

BRECHAS Y MICROBRECHAS COHESIVAS EN CUARCITAS DE LAS SIERRAS DE BUENOS AIRES. SIMILITUDES, DIFERENCIAS Y APROXIMACIONES A SU VINCULACIÓN TECTÓNICA

Armando C. MASSABIE¹, Osvaldo E. NESTIERO¹ y Alicia S. SANGUINETTI¹

¹ Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428EHA, Buenos Aires. E-mail: armando@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

En las Sierras Septentrionales de Buenos Aires se hallan brechas y microbrechas formadas a expensas de las rocas cuarcíticas del Grupo Sierras Bayas. Son rocas de falla identificadas en afloramientos tanto en las cercanías de la localidad homónima como también en los alrededores de Barker, donde se presentan cuarcitas atribuidas a las formaciones sedimentarias precámbricas integrantes del grupo en la localidad. En las Sierras Australes de Buenos Aires se registran rocas de falla similares, desarrolladas sobre las rocas cuarcíticas de varias de las formaciones paleozoicas presentes en esa comarca. En ambas regiones, las zonas de falla con este tipo de roca se observan como bancos subverticales de contactos netos con la caja. En cada localidad, las cuarcitas preservan sus texturas y estructuras originales. En las sierras Bayas el protolito de las brechas guarda las texturas y estructuras sedimentarias en tanto que, en las Sierras Australes, esas texturas han sido obliteradas por deformación penetrativa asociada a metamorfismo en facies de esquistos verdes de modo que el protolito, corresponde a metacuarcitas. La formación de estas rocas de falla, con similitudes en cuanto a su modo de yacer y tipo de texturas cataclásticas en ambas comarcas consideradas, podría ser vinculada a un episodio tectónico extensional de amplio desarrollo en la región, al que se relaciona el origen de las cuencas de Colorado y del Salado durante el Jurásico-Cretácico, que acompañó la apertura del Océano Atlántico.

Palabras clave: *Rocas de falla, Sierras de Buenos Aires, Brechas, Microbrechas cohesivas.*

ABSTRACT: *Cohesive breccias and microbreccias in quartzites in the Buenos Aires ranges: similitude, differences, and an approximation to their tectonic links.* Quartzitic sandstones of the sierras Bayas Group in Sierras Septentrionales of Buenos Aires are studied. Outcrops of these deformed rocks are observed at sierras Bayas and Barker localities, where quartzitic sandstones from Precambrian units are present. These rocks are compared with similar fault breccias in Sierras Australes of Buenos Aires, which were developed in quartzitic rocks of several Paleozoic units of this region. At both regions, fault zones are subvertical layers with acute contacts on the wall rocks. An original sedimentary protolith is recognized in textures and structures preserved in all samples of Sierras Bayas. Sedimentary textures at Sierras Australes are obliterated by penetrative deformation in greenschists facies metamorphism and also show a metaquartzitic protolith. In both analyzed regions, similar cataclastic textures are observed. All these breccias and microbreccias would be associated with a major extensional tectonic event of Jurassic - Cretaceous age, which could be related to the origin of Colorado and Salado extensional basins during the opening of the South Atlantic Ocean.

Keywords: *Fault rocks, Sierras de Buenos Aires, Breccias, Microbreccia cohesiva.*

INTRODUCCIÓN

En las Sierras Septentrionales y en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1), afloran formaciones de edad precámbrica tardía y paleozoica, respectivamente, que incluyen cuarcitas en secuencias espesas y bien desarrolladas en asociación con otras litologías. En ambas comarcas estas rocas fueron sometidas inicialmente a deformación dúc-

til de diferente intensidad, lo que se manifiesta por un plegamiento suave en Sierras Septentrionales y uno apretado en Sierras Australes. Estas estructuras han sido originalmente caracterizadas en trabajos de índole regional por González Bonorino (1954) y Harrington (1947), respectivamente.

Con posterioridad, en ambas zonas se realizaron estudios estructurales y tectónicos de mayor detalle que permitieron

alcanzar más conocimientos acerca de la geometría, cinemática y condiciones geológicas de desarrollo del plegamiento, especialmente en las Sierras Australes (Massabie y Rossello 1984, Dimieri 1989, Japas 1989, entre otros). En este aspecto, en las Sierras Septentrionales quedaba rezagado un avance más detallado del mapeo del plegamiento de las formaciones cuarcíticas y su caracterización tectónica. Más recientemente, se realizaron es-

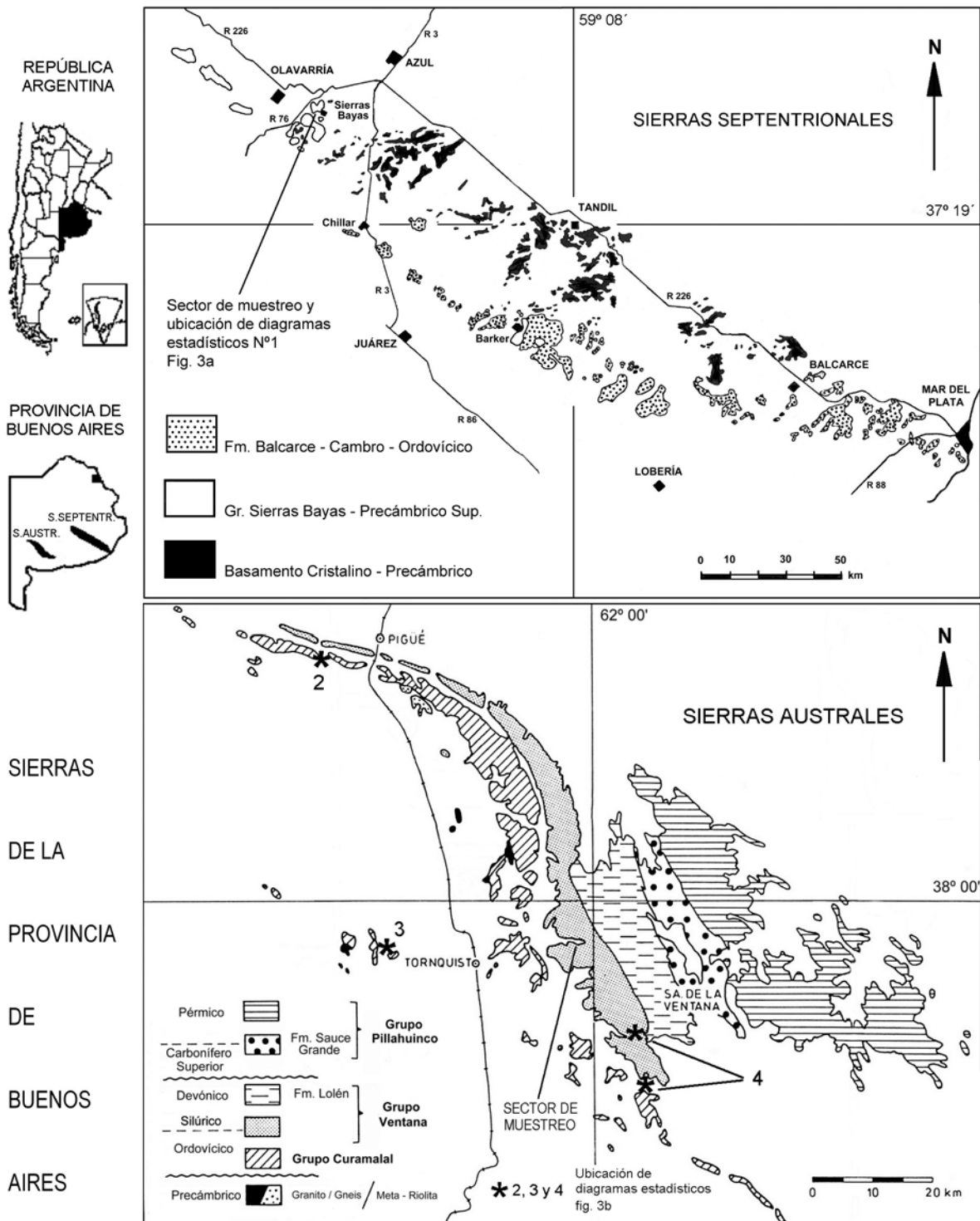


Figura 1: Ubicación de las localidades estudiadas petrográficamente con brechas y microbrechas cohesivas en las Sierras Bayas y Abra de la Ventana y de los lugares donde se obtuvieron datos de disposición de la fracturación y de las fajas de brecha (Figs. 3a y b), correspondientes a las Sierras Septentrionales (modificado de Dalla Salda e Iñiguez 1979) y Sierras Australes de Buenos Aires (modificado de von Gosen *et al.* 1990).

tudios que muestran la importancia del plegamiento en la estructuración tectónica regional y local de las formaciones precámbricas sedimentarias del Grupo Sierras Bayas (Massabie y Nestiero 2002, 2005), el que incluye a las clásicas unidades cuarcíticas del sector central y noroc-

cidental de las Sierras Septentrionales, las sierras de Olavarría y Barker. En estos y algunos trabajos previos, relativos al fallamiento transcurrente en las sierras Bayas (Massabie 1992; Massabie *et al.* 1993), se reconoció la presencia de brechas cohesivas en las calizas y cuarcitas del

Grupo Sierras Bayas. Con estos antecedentes, y el conocimiento de nuevas localidades con brechas y microbrechas cohesivas en rocas cuarcíticas, tanto en formaciones paleozoicas de las Sierras Australes como en formaciones precámbricas tardías de las sierras

Bayas (Fig. 1) se ha considerado formular su posible vinculación estructural en el marco de la evolución tectónica de la región de las sierras bonaerenses y comarcas aledañas.

El estudio se basa en las relaciones espaciales con otras estructuras tectónicas, las estructuras y texturas en afloramiento, y el estudio de secciones delgadas, así como en el análisis de los mecanismos de deformación actuantes. De este modo, se pueden establecer similitudes en términos de relaciones estructurales y texturales, y diferencias por sus distintas edades y estilos estructurales impresos en los protolitos cuarcíticos de las brechas en cada una de las localidades consideradas. Finalmente, sobre la base del conocimiento actual de la evolución geotectónica de la región, se apunta a establecer una relación de esta litología particular de génesis deformacional con episodios tectónicos que dejaron su impronta, a escala regional, en el territorio bonaerense actual.

Cuarcitas: comportamiento geomecánico

Las cuarcitas son rocas de elevada resistencia intrínseca. Entre las rocas de diferente origen alcanzan los mayores valores de resistencia a la compresión no confinada, la cual varía entre 200 y 320 MP según diversos autores (Bieniawski 1973, Goodman 1989, González de Vallejo *et al.* 2002).

Con relación a las rocas cuarcíticas aquí consideradas, Di Nardo y Dimieri (1988) realizaron ensayos de resistencia a la compresión uniaxial en metacuarcitas de las Formaciones Bravard, Napostá y Providencia, cuyos valores varían entre 100 y 125 MP. Estos resultados, aunque resultan elevados, son sensiblemente más bajos que los promedios señalados previamente. Esa disminución se vincula aquí con el estado tensional preservado en las metacuarcitas de las Sierras Australes, en las que han quedado registrados, probablemente, dos episodios de deformación penetrativa paleozoica (Mas-

sabie y Rossello 1984b, Massabie *et al.* 1986) o bien al menos uno, según otros modelos tectónicos (Dimieri *et al.* 2005), asociado al plegamiento general de las formaciones referidas, además del episodio de fracturación, correspondiente a la formación de las brechas y microbrechas consideradas en el presente estudio.

TEXTURAS DE LAS BRECHAS EN ROCAS CUARCÍTICAS

Brechas en cuarcitas de sierras Bayas

Los afloramientos estudiados en detalle corresponden al miembro cuarcitas superiores de la Formación Cerro Largo, integrante del Grupo Sierras Bayas (Iníiguez Rodríguez *et al.* 1989), que se disponen en varias serranías bajas de ubicación próxima a las localidades de Olavarría y sierras Bayas de Buenos Aires.

Las muestras del protolito son de areniscas cuarcíticas de coloración blanquecina a gris claro. Esta integrada por granos equidimensionales a alargados y redondeados de cuarzo que constituye un 95% de la roca. El cemento es cuarzo de crecimiento secundario que forma el 5% restante y da lugar a una textura de contactos poligonales en parte e irregulares en general. No se aprecia desarrollo de textura secundaria penetrativa.

De acuerdo a los tamaños medidos de los clastos, corresponde a una arenisca media a gruesa (0,25 - 0,75 mm).

Las brechas cohesivas que se desarrollan en las cuarcitas de cerro Largo (Fig. 2a, muestra de mano y corte delgado); están formadas por un 35% a 70% de fenoclastos angulosos blanquecinos y una base afánítica con pequeñas motas blanquecinas, de aspecto vítreo y coloración castaña a rosada. El tamaño de los fenoclastos de la microbrecha oscila entre 0,318 a 6,36 mm en el corte delgado pero, en muestra de mano, puede llegar hasta 2 cm de diámetro. Los bordes son netos, rectos, de vértices angulosos. La composición de los porfiroclastos es predominantemente de trozos discretos de la roca

cuarcítica en la que se localizan las brechas, y también de fragmentos de microbrechas cuarcíticas, correspondientes a episodios previos de fracturación de esta litología. Entre los fenoclastos participan, en una baja proporción, granos individuales del protolito que preservan un borde de cuarzo de crecimiento secundario.

La base está constituida por fragmentos menores a 0,25 mm de granos de cuarzo y cuarzo microcristalino. En ella se observan parches y grumos intersticiales de óxidos de hierro, los que le confieren a la roca el característico color rosado a castaño en afloramientos y muestras de mano.

En las brechas cuarcíticas de las sierras Bayas, se verifica la acción de disolución de los fenoclastos de cuarcitas y brechas cuarcíticas, con texturas de bordes festoneados a suavemente cóncavo convexos y hasta difusos.

En esta localidad las cuarcitas son muy puras en su contenido en cuarzo, sin mica asociada, y el óxido de hierro se hallaría como inclusiones dispersas en los clastos detríticos de cuarzo. La disolución parcial de los fragmentos del protolito, cuarcita, concentra la cristalización de opacos ferruginosos junto a los bordes de los fenoclastos e intersticialmente, en la base de las brechas, donde simultáneamente se produce la cristalización de sílice como cuarzo microcristalino. Este proceso da como resultado la coloración castaño - rojiza, característica de la matriz de estas rocas de falla, que contrasta con el color blanquecino de los fenoclastos del protolito.

Brechas en metacuarcitas de las Sierras Australes

Zona de abra de la Ventana

Los afloramientos estudiados en detalle donde se presentan las brechas en metacuarcitas, corresponden a bancos espesos de la Formación Providencia, integrante del Grupo Ventana (Harrington 1947), que se disponen en los faldeos aledaños,

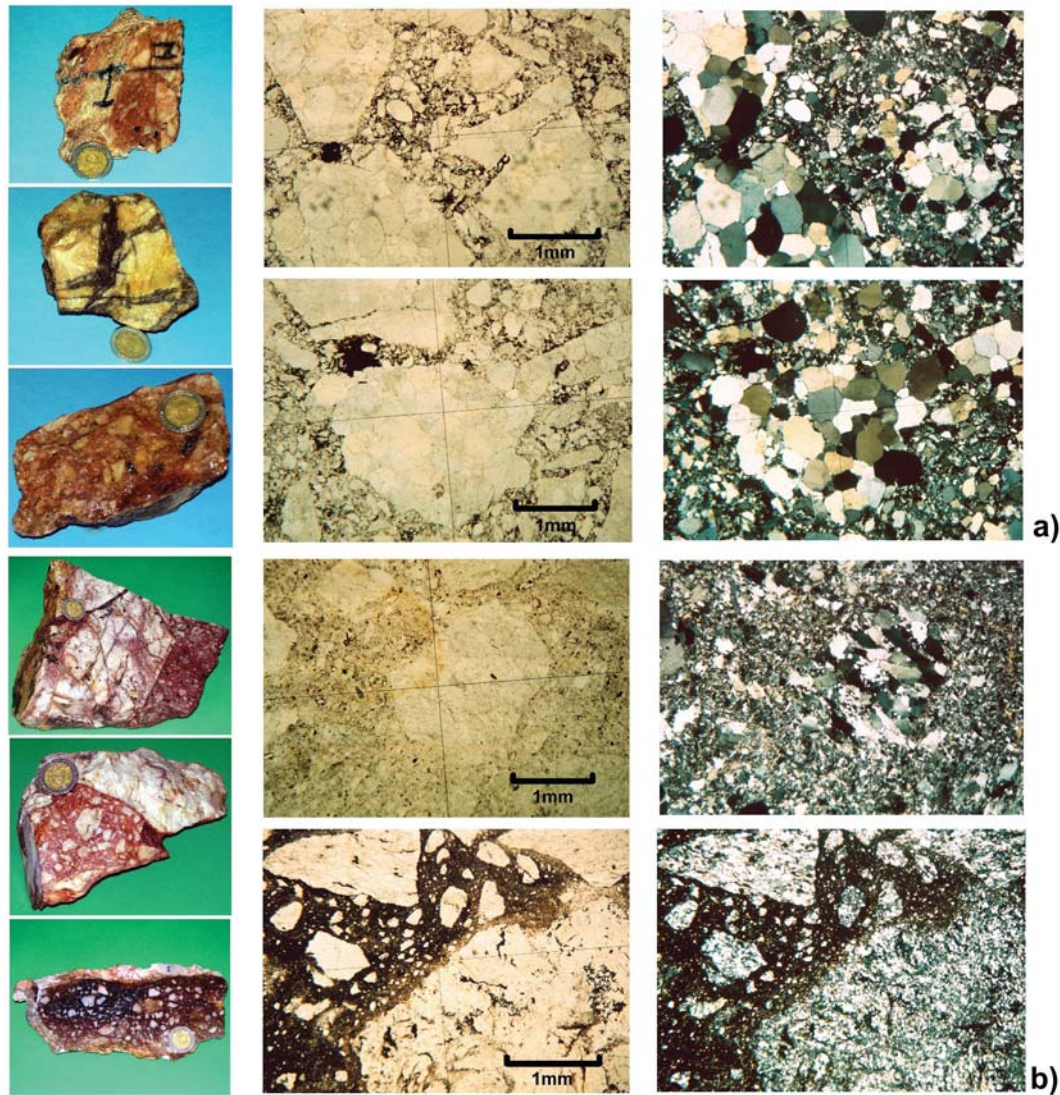


Figura 2: Fotografías de las texturas de las brechas y microbrechas cohesivas en muestras de mano y corte delgado: a) corresponde a muestras de mano y cortes delgados de las Sierras Bayas; b) muestras de mano y cortes delgados del sector de Abra de la Ventana.

al sur de la ruta 76 en el sector del abra de la Ventana.

Las muestras del protolito son de metacuarcíticas de coloración blanquecina a gris claro. Las de grano grueso están formadas por 99% de cuarzo con fábrica penetrativa, con isorientación de nuevos granos recristalizados y formación de subgranos, que definen una fábrica linear planar (LS). También hay metacuarcitas finas, algo micáceas, con cristales de moscovita extremadamente delgados, filiformes, en disposición paralela y regularmente espaciados, que definen, localmente, un clivaje de tipo continuo (Paschier y Trouw 1996) frente al más común clivaje disyuntivo que domina en las Sierras Australes.

Las brechas cohesivas que se desarrollan en las metacuarcitas y metacuarcitas micáceas de la Formación Providencia (Fig. 2b, muestra de mano y corte delgado), están formadas por un 40% a 70% de fenoclastos angulosos blanquecinos y una base parcialmente afanítica de aspecto vítreo, con pequeños fragmentos blanquecinos, de coloración general castaña oscura a rojiza. Los fenoclastos tienen bordes rectos y vértices angulosos, varían entre 0,50 a 1,5 cm de diámetro en el corte delgado, y entre 1 a 2,5 cm en muestra de mano. En afloramiento este valor puede llegar hasta 15 cm.

Entre los fenoclastos participan algunos fragmentos de metacuarcitas finas filíticas con mayor proporción de micas, que

llegan hasta un 25%, y también fragmentos de microbrechas de metacuarcíticas, correspondientes a etapas previas de fracturación de la roca de caja.

Se observan texturas de disolución de los fenoclastos de metacuarcitas, en parte micáceas, a partir de sus bordes difusos y con formas cóncavo - convexas (caries). La base microgranosa se enriquece en opacos ferruginosos por medio del proceso de disolución de cuarzo de los fragmentos de cuarcita y de la alteración de la mica de los fenoclastos. Estos óxidos de hierro se presentan intersticialmente, en grumos y parches y le confieren a estas rocas sus característicos colores rojizos a castaños claro a oscuro.

Localmente, se observan en esta base mi-

3a **Sierras Bayas - Sector Norte**

(Diagramas estadísticos N°1)

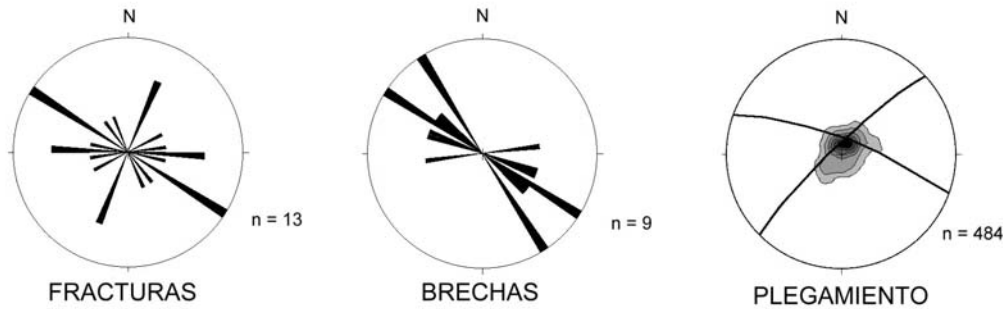
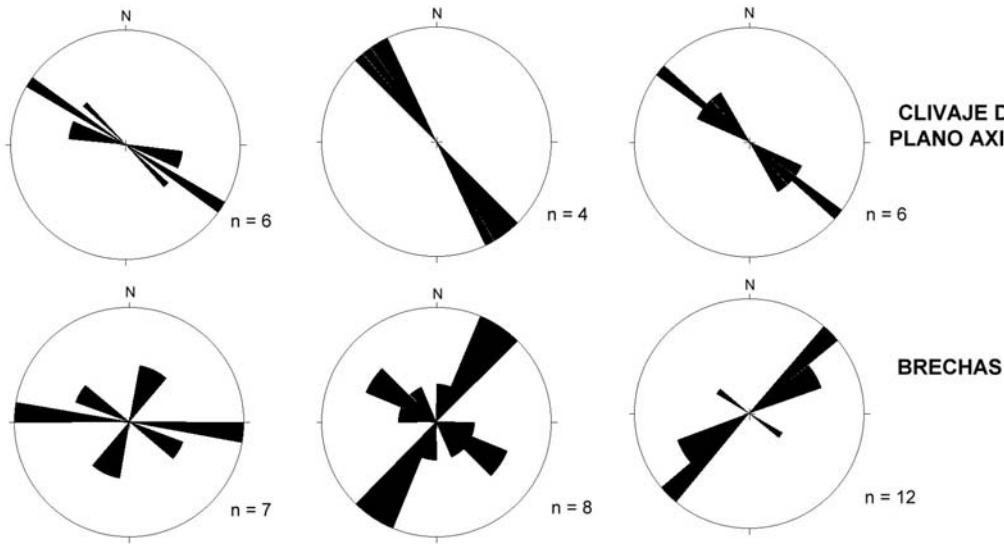
3b **Sierras Australes**Pigue - Puan - Mascota
(Diagramas estadísticos N°2)Cortapié - Tornquist
(Diagramas estadísticos N°3)Abrás de los Vascos y de Rivera
(Diagramas estadísticos N°4)

Figura 3: a) Diagrama estereográfico con la disposición del plegamiento del protolito cuarcítico en Sierras Bayas, diagrama en rosea con la disposición de la fracturación, y de las fajas de brecha relevadas. Según Massabie y Nestiero (2005) y datos originales; b) Diagramas en rosea con la disposición del clivaje de plano axial en distintos sectores de las Sierras Australes, para los cuales también se presenta la disposición de las fajas de brecha asociadas a fallas (modificado de Massabie y Rossello 1986). La ubicación de los lugares donde se obtuvo la información están indicados en la Fig. 1.

cas de hábito filiforme que, en los cristales de mica más desarrollados, suelen presentar alteración a clorita - sericita con opacos en pequeños grumos.

SÍNTESIS DE LAS OBSERVACIONES TEXTURALES

Tanto en sierras Bayas como en el abra de la Ventana, las fajas de brechas en las cuarcitas y metacuarcitas estudiadas presentan texturas flotantes muy similares en afloramientos y en las muestras de mano. Los fragmentos, en general, se observan separados y aislados en la base. Sus texturas permiten apreciar movimientos relativos locales entre los fragmentos, que muestran giros y desplazamientos. Esto evidencia un flujo cataclás-

tico durante el brechamiento (Paschier y Trouw 1996), probablemente desarrollado en paralelo con la dilatación que pone de manifiesto la textura de fenoclastos flotantes en la base de las brechas y microbrechas correspondiente a las rocas cuarcíticas de ambas localidades. Sin embargo no se identifican texturas en las muestras de mano y en los cortes delgados que permitan establecer dirección y sentido de estos movimientos.

La observación en los afloramientos y en corte delgado permite verificar que el protolito, a partir del cual se originaron las brechas, es distinto en cada uno de los lugares considerados (Figs. 2a y b). Si bien en ambos casos se trata de rocas cuarcíticas que constituyen bancos de espesores decimétricos a métricos, en si-

erras Bayas, las cuarcitas están deformadas por plegamiento suave (Massabie y Nestiero 2002, 2005), en tanto que en el abra de la Ventana las rocas cuarcíticas se hallan formando parte de pliegues apretados, de vergencia al noreste (Massabie y Rossello 1984a).

La textura clásica de granos de cuarzo redondeados cementados por crecimiento secundario del mismo mineral, se preserva tanto en la caja de las brechas como en los fenoclastos de la brecha en sierras Bayas. En el abra de la Ventana, la textura de la roca de caja de las brechas y de los porfiroclastos presentes en las brechas, corresponde a metacuarcitas y metacuarcitas filíticas, con fábrica penetrativa por el crecimiento de nuevos granos elongados y subgranos de cuarzo y la ali-

neación paralela de cristales aciculares y laminares delgados de moscovita, originadas en condiciones de metamorfismo de la facies de esquistos verdes (von Gosen *et al.* 1990)

Una característica que es común a la textura de las brechas en ambas localidades (Sierras Bayas y Sierras Australes), es el registro de más de un episodio de brechamiento, por la presencia de fragmentos de brechas, de la misma composición y textura, que constituyen a su vez porfiroclastos en las rocas estudiadas, lo cual implica reiteración de fracturación. La base del último evento de coloración castaña más oscura concentra óxido de hierro más eficientemente.

RELACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS BRECHAS - MICROBRECHAS CON LA MACROESTRUCTURA EN LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES Y AUSTRALES

Las cuarcitas superiores de la Formación Cerro Largo participan de la estructura regional que muestran las unidades integrantes del Grupo Sierras Bayas en la localidad homónima. En fecha reciente, Massabie y Nestiero (2005) establecieron para la comarca el desarrollo de dos direcciones de plegamientos suaves, con planos axiales subverticales y ejes levemente buzantes hacia el sudeste y sudoeste, como resultado de una actividad tectónica que fue ubicada entre el Precámbrico tardío y el Paleozoico Inferior bajo. Con posterioridad, tuvo repercusión en la región de las Sierras Septentrionales la actividad tectónica con fuerte expresión en las Sierras Australes durante el Devónico y el Permotriásico, con las que se vincula el fallamiento transpresivo relevado en las Sierras Septentrionales (Massabie 1992, Massabie *et al.* 1993, Rossello *et al.* 1997).

La cubierta sedimentaria paleozoica de las Sierras Australes, de la que forma parte la Formación Providencia del Grupo Ventana, ha tenido un episodio deformativo regional durante el Devónico que

se expresa en la discordancia entre el Grupo Ventana y el Grupo Pillahuincó la cual fue considerada erosiva regional (Harrington 1947) y angular regional (Massabie y Rossello 1984b). Con posterioridad una reactivación tectónica acaeció durante la orogenia gondwánica. Esta etapa de deformación tectónica determinó el desarrollo de plegamiento de vergencia al noreste, más intenso en los Grupos Curamalal y Ventana, acompañado por clivaje de plano axial y metamorfismo que varía de esquistos verdes en los Grupos Curamalal, Ventana y Pillahuincó a anquimetamorfismo en las secciones cuspidales de la última unidad mencionada (Cobbold *et al.* 1986, Bugisch 1987, von Gosen *et al.* 1990).

El fallamiento transcurrente, que segmenta a las Sierras Australes con desplazamientos de rumbo modestos a lo largo de las principales abras (Amos y Urien 1968, Massabie y Rossello 1990) ha sido considerado de desarrollo tardío, en vinculación con la deformación permotriásica (Massabie *et al.* 1986).

Las brechas y microbrechas cohesivas se han formado asociadas a juegos de fracturas relevados en ambas comarcas de las sierras bonaerenses (Figs. 3a y 3b).

En particular, Massabie y Rossello (1986) reconocieron la presencia de brechas cohesivas en juegos de rumbo noroeste, noreste y este en localidades estudiadas entre Puán al noroeste y abra de los Vascos en la porción sudoriental de las Sierras Australes, que a su vez coinciden con los juegos principales de fracturas discriminados por Bonorino *et al.* (1988) y Bonorino (2005) para la vecina cuenca de Colorado en las proximidades de Bahía Blanca. En la comarca de sierras Bayas, se han relevado juegos predominantes de disposición noroeste, asociados a fallas que coinciden a su vez con la alineación regional de las cuencas de Colorado Claromecú y Salado (Dalla Salda *et al.* 2005), aunque también se hallan presentes brechas con rumbo cercano a la dirección este.

En el abra de la Ventana, las brechas y microbrechas cohesivas se asocian tanto

con la falla principal por su espesor y continuidad, de rumbo oeste-noroeste, como también con un sistema de fallas que alcanzan en esta localidad menor desarrollo, de rumbos este-nordeste y nordeste, y fueron interpretadas como fracturas de segundo orden (Massabie y Rossello 1985, Massabie *et al.* 1986). Cabe aclarar que la importancia en términos de representatividad, espesor y continuidad relativa de las fajas de brechas, varía en los distintos lugares considerados y en su asociación también con fallas de diferente desarrollo, pero se mantienen los rumbos predominantes definidos a partir de los relevamientos realizados (Figs. 3a y b).

DISCUSIÓN

En las Sierras Australes, Amos y Urien (1968) reconocieron la presencia de rocas de falla a lo largo de la falla abra de la Ventana, entre las que estaban incluidas las brechas en metacuarcitas que se estudian en este trabajo. Luego Massabie y Rossello (1984a, 1985 y 1986) caracterizaron estas rocas como brechas y microbrechas cohesivas vinculadas con fallamiento a lo largo de la falla abra de la Ventana y le asignan un origen por actividad tectónica. Por otra parte, Di Nardo y Dimieri (1988) consideran detenidamente la presencia de estas rocas y vinculan su génesis con fracturación hidráulica, por fallamiento.

Por su parte Sellés Martínez (1986) coincide en términos generales con este mecanismo de formación de las brechas y reproduce (Sellés Martínez 1989) el bosquejo de Massabie y Rossello (1984a) donde se presentaron inicialmente, las fajas de brechas con su relación geométrica aproximadamente transversal al plegamiento que es característica del sector del abra de la Ventana.

En las sierras Bayas, la presencia de brechas y microbrechas cohesivas en cuarcitas es mencionada por Massabie (1992), Massabie *et al.* (1993) y Massabie y Nestiero (2005). A partir de los muestreos de estas rocas durante los relevamientos de

campo y posteriores estudios petrográficos, surge para los autores la posibilidad de plantear una vinculación del origen de las brechas en rocas cuarcíticas de ambas comarcas serranas de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1).

Como surge de las observaciones en los afloramientos estudiados y de las descripciones petrográficas en las localidades comparadas, la similitud de esta litología de brechas y el tipo de roca asociada, roca de caja, es muy llamativa (Figs. 2a y b). También se ha establecido una relación en ambos casos con las disposiciones de afloramientos de juegos de fallas en el sector de abra de la Ventana y en las sierras Bayas (Figs. 3 a y b) que coinciden con diferente grado de frecuencia en términos de disposición de la fracturación, en los rumbos noroeste, oeste-noroeste y este, e inclinación subvertical.

A partir de los distintos argumentos considerados, se planteó la posibilidad de establecer algunos aspectos comunes significativos para realizar un avance sobre la formación de estas rocas, su asociación a un mismo evento tectónico y su localización temporal con relación a la evolución tectónica común que han tenido ambas comarcas desde el Paleozoico tardío. En este análisis cabe señalar que las evidencias aportadas por este estudio, sumado a varios de los antecedentes relativos al tratamiento del significado y relaciones de estas rocas con las litologías y estructura de las formaciones en que se localizan, permite aseverar que se trata de rocas, brechas y microbrechas cohesivas, formadas al menos a posteriori de la litificación de las cuarcitas en sierras Bayas, y de la etapa de metamorfismo de facies esquistos verdes así como del propio plegamiento al que cortan, en el caso de las metacuarcitas del abra de la Ventana en las Sierras Australes como se pone de manifiesto en el trabajo de Massabie y Rossello (1984a).

En este aspecto, las relaciones texturales reconocidas en los estudios de las muestras de brechas constituyen argumentos suficientes para establecer un edad infe-

rior límite para el episodio que dio origen a las brechas en rocas cuarcíticas en las Sierras Australes en el Permotriásico. Sobre la base de la similitud de los afloramientos de las brechas (Figs 2a y b) relaciones texturales en ambas localidades comparadas, este límite inferior para la formación de estas rocas se podría hacer extensivo también a las sierras Bayas. Dado que en ambos casos las brechas se asocian a fracturas y fallas (Massabie y Rossello 1984a y 1986, Massabie y Nestiero, 2005) resulta evidente que su origen se relaciona con un episodio tectónico sobre rocas litificadas, deformadas y, en el caso de las Sierras Australes, metamorizadas.

En cuanto a las condiciones relativas específicamente a su génesis se puede considerar su vinculación con un episodio tardío de la deformación gondwánica de las Sierras Australes que tuvo repercusión en las Sierras Septentrionales (Rossello *et al.* 1997) o bien con la deformación regional extensional ocurrida a partir del Jurásico - Cretácico asociada a la apertura atlántica y el inicio de la evolución mesozoica - cenozoica de las cuencas de Colorado y del Salado. El carácter transpresivo de la deformación gondwánica referida podría haber facilitado la formación de brechas en rocas cuarcíticas asociadas a zonas de cizalla con la generación de texturas del tipo descripto por Lloyd y Knipe (1992). Pero esto no se correlaciona con la presencia sistemática, en estas brechas, de texturas abiertas dilatantes, más bien asociables a regímenes tectónicos distensivos, como el que habría acompañado la evolución de las cercanas cuencas de Colorado y Salado (Massabie *et al.* 2005). En estas condiciones se considera que se habría combinado una etapa tectónica extensional regional, con la colaboración de presiones de fluidos elevadas, que potenciaron su capacidad para producir fracturación hidráulica y las texturas dilatantes en las brechas. En términos regionales, estas condiciones podrían vincularse con el inicio de la formación de las cuencas mesozoicas, que luego receptorían los depó-

sitos cretácicos continentales, principalmente en las vecinas cuencas de Colorado y del Salado (véase Tavella 2005).

Sobre esta base se postula la formación de las brechas y microbrechas cohesivas en rocas cuarcíticas de las Sierras Australes y Septentrionales, representadas en las localidades críticas de abra de la Ventana y sierras Bayas, durante la extensión jurásico-cretácica activa durante el inicio del desarrollo de las cuencas de Colorado (Massabie y Rossello 1998, Massabie *et al.* 1999) y del Salado (Tavella 2005).

Las texturas de estas rocas son también claramente representativas de la colaboración de fracturación hidráulica reiterada, como lo demuestran las texturas flotantes aquí reconocidas en los cortes delgados donde se evidencian además repeticiones del brechamiento. La probable presencia de una red de microfracturas heredadas disminuyó la resistencia de las rocas cuarcíticas y colaboró también en el desarrollo de porosidad secundaria, la cual a su vez facilitó un aumento localizado de la presión de fluidos que alcanza a superar la resistencia de la roca y provoca su fragmentación asociada a un aumento de volumen, que se manifiesta en la dispersión de los fenoclastos. Este proceso puede reiterarse ya que las zonas de brechas de falla son altamente permeables y los fluidos intersticiales bajo presión se mueven hacia ellas para producir nuevo brechamiento. Las características generales de este proceso de brechamiento fueron señaladas y documentadas por Phillips (1972) y también analizadas por Di Nardo y Dimieri (1988) para el sector del abra de la Ventana en las Sierras Australes.

CONCLUSIONES

En las Sierras Septentrionales y Australes de la provincia de Buenos Aires, afloran brechas y microbrechas cohesivas en rocas cuarcíticas con llamativas similitudes respecto de sus relaciones estructurales y sus texturas con respecto a sus respectivos protolitos en los que se hallan emplazadas, los cuales guardan, a su vez, el re-

gistro de evoluciones tectónicas previas diferentes en cada comarca.

La génesis de las brechas y microbrechas cohesivas fue probablemente favorecida por elevada presión de fluidos que neutralizó la resistencia y favoreció la fracturación hidráulica en litologías más frágiles, rocas cuarcíticas con microfracturas, durante una etapa extensional de carácter regional.

Si se aceptan condiciones similares para su génesis en las dos comarcas, de las Sierras Septentrionales y Sierras Australes, su formación puede vincularse a priori con las etapas finales de la deformación tectónica gondwánica de Sierras Australes, con manifestación en el fallamiento transcurrente de las Sierras Septentrionales, o bien, con una etapa posterior vinculada a la reactivación tectónica jurásico-cretácica que dio inicio a las cuencas de Colorado y Salado.

Teniendo en cuenta las características comunes en los afloramientos y texturas, y la evolución tectónica paleozoica - mesozoica y cenozoica de esta comarca, se asocia la formación de estas rocas, con fallamiento ocurrido en un episodio tectónico extensional común, vinculado al desarrollo de las cuencas de Colorado y Salado en el Jurásico - Cretácico durante el inicio de la apertura atlántica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los estudios que se realizan en el marco del proyecto UBACYT X123 por lo que se agradece a la Universidad de Buenos Aires por los fondos proporcionados. Las imágenes satelitales SAC-C, LANDSAT 7 y 5, fueron proporcionadas por convenio con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Varias de las ideas que impulsaron el inicio de este trabajo surgieron a partir del dictado de los cursos de Microtectónica de los años 2004 y 2005, donde se incorporó el estudio de brechas cohesivas en rocas cuarcíticas de las Sierras Australes y Septentrionales obtenidas en distintas campañas. Un adelanto de este trabajo fue presentado en

San Luis durante la 13^o Reunión de Tectónica en octubre de 2006 donde se desarrolló un provechoso intercambio de opiniones.

Se agradecen los comentarios y sugerencias de un árbitro anónimo y del Dr. José Sellés Martínez.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Amos, J.A. y Urien, C.M. 1968. La falla "Abra de la Ventana" en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23 (3): 197 -206.
- Bieniawski, Z.T. 1973. Engineering classification of jointed rock masses. *Transactions South Africa Institute of Civil Engineering* 15 (12): 335 - 344.
- Bonorino, A.G. 2005. Acuíferos profundos e hidrotermalismo. En de Barrio, R.E., Echeverry, R.O., Caballé M.E. y Llambías E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16^o Congreso Geológico Argentino, Relatorio 20: 327-346*, La Plata.
- Bonorino, A.G., Schillizi, R. y Kostadinoff, J. 1988. Investigación geológica y geofísica en la región de Bahía Blanca. *Universidad Nacional de La Plata, 3^o Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas (3): 55-64*, La Plata.
- Buggisch, W. 1987. Stratigraphy and Very Low Grade Metamorphism of the Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) and Implications in Gondwana Correlation. *Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie Teil I (7/8): 819-837*, Stuttgart.
- Cobbold, P.R., Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1986. Hercynian wrenching and thrusting in the Sierras Australes foldbelt, Argentina. *Hercynica* 2: 135-148.
- Dalla Salda, L. e Iñiguez, A. M., 1979. "La Tinta", Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. *7^o Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 539-550*, Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., de Barrio, R.E. Echeveste, H.J. y Fernández, R.R. 2005. El basamento de las sierras de Tandilia. En de Barrio, R.E., Echeverry, R.O., Caballé M.E. y Llambías E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16^o Congreso Geológico Argentino, Relatorio 3: 31-50*, La Plata.
- Dimieri, L.V. 1989. Plegamiento en las cuarcitas

de las formaciones Napostá y Providencia, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas 1: 1031-045*, Tandil.

- Dimieri, L., Delpino S. y Turienzo, M. 2005. Estructura de las Sierras Australes de Buenos Aires. En de Barrio, R.E., Echeverry, R.O., Caballé M.E. y Llambías E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16^o Congreso Geológico Argentino, Relatorio 7: 101-118*, La Plata.
- Di Nardo, L.R. y Dimieri, L.V. 1988. Mesoestructuras formadas en el campo del comportamiento rígido. Abra de la Ventana, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(2): 140-152.
- González Bonorino, F. 1954. Geología de las Sierras Bayas, partido de Olavarría, provincia de Buenos Aires. *LEMIT Serie 2 (55): 1-37*.
- González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. 2002. *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, 744 p., Madrid.
- Goodman, R.E. 1989. *Introduction to rock mechanics*. Second Edition, John Wiley & Sons, 562 p., Singapore.
- Harrington, H.J. 1947. Explicación de las hojas 33 m y 34 m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 61, 56 p.*
- Iñiguez, A., Del Valle, A., Poire, D., Spalletti, L. y Zalba, P. 1989. Cuenca Precámbrica - Paleozoica inferior de Tandilia, Provincia de Buenos Aires. En Chebli G. y Spalletti, L. (eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica 6: 245-263.
- Japas, M.S. 1989. La deformación de la cadena plegada de las Sierras Australes de Buenos Aires. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 143-215.
- Lloyd, G.E. y Knipe, R.J. 1992. Deformation mechanisms accommodating faulting of quartzite under upper crustal conditions. *Journal of Structural Geology* 14(2): 127-143.
- Massabie, A.C. 1992. Cinemática transcurrente del fallamiento NO en las Sierras Bayas, provincia de Buenos Aires. *8^o Reunión de Microtectónica, Actas: 10 - 15*, San Carlos de Bariloche.
- Massabie, A.C. y Nestiero, O.E. 2005. La estruc-

- tura del Grupo Sierras Bayas en el sector norte de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1): 135-146.
- Massabie, A.C. y Nestiero, O.E. 2002. El sinclinal del cerro Matilde y su relación con el plegamiento mesoscópico de las cuarcitas superiores. *Implicancias tectónicas. Sierras Bayas, Buenos Aires, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 102-107, Calafate.*
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1998. Granito Los Chilenos (Sierras Australes de Buenos Aires, Argentina): testimonio precursor del rifting jurocretácico de las cuencas del Colorado y Macachín. *2° Congreso Uruguayo de Geología, Actas: 7-9, Punta del Este.*
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1990. El fallamiento Abra de Rivera y su participación en la estructuración de las Sierras Australes, Buenos Aires, Argentina. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 42: 195-204, Buenos Aires.
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1986. Significado de las fajas de microbrechas en el "Basamento Eruptivo" y los grupos Curamalal y Ventana, Sierras Australes de Buenos Aires. *3° Reunión de Microtectónica, Actas: 91-93, La Plata.*
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1985. Fallamiento de segundo orden en el Abra de la Ventana y adyacencias, Sierras Australes de Buenos Aires. *2° Reunión de Microtectónica, Actas 23-25, Bahía Blanca.*
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1984a. Estructuras deformativas en el Abra de la Ventana y adyacencias. Sierras Australes de Buenos Aires. *Primera Reunión sobre Microtectónica, Actas 22-25, Buenos Aires.*
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1984b. Caracterización tectónica de la discordancia pre Formación Sauce Grande, Sierras Australes de Buenos Aires. *Actas 1° Reunión Sobre Microtectónica, Actas 18-21, Buenos Aires.*
- Massabie, A.C., Rossello, E.A. y López Gamundi, O.E. 2005. Cubierta paleozoica- mesozoica de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. En de Barrio, R.E., Echeverry, R.O., Caballé M.E. y Llambías E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 6: 85 - 100, La Plata.*
- Massabie, A.C.; Amos, A.J. e Iturriza, R. 1993. Diapirismo arcilítico tectoinducido, Sierras Bayas, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47(4): 389-398.
- Massabie, A.C., Rossello, E.A. and Amos, A.J. 1986. Kinematic interpretation of the minor and mesostructures in the Abra de la Ventana area, Sierras Australes, Buenos Aires, Argentina. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 38: 215-232, Buenos Aires.
- Massabie, A.C., Rossello, E.A., Linares, E.A., Párica, C. y Powell, C.A. 1999. Granito Los Chilenos: una nueva unidad granítica jurásica en Cerro Colorado, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(3): 281-289.
- Passchier, C.W. y Trouw, R.A.J. 1996. *Microtectonics. Springer-Verlag, 289 p.*
- Phillips, W.J. 1972. Hydraulic fracturing and mineralization. *Journal of the Geological Society*. 128: 337-359, London.
- Rossello, E.A., Massabie, A.C., López Gamundi, O.R., Cobbold, P.R. y Gapais, D. 1997. Late Paleozoic transpression in Buenos Aires and northeast Patagonia ranges, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 10(5-6): 389-402.
- Sellés Martínez, J. 1986. Las Sierras Australes de Buenos Aires: su vinculación a un cizallamiento regional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41(1/2): 187-190.
- Sellés Martínez, J. 1989. The structure of Sierras Australes (Buenos Aires - Argentina): an example of folding in a transpressive environment. *Journal of South American Earth Sciences* 2 (4): 317-329.
- Tavella, G.F., 2005. Cuenca del Salado. En de Barrio, R.E., Echeverry, R.O., Caballé M.E. y Llambías E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 31: 459 - 472, La Plata.*
- von Gosen, W., Buggisch, W. y Dimieri, L.V., 1990. Structural and metamorphic evolution of the Sierras Australes (Buenos Aires Province / Argentina). *Geologische Rundschau* 79(3): 797-821, Stuttgart.

Recibido: 21 de noviembre, 2007

Aceptado: 25 de abril, 2008