2001) describió tres zonas de cizalla orientadas N-NO, una coincidiendo con la falla El Jagüelito producto de una importante etapa compresiva durante el Paleozoico superior.

La deformación del complejo metamórfico se relacionó con tres fases de deformación dúctil (Dalla Salda y Aragón, 1994; Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998) asociadas al desarrollo de distintos pliegues y foliaciones que, como se ha dicho anteriormente predatan el Silúrico. La estructura regional más frecuente se describió como esquistosidades orientadas según N 10° E y N 10° O, en tanto que N 60° E y N 65° O son trenes secundarios. Además, el Bloque Gonzalito se interpretó como una estructura mayor sinforme con su eje inclinando al sur (Fig. 3a), donde coexiste el sinforme mayor con el antiforme menor de los mármoles (Fig. 3a y 3b).

Específicamente en el área del arroyo Salado, los mármoles se muestran distribuidos siguiendo una figura de interferencia tipo 2 de Ramsay (1967). En ella (Figs. 1b y 3b) se destaca que los bancos dolomíticos del tope de la secuencia se ubican hacia afuera de la estructura, lo

que determina su naturaleza antiforme. Las direcciones de interferencia son para F1 N 15° E y para F2 N 15° O. El perfil, (Fig. 1b) se levantó sobre el flanco de la estructura cortándola casi perpendicularmente, como es posible advertir siguiendo el perfil de la misma, no se esperan repeticiones sobre ese flanco.

Ambiente de sedimentación y tectónica

Las rocas fueron depositadas durante el Neoproterozoico superior a Cámbrico en una plataforma estable continental, alejadas de márgenes activos, en un ambiente marino de aguas poco profundas de una cuenca de rift no muy lejana a un fondo oceánico. Los sedimentos clásticos y químicos y algunas facies más profundas asociadas a vulcanismo, pueden ser indicativos de un ambiente tectónico para explicar el origen de las rocas en la región de Gonzalito, (Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998). A lo largo de un borde de plataforma del rift se depositaron dolomitas y calizas, y en aguas más profundas, asociadas con centros volcánicos, rocas volcanoclásticas y lavas con metapelitas y meta grauvacas, que serían las rocas madres del Complejo Mina Gonzalito. La asociación de rocas, su composición, el tipo de mineralización asociada (y su forma de presentarse), la presencia de grafito y piritita y el pobre contenido de Cu (19 a 7 ppm) en las rocas y en la mineralización, permiten modelar este complejo como parte de una cuenca marina intracratónica o marginal algo anóxica (Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998) similar a las descritas en otras regiones (Maynard 1991).

La persistencia del sistema geoquímico que controla la acumulación de carbonatos en sedimentos, demuestra también la estabilidad tectónica del medio. El vul-

canismo contemporáneo presente, generador de la mineralización de la región, fue descrito ya en Gonzalito (Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998) y en ambientes similares, e.g. Mount Isa y Mac Arthur River, Australia y Rammelsberg y Meggen, Alemania (Large 1980).

Interpretamos que durante el Cambro-Ordovícico inferior se sucedieron tres fases de deformación y dos de metamorfismo (Dalla Salda *et al.* 1998; Aragón *et al.* 1998) que afectaron al banco carbonático (y al resto de la secuencia más profunda del Complejo Mina Gonzalito) que alcanzaron en la antigua plataforma, un grado metamórfico máximo dentro de la zona de granate durante un pico de metamorfismo regional dinámico.

Conclusiones

Se describe una secuencia de mármoles calcíticos y dolomíticos producto del metamorfismo regional dentro de la zona de granate, que marcan una plataforma carbonática cercana a la costa de la cuenca original, pre-metamórfica de las metamorfitas del Complejo Mina Gonzalito que se desarrollan hacia el norte de este banco calcáreo. Los mármoles, que siguen una estructura de interferencia antiformal, muestran en su sección superior dos importantes bancos dolomíticos.

La geoquímica de las rocas indica un incremento de MnO hacia la base, junto con los valores de SiO₂ y Al₂O₃ (influencia de argilominerales), sugiriendo que la secuencia está compuesta por un solo ciclo transgresivo. El Na₂O divide a la sucesión en dos sectores, uno superior pobre y otro inferior rico en Na₂O. Los elementos terrígenos muestran un incremento hacia la base, así como las tierras raras. Estas variaciones, por comparación con otras secuencias similares, estarían controladas por cambios en el nivel del mar.

La variación química de los mármoles y su comparación con otros ambientes carbonáticos no metamorfizados, hacen suponer que no hay repeticiones ni migraciones químicas mayores en estos carbonatos durante el metamorfismo. Se interpreta que el ambiente de sedimentación de estas rocas fue un rift o una cuenca marginal.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con subsidio PID 033 de la Agencia de Promoción Científica y Técnica. Al Dr. Daniel Poiré por las determinaciones en un equipo de rayos X, al Dr. Sergio Matheos por las determinaciones petrográficas no-convencionales con equipo de termo luminiscencia, ambos del Centro de Investigaciones Geológicas y a los Drs. Luis A. Spalletti, Ana María Sato y a los árbitros de la Asociación Geológica Argentina, por la lectura crítica del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aragón, E., Dalla Salda L. H., Lopez de Luchi, M., Benialgo, A., and Di Lello, C., 1998. Gonzalito District: Lithology and Geochemistry of ore bearing metalliferous rocks. 10 Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica, 3: 199.
- Aragón, E., Dalla Salda L. H., Lopez de Luchi, M., Benialgo, A., y Pezzotti, C. D., 1999. El distrito polimetálico Gonzalito, Río Negro. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). SEGEMAR, Anales 35: 373-383, Buenos Aires.
- Dalla Salda, L. y Aragón, E., 1994. Yacimientos polideformados de Pb, Ag y Zn: Distrito Gonzalito. 7º Congreso Geológico Chileno, 2: 786-790.
- Dalla Salda, L.H., Aragón, E., Lopez de Luchi, M., Benialgo, A. and Di Lello, C., 1998. Gonzalito: A Zn-Pb-Ag-V-Au Sedex deposit in Northeastern Patagonia. Actas 10 Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica. 3: 74. 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.
- 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.
- Gale, A., 1996. Turonian correlation and sequence stratigraphy of the Chalk in southern England. In: Sequence stratigraphy in British Geology. Hessebo, S & Parkinson D. (eds) . Geological Society. London. Special Publication, 103:177-195.
- Gonzalez, P., Poiré, D., y Varela, R., 2001. 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
- Halpern, M., Umpierre, U and Linares, E., 1970. Radiometric ages of crystalline rocks from southern South America as related to Gondwana and Andean Geologic Provinces. Upper Mantle Symposium: 345-356.
- Jarvis, I., Murphy, A. and Gale, A. 2001. Geochemistry of pelagic and hemipelagic carbonates: criterias for identifying systems tracts and sea-level changes. Journal of the Geological Society, London. 158, 685-696.
- Large, D., 1980. Geological parameters associated with sediment hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: an empirical model for mineral exploration. Geologisches Jahrbuch 40:59-129.
- Linares, E., Osters, H. y Parica, C., 1990. Edades radimétricas del basamento cristalino de la Mina Gonzalito y Valcheta, Río Negro. Actas 11 Congreso Geológico Argentino, 2: 251-255.
- Machel, H. 1995. Cathodo luminiscense in calcite and dolomite and its chemical interpretation. Geoscience (Canadá). 12: 139-147.
- Malvicini, L. y Llambías, E., 1974. Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, Provincia de Chubut, República Argentina. 5º Congreso Geológico Argentino. Actas 2: 185-202. Buenos Aires.
- Maynard, J., 1991. Shale-hosted deposited of Pb, Zn, and Ba: singenetic deposition from exhaled brines in deep marine basins. Sedimentary and diagenetic mineral deposits: a basin analysis approach to exploration. Reviews in Economic Geology, 5: 177-185.
- Mitchel, S., Paul, C. and Gale, A. 1996. Carbon isotopes and sequence stratigraphy. In: Howell, J & Attkin, J. (eds) High Resolution Sequence Stratigraphy: Innovation and Applications. Geological Society. London. Special Publications. 104: 11-24.

- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Fanning, C. M., 2001. The Mina Gonzalito Gneiss: Early Ordovician metamorphism in Northern Patagonia. III South American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstract Volume (CD), 604-607, Sociedad Geológica de Chile, Santiago, Chile.
- Pratt, L., Force, E. & Pomerol, B. 1991. Coupled manganese and carbon isotopic events in marine carbonates at the Cenomanian-Turonian boundary. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61: 370-383.
- 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.
- Ramsay, J. 1967. *Folding and fracturing of rocks*. 568 p. McGraw-Hill. New York.
- Robazynsky, F., Gale, A., Juignet, P., Amedro, P. and Hardenbol, J. 1998. Sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous series of the Anglo-Paris Basin. Exemplified by the Cenomanian stage. In: Graciansky, P., Hardener, J., Jaquin, J. & Vail, P. (eds). *Mesozoic and Cenozoic Sequence stratigraphy of European Basins*. SEPAI, Special Publication, 60: 363-386.
- 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.
- Sesana, F., 1974. Consideraciones geoquímicas y petrológicas sobre las manifestaciones de plomo y cobre. El Tembrao, Río Negro. Informe inédito. Servicio Nacional Geológico Minero, Carpeta 767, 20 p., Buenos Aires.
- Vallés, J.M., 1978. Contribución al conocimiento de la geología y de los yacimientos minerales del área situada al oeste de la mina Gonzalito, Dptos. San Antonio y Valcheta, provincia de Río Negro. Tesis Doctoral, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Inédito.
- 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, Brazil*, 326-328.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Sato, A.M., Siga Jr.O., Cingolani, C.A., and Sato, K., 1998. Edades Isotópicas Rb/Sr y U/Pb en rocas de Mina Gonzalito y Arroyo Salado. Macizo Norpatagónico Atlántico, Río Negro, Argentina. 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6 Congreso Nacional de Geología Económica, 10: 71-76.
- Wichman, R. 1927. Observaciones geológicas en la parte central y oriental de Río Negro. Servicio Nacional Geológico. Informe Inédito.

Recibido: 22 de octubre, 2001

Aceptado: 4 de marzo, 2003