



## Mineralogía y origen del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes, Chile

Rodolfo Corona Esquivel<sup>a,b\*</sup>, María Elena Benavides Muñoz<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F.*

<sup>b</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional. Av. Ticomán No 600, 07340 México D.F.*

<sup>c</sup>*Colecciones de Rocas y Minerales, La Vid 120, Delegación Azcapotzalco, 02800 México D.F.*

---

### Resumen

El yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes se ubica en Los Andes, dentro de la Alta Cordillera de Ovalle, Provincia de Limarí (Chile), a 3,600 m de altura y a unos 200 m de la frontera con Argentina. Está emplazado en la zona externa de una aureola de metamorfismo de contacto, en la que se reconoce la secuencia mineralógica siguiente: I) zona de mármoles con wollastonita; II) zona de skarn con grosularia-andradita; y III) zona corneanas con hedenbergita. Las condiciones físicas del metamorfismo se estiman en un intervalo de temperatura entre 500° y 550°C y una presión de 1.5 kb. El yacimiento de lapislázuli consiste en una roca constituida por lazurita, que es el mineral que le da el color azul característico, con cantidades menores de haüyna, wollastonita, diópsido, escapolita, calcita y trazas de afghanita, tremolita, allanita, pirita, pirrotita, arsenopirita y calcopirita.

El lapislázuli fue conocido desde siglos antes de nuestra era por los egipcios y su nombre deriva del Latín *lapis lazulus*, en alusión a su color azul. La mayoría de los yacimientos de lapislázuli están asociados a calizas y evaporitas precámbricas, sometidas a metamorfismo regional. El depósito Flor de los Andes, en cambio, está relacionado con calizas mesozoicas intruídas por un plutón monzogranítico terciario, y se habría formado en dos etapas: *a*) metamorfismo de contacto (24 Ma), durante el cual se formaron calcosilicatos y haüyna, en las áreas de las calizas con concentraciones altas en sodio y aluminio; y *b*) alteración hidrotermal (13-9 Ma), durante la cual la introducción de azufre originó la lazurita y por lo tanto, el lapislázuli.

*Palabras clave:* Lapislázuli, Andes, Chile.

---

\* Comunicación con el autor:

*E-mail:* rcorona@servidor.unam.mx (R. Corona-Esquivel)

## Abstract

The Flor de los Andes lapis lazuli deposit is located at an elevation of 3,600 m in the high cordillera of Ovalle, in the Limarí province of Chile, only 200 m from the border with Argentina, in the outer zone of a contact metamorphic aureole. The aureole can be divided into three mineralogical zones: I) wollastonite marbles, II) andradite-grossular skarns; and III) hedenbergite hornfels. The physical conditions for the metamorphism are estimated in the range of 500 and 550°C, and at 1.5 kb total pressure. The lapis lazuli deposit is composed of lazurite, which gives it the characteristic blue color, with small quantities of haüyne, wollastonite, diopside, scapolite, calcite and traces of afghanite, tremolite, allanite, pyrite, pyrrhotite, arsenopyrite and chalcopyrite.

Lapis lazuli was known by the Egyptians many centuries before Christ. Its name comes from the Latin *lapis lazulus*, in allusion to its blue color.

Most of the deposits of lapis lazuli are associated with Precambrian limestones that have been subjected to regional metamorphism. On the other hand, the Chilean deposit is related to Mesozoic limestones intruded by a Tertiary monzogranitic pluton and it formed in two stages: *a*) contact metamorphism (24 Ma) during which the calcsilicates and haüyne, with high concentrations of sodium and aluminum, formed in the limestones, and *b*) hydrothermal alteration (13-9 Ma) during which sulfur was added, forming lazurite and thus, lapis lazuli.

*Keywords:* Lapis lazuli, Andes, Chile.

---

## 1. Introducción

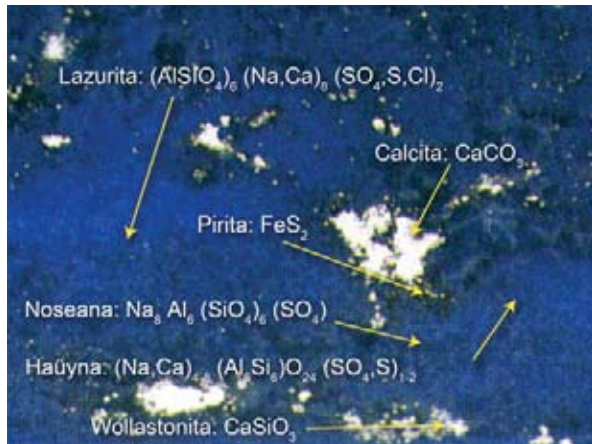
El lapislázuli, cuyo nombre deriva del latín *lapis lazulus*, no es en realidad un mineral sino una roca constituida por una asociación de lazurita, y cantidades variables de calcita, pirita y feldespatoides del grupo de la sodalita tales como haüyna y noseana. Tiene una apariencia uniforme masiva y algunas veces granular con cristales distintivos. Su color varía de azul intenso a azul cielo y a menudo contiene cristales o vetas de calcita de color blanco y cristales de pirita de color dorado (Fig. 1).

El yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes se localiza en la Alta Cordillera de Ovalle, a 3,600 m de altura y a unos 200 m de la frontera entre Chile y Argentina (Fig. 2). Fue encontrado a mediados del siglo XIX, aunque el descubrimiento de una piedra de

lapislázuli labrada en forma de punta de flecha cerca de donde se encuentra la localidad estudiada confirma que esta roca era conocida desde la época Prehispánica (Celis, 1990).

La mina de lapislázuli chilena fue inscrita en 1894 en la agencia de minería de La Serena con el nombre de Flor de los Andes, extrayéndose en un principio únicamente roca de color azul intenso. Sin embargo, los especímenes que se explotan actualmente son de color azul menos fuerte y contienen pirita en forma de puntos chispeantes color oro, definiéndose su calidad por el tono y la uniformidad de la piedra (Fig. 3).

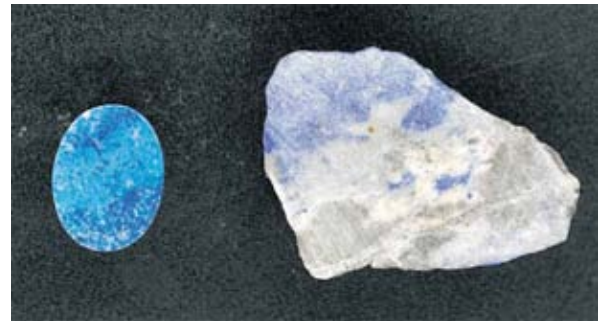
El lapislázuli, además de en Chile, ha sido encontrado en varias partes del mundo, siendo el de mejor calidad el proveniente de Afganistán. En porcentajes menores viene de



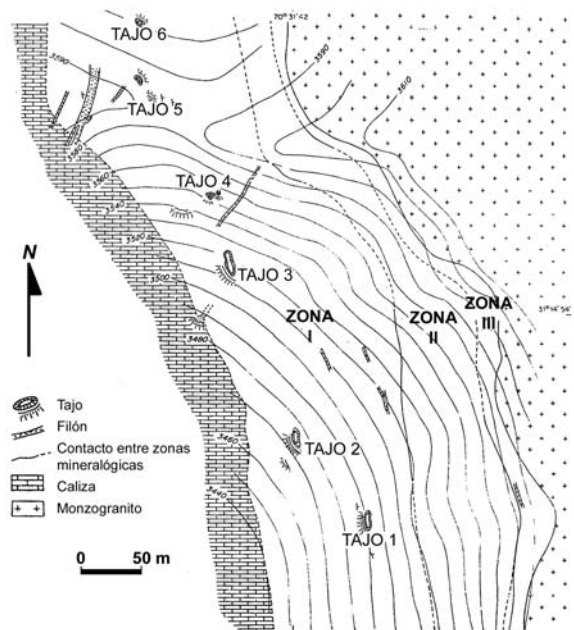
**Figura 1.** Minerales que constituyen al lapislázuli.



**Figura 2.** Mapa de localización del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes.



**Figura 3.** Ejemplares de lapislázuli del yacimiento Flor de los Andes. Lapislázuli en bruto y pulido.



**Figura 4.** Plano geológico local del yacimiento Flor de los Andes en el que se muestran las tres zonas dentro la aureola de metamorfismo de contacto. Modificado de Cuitiño (1986).

Rusia, Myanmar, Pakistán, Angola, Estados Unidos de América y Canadá (Cipriani y Borelli, 1986). En México solo se tiene reportada la presencia de lazurita en el municipio de Mulegé, Baja California Sur (Panczner, 1987).

El presente trabajo está basado principalmente en los estudios de Zeballos (1973), Mpodozis (1974), Rivano (1980) y Cuitiño (1986), y su propósito es dar a conocer las características de formación de este tipo de roca poco común. En él se describen brevemente

el entorno geológico del área del yacimiento, las rocas que constituyen la aureola de metamorfismo y los estudios mineralógicos efectuados hasta el momento. Finalmente se compara con otros yacimientos de lapislázuli conocidos en el mundo y se propone el modelo que habría dado origen al yacimiento Flor de los Andes.

## 2. Marco geológico

La cordillera de Ovalle en los Andes está constituida por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas cuyas edades van del Carbonífero al Cuaternario. Dentro de esta secuencia de rocas, el yacimiento de lapislázuli se ubica en la zona externa de una aureola de metamorfismo de contacto, desarrollada por la intrusión de un cuerpo batolítico (Rivano *et al.*, 1975) que afecta a una secuencia marina calcárea del Cretácico Inferior cuyas facies, en las cercanías del yacimiento, corresponden a calcarenitas de color pardo-rojizo, con intercalaciones de calcilitas y coquinas (Mpodozis, 1974; Rivano, 1975, 1980). El cuerpo plutónico, en el sector inmediatamente adyacente al yacimiento de lapislázuli, está formado por monzogranitos, con enclaves básicos y textura hipidiomórfica granular. Una datación (K–Ar en biotita) de este cuerpo, en las cercanías del yacimiento, dio una edad de 23.9–0.3 Ma (Cuitiño, 1986), que corresponde al Oligoceno Tardío.

## 3. Estructura del depósito y mineralogía

El yacimiento Flor de los Andes se ubica en la zona más externa de la aureola de metamorfismo de contacto, distribuido en una franja norte-sur de aproximadamente 800 m de longitud.

El lapislázuli se presenta como cuerpos de morfología irregular y es común observar diques andesíticos cortando el yacimiento.

En los tajos el lapislázuli aparece en bandas azules intercaladas en mármol gris, de textura granular, en el cual se preservan los planos de estratificación de rumbo variable al NE y echado casi vertical. También se le encuentra en lentes de tamaños variables entre 5 y 8 cm de grosor y de 0.4 a 2 m de longitud, concordantes con la estratificación.

El color varía de azul intenso en el centro hasta tonalidades más pálidas hacia los márgenes. El lapislázuli de color azul intenso, que es el material de valor gemológico, se extrae en fragmentos de hasta 20 cm de diámetro. Tanto la roca encajonante como el lapislázuli están atravesados por un enrejado de diques andesíticos de color gris con una orientación N20W y espesor de hasta 2 m de potencia.

En la aureola de metamorfismo de contacto se distinguen franjas de distinto color paralelas al contacto del cuerpo intrusivo con la secuencia calcárea, que corresponde a la siguiente zonación (Fig. 4, Tab. 1):

1) *Zona I o de mármoles*. Corresponde a la franja más externa de la aureola, con un ancho aproximado de 300 m. Es en esta zona donde se encuentra el yacimiento de lapislázuli. Está formada por mármoles de color gris-blancuecino. En esta zona las rocas presentan textura granoblástica inequigranular, y están constituidas por: a) Calcita (60-80 % modal) con textura en mosaico y tamaños de grano comprendidos entre 0.05 y 1 mm, ocasionalmente con maclas y sombras de presión. b) Wollastonita (10-30% modal) en cristales euédricos a subédricos de 0.05 a 0.4 mm de longitud. c) Escapolita (1% modal) se presenta esporádicamente en cristales euédricos de 0.08-0.1 mm de longitud. d) Piroxeno (2-5%) se le encuentra en cristales euédricos de 0.4-0.1 mm de longitud que en parte forman

**Tabla 1.** Especies minerales que se encuentran en cada una de las 3 zonas de metamorfismo de contacto.

MINERALES	FORMULA	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Calcita	CaCO <sub>3</sub>	—————		
Wollastonita	CaSiO <sub>3</sub>	—————	— —	
Escapolita	(Na,Ca,K) <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> (Al,Si) <sub>3</sub> Si <sub>6</sub>	— —		
Flogopita	KMg <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> )O <sub>10</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	—		
Haüyna	Na <sub>6</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	—		
Lazurita	(Na,Ca) <sub>8</sub> Si <sub>6</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>24</sub> [(SO <sub>4</sub> ),	—		
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	— —	— —	—————
Diopsida	CaMgSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	—————	—————	
Andradita	Ca <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		—————	
Grosularita	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		—————	
Hedenbergita	CaFe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>			—————
Tremolita	Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>		—	
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>			—————
Pirita	FeS <sub>2</sub>	—————	—————	
Arsenopirita	FeAsS	—————		
Calcopirita	CuFeS <sub>2</sub>	— —		
Molibdenita	MoS <sub>2</sub>	—		
Esfalerita	ZnS	—	—	
Magnetita	Fe <sup>2</sup> Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>		— —	—————
Pirolusita	Mn <sup>4</sup> O <sub>2</sub>			—

— Escaso

— — Moderado

————— Abundante

agregados nodulares en contacto con wollastonita y calcita.

Una fina diseminación de sulfuros se asocia a los mármoles de la zona I. Los sulfuros presentes son: pirrotita (2-3% modal) diseminada, en granos de 0.2 mm y agregados de 0.5 mm, con frecuentes inclusiones de pirita y de pentlandita que ocasionalmente desarrollan cristales euédricos. En cantidades subordinadas

se observa arsenopirita, con texturas de crecimiento mutuo con pirrotita y pirita, tanto en inclusiones como en cristales aislados en los silicatos.

La presencia conjunta de calcita y wollastonita indican que la zona I es deficitaria en sílice.

2) *Zona II o de skarn.* Ocupa una posición intermedia dentro de la aureola de contacto y

alcanza un ancho variable entre 80 y 120 m. Las rocas de esta zona presentan un color verdeparduzco, con tonos amarillos y textura granoblástica inequigranular. El mineral preponderante es el granate grosularia-andradita (80-90% modal), acompañado de calcita, dióxido (5-10% modal), wollastonita (1-2% modal), plagioclasa (1% modal), y menos del 1% modal de tremolita.

En esta zona, los minerales metálicos son escasos, restringiéndose a la presencia esporádica de piritita arsenical en cristales subédricos de 0.01 mm de diámetro, y a algunos núcleos de magnetita de 10 a 15 mm de diámetro ubicados intersticialmente respecto a los granates.

3) *Zona III o de corneana*. Es la zona más interna, adyacente al intrusivo, y su ancho varía entre 40 y 50 m. Las rocas de esta zona corresponden a rocas corneanas de grano fino y color oscuro. Al microscopio, presentan una textura granoblástica equigranular, caracterizada por la presencia de clinopiroxeno, plagioclasa, cuarzo y magnetita. El clinopiroxeno (80% modal) presenta formas subédricas de 0.1-1.0 mm de longitud y su composición corresponde a hedenbergita. La plagioclasa (10% modal) se encuentra en cristales anédricos de 0.1-1.5 mm de longitud; el cuarzo (5-10% modal), en agregados de 1.8 mm de longitud con textura de mosaico y frecuentes suturas. Intersticialmente aparece magnetita en un 5% modal.

### 3.2. Características mineralógicas del Lapislázuli

La presencia y proporción de lazurita en el lapislázuli condiciona la tonalidad azul de éste y por consiguiente, su valor gemológico. Los análisis del lapislázuli chileno realizados en el Laboratorio Universitario de Petrología (LUP), de la Universidad Nacional Autónoma de

México (UNAM) por medio de microsonda electrónica JEOL JXA-8900R con dos espectrómetros WSD y sistema EDS, indican los valores siguientes en porcentaje en peso: a) para la lazurita; Na<sub>2</sub>O 6.053, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 25.444, SiO<sub>2</sub> 34.680, SO<sub>3</sub> 23.620, K<sub>2</sub>O 0.053, CaO 9.294 y Fe 0.855. b) Así mismo, los contenidos para la wollastonita fueron: SiO<sub>2</sub> 37.722 y CaO 62.278.

Cuitiño (1986) realizó un estudio de lazurita azul celeste y celeste verdoso. Según ese estudio en todos los casos se reconoció la presencia de Ca, Si, Al, Na, K, S, Cl, siendo el azufre el único elemento que varía notablemente con la tonalidad de color azul. De lo anterior se desprende que existe una relación directa entre la intensidad del color y el aumento de contenido de S en la estructura de la lazurita. En la variedad celeste-verdosa, se detectó la presencia de Cl, lo que revelaría un reemplazamiento de azufre por cloro. Una de las muestras que presenta una mayor variedad en color azul fue objeto de un análisis cuantitativo. El análisis se realizó en puntos cercanos de tonalidades azules y celestes.

De los resultados obtenidos por microsonda se concluye que el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> alcanza valores altos en las variedades de lazurita azul intenso (33-35% en peso), en contraste con las tonalidades celestes y celeste-verdosas que presentan un contenido menor (24-26% en peso). El SiO<sub>2</sub> presenta un comportamiento inverso, aumentando en las variedades pálidas, celeste y verdosa (50-55% en peso), y disminuyendo en los cristales de color azul profundo (40-42% en peso). Inversamente, el Na<sub>2</sub>O aumenta hasta tres veces su contenido en los cristales celestes con respecto a la lazurita azul oscuro (2.9-9.5% en peso), respectivamente. Finalmente, el potasio y el calcio manifiestan un comportamiento errático con respecto a la intensidad del color azul en la lazurita. No se cuantificó el azufre por dificultades de análisis.

Comparando la lazurita del yacimiento Flor de los Andes con la de otras localidades se puede señalar que ésta es deficiente en sodio y rica en aluminio y silicio, mientras que los valores de calcio y potasio son similares.

#### 4. Discusión: Origen del yacimiento

Casi todos los yacimientos de lapislázuli conocidos en el mundo fueron formados en rocas precámbricas y su origen está relacionado a metamorfismo regional en depósitos evaporíticos, como es el caso de Sar-e-Sang (Afganistán), Baffin (Canadá) y en el lago Baikal (Rusia). El único yacimiento que pudiese haber tenido un origen similar al del yacimiento Flor de los Andes, desarrollado por el emplazamiento de intrusivos terciarios, es el depósito de Italian Mountain, Colorado, EUA. (Tab. 2).

Según Cuitiño (1986), las condiciones de formación del depósito en Flor de los Andes se pueden establecer tentativamente en dos etapas:

a) Etapa de metamorfismo de contacto. Se produce durante la intrusión del batolito Río Las Cuevas en el Oligoceno (24 Ma). En la zona I de la aureola de metamorfismo de contacto se desarrollan minerales calcosilicatados como wollastonita, diópsido, escapolita y haüyna, en un sistema químico subsaturado en  $\text{SiO}_2$ , como son las calizas de la Formación Río Tascadero.

Los contactos entre la haüyna y los minerales calcosilicatados mencionados anteriormente sugieren que son contemporáneos. En la formación de la haüyna existe la posibilidad de sustitución isomorfa de calcio por sodio (Barth, 1932). En el caso de este yacimiento, el contenido de sodio (5.26% en peso) de la haüyna es menor que el observado en otros yacimientos, como lo es el de Afganistán (15.5% en peso) y Baffin (19.5% en peso).

b) Etapa de alteración hidrotermal. La formación de lazurita parece estar íntimamente

relacionada con la introducción de azufre en la estructura de la haüyna. El azufre, que da el color azul característico de la lazurita y, por lo tanto, del lapislázuli, entra fácilmente en la red cristalina de la haüyna, aprovechando la debilidad de sus enlaces (Deer *et al.*, 1965). Este azufre se convierte en azufre libre en proporción aproximada de 0.16:1 (Hogarth y Griffin, 1976). Las composiciones isotópicas del azufre y del oxígeno indican una proveniencia ígnea del azufre (Cuitiño, 1986).

#### 5. Conclusiones

Basándose en el origen del yacimiento Flor de los Andes y su comparación con otros yacimientos de lapislázuli en el mundo, puede establecerse que no existen condiciones geológicas únicas para la génesis de esta roca. Sin embargo, es determinante un ambiente químico apropiado, deficitario en  $\text{SiO}_2$ , en un protolito calcáreo adecuado, en el cual se desarrolle haüyna. Simultánea o posteriormente, como es el caso de este yacimiento, debe existir un aporte de azufre, el cual al introducirse en la red cristalina de la haüyna, genera lazurita, causante del característico color azul del lapislázuli.

Hasta 1980 se extraían 200-300 toneladas anuales de lapislázuli. En esa fecha se hizo una evaluación del yacimiento en la cual se estimaba aproximadamente 1,700 toneladas de lapislázuli a la vista y una reserva de 15,000 toneladas (Cuitiño, 1986). Sin embargo, considerando la intensa explotación a que ha sido sometido en los últimos años, y a la heterogénea distribución del lapislázuli en las labores, se estima una abrupta disminución de las reservas y se presume un agotamiento a corto plazo. En áreas adyacentes al yacimiento se han efectuado trabajos de exploración con resultados negativos (Cuitiño, 1986).

## Agradecimientos

El presente trabajo esta basado en los estudios realizados por Lucia Cuitiño del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Análisis complementarios se realizaron en el Laboratorio Universitario de Petrología (LUP), de la Universidad Nacional Autónoma de México por Margarita Reyes.

La estancia en Chile del primer autor para visitar los yacimientos minerales, no hubiera sido posible sin el apoyo de la DGAPA, UNAM, según el Comunicado núm. 211/2000.

La adaptación de las figuras fue procesada por Federico Díaz Mafara. Los autores agradecen a Bárbara Martiny Kramer la revisión del Abstract y Antoni Camprubí Cano la discusión crítica del manuscrito.

## Referencias

- Barth, T.F.W. (1932): The structures of the sodalite family. *Zeit. Kristall.*, 23: 405-414.
- Blaise, J., Cesbron, F. (1966): Donneés mineralogiques et petrographiques sur le gisement de lapislázuli de Sar-e-Sang, Hindou-Kouch, Afghanistan. *Bull. Soc. Miner. et Cristall.*, 89 : 333-343.
- Brüggen, J. (1921): Informe geológico sobre el yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes del Sr. Santiago M. Merry. Santiago de Chile. Particular (inédito) 10 p.
- Brüggen, J. (1926): Segundo informe sobre las minas de lapislázuli de Ovalle. Particular (inédito), Santiago de Chile. 8 p.

**Tabla 2.** Descripción de las características de los principales yacimientos de lapislázuli en el mundo.

YACIMIENTO	DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
Sar-E-Sang Afganistán	Esta emplazado en una zona metamórfica en serie precámbrica de origen evaporítico.	Blaise y Cesborn, 1966. Wyart <i>et al.</i> , 1972. Kulke, 1976.
Lago Baikal Rusia	El lapislázuli se ubica en niveles calcáreos evaporíticos, afectados por metamorfismo regional de alto grado.	Korzhinski, 1947. Ivanov, 1976.
Isla de Bafin Canadá	El lapislázuli se encuentra asociado a rocas calcáreas evaporíticas afectadas por metamorfismo regional de alto grado.	Hogarth y Griffin, 1978. Hogarth, 1979.
Italian Montain Colorado, USA.	Pequeño yacimiento de lapislázuli cuya génesis esta asociada a metamorfismo de contacto.	Cunningham, 1976. Hogarth y Griffin, 1980.
Flor de los Andes Chile	Varias obras mineras a lo largo de una zona de metamorfismo de contacto y adición posterior de azufre.	Brüggen, 1921 y 1926. Zeballos, 1973. Cuitiño, 1986.



- Celis, L. (1990): El Lapislázuli elaborado y piedras afines. Santiago de Chile.
- Cuitiño, G.L. (1986): Mineralogía y génesis del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes, Coquimbo, Norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 27: 57-67.
- Cunningham, C.G.Jr. (1976): Petrogenesis and post-magmatic geochemistry of the Italian Mountain intrusive complex, eastern Elk Mountain, Colorado. *Geol. Soc. Am. Bull.* 87: 897-908.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1966): *Rock forming minerals*. Vol. 4, Longmans, Green and Co., London, UK, 435 p.
- Hogarth, D.D., Griffin, W.L. (1976): New data on lazurite. *Lithos*, 1: 39-57.
- Hogarth, D.D.; Griffin, W.L. (1978): Lapislazuli from Baffin Island; a Precambrian meta-evaporite. *Lithos*, 11: 37-60.
- Hogarth, D.D., Griffin, W.L. (1980): Contact-metamorphic lapislazuli; the Italian Mountain deposits, Colorado. *Can. Mineral.*, 18: 59-70.
- Hogarth, D.D. (1979): Afghanite; new occurrences and chemical composition. *Can. Mineral.*, 17: 47-52.
- Ivanov, V.G. (1976): The geochemistry of formation of the rocks of the lapislazuli deposits of the southern Baykal region. *Geochem. Int.*, 13 : 26-31.
- Korzhinski, D.S. (1947): Gisements bimetasomatiques de phlogopite et lazurite de l'Archéen de la région du lac Baikal. *Trudy Ins. Geol. Nauk, S.S.S.R.*, 29: 1-64.
- Kulke, H.H.G., (1976): Metamorphism of evaporitic carbonate rocks (NW Africa and Afghanistan) and the formation of the lapislazuli. *Congr. Geol. Int.*, 25, Resúmenes, Vol. 1, sec. 3: 131-132.
- Mpodozis, C. (1974): Geología de la Cordillera de Ovalle, provincia de Coquimbo, entre 30 20 y 30 55 lat. sur. Memoria de Título. Univ. Chile, Dpto. Geol., 191 p.
- Panczner, W.D. (1987): *Minerals of Mexico*. Van Nostrand Reinhold Company.
- Rivano, S. (1975): Reconocimiento geológico de las nacientes del río Grande (Alta Cordillera de Ovalle, entre los 30 50 y 31 20 Lat. sur, Provincia de Coquimbo). Memoria de Título. Univ. Chile, Dpto. Geol., 214 p.
- Rivano, S. (1980): Cuadrángulos D-86, Las Ramadas, Carrizal y Paso Río Negro, Región de Coquimbo. *Inst. Invest. Geol.*, Carta Geol. Chile, Nos. 41-44, 68 p.
- Strunz, H., Tennyson, C. (1970): *Mineralogische Tabellen, eine Klassifizierung der Mineralien auf Kristallchemischer Grundlage, mit einer Einführung in die Kristallchemie*. 5 edit. Akademische Verlagsges., Geest Porrtig, Leipzig, Alemania, 621 p.
- Wyart, J., Barriand, P., Philippi, F. (1972) : Le lapislazuli du Sar-e-Sang (Badakhshan, Afghanistan). *Rev. Geol. Phys. et Géolo. Dyn.*, 14: 443-458.
- Zeballos, J. (1973): Estudio geológico preliminar del yacimiento de lapislázuli de Río Tascadero, Ovalle. (ENAMI) (inédito) Santiago, Chile, 41 p.

