

MINERALOGÍA E INCLUSIONES FLUIDAS EN LA BARITINA: TOPE DE LA MINERALIZACIÓN DE MANGANESO DE LA SIERRA DE AMBARGASTA, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Pablo Rodrigo LEAL^{1,2} y María Paz GONZÁLEZ¹

¹ Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Emails: leal@gl.fcen.uba.ar, mpazgonzalez@gl.fcen.uba.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

RESUMEN

En este trabajo se describe la mineralogía y las inclusiones fluidas del sector más superficial de un yacimiento epitermal de manganeso. El área de estudio comprende el sector central de una mineralización mayor y se caracteriza por la abundancia de minerales de ganga, compuestos por baritina, calcita y ópalo con cantidades subordinadas de calcedonia, cuarzo y óxidos de manganeso. Sus texturas y sus paragénesis minerales evidencian varios pulsos de precipitación. Los espacios abiertos entre los cristales mayores de baritina fueron ocupados por calcita y ópalo, que son especies frecuentes hacia el final del proceso mineralizador. Calcedonia y cuarzo sólo se observan dentro de pequeñas cavidades. Las inclusiones fluidas fueron estudiadas en muestras de cuarzo, baritina y calcita. Se componen de H₂O, NaCl y cantidades menores de CaCl₂ y MgCl₂. La calcita y la baritina presentan una salinidad promedio de aproximadamente 4,18 %wt NaCleq. mientras que el cuarzo evidencia salinidades cercanas a los 5,26%wt NaCleq. Las temperaturas de homogeneización también son diferentes para cada especie: el cuarzo muestra una temperatura promedio de 148°C, mientras que la baritina y la calcita parecen tener temperaturas ligeramente mayores (184° y 171°C respectivamente). Todos los datos compilados en este trabajo sugieren que este distrito representa uno de los sectores más superficiales del yacimiento mineral. Las elevadas cantidades de minerales no metalíferos evidencian que esta área, a diferencia de las otras, fue particularmente activa durante las etapas finales del proceso mineralizador.

Palabras clave: *Baritina, Manganeso, Ambargasta, Córdoba.*

ABSTRACT: *Mineralogy and fluid inclusion of La Baritina: the uppermost sector of the manganese mineralization of sierra de Ambargasta, province of Córdoba.* In this paper the mineralogy and fluid inclusion of the upper sector of an epithermal manganese deposit are described. The study area comprises the central sector of a bigger mineralised zone where non-ore mineral are the most common ones and are composed of barite, calcite and opal with fewer amounts of chalcedony, quartz and manganese oxides. Their textures and their assemblages allow us to determine several events of precipitation. The open spaces between barite crystals were filled by calcite and opal which are commoner species toward the end of the mineralization process. Chalcedony and quartz only occur inside a few small cavities. Fluid inclusions were studied in barite, calcite and quartz samples. They are composed of H₂O, NaCl and fewer amounts of CaCl₂ and MgCl₂. Calcite and barite samples have an average salinity of about 4.18 %wt NaCleq., meanwhile quartz evidences salinities around 5.26%wt NaCleq. Homogenization temperatures are also different for each species: quartz shows an average temperature of about 148°C, meanwhile barite and calcite seem to be a little higher (184° and 171°C respectively). All the data compiled in this paper suggest that this district represents one of the uppermost sectors of the ore deposit. The high amount of non-ore minerals evidences that this area, in contrast with the others ones, was especially active during the end of the mineralization process.

Keywords: *Barite, Manganese, Ambargasta, Córdoba.*

INTRODUCCIÓN

En el extremo oriental de las Sierras Pampeanas se encuentra la mineralización de manganeso más importante de la Argentina. Se extiende por más de 70 kilómetros desde la sierra norte de Córdoba

hasta entrar en la sierra de Ambargasta en la provincia de Santiago del Estero (Fig. 1a). Está compuesta por decenas de vetas de pocos metros de ancho que se disponen con orientación meridional formando estructuras en rosario de varios kilómetros. Fueron explotadas para ex-

traer el manganeso hasta la década del 80 dejando rajos que alcanzan profundidades mayores a los 100 metros.

Si bien las primeras menciones datan de principios del siglo XX recién en 1931 Beder realizó el primer estudio integral del sistema que sentaría las bases para las

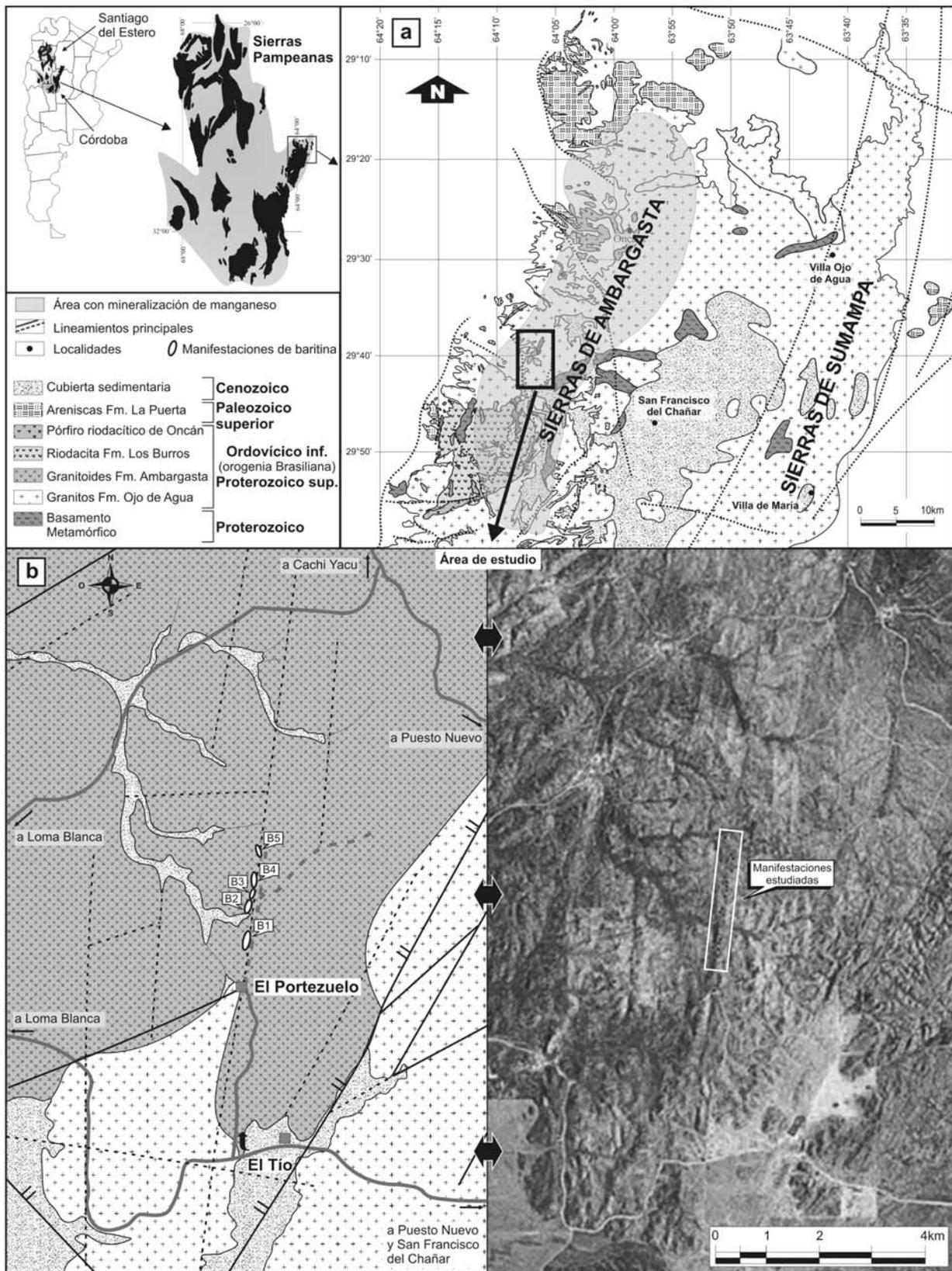


Figura 1: a) Esquema geológico de las sierras de Ambargasta y Sumampa donde se indica la extensión de la mineralización de manganeso; b) Geología del sector rico en baritina donde se detallan las estructuras y la ubicación de los rajos principales; c) Imagen satelital de la misma área donde se aprecia la morfología de las sierras y el área de estudio.

investigaciones posteriores. En dicho trabajo el autor divide al yacimiento en tres sectores según la mineralogía de la ganga: un sector norte con predominio de variedades de sílice, un sector intermedio rico en baritina y un sector sur con abundante calcita. El sector norte es el más estudiado puesto que ocupa aproximadamente el 70% de toda la corrida (Arcidiacono 1973, Correa 2003b). A este sector también corresponde el trabajo realizado por Brodtkorb y Etcheverry (2000) quienes determinaron una edad de 134,5 ± 3 Ma mediante K/Ar en un concentrado de criptomelano. El sector sur, si bien no es tan extenso fue uno de los más explotados y por ende también cuenta con numerosas investigaciones (Rayses 1947, Herrmann 1988, Ramé *et al.* 1999, Leal 2002a). Contrariamente, el sector central fue sistemáticamente excluido de los estudios previos puesto que en él los minerales de ganga predominan sobre la mena. Sólo se dispone de una mención en la compilación realizada por Beder (1931) y una breve síntesis de sus características generales efectuada por Angelelli *et al.* (1980). Independientemente del sector inherente a cada uno de los trabajos previos es de común acuerdo que la división, propuesta por Beder (1931), responde a distintos niveles de exposición del sistema. El sector norte representa los sectores más profundos, la zona sur sectores intermedios y la zona central la porción más superficial. No obstante, la falta de información del sector donde predominan los minerales de ganga obligó a especular respecto de su génesis en función sólo del supuesto predominio de baritina. Para contribuir al conocimiento de este sistema el presente trabajo tiene por objetivo describir las paragénesis que presentan los principales rajos del sector central, determinar el tipo de fluido responsable a través del estudio de inclusiones fluidas y estudiar la relación entre este sector y las demás áreas ya caracterizadas.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el des-

arrollo de este trabajo sigue los estándares que demandan los estudios petrográficos, mineralógicos y microtermométricos. Respecto de estos últimos, debemos aclarar que la calcita y la baritina fueron estudiadas mediante esquilas para evitar pérdidas de fluidos durante la elaboración de láminas pulidas. El cuarzo, por el contrario, fue analizado utilizando secciones bipulidas con espesores de aproximadamente 100 µm según la diafanidad de cada cristal. Las determinaciones se realizaron empleando una platina de calentamiento/enfriamiento Linkam (cuyo intervalo de temperatura es de -180 a 600°C) adosada a un microscopio Leica DMLP con una cámara fotográfica Sony-Cybershot DSC-P2000.

Cabe destacar que todas las muestras sobre las cuales se basa este estudio fueron extraídas *in situ* del interior de cada rajo.

MARCO GEOLÓGICO

La mineralización de manganeso que incluye a las manifestaciones estudiadas en este trabajo se hospeda en la sierra de Ambargasta. Estas sierras junto con la sierra de Sumampa constituyen dos cordones serranos subparalelos de orientación meridiana que se elevan desde el norte de Córdoba hasta el sur de Santiago del Estero, en el extremo oriental de las Sierras Pampeanas (Fig. 1a).

Mínera TEA (1968) y Lucero (1969, 1979) realizaron la primera síntesis estratigráfica de la región, que fue posteriormente modificada a partir del hallazgo de nuevas unidades y la determinación de sus edades mediante geocronología (Quartino y Quartino 1996, Castellote 1982, 1985a, 1989). Finalmente, Miró (2005) realizó la última revisión estratigráfica de la comarca, a partir de la cual se resumen a continuación las características más sobresalientes del área de estudio.

La estratigrafía comienza en el Proterozoico superior, con un basamento metamórfico y otro ígneo. El basamento metamórfico posee escasa extensión puesto que fue reducido a pequeños colgajos por las sucesivas intrusiones que se pro-

dujeron durante el Paleozoico inferior (Fig. 1a). Lucero (1979) fue el primero en dividir este basamento en dos grupos: uno de bajo grado, que se extiende preferentemente en la margen occidental de las sierras de Ambargasta, y otro de alto grado que alcanza mayor desarrollo en las sierras de Sumampa, al este del área de estudio. El primero lo integran las formaciones Simbol Huasi y La Clemira, que se componen de pizarras, filitas cuarzosas, lutitas, subgrauvacas y cornubianitas cordieríticas (Lucero 1979, Miró 2005). El segundo está formado por gneises, esquistos biotíticos, migmatitas y anfibolitas que constituyen a la Formación Pozo del Macho (Lucero 1979, Castellote 1985b, Miró 2005). Se hallan también afloramientos localizados de calizas metamórficas (Formación Jasimampa) y areniscas cuarcíticas deformadas (Formación El Escondido) descriptos por Lucero (1979), Quartino y Quartino (1996), Massabie *et al.* (1997) y Miró (2005). Edades K-Ar realizadas en distintas rocas de este basamento metamórfico varían entre 407 ± 10 y 665 ± 20 Ma (Castellote 1978, 1982, 1985a,b), sin embargo este período no representa el momento de su formación sino la edad del último evento térmico que afectó a las rocas analizadas. El basamento ígneo ocupa una superficie mayor a 8.000 km² y representa el remanente del arco magmático que se produjo durante la orogenia pampeana (600-520 Ma, Ramos 1999) (Fig. 1a). Ocupa más del 85% de la superficie de las sierras de Sumampa y Ambargasta extendiéndose al norte hasta la sierra de Guasayan y al sur hasta la sierra Chica de Córdoba. Está compuesto principalmente por granitoides sintectónicos que forman un cuerpo de dimensiones batolíticas sobre el cual se emplazaron términos volcánicos sincolisionales (Formación Los Burrros) y postcolisionales (Formación Oncán) de reducida extensión. La composición del batolito varía de granodioritas a granitos con una marcada tendencia a términos más ácidos hacia el noroeste (Bonalmi 1988). Esta característica permitió a Miró (2005) dividir a los granitoides

des en dos unidades: Formación Ojo de Agua compuesta por granodioritas y monzogranitos con texturas porfiroides y foliación sinmagmática, y Formación Ambargasta integrada por granitos con intercrecimiento gráfico y numerosos filones aplíticos. Todos los análisis químicos realizados sobre distintos sectores de estas unidades intrusivas evidencian un ambiente de arco magmático continental (Bonalumi 1988, Lira *et al.* 1997, Leal 2002b, Correa 2003b).

El pórfiro dacítico Los Burros es un cuerpo hipabisal que intruye al batolito en el sector medio de la sierra de Ambargasta (Lucero 1979, Miró 2005) (Fig. 1a). Su relación de intrusividad con los granitoides del arco magmático proterozoico sugiere que este debió estar parcialmente exhumado cuando el pórfiro lo intruyó; indicando el comienzo de la colisión entre el terreno de Pampia y el protomargen Gondwánico (Leal *et al.* 2003). Siguen a estos un conjunto de stocks y diques subvolcánicos, conocidos como pórfiros riódacíticos de Oncán, que intruyen tanto a la Formación Los Burros como al batolito granítico (Fig. 1a). Su composición química y su geometría sugieren un ambiente postcolisional relacionado al magmatismo extensional que generó el colapso del orógeno (Correa 2003a). Por último, completan al basamento ígneo granitoides post tectónicos de reducidas dimensiones que intruyen al batolito granítico e integran a las Formación Quebrachos Colorados, y los Granitos Sumampa Viejo y Ramírez de Velasco.

Numerosos trabajos han intentado determinar cuanto tiempo duró la orogenia Pampeana a estas latitudes. Edades Rb-Sr y U-Pb (SHRIMP) sobre los términos subvolcánicos, del basamento ígneo, sugieren que la subducción contra el margen del Gondwana culminó entre los 512 Ma y los 494 ± 11 Ma (Rapela *et al.* 1991, Söllner *et al.* 2000, Leal *et al.* 2003). No obstante, la dispersión de las edades obtenidas sobre los granitoides del batolito aún no permite discernir respecto del inicio de dicha orogenia. Si bien existen

edades K-Ar en distintos sectores que alcanzan los 700 Ma (Castellote 1978) las edades Rb-Sr o U-Pb obtenidas hasta el momento (comprendidas entre 514 y 627 Ma) no sustentan valores tan antiguos (Millone *et al.* 2003, Miró 2005, Rapela *et al.* 1998, Schwartz *et al.* 2008). La primera aproximación fue realizada por Llambias *et al.* (2003) quienes dataron, mediante U-Pb convencional en circones, mantos ignimbríticos asociados a las etapas iniciales del arco Proterozoico. La edad de 584 ± 22 Ma permitió a los autores confirmar que la orogenia pampeana desarrolló actividad magmática durante más de 60 Ma, desde el Neoproterozoico hasta el Cámbrico.

Son escasas y reducidas las unidades que se encuentran sobre el basamento de estas sierras. Areniscas y conglomerados del Paleozoico superior (Formación La Puerta) son la primera unidad que cubren a los remanentes de la orogenia pampeana en distintas localidades y en particular en el extremo norte de la sierra de Ambargasta. Se trata de sedimentos asociados a cuerpos filonianos de basaltos que Lucero (1979) correlaciona con los sedimentos de la cuenca de Paganzo (Koukharsky *et al.* 1999, 2001). Le siguen reducidos afloramientos de brechas de talud y areniscas conglomerádicas rojas asociados a la extensión cretácica (Miró 2005). Finalmente, cubren la secuencia areniscas, calcretes, depósitos aluviales, depósitos fluviales y evaporitas de edad Terciaria.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MINERALIZACIÓN

La roca de caja

La mineralización de manganeso se hospeda en distintos términos de basamento ígneo que generó dicha orogenia pampeana. Riodacitas, riolitas, granitos, granodioritas y tonalitas sirven indistintamente como roca de caja. En la zona de estudio todas las vetas encontradas se encuentran en granitos de la unidad denominada Granitoides y aplitas masivas Ambargasta (Mi-

ró 2005). Los cortes petrográficos realizados para este trabajo sustentan las observaciones hechas por Miró (2005), puesto que son rocas de textura granosa gruesa, inequigranular y color rojizo. Sus componentes primarios son ortosa ($\approx 40\%$), plagioclasa ($\approx 30\%$) y cuarzo ($\approx 25\%$) con cantidades subordinadas de biotita ($\approx 5\%$). La ortosa es la especie que mayor tamaño alcanza y frecuentemente presenta microtexturas peritíticas. La plagioclasa posee maclas polisintéticas, formas prismáticas y tamaños menos desarrollados. El cuarzo muestra formas anhedrales y extinciones que varían de ondulosa a fragmentosa. La biotita, por su parte, es la especie menos frecuente al punto que en algunos sectores está ausente. Es el único mineral máfico y posee tamaños dos o tres veces inferiores al resto de los minerales primarios. Según la estimación modal de los minerales félsicos que componen a estas rocas se clasifican como granitos del campo 3 (Streckeisen 1979). Mientras la alteración regional de esta unidad se limita a la degradación parcial de sus feldespatos, en las proximidades de las vetas (no más allá de uno o dos metros) la roca adquiere tonalidades más oscuras debido al relleno de delgadas fracturas con óxidos de hierro y manganeso. En estos sectores la alteración de los feldespatos a sericita, arcillas y epidoto casi oblitera por completo las propiedades ópticas de los cristales primarios. Las biotitas se hallan completamente reemplazadas por minerales opacos que sólo permiten reconocer su hábito laminar. Las fracturas se hallan rellenas por óxidos, cuarzo, baritina, calcita y, en algunos sectores, fluorita. La restringida extensión areal de esta alteración y los productos secundarios que esta generó se conciben con lo observado en otros distritos del mismo sistema y es una clara evidencia de la acción de soluciones con bajas temperaturas.

Geometría de la mineralización

El sector central de la mineralización manganesífera, estudiado en esta contribución, presenta características similares a

los otros dos sectores que componen al mismo sistema. Se trata de estructuras en rosario que generan vetas de varios metros de largo con espesores promedio de tres o cuatro metros y profundidades que superan los 50 metros. En particular la corrida que forma el distrito La Baritina parece corresponder a una estructura de este tipo que se extiende por casi cuatro kilómetros con orientación nor-noreste. Como se observa en la imagen satelital de la figura 1b, las manifestaciones estudiadas se encuentran sobre el filo de un cordón serrano. A lo largo de esta estructura las vetas afloran en forma discontinua debido a su estructura en rosario, a los valles que bisectan a la corrida y a la espesa cubierta vegetal. Trabajos previos establecieron cuatro propiedades mineras que, de norte a sur, bautizaron como Carmen, Blanca, Stella y Pochita (Angellelli *et al.* 1980). En este trabajo, sin embargo, no se sigue esta denominación puesto que la geometría y el progreso de la explotación impidieron correlacionar los rajos encontrados con los nombres previamente asignados. Así, para evitar confusiones, se numeraron de sur a norte las manifestaciones encontradas según los cinco rajos más importantes que produjeron su explotación (Fig. 1b).

En la figura 2 pueden observarse los esquemas en planta y perfil de los rajos más importantes, sus actitudes y sus coordenadas. El rajo 1 representa la acumulación más grande formada por una veta principal de 50 centímetros de ancho y varias subsidiarias de menor envergadura que circundan a la primera. Este rajo atraviesa la ladera de un cerro con orientación N25°E e inclinación subvertical. Alcanza una profundidad de aproximadamente 10 metros y espesores de varios metros (Fig. 2). El rajo 2 si bien presenta menor extensión superficial posee una profundidad aproximada de 20 metros que obliga a descender utilizando equipo apropiado (Fig. 2). Se orienta en forma meridional con un rumbo de N25°E e inclinación subvertical. En este rajo, al igual que en el anterior, la veta explotada presenta un ancho que varía entre 40 y 50

centímetros. El rajo 3 es el más pequeño de los encontrados puesto que se trata de una labor de 20 metros de largo por un metro de profundidad y dos metros de ancho. Se encuentra en las coordenadas 29°40'43"LS y 64°05'11"LO, con una orientación de N20°E y una aparente inclinación vertical. Pocos metros al norte se encuentra el rajo 4 que fue explotado hasta una profundidad de 10 metros (Fig. 2). La escasa potencia de este rajo así como la proximidad y la disposición similar al anterior sugieren que son labores de una misma veta cuyo espesor no supera los 30 centímetros. El rajo 5 se halla sobre la ladera de un cerro intensamente vegetada. Posee un rumbo de N15°E e inclinación subvertical. La profundidad de este rajo no pudo ser determinada debido a que no se logró acceder hasta la base pero según lo estimado desde los niveles intermedios debe superar los 30 metros (Fig. 2). En esta oportunidad la mineralización se concentra en una veta de varios centímetros de espesor que está asociada a un enjambre de venillas mucho más angostas.

Mineralogía, texturas y secuencia de precipitación

Como se mencionó anteriormente la mineralogía estudiada se halla en vetas de varios centímetros de espesor. Estas vetas presentan contactos netos con la roca de caja u ocasionalmente están separadas por una microbrecha de color castaño rojizo (también conocida como pseudópórfiro) que representa el primer triturado generado durante la formación de los lineamientos (Leal 2002a, Correa 2003b) (Fig. 3a).

Hacia el centro de las estructuras, formando a las vetas propiamente dichas, la mineralización presenta diseños bandeados generados por varios pulsos de precipitación (Fig. 3b). El número de pulsos y el volumen de ganga precipitado en cada uno varían según el perfil estudiado ya que depende de la geometría original de la cavidad por la cual circuló el fluido. No obstante, un máximo de seis pulsos fue observado en el rajo 4 (Fig. 3b) y un

espesor mayor a 50 centímetros puede encontrarse en el rajo 2 como resultado de un mismo evento (Fig. 3c).

Si bien macroscópicamente cada pulso parece generar una secuencia de precipitación dada por la sucesión: óxidos de manganeso, óxidos de hierro, baritina, calcita y variedades de sílice, el estudio detallado de cada especie evidencia una historia mucho más compleja y una composición mineralógica más heterogénea. Para poder precisar la mecánica de precipitación se describen primero las características principales de los minerales encontrados según su orden de abundancia. *Baritina*: Es la especie mineral más importante de este sector puesto que en general ocupa más del 80% del volumen de cada veta (Fig. 3c). Se presenta en agregados de cristales tabulares cuyas disposiciones divergentes forman la típica textura en cresta (Fig. 3d). Esta textura es particularmente evidente en las cavidades puesto que los espacios intercristalinos de los primeros pulsos suelen estar rellenos por otros minerales de ganga. Presenta cristales de color blanco que alcanzan varios centímetros de largo. Se reconoce el pinacoide {001} y formas prismáticas que biselan los vértices de cristales confiriéndoles secciones con forma de rombos (Fig. 3e).

Ópalo: Después de la baritina, el ópalo es la especie más abundante en este sector del sistema. Puede ocupar un 15% del volumen de algunas vetas y su participación, en general, aumenta hacia el centro de las mismas. Su precipitación tardía en cada pulso se confirma cuando aparece tapizando las caras de cristales mayores de otros componentes de la ganga (principalmente calcita) (Fig. 3f). Predominan las tonalidades anaranjadas, luego le siguen el ópalo negro y finalmente cantidades accesorias de ópalo blanco.

Calcita: Este mineral es el tercero en orden de abundancia en todos los rajos estudiados (~5%). Se encuentra como lentes de hasta 10 centímetros de espesor que en ocasiones se extienden varios metros en contacto neto con la roca de caja (Fig. 3h) o relleno de cavidades entre

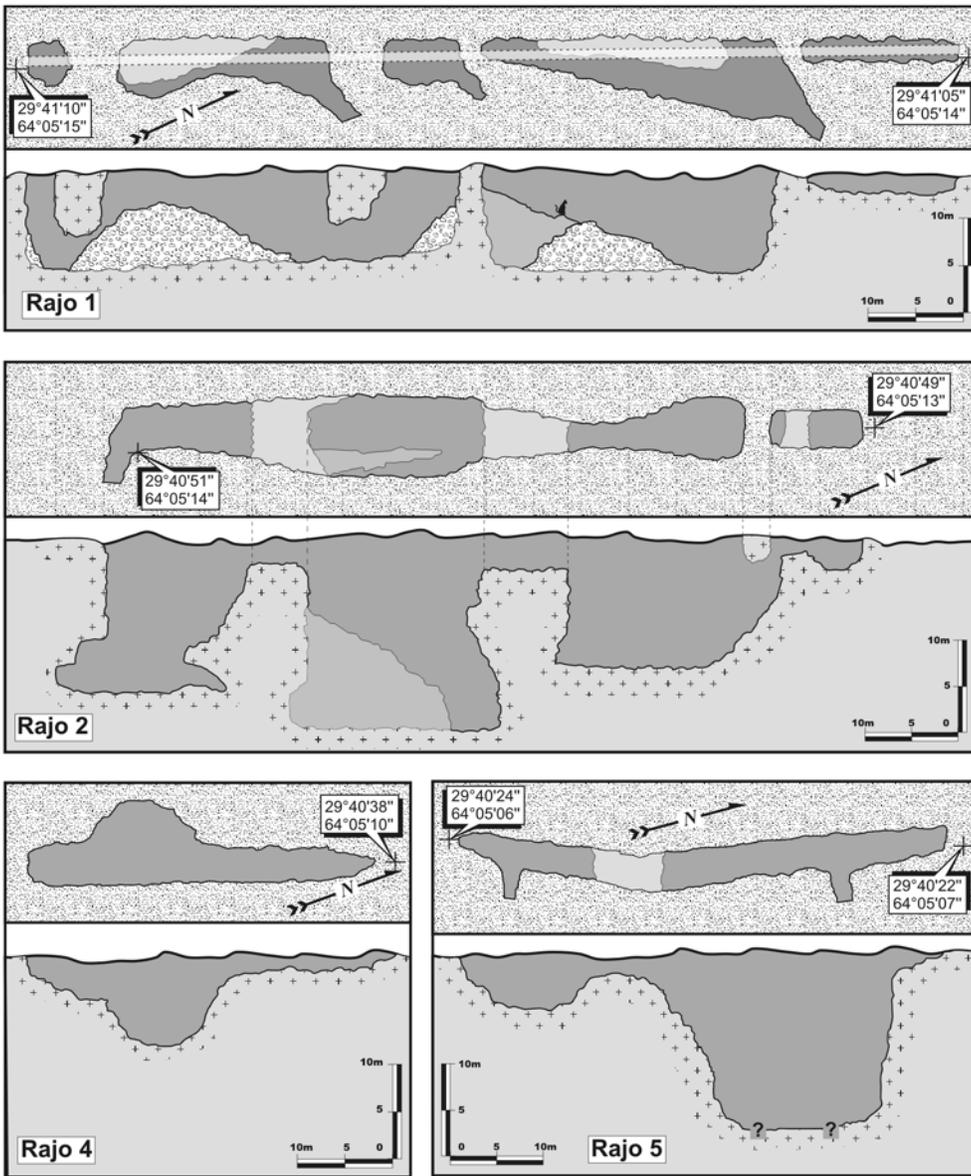


Figura 2: Esquema de los cuatro rajas más importantes encontrados en el área de estudio.

crisales mayores de baritina. En este último caso forman agregados cristalinos con texturas en peine que en algunos sectores rellenan toda la cavidad generando un agregado macizo de calcita y baritina en el cual resulta difícil discriminar a simple vista entre ambas especies. Se reconocen por su hábito romboédrico, su excelente clivaje y su baja dureza. Sus colores gradan del incoloro al negro, con predominio de este último debido a inclusiones mecánicas de óxidos de manganeso. Sus tamaños varían de dos milímetros a cristales que superan el centímetro de largo. *Óxidos de hierro y manganeso:* Estas especies si bien constituyen la mena del sistema en

los otros distritos son fases accesorias en el área de estudio. En su mayoría se las encuentra como finas venillas que atraviesan la roca de caja o como relleno entre los cristales de baritina donde la especie dominante es hematita como finos agregados rojizos (Fig. 3e). Limonitas y óxidos de manganeso se observaron como lentes de pocos milímetros entre pulsos de baritina (Fig. 3g). El tamaño microcristalino de estos agregados impidió determinar sus formas cristalinas e identificar a las especies que los integran. No obstante, estos óxidos son excluidos del presente trabajo puesto que son muy escasos en el área de estudio, se hallan ca-

racterizados en numerosas publicaciones de distritos vecinos y no son parte de los objetivos de esta contribución.

Cuarzo: Es una fase accesoría dentro de la ganga, puesto que no constituye lentes ni importantes agregados. Fue encontrado *in situ* sólo en el rajo 1 (Fig. 3e) mientras que en las labores 4 y 5 se observó en las escombreras. Aparece siempre relleno de cavidades entre cristales mayores de baritina y en ningún caso se encuentra seguido de otra especie mineral. Las cavidades que estos rellenan aún poseen espacios vacíos lo cual sugiere que su cristalización se produjo durante las etapas finales de mineralización (Fig. 3g). Pre-

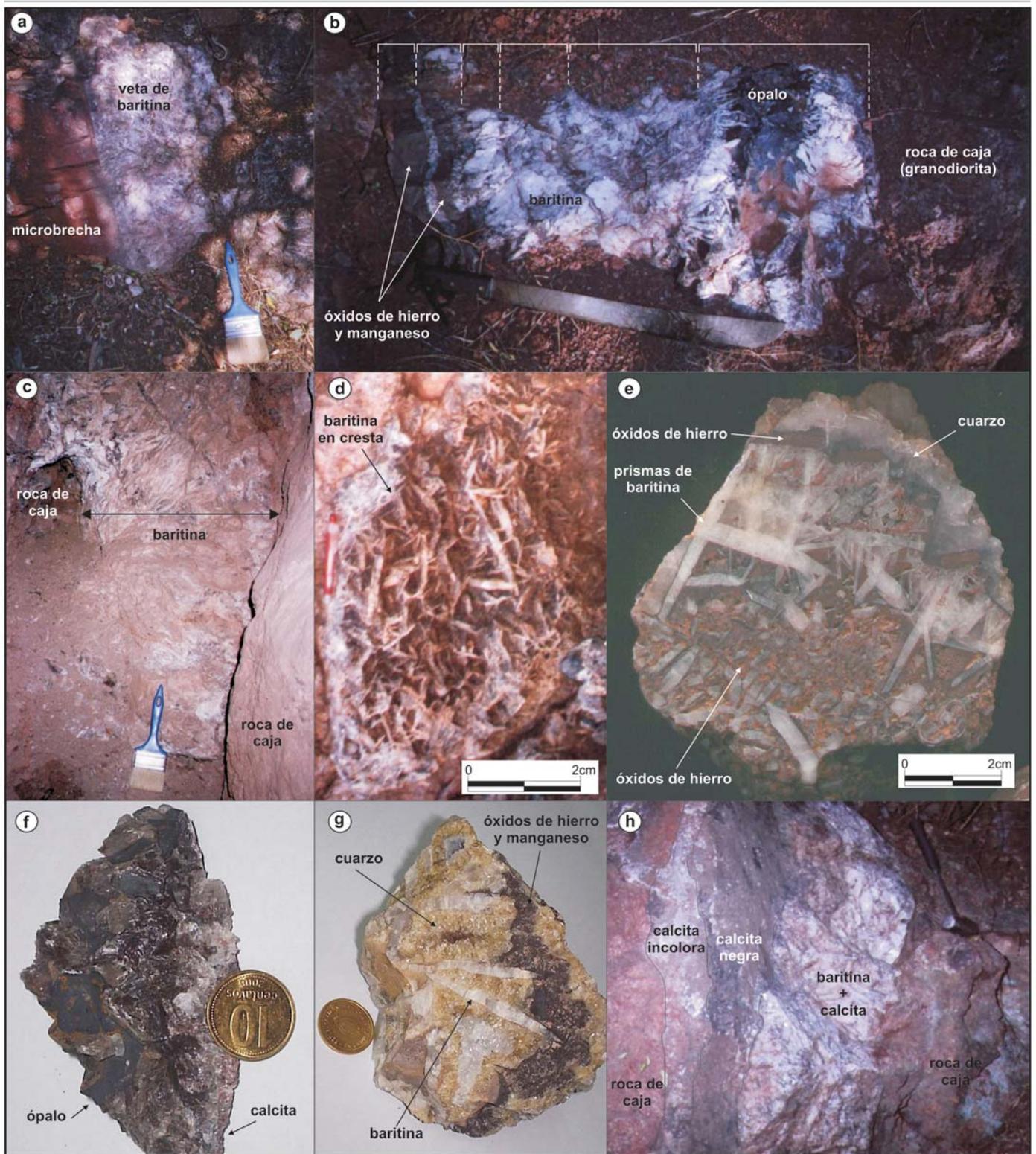


Figura 3: Fotografías de las principales estructuras y texturas encontradas. a) agregado de baritina en contacto con la microbrecha; b) perfil donde se observan varios pulsos de baritina precedidos de pequeñas vetas de minerales de mena; c) veta de baritina; d) agregado de baritina con textura en cresta; e) agregado de baritina con relleno de óxidos de hierro y seguidos por cristales de cuarzo; f) cristales de calcita tapizados por ópalo; g) agregado de baritina relleno de cuarzo y seguidos de minerales de mena; h) vetas de calcita pura en contacto con una veta de baritina y calcita.

sentan texturas en peine o en diente de perro formadas por la disposición subpa-

ralela de prismas ditrigonales que culminan con la típica combinación de rombo-

edros positivos y negativos (Fig. 3g). En la mayoría de las muestras estudiadas se

trata de cuarzo hialino con tamaños de 3 o 4 milímetros de largo. Tonalidades castaño-amarillentas fueron encontradas sólo dentro de diminutas cavidades. Las estrías características de las caras prismáticas sólo se observan en los agregados de mayor desarrollo. En los alrededores del rajo 4 se encontró cuarzo como relleno de diaclasas de la roca de caja. En este caso los cristales presentan tamaños inferiores a los tres milímetros, hábitos similares y se hallan precedidos por óxidos de manganeso, óxidos de hierro y cristales romboédricos de hasta cinco milímetros completamente reemplazados por cuarzo.

Calcedonia: Forma pátinas que recubren las caras de cristales mayores de baritina o calcita. De color blanco se reconoció sólo bajo lupa binocular. Se trata de agregados microcristalinos con formas botroidales que en general sigue a una fina pátina de ópalo y preceden a diminutos cristales de cuarzo.

Fluorita: Esta especie es la única que sólo fue determinada a partir del estudio microscópico. Se encontró relleno de delgadas fracturas que atraviesan la roca de caja del rajo 1. Sus tamaños son inferiores al milímetro, son incoloras y forman hexaedros bien desarrollados. Se encuentran precedidas por óxidos, a los que siguen asociadas a cristales de baritina y cuarzo. Sus reducidos tamaños y su escasa distribución la convierten en la especie menos abundante entre las encontradas hasta el momento a lo largo de todo el sistema.

A partir de la mineralogía descrita se puede establecer la secuencia de precipitación que muestra la figura 4. La precipitación comienza con dos pulsos que generaron agregados de baritina con textura en cresta que alcanzan espesores de hasta 40 centímetros. En sectores localizados dichos agregados albergan limonitas, hematita y óxidos de manganeso, pero en la mayoría de las vetas las cavidades entre los cristales mayores de baritina son rellenas en las etapas finales de la mineralización por agregados de calcita seguidos de variedades de sílice. El ópalo es

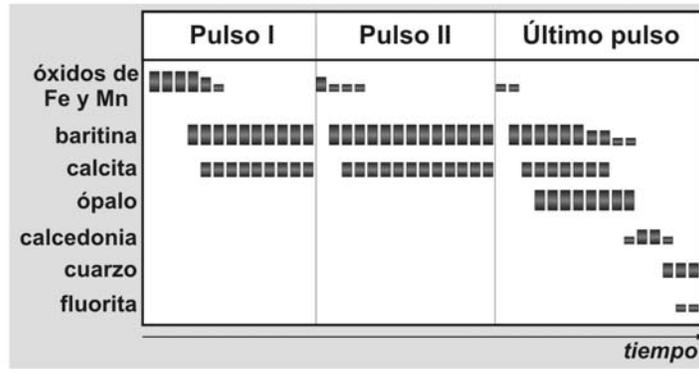


Figura 4: Secuencia de precipitación observada dentro de las estructuras que albergan a la mineralización estudiada.

la variedad principal puesto que forman bochones de varios centímetros de espesor y tapiza la superficie de cristales previos. En cantidades subordinadas sigue la precipitación de calcedonia, pequeños cristales de cuarzo y cantidades accesorias de fluorita, aunque estos últimos sólo se encuentran esporádicamente en las áreas de precipitación activa durante las etapas finales de la mineralización.

INCLUSIONES FLUIDAS

El estudio microtermométrico se realizó sobre tres de las especies minerales descriptas. Si bien la baritina y la calcita no son minerales ideales para el análisis de inclusiones fluidas su abundancia obligó a incluirlas en este estudio. Por el contrario, aunque el cuarzo no es de las especies más abundantes, fue estudiado en detalle puesto que su elevada dureza hace que sus inclusiones ofrezcan el dato más confiable. Las muestras que a continuación se describen son representativas de los rajos antes descriptos.

Petrografía de las inclusiones fluidas

Cuarzo: A diferencia de la baritina y la calcita en las láminas de cuarzo las inclusiones fluidas son mucho más escasas. Pese a ello en esta especie se reconocen dos familias de inclusiones: aquellas de carácter secundario, que son las más abundantes, y las inclusiones primarias. Las primeras se presentan como cavidades aisladas de formas irregulares o elipsoidales que alcanzan los 30 µm de largo o como

trenes que siguen planos de fracturas. Estos trenes se componen de inclusiones monofásicas con formas elipsoidales y tamaños inferiores a los 10 µm (Fig. 5c). La familia de inclusiones primarias constituye un porcentaje mínimo y se reconocen por sus formas regulares que en algunos casos representan cristales negativos (Fig. 5a, b). Se encuentran alineadas siguiendo planos de crecimiento o en forma aislada con tamaños que varían entre 10 y 30 µm. La mayoría de estas poseen una fase líquida y otra vapor, con un porcentaje de llenado uniforme próximo al 90%.

Procesos de estrangulamiento son evidentes en ambas familias de inclusiones aunque predominan en las cavidades de mayor tamaño. Los análisis de microtermometría que siguen a continuación fueron realizados sólo sobre las inclusiones de origen primario sin evidentes procesos de deformación.

Baritina: Esta especie presenta tres familias de inclusiones distintas: inclusiones secundarias que siguen planos de fracturas, inclusiones ahisladas de genesis incierta e inclusiones primarias que representan menos del 10% del total. Las primeras son en general monofásicas y se distribuyen siguiendo trenes a lo largo de planos de crecimiento o planos de fracturas, presentan formas subredondeadas y tamaños que promedian los 5 µm. Frecuentemente evidencian deformación sobreimpuesta que deforma las cavidades siguiendo los planos de clivajes (Fig. 5d). En menor proporción se observa otro

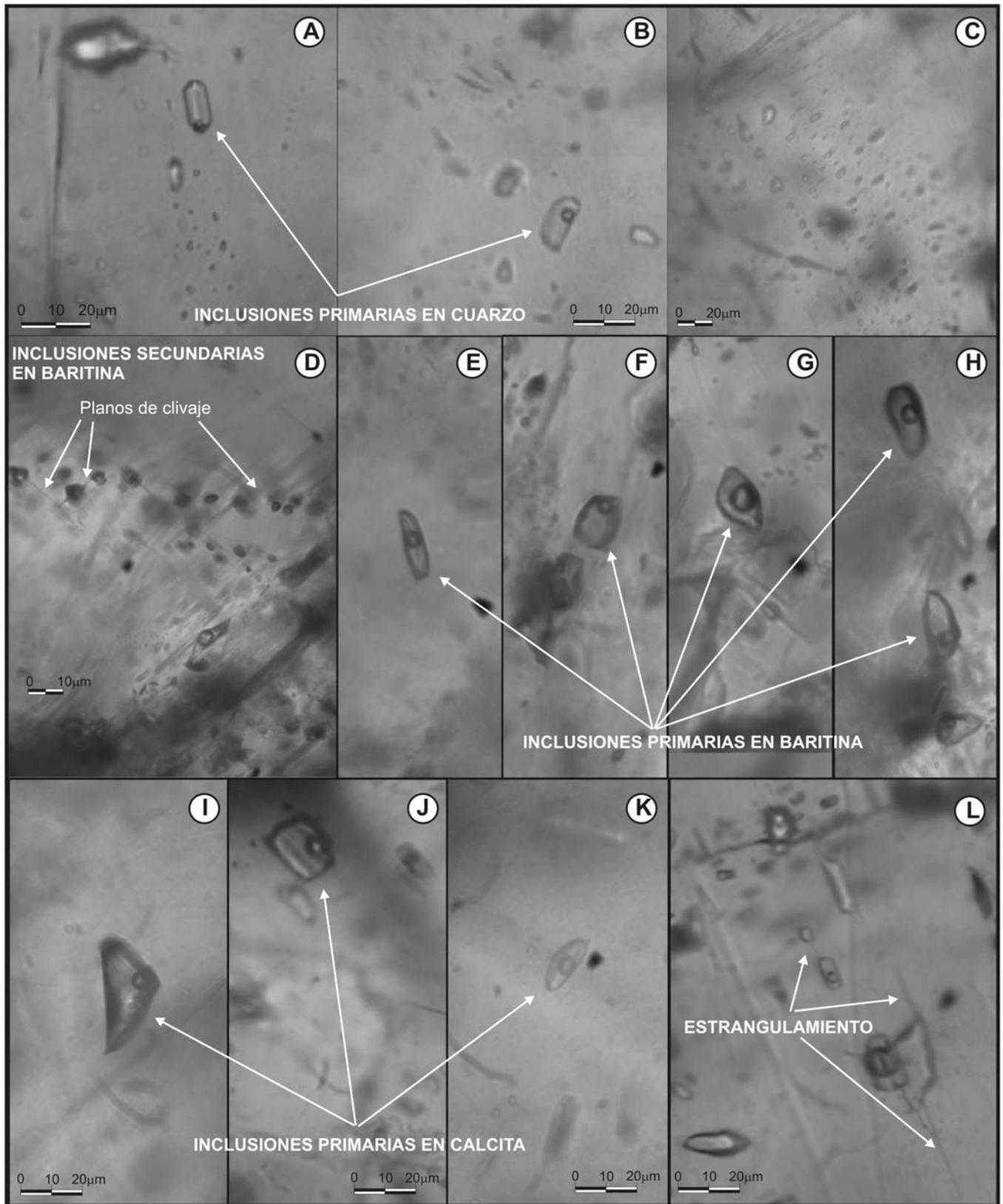


Figura 5: Microfotografías de las inclusiones fluidas estudiadas. a,b) inclusiones primarias en secciones de cuarzo; c) trenes de inclusiones secundarias en cuarzo; d) inclusiones secundarias siguiendo los planos de clivaje de la baritina que las contiene; e,f,g,h) inclusiones primarias de baritina dispersa dentro de las esquirilas; i,j,k) inclusiones primarias en calcita; l) inclusiones con evidencias de estrangulamiento en cristales de calcita.

grupo de inclusiones de tamaños superiores a los 80 μm que se hallan dispersas en forma aislada. Presentan formas variadas y en ocasiones evidencian procesos de estrangulamiento. El carácter bifásico de algunas de ellas fue interpretado como la pérdida parcial de pequeños volúmenes de líquido por procesos secundarios; hecho que se sustenta por la diversidad de los grados de llenado. Dado el carácter secundario estas dos familias de inclusiones fueron excluidas de los análisis microtermométricos. No así, el tercer grupo de inclusiones se interpretó de origen primario debido a las formas regulares, la distribución aislada y sus tamaños entre 10 y 100 μm (Figs. 5e, f, g, h). Se trata de inclusiones bifásicas, donde la fase líquida predomina sobre la fase vapor ($V_{\text{liq}}/V_{\text{tot}}=0,9$). La microtermometría de la baritina se desprende de las mediciones realizadas sobre esta última familia de inclusiones.

Calcita: Si bien las inclusiones son frecuentes en los cristales de esta especie, la gran mayoría de estas son de origen secundario. Se disponen siguiendo planos de fracturas con formas redondeadas o elipsoidales alineadas en forma subparalela con el plano que las contiene. Presentan tamaños promedios de aproximadamente 5 μm . No se distingue más de una fase líquida a excepción de algunas pocas que exuelven una fase vapor inferior al 5% del volumen de la cavidad u otras cuya fase vapor se debe a procesos de fractura o estrangulamiento (Fig. 5l). En cantidades inferiores al 5% del total de las inclusiones aparecen algunas con formas regulares y tamaños ligeramente superiores a las antes mencionadas (Figs. 5i, j, k). Estas inclusiones se alinean siguiendo planos de crecimiento del cristal o se disponen en forma aislada con formas de cristales negativos. Predominan las de tipo monofásicas aunque también se encuentran inclusiones bifásicas en las cuales la fase vapor esporádicamente supera el 10% del volumen total. La escasez de inclusiones bifásicas y el notorio movimiento de la fase vapor sugieren temperaturas de entrampamiento no muy

elevadas. Dada sus características esta familia de inclusiones se considera de origen primario y por lo tanto es sobre la cual se realizaron las determinaciones microtermométricas.

Microtermometría

El estudio microtermométrico de las tres especies minerales demuestra que tanto las condiciones de cristalización como las propiedades del fluido responsable fueron muy similares durante la cristalización de cada una de ellas. El marcado intercrecimiento entre baritina, calcita y variedades de sílice, que este distrito presenta, sustenta dicho resultado.

Especial hincapié se prestó a la determinación de la temperatura de eutéctico (Te) a partir de la cual se pueden inferir los componentes del sistema. Pese a las conocidas dificultades que su determinación presenta en inclusiones de tamaños reducidos los primeros volúmenes de fundidos se observaron entre -42 y -28°C (Fig. 6). Este rango de temperaturas eutécticas es frecuente en sistemas de tres componentes formados por H_2O , NaCl y MgCl_2 cuyo punto eutéctico exacto es de -35°C (Davis *et al.* 1990). No obstante, la abundancia de carbonatos de calcio frente a especies con Mg en el este distrito permite suponer un sistema de cuatro componentes formado por H_2O , NaCl , MgCl_2 y CaCl_2 cuyo punto eutéctico es de -57°C. Temperaturas tan bajas probablemente no fueron observadas debido a las limitaciones técnicas, que para este parámetro provocan un error por exceso (temperaturas más elevadas).

A partir de estos resultados la salinidad del sistema se determinó utilizando las ecuaciones para H_2O y NaCl puesto que estos son los principales componentes del mismo. En principio, la ausencia de cristales hijos de halita así como la fusión de hidrohalita antes que la del hielo permiten asegurar que el sistema presenta salinidades inferiores al 23,2%wtNaCleq. Mayores precisiones se obtuvieron utilizando la ecuación de propuesta por Bodnar (1993) para estimar la salinidad a partir del descenso de la temperatura de fusión del hielo (cuyas siglas en inglés son *T_m*). La figura 6 permite observar los predomios de temperaturas de fusión alrededor de -3,2°C para el cuarzo y -2,5°C para la calcita, que equivalen a salinidades de 5,26 y 4,18 %wtNaCleq. respectivamente. La misma figura muestra que si bien las temperaturas obtenidas en las baritinas no definen una moda marcada, el promedio de las mismas (-3,3°C) es similar al de las otras dos especies minerales.

Por último, la figura 6 también muestra los histogramas obtenidos para las temperaturas de homogeneización de cada especie. No es casualidad que el cuarzo sea quien mejor define una moda puesto que algunas de las inclusiones medidas en la baritina y la calcita (especies más frágiles) pudieron sufrir procesos de estrangulamiento (*necking down*), decrepitación o pérdida de alguna de las fases que en ocasiones no pueden ser advertidos durante el estudio óptico de las mismas. No obstante la mayor dispersión de valores, las modas obtenidas sugieren temperaturas de homogeneización ligeramente mayores para la baritina y la calcita (184° y 171°C respectivamente) respecto de la temperatura obtenida en el cuarzo (148° C). Esta diferencia es consistente con la secuencia de precipitación en la cual las variedades de sílice cristalizan al final del sistema bajo condiciones más superficiales.

Dichos valores de salinidad y temperaturas permiten calcular la densidad de la solución involucrada en la precipitación de los minerales analizados. Para esto se utilizó el programa Flincor que emplea las ecuaciones de Brown y Lamb (1989) a través de la cual se pudieron estimar soluciones cuyas densidades debieron variar entre 0,96 y 0,92 gr/cm^3 . Es importante destacar que las bajas salinidades obtenidas, las densidades calculadas, así como las temperaturas de homogeneización determinadas para el área de estudio son consistentes con los trabajos previos realizados en otros distritos del mismo sistema donde estos minerales son especies subordinadas frente a la mineraliza-

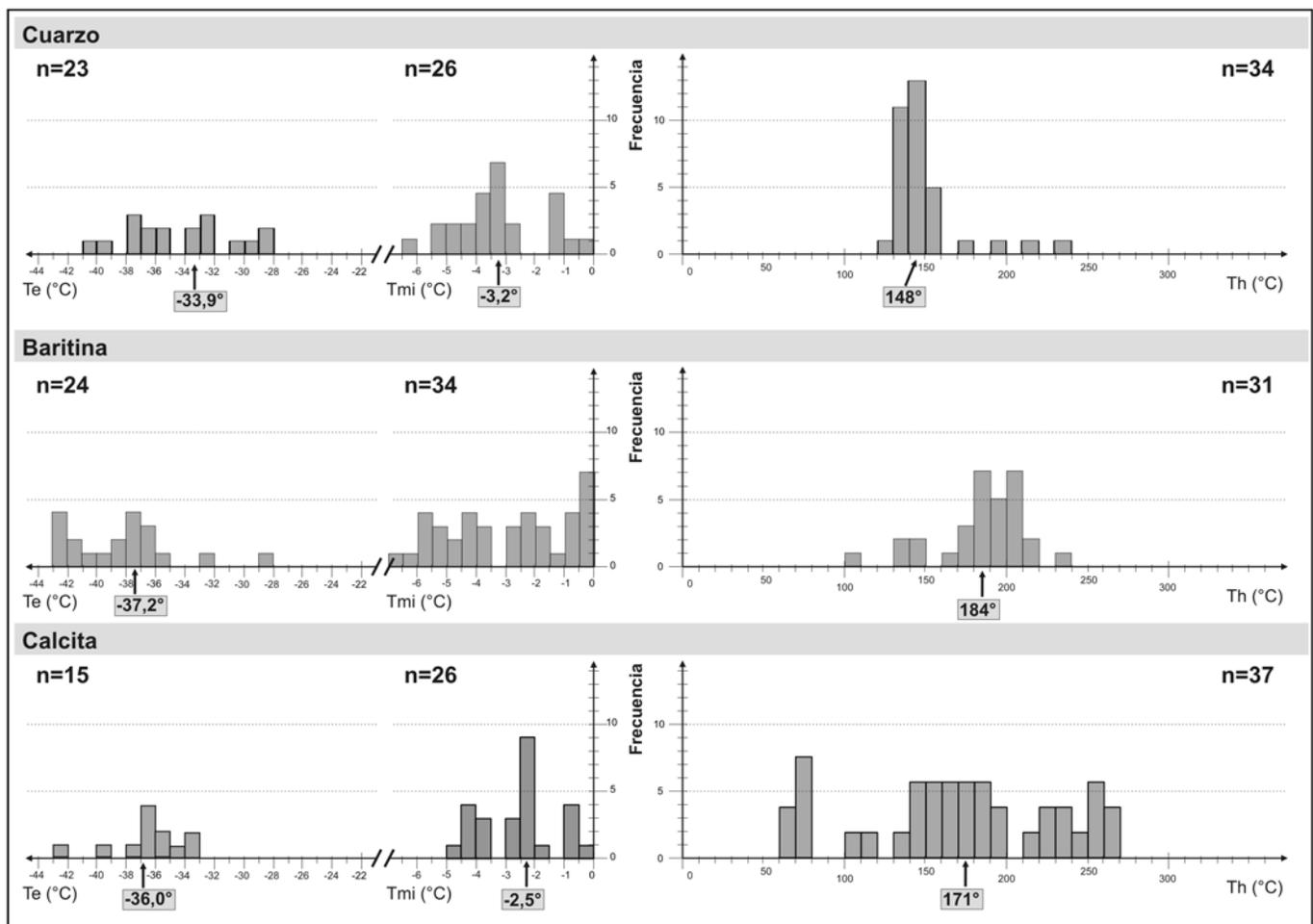


Figura 6: Histogramas de frecuencia para las temperaturas de homogenización (Th), la temperatura de fusión del hielo (Tmi) y la temperatura de eutéctico (Te) para cada una de las especies estudiadas.

ción metalífera (2,7 a 5,1%wtNaCleq. y 100°C) (Leal *et al.* 2000, Leal 2002c, Correa 2003b).

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

El análisis detallado de las inclusiones fluidas resultó consistente con la secuencia de precipitación, puesto que las mayores temperaturas de homogenización se obtuvieron sobre los cristales de baritina y calcita cuya precipitación precedió la de variedades de sílice. Los resultados obtenidos sugieren que el cuarzo debió precipitar en cavidades abiertas cuando el sistema estaba en sus etapas finales y la temperatura alcanzaba su más bajo valor. Desde una óptica más regional, el estudio microtermométrico demostró que no

existen importantes diferencias entre las condiciones de precipitación de las especies encontradas en el área de estudio en comparación con otros distritos del mismo sistema. A lo largo de más de 70 kilómetros los minerales no metalíferos precipitaron a partir de soluciones con bajas salinidades y temperaturas entre 100 y 150°C. Estas condiciones se condicionan con la escasa alteración de la roca de caja y evidencian, una vez más, el carácter epitermal del sistema.

Se realizó un concentrado de baritina sobre el cual se analizó su composición isotópica. Así se obtuvo un $\delta^{134}\text{S}=6,5\text{‰}_{(\text{CDT})}$ y $\delta^{18}\text{O}=11,86\text{‰}_{(\text{SMOV})}$. La relación del isótopo de azufre es consistente con lo obtenido en muestras de baritina de otros distritos (Correa 2003b, Leal 2002 a) y en todos los casos resultan caracterís-

ticas de sulfatos precipitados a partir de soluciones vinculadas a la actividad ígnea (Rye y Ohmoto 1974, Hoefs 1997). Desafortunadamente aún no hay suficientes análisis del isótopo de oxígeno en sulfatos que permitan establecer un valor estadísticamente aceptable para extraer nuevas evidencias.

Los datos compilados en este trabajo sustentan la hipótesis que incluye al distrito La Baritina como parte de la mineralización de manganeso epitermal que se extiende por más de 70 kilómetros a lo largo de la sierra de Amargasta. La continuidad espacial de los rajos, su orientación N-S, la inclinación subvertical, las dimensiones de la estructura, las texturas de relleno, las paragénesis encontradas y las condiciones establecidas para el proceso de mineralización son pruebas sufi-

cientes para sustentar dicha premisa. No obstante, la elevada concentración de baritina en esta porción del sistema es aún motivo de especulaciones. Para discernir al respecto antes debemos destacar que en este distrito es tan anómala la abundancia de sulfatos como las bajas concentraciones de óxidos de hierro y manganeso. En otras palabras, la abundancia de minerales de ganga es frecuente en otros distritos pero en todos ellos son proporcionalmente importantes las cantidades de minerales de mena. Por el contrario, en el distrito La Baritina, las condiciones que hicieron del área un lugar apropiado para la precipitación de baritina, ópalo y calcita (en las etapas finales de la mineralización) fueron contrariamente desfavorables durante la precipitación de la mena.

Los estudios realizados a lo largo de este sistema en los últimos ocho años nos permiten suponer que la principal variable responsable de la actual distribución es la evolución estructural del mismo. Los trabajos realizados en aquellos distritos donde se observa la evolución completa del yacimiento (Las Fátimas, Tres Lomitas, Cama Cortada, Hier-Man, La Clemira, etc.) evidencian un marcado cambio en la geometría de los esfuerzos hacia las etapas finales (Ametrano *et al.* 2005, Correa 2003b, Leal y Ramos 2002 d, Correa y Cabana 2002, Perri 2000). En todas las manifestaciones analizadas los minerales metalíferos se encuentran como cementos de brechas o rellenando venillas de pocos centímetros de espesor que se formaron bajo las condiciones transpresivas. Cuando los esfuerzos cesaron se produjo el colapso extensional de la estructura y se generaron importantes espacios abiertos por donde se canalizaron los fluidos que precipitaron a los minerales de ganga en las etapas finales de la mineralización. Bajo estas premisas podemos postular que la concentración anómala de minerales no metalíferos y la falta de minerales de mena en el distrito La Baritina pudo ser consecuencia de la deformación de este sector sólo durante el colapso extensivo de las sierras, cuan-

do se generaron las estructuras capaces de canalizar grandes volúmenes de fluidos.

AGRADECIMIENTOS

Debemos un especial agradecimiento a la Dra. Milka K. de Brodtkorb por alentar al desarrollo de este trabajo y por su permanente ayuda logística e intelectual antes y durante el desarrollo del mismo. Agradecemos también a la Dra. Graciela Mas y a la Dra. María José Correa cuyas observaciones y sugerencias enriquecieron sustancialmente a la versión original. Este trabajo pudo realizarse gracias financiado del proyecto PICT 2008-2010 (2006-0301).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ametrano, S., Etcheverry, R. y Tessone, M. 2005. Análisis químico y metalogénico del grupo minero Hiermang (Mn - Fe), provincia de Córdoba. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 791-798.
- Angelelli, V., Shalamuk, I. y Fernández, R. 1980. Los yacimientos minerales no metalíferos y rocas de aplicación. Región Centro - Cuyo. Secretaría de Estado de Minería, Anales 19: 40-44, Buenos Aires.
- Arcidiácono, E.C. 1973. Génesis de yacimientos de óxidos de manganeso de Ojo de Agua, Santiago del Estero, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 28(2): 165-194.
- Beder, R. 1931. Los yacimientos de minerales de manganeso en el norte de Córdoba y sur de Santiago del Estero. Anales del Museo Nacional de Historia Natural 36: 431-504.
- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 57: 683-684.
- Bonalumi, A.A. 1988. Características petrológicas y geoquímicas de los granitoides asociados a la mineralización de manganeso en el norte de la provincia de Córdoba y sur de Santiago del Estero, República Argentina. 5° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 47-61.
- Brodtkorb, M.K. de, y Etcheverry, R. 2000. Edad K/Ar de la mineralización de manganeso de

Aguada del Monte, provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(3): 280-283.

- Brown, P.E. y Lamb, W.M. 1989. P - V - T properties of fluids in the system H₂O ± CO₂ ± NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 53(6): 1209-1221.
- Castellote, P. 1978. Estudio geológico del extremo norte de la sierra de Ambargasta (provincia de Santiago del Estero). Tesis de grado, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), 37 p., Tucumán.
- Castellote, P. 1982. La formación La Clemira y edad de su metamorfismo. *Acta Geológica Lilloana* 16(1): 71-769.
- Castellote, P. 1985a. Algunas observaciones geológicas en las sierras de Ambargasta y Sumampa (provincia de Santiago del Estero). *Acta Geológica Lilloana* 16(2): 259-269.
- Castellote, P. 1985b. La formación "Pozo del Macho", integrante del basamento metamórfico de la sierra de Ambargasta, provincia de Santiago del Estero. *Acta Geológica Lilloana* 16(2): 275-280.
- Castellote, P. 1989. Estudio geológico y geocronológico del basamento cristalino del sector septentrional de la sierra Norte de Córdoba. *Acta Geológica Lilloana*, 17(1): 61-66.
- Correa, M.J. y Cávana, M.C. 2002. Análisis estructural de la veta La Clemira, Sierra de Ambargasta, Santiago del Estero. 6° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 111-114, Buenos Aires.
- Correa, M.J. 2003a. Petrología y edad K/Ar de diques relacionados a la formación Oncán, sierra de Ambargasta, Santiago del Estero. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(4): 664-668.
- Correa, M.J. 2003b. La mineralización de manganeso en el distrito minero El Remanso y sus relaciones metalogénicas, Sierras Pampeanas Orientales, Santiago del Estero. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 189 p., La Plata.
- Davis, D.W. Lowenstein, T.K. y Spencer, R.J., 1990. Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the systems NaCl--H₂O, NaCl--KCl--H₂O, NaCl--MgCl₂ ---H₂O, and NaCl---CaCl₂ ---H₂O. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 54(3): 591

- 601.
- Herrmann, C.J. 1988. Geología económica del yacimiento "Tres Lomitas", departamento de Sobremonte, provincia de Córdoba. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, (inédito), 90 p., Buenos Aires.
- Hoefs, J. 1997. Stable isotope geochemistry. 4ª edición. Springer-Verlag, 201 p., Berlín.
- Koukharsky, M., Munizaga, F., Leal, P.R., Correa, M.J. y Brodtkorb, M.K. de 1999. New K/Ar ages in the Ambargasta and Norte de Córdoba ranges, Argentina. South American Symposium on Isotope Geology 2: 76-77.
- Koukharsky, M., Tassinari, C., Brodtkorb, M.K. de y Leal, P.R. 2001. Basaltos del Neopaleozoico - Triásico temprano? en las sierras Norte de Córdoba y de Ambargasta, Sierras Pampeanas Orientales: petrografía y edades K/Ar. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(3): 400-403.
- Leal, P.R., Correa, M.J. y Más, G. 2000. Estudio preliminar de inclusiones fluidas en los minerales que componen la ganga de los yacimientos de manganeso del norte de Córdoba y sur de Santiago del Estero. 5º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 238-244.
- Leal, P.R. 2002a. Estudio metalogenético de los yacimientos de manganeso del departamento de Sobremonte, provincia de Córdoba, Sierras Pampeanas Orientales. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 151p., La Plata.
- Leal, P.R. 2002b. Petrología de las rocas ígneas que albergan a la mineralización de manganeso del norte de la provincia de Córdoba. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 3-8.
- Leal, P.R. 2002c. Inclusiones fluidas e isótopos estables en la ganga de los yacimientos de manganeso del norte de la provincia de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 57(3): 251-259.
- Leal, P.R. y Ramos, V.A. 2002d. Marco estructural asociado a vetas de manganeso del norte de la provincia de Córdoba. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 3-9.
- Leal, P.R., Hartmann, L.A., Santos, J.O.S., Miró, R.C. y Ramos, V.A. 2003. Volcanismo postorogénico en el extremo norte de las Sierras Pampeanas Orientales: nuevos datos geocronológicos y sus implicancias tectónicas. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(4): 593-607.
- Lira, R., Millone, H.A., Kirschbaum, A.M. y Moreno, R.S. 1997. Calc-alkaline arc granitoid activity in the Sierra Norte-Ambargasta ranges, central Argentina. Journal of South American Earth Sciences 10(2): 157-177.
- Lucero, H.N. 1969. Descripción geológica de las hojas 16h (Pozo Grande) y 16i (Chuña Huasi), provincia de Córdoba y Santiago del Estero. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 107, 39 p., Buenos Aires.
- Lucero, H.N. 1979. Sierras Pampeanas del norte de Córdoba, sur de Santiago del Estero, borde oriental de Catamarca y ángulo sudeste de Tucumán. En J.C.M. Turner (ed.) Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 1: 293-347, Córdoba.
- Llambias, E.J., Gregori, D., Basei, M.A., Varela, R. y Prozzi, C. 2003. Ignimbritas riolíticas neoproterozoicas en la Sierra Norte de Córdoba: ¿evidencia de un arco magmático temprano en el ciclo Pampeano? Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(4): 572-582.
- Massabie, A., Mutti, D., Sanguinetti, M., Cegarra, M. y Mozetic, M. 1997. Fases de deformación dúctil en formaciones eopaleozoicas de las sierras de Ambargasta, Santiago del Estero, y su significado estratigráfico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(2): 209-218.
- Millone, H.A., Tassinari, C.C.G., Lira, R. y Poklepovic, M.F. 2003. Age and neodymium isotope geochemistry of granitoids of the Sierra Norte-Ambargasta Batholith, Central Argentina. 4º American Symposium on Isotope Geology, 617-620.
- Minera TEA 1968. Geología y recursos minerales de las sierras de Ambargasta y Sumampa, departamento de Ojo de Agua y Quebrachos, provincia de Santiago del Estero. Dirección Provincial de Minería de Santiago del Estero, (inédito), 104 p., Santiago del Estero.
- Miró, R.C. 2005. Hoja Geológica 2963-III, Villa Ojo de Agua, provincias de Santiago del Estero y Córdoba. Secretaría de Minería de la Nación, Boletín 315: 59 p., Buenos Aires.
- Perri, M. 2000. Caracterización geológica-metalogénica del distrito manganesífero Amimán. Santiago del Estero. 5º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 401-407.
- Quartino, B.J. y Quartino, G.P. 1996. Las sierras australes de Santiago del Estero. Caracteres diferenciales e interpretación. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de explotación de Hidrocarburos, Actas 1: 563-574, Buenos Aires.
- Ramé, L.G., Lira, R. y Gay, H.D. 1999. La mineralización de manganeso del norte de Córdoba. 14º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 306-309, Salta.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J. y Bonalumi, A.A. 1991. Edad y geoquímica del pórfiro granítico de Oncan, sierra Norte de Córdoba, Sierras Pampeanas, Argentina. 6º Congreso Geológico Chileno, Actas 19-22, Viña del Mar.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo, C. y Fanning, M. 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. En Pankhurst R.J. y Rapela C.W. (eds.) The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geological Society, Special Publications 142: 343-367, London.
- Rayces, E. 1947. Los yacimientos de manganeso de Chuña Huasi. Revista de la Asociación Geológica Argentina 2(3): 239-256.
- Rye, R.O. y Ohmoto, H. 1974. Sulfur and Carbon Isotopes and Ore Genesis: A Review. Economic Geology 69(6): 826-842.
- Schwartz, J.J., Gromet, L.P. y Miro, R. 2008. Timing and duration of the Calc-alkaline arc of the Pampean Orogeny: Implications for the Late Neoproterozoic to Cambrian evolution of western Gondwana. The Journal of Geology 116: 39-61.
- Söllner, F., Leal, P.R., Miller, H. y Brodtkorb, M. 2000. Edades U/Pb en circones de la riodacita de la sierra de Ambargasta, Provincia de Córdoba. Mineralogía y Metalogénia 2000, Actas 6: 465-469, La Plata.
- Streckeisen, A.L. 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS subcommission on the systematic of igneous rocks. Geology 7: 331-335.

Recibido: 5 de noviembre, 2008

Aceptado: 2 de junio, 2009