

Inclusiones fluidas en pegmatitas portadoras de estaño de la Sierra de San Luis, Argentina

Teresita MONTENEGRO¹ y Graciela M. SOSA²

¹Universidad de Buenos Aires – CONICET, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, C1428EHA, Buenos Aires. E-mail: mon@gl.fcen.uba.ar

²Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera, (5700) San Luis, Argentina. E-mail: akerkho@gwdg.de

RESUMEN. En la Sierra de San Luis, Argentina, las pegmatitas portadoras de Sn representarían los extremos de la cristalización fraccionada de granitos ordovícicos, sin-cinemáticos, meta- a peraluminosos de tipo S. Las pegmatitas están alojadas concordantemente en esquistos cuarzo-micáceos con rumbo general N-S y buzamiento vertical, que alcanzaron las facies entre esquistos verdes y anfibolita baja. Los contactos entre pegmatitas y roca de caja son netos y paralelos a la foliación metamórfica, sugiriendo un emplazamiento tardío-cinemático de los cuerpos pegmatíticos. Resultados microtermométricos de inclusiones fluidas en cuarzo revelan la presencia de un fluido temprano de composición compleja CO₂-H₂O-NaCl. Las inclusiones se distribuyen en grupos o trenes intragranulares y se interpretan como primarias o pseudosecundarias. La salinidad varía generalmente entre 0-7% equivalente en peso NaCl. Valores entre 29 y 32% equivalente en peso NaCl corresponderían a fluidos originados en una etapa magmática. Las temperaturas de homogeneización total (en líquido o vapor, ocasionalmente crítica) varían entre 227 y 346°C. La presión de las inclusiones en el punto de homogeneización (presión mínima de atrape) varía entre 1500 y 2700 bares. Otro fluido acuoso de baja salinidad es atrapado a temperaturas entre 210-264°C, con densidades entre 0,76-0,85 g/cm³. A más bajas temperaturas (103 a 183°C), una fracturación tardía produce inclusiones secundarias que contienen un fluido acuoso de salinidad entre 0-5% equivalente en peso NaCl. La variedad morfológica de las cavidades, la gran variación de contenidos de CO₂ y las temperaturas de homogeneización total, reflejan la inmiscibilidad de un fluido temprano de composición compleja, con formación de inclusiones con 100% de CO₂ por fuga del fluido acuoso a causa de la deformación que sufre la roca de caja. Ocasionalmente, un evento de recristalización captura parte del fluido acuoso.

Palabras clave: *Pegmatitas, Estaño, Inclusiones fluidas, CO₂*

ABSTRACT. *Fluid inclusions in Sn-bearing pegmatites of the Sierra de San Luis, Argentina.* In the Sierra de San Luis, Argentina, Sn-enriched granitic pegmatites represent the extremes of fractional crystallization of Ordovician, syn-kinematic, meta- to peraluminous S-type granites. The pegmatites are concordantly emplaced in quartz-mica schist with N-S general strike and vertical dip. The metamorphic grade varies from green-schist facies to lower-amphibolite facies. Contacts between pegmatite and country rock are sharp and parallel to the metamorphic foliation, suggesting a late-kinematic emplacement. Microthermometric measurements of fluid inclusions in quartz reveal an early complex CO₂-H₂O-NaCl fluid. Inclusions are distributed in groups or in intragranular trails, and are interpreted as primary or pseudosecondary. The salinity is generally 0-7 wt% NaCl-eq., but rare high-salinity inclusions (29-32 wt% NaCl-eq.) were possibly originated in a magmatic stage. Homogenization temperatures (into liquid or vapor, occasionally critical) range from 227 to 346°C. The fluid inclusion pressures at the homogenization points (minimal trapping pressures) vary between 1500 and 2700 bars. A low salinity aqueous fluid was trapped in secondary inclusions with homogenization temperatures (into liquid) of 210-264°C, and densities of 0.76-0.85 g/cm³. At lower temperature (103 a 183°C), a late fracturing originated secondary fluid inclusions, which contain low salinity water (0-5wt% NaCl-eq.). The wide variation in cavity morphology, the large variation of CO₂ proportion and the total homogenization temperatures indicate immiscibility of an early complex fluid, with fluid inclusions reaching up to 100% of CO₂ due to the leakage of the aqueous fluid, induced by deformation of the country rock. Occasionally, a recrystallization event trapped part of the aqueous fluid.

Key words: *Pegmatite, Tin, Fluid inclusions, CO₂*

Introducción

La Sierra de San Luis forma la parte austral de las Sierras Pampeanas Orientales y está constituida por un basamento ígneo-metamórfico de edades que varían desde el Proterozoico superior al Paleozoico inferior. Dos fajas de pegmatitas graníticas de metales raros de la familia LCT (Li, Cs, Ta) se localizan en forma parale-

la a la elongación mayor de la sierra, con orientación NNE-SSO. En la faja occidental afloran pegmatitas portadoras de Sn (Fig. 1), en tanto que en la faja oriental se localizan las pegmatitas de Nb-Ta (Sosa 1992). Los cuerpos pegmatíticos enriquecidos en Sn fueron explotados durante la década del 40, con una producción de casiterita de 400 kilogramos a 1 tonelada. Las primeras investigaciones sobre los depósitos de estaño corres-

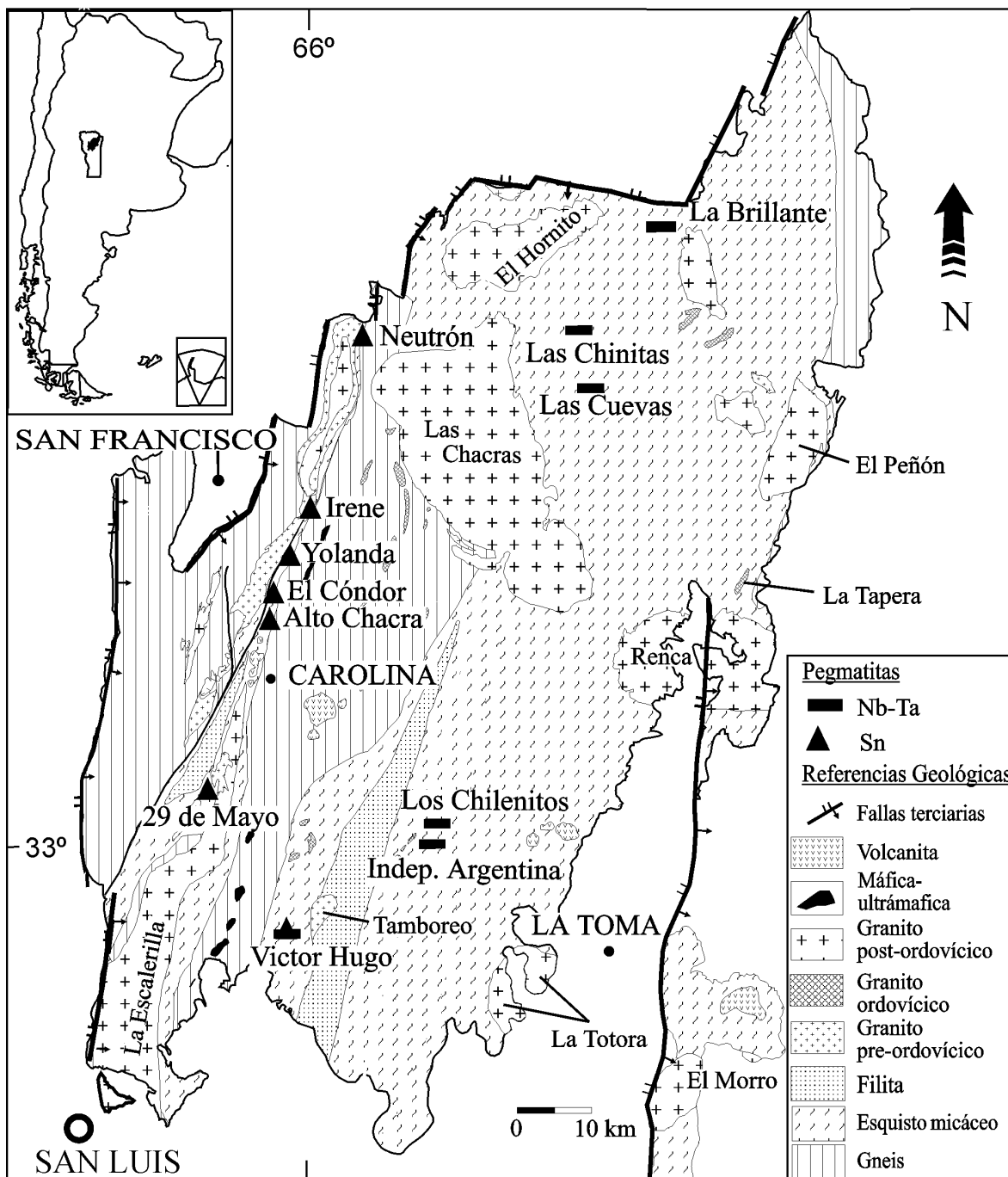


Figura 1: Mapa de la Sierra de San Luis mostrando la localización de las pegmatitas estudiadas en este trabajo (modificado de Urbina *et al.* 2000).

ponden a menciones descriptivas preliminares realizadas por Catalano (1929) y Pagés (1947). Posteriormente las pegmatitas fueron estudiadas por Sosa (1990). Galliski (1994a y b) resumió las principales características geológicas de distritos pegmatíticos. En este trabajo se presentan los resultados de la investigación microtermométrica de inclusiones fluidas en cuarzos de las pegmatitas de Sn. El objetivo del mismo fue determinar las características fisicoquímicas de los fluidos pegmatíticos y la evolución de los mismos durante

la cristalización de las pegmatitas, además de esclarecer los cambios ocurridos debido a la deformación post-emplazamiento pegmatítico.

Marco geológico

Las pegmatitas portadoras de Sn, están alojadas concordantemente en esquistos cuarzo-micáceos de grano fino que alcanzaron las facies entre esquistos

verdes y anfibolita baja. El rumbo general de los esquistos es N-S y el buzamiento es vertical a subvertical, con esquistosidad muy marcada. La roca está constituida por bandas de cuarzo con bajo porcentaje de plagioclasa y microclino, con textura granoblástica, alternantes con bandas muscovíticas-biotíticas con cantidades menores de cuarzo, con textura lepidoblástica. Los minerales accesorios son: granate, turmalina, circón, apatita y localmente (pegmatita Irene y 29 de Mayo), se observan sillimanita, cianita, estauroлита y escaso corindón. La presencia de polimorfos de alúmina, sumada a la existencia de granate y corindón, indica un alto contenido de aluminio que podría deberse a zonas localmente enriquecidas en ese elemento dentro de los esquistos, posiblemente en forma de lentes de moscovita casi pura (Ortiz Suárez y Sosa 1991). Los minerales secundarios son caolín, sericita y clorita (Sosa 1992). En base a la paragénesis encontrada y por comparación con áreas vecinas, Ortiz Suárez y Sosa (1991) estimaron presiones de 2-3 Kbares y temperaturas entre 400-500°C para la formación de los esquistos. Los contactos entre la roca de caja y las pegmatitas son netos y paralelos a la foliación metamórfica, indicando un emplazamiento tardío-cinemático de las pegmatitas (Sosa 1992). En algunos casos, el esquisto se deforma alrededor de los cuerpos pegmatíticos, lo que sugiere un comportamiento plástico de la caja durante la inyección pegmatítica, la cual se produjo simultáneamente o después del pico de metamorfismo y deformación ocurrido durante el Ordovícico. La deformación principal (Llambías *et al.* 1991; Ortiz Suárez *et al.* 1992) corresponde a la fase Oclóyica (Turner y Méndez 1975, 1979) del ciclo orogénico Famatiniano (Aceñolaza y Toselli 1973).

En el esquema de Černý (1991), las pegmatitas portadoras de Sn corresponden a la clase elementos raros con signatura geoquímica LCT (Li, Cs, Ta), posiblemente del tipo albita. Los cuerpos pegmatíticos representan los extremos de la cristalización fraccionada de granitos ordovícicos, sin-cinemáticos, meta- a peraluminosos, de tipo S (Ortiz Suárez y Sosa 1991). Dataciones K-Ar en muscovita dan edades devónicas ($398-411 \pm 21$ Ma) para las pegmatitas portadoras de Sn (Sosa *et al.* 2000). Poseen forma lenticular, con longitudes entre 10 y 70 metros, y potencias que varían entre pocos centímetros y 25 metros (Sosa 1992). La forma lenticular de los cuerpos sugiere un nivel de corteza transicional entre frágil y dúctil (8 a 13 km).

No se observa estructura interna en los cuerpos. Se trata de pegmatitas simples, con una distribución errática de los minerales. Los cuerpos pegmatíticos están esencialmente formados por cuarzo, plagioclasa y muscovita, con menor porcentaje de microclino, y biotita. Como minerales accesorios se encuentran turmalina, granate, berilo, apatito, circón, esfena, casiterita, rara columbita-tantalita, piritita y bajo porcentaje de óxidos de uranio. Escaso epidoto y tremolita-actinolita aparecen como minerales de alteración (Sosa 1992).

Inclusiones fluidas

Metodología de estudio

Se estudiaron muestras de cuarzo de las pegmatitas estanníferas tradicionalmente denominadas El Neutrón, Irene, Yolanda, El Cóndor, San Antonio y 29 de Mayo (Fig. 1). Los ensayos microtermométricos se llevaron a cabo con una platina de enfriamiento-calentamiento Chaixmeca con intervalo de temperatura -180 a +600°C, perteneciente al INGEOQUI (Instituto de Geoquímica, Dirección General de Sistemas, Fuerza Aérea Argentina), en el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Se utilizaron 6 pastillas doblemente pulidas, sin montar, de las pegmatitas El Neutrón y Yolanda; 4 de Irene, 3 de San Antonio y 2 de El Cóndor y 29 de Mayo.

Los diferentes parámetros físicoquímicos obtenidos a partir de las temperaturas de cambios de fase se calcularon a través del programa Flnacor (Brown 1989), excepto la salinidad de las soluciones acuosas que fue calculada con la fórmula de Potter *et al.* (1978) y la salinidad a partir de la temperatura de fusión del clathrato que se calculó con la fórmula de Bozzo *et al.* (1973).

Tipos de inclusiones fluidas y distribución

En todas las muestras se reconocieron tres tipos de inclusiones:

I- CO₂ + H₂O + (NaCl): son las inclusiones más comunes en todas las muestras. Son inclusiones bifásicas con CO₂ líquido + H₂O + NaCl o trifásicas cuando aparece una burbuja interna de CO₂ vapor. La proporción volumétrica de la fase rica en CO₂ varía entre 10 y más del 90% y por esta razón, las inclusiones se han subdividido en subtipos 1, 2, y 3 según tengan hasta 45-50%, entre 50 y 95%, o 100% de CO₂, respectivamente (Cuadro 1). La morfología de las cavidades es regular, cristal negativo a irregular, y radial o con forma de estrella. Su tamaño no excede los 40 micrones. Están distribuidas en grupos o en trenes intragranulares (Fig. 2 y 3). Se interpretan como primarias o pseudosecundarias. La solución acuosa aloja sólidos de reducido volumen. Se estudiaron un total de 221 inclusiones en todas las muestras. En ocasiones, la fusión del CO₂ se produce ligeramente por debajo del punto triple (-56,6°C), a pesar de lo cual se considera que es CO₂ puro. En general, en inclusiones con elevada relación CO₂/solución acuosa, la fusión del clathrato no es visible. La salinidad muestra una gran variación; para Yolanda y San Antonio, por ejemplo, se alcanzan niveles de saturación en NaCl mientras que en 29 de Mayo y algunas inclusiones de Yolanda la salinidad varía entre 0 y 6%. Con respecto a la homogeneización de las fases acuosa y carbónica, se produce en forma acuosa, crítica y carbónica, aunque

Cuadro 1: Resultados del estudio microtermométrico de inclusiones fluidas en cuarzos de pegmatitas portadoras de Sn.

Muestra	Tipo	%vol CO ₂	%vol vapor	TfCO ₂ (°C)	Tfclat (°C)	ThCO ₂ (°C)	TfH ₂ O (°C)	ThL-V (°C)	% sal (eq. peso NaCl)	Tm (°C)	Tht (°C)	Td (°C)
El Neutrón	I-1	25-40									309 a 315 (q)	272; 280
	I-2	60-90		-56,5	7,8	25,9 a 26,6 (L)			4,3			
	I-3	100		-56,5		24,2 a 25,9 (L)						
	III		5-20				-3 a 0	119 a 150	0 a 5			
Irene	I-2	80		-56,6 a -56,9	nd	9,3 a 16,5 (L)			nd		227 a 317,4 (CO ₂)	217,5 a 285,5
	I-3	100		-56,6 a -56,9		4,9 a 21,8 (L)						
	III		5-10				nd	138, 149	nd			
Yolanda	I-1	25-50		-56,3 a -56,9	-1 a 2,8 10(1)	13 a 24 (L)			12 a 16,5 0(1); 2(*)	179,4 (*)	246 a 335 (q)	214,8 a 315,2
	I-2	50-95		-57,4	7,8	19,5 a 24,5 (L)			4,3		256 a 346 (CO ₂)	165,5 a 317,5
	I-3	100		-57,4		22,3 (L)						
San Antonio	I-1	30		-56,4	nd	19,8 a 19,9 (L)			29 (*)	90,6 y 111(*)	263,1 a 289,5 (q)	variable
	I-1					30,0 (V)						
	I-2	45-60		-56,8 a -57	6,4	10,3 a 27,8 (L)			6,8		326,6 (CO ₂)	316; 317
	I-3	100		-57		19,8 (L)						
	III		5-15				nd	110 a 131	nd			
El Cóndor	I-1	30-40		-56,4	7,4	22,8 a 29,9 (L)			3,2		264,4; 339,6 (CO ₂)	264,4
	I-2	60-80		-56,4	8,4	22 a 25,8 (L)			5,0		287,8; 304,2 (C)	237 a 264,4
	II		30-60				-0,1	210 a 264,3	0,17			
29 de Mayo	I-1	25		-56,6	6,8	20,4 a 25,3 (L)			6		255,2; 310,4 (CO ₂)	246; 314,8
	I-1										255,2; 281,7 (L)	
	III		5				nd	185	nd			

Tf: temperatura de fusión; clat: clatrato; Th: temperatura de homogeneización; L: líquido; V: vapor; C: crítica; Tm: temperatura de fusión de la halita; Tht: homogeneización total; Td: temperatura de decrepitación; (1) salinidad a partir de la fusión del clatrato; (*) salinidad a partir de la fusión de halita; q: acuosa; nd: no determinado.

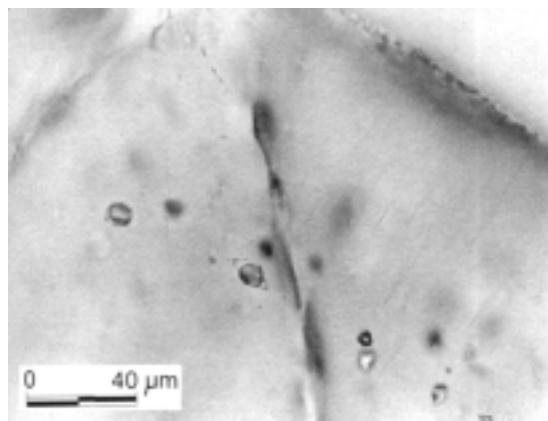


Figura 2: Inclusiones fluidas con CO_2 (tipo I) distribuidas en trenes intragranulares. Pegmatita Yolanda.

frecuentemente la cavidad decrepita antes de alcanzar el cambio de fase debido al aumento en la presión interna que se genera durante el calentamiento.

En la mayoría de las muestras, particularmente en «Irene», son abundantes las inclusiones con 100% de CO_2 (líquido+ vapor). Solamente en El Cóndor y 29 de Mayo son escasas. Son inclusiones mono o bifásicas asociadas a las inclusiones con solución acuosa y CO_2 . La morfología y distribución espacial es la misma.

II- $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$: se estudiaron 7 inclusiones de este tipo en El Cóndor. Son inclusiones bifásicas con una burbuja de vapor que ocupa 10 a 60% de la capacidad volumétrica. Las cavidades son regulares o en forma de cristal negativo. Están distribuidas a lo largo de microfracturas dentro del cristal (Fig. 3). Se interpretan como de origen pseudosecundario.

III- $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$: están presentes en todas las muestras aunque debido al reducido tamaño de las cavidades (menos de 5 micrones y hasta 15 micrones) no siempre es posible observar los cambios de fase. Son bifásicas con 5 a 20% del volumen ocupado por una burbuja de vapor. Se disponen en trenes. Tienen morfología irregular a regular y a veces muestran procesos de estrangulamiento. Su origen es secundario. Son abundantes en El Neutrón y mucho menos frecuentes en Irene y San Antonio. Se estudiaron un total de 56 inclusiones en las tres muestras. La mayoría tienen comportamiento metaestable durante el enfriamiento, lo que no invalida la estimación de la salinidad de la solución (Shepherd *et al.* 1985).

Hay además, una fracturación tardía, sin sellar. En parte, el cuarzo es portador de agujas de rutilo en textura sagenítica.

Resultados

Los resultados de los ensayos microtermométricos se resumen en el Cuadro 1 y las temperaturas de homogeneización se representan en la figura 4. En el Cuadro

2 se presentan las desviaciones estándar de las temperaturas de homogeneización; en el Cuadro 3 se indican los parámetros de los fluidos, obtenidos a partir los datos de los ensayos microtermométricos. Las condiciones de miscibilidad se han determinado de acuerdo con los solvus de Bowers y Helgeson (1983).

Discusión

El fluido pegmatítico temprano posee una composición compleja, mezcla de CO_2 , H_2O y NaCl . Es notable la variación en los porcentajes de CO_2 , hecho que se explica teniendo en cuenta la deformación a la que han estado sometidas las pegmatitas. Este proceso produce la fuga (*leakage*) de la solución acuosa generando inclusiones con hasta 100% de CO_2 . Al respecto, Watson y Brenan (1987, en Schwartz *et al.* 1992) sostienen que si hay deformación, la solución acuosa se fuga de la cavidad produciendo un enriquecimiento relativo en CO_2 . Johnson y Hollister (1995) también han propuesto que la deformación favorece el atrape de inclusiones carbónicas. La fuga de la solución acuosa provoca un descenso brusco de presión que produce el “estallido” de la cavidad y las consecuentes formas radiales o estrelladas. En la evolución de las isocoras (Fig. 5) se pone de manifiesto un descenso de la presión al pasar del fluido con $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ (tipo I) a inclusiones con $\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}$ (tipo II) y CO_2 puro (tipo I) en el campo de inmiscibilidad o desmezcla. Las inclusiones acuosas de tipo II cuya homogeneización tiene lugar entre 210 y 264°C (promedio 252°C, desviación estándar 21,28; 5 datos) podría haber sido atrapada por recristalización durante la etapa de desmezcla. Una fracturación tardía ha producido inclusiones secundarias de baja salinidad (tipo III) a temperaturas entre 110 y 150°C (42 datos) con promedio en 128,70°C (desviación estándar 8,59).

Las temperaturas de homogeneización (T_h) y las presiones de homogeneización (P_h) determinadas son valores mínimos ya que hay evidencias de que el fluido de composición compleja fue atrapado dentro del campo miscible o de una sola fase. Además, no hay eviden-

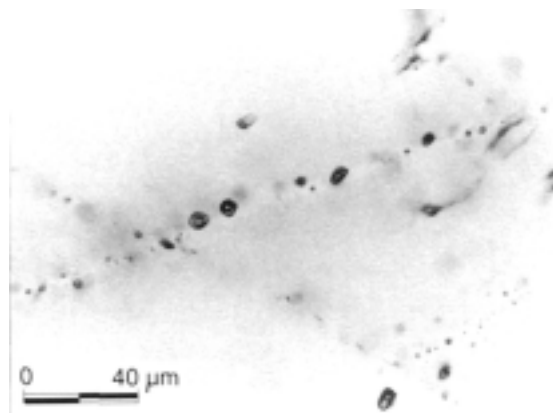


Figura 3: Inclusiones fluidas con CO_2 (tipo I) y acuosas (tipo II) siguiendo microfracturas. Pegmatita San Antonio.

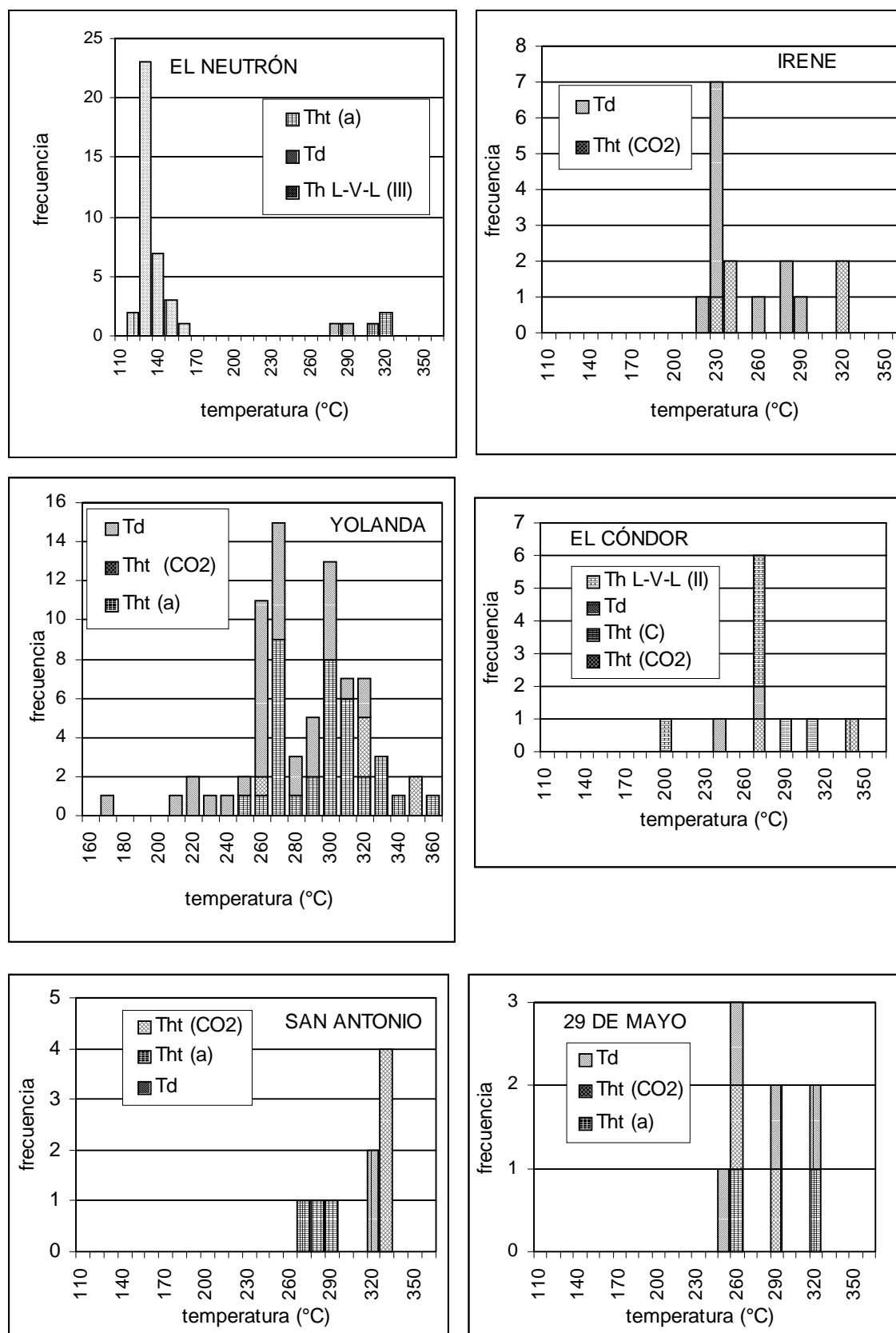


Figura 4: Temperatura de homogeneización total (Tht) de las inclusiones acuosas y de las inclusiones con CO₂ [Tht(a): en fase acuosa, Tht(c): en fase crítica, Tht(CO₂), en fase CO₂]; temperatura de decrepitación (Td); temperatura de homogeneización de fases líquida y vapor, en forma líquida (Th L-V-L) en cuarzós pegmatíticos; II: inclusiones acuosas tipo II (ver texto); III: inclusiones acuosas tipo III (ver texto).

Cuadro 2: Desviación estándar y número de datos de las temperaturas de homogeneización

Tipos de inclusiones	I H ₂ O + CO ₂ +(NaCl)			II H ₂ O + NaCl			III H ₂ O + NaCl		
	Th (°C)	δ est	N° datos	Th(°C)	δ est	N° datos	Th(°C)	δ est	N° datos
Yolanda	246-355	27,54	40						
El Neutrón	310-315	2,5	3				119-150	8,09	36
Irene	227-317	41,65	5				137-149	5,35	2
San Antonio	263-326	26,41	7				109-131	7,57	4
El Cóndor	264-339	16,33	3	210-264	21,28	5			
29 de Mayo	255-310	22,80	4						
Total	227-355	29,84	63	210-264	21,28	5	109-150	8,99	42

Th(°C): temperatura de homogeneización, en grados centígrados; δ est: desviación estándar; los tipos de inclusiones corresponden a la agrupación presentada en el texto subtítulo "Tipos de inclusiones fluidas y distribución".

cias de ebullición por lo que la presión externa fue mayor a la presión interna o presión de vapor del fluido, de manera que la Th es menor que la verdadera temperatura de atrape. Las Th varían entre 227 y 355°C (63 datos), con promedio en 293,86°C (desviación estándar 29,84) y concentración de los valores entre 250 y 330°C (54 datos). Las salinidades se determinaron entre 0 y 7% eq. NaCl. Los valores de salinidad más elevados (29 a 32%) pueden corresponder a relictos de soluciones de origen granítico. Las presiones determinadas para esas temperaturas y densidades, corresponden a un intervalo entre 1500 y 3000 bares (Brown 1989).

Conclusiones

El fluido temprano de la cristalización de las pegmatitas posee una composición compleja H₂O-CO₂-

NaCl y fue atrapado dentro del campo miscible, por lo que las Th y las Ph obtenidas a partir del estudio de las inclusiones fluidas son valores mínimos, cuyos intervalos coinciden con los parámetros indicados por la paragénesis metamórfica. La deformación produce la fuga de la solución acuosa con enriquecimiento relativo en CO₂ y un consecuente descenso isotérmico de la presión en la mayoría de los casos (a veces hay también un descenso de la temperatura), a través del cual se entra en el campo inmisible. Las inclusiones fluidas sufren entonces cambios post-atrape tendientes a alcanzar el reequilibrio. Es comúnmente aceptado (Thomas *et al.* 1988, London *et al.* 1989, London 1990, Cerný 1991, entre otros) que en los últimos estadios de la consolidación de las pegmatitas, los fluidos acuosos-carbónicos que se desmezclan en dos fases tienen un rol primordial. Si la intrusión pegmatítica tuvo lugar al final de la deformación y con una caja metamórfica

Cuadro 3: Composición, presión y temperatura de los fluidos pegmatíticos portadoras de Sn

Muestra	Th (°C)	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl	Densidad total (g/cm ³)	Intervalo Ph (Kbares)	Condiciones miscibilidad
Yolanda	246-355	0,63	0,36	0,005	0,77 a 0,97	1,45 a 1,9	m
El Neutrón	310-315	0,53	0,45	0,006	0,70 a 0,77	1,65	m
Irene	227-317	0,57-0,58	0,42-0,43	-	0,76 a 0,87	1,5 a 2,3	m-i
San Antonio	263-326	variable	-	-	0,77 a 0,96	-	n.d.
El Cóndor	264-339	0,36	0,63	0,008	0,83 a 0,91	2	m
	210-264	-	1	0,0005	0,76 a 0,85	-	-
29 de Mayo	255-310	0,1	0,883	0,017	0,90 a 0,98	2,7	m

No incluye los fluidos acuosos de origen secundario; X: porcentaje molar; densidad total: incluye CO₂ puro, según Brown (1989); Ph: presión de homogeneización, según Brown (1989); condiciones de miscibilidad de acuerdo con solvus de Bowers y Helgeson (1983); m: miscible; i: inmisible; nd: no determinado.

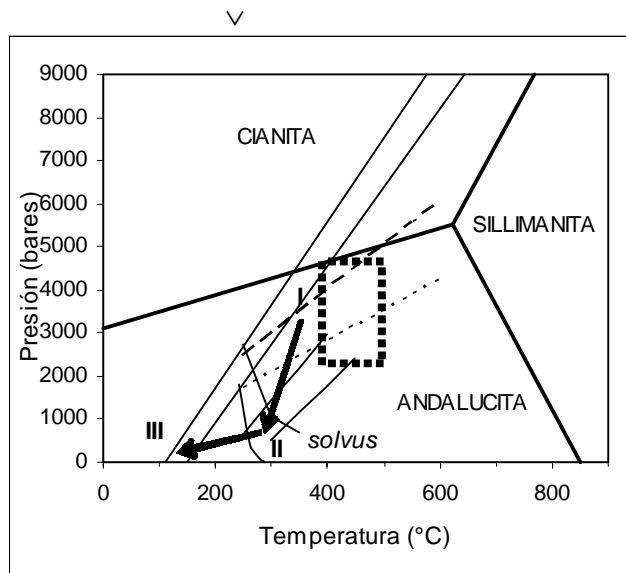


Figura 5: Evolución de los fluidos pegmatíticos (flecha trazo grueso). El recuadro punteado representa la amplitud estimada de presiones y temperaturas de cristalización de las pegmatitas portadoras de Sn. Los números I, II y III corresponden a los tipos de inclusiones descriptos. Las líneas corresponden a: trazo corto (---) isocora de $0,84 \text{ g/cm}^3 \text{ CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$, trazo largo (— —) isocora de $0,91 \text{ g/cm}^3 \text{ H}_2\text{O-CO}_2\text{-NaCl}$ y continuas (—) isocoras de H_2O (de izquierda a derecha $0,95 \text{ g/cm}^3$; $0,92 \text{ g/cm}^3$; $0,85 \text{ g/cm}^3$; $0,77 \text{ g/cm}^3$). Los campos de estabilidad de los polimorfos de alúmina han sido extraídos de Miyashiro (1979).

en estado plástico tal como proponen Ortiz Suárez y Sosa (1991), es lógico el alto porcentaje de CO_2 en los fluidos ya que éstos pueden ser residuos de procesos de deformación dúctil y recristalización (Johnson y Hollister 1995). También la inmiscibilidad fluida es posible y frecuente durante la deformación dúctil. Si bien regionalmente el patrón es compresional, en algún momento de la cristalización de las pegmatitas, las condiciones fueron de tipo tensional (Ortiz Suárez y Sosa 1991), estado que favorece la inmiscibilidad de tales fluidos.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F. G. y Toselli, A. J., 1973. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. 2° Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, Venezuela, Actas 2: 755-763.
- Bowers, T. S. and Helgeson, H. C., 1983. Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system $\text{H}_2\text{O-CO}_2\text{-NaCl}$ on phase relations in geologic systems: metamorphic equilibria at high pressures and temperatures. *American Mineralogist*, 68: 159-1075
- Bozzo, A. T., Chen, J. R. and Barduhn, A. J., 1973. The properties of the hydrates of chlorine and carbon dioxide. In: 4th International Symposium of Fresh Water from the Sea (A. Delyannis y E. Delyannis, Ed.), 3: 437-451.
- Brown, P. E., 1989. FLINCOR: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data. *American Mineralogist* 74, 1390-1393.
- Catalano, L. R., 1929. Nueva zona estañífera de la República Argentina. *Revista Minera* 1: 19-21. Buenos Aires.
- Černý, P., 1991. Rare-element granitic pegmatites. Part 1: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*. 18 (2): 49-81.
- Galliski, M. A., 1994a. 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. A., 1994b. La Provincia Pegmatítica Pampeana. II: Metalogénesis de sus distritos económicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 49 (1-2): 113-122.
- Johnson, E. L. and Hollister, L. S., 1995. Syndeformational fluid trapping in quartz: determining the pressure-temperature conditions of deformation from fluid inclusions and the formation of pure CO_2 fluid inclusions during grain-boundary migration. *Journal of Metamorphic Geology*, 16: 239-249.
- Llambías, E. J., Cingolani, C., Varela, R., Prozzi, C., Ortiz Suárez, A., Caminos, R., Toselli, A. y Saavedra, J., 1991. Leucogranodioritas sincinemáticas ordovícicas en la Sierra de San Luis. 6° Congreso Geológico Chileno, Viña del Mar, Chile. Resúmenes Expandidos, 187-191.
- London, D., 1990. Internal differentiation of rare-element pegmatites; a synthesis of recent research. *Geological Society of America, Special Paper* 246: 35-50.
- London, D., Morgan IV, G. B. and Herving, R.L., 1989. Vapor-undersaturated experiments with Macusani glass + H_2O at 200 Mpa, and the internal differentiation of granitic pegmatites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 102: 1-17.
- Miyashiro, A., 1973. *Metamorphism and Metamorphic Belts*. George Allen and Unwin. 492pp. London.
- Ortiz Suárez, A. y Sosa, G., 1991. Relaciones genéticas entre las pegmatitas portadoras de estaño y las metamorfitas asociadas en la zona de La Carolina/San Francisco del Monte de Oro, Provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 46 (3-4): 339-343.
- Ortiz Suárez, A., Prozzi, C. y Llambías, E. J., 1992. Geología de la parte sur de la Sierra de San Luis y granitoides asociados, Argentina. *Revista de Estudios Geológicos, Madrid*, 48: 269-277.
- Pagés, C., 1947. Informe preliminar de las Minas «Yolanda» e «Irene», Departamento San Martín, Provincia de San Luis. Informe Dirección General de Fabricaciones Militares, Buenos Aires, (inédito).
- Potter, R., Clyne, M. A. y Brown, D.L., 1978. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73: 284-285.
- Schwartz, M.O., Oberthür, T., Amanor, J. and Gyapong, W. A., 1992. Fluid inclusion re-equilibration and P-T-X constraints on fluid evolution in the Ashanti gold deposit, Ghana. *European Journal of Mineralogy*, 4 (5):1017-1033.
- Sheperd, T.J., Alderton, D. H. M. and Rankin, A. H., 1985. A practical guide to fluid inclusions studies. Blackie and Sons, 239 p. Glasgow.
- Sosa, G., 1992. Pegmatitas portadoras de estaño de la Provincia de San Luis, Argentina, su geología, mineralogía y génesis. 1° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 1° Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. La Plata, Argentina. Actas: 281-296.
- Sosa, G.M., 1990. Pegmatitas portadoras de estaño de la Provincia de San Luis, su geología, mineralogía y génesis. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Luis.
- Sosa, G., M. S. Augsburger and J. C. Pedregosa, 2002. Columbite-group minerals from rare-metal granitic pegmatites of the Sierra de San Luis, Argentina. *European Journal of Mineralogy*, 14 (3), 627-636.
- Schwartz, M.O., Oberthür, T., Amanor, J. and Gyapong, W.A., 1992. Fluid inclusion re-equilibration and P-T-X constraints on fluid evolution in the Ashanti gold deposit, Ghana. *European Journal of Mineralogy*, 4: 1017-1033.

- Thomas, A. V., Bray, C. J. and Spooner, E. T. C., 1988. A discussion of the Jahns-Burnham proposal for the formation of zoned granitic pegmatites using solid-liquid-vapor inclusions from the Tanco pegmatite. S. E. Manitoba, Canada. Royal Society of Edinburgh, Transactions, Earth Sciences, 79:299-315.
- Turner, J. C. y Méndez, V., 1975. Geología del sector oriental de los departamentos de Santa Victoria e Iruya, provincia de Salta, República Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 51: 11-24. Córdoba.
- Turner, J. C. y Méndez, V., 1979. Puna. En: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. J. C. M. Turner, (ed.) Academia Nacional de Ciencias, Actas: 13-56. Córdoba.
- Urbina N. E., Ulacco H. J., Sosa G. M., Ramos G. A., Lacreu H. L., Oggier F. P., Aguilera D. and Guerstein P. G. (2000): «Metallogeny of the Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina.» XVII Simposio sobre la Geología de Latinoamérica, Stuttgart, Alemania. Profil Band 18, CD Archivo 83: 1-6.

Recibido: 12 de diciembre, 2001

Aceptado: 13 de agosto, 2003