

EMPLAZAMIENTO DE PEGMATITAS GRANÍTICAS DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO PEGMATÍTICO COMECHINGONES, CÓRDOBA

Manuel DEMARTIS¹, Lucio P. PINOTTI¹, Fernando J. D'ERAMO¹, Jorge E. CONIGLIO², Leonardo A. AGULLEIRO INSÚA², Hugo A. PETRELLI²

¹ CONICET - Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Emails: mdemartis@exa.unrc.edu.ar, lpinotti@exa.unrc.edu.ar, fjderamo@exa.unrc.edu.ar

² Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Emails: jconiglio@exa.unrc.edu.ar, leoagulleiro@gmail.com, hpetrelli@exa.unrc.edu.ar

RESUMEN

El sector sur del distrito pegmatítico Comechingones está constituido por pegmatitas graníticas zonadas, con morfologías mayormente lenticulares y mineralizaciones de Be, Nb-Ta y U, que se emplazan en milonitas de la faja de cizalla Guacha Corral. Los planos de la foliación milonítica de la roca de caja presentan variaciones significativas en su orientación definiendo un patrón anastomosado tanto a escala regional como a escala de afloramiento. Las pegmatitas son generalmente concordantes con esa foliación milonítica, aunque también se observaron pegmatitas discordantes. La deformación de la faja de cizalla Guacha Corral generó una fábrica planar definida por la orientación de feldespatos, cuarzo y moscovita que afecta especialmente las zonas intermedias de las pegmatitas. Las orientaciones de las lineaciones de estiramiento mineral son próximas a las medidas sobre los planos de foliación milonítica de la roca de caja. El análisis estructural indica un emplazamiento sincinemático de las pegmatitas durante el evento deformacional de carácter dúctil de la faja de cizalla Guacha Corral desarrollado bajo un régimen de cizalla compresional progresiva no coaxial, de carácter inverso, indicando transporte tectónico hacia el oeste. El patrón anastomosado de la foliación milonítica habría generado los espacios donde se emplazaron las pegmatitas, los cuales se enfriaron y cristalizaron de manera simultánea con una deformación. Las pegmatitas discordantes representan canales de ascenso del magma a través de fracturas extensionales T. Con la deformación progresiva, la mayoría de las pegmatitas originalmente discordantes sufrieron posteriormente cizallamiento y rotación hasta paralelizarse con la foliación milonítica regional, aflorando actualmente de manera subconcordante.

Palabras clave: *Emplazamiento, distrito pegmatítico Comechingones, faja de cizalla Guacha Corral.*

ABSTRACT: *Granitic pegmatites emplacement from southern Comechingones pegmatitic field, Córdoba.* Southern Comechingones pegmatitic field is composed of zoned Be-Nb-Ta-U-granite pegmatites with mostly lenticular morphologies, hosted in mylonitic rocks of the Guacha Corral shear zone. Important orientation changes in the host rock mylonitic foliation were identified, thus defining an anastomosed general pattern of the shear zone both at the outcropping and regional scale. Pegmatites were mostly conformably emplaced within mylonitic foliation. Discordant pegmatites were also described. An internal planar fabric defined by the orientation of quartz, feldspar and muscovite from the intermediate zone of the granitic pegmatites was developed during the Guacha Corral shear zone deformation. Mineral stretching lineations in pegmatites generally coincide with that of the mylonitic host rocks. Structural analysis suggest that pegmatites of the Comechingones pegmatitic field were emplaced synkinematically with the ductile amphibolite facies deformational event of the Guacha Corral shear zone, developed under progressive simple shear deformation. Almost pure reverse sense of shear with westward tectonic transport characterized this deformational event, developed during Famatinian orogeny. Anastomosed general pattern of the mylonitic foliation in the Guacha Corral shear zone was the responsible for the origin of the spaces in which pegmatites and granites emplaced. These rocks then cooled and crystallized simultaneously with progressive deformation. Moreover, discordant pegmatites constitute Riedel shear model T extensional fractures, and represented ascent magma channels. These structures would have been progressively sheared and rotated from their original orientation, until they were subparallel to the enclosing mylonitic foliation, outcropping at present time as almost conformably pegmatites.

Keywords: *Emplacement, Comechingones pegmatitic field, Guacha Corral shear zone*

INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas, numerosos

autores han realizado estudios sobre pegmatitas graníticas abordando principalmente los aspectos mineralógicos, geo-

químicos, petrogenéticos, como así también problemas vinculados con la clasificación de las mismas. Sin embargo, son

poco frecuentes los trabajos con énfasis en los aspectos estructurales relacionados al ascenso y emplazamiento de cuerpos pegmatíticos. Por otra parte, la mayoría de los trabajos sobre esta temática están restringidos a ejemplos donde los espacios han sido generados en ambientes transpresivos asociados con cizallamiento de rumbo (Partington 1990, Araújo *et al.* 2001, entre otros). Por su parte, los modelos de emplazamiento de pegmatitas en ambientes puramente compresionales se encuentran escasamente documentados en la literatura, posiblemente debido a la dificultad que existe para la generación de espacios en tales ambientes. Un ejemplo de esto lo constituye el trabajo de Henderson e Ihlen (2004), quienes demostraron una estrecha relación entre el magmatismo que dio origen a las pegmatitas del terreno de Bamble, al sur de Noruega, y la deformación progresiva contraccional ocurrida durante la orogenia sueco-noruega, en el Precámbrico. Según estos autores, estas observaciones constituyen el primer ejemplo de intrusión de pegmatitas relacionada a plegamientos y corrimientos ocurridos durante una orogenia ortogonal.

En este trabajo se presenta un modelo estructural para las pegmatitas y granitoides asociados de la porción sur del distrito Comechingones (Galliski 1994-1999; Fig. 1), emplazados sincinemáticamente en la faja de cizalla Guacha Corral, bajo un régimen de deformación compresivo. El mismo pretende explicar el emplazamiento continuo de distintas generaciones de pegmatitas en una faja de cizalla de importante actividad en un amplio rango de tiempo durante la orogénesis famatiniana (Fagiano *et al.* 2004). Los resultados obtenidos permiten efectuar consideraciones respecto de la historia evolutiva de la sierra de Comechingones.

GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

Faja de cizalla Guacha Corral

Las rocas encajantes de las pegmatitas graníticas y leucogranitos asociados del dis-

trito pegmatítico Comechingones corresponden a milonitas, ultra y protomilonitas de la faja de cizalla Guacha Corral. Esta faja de cizalla constituye uno de los rasgos estructurales más importantes de la sierra de Comechingones y afectó a gneises, migmatitas, anfibolitas y otros protolitos cámbricos (Martino *et al.* 1995, Martino 2003, Fagiano *et al.* 2002-2004, Fagiano 2007, Whitmeyer y Simpson 2003). Posee una extensión de aproximadamente 120 km y en algunos sectores alcanza hasta 20 km de ancho.

Fagiano *et al.* (2004) y Fagiano (2007) consideran la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral, desarrollada durante la orogenia famatiniana, como un proceso deformacional continuo que comienza en un dominio dúctil (denominado M_{3a} - D_{3a}), estabilizado en facies de anfibolita alta, y que luego se continúa en un dominio dúctil-frágil hacia el final (denominado M_{3b} - D_{3b}), estabilizado en facies de esquistos verdes. Este esquema se repite para diferentes sectores de la faja de cizalla Guacha Corral. Cristofolini (2008) y Cristofolini *et al.* (2008) describen transformaciones texturales-mineralógicas de diatexitas, migmatitas, gneises y anfibolitas para un sector inmediatamente al este del área de estudio, en los alrededores de la localidad de Lutti. En este sector estos autores describen rocas con fábricas metamórficas y migmáticas predominantes, originadas durante el pico metamórfico pampeano, entre las cuales se alternan fajas de rocas miloníticas subordinadas productos de la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral. Estas observaciones, comparadas con lo observado en el sector occidental, donde afloran la mayor cantidad de pegmatitas del distrito Comechingones y predominan las fábricas miloníticas en las rocas encajantes (Fig. 1), permiten establecer un incremento paulatino de la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral en sentido E-O.

Las milonitas de la faja de cizalla Guacha Corral están constituidas por una matriz micácea de grano fino, de color gris oscuro, compuesta por filosilicatos (biotita, muscovita y, en algunos casos, clorita),

cuarzo, feldespatos y sillimanita. Se caracteriza por la orientación de micas, cintas de cuarzo y prismas de sillimanita formando folias que se anastomosan y envuelven los porfiroclastos, compuestos por feldespatos, cuarzo y, en algunos casos, granate. Esta matriz define una foliación milonítica que, a escala de afloramiento, otorga al paisaje un aspecto característico de crestas aserradas.

Los bancos de anfibolitas fueron desmembrados y retrabajados por la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral, y afloran concordantemente y distribuidos de manera errática entre las demás litologías descriptas.

Distrito pegmatítico Comechingones

El distrito pegmatítico Comechingones ha sido definido, caracterizado y clasificado por Galliski (1994 y 1999). Este autor clasifica a las pegmatitas de este distrito dentro de la signatura geoquímica LCT, en la clase elementos raros, subtipo berilocolumbita-fosfato, en transición a la clase muscovita. Teniendo en cuenta el nuevo esquema de clasificación propuesto por Černý y Ercit (2005), estas pegmatitas se ajustan mejor a la clase muscovita-elementos raros. Entre otros antecedentes importantes de estudios efectuados en el distrito, cabe destacar los aportes de Hub (1994-1995), quien efectuó un exhaustivo mapeo y descripción geológico-mineralógica de los principales depósitos pegmatíticos de interés en minerales metálicos. Steenken *et al.* (2010) han datado estas pegmatitas mediante el método de K-Ar en muscovitas, obteniéndose dos máximos de edades, 487 y 434 Ma, aproximadamente, para las pegmatitas del sector sur del distrito Comechingones.

Las pegmatitas de este distrito afloran en un área de aproximadamente 800 km², al oeste de la sierra de Comechingones, desde el contacto sur del batolito de Achala hasta el contacto norte del batolito Cerro Áspero. En el área de estudio del presente trabajo (Fig. 1), correspondiente a la porción sur del distrito pegmatítico Comechingones, Demartis *et al.* (2008) reconocieron básicamente dos tipos de peg-

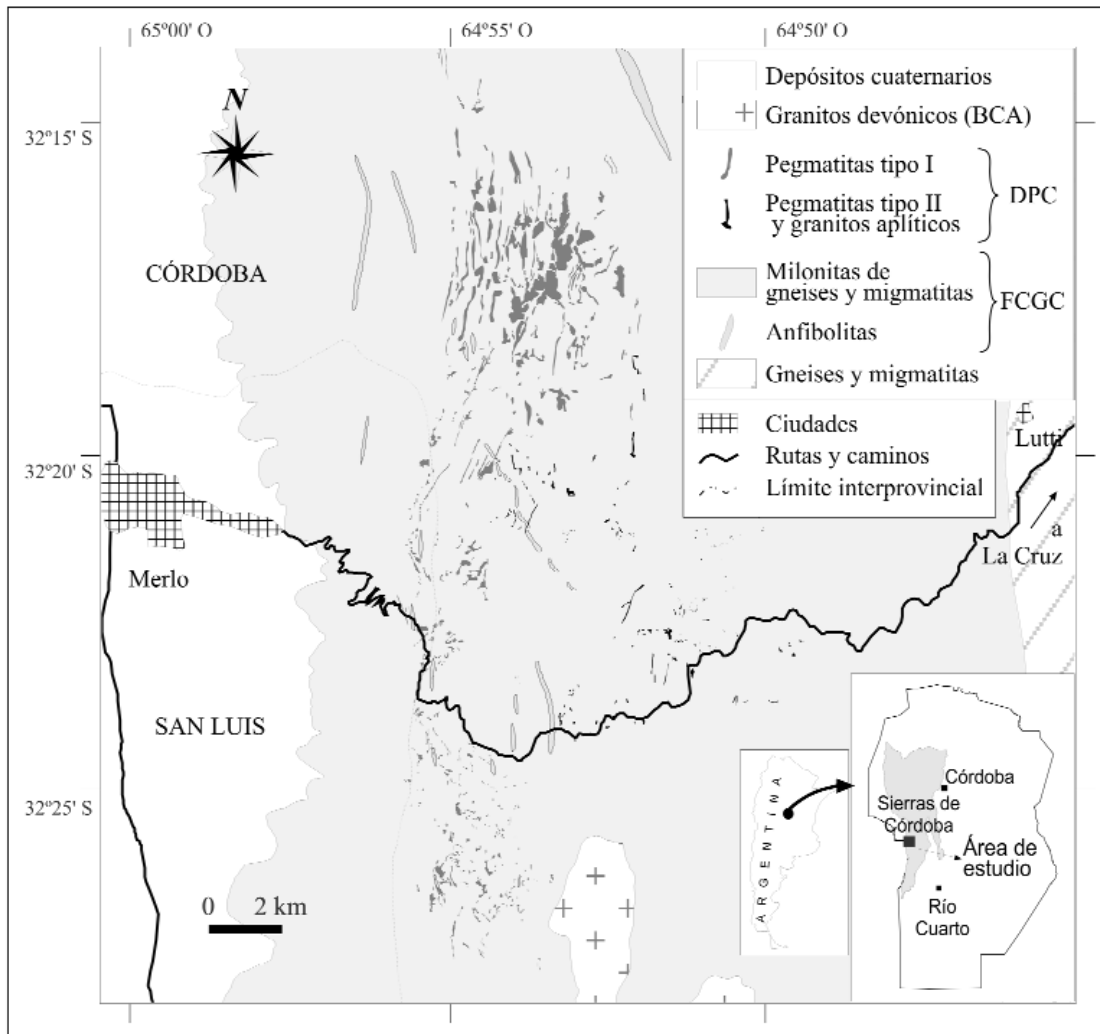


Figura 1: Mapa geológico y ubicación del área de estudio. Se muestra la ubicación de las pegmatitas y granitos de la porción sur del distrito pegmatítico Comechingones (DPC), las litologías más importantes de la faja de cizalla Guacha Corral (FCGC) y la parte norte del batolito Cerro Áspero (BCA).

matitas: tipo I y tipo II.

Pegmatitas tipo I: Las pegmatitas tipo I predominan en el sector occidental del área de estudio. Poseen morfologías lenticulares a tabulares, y en general no superan los 200 m en su máxima extensión. Generalmente se presentan como conjuntos de pegmatitas lenticulares conformando extensas corridas pegmatíticas que pueden superar los 1.000 m de largo y 50 m de ancho, internamente constituidas por varios pulsos de magmas pegmatíticos. Cada pegmatita lenticular posee individualmente zonación interna, la cual está caracterizada, desde el exterior al interior, por una zona de borde discontinua (muscovita ± cuarzo y albita), zona de pared de grano grueso (cuarzo + muscovita ± albita), zona intermedia de grano grueso a muy grueso (microclino + cuarzo +

muscovita + albita), y una zona de núcleo cuarzoso, con megacristales de microclino y muscovita subordinados. Entre los minerales accesorios pueden nombrarse granate, berilo, triplita (y sus productos de alteración secundaria), columbita-tantalita, y minerales de uranio, que se asocian generalmente a las zonas intermedias o núcleo. También poseen unidades de reemplazo que afectan esencialmente a las zonas intermedias, y están compuestas de albita + muscovita + lepidolita + turmalina de Na y/o Li (olenita o elbáita). Estas pegmatitas pertenecen a la clase elementos raros, subtipo berilo-columbita-fosfato, en transición a la clase muscovita (Galliski 1994), y han sido objeto de prospección y exploración por Be, Nb-Ta y U, y por minerales industriales, tales como cuarzo, feldespato y micas. Dentro

del nuevo esquema de clasificación propuesto por Černý y Ercit (2005), estas pegmatitas poseen características compatibles con la clase Muscovita-Elementos Raros.

Demartis *et al.* (2010) establecen condiciones P-T de cristalización de cuarzos de núcleo de las pegmatitas tipo I de aproximadamente 5 kb y 600°C. Estas condiciones están comprendidas dentro del rango de P y T propuesto por Černý y Ercit (2005) para las pegmatitas de la clase muscovita-elementos raros (520-650 °C y 3-7 kb). Además, también concuerdan con las condiciones a las cuales se estabilizó el evento dúctil M_{3a} - D_{3a} , propuesto por Fagiano *et al.* (2004), Fagiano (2007) y Cristofolini *et al.* (2008) en distintos sectores de la faja de cizalla Guacha Corral, y con las condiciones del bloque colgante de la

faja de cizalla Guacha Corral propuestos por Whitmeyer y Simpson (2003).

Pegmatitas tipo II: Las pegmatitas tipo II no poseen zonación, son de dimensiones considerablemente menores (generalmente no superan los 150 m de corrida), presentan morfologías tabulares y no están mineralizadas. Se restringen esencialmente al sector oriental del área de estudio (Fig. 1). Están compuestas, en gran medida, de cuarzo de alta pureza (>99,98 % de SiO₂; Demartis *et al.* 2005-2009), y generalmente presentan variaciones de rumbo y buzamiento en armonía con la orientación de la roca hospedante. En estos sectores de quiebres de rumbos se han descrito intercrecimiento de cuarzo con microclino y muscovita subordinados, con típicas texturas pegmatíticas, y también se observan granate y berilo como accesorios frecuentes.

Para esta tipología de pegmatitas se obtuvieron menores condiciones de P-T de formación, de aproximadamente 450 °C y 2,5 kb (Demartis *et al.* 2005), las cuales se corresponderían con condiciones de transición entre el evento dúctil y el evento dúctil-frágil M_{3b}-D_{3b} de la faja de cizalla Guacha Corral.

Este trabajo se centra básicamente en el análisis estructural detallado de las pegmatitas tipo I, así como también de las milonitas encajantes, para comprender los mecanismos de emplazamiento de las pegmatitas y relacionarlo con la evolución estructural de la sierra de Comechingones.

ESTRUCTURAS DE LA ROCA ENCAJANTE

Los rasgos estructurales medidos en las rocas miloníticas encajantes fueron esencialmente la foliación milonítica y lineación de estiramiento. En el mapa de la figura 2a se presentan las trazas de la foliación milonítica y las proyecciones estereográficas de ambos datos para los sectores norte, centro y sur del área de estudio. La foliación milonítica posee, en promedio, azimut N354° con buzamiento 46° al E. No obstante, como se muestra en la fi-

gura 2a, hay sectores donde los planos de la foliación milonítica presentan variaciones significativas en su orientación, tanto en azimut como en buzamiento. Las orientaciones medidas varían entre N-280° con buzamiento al N y N226° con buzamiento al SE. Estas variaciones ocurren en diversos sectores del área de estudio y definen un patrón anastomosado de la foliación milonítica a escala regional, de manera análoga al que se observa en escalas de mayor detalle, tal como se muestra en el mapa de la figura 2a.

La lineación de estiramiento se desarrolla sobre los planos de foliación milonítica, y está definida por la orientación de micas, cintas de cuarzo y hornblenda dependiendo del tipo litológico, y orientación preferencial de porfiroclastos cuarzo-feldespáticos. Esta lineación de estiramiento posee, en promedio, dirección y ángulo de inclinación N069° y 38°, respectivamente (Fig. 2a).

El análisis cinemático se efectuó en planos que contienen la lineación de estiramiento y que son perpendiculares a los planos de foliación milonítica (planos XZ, siguiendo la metodología propuesta por Passchier y Trouw 2005), con el fin de establecer el sentido de la cizalla durante la deformación. Indicadores cinemáticos tales como porfiroclastos cuarzo-feldespáticos de tipo “σ”, y en menor medida estructuras S-C, indican cinemática inversa, con muy pequeñas componentes de rumbo dextrales (los valores de *rake* varían entre 65° N y 90°).

ORIENTACIÓN Y ESTRUCTURAS DE LAS PEGMATITAS

Las pegmatitas tipo I generalmente afloran de forma concordante y armónica con la foliación milonítica de la roca encajante. Al compararse los datos estructurales de las figuras 2a y 2b se observa que existe una clara correlación entre la foliación milonítica y la orientación de las pegmatitas, aún en los sectores donde la foliación milonítica presenta variaciones en su orientación. Por lo tanto, el patrón

anastomosado definido por la foliación milonítica encajante es copiado por las pegmatitas en la mayoría de los casos. No obstante, también se han reconocido pegmatitas subconcordantes y discordantes con respecto al encajante (Figs. 3a y 3b).

La orientación promedio de las pegmatitas concordantes es N345°, con buzamiento 46° al E, mientras que las pegmatitas discordantes poseen un rumbo promedio N022° pero con buzamiento 55° al O.

Otro rasgo estructural destacable en las pegmatitas es el desarrollo de una fábrica planar que afecta especialmente a las zonas intermedias y a las zonas externas de cuarzo-muscovita, tanto de pegmatitas concordantes como discordantes. Se trata de una foliación interna definida principalmente por la orientación de microclino y cuarzo, (Fig. 3c), y folias de muscovita. Estas fábricas planares se orientan en general paralelas a las foliaciones miloníticas de la roca encajante (Fig. 2c), y su orientación promedio es rumbo N342° con buzamiento 32° al E.

Sobre los planos de foliación interna se desarrolla también una lineación de estiramiento producto de la deformación, identificada por la fracturación y orientación preferencial de feldespatos, cuarzos y muscovitas, y corroborada en observaciones petrográficas. En el estereograma de la figura 2c se grafican los puntos correspondientes a estas lineaciones, las cuales coinciden bastante bien con las lineaciones medidas en las milonitas y anfíbolitas encajantes.

Texturas y microestructuras deformacionales

Durante el estudio petrográfico de las diferentes zonas internas de pegmatitas tipo I se observaron texturas y microestructuras que evidencian deformación al estado submagmático y al estado subsólido de alta y baja temperatura.

Las fracturas intracrystalinas en feldespatos, esencialmente microclino y plagioclasas, rellenas de fundido residual, constituyen la evidencia más conspicua de de-

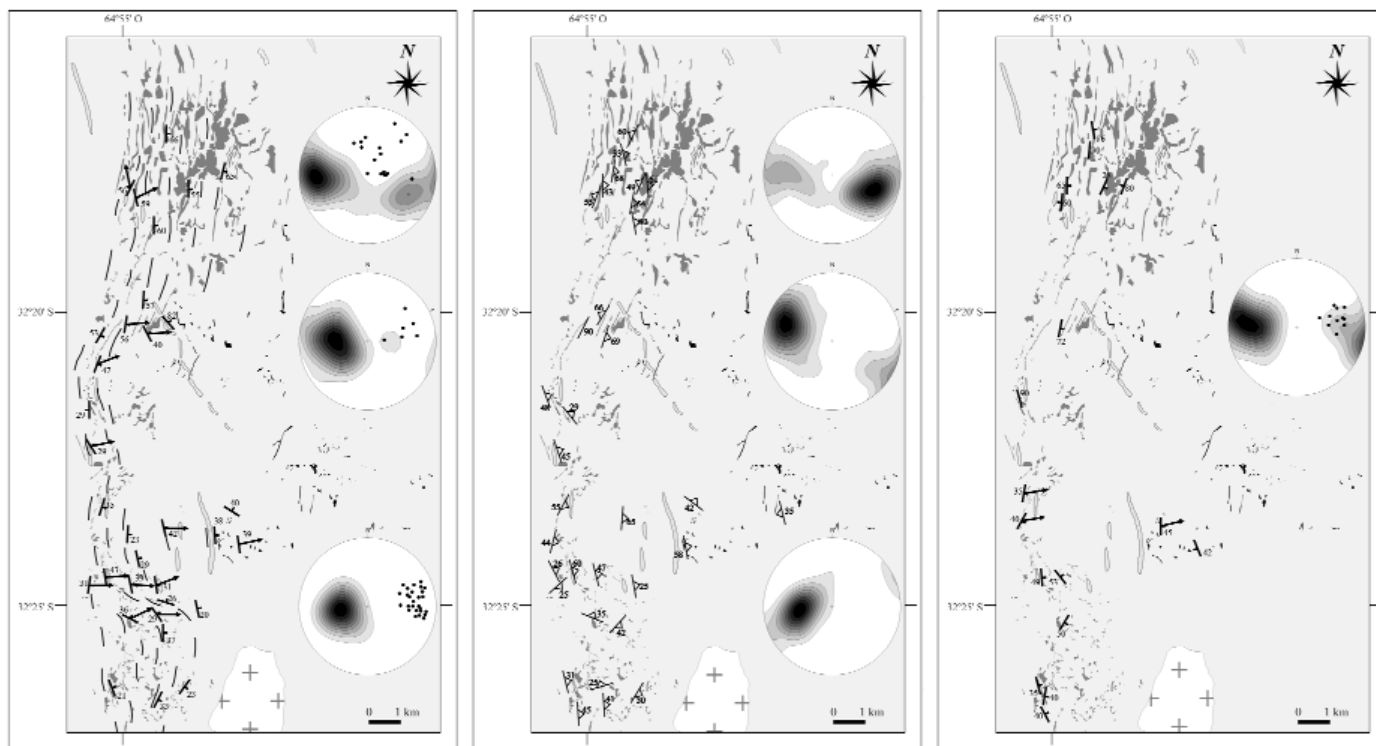


Figura 2: a) Mapa estructural mostrando las trazas de la foliación milonítica de la roca encajante y las proyecciones estereográficas de los sectores norte, centro y sur de los polos a planos de foliación milonítica, y lineaciones de estiramiento; b) mapa estructural y proyecciones estereográficas de los polos a planos que representan la orientación de las pegmatitas tipo I en los sectores norte, centro y sur; c) mapa estructural y proyecciones estereográficas de los polos a planos de foliación interna, y lineaciones de estiramiento en pegmatitas tipo I. En todos los mapas las referencias litológicas son las mismas que en la figura 1. Las proyecciones estereográficas son equiareales, al hemisferio inferior de la red de Schmidt.

formación al estado submagmático (Bouchez *et al.* 1992).

Entre las evidencias de deformación al estado subsólido de alta temperatura, se observaron maclas flexuradas y acuñadas en albita y microclino. Además, también se identificaron texturas de extinción en damero o en tabla de ajedrez, y mecanismos de recristalización dinámica por migración de límites de grano en cuarzos de todas las zonas internas de las pegmatitas tipo I.

A su vez, durante el estado subsólido de mediana y baja temperatura, se generaron texturas tales como lamelas de exsolución de albita con morfologías flameada (*flame-shaped*; Passchier y Trouw 2005) en microclino peritítico de zonas intermedias. También se observaron mecanismos de recristalización dinámica por *bulging* de los bordes de los granos en muestras de cuarzos de núcleo, dando microestructuras de núcleo y manto, y lamelas de de-

formación y extinción ondulosa en cuarzos de todas las zonas internas de las pegmatitas.

Las evidencias mencionadas permiten establecer una deformación continua de estos magmas desde su emplazamiento y cristalización hasta el estado sólido de baja temperatura.

DISCUSIÓN

Cinemática y modelo de emplazamiento

A partir de todos los datos obtenidos se propone, para las pegmatitas tipo I del distrito Comechingones, un emplazamiento sincinemático con la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral. Sobre la base del análisis cinemático en rocas encajantes y pegmatitas, se establece que esta deformación se desarrolló bajo un ambiente geotectónico regional compresional, cuyo eje de máximo es-

fuerzo σ_1 posee orientación subhorizontal y dirección E-O, donde los valores de *rake* obtenidos (cerca de 90°) indican una cinemática deformacional de carácter inverso dominante, lo cual implica transporte tectónico hacia el oeste del bloque de techo. Esta deformación genera, en el ámbito de la faja de cizalla Guacha Corral, condiciones de cizalla simple observada en planos subverticales, perpendiculares a la foliación milonítica y conteniendo la lineación de estiramiento mineral (planos XZ de Passchier y Trouw 2005), donde la componente rotacional está evidenciada por las asimetrías de porfiroclastos con morfologías sigmas y deltas y estructuras S/C, observada no sólo en la roca encajante sino también en las pegmatitas. Esto explica la generación de cizalla simple en un ambiente geotectónico regional puramente compresivo. Las pegmatitas discordantes podrían representar las fracturas extensionales T

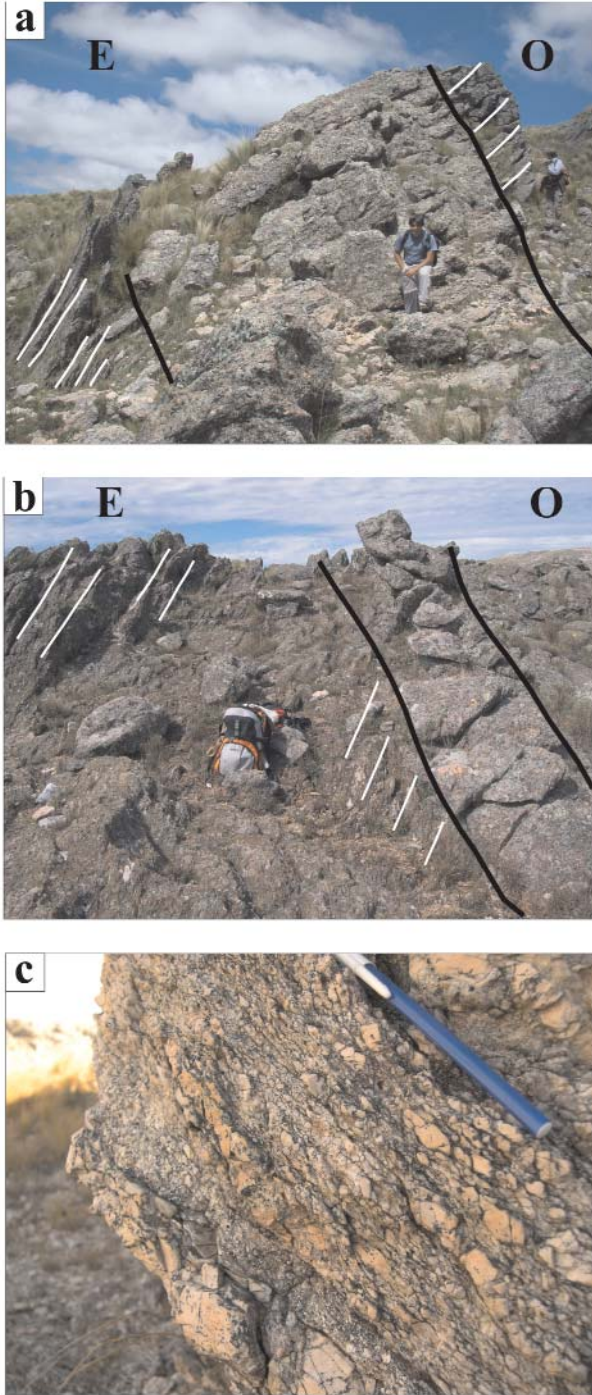


Figura 3: a) y b) Pegmatitas tipo I discordantes, buzando al oeste. Ambas fotografías fueron tomadas en dirección sur. Se destacan las trazas de la foliación milonítica de la roca encajante y los contactos de las pegmatitas; c) aspecto de la foliación interna en pegmatita tipo I. Nótese las fracturas y orientación de los granos de microclino y el estiramiento de las cintas de cuarzo, y la reorientación de las folias de muscovita.

zalladas por el flujo milonítico. Las pegmatitas que actualmente se observan discordantes se consideran emplazadas en etapas tardío-deformacionales en las fracturas extensionales T paralelas a la dirección de compresión infinitesimal (o fracturas R'), que sufrieron escasa o nula rotación.

En el caso de las pegmatitas concordantes, el patrón anastomosado de la foliación milonítica también habría favorecido la generación de los espacios donde se emplazaron las pegmatitas, ya que las estructuras de las pegmatitas y las rocas encajantes coinciden en gran parte del área, aún en los sectores donde las orientaciones difieren ampliamente con la media regional.

En el modelo de emplazamiento propuesto, el motor principal para el ascenso y emplazamiento de los fundidos pegmatíticos está definido por la interrelación entre la fuerza de flotación (*buoyancy*) del magma y la apertura de los espacios generados durante la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral. Brown y Solar (1999) establecen que un fundido generado en la zona de anatexis en un ambiente transpresivo fluirá a través de la corteza por gradientes de presión generados por flotación del fundido y por esfuerzos tectónicos. No obstante, a diferencia de lo que ocurre en ambientes transpresivos, en ambientes geotectónicos puramente compresivos, como el postulado para el emplazamiento de las pegmatitas del distrito Comechingones, es más difícil explicar la apertura de los espacios que favorecen el ascenso y emplazamiento de los magmas.

En las pegmatitas estudiadas, el patrón anastomosado definido por los cambios de orientación de la foliación milonítica genera los espacios necesarios para la inyección de los magmas pegmatíticos durante la deformación, tal como se plantea en las figuras 5a y b. La apertura de estos espacios ocurre a un cierto ángulo con respecto a la foliación milonítica regional (Fig. 5b). A su vez, esta apertura de espacios instala un nuevo gradiente de presión local debido al vacío generado, el

paralelas a la dirección de compresión infinitesimal (o fracturas R'; ver elipsoide de la Fig. 4), que constituyeron parte de los canales de ascenso del magma, los cuales, con la deformación progresiva, habrían sufrido rotación y cizallamiento posterior, modificando su buzamiento hasta casi paralelizarse con la foliación

milonítica regional, y aflorar actualmente de manera concordante o subconcordante (Fig. 4). De esta manera, muchas de las pegmatitas que se observan actualmente concordantes o subconcordantes con la foliación milonítica se habrían emplazado originalmente como pegmatitas discordantes que luego fueron rotadas y ci-

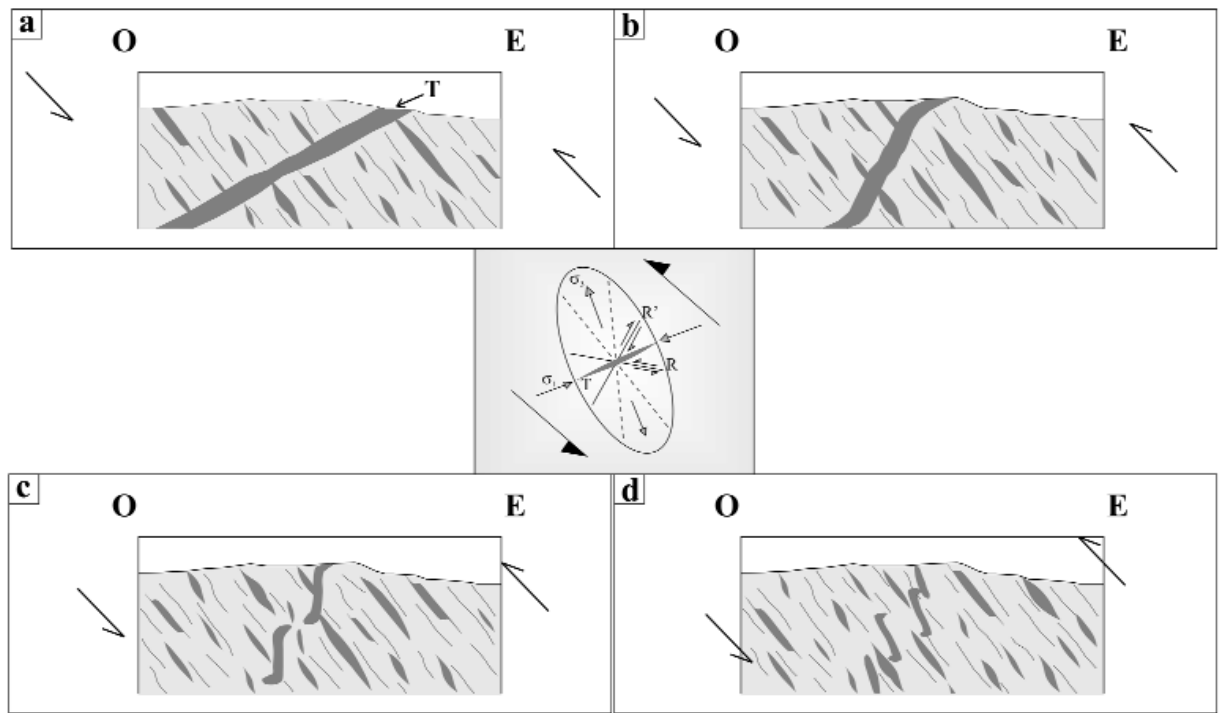


Figura 4: Modelo de emplazamiento propuesto, donde se puede observar cómo las estructuras discordantes (emplazadas en fracturas extensionales T) rotan con el flujo milonítico y se cizallan hasta paralelizarse con la foliación regional (desde a hasta d).

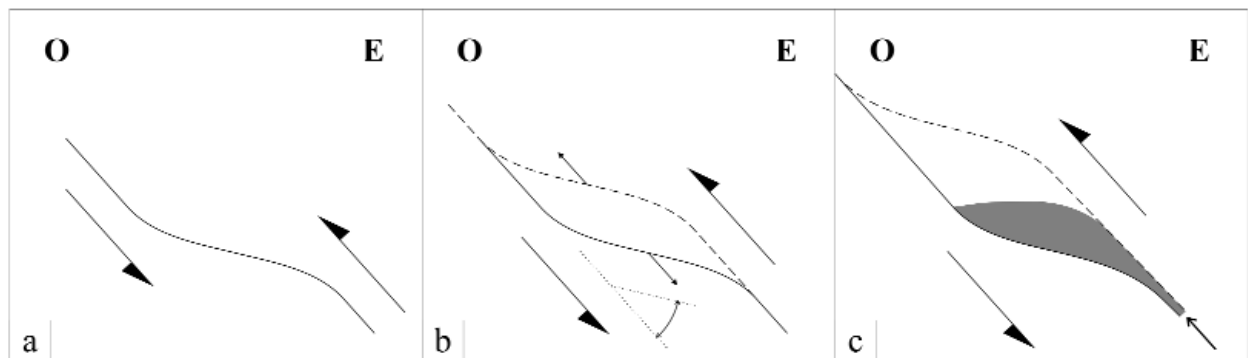


Figura 5: Modelo de generación de espacio e inyección del magma pegmatítico. a) b) Generación del espacio a raíz del patrón anastomosado de la foliación milonítica; c) apertura e inyección del magma pegmatítico debido al efecto conjunto de la fuerza de flotación propia del magma y del gradiente de presión instalado debido al vacío generado.

cuál, junto con la fuerza de flotación propia del magma, abren el espacio entre las capas de la foliación milonítica y se inyectan dentro del espacio generado (Fig. 5c). A su vez, el magma que es inyectado lubrica la foliación milonítica favoreciendo aún más la deformación, retroalimentando el proceso de deformación-inyección de magmas. Este modelo constituye una particularidad si se lo compara con otros modelos

propuestos. Henderson e Ihlen (2004) observaron que los espacios generados se asocian a plegamientos isoclinales producto de una cinemática contraccional, donde distintas generaciones de pegmatitas se emplazan discordantemente con la foliación. En el proceso de deformación-inyección de magmas propuesto en este trabajo, los espacios y los sitios de emplazamiento de las pegmatitas se abren a cierto ángulo con respecto a la foliación

milonítica. Luego, el espacio generado se continúa abriendo en dirección paralela a la foliación milonítica (Fig. 5b) a medida que el magma es inyectado en él, dando como resultado pegmatitas concordantes, hecho escasamente documentado en la literatura. El hecho de que las pegmatitas del distrito Comechingones afloren mayormente en el sector occidental de la faja de cizalla Guacha Corral, donde la intensidad de

la deformación fue mayor que en el sector oriental, constituye una fuerte evidencia para confirmar la retroalimentación del proceso de deformación-inyección de magmas.

El modelo de emplazamiento propuesto para las pegmatitas tipo I del distrito Comechingones es muy similar al establecido por Agulleiro Insúa *et al.* (2006) para los granitoides que se encuentran asociados a las pegmatitas tipo II, emplazados también en un ambiente geotectónico regional compresional, bajo un régimen de cizalla simple, con cinemática inversa.

No obstante, las diferencias en las condiciones de P y T de formación estimadas para ambos tipos de pegmatitas (tipos I y II) permite establecer que estas dos tipologías se emplazaron a diferentes profundidades y en diferentes momentos de la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral. No obstante, la cinemática de tipo inverso, con transporte tectónico hacia el oeste, bajo un régimen de cizalla simple en un ambiente compresional, se mantuvo constante desde el emplazamiento de las pegmatitas tipo I, a 4 kb aproximadamente, hasta el emplazamiento de las pegmatitas tipo II y granitos aplíticos, a 2,5 kb de presión.

CONCLUSIONES

En esta contribución se presenta un ejemplo de emplazamiento de pegmatitas durante la historia deformacional de la faja de cizalla Guacha Corral, desarrollada en un ambiente geotectónico compresional, escasamente documentado aún en la literatura mundial. En este ejemplo, la interrelación entre la deformación progresiva y la inyección de magmas pegmatíticos permite explicar la generación de los espacios necesarios para la intrusión y posterior deformación de los cuerpos intrusivos en este tipo de entornos estructurales.

Lo expuesto en el presente trabajo da cuenta de la importancia que ha adquirido la deformación de la faja de cizalla Guacha Corral para la canalización de los magmas pegmatíticos, posiblemente ge-

nerados en sectores más profundos de la corteza. De esta manera, las fajas de deformación dúctiles regionales constituyen sectores donde la transferencia de masa dentro de la corteza terrestre ha sido muy importante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. José María Tubía Martínez por la revisión del trabajo y sus invalorable aportes para el mejoramiento del mismo, así como también las observaciones y sugerencias de los árbitros, Dres. Ariel Ortiz Suárez y Sergio Delpino, por ayudar sustancialmente a la mejora del manuscrito. Este trabajo fue realizado a partir de dos programas de investigación (18/C 219 2007-2008 y 18/C 360 2009-2010) financiados por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto (SeCyT-UNRC); a partir del proyecto PICT-2008-1477, financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT) y la SeCyT-UNRC; y del proyecto PIP-CONICET-0916 financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Agulleiro Insúa, L.A., Demartis, M., D'Eramo, F.J., Pinotti, L.P. y Coniglio, J.E. 2006. Emplazamiento de leucogranitos y pegmatitas asociadas en la faja de cizalla Guacha Corral, Sa de Comechingones, Córdoba. 13° Reunión de Tectónica, Actas: 11, San Luis.

Araújo, M.N.C., Alves da Silva, F.C. y Jardim de Sá, E.F. 2001. Pegmatite Emplacement in the Seridó Belt, Northeastern Brazil: Late Stage Kinematics of the Brasiliano Orogen. *Gondwana Research* 4(1): 75-85.

Bouchez, J.L., Delas, C., Gleizes, G., Nédélec, A. y Cuney, M. 1992. Submagmatic microfractures in granites. *Geology* 20(1): 35-38.

Brown, M., y Solar, G.S. 1999. The mechanism of ascent and emplacement of granite magma during transpression: a syntectonic granite paradigm. *Tectonophysics* 312(1): 1-33.

Černý, P. y Ercit, T.S. 2005. The classification of granitic pegmatites revisited. *Canadian Mine-*

ralogist 43(6): 2005-2026.

Cristofolini, E.A. 2008. Petrología estructural del área comprendida entre la localidad de "Lutti" y el "Puesto Rodeo de Las Yeguas": análisis comparativo de las fábricas migmatíticas y miloníticas, Sierra de Comechingones, Córdoba. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Río Cuarto, (inédito), 186 p., Río Cuarto.

Cristofolini, E.A., Fagiano, M. y Pinotti, L.P. 2008. Fábricas migmatíticas y miloníticas: un análisis comparativo, norte de Sierra de Comechingones, Córdoba. 17° Congreso Geológico Argentino, *Acta de Resúmenes*: 1334, San Salvador de Jujuy.

Demartis, M., Coniglio, J.E., Petrelli, H.A., D'Eramo, F.J., Pinotti, L.P., Agulleiro Insúa, L.A. y Perez Xavier, R. 2005. Condiciones físico-químicas de los fluidos formadores de pegmatitas graníticas no zonadas del sector sur del Distrito Pegmatítico Comechingones, Córdoba, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, *Actas*: 611-618, La Plata.

Demartis, M., Coniglio, J.E., Pinotti, L.P., D'Eramo, F.J., Petrelli, H.A., Oddino, H. y Silva, D. 2008. Condiciones P-T de cristalización de cuarzos deformados de las pegmatitas del Distrito Comechingones, Córdoba, estimadas a partir de inclusiones fluidas." 9° Congreso de Mineralogía y Metalogénia, *Actas*: 23-30, San Salvador de Jujuy.

Demartis, M., Coniglio, J.E., Pinotti, L.P., D'Eramo, F.J., Agulleiro Insúa, L.A., Muñoz, A.A. y Petrelli, H.A. 2010. Modelado de fluidos de las pegmatitas de la porción sur del distrito Comechingones, Córdoba, a partir de nuevos datos de isótopos estables. 10° Congreso de Mineralogía y Metalogénia, *Actas*: 171-178, Río Cuarto.

Demartis, M., Petrelli, H.A., Coniglio, J.E., D'Eramo, F.J., Pinotti, L.P., Agulleiro Insúa, L.A. y Demartis, P.N. 2009. Proyecto de inversión minera para la explotación y comercialización del yacimiento de cuarzo pegmatítico Otto XIX, Distrito Pegmatítico Comechingones, Córdoba. 9° Congreso Argentino de Geología Económica, *Actas*: 329-337, San Fernando del Valle de Catamarca.

Fagiano, M. 2007. Geología y Petrología del basamento cristalino de las Albahacas, sur de la Sierra de Comechingones, Córdoba. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto, (inédito), 380 p., Río Cuarto.

- Fagiano, M., Pinotti, L., Esparza, A.M. y Martino, R. 2002. La faja de cizalla Guacha Corral, Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas: 259-264, Calafate.
- Fagiano, M., Pinotti, L.P. y Esparza, A.M. 2004. Metamorfismo, deformación y magmatismo asociados en el tramo medio de la Sierra de Comechingones, provincia de Córdoba. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 315-320, Río Cuarto.
- Galliski, M. 1994. La Provincia Pegmatítica Pampeana. I: Tipología y distribución de sus distritos económicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 49(1-2): 99-112.
- Galliski, M. 1999. Distrito pegmatítico Comechingones, Córdoba. En Zappettini, E.O. (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 361-364, Buenos Aires.
- Henderson, I.H.C. y Ihlen, P.M. 2004. Emplacement of polygeneration pegmatites in relation to Sveco-Norwegian contractional tectonics: examples from southern Norway. Precambrian Research 133(3-4): 207-222.
- Hub, C.C. 1994. Estudio geológico-económico de pegmatitas del Distrito Comechingones. Informe Beca CONICOR; (inédito), 156 p., Córdoba.
- Hub, C.C. 1995. Estudio geológico-económico de pegmatitas del Distrito Comechingones. Informe Beca CONICOR; (inédito), 172 p., Córdoba.
- Martino, R. 2003. Las fajas de deformación dúctil de las Sierras Pampeanas de Córdoba: Una reseña general. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(4): 549-571.
- Martino, R., Kraemer, P., Escayola, M., Giambastiani, M. y Arnosio, M. 1995. Transecta de las Sierras Pampeanas de Córdoba a los 32° S. Revista de la Asociación Geológica Argentina 50(1-4): 60-77.
- Partington, G.A. 1990. Environment and Structural Controls on the Intrusion of the Giant Rare Metal Greenbushes Pegmatite, Western Australia. Economic Geology 85(3): 437-456.
- Passchier, C.W. y Trouw, R.A.J. 2005. Microtectonics. Springer-Verlag, 366 p., Heidelberg.
- Steenken, A., Wemmer, K., Martino, R.D., López De Luchi, M.G., Guereschi, A. y Siegesmund, S. 2010. Post-Pampean cooling and the uplift of the Sierras Pampeanas in the west of Córdoba (Central Argentina). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 256(2): 235-255.
- Whitmeyer, S.J. y Simpson, C. 2003. High strain-rate deformation fabrics characterize a kilometers-thick Paleozoic fault zone in the Eastern Sierras Pampeanas, central Argentina. Journal of Structural Geology 25: 909-922.

Recibido:
Aceptado: