

**LAS LAJAS DE NIKIZANGA. FLANCO ORIENTAL DE LA SIERRA DE PIE DE PALO.
SAN JUAN - ARGENTINA**

Dr. Carlos Esteban Castro^{1,2} cecastro@unsj.edu.ar
Ing. Juan Carlos Perucca^{1,2} mangel@unsj.edu.ar
Lic. Wilko Simon³ owilko@yahoo.com
Lic. Héctor Sosa^{1,2} hsosa@unsj.edu.ar

¹Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, UNSJ, Av. Libertador 1109 Oeste - 5400 San Juan – Argentina.

²Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería, UNSJ, Av. Libertador 1109 Oeste - 5400 San Juan – Argentina.

³Departamento de Geología, Facultad de C. E. F. y Naturales, UNSJ, Av. J. I. De La Roza y Meglioli - 5400 San Juan – Argentina.

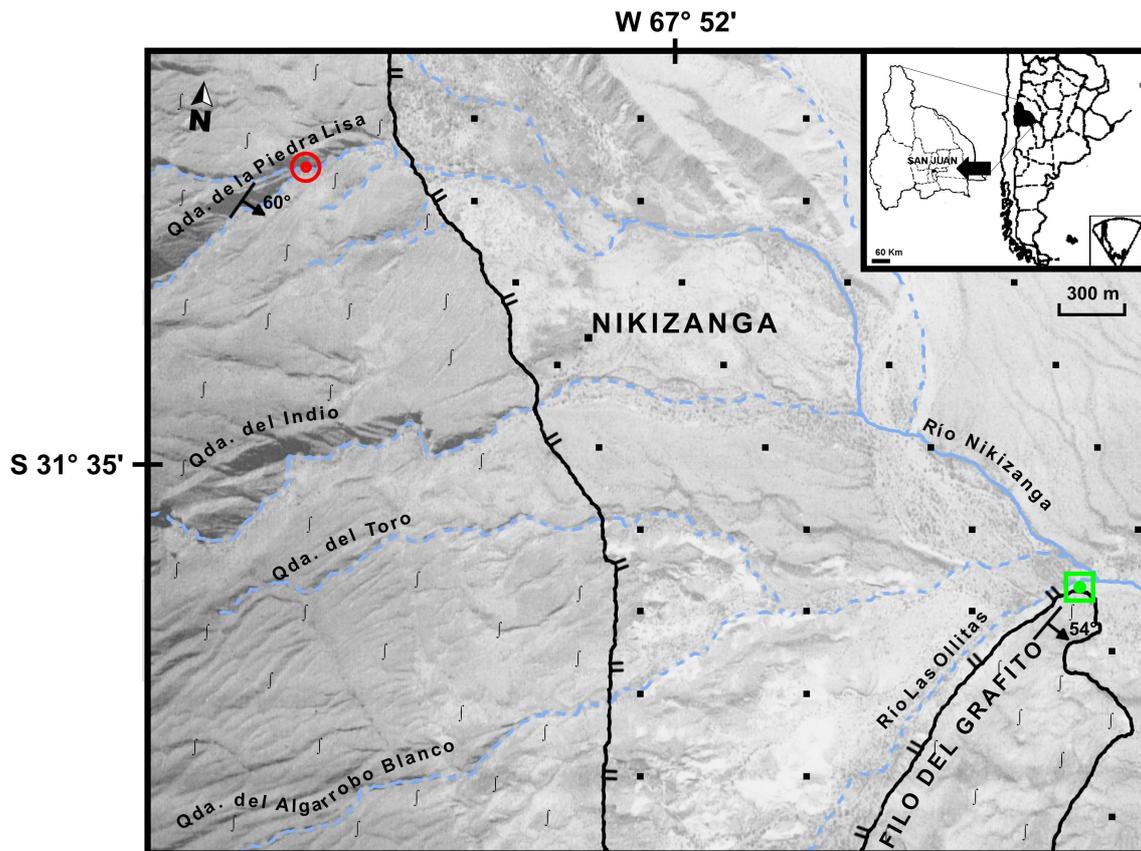
RESUMEN

La Sierra de Pie de Palo está constituida por rocas metamórficas, cuyo aprovechamiento minero estuvo limitado desde siempre a minerales y rocas industriales, en particular en su flanco occidental frente al oasis central donde se concentra la mayor parte de la economía de San Juan. Por esta razón, se consideró oportuno realizar tareas de prospección geológica con el fin de investigar el potencial minero-económico de esta región, seleccionándose a tal efecto dos áreas próximas al paraje conocido como Nikizanga donde se presentan importantes afloramientos de lajas cuarzosas (Quebrada de la Piedra Lisa) y carbonáticas (San Expedito).

Con igual objetivo, se efectuó una caracterización tecnológica preliminar de ambas áreas a fin de evaluar la calidad de dichos afloramientos como posibles rocas ornamentales, completándose el estudio con una comparación de los valores allí obtenidos con los ya conocidos de lajas explotadas tradicionalmente en el flanco occidental.

1. INTRODUCCIÓN

El macizo serrano conocido como Pie de Palo es una unidad ígneo-metamórfica elongada unos 80 km con rumbo NNE por 30 km en sentido transversal. Pertenece a las últimas estribaciones occidentales de las Sierras Pampeanas ($31^{\circ} 30' S$ y $68^{\circ} 00' O$), aflorando entre 40 y 80 km al este de la ciudad de San Juan en la porción central de la provincia homónima (Figura 1).



REFERENCIAS

- | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|
| | Sedimentitas (Terciario y Cuaternario) | | Área Quebrada de la Piedra Lisa |
| | Metamorfitas (Precámbrico) | | Área San Expedito |
| | Falla | | Cauce permanente |
| | Rumbo y buzamiento | | Cauce temporario |

Figura 1: Rasgos geológicos y croquis de ubicación.

Los principales yacimientos explotados de minerales y rocas industriales genéticamente relacionados con ambientes metamórficos (talco, grafito, asbestos, mármoles y piedra laja) se ubican tradicionalmente en el flanco occidental de la sierra, frente al oasis central donde se concentra la mayor actividad económica provincial. En cambio, en el borde oriental, frente a la Travesía del Río Bermejo distante unos 100 km de la capital sanjuanina, la actividad extractiva ha sido apenas anecdótica con ensayos esporádicos que nunca se concretaron en inversiones significativas.

Por esta razón se estimó interesante realizar tareas de prospección geológico-mineras, en etapas que se iniciaron con el análisis de una imagen satelital Landsat (2002, color natural y falso color) y de las coberturas aerofotográficas disponibles (1960 - 1:30.000 y 1980 - 1:80.000), seguidas del correspondiente apoyo de campo, muestreo de los afloramientos detectados, análisis microscópicos y ensayos físico - mecánicos.

2. RASGOS GEOLÓGICOS

La Sierra del Pie de Palo, como integrante de las Sierras Pampeanas, está constituida por un basamento cristalino asignado en general al Precámbrico, con diferentes tipos de litología resultantes del diverso grado de metamorfismo y deformación. Están presentes tres sectores bien definidos: uno oriental constituido por micaesquistos granatíferos, gneises esquistosos, filitas cuarcíferas y anfibolitas; un sector central con anfibolitas, gabros, cuarcitas y esquistos cloríticos; y un flanco occidental donde afloran calizas semimetamórficas, esquistos, filitas y cuarcitas.

Según Dalla Salda y Varela (1984) en el área que comprende el tercio sur de la Sierra se presentan dos zonas metamórficas: una occidental caracterizada por facies de grado medio a bajo (mármoles, filitas calcáreas, esquistos tremolíticos - talcosos, metacuarcitas, esquistos cuarzo - micáceos y anfibolitas, mientras que la centro - oriental está representada por asociaciones de metamorfismo de grado medio a alto (esquistos, gneises y migmatitas).

3. ESTRUCTURA

El bloque que conforma la Sierra del Pie de Palo se encuentra limitado lateralmente por dos estructuras de tipo inverso y rumbo general NE - SO, siendo ambas fracturas potencialmente responsables de su ascenso en pulsos sucesivos aún en actividad.

La traza oriental pasa por los parajes habitados ("Puestos") conocidos como Nikizanga en el sur, Casas Viejas en el centro y Ampakama en el norte, manifestándose notablemente su presencia en las numerosas vertientes alineadas según el rumbo general. En su extremo noreste se encuentra con una estructura de tipo regional designada por Perucca et al. (1979) como "Megatraya Bermejo - Desaguadero" y por Castro de Machuca y Bastías (1983) como una Megatraya perteneciente al "Sistema Bermejo - Desaguadero", el que se extiende desde el Cerro Rajado en la vecina Provincia de La Rioja, hasta el sur de La Pampa.

A su vez, la fractura occidental se extiende de suroeste a noreste bordeando las localidades de Caucete, San Martín y Angaco, constituyendo el borde oriental de la gran depresión que separa las formaciones Pampeanas de la Precordillera.

En el interior del macizo serrano se presentan dos grandes fracturas de rumbo NE - SO, una hacia el norte llamada Guayaupa - Lima que continúa hacia el este atravesando la Sierra de La Huerta (Perucca et al, 1979) y la otra más hacia el centro, conocida como El Molle - Potrerillos. Por ellas la sierra se encuentra dividida en tres bloques que fueron ascendidos diferencialmente. Más hacia el norte y fuera del ámbito de la Sierra se encuentra otra fractura cuyo rumbo es coincidente con las observadas en su interior.

La fractura norte fue reconocida por Baldis et al. (1979) denominándola "Megatraya de las Salinas Grandes (Córdoba)" con actividad asignada posteriormente al Precámbrico (Baldis et al., 1989). A su vez, Castro de Machuca y Bastías (op cit.) la denominan "Megatraya del Sistema Guayaupa - Salinas Grandes", siendo causante de la inflexión del sistema orográfico La Huerta - Valle Fértil, tal como se observa a la altura de la localidad de Astica.

En términos generales puede establecerse que los juegos de diaclasas dominantes tienen rumbo aproximado NO – SE y NE – SO, siendo menos frecuentes los de rumbo E – O y menos aún los de orientación N – S. Según Minera TEA (1967) la estructura interna es muy compleja, con paquetes de metamorfitas desarrollando pliegues de diverso orden con su plano axial paralelo a la esquistosidad. Los sistemas de diaclasas son varios y de una densidad tal que hace muy laborioso su análisis y cartografiado. El juego que aparece como de importancia mayor tiene rumbo N 30°O (Agui lar y Perucca, 2004).

4. SECTOR NIKIZANGA

Se encuentra ubicado a unos 103 km de la ciudad de San Juan. Los últimos 20 km se encuentran en regular estado.

En este sector las rocas que constituyen el flanco oriental de la Sierra, son generalmente de color gris oscuro a verdoso oscuro, con estructura esquistosa, a veces presentan el aspecto de estar deformadas por presión (cataclasis). Están representadas por esquistos cuarzo - biotítico, esquistos cuarzo - muscovítico - anfibólico - granatífero, esquistos cuarzo anfibólico y anfibolitas cuya denominación depende del porcentaje de los minerales presentes y de las variaciones texturales.

Las anfibolitas presentan textura esquistosa y otras veces granoblástica y poseen, por lo general, menor grado de inyección con respecto a los esquistos o carecen de ellas.

La composición de las venas es pegmatítica y cuarzosa. Las primeras se caracterizan por granos y espesor bastante variable desde escasos mm a más de 10 cm. Generalmente presentan cuerpos concordantes con la esquistosidad desarrollando texturas de aspecto gnéisico.

También es frecuente en las pegmatitas la presencia de cuarzo de variado tamaño.

Las inyecciones en formas de venas son muy notables en ciertas fajas del sector oriental de la Sierra y al parecer es más evidente hacia el norte por el incremento de la cantidad y tamaño de las mismas.

En casi todas las muestras analizadas se observa cataclasis.

4.1. Área Quebrada de la Piedra Lisa

En este trabajo se designa como “lajas” a aquél material de origen metamórfico que posee características físico - mecánicas para ser aplicado en la industria de la construcción como revestimiento de pisos, paredes, etc.



Fotografía 1: Afloramiento de lajas cuarzosas correspondientes al Área Quebrada de la Piedra Lisa. Las mismas poseen un rumbo de $N 50^{\circ}E$ y un buzamiento de 60° al SE.

Están alojadas a unos 1000 metros al ONO del Puesto Nikizanga en el sector que los lugareños denominan Quebrada de La Piedra Lisa (Figura 1). Es importante considerar la disposición de la esquistosidad de estas rocas con un rumbo de $N 50^{\circ}E$ y un buzamiento de 60° al SE, que favorecería las tareas de una explotación racional (Fotografía 1).

Los afloramientos de las lajas cuarzosas están representados por esquistos cuarzo-biotítico de color gris oscuro con marcada esquistosidad. Se observa una tendencia de alineación de los minerales félsicos. El cuarzo y la biotita son los minerales predominantes.

Microscópicamente es una roca con textura cataclástica constituida por cuarzo como mineral predominante, biotita, plagioclasas y muscovita en orden decreciente de abundancia.

El cuarzo muestra escasas inclusiones fluidas y extinción ondulante, a veces lamelar, con granos irregulares trabados entre sí y con diferencias granulométricas marcadas.

La plagioclasa, andesina, se muestra fresca y con maclado polisintético, en general con ley de la albita. A veces presenta flexión.

La biotita constituye paquetes de folias a veces desferrizadas, y en general, es lepidoblástica ya que la mayor parte constituye secciones basales. La muscovita es muy escasa.

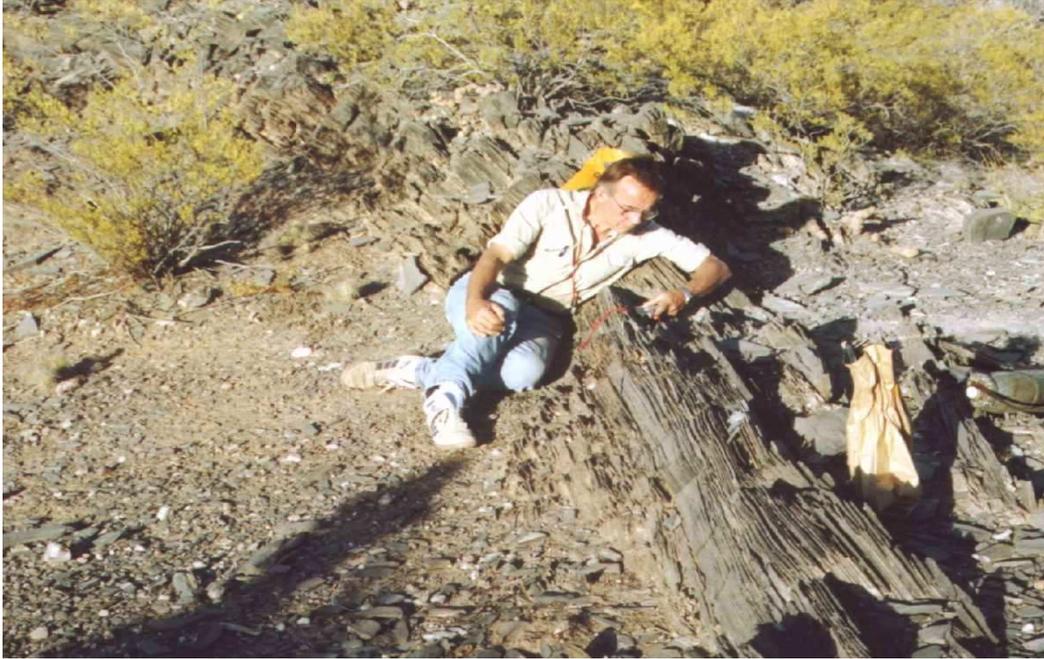
Los accesorios consisten en apatito en mayor cantidad que el circón y que el epidoto y, opacos.

4.2. Área San Expedito

Las lajas carbonáticas correspondiente a esta área se ubican en la intersección del río La Ollita con el Nikizanga (Figura 1). En ella las lajas están representadas por esquistos carbonáticos, en parte cuarzosos con un rumbo N 55° E y buzamiento 54° al SE, muy esquistosos (Fotografía 2). Este mismo afloramiento se observa en la imagen satelital con un aspecto longitudinal de color oscuro.

La roca es compacta, de color negro, con marcada esquistosidad. Produce viva efervescencia ante el ataque con HCl diluido, en todos los sectores de la roca. A simple vista sólo se reconoce la presencia de minerales micáceos.

Microscópicamente presenta textura esquistosa, constituida en su mayoría por individuos de calcita, con algunos granos elongados y dispuestos paralelamente uno de otros. Esporádicamente se observan granos elongados de cuarzo.



Fotografía 2: Lajas carbonáticas pertenecientes al Area San Expedito, con un de rumbo N 55°E y buzamiento 54°al SE, muy esquistosas.

En forma escasa se hallan paquetes de folias de clorita, orientada ya sea paralela a la esquistosidad, o bien, manteniendo una dirección oblicua constante con esta. Es muy escasa la participación de muscovita.

Los opacos son abundantes. Se hallan unos pocos de granulometría semejante a la de los granos de calcita, y los más, constituyen finísimas “salpicaduras” en los granos del carbonato. Se encuentran escasísimos granos de pistacita.

También están cortados filones de cuarzo y / o pegmatitas alternando con los esquistos.

5. ENSAYOS FÍSICO - MECÁNICOS

A los efectos de evaluar el comportamiento tecnológico para determinar su utilización y aplicación en forma preliminar de las rocas existentes en ambas áreas seleccionadas, se efectuaron una serie de ensayos, siguiendo las mismas normas y procedimientos utilizados para analizar las características y propiedades de las lajas aflorantes en el faldeo occidental de la Sierra de Pie de Palo por Cano y Matar (1998). Dicha metodología

fue aplicada a los efectos de realizar una comparación del comportamiento físico-mecánico entre las lajas pertenecientes al faldeo oriental y occidental, respectivamente.

La mayoría de los ensayos físico-mecánicos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Rocas del Instituto de Investigaciones Mineras de la UNSJ (Universidad Nacional de San Juan), mientras que los de resistencia al desgaste fueron ejecutados en el Instituto de Materiales y Suelos de la UNSJ.

Las determinaciones petrográficas de las lajas correspondientes a las áreas Quebrada de la Piedra Lisa y San Expedito se resumen en la Tabla 1. Asimismo en la Tabla 2 se indican las características petrográficas de las lajas cuarzosas correspondientes al flanco occidental

Muestra	Tipo litológico	Textura	Composición mineralógica		Alteración	Minerales alterables
CSS 5-P	Esquisto cuarzo - biotítico	Esquistosa	Cuarzo	64.73%	Biotita desferrizada	Biotita y opacos en menor proporción
			Biotita	20.08%		
			Plagioclasas	4.46%		
			Muscovita	4.91%		
			Acc. y opacos	5.80%		
CSS-12	Esquisto carbonático	Esquistosa	Calcita	75.00%	Clorítica	Opacos
			Cuarzo	6.81%		
			Clorita	6.81%		
			Muscovita	2.72%		
			Opacos	8.63%		

Tabla 1: Descripciones petrográficas correspondientes al Flanco Oriental de la Sierra de Pie de Palo.

Muestra	Tipo litológico	Textura	Composición mineralógica		Alteración	Minerales alterables
Nº 2	Esquisto cuarzo - biotítico	Esquistosa	Cuarzo	50.00%	-	Biotita
			Biotita	30.00%		
			Muscovita	20.00%		
Nº 3	Esquisto cuarzoso	Esquistosa	Cuarzo	85.00%	Óxidos de hierro	Opacos
			Sericita	14.00%		
			Opacos	1.00%		

Tabla 2: Descripciones petrográficas correspondientes al Flanco Occidental de la Sierra de Pie de Palo. (Según Cano y Matar, 1998).

Los resultados físico-mecánicos de las lajas cuarzosas correspondiente al Área de la Quebrada de la Piedra Lisa y las lajas carbonáticas pertenecientes al Área San Expedito se consignan en la Tabla 3. Las determinaciones físico - mecánicas realizadas por Cano y Matar (1998) para las lajas cuarzosas pertenecientes al flanco occidental se resumen en la Tabla 4.

Muestra	Absorción (%)	Porosidad (%)	Pe. Aparente (gr/cm3)	Resistencia a la flexión (Mpa)	Resistencia al desgaste (mm)	Resistencia al choque (cm)	Resistencia a la compresión (Mpa)
CSS 5-P	0.56	1.52	2.71	34,324	0.8 - 0.9	90	122,88
CSS-12	0.62	1.68	2.70	29,320	1.4	70	70,37

Tabla 3: Ensayos físico - mecánicos correspondientes al Flanco Oriental de la Sierra de Pie de Palo.

Muestra	Absorción (%)	Porosidad (%)	Pe. Aparente (gr/cm3)	Resistencia a la flexión (Mpa)	Resistencia al desgaste (mm)	Resistencia al choque (cm)	Resistencia a la compresión (Mpa)
Nº 2	0.40	-	2.89	31.7	0.60	75	11.35
Nº 3	0.08	-	2.66	34.6	0.97	80	12.10

Tabla 4: Ensayos físico - mecánicos correspondientes al Flanco Occidental de la Sierra de Pie de Palo.

Las determinaciones de Absorción de agua, Peso específico aparente y Resistencia a la flexión fueron realizados según las Normas españolas UNE (1985) del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) y comparados con las Normas IRAM 1531 y 1547, mientras que los ensayos de Resistencia a la Compresión (IRAM 1546), Desgaste (IRAM 1522) y Choque (IRAM 1538), se efectuaron según normas IRAM (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales).

6. CONCLUSIONES

- Las lajas de Niquizanga correspondientes a las Áreas Quebrada de la Piedra Lisa y San Expedito poseen un Peso específico aparente con valores comprendidos entre $2,70 \text{ gr/cm}^3$ y $2,71 \text{ gr/cm}^3$, superiores al límite inferior establecido por las normas de $2,60 \text{ gr/cm}^3$, asimismo presentan un grado de Absorción de agua inferior al 3%. Los ensayos pertenecientes a la Resistencia a la flexión son superiores al valor normal (29 Mpa) como así también los parámetros correspondientes al Desgaste son inferiores a 1,5 mm y los valores del Módulo de choque son superiores a 70 cm.
- Los valores obtenidos para las lajas cuarzosas de Niquizanga correspondiente al Área de la Quebrada de la Piedra Lisa, flanco oriental de la Sierra de Pie de Palo son muy similares a los resultados de los ensayos físico - mecánicos de las lajas cuarzosas del flanco occidental.
- Las lajas cuarzosas del Área de la Quebrada de la Piedra Lisa poseen un comportamiento al desgaste (0,8 - 0,9 mm), por lo tanto se consideran muy importantes para ser utilizadas como pisos. También pueden ser empleadas como revestimientos, con ciertas limitaciones, por la presencia de minerales opacos.
- Las lajas carbonáticas del Área San Expedito poseen una resistencia al desgaste de 1,4 mm, muy cercano al óptimo expresado por la norma de 1,5 mm, por lo que podrían utilizarse como pisos, pero en sectores de tránsito peatonal y para pisos de jardines. El uso ideal sería para revestimientos interiores e exteriores, siendo aconsejable el primero de ellos por el contenido importante de minerales opacos, que con el paso del tiempo podrían producir manchas de corrosión..

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CICITCA de la UNSJ por el financiamiento del Proyecto 21/I/272. A la Ing. Ester Cano por las determinaciones físico - mecánicas, a la Lic. Isabel Lanzilotta por las descripciones petrográficas y a los alumnos de la Tecnicatura de Minas de la Escuela Industrial Sarmiento Jorge Sebastián de los Ríos, Matías Emiliano Alcayaga

y Rocío Anabel Corrales, por el procesamiento digital de fotografías, confección de la cartografía y colaboración en la ejecución de ensayos de mecánica de rocas.

Asimismo desean agradecer al Sr. Segundo Elizondo del Puesto Nikizanga por su hospitalidad y desinteresada colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, N. y J. C. Perucca. 2004. "La Sierra del Pie de Palo (San Juan, Argentina)". 1° Reunión de Imágenes Satelitarias y SIG Aplicada a la Gestión de los Recursos Naturales, Culturales y Medio Ambiente. San Juan. Argentina.

Baldis, B. A., Uliarte, E. R. y A. Vaca, 1979. "Análisis Estructural de la Comarca Sísmica de San Juan". R.A.G.A, XXXIV (4): 294-310. Buenos Aires.

Baldis, B. A.; Peralta, S. y R. Villegas, 1989. "Esquemalizaciones de una posible transcurrencia del Terrane de Precordillera como fragmento continental procedente de áreas Pampeano - Bonaerense". Correl. Geol. 5. Tucumán.

Cano, E. y M. A. Matar. 1998. "Características y Propiedades de las Lajas de San Juan". Revista Temas Universitarios. Universidad Nacional de San Juan. Año I, N°4: 17-21. San Juan.

Castro de Machuca, B. y H. Bastías, 1983. "Geología de un Sector del Distrito Minero Cerro Blanco, Sierra de La Huerta, San Juan, Argentina". II Congreso Nacional de Geología Económica, Actas II: 389-404. San Juan.

Dalla Salda, L. y Varela, R. 1984. "El metamorfismo en el tercio sur de la Sierra de Pie de Palo, San Juan". Asociación Geológica Argentina (AGA), Revista XXXIX (1-2). Buenos Aires.

Minera TEA., 1967. "Geología de las Sierras Pampeanas de San Juan. Su Prospección y Áreas con Posibilidades Mineras". Departamento de Minería, Informe Inédito, 275 pp. San Juan.

Perucca, J. C., Puertas, M., Uliarte, E. y J. Zambrano, 1979. "Carta Geotectónica de Cuyo". Instituto de Investigaciones Geológicas. Fac. de C. E. Físicas y Naturales. U. N. de San Juan. Boletín N°IV: 1-60. San Juan.