

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener el grado académico de

**LICENCIADO EN GEOLOGÍA**

**“GEOLOGÍA, MINERALOGÍA Y POTENCIAL ECONÓMICO DE LA  
PEGMATITA JR-III, SECTOR SUR, DEPARTAMENTO PRINGLES,  
PROVINCIA DE SAN LUIS”**

LUCAS NAHUEL ANDIARENA

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2015

Prefacio:

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la cátedra de Génesis y Minería de Yacimientos, dependiente del Departamento de Geología durante el período comprendido entre el 7 de agosto de 2015 y el 18 de noviembre de 2015, bajo la dirección de la Dra. Viviana A. Martínez y la codirección del Dr. Julio Oyarzábal.

Agradecimientos:

- ✓ A mi familia, por haber sido el principal cimiento en construcción de mi vida profesional, proporcionando la mejor educación y lecciones de vida.
- ✓ A Dariana, por su permanente apoyo y comprensión durante tantas horas de estudio y trabajo.
- ✓ A la Directora, Viviana Martínez, que sin su conocimiento, paciencia, ayuda y contención no hubiese sido posible realizar este trabajo.
- ✓ Al co-director, Julio Oyarzábal por su colaboración y aporte de conocimiento.
- ✓ A la Universidad Nacional de La Pampa y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- ✓ A la Universidad Nacional de San Luis y su departamento de Geología.
- ✓ A Luciana, Kevin y Francis por su contribución en el viaje de campaña.
- ✓ Al jurado, Walter Bertotto y Miguel Fantini por las importantes observaciones y sugerencias que permitieron mejorar la calidad del trabajo.
- ✓ A la Dra. Graciela Visconti quien posibilitó el uso del instrumental perteneciente a su cátedra.
- ✓ A mis amigos y compañeros, por haberme hecho disfrutar el camino recorrido.

Fecha: 18 de noviembre de 2015

.....

“FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES”

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA”

## RESUMEN

En el presente estudio se describe la geología, mineralogía y el potencial económico de la pegmatita JRIII-SUR, que pertenece al distrito Conlara, y se ubica a 93 km de la ciudad capital de San Luis, a 32°47'20'' lat. S y 66°02'04'' long. O, y a una altitud aproximada de 1700 msnm. Este yacimiento se clasifica como de clase elementos raros, tipo complejo, subtipo espodumeno y signatura geoquímica LCT. El cuerpo es subhorizontal y de forma tabular, con rumbo dominante NNE y buzamiento de 20° hacia el norte. La zonación interna es de tipo simple y simétrica, reconociéndose una zona de borde, una zona externa, una zona intermedia, una unidad de muscovita y unidades de reemplazo. En el estudio de la paragénesis mineral se determinaron las siguientes especies minerales: cuarzo, muscovita, microclino, espodumeno, plagioclasa, berilo, circón, apatita, chorlo y óxidos de Fe. La roca de caja está representada por un esquisto cuarzo-micáceo en el cual los efectos exomórficos generados por los fluidos provenientes de la pegmatita causaron en una muscovitización muy localizada.

La secuencia de asociaciones minerales, en términos de minerales esenciales presentes en esta pegmatita, está dada de la siguiente manera:

Zona de borde: Qz + Ms + Pl

Zona externa: Kfs + Qz + Ms

Zona intermedia: Kfs + Qz + Ms

Zona de muscovita: Ms + Kfs + Qz

Unidades de reemplazo: Ab + Ms + Qz

El emplazamiento de este cuerpo habría sido aproximadamente tardíocinemático respecto al metamorfismo regional que afecta al Complejo Metamórfico Conlara. La profundidad de cristalización puede estimarse en función del rango conocido para este tipo de pegmatitas (Černý y Ercit 2005), comprendido entre 3 y 4 Kbar aproximadamente, entre los 5-7 km, en el dominio frágil o de transición.

En lo que respecta a las reservas, han sido estimadas en 79.000 t para cuarzo y 146.000 t para feldespatos.

## ÍNDICE

### **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL**

1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodología de trabajo	3
1.4 Marco geológico	5

### **CAPÍTULO 2: PEGMATITA JR III SUR** 11

2.1 Antecedentes consultados	11
2.2 Ubicación y vías de acceso	11
2.3 Rasgos geográficos y geológicos	12
2.4 Relación con la roca de caja	15
2.5 Forma, dimensiones y posición	15
2.6 Laboreos	16
2.7 Estructura interna	18
2.8 Mineralogía	22
2.9 Asociaciones minerales y cuadro paragenético	26
2.10 Tipología y clasificación	27
2.11 Génesis	27

### **CAPÍTULO 3: CONSIDERACIONES ECONÓMICAS** 30

### **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES** 33

### **CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA** 35

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Las pegmatitas graníticas son rocas ácidas de textura holocristalina, caracterizadas por una extrema heterogeneidad en su fábrica y mineralogía. Sus contenidos en elementos de alta tecnología (Nb, Ta, Li, Rb, Cs, Be) y en minerales industriales (feldespato potásico, albita, cuarzo, micas, fluorita, espodumeno y petalita, entre otros), y la posibilidad de extraer diferentes recursos en forma simultánea, constituyen los principales factores que incentivan la exploración y explotación de este tipo de depósitos. Generalmente se relacionan con rocas plutónicas parentales, de las cuales derivan en las últimas etapas del estadio magmático, a partir de fundidos residuales enriquecidos en  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y componentes volátiles como  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Estos cuerpos ocurren genética y/o espacialmente asociados, conformando diferentes jerarquías, que son, en orden decreciente: provincia, cinturón, distrito y grupo pegmatítico (Černý 1982b).

Los antecedentes de la temática pegmatítica elaborados en los distritos argentinos (Angelelli 1984; Angelelli *et al.* 1980) hasta el presente han dimensionado estimativamente el potencial minero o han descripto su estructura interna y secuencia de asociaciones minerales. También se han realizado trabajos mineralógicos detallados de algunas especies interesantes, estudios geocronológicos parciales o dataciones radimétricas.

Cada uno de los diferentes tipos de depósitos pegmatíticos, de acuerdo con las clasificaciones actuales, tiene características particulares y recursos mineros que están en función de ellas.

Estos enfoques modernos de tipificación y exploración, aplicados a distritos de pegmatitas graníticas, han probado ser útiles en el dimensionamiento de los recursos de determinados ambientes geológicos (Ej. Černý *et al.* 1981).

En Argentina, la mayor asociación de pegmatitas se encuentra en las Sierras Pampeanas, conformando la Provincia Pegmatítica Pampeana, definida como tal por Galliski (1992), que se extiende desde Salta a San Luis y su evolución geológica fue armónica con un marco geotectónico de cinturón móvil pericratónico desarrollado durante el Precámbrico superior - Paleozoico inferior.

Estas sierras exhiben una grosera configuración ovalada, con su diámetro mayor dispuesto noreste-suroeste. Constituye una extensa peneplanicie, cortada por numerosos valles

longitudinales y transversales, de la que emergen abruptamente conos y domos volcánicos. Tres ambientes morfológicos componen los aspectos más sobresalientes de la sierra:

El primero está representado por la estructura de bloques que caracteriza la región serrana; bloques diferencialmente desplazados en sentido vertical y variadamente inclinados.

El segundo, un antiguo relieve prácticamente plano de peneplanicie que tuvo su origen en el establecimiento de un prolongado ciclo de erosión fluvial.

El tercer elemento morfológico significativo lo forman las ruinas de los aparatos volcánicos terciarios, que ásperamente se alzan sobre la comarca media de la sierra de San Luis.

La sierra expone una notoria asimetría según una traza este-oeste, las mayores alturas se concentran en el margen occidental. Hacia el este, el relieve desciende según suaves rampas, perdiéndose bajo los depósitos pedemontanos y loessoides de la depresión oriental.

Los diferentes distritos que conforman la Provincia Pegmatítica Pampeana constituyen cinturones submeridionales, en muchos casos reorientados en esa dirección por la fase Oclóyica (Galliski 1994b). La nueva taxonomía fue aplicada por Galliski (1994a, 1994b) con la finalidad de esbozar una interpretación metalogenética de su desarrollo en estos distritos.

La pegmatita granítica en estudio se encuentra en el extremo más austral de un cinturón de pegmatitas de elementos raros, en el distrito Conlara, provincia de San Luis, y ha tenido diferentes denominaciones a lo largo de los años tales como La Marta, Cerritos Blancos y actualmente JR-III. En el estudio de la misma se han considerado dos sectores: el norte y el sur, siendo este último el correspondiente a la presente tesina.

## **1.2 OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio de la geología, mineralogía y el potencial económico de la pegmatita JR-III-Sur. Con esta información se intenta profundizar el conocimiento general a través de una tipificación genética de acuerdo a las clasificaciones disponibles. Por otro lado, los objetivos particulares incluyen: la incidencia de pautas mineralógicas o geoquímicas en la prospección y exploración de pegmatitas y la

determinación cuantitativa expeditiva de los recursos de la pegmatita en función de la composición modal estimada y de la cubicación en base al área y la profundidad.

### **1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para llevar a cabo el trabajo se utilizaron diversas metodologías disciplinarias. La descripción de las técnicas utilizadas puede agruparse en tareas de gabinete, campaña y laboratorio.

#### **1.3.1. Tareas de gabinete**

Las tareas de gabinete consistieron en la recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos correspondiente al área y tema en estudio.

La interpretación geológica se realizó a través de imágenes satelitales (Google Earth) y la hoja Geológica 3366-I San Francisco del Monte de Oro (Costa *et al.* 2001).

De acuerdo con los datos obtenidos en campaña, se confeccionó un mapa topográfico-geológico en escala 1:1000 y un perfil esquemático, ambos fueron digitalizados con los programas Autocad y Corel Draw.

La descripción de la estructura interna del yacimiento se realizó según el esquema propuesto por Cameron *et al.* (1949), haciendo referencia a las unidades litológicas presentes en las pegmatitas, definidas en función de cambios mineralógicos y/o texturales. Las unidades de reemplazo originalmente descritas como tales, con posterioridad se definen como unidades tipificándolas en base a la mineralogía debido a las dudas generadas por London (1992) sobre su origen metasomático.

El cuadro paragenético, que refleja la secuencia de cristalización de las diferentes especies minerales, se realizó teniendo en cuenta criterios texturales y trabajos semejantes de otros autores.

En esta investigación se siguen los lineamientos del sistema de clasificación más aceptado y ampliamente difundido, realizado por Černý (1991a), derivado de los trabajos de Ginsburg *et al.* (1979) y Ginsburg (1984), y posteriormente modificado por Černý y Ercit (2005). Las pautas adoptadas para la clasificación se basan en criterios geológicos, petrológicos y mineralógicos tales como profundidad de consolidación, mineralización,

procesos ígneos y ambiente metamórfico, clasificando a las pegmatitas graníticas en cinco grupos distintos denominados clases (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de Pegmatitas Graníticas (Černý y Ercit 2005).

Clase	Subclase	Tipo	Subtipo
<b>Abisal</b> ( <i>AB</i> )	AB-HREE		
	AB-LREE		
	AB-uranio		
	AB-B Be		
<b>Muscovita</b> ( <i>MS</i> )			
<b>Muscovita elementos raros</b> ( <i>MSREL</i> )	MSREL-REE		
	MSREL-Li		
	REL-REE ( <i>NYF</i> )	Allanita-monacita Euxenita gadolinita	
<b>Elementos raros</b> ( <i>REL</i> )	REL-Li ( <i>LCT</i> )	Berilo	Berilo-columbita Berilo-columbita-fosfato
		Complejo	Espodumeno Petalita Lepidolita Elbaíta Ambligonita
	Miarolítica-tierras raras		Albita- espodumeno Albita Topacio-berilo Gadolinita- fergusonita
<b>Miarolítica</b> ( <i>MI</i> )	Miarolítica-litio		Berilo-topacio Miarolítica- espodumeno Miarolítica- petalita Miarolítica- lepidolita

Referencias: HREE: elementos de tierras raras pesadas, LREE: elementos de tierras raras livianas, REE: tierras raras, Li: litio, B: boro, Be: berilo.

### 1.3.2. Tareas de campaña

El trabajo de campo fue distribuido en cinco (5) días. En primer lugar se procedió al reconocimiento del yacimiento, se dimensionó el área a relevar, se determinó el tiempo necesario para realizar los levantamientos y las posibles ubicaciones de las estaciones de relevamiento planialtimétrico. Posteriormente se realizó el levantamiento topográfico - geológico de detalle utilizando para tal fin cinta métrica y brújula geológica y taquimétrica, además se determinaron los contactos de la pegmatita con la roca de caja o con sedimentos



modernos. A continuación se efectuó un muestreo sistemático de los minerales esenciales del cuerpo pegmatítico como así también de la roca de caja del contacto inmediato y de sectores más alejados del yacimiento. Por último se realizó un muestreo selectivo de los minerales que se consideraron de interés ya sea por su valor económico, su gravitación petrogenética o aporte para el conocimiento mineralógico. Un total de 30 muestras se recolectaron para análisis geoquímicos, petrográficos y mineralógicos.

### **1.3.3. Tareas de laboratorio**

Las tareas de laboratorio incluyeron el análisis macroscópico y microscópico de las muestras obtenidas en campaña.

La selección de especies minerales para el estudio geoquímico, para la descripción macroscópica y para la confección de cortes petrográficos de las muestras colectadas se realizó bajo lupa binocular marca “Arcano”. Posteriormente se realizaron 6 secciones delgadas petrográficas que fueron descritas con un microscopio marca “Leitz”, perteneciente a la cátedra de Petrología de la FCEyN-UNLPam.

## **1.4 MARCO GEOLÓGICO**

El sector suroeste de América del Sur es un ensamblaje complejo de bloques cratónicos que se reunieron a lo largo del margen sudoccidental de Gondwana en el Fanerozoico. Según Pankhurst y Rapela (1998) cuatro ciclos geológicos han formado el margen Pacífico de América del Sur: Orogenia Pampeana (Neoproterozoico, Cámbrico tardío), Orogenia Famatiniana (Ordovícico temprano - Carbonífero), Orogenia Gondwánica (Carbonífero temprano - Cretácico inferior) y la Orogenia Andina (Cretácico temprano - actualidad).

Las Sierras Pampeanas representarían parte del margen occidental del Gondwana y serían la resultante de eventos de convergencia asignados a los ciclos orogénicos Pampeano, Famatiniano, y Andino (Pankhurst y Rapela 1998). Sims *et al.* (1997) postulan la existencia de otro ciclo, el Achaliano, que habría acontecido con posterioridad al Famatiniano. La primera descripción de las Sierras Pampeanas como una unidad morfoestructural independiente fue efectuada por Stelzner (1873). Trabajos posteriores (Bodenbender 1895, Rasmuss 1916, Beder 1922) ratificaron la presencia de un basamento precámbrico-eopaleozoico en las rocas metamórficas de dichas sierras. La denominación de unidad morfoestructural se realizó para comprender una serie de sierras formadas por

esquistos cristalinos o metamórficos que emergían de las pampas circundantes. Las Sierras Pampeanas se dividen actualmente en dos provincias de características diferentes, las Sierras Pampeanas Occidentales y las Orientales (Camino 1973 y 1979, Ramos 1999), sobre la base de diferencias litológicas, así como de evolución metamórfica y magmática (von Gosen y Prozzi 1998) (Figura 1a).

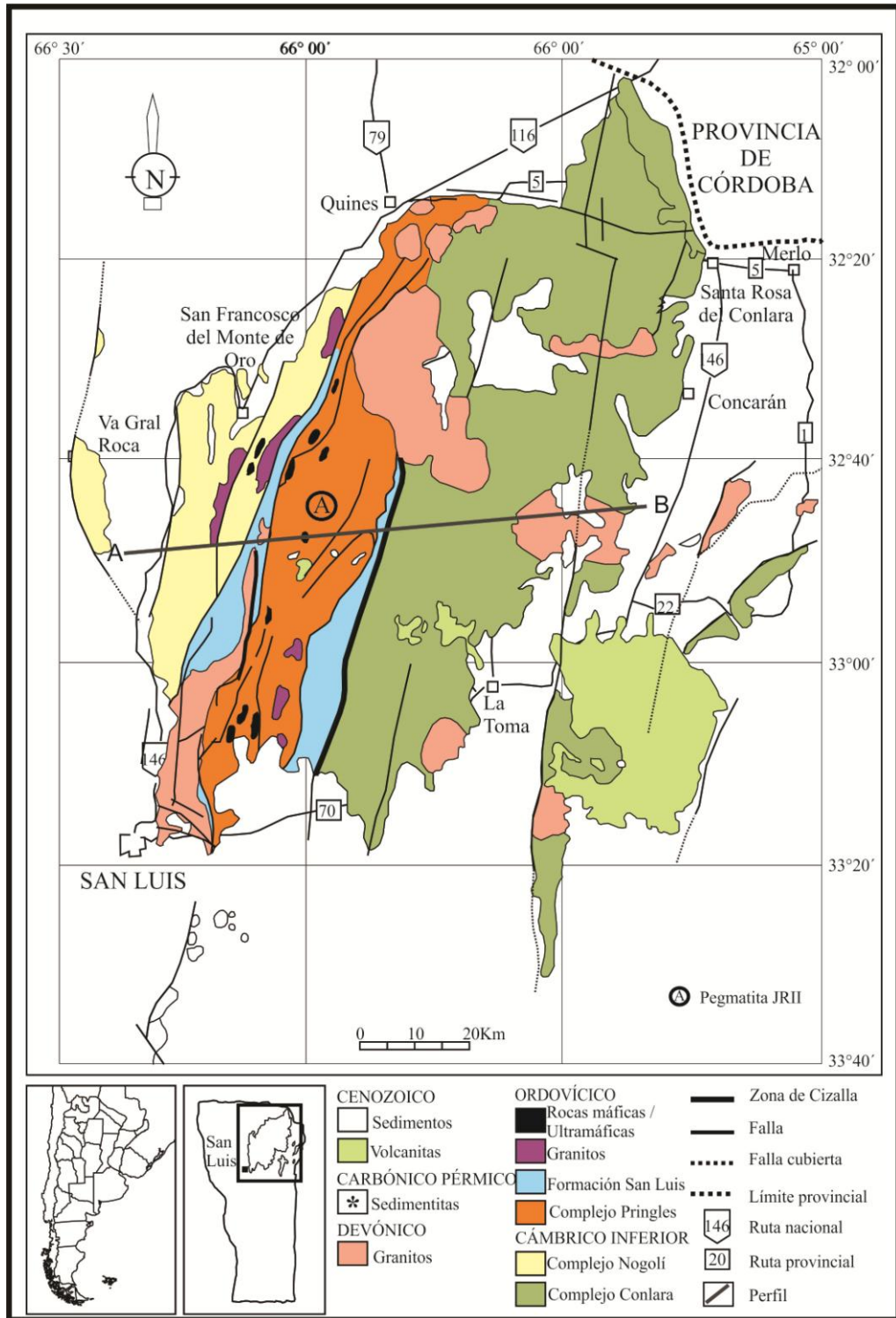


Figura 1a. Rasgos principales de las Sierras de San Luis basado en Sims *et al.* (1997) y López de Lucchi *et al.* (2002).

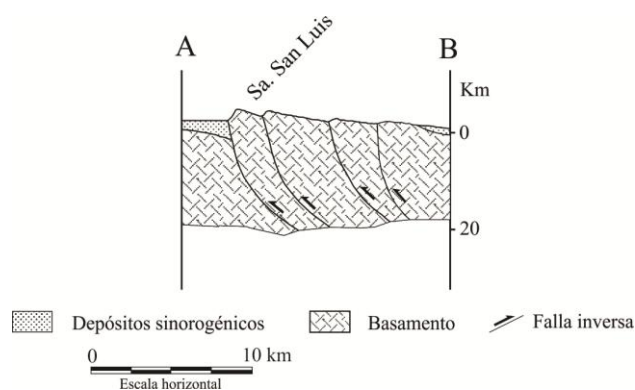


Figura 1b. Sección estructural del perfil A-B de la figura 1a. Tomado de Ramos (1999).

Las Sierras Pampeanas Occidentales constituyen la mayor unidad ígneo-metamórfica de la Argentina; las edades de sus metamorfitas y granitoides indican que evolucionaron entre el Neoproterozoico y el Paleozoico superior (Dalla Salda *et al.* 1999). Según Ramos (1988), corresponden a un orógeno eopaleozoico y están caracterizadas por metamorfitas y migmatitas con una edad del metamorfismo Ordovícica, que alojan una serie de granitoides calcoalcalinos. Su composición varía de gabros toleíticos a tonalitas y granodioritas asociadas a subducción, de edad cámbrica a ordovícica media, y que culmina con granitos post colisionales de edad ordovícica superior a devónica basal, por último granitos post tectónicos se emplazan en el Carbonífero inferior.

Las Sierras Pampeanas Orientales corresponden a un orógeno generado durante el Proterozoico, con una colisión cercana al límite Precámbrico-Cámbrico del terreno Pampia con subducción al este por debajo del Cratón del Río de La Plata (Kraemer *et al.* 1995), la cual sería responsable del magmatismo y metamorfismo de esa edad (Ramos 1988, Rapela y Pankhurst 1996). Se caracteriza por metamorfitas proterozoicas, en las que se emplazan granitoides calcoalcalinos asociados a subducción (Lira *et al.* 1997) y que corresponderían a un arco magmático de edad proterozoica. Los granitos post colisionales tendrían una edad cámbrica basal (Rapela y Pankhurst 1996), y en forma póstuma y post tectónica se emplazan grandes batolitos, como el de Achala, de edad silúrica (Rapela *et al.* 1982) a carbonífera inferior (Rapela *et al.* 1991).

Ramos (1988) también asignó Las Sierras Pampeanas Orientales al ciclo orogénico Pampeano cuyas edades a escala regional son similares a las de otros cinturones brasilianos. Su morfología actual es consecuencia de la orogenia Andina, por los efectos de una subducción cuyo ángulo de inclinación es pequeño. Durante dicha orogenia, este

complejo fue disectado en varios bloques de grandes fallas, que fueron levantados por fallamiento inverso y plegado local durante el Cenozoico tardío (Hauzenberger *et al.* 2001).

La Sierra de San Luis, ubicada entre los 32° y 33° 40' de lat. S y los 65° y 66° 30' de long. O, integra la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas, encontrándose inserta en su mayor parte en las Sierras Pampeanas Orientales, y compartiendo características semejantes a ellas. La Sierra de San Luis constituye un bloque montañoso más o menos fusiforme, de unos 150 km de largo por 80 km en su parte más ancha y está integrada, en líneas generales, por un basamento de rocas metamórficas del Neoproterozoico a Paleozoico temprano y granitoides paleozoicos, cubierto por sedimentos del Paleozoico superior, vulcanitas terciarias y depósitos cuaternarios. Estructuralmente responden al esquema general de bloques basculados, con borde occidental levantado y flanco oriental con suave inclinación al este (Gordillo y Lencinas 1979). Estos bloques se encuentran limitados por fallas inversas de alto ángulo, pero que en profundidad representarían corrimientos (González Bonorino 1950, Introcaso *et al.* 1987) (Figura 1b). El basamento cristalino se compone de tres bloques principales denominados por Sims *et al.* (1997): Complejo Metamórfico Conlara (CMC), compuesto principalmente por rocas de alto grado metamórfico como gneises y migmatitas; Complejo Metamórfico Pringles (CMP) que varía en el grado metamórfico de facies de esquistos verdes a granulitas, consta de filitas, micaesquistos, gneises, migmatitas intercaladas con cuerpos máficos y tonalíticos granodioríticos e intrusiones pegmatíticas; y Complejo Metamórfico Nogolí (CMN) que consiste principalmente en ortogneises, migmatitas y gneises de alto grado con lentes de anfibolitas (Hauzenberger *et al.* 2001). Los contactos entre ellos son principalmente tectónicos, mediante zonas de cizalla dúctil de dirección N a NNE y de variado espesor. Con menor frecuencia se aprecian pasajes transicionales, como en los casos de las unidades de menor grado metamórfico, pero tanto las fajas de rocas de bajo grado como las de alto grado comparten una estructuración penetrativa subvertical de dirección NNE, cuyos controles temporales indican que se originaron por la deformación principal famatiniana (principalmente ordovícica), a la que se asoció un metamorfismo de grado variable.

Dentro de las secuencias de menor grado metamórfico se encuentra la Formación San Luis (Prozzi y Ramos 1988), denominada Grupo Filitas por von Gosen y Prozzi (1996), que engloba al Conglomerado Cañada Honda (Prozzi 1990) y secuencias riolíticas volcánicas y/o intrusivas (Brodtkorb *et al.* 1984, von Gosen y Prozzi 1996). Esta formación, por

aumento del grado metamórfico, pasaría a formar el Grupo Micaesquistos (von Gosen y Prozzi 1996). Ambas unidades conforman fajas dentro de los complejos de mayor grado metamórfico, siendo los contactos en su mayor parte a través de zonas de cizalla (von Gosen y Prozzi 1998). La Formación San Luis ha sido asignada al Precámbrico superior - Cámbrico inferior sobre la base de dataciones radimétricas de las riolitas asociadas (Söllner *et al.* 2000), así como por mostrar evidencias de que fueron afectadas por un solo evento deformacional asignado al Famatiniano (Ortiz Suárez *et al.* 1992, Sims *et al.* 1997, von Gosen y Prozzi, 1996, entre otros). Sin embargo, en las fajas de mayor grado (CMN, CMP y CMC), este evento es posterior a otro, también deformativo, ya que en ellas se preservan en forma esporádica remanentes de una estructuración anterior, de dirección NO, a los cuales se asocian también paragénesis metamórficas previas. Estas estructuras y metamorfismos relícticos fueron descriptos como pre-famatinianos (González y Llambías 1998, von Gosen y Prozzi 1998), y atribuidos al ciclo Pampeano previo (Criado Roqué *et al.* 1981, Kilmurray y Dalla Salda 1977, en Sato 2003).

Por encima del basamento de rocas metamórficas del Neoproterozoico a Paleozoico Temprano de las Sierras de San Luis (Sims *et al.* 1998, Rapela *et al.* 1998), se encuentra una cubierta sedimentaria dada por la Formación Bajo de Véliz, del Paleozoico superior, que constituye dos pequeños relictos en las localidades del mismo nombre y Agua Dorada.

El Grupo Volcánico San Luis consta de una serie de centros volcánicos localizados en una faja de rumbo NO-SE de aproximadamente 90 km de largo a través de las Sierras de San Luis. Este lineamiento que se encuentra en la zona de estudio, posee una edad Miocena tardía a Pliocena y se constituye de tapones intrusivos, domos, diatremas, diques, coladas de lava, depósitos piroclásticos, depósitos volcánicos epiclásticos y depósitos hidrotermales (Llambías y Brogioni 1981, Sims *et al.*, 1997). La composición de las rocas va de andesitas basálticas a dacitas, con algunos términos de composición latítica a traquítica (Brogioni 1987). Químicamente están incluidas dentro de la serie calcoalcalina a shoshonítica. Los depósitos hidrotermales incluyen ónix calcáreo y travertino (Sims *et al.*, 1997).

Los depósitos más recientes corresponden a sedimentos Cuaternarios, provenientes de la erosión de las rocas antes mencionadas. También se puede encontrar en la Sierra depósitos volcánicos de esta edad, representados por pequeñas cúpulas de escasa significación areal, en proximidades de Las Chacras y en el borde occidental de la Pampa de las Invernadas (Loma Negra) (Gordillo y Lencinas 1979).

La pegmatita JRIII se encuentra emplazada en el Complejo Metamórfico Pringles, el cual cuenta con dataciones U-Pb SHRIMP en circones de 460 a 450 Ma (Sims *et al.* 1998). Este complejo coincide parcialmente con lo que Ortiz Suárez (1998) denominó Complejo San José, por considerar que el mismo tiene relación con una localidad de exposición típica en el puesto San José, al norte de La Carolina, se encuentra limitado por corrimientos de alcance regional de orientación nor-nordeste y marcada vergencia occidental (Chernicoff y Ramos 2003).

Las rocas del Complejo Metamórfico Pringles se encuentran bordeadas por fajas del Grupo Micaesquistos, el contacto occidental con unidades de ese grupo es tectónico, mediante una zona milonítica de alcance regional, con fuerte inclinación hacia el este. El contacto oriental es al menos en parte tectónico, como en el sector al oeste de Paso del Rey, en donde se desarrolla una faja milonítica de alrededor de 20 m de espesor, inclinada al oeste y con movimiento inverso. Gran parte de este último contacto se halla ocupado por intrusivos graníticos y pegmatíticos (von Gosen 1998, von Gosen y Prozzi 1998).

Internamente, el CMP comprende dos bloques separados por un corrimiento de igual rumbo y vergencia que los anteriores, denominado Corrimiento Arroyo de las Águilas. El bloque oriental coincide con el labio alto de la falla y es equivalente al Complejo Basamental Oriental de von Gosen *et al.* (2002). El bloque occidental corresponde al labio bajo de la falla y es equivalente al Complejo Basamental Occidental de von Gosen *et al.* (2002). Son frecuentes los cuerpos pegmatíticos dentro del complejo, a veces son concordantes con la estructura regional y se encuentran fuertemente deformadas, como ocurre en la zona de Peñón Colorado, donde algunos cuerpos muestran orientación interna y efectos cataclásticos. Sin embargo en otras ocasiones guardan una relación netamente discordante con la estructura de las metamorfitas, siguiendo una orientación predominante NO-SE, lo que indicaría un evento pegmatítico posterior (Costa *et al.* 2001). Las venas y diques graníticos y aplíticos, gradando a migmatitas también son comunes en esta zona (Sims *et al.* 1997, von Gosen y Prozzi 1998).

## CAPÍTULO 2

### PEGMATITA JR-III SUR

#### 2.1 ANTECEDENTES CONSULTADOS

La bibliografía disponible muestra escasa información geológico-económica sobre este yacimiento. Entre los trabajos sobre este depósito se encuentra el de Pereyra (1991) donde bajo la denominación Cerritos Blancos describe la forma, estructura interna, mineralogía, evaluación económica y datos de geoquímica del mismo. Galliski (1994) con la denominación La Marta menciona las características globales en el contexto del distrito pegmatítico Conlara. Galliski *et al.* (1997), clasifican a esta pegmatita como de tipo berilo y Galliski y Linares (1999) datan a este cuerpo en  $367 \pm 17$  Ma a partir del método K-Ar en muscovita. Fernandez Tasende y Oyarzábal (2000) clasifican a la pegmatita JR-III como de elementos raros, tipo berilo y cuantifican sus recursos para cerámica, dividiéndolos en inferidos e indicados.

#### 2.2 UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El área de estudio se encuentra ubicada en el departamento Coronel Pringles, provincia de San Luis, a  $32^{\circ}47'20''$  de lat. S y  $66^{\circ}02'04''$  de long. O, y a 1700 m.s.n.m., perteneciente a la Hoja Geológica 3366-I San Francisco del Monte de Oro. Dista aproximadamente 93 km de la ciudad capital de San Luis y a 8,5 km al NE de la localidad de La Carolina. El acceso desde La Carolina se realiza por la ruta provincial N° 9 en dirección noreste y por unos 2 km de recorrido; a partir de allí se desvía al este siguiendo la ruta provincial N° 10, por un trayecto de 6,5 km hasta llegar al yacimiento (Figura 2).

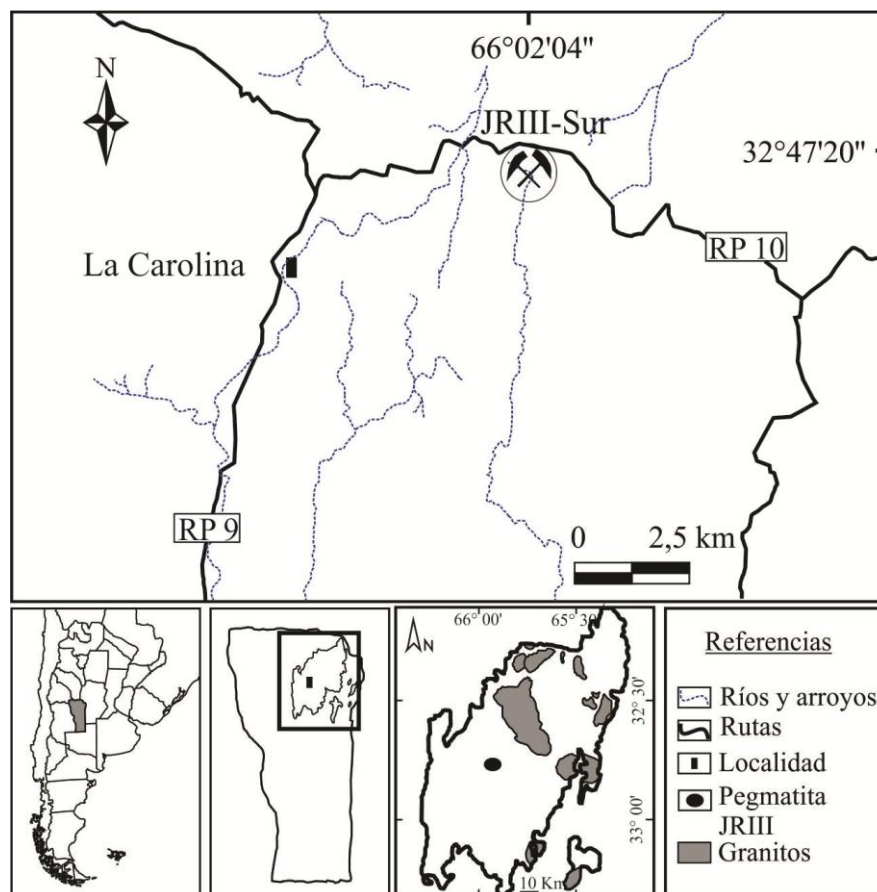


Figura 2: Ubicación del área de estudio.

### 2.3 RASGOS GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS

El área de estudio se encuentra ubicada en el centro norte de la provincia de San Luis, donde el clima predominante es continental, con veranos cálidos e inviernos rigurosos. La temperatura media anual es de 15 °C, incrementándose hacia el oeste. El régimen de precipitaciones en la región es monzónico (lluvias concentradas en el verano), donde el valor medio de precipitaciones anuales es de 500 mm, comprendiendo la época de lluvias entre los meses de octubre y marzo.

La red de drenaje en general es del tipo no permanente, debiendo destacar que en la mayoría de los casos sus aguas se insumen rápidamente al alcanzar el área pedemontana; hacen excepción a esta regla los ríos Quinto y Conlara (Yrigoyen, 1981).

Los suelos del área se encuentran pobremente desarrollados, formados con materiales de origen aluvial, coluvial y eólico provenientes de la meteorización de las rocas del basamento cristalino.

La vegetación del área está dominada por especies arbustivas de baja talla como stipas, cactáceas y cortaderas (Figura 3).





Figura 3: vista panorámica del afloramiento.

El relieve característico del área es de serranías suaves, disminuyendo la altura hacia el este. De la observación de campo e imágenes satelitales se puede determinar que las salientes corresponden a metamorfitas de bajo grado y cuerpos pegmatíticos, a causa de una erosión diferencial.

En el área de estudio los elementos geológicos que participan de la constitución litológica corresponden al Complejo Metamórfico Conlara de edad neoproterozoica tardía- cámbrica temprana (Sims *et al.* 1997) y se trata de esquistos cuarzo micáceos intruidos por cuerpos graníticos y pegmatíticos (Figura 4).

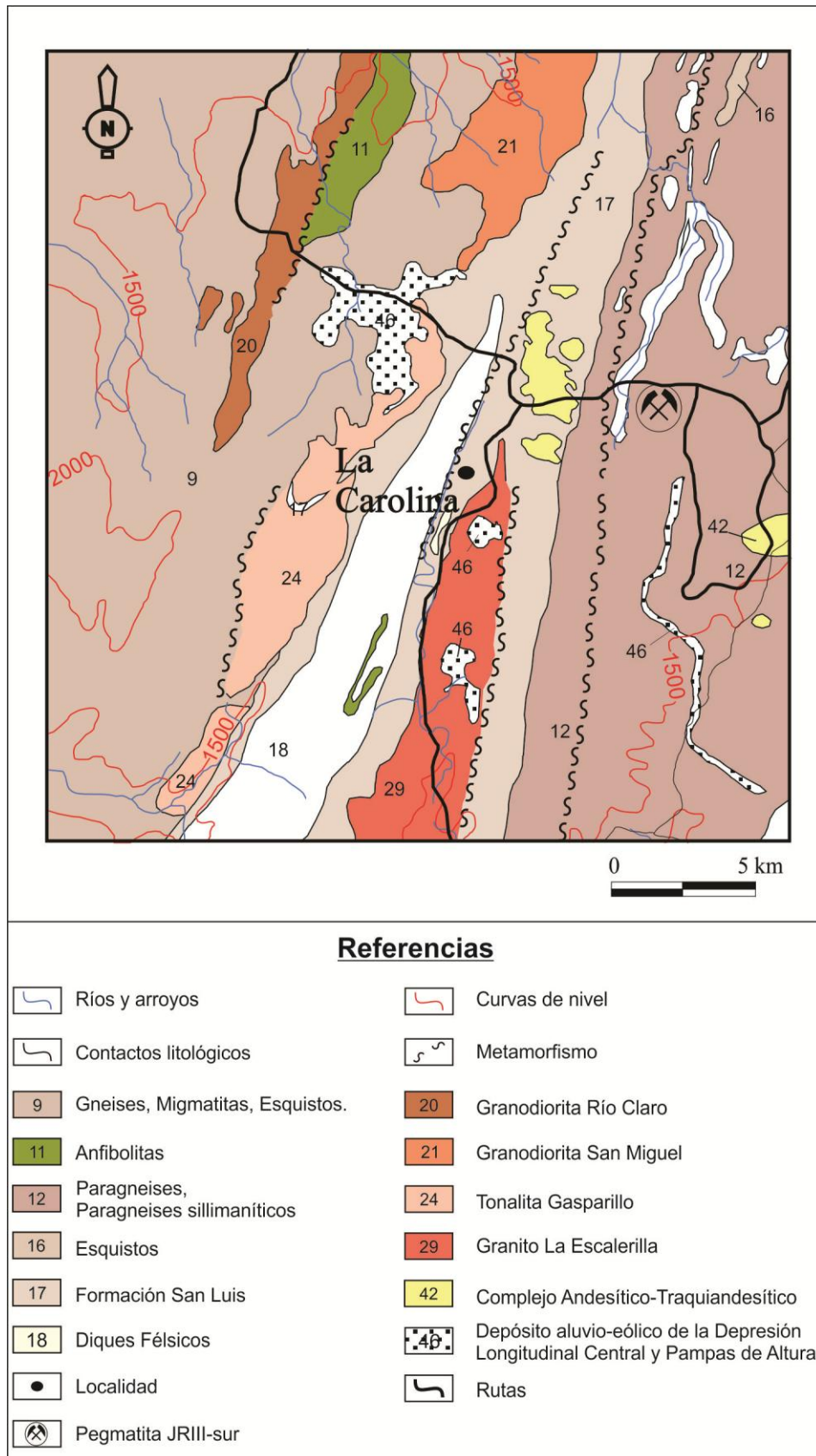


Figura 4: Hoja Geológica de la zona de estudio. Modificada de Costa *et al.* (2001).

## 2.4 RELACIÓN CON LA ROCA DE CAJA

La roca de caja está representada por esquistos cuarzo-micáceos de rumbo aproximado N-S con leves desviaciones al E y buzamientos promedios de 75 a 87° E. Son rocas de grano fino, su color depende del grado de alteración, en general es gris oscuro y están compuestas por cuarzo, muscovita, biotita y plagioclasa, con apatita, circón y minerales opacos como accesorios (Figura 5a). El esquisto presenta una textura granolepidoblástica, donde cuarzo y plagioclasa conforman la porción granoblástica. La esquistosidad general es determinada por los filosilicatos donde es marcado el predominio de muscovita sobre biotita. Bajo microscopio, cuarzo se presenta incoloro, anhedral, con extinción ondulosa y trenes de inclusiones fluidas. Biotita exhibe indicios de desferrización y cloritización, incluye a cristales de circón con halos pleocroicos circundantes. La muscovita bajo el microscopio es subhedral y puede presentar óxidos de hierro alojados a lo largo de las líneas de clivaje o como pátinas (Figura 5b).

El contacto entre la pegmatita y el esquisto es neto y discordante con su estructura. En el contacto, la esquistosidad suele presentar una modificación del rumbo general, entre 20° y 45° y una inclinación que varía de 50 a 90° hacia el S-SE.



Figura 5a. Afloramiento de esquisto con buzamiento subvertical.

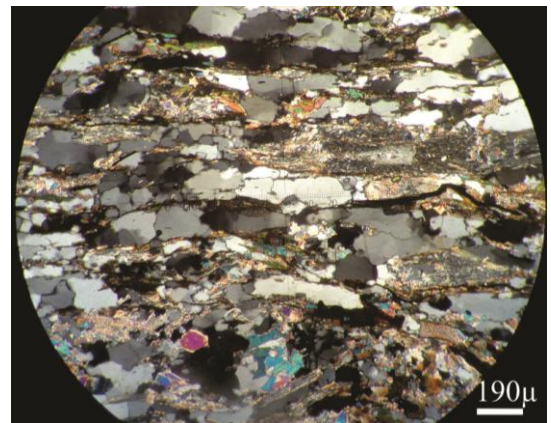


Figura 5b. Corte delgado del esquisto (nic.x).

## 2.5 FORMA, DIMENSIONES Y POSICIÓN

La morfología está condicionada por diversos factores que influyen en el momento de la consolidación, como la profundidad de emplazamiento, las propiedades mecánicas de la roca hospedante, la relación presión litostática versus presión magmática, y las condiciones tecto-metamórficas (Černý 1991a). Durante la fase de intrusión, se definen la forma y

orientación de los depósitos, interviniendo en la estructura interna y distribución de la mineralización, que posteriormente pueden ser modificadas por eventos deformacionales sin o post-cinemáticos. Cuando las rocas de caja son metamórficas como esquistos o gneises, tienden a emplazarse pegmatitas de signatura geoquímica LCT (Li-Cs-Ta), donde la morfología del depósito está definida por el control reológico de la roca de caja. Esto da lugar al desarrollo de formas tabulares, lenticulares, elipsoidales e irregulares. Contrariamente, las pegmatitas de signatura geoquímica NYF (Nb-Y-F) se emplazan en sus granitos parentales desarrollando pods o schlierens, derivados de la cristalización in situ, o como diques de relleno de fracturas (Brisbin 1986; Černý 1991a).

La pegmatita JRIII-sector sur, presenta forma tabular, con disposición subhorizontal y aflora en una extensión de 190 m, con orientación NNE y tiene una potencia mínima visible, de aproximadamente 6 m (Figura 6). Este cuerpo forma parte de uno mayor de aproximadamente 550 m de longitud, rumbo NO-SE y buzamiento subhorizontal.

El extremo norte está cubierto por sedimentos modernos, mientras que en el extremo sur se puede observar el contacto inferior entre la pegmatita y la roca de caja.

## **2.6 LABOREOS**

El cuerpo pegmatítico, correspondiente al presente estudio, posee seis labores de distintas dimensiones denominadas A, B, C, D, E y F, de las cuales, las que poseen significancia volumétrica son B y F (Figura 6).

La labor F, de mayor tamaño, está ubicada en el extremo norte y posee un largo, ancho y profundidad de 28 x 20 x 4 m, respectivamente. En tanto que la labor B situada en el sector sur, tiene dimensiones de 26 x 17 x 6,5 m y, al momento del relevamiento, se encontraba inundada.

El resto de las labores, si bien ofrecieron información para la identificación de distintas zonas, no son de dimensiones considerables.

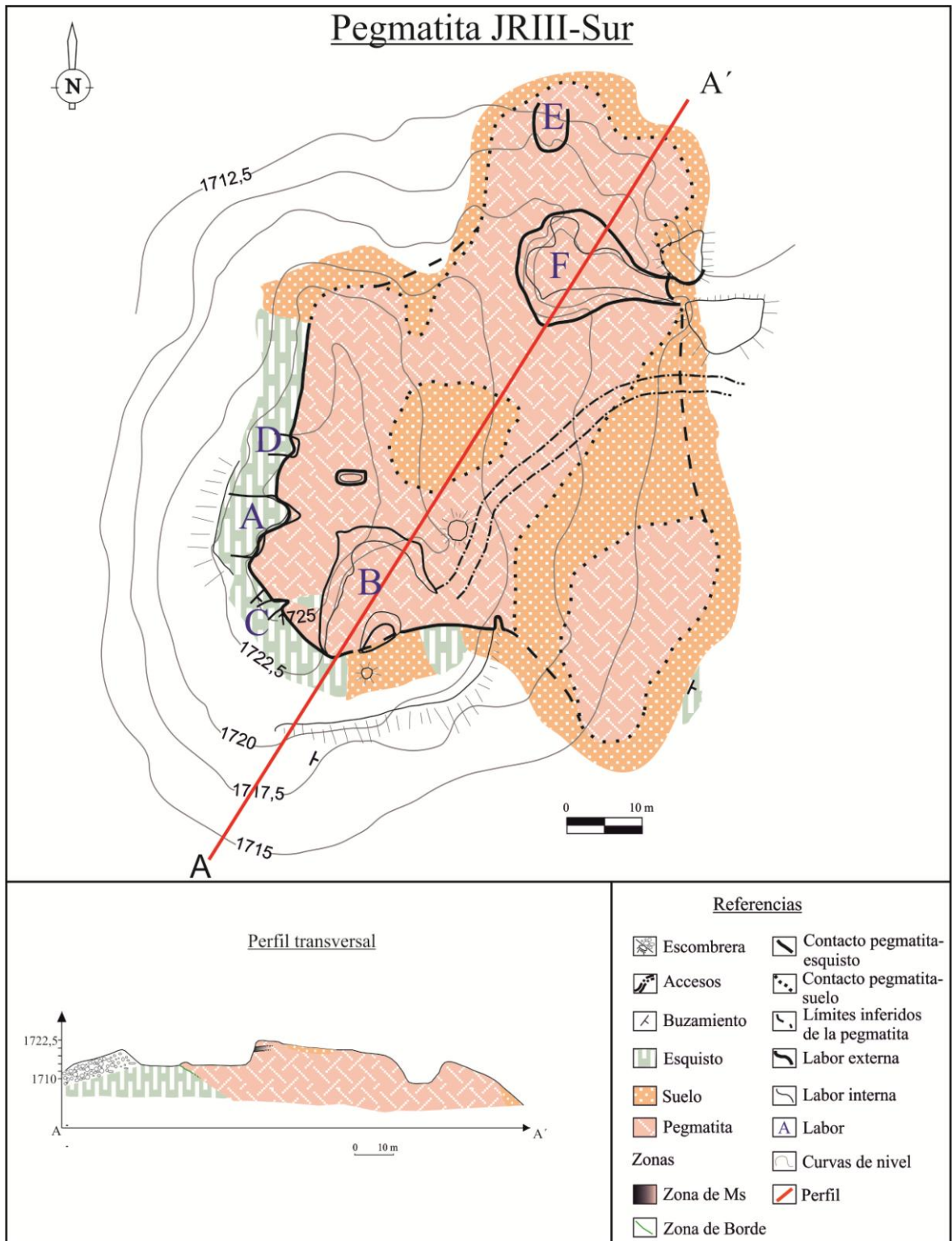


Figura 6. Mapa Topográfico – Geológico y Perfil longitudinal de la pegmatita JRIII-Sur.

## 2.7 ESTRUCTURA INTERNA

La pegmatita en estudio presenta una zonación simple simétrica, donde se han reconocido un total de cinco zonas de diferente composición mineral y textural. Su síntesis está dada en la Tabla 2.

Tabla 2. Síntesis de la identificación, composición y texturas representativas de las diferentes zonas encontradas.

ZONAS	MINERALES ESENCIALES	ACCESORIOS	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES	ELEMENTOS GEOQUÍMICAMENTE IMPORTANTES
Zona de borde	Qz, Ms, Pl	Ap, Opq, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grano muy fino. Textura granular hipidiomórfica.	K, P
Zona externa	Kfs, Qz, Ms	Ab, Tur, Ap, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grano muy fino a medio. Textura granular hipidiomórfica.	K, B, P, Fe
Zona intermedia	Kfs, Qz, Ms	Ab, Tur, Ap, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grano grueso a muy grueso. Textura granular.	K, B, P
Unidad de muscovita	Ms, Kfs, Qz	Tur, Ap, Opq, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grano grueso a muy grueso. Textura porfiroide.	K, B, P
Unidad de reemplazo	Ms, Qz, Ab	Ap, Brl, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grano fino. Textura granular.	P, Be

Referencias: Qz: cuarzo, Kfs: feldespatos potásicos, Pl: plagioclasa, Ab: albita, Ms: muscovita, Ap: apatita, Tur: turmalina, Opq: minerales opacos, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: óxidos de hierro.

Zona de borde: se encuentra visible en las labores A y C, con una potencia de 15 y 5 cm respectivamente y corresponde al contacto inferior de la pegmatita con el esquistos (Figuras 7a y 7b). El tamaño de grano es fino y aumenta progresivamente a medida que se aleja del contacto. El pasaje a la zona externa es transicional. Los minerales esenciales son: cuarzo, muscovita y plagioclasa, en una proporción de 60 %, 35 %, 5 %, respectivamente, con apatita, minerales opacos y óxidos de hierro como accesorios. Presenta textura inequigranular.

El cuarzo es incoloro o blanco lechoso, anhedral y su tamaño de grano no supera los 0,5 cm. Al microscopio presenta puntos triples, extinción ondulosa e incluye trenes de inclusiones fluidas. La muscovita, de color gris plateada a pardo, conforma una sucesión de pequeños paquetes dispuestos sin una orientación preferencial, esos paquetes de hábito laminar tienen aproximadamente 0,3 cm de largo. Bajo el microscopio es subhedral y puede presentar óxidos de hierro alojados a lo largo de las líneas de clivaje o como pátinas. La plagioclasa es de color amarillento debido a las pátinas de óxidos de hierro, se presenta

en individuos anhedrales de 0,2 a 0,5 cm y al microscopio presenta maclado polisintético según la ley de la Albita.



Figura 7a. Base de la pegmatita en labor C, donde se observan a partir del contacto con el esquisto, las siguientes unidades: zona de borde, zona externa, zona intermedia.

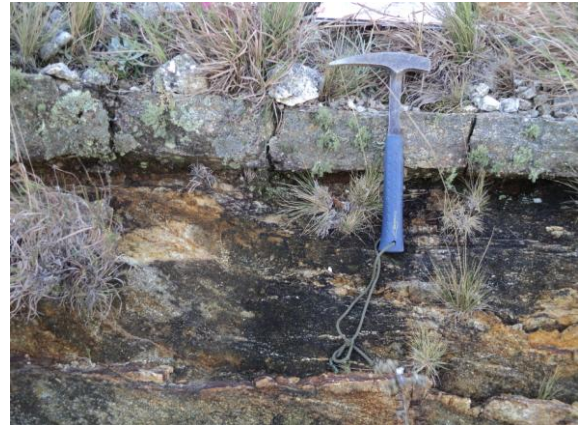


Figura 7b. Base de la pegmatita en labor A.

Zona externa: observada en la base de la labor C, su espesor varía entre 20 y 25 cm, el tamaño de grano es de fino a medio (Figura 7a). El pasaje a la zona intermedia es transicional. Está constituida por feldespatos potásico (45 %), cuarzo (40 %) y muscovita (15 %). Los minerales accesorios son turmalina, apatita, albita y óxidos de hierro secundarios. El feldespato potásico es de color blanco o rosado, hábito anhedral a subhedral y de grano medio. Su porcentaje aumenta progresivamente desde el contacto con la zona de borde hacia el centro. En algunos cristales se pudieron observar desmezclas peritéticas de albita en forma de cintas. La muscovita es de color plateado, de grano medio y se presenta en paquetes de hábito laminar dispuestos sin una orientación preferencial, frecuentemente se encuentran incluidas en cristales de cuarzo y de entre 3 a 4 cm. El cuarzo es blanco lechoso, incoloro a ligeramente ahumado, hábito anhedral y de grano medio.

Zona intermedia: Visible en todas las labores, con una potencia máxima en la labor F de 9 m. Se caracteriza por una disminución del porcentaje de muscovita y aumento del tamaño de cristales de feldespatos y cuarzo. La mineralogía principal se compone de feldespato potásico (64 %), cuarzo (34 %), muscovita (2 %) y como accesorios turmalina, albita y apatita (Figura 7a). El feldespato potásico posee color blanco a rosado y en algunos casos desarrolla cristales euhedrales de hasta 1,60 m de diámetro. Es frecuente encontrarlos con textura gráfica con cuarzo y perfitica con delgadas venas de albita. El cuarzo presenta color blanco lechoso, de hábito euhedral a subhedral con tamaños que alcanzan los cuatro metros de diámetro, fracturados y con gran cantidad de óxidos de hierro alojados dentro de los planos de fractura. La muscovita de color plateado a pardo, con superficies intemperizadas, se presenta en laminillas de 6 cm de diámetro y se disponen perpendicularmente al contacto entre el cuarzo y el feldespato. La turmalina es chorlo, de color negro y hábito prismático, presenta tamaños variables, de unos pocos centímetros de desarrollo hasta improntas de 30 cm de longitud, frecuentemente los cristales se encuentran parcialmente reemplazados por una fina capa de muscovita de grano fino y están incluidas en cuarzo y feldespato (Figura 8a). La apatita es de color verde oscuro a azulado y de hábito subhedral a euhedral, se presenta en tamaños variables, de 0,3 a 3,5 cm de diámetro (Figura 8b).



Figura 8a. Impronta de chorlo ubicada en la labor F.



Figura 8b. Cristales de Apatita.



Unidad de muscovita: Se presenta dentro de la zona intermedia que está ubicada en el techo de la pegmatita en las labores B y F (Figuras 9 a y b).

El espesor en la labor B alcanza 25 cm, es de grano grueso a muy grueso y el pasaje a la zona intermedia es neto. Está constituida por muscovita (80 %), feldespato potásico (10 %) y cuarzo (10 %). Los minerales accesorios son chorlo, apatita, y minerales opacos.

La muscovita de color gris plateado a pardo, se presenta en paquetes de hábito laminar dispuestos perpendiculares al contacto y puede presentar gran cantidad de óxidos de hierro a lo largo de sus planos de clivaje, llegando a medir entre 10 y 12 cm. El cuarzo es blanco lechoso a levemente ahumado, anhedral y de grano fino a medio. El feldespato potásico es de color blanco a gris, anhedral y de grano medio.

En la labor F, esta zona posee 20 cm de espesor. Está constituida por muscovita (90 %), feldespato potásico (6 %) y cuarzo (4 %).

Estas unidades corresponden a una generación tardía de estos minerales.

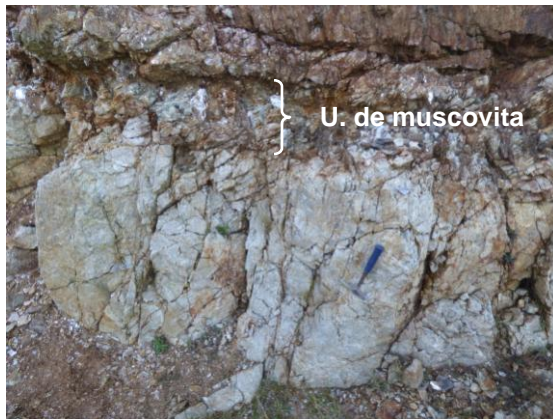


Figura 9a. Techo de la pegmatita en labor B, donde se observa la unidad de muscovita.



Figura 9b. Techo de la labor F, mostrando la unidad de muscovita.

Unidad de reemplazo: Se encuentra representada en la pared norte de la labor F, dentro de la zona intermedia (Figura 10). Los minerales petrogenéticos que la forman y su abundancia son: albita (50 %), muscovita (30 %) y cuarzo (20 %). Se presenta en bochones de aproximadamente 60 cm de diámetro y el contacto con la zona adyacente es neto. Los feldespatos presentan color blanco y cristales de tamaño de unos pocos milímetros, al microscopio presentan maclado polisintético. Las muscovitas de color gris-verdoso, se

encuentran en pequeños cristales y al microscopio presentan pátinas de óxidos de hierro. El cuarzo de color blanco lechoso y de grano fino a medio, al microscopio muestra extinción ondulosa y bordes irregulares.

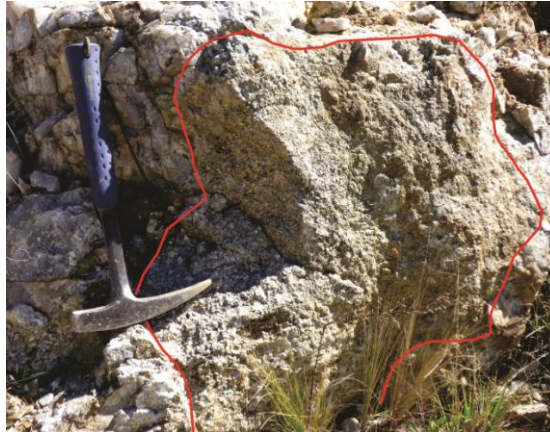


Figura 10. Zona de reemplazo situada en la labor F.

## 2.8 MINERALOGÍA

La mineralogía de la pegmatita JRIII-Sector Sur es sencilla y está constituida por feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa y muscovita y como minerales accesorios apatita, turmalina, berilo, minerales opacos y óxidos de hierro. Si bien en el área de estudio no se observó mineralización de espodumeno, la misma está presente en sector Norte (Cettour, comunicación verbal 2015).

### CUARZO



Figura 11. Afloramiento de cuarzo de dimensiones métricas.

Este mineral participa en todas las unidades de la pegmatita y es uno de los principales constituyentes. El tamaño de grano varía de muy fino a dimensiones métricas, desde los bordes al centro del cuerpo, el hábito es masivo y el brillo es vítreo a graso. El color varía de blanco lechoso a gris, incoloro o ligeramente ahumado (Figura 11). Ocupa aproximadamente el 34 % del cuerpo

pegmatítico. En las muestras observadas al microscopio, se presenta fracturado, con extinción ondulosa y trenes de inclusiones fluidas.

## **MICROCLINO**

Está presente en las zonas externa e intermedia, es el mineral más importante del yacimiento desde el punto de vista volumétrico ya que constituye aproximadamente el 64 % del depósito y junto con el cuarzo son los principales constituyentes de la pegmatita. El tamaño de grano aumenta hacia la zona intermedia, de muy fino a muy grueso y los individuos llegan a superar el metro de diámetro, especialmente en la zona intermedia (Figura



Figura 12. Cristal de microclino de la zona intermedia.

12). Los cristales son anhedrales a subhedrales con formas cristalográficas indefinidas y el hábito es columnar o equidimensional.

El color varía de blanco a blanco rosado, blanco amarillento, rosa, pardo o gris. Presenta pátinas de óxidos de hierro y además frecuentemente exhibe textura gráfica.

La alteración más frecuente en el microclino, especialmente en los situados en la zona intermedia, es la sericitización.

Al microscopio presenta maclado polisintético según las leyes de Albita y Periclino combinadas y desmezclas peritéticas de albita en forma de llama.

## MUSCOVITA



Figura 13. Agregados de muscovita, aflorantes en la labor F.

Es un mineral que está ampliamente distribuido en todas las unidades de la pegmatita, ya sea como agregados hojosos o como reemplazo en el feldespato. El tamaño de grano varía de fino a muy grueso, llegando a medir hasta 12 cm de longitud (Figura 13).

El color es verde en superficies frescas o plateado en superficies intemperizadas y en ocasiones con pátinas de óxidos de hierro preferentemente a lo largo del clivaje.

Constituye aproximadamente el 2 % del depósito. Al microscopio puede estar flexurada, con extinción ondulosa y pátinas de óxidos de hierro a lo largo del clivaje.

## PLAGIOCLASA

Este mineral está presente en todas las zonas de la pegmatita. El tamaño de grano va de muy fino a fino, se presenta anhedral y de color blanco, blanco amarillento a grisáceo. Al microscopio presenta maclado polisintético según la ley de albita, continuo y estrecho y comúnmente óxidos de hierro/sericitización en sus planos de clivaje.

La albita se encuentra o formando una textura pertítica con el feldespato potásico o bien como reemplazo de este último (Figura 14).

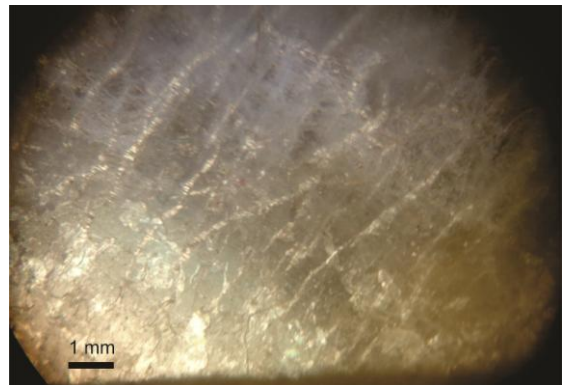


Figura 14: Textura pertítica en feldespato potásico vista bajo lupa binocular (10x).

## **APATITA**

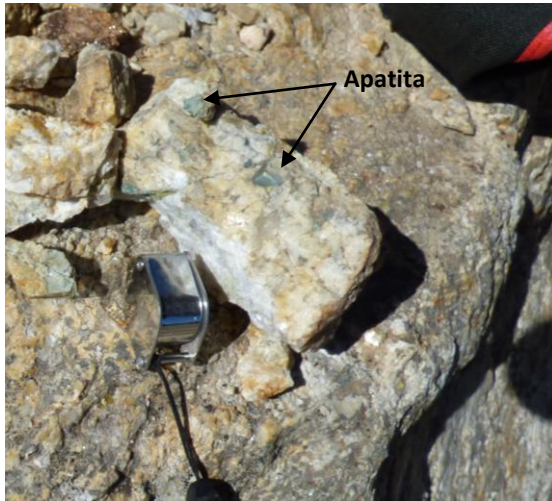


Figura 15. Apatita asociada a feldespato y cuarzo, en la zona intermedia.

Es un accesorio ampliamente distribuido en todas las unidades y especialmente en las zonas intermedia y de reemplazo (Figura 15). Se presenta de tamaño variable, en ocasiones se pueden visualizar algunas secciones basales de 0,3 a 3,5 cm de diámetro. Predominan los cristales anhedrales a subhedrales, pero en ocasiones se pueden observar secciones euhedrales con desarrollo de formas prismáticas. Su color es verde oscuro a azulado.

## **CHORLO**

Se encuentra como accesorio en la mayoría de las zonas de la pegmatita. El tamaño de grano varía de fino a grueso, desde el borde hacia el centro donde se encontraron improntas de hasta 30 cm de longitud; por lo general es subhedral, de hábito prismático. El color es negro, el brillo vítreo y la fractura concoide (Figura 16). Es frecuente encontrar cristales de chorlo alterados con una fina capa de sericita sobre sus caras cristalinas.



Figura 16. Cristales de chorlo asociados a feldespato y cuarzo.

## **BERILO**

Este mineral se encontró en escombreras de la labor F, presumiblemente en la zona de reemplazo, asociado a muscovita de tamaño de grano muy fino (Figura 6). En general los cristales presentan diámetro de 0,5 cm, de formas anhedrales, subhedrales o excepcionalmente en cristales prismáticos con secciones basales hexagonales. El color varía de verde claro a verde oscuro.

## **ESPODUMENO**



Figura 17: Improntas de espodumeno en la pegmatita JRIII-Norte.

Este mineral se observó en el sector norte de la pegmatita JRIII y aparece como improntas con tamaño de hasta 30 cm de largo, forma subhedral y hábito prismático incluido en cuarzo de la zona intermedia (Figura 17) (Cettour, comunicación verbal 2015).

## **ÓXIDOS DE HIERRO**

En general están presentes en todo el yacimiento. Son de color rojizo, tienen hábito terroso y tiñen a todos los minerales.

### **2.9 ASOCIACIONES MINERALES Y CUADRO PARAGENÉTICO.**

Se detalla a continuación la zonación de la pegmatita en estudio con las correspondientes asociaciones minerales observadas. Posteriormente, se desarrolla un cuadro paragenético de los minerales determinados (Tabla 3).

<i>Zona de borde</i>	$Qz + Ms \pm Pl$
<i>Zona externa</i>	$Kfs + Qz + Ms$
<i>Zona intermedia</i>	$Kfs + Qz + Ms$
<i>Unidad de muscovita</i>	$Ms + Qz + Kfs$
<i>Zona de reemplazo</i>	$Ab + Ms + Qz$

Tabla 3. Diagrama paragenético de la pegmatita JRIII sur.

Cuadro paragenético				
MINERAL	PEGMATÍTICA	NEUMATOLÍTICA	HIDROTERMAL	SUPERGÉNICA
Cuarzo	—————			
Microclino	—————			
Muscovita	—————			
Albita	—————			
Apatita	—————			
Chorlo	—————			
Berilo	—————			

## 2.10 TIPOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN

El presente estudio que incluye la mineralogía detallada permite clasificar a la pegmatita JRIII, SECTOR SUR, como de clase elementos raros (REL), subclase litio (REL-Li), tipo Complejo y subtipo Espodumeno, signatura geoquímica LCT acorde a la clasificación de Černý y Ercit (2005).

Es conveniente aclarar que dicha clasificación se basa en considerar que tanto JRIII-SUR y JRIII-NORTE forman parte de un cuerpo pegmatítico de mayores dimensiones. La presencia de mineralización de espodumeno, exclusivamente en el SECTOR NORTE, permitió arribar a una clasificación que difiere de las realizadas anteriormente por otros autores.

## 2.11 GÉNESIS

Las pegmatitas graníticas han sido objeto de investigación de petrólogos y mineralogistas durante más de un siglo. El interés mineralógico proviene de la diversidad de minerales raros que algunos de estos depósitos contienen. Los esfuerzos petrológicos están orientados a revelar los procesos o agentes que producen las texturas complejas y heterogeneidad espacial que caracterizan a estos cuerpos. Gran parte del estudio científico ha sido motivado por la exploración de las materias primas económicas que proporcionan. Principalmente aportan cuarzo, feldespato y micas para usos industriales; metales raros

estratégicos para aplicaciones aeroespaciales y energía electrónica; y muchos de los mejores especímenes de gemas y minerales del mundo (London y Kontak 2012).

Diferentes escuelas han planteado diversas teorías para la génesis de pegmatitas. Una de las líneas teóricas que se manejaban tomó importancia cuando en 1969, Jahns y Burnham publicaron un modelo donde compatibilizaban las observaciones de campo con estudios experimentales y propusieron un esquema de cristalización. En su modelo, el fluido acuoso que asciende por flotación retira los elementos incompatibles desde el fundido en la porción inferior del cuerpo de magma y los transporta hacia arriba para nutrir la formación de cristales gigantes y minerales exóticos (esto explica el fraccionamiento químico).

A fin de mantener las características esenciales de la cristalización eutéctica es decir, la cristalización simultánea de cuarzo, albita y feldespato potásico en sus proporciones invariables a partir del fundido en su mínimo térmico, Jahns (1982) propuso la formación de “lentes discoidales de cuarzo, en las partes centrales de los cuerpos de pegmatitas,” flotando neutralmente, mientras que el fraccionamiento de álcalis produce zonas complementarias ricas en plagioclasas sódica y en feldespato potásico alcalino a lo largo de los márgenes opuestos del cuerpo pegmatítico.

En 1992, London publicó un nuevo modelo que cuestiona las bases del anterior, proponiendo una explicación alternativa para la formación de estos cuerpos. La concentración de elementos incompatibles en el fundido (particularmente H<sub>2</sub>O, B, P y F) gobiernan el desarrollo textural de los magmas pegmatíticos al controlar el número y la proporción de núcleos estables formados. Los trabajos de London (1990, 1992, 1996) han demostrado que es posible generar pegmatitas a partir de fundidos graníticos con baja saturación de agua por sobre-enfriamiento del magma por debajo de su temperatura *liquidus* normal. Este autor argumenta que los fundidos pegmatíticos se intruyen en rocas más frías, por lo que las condiciones reales de emplazamiento y solidificación no necesariamente son aquellas del campo de equilibrio.

De las dos escuelas experimentales y de interpretación, la del modelo de London es la que más se aproxima a responder las cuestiones sobre pegmatitas graníticas y los problemas no resueltos en el modelo de Jahns y Burnham (Černý 1991a).

A pesar de la amplia diversidad paragenética, geoquímica y de estudios estructurales de pegmatitas de elementos raros, y de diferentes enfoques para explicar su génesis, se



concluye que todas tienen un factor genético común: la cristalización de un fundido rico en volátiles enriquecido en elementos raros litófilos en proporciones variables (Černý 1991b).

Para el caso de la pegmatita en estudio las evidencias de campo tales como la forma tabular del cuerpo y la presencia de material de la caja en interior de la pegmatita, sugieren un mecanismo de emplazamiento forzado con desplazamiento de la roca de caja y en un estado frágil de la misma. La presencia de una zonación definida y de características simples permite postular una cristalización progresiva desde las paredes hacia el centro. Se asume que la variabilidad composicional y textural de las diferentes zonas se corresponde a un proceso de cristalización fraccionada y continuas reacciones entre cristales y fluidos remanentes en condiciones de no equilibrio (Cameron *et al.* 1949). En los últimos estadios de cristalización, los fluidos remanentes enriquecidos en volátiles, provocaron un extenso proceso metasomático e hidrotermal, en el cual se generaron reemplazos de naturaleza invasiva, los que habrían afectado en forma irregular a las unidades internas del depósito.

## CAPÍTULO 3

### CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

El cuerpo en estudio presenta evidencias de explotación previa, pudiendo observarse que las reservas de berilo y cuarzo de alta calidad han sido agotadas, en el caso del feldespato potásico, si bien ha sido explotado, cuenta con importantes reservas.

La pegmatita JRIII-SUR presenta una dimensión de 190 m de largo, 100 m de ancho y para determinar la profundidad, se consideró un tercio de su longitud.

En este yacimiento, es posible efectuar una estimación de reservas de categoría inferida, dada la distribución de la mineralización a lo largo de toda la superficie del afloramiento y las observaciones a varios metros de profundidad debido a las labores presentes. En el cálculo de reservas se toman en consideración trabajos anteriores efectuados sobre pegmatitas graníticas de las Sierras Pampeanas, y se considera, para la profundidad, 1/3 de la máxima longitud del afloramiento.

En cuanto a la ley de los minerales económicamente importantes, se parte de los valores obtenidos en apreciaciones oculares en todas las labores presentes, situadas en los contactos con la roca de caja, y una serie de labores menores en su porción central y posterior promedio.

### 3.1 CÁLCULO DE RESERVAS Y FACTIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN

#### 3.1.1. Cálculo del volumen Total

Para el cálculo del volumen total, se procedió a determinar el área del yacimiento, y debido a que no posee labores subterráneas para determinar su profundidad, se consideró 1/3 de la longitud máxima del afloramiento, resultando en 28 m (Tabla 4).

Tabla 4. Volumen del cuerpo pegmatítico y de labores presentes

	Pegmatita
Área (m <sup>2</sup> )	3084
Potencia (m)	28
Volumen (m <sup>3</sup> )	86446

### 3.1.2. Cálculo del volumen explotado

En esta etapa, se relevaron las dimensiones de las labores para determinar su área y profundidad promedio (Tabla 5).

Tabla 5. Dimensiones de las labores.

Labor	Área (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
A	26	2,3	60
B	163	6,5	1051
C	2	0,7	2
D	21	0,8	17
F	148	4	593
Total			1722

### 3.1.3. Cálculo del volumen real

Se determinó el volumen real del cuerpo, restando el volumen explotado al volumen total, obteniendo 85.000 m<sup>3</sup>. Para determinar el tonelaje actual del yacimiento se multiplicó este volumen por una densidad promedio de 2,65 t/m<sup>3</sup> y considerando que se estimó un 65% de feldespato y 35% de cuarzo, el total de reservas para cada uno de ellos está dado en la Tabla 6.

Tabla 6. Reservas de cada especie mineral.

Tonelaje actual	Feldespato Potásico	Cuarzo
225Mt	146 Mt	79 Mt

Referencias: Mt: miles de toneladas.

Si bien el cuarzo y el feldespato se encuentran intercrecidos en toda la pegmatita, con tamaños de grano fino a medio, existen zonas donde predominan grandes cristales individuales de estos minerales, facilitando su separación en caso que se desee.

La muscovita, está presente como mineral subordinado en paquetes de baja calidad, y por lo tanto de bajo requerimiento industrial.

Los minerales de chorlo, si bien se encuentran distribuidos sin una zonación particular, no son tan abundantes como para castigar el precio de la materia prima para cerámica.

Uno de los aspectos favorables a considerar es la facilidad de acceso y ubicación que presenta el cuerpo estudiado. Otro, es que este sector forma parte de un cuerpo mayor que aumenta el total de los recursos calculados.

La suma de todos estos aspectos contribuye a la valoración positiva el depósito como material cerámico y piedra partida.

## CAPÍTULO CONCLUSIONES

1. La pegmatita JRIII-Sur, está localizada sobre el margen de la ruta provincial N° 10, a 8,5 km al NE de la localidad de La Carolina, departamento Pringles, provincia de San Luis, a 32°47'20'' latitud S y 66°02'04'' longitud O, y a una altura de aproximadamente 1700 m.s.n.m.
2. El cuerpo pegmatítico es de forma tabular, de disposición subhorizontal, con orientación N-S y discordante con la estructura metamórfica de la roca de caja sobre la que se intruye. Las dimensiones del sector estudiado, son de aproximadamente 190 m de longitud por 100 m de ancho y una potencia mínima visible solo en el sector sur de 6 m.
3. La pegmatita en estudio correspondiente a pegmatitas graníticas, presenta una zonación interna simple, aproximadamente simétrica, con cinco unidades: zona de borde, externa, intermedia, unidad de muscovita y de reemplazo.
4. Las especies minerales identificadas y estudiadas han sido ordenadas en base a su abundancia, identificándose minerales esenciales como: feldespatos potásicos, cuarzo, muscovita y plagioclasa y como accesorios: chorlo, apatita, berilo, minerales opacos y óxidos de hierro.
5. De acuerdo a la terminología propuesta por Černý (1982, 1991a) y Černý y Ercit (2005) y en base a sus características texturales, mineralógicas, petrogenéticas, composicionales y formacionales el depósito puede ser considerado como clase elementos raros (REL), subclase elementos raros litio (REL-Li), tipo complejo, subtipo espodumeno.
6. La interpretación genética del cuerpo es la cristalización de fundidos ricos en volátiles y en elementos litófilos, originado en los últimos estadios de cristalización, como resultado del transporte de fluido y/o difusión por convección termogravitacional, bajo condiciones de esfuerzo. Para la zonación interna se considera el siguiente mecanismo: cristalización en equilibrio eutéctico en la cual las zonas químicamente diferentes se desarrollan separadamente pero de manera simultánea.
7. El emplazamiento de la pegmatita habría sido aproximadamente tardíocinemático respecto al metamorfismo regional que afecta al Complejo Metamórfico Conlara. La profundidad de cristalización puede estimarse en función del rango conocido para este tipo de pegmatitas (Černý y Ercit 2005), comprendido entre 3 y 4 kbar, aproximadamente. La

presencia exclusiva de espodumeno, que es el polimorfo del silicato de aluminio y Li estable a mayores presiones que petalita (London y Burt 1982), estaría significando unas condiciones ubicadas en la parte superior de ese rango, a profundidades que estarían acotadas estimativamente entre los 5-7 km en el dominio frágil (Brisbin 1986). El emplazamiento habría sido forzado, evidenciado por la presencia de xenolitos de la caja en la pegmatita.

8. Las reservas calculadas para feldespato y cuarzo son de 146.000 t y 79.000 t, respectivamente.

## CAPÍTULO BIBLIOGRAFÍA

- Angelelli, V. 1984.** Yacimientos metalíferos de la República Argentina. Vol. I y II. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. 704 p.
- Angelelli, V. y Rinaldi, C., 1966.** Informe acerca de los yacimientos litíferos Don Rolando y Las Cuevas (Provincia de San Luis). Informe N° 173, C.N.E.A., Buenos Aires.
- Angelelli, V., Schalamuk, I. y Fernández, R. 1980.** Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región Centro-Cuyo. Secretaría de Minería, Anales 19. 261 p. Buenos Aires.
- Bailey, S. W. y Taylor, W. H. 1955.** The structure of a triclinic potassium feldspar. *Acta Crystallographica*, 8: 621-632.
- Brogioni, N. 1987.** El Batolito de Las Chacras-Piedras Coloradas, Pcia. de San Luis, Geología y edad. X Congreso Geológico Argentino, Tucumán. Actas IV, pag. 115-118.
- Beder, R. 1922.** Estudios geológicos de la Sierra de Córdoba, especialmente de las calizas cristalino-granulosas y sus fenómenos de metamorfismo. Dirección Nacional de Minería, Geología e Hidrocarburos, Boletín 33b, 86p. Buenos Aires.
- Bodenbender, O. 1895.** Sobre la edad de algunas formaciones carboníferas de la República Argentina. *Revista Museo La Plata*, t. VII.
- Brisbin, W.C. 1986.** Mechanics of pegmatite intrusion. *American Mineralogist*, v. 71, p: 644-651.
- Brodtkorb, M. K. de., Pezzutti, N. E. y Dalla Salda, L. 1984.** Presencia de vulcanismo ácido en el precámbrico de la provincia de San Luis. IX Congreso Geológico Argentino. Actas II: 181-190.
- Cameron, E.N., Jahns, R.H., McNair, A. y Page, L.R. 1949.** Internal structure of granitic pegmatites. *Economic Geologist*, Monografía 2, p: 115.
- Caminos, R. 1973.** Some granites, gneisses and metamorphic related rocks of Argentina. *Geological Society of South Africa*, Special Publication. 3: 333-338.

**Caminos, R. 1979.** Sierras Pampeanas Noroccidentales Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. En: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina (J. C. M. Turner, Ed.). Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, V 1: 225-291.

**Černý, P. 1982a.** Short course in granitic pegmatites in science and industry (P. Černý, Ed.). Mineralogical Association of Canada. Short Course Handbook, 8. 555 pp.

**Černý, P. 1982b.** Anatomy and classification of granitic pegmatites. In P. Černý (Ed.) Short course in granitic pegmatites in science and industry. Mineralogical Association of Canada. Short Course Handbook, 1-39 pp.

**Černý, P. 1991a.** Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18 (2): 49-67.

**Černý, P. 1991b.** Rare-element Granitic Pegmatites. Part II: Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada*, 18 (2): 68-81.

**Černý, P. y Ercit, T.S. 2005.** The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, 43: 2005-2026.

**Černý, P., Meintzer R.E. y Anderson A.J., 1985.** Extreme fractionation in rare element pegmatites: selected examples of data and mechanisms. *Canadian Mineralogist*, v. 23, p: 381-421.

**Černý, P., Trueman D.L., Ziehlke D.V., Goad B.E y Paul B.J., 1981.** The Cat Lake-Winnipeg River and the Wekusko Lake pegmatite fields, Manitoba. Manitoba Department Energy and Mines, Mineral Resources Division, Economic Geology Report ER80-1, p: 234.

**Chernicoff, C.J. y Ramos, V.A. 2003.** El basamento de la sierra de San Luis: nuevas evidencias magnéticas y sus implicancias tectónicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (4): 511-524.

**Costa, C., Gardini, C., Ortiz Suarez, A., Chiesa, J., Ojeda, G., Rivarola, D., Strasser, E., Morla, P., Ulaco, J., Tognelli G., Carugno Durán A., Vinciguerra H. y Salas, D. 2001.** Hoja Geológica 3366-I, San Francisco del Monte de Oro. Provincias de San Luis, Mendoza y San Juan. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 278, Buenos Aires.



- Dalla Salda, L., Toselli, A., Caminos, R. y Gardini, C. 1999.** Proterozoico y Paleozoico inferior de las Sierras Pampeanas Occidentales. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Geología Argentina, Anales 29 (6): 159-161.
- Fernández Tasende J. R. y Oyarzábal, J. 2000.** Geology and economic considerations of JR-III pegmatite, Argentina. Fernández Tasende J. R. and J. Oyarzábal. 31<sup>st</sup> International Geological Congress, Actas. Río de Janeiro, Brasil.
- Galliski, M.A. 1992.** La Provincia Pegmatítica Pampeana: tipología y distribución de sus principales distritos económicos. IV Congreso Nacional y I Latinoamericano de Geología Económica, Actas: 534-537.
- Galliski, M.A. 1994a.** La Provincia Pegmatítica Pampeana. I: tipología y distribución de sus distritos económicos. Revista Asociación Geológica Argentina, 49: 99-112.
- Galliski, M.A. 1994b.** La Provincia Pegmatítica Pampeana. II: metalogénesis de sus distritos económicos. Revista Asociación Geológica Argentina, 49: 113-122.
- Galliski, M. A. y Linares, E. 1999.** New K-Ar muscovite ages from granitic pegmatites of the Pampean Pegmatite Province. II South Am. Symposium on Isotope Geol., Actas: 63-67.
- Galliski, M.A., Perino, E., Gásquez, J., Márquez Zavalía, M.F., y Olsina, R. 1997.** Geoquímica de feldspatos potásicos y muscovitas como guía de exploración de pegmatitas graníticas de las sierras Pampeanas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52: 24-32.
- Ginsburg, A.I. 1984.** The geological condition of the location and the formation of granitic pegmatites: 27th Int. Geological Congress., Proceedings 15: 245-260.
- Ginsburg, A.I. Timofeyev, I.N. y Feldman, L.G. 1979.** Principles of geology of granitic pegmatites. Nedra Moscow. p: 296.
- Goldsmith, J.R. y Laves, F. 1954.** The microcline-sanidine stability relations. Geochimica et Cosmochimica. Acta 5, p: 1-19.
- Gonzalez Bonorino, F. 1950.** Algunos problemas geológicos de Sierras Pampeanas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 5: 81-110.

**González, P.D. y Llambías, E.J. 1998.** Estructura interna de las metamorfitas pre-Famatinianas y su relación con la deformación del Paleozoico inferior en el área de Gasparillo, San Luis, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 421-426, Buenos Aires.

**Gordillo, C. E. y Lencinas, N. A. 1979.** Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Apartado de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba de Geología Regional Argentina, I: 578 -650.

**González, P.D., Sato, A., Basei, M.A., LLambías, E., Sproesser, W., Naipauer, M. y Varela, R., 2009.** Evolución Tectono-Metamórfica y Magmática Pampeana a Famatiniana del Basamento adyacente al borde oeste del Cratón del Río de La Plata, Argentina. Simpósio 45 anos de Geocronologia no Brasil, IGc-CPGeo. Boletim de resumos expandidos, p: 313-315.

**Hauzenberger, C.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 2001.** Metamorphic Evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: Granulite Facies Metamorphism Related to Mafic Intrusions. *Mineralogy and Petrology* (71): 95-126.

**Hovis, G. L. 1986.** Behavior of alkali feldspar: crystallographic properties and characterization of composition and Al-Si distribution. *American Mineralogist*, 71: 869-890.

**Introcaso, A., Lion, A. y Ramos, V. 1987.** La Estructura Profunda de las Sierras de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XLII, (1-2): 177-187.

**Jahns, R.H. 1955.** The study of pegmatites. *Economic Geology*, 50th Aniv. Ed., p: 1025-1130.

**Jahns, R.H. 1982.** Internal evolution of pegmatite bodies. In: cerny, P. (Ed), *Granitic pegmatite in Science and Industry*. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, vol. 8, pp. 293-327

**Jahns, R.H. y Burnham, C.W. 1969.** Experimental studies of pegmatite genesis: I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites: *Economic Geology*, v. 64, p: 843-864.

- Kostadinoff, J., Gregori, D., Raniolo, A., López, V. y Strazzere, L., 2006.** Configuración geológica-geofísica del sector sur de la provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61 (2), p: 03-18.
- Kraemer, P.E., Escayola, M.P. y Martino, R.D. 1995.** Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30°40'-32°40'), Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 50(1-4), p: 47-59.
- Kroll, H. 1971.** Determination of Al,Si distribution in alkali feldspars from X-ray powder data. *Neues Jahrbuch für Mineralogie. Monatsh.*: 91-94.
- Kroll, H. 1973.** Estimation of Al,Si distribution of feldspars from the lattice translations  $tr[110]$  and  $tr [1-10]$ , I: alkali feldspars. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 39: 141-156.
- Kroll, H. y Ribbe, P.H. 1987.** Determining (Al,Si) distribution and strain in alkali feldspars using lattice parameters and diffraction-peaks positions: a review. *American Mineralogist*, v. 72, p: 491-506.
- Lira, R., Millone, H.A., Kirschbaum, A.M. y Moreno, R.S. 1997.** Magmatic-arc calc-alkaline granitoid activity in the Sierra Norte-Ambragasta Ranges, Central Argentina. *Journal South America Earth Sciences*, v. 10, p: 157-178.
- 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. 1992.** The application of experimental petrology to the genesis and crystallization of granitic pegmatites. *The Canadian Mineralogist*, 30: 449-540.
- London, D. y Burt, D. M. 1982.** Alteration of spodumene, montebrasite and lithiophilite in pegmatites of the White Picacho district, Arizona. *American Mineralogist*, 67: 97-113.
- London, D. y Kontak D.J. 2012.** Granitic pegmatites: Scientific wonders and economic bonanzas. *Element 8*: 257-261.
- Llambías, E. y Brogioni, N. 1981.** Magmatismo Mesozoico y Cenozoico. *Geología de la Provincia de San Luis. VIII Congreso Geológico Argentino, Relatorio*: 101-115.

**Llambías, E., Sato, A. M., Ortiz Suárez, A. y Prozzi, C. 1998.** The granitoids of the Sierra de San Luis. In: The Proto-Andean Margin of Gondwana (R. J. Pankhurst and C. W. Rapela, Eds.). Geological Society of London, Special Publication, 142: 325-341.

**López De Luchi, M. G., Hoffmann, A., Siegesmund, S., Wemmer, K. A y Streenken, A. 2002.** Temporal constraints on the polyphase evolution of the Sierra de San Luis. Preliminary report based in biotite and muscovite cooling ages. XV Congreso Geológico Argentino, Actas CD Ed. 6 pp.

**Martínez, V. 2005.** Geología y Mineralogía comparativa de diferentes tipos de pegmatitas litíferas de la provincia de San Luis, Argentina. Tesis doctoral UNC. Inédito, p: 240.

**Mc Gregor, C. R. y Ferguson, R. B. 1989.** Characterization of phases and twins in alkali feldspars by X-ray precession technique. The Canadian Mineralogist., 27: 457-482.

**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. Estudios Geológicos, 48: 269-277, Madrid.

**Pankhurst, R. J. y Rapela, C. W. 1998.** (eds) The Proto-Andean Margin of Gondwana: an introduction. Geological Society of London, Special Publications, 142: 1-9.

**Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Saavedra, J., Baldo, E., Dahlquist, J., Pascua, I. y Fanning, C.M. 1998.** The Famatinian magmatic arc in the central Sierras Pampeanas: an Early to Mid-Ordovician continentatl arc on the Gondwana margin. En: Pankhurst, R. y Rapela, C. (Eds): The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geological Society of London, Special Publications, 142: 343-367, London.

**Pereyra, J.C.R. 1991.** Caracterización Geológica y Económica de la pegmatita Cerritos Blancos (departamento Pringles, Provincia de San Luis). Tesina de Licenciatura, Universidad Nacional de Buenos Aires (inédita), 117 p., Buenos Aires.

**Prozzi, C. 1990.** Consideraciones acerca del Basamento de San Luis. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 452-455, San Juan.

**Prozzi, C. y Ramos, G. 1988.** La Formación San Luis. 1° Jornadas de Trabajo de las Sierras Pampeanas, Abstracts p. 1, San Luis.

- Ramos, V.A. 1988.** Tectonics of the late Proterozoic-early Paleozoic: a collisional history of southern South America. *Episodes* 11, p: 168-174.
- Ramos, V.A. 1999.** Rasgos estructurales del territorio argentino. I: Evolución Tectónica de la Argentina. En: *Geología Argentina* (R. Caminos, Ed.). Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29, p: 715-759.
- Rapela, C.W. y Pankhurst, R. 1996.** The Cambrian plutonism of the Sierras de Córdoba: pre-Famatinian subduction? and crustal melting. *13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas* 5: 491.
- Rapela, C.W., Heaman, L.M. y Mcnutt, R.J. 1982.** Rb/Sr geochronology of granitoid rocks from the Pampean Ranges, Argentina. *Journal of Geology* 90: 574-582, Chicago.
- Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo C. y Fanning, C. M. 1998.** The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. In: Pankhurst R. J., and Rapela C. W. (eds). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London, Special Publications, 142: 181-217.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Kirschbaum, A. y Baldo, E.G.A. 1991.** Facies intrusivas de edad carbonífera en el Batolito de Achala: ¿evidencia de una anatexis regional en las Sierras Pampeanas?. *6° Congreso Geológico Chileno, Actas* 1: 40-43, Santiago.
- Rasmuss, J. 1916.** Rasgos geológicos generales de las Sierras Pampeanas. Dirección General Minas, *Geología e Hidrogeología, Serie B (Geología), Boletín* 13: 3-18. Buenos Aires.
- Ribbe, P. H. 1983.** Ed.: Appendix guides to indexing feldspar powder patterns. *Feldspar mineralogy: Reviews in Mineralogy*. Vol.2 2nd ed. Mineralogical Society of America. Washington D.C. 362 pp.
- Sato, A.M., González, P.D. y Llambías, E.J. 2003.** Evolución del Orógeno Famatiniano en la sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfismo de bajo a alto grado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, este volumen*.
- SEGEMAR, 1996.** Carta aeromagnética de las sierras de San Luis y Comechingones, escala 1:250.000. Servicio Geológico-Minero Argentino. Buenos Aires.

- Sims, J. P., Ireland, T. R., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P. E., Skirrow, R. G., Stuart-Smith, P. G. y Miró, R. 1998.** U-Pb, Th-Pb and K-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. In: Proto-Andean margin of Gondwana (B. Pankhurst and C. W. Rapela, Eds.). Geological Society of London, Special Publication, 142: 259-281.
- Sims, J.P., Skirrow, R.G., Stuart-Smith, P.G. y Lyons, P. 1997.** Informe geológico y metalogenético de las Sierras de San Luis y Comechingones (provincias de San Luis y Córdoba), 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 28. 148 pp.
- Söllner, F., Miller, H. y Hervé, M. 2000.** An Early Cambrian granodiorite age from the pre-Andean basement of Tierra del Fuego (Chile): the missing link between South America and Antarctica *Journal of South American Earth Sciences* 13:163-177.
- Stelznes, A. 1873.** Über die argentinische Cordillere zw. 31° und 33°S. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Pálaontologic*, B.B; 726-744, Stuttgart.
- von Gosen, W. 1998.** The Phyllite and Micaschist Group with associated intrusions in the sierra de San Luis (Sierras Pampeanas/ Argentina) – structural and metamorphic relations. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(1): 79-109.
- von Gosen, W. y Prozzi, C. 1996.** Geology, structure and metamorphism in the area south of La Carolina (Sierras de San Luis, Argentina). 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 301-314, Buenos Aires.
- von Gosen W. y Prozzi, C. 1998.** Structural evolution of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina): implications for the proto-Andean margin of Gondwana. In: Proto-Andean margin of Gondwana (B. Pankhurst and C. W. Rapela, Eds.). Geological Society of London, Special Publication, 142: 235-258.
- von Gosen, W., Loske W. y Prozzi, C. 2002.** New isotopic dating of intrusive rocks in the sierra de San Luis (Argentina): implications for the geodynamic history of the Eastern Sierras Pampeanas. *Journal of South American Earth Sciences*, 15(2): 237-250.
- Yrigoyen, M. 1981.** Síntesis. En: Geología y recursos naturales de la provincia de San Luis. VIII Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 33-54.