

IV CONGRESO GEOLOGICO CHILENO – AGOSTO 1985
Universidad del Norte – Antofagasta

3-22 NODULOS DE BORNITA EN LA GRANODIORITA PISAGUA.
AL SUR DE PISAGUA.

Sergio Espinoza R.*

Marco Carrasco G. *

R E S U M E N

En el batolito granodiorítico de Pisagua, se ha encontrado nódulos elipsoidales de tamaño entre 3 y 10 cm. constituidos por bornita y calcopirita.

Las rocas que contienen los nódulos tienen composición granítica, edad probable cretácica y se presentan inalteradas, sin mineralización en fracturas.

Junto a los nódulos se encuentran numerosos xenolitos cuya textura y composición mineralógica indican que provienen de la asimilación de rocas encajadoras de la granodiorita Pisagua.

Analizada la composición, petrografía, contenido de cobre de las rocas y las estructuras observadas en terreno se concluye que los nódulos con bornita son un caso especial de xenolitos. Los sulfuros de cobre provendrían de mineralizaciones preexistentes en volcanitas de la formación Oficina Viz. (Jurásico), que constituyen la roca encajadora del batolito.

* Departamento de Geociencias de la Universidad del Norte. Casilla 1280 Antofagasta, Chile.

A B S T R A C T

Ellipsoidal nodules formed by bornite and chalcopyrite, whose sizes range from 3 to 10 cm. have been found within the Pisagua granodiorite batholith (Lower Cretaceous) at Caleta Ojanza, 10 km. south of Pisagua.

The rocks containing the nodules are of granitic composition and the lack hydrothermal alteration. Near the nodule there are many xenoliths whose mineralogical composition indicates they were formed by assimilation of country rocks.

On the basis of petrographical studies, geochemical analyses (Cu, Rb, Sr, V) and structural fields observations it is concluded that the bornite and chalcopyrite nodules are a special type of xenolith.

The copper sulphide mineralization could have been derived from preexisting mineralization emplaced in the volcanic country rocks (Oficina Viz, Fm. Jurassic) which host the Pisagua granodiorite batholith.

I. INTRODUCCION

Unos 10 km. al sur de Pisagua (Fig.1), inmediatamente al sur de Punta Pichalo, han sido reconocidos nódulos de bornita y calcopirita en rocas intrusivas plutónicas (granodioritas y dioritas), no alteradas ni metamorfisadas.

El significado económico de estos nódulos es difícil de determinar en este momento, tanto por su distribución errática como por tratarse de un tipo de yacimiento aún no definido. Por otra parte, se plantea un interesante problema de génesis, cuyo análisis y probable solución son el objeto principal del presente trabajo.

II. MARCO GEOLOGICO

1.1 Rocas Estratificadas

A) Formación Oficina Viz: Esta unidad, tiene un espesor estima

do de 1.500 a 2.000 m., y está compuesta de rocas volcánicas, mayormente lavas andesíticas, con intercalaciones de brechas y areniscas volcánicas. Las lavas suelen ser vesiculares con cavidades rellenas de calcita y cuarzo, o también se presentan afaníticas con estructuras fluidales. En Quebrada Tiliviche, al norte de Pisagua, han sido descritas estructuras en almohadillas (Pillow lavas) (SILVA, 1977). Al microscopio presentan fenocristales de plagioclasa y piroxenos en una masa fundamental pilotaxítica de microlitos de plagioclasa, piroxeno y titanita.

La Formación Viz es correlacionable con la Formación La Negra (García, 1967), reconocida desde la latitud del río Loa hasta aproximadamente Taltal.

B) Formación Caleta Ligate: Esta formación está constituida por sedimentitas de aguas bajas y cuencas euxínicas que, en su parte basal, engranan con lavas de la Formación Oficina Viz y en su parte alta con rocas calcáreas de la Formación Huantajaya, de edad Bajociano Medio a Oxfordiano Superior.

En la base predominan brechas, areniscas volcánicas con intercalaciones de rocas calcáreas y silíceas con Reineckeia sp., las que engranan lateralmente con lavas. En la parte superior predominan lutitas negras finamente estratificadas con Posidonomia sp. y calizas oscuras con intercalaciones de lavas andesíticas (SILVA, op.cit.). En base a su fauna fósil es posible asignarle una edad entre el Bajociano Medio a Calcoviano Inferior.

No es clara la relación stratigráfica de esta formación con respecto a la Formación Oficina Viz, en el sentido de que esté sobreyaciéndola o más bien esté en una relación de interdigitación.

1.2 Rocas Intrusivas

A) Granodiorita Pisagua

Bajo esta denominación SILVA (1977) se ha referido al Batolito que se ubica al sur de Pisagua ocupando la parte noroccidental de la Hoja Pisagua (Carta geológica de Chile) con una extensión areal aproximadamente 450 kms²

Este batolito intruye a la formación Caleta Ligate de edad Bajociano medio a Caloviano inferior (THOMAS, 1970 in SILVA op.cit.), por lo que su edad inferida máxima es Jurásico Superior. Su composición es principalmente Diorítica-granodiorítica, si bien en la zona del presente estudio ha mostrado una composición más bien Granítica-granodiorítica con xenolitos.

II. ZONA CON NODULOS DE SULFUROS DE COBRE

En el sector de Caleta Ojanza, inmediatamente al sur de Punta Pichalo, la granodiorita Pisagua se presenta fresca, con una textura fanerítica de grano medio a grueso y algunos xenolitos oscuros. En el sector se observan numerosos diques lamprófiro y pegmatíticos que atraviesan a la granodiorita.

En algunos lugares los xenolitos suelen ser abundantes, de tamaños diversos y diferentes grados de evolución. En otros casos dan a la roca intrusiva un aspecto orbicular, con nódulos de tamaño relativamente homogéneo y muy cercanos unos de otros llegando a ocupar más del 50% de la roca en volumen (Fig. 1b). Muchos de ellos presentan un color verde debido a la impregnación superficial de sales de cobre, principalmente atacamita, crisocola y malaquita, derivada al parecer de sulfuros pre-existentes dentro de los xenolitos.

En algunos lugares se observa nódulos, con diámetro entre 3 y 10 cms, compuestos exclusivamente por sulfuros de cobre (bornita, calcopirita, calcosina y covelina).

La presencia de nódulos de cobre con respecto a los xenolitos estériles, es de un 20% en algunos puntos, llegando a veces a un 50%.

II.1 La Roca Huésped

La roca huésped fue mostrada en la cercanía y lejos de la zona nodular.

En ambos casos se ve bajo el microscopio una roca granítica de cristales bien desarrollados, textura hipidiomórfica granular, constituida por plagioclasa, ortoclasa, biotita, hornblenda, cuarzo y esca-

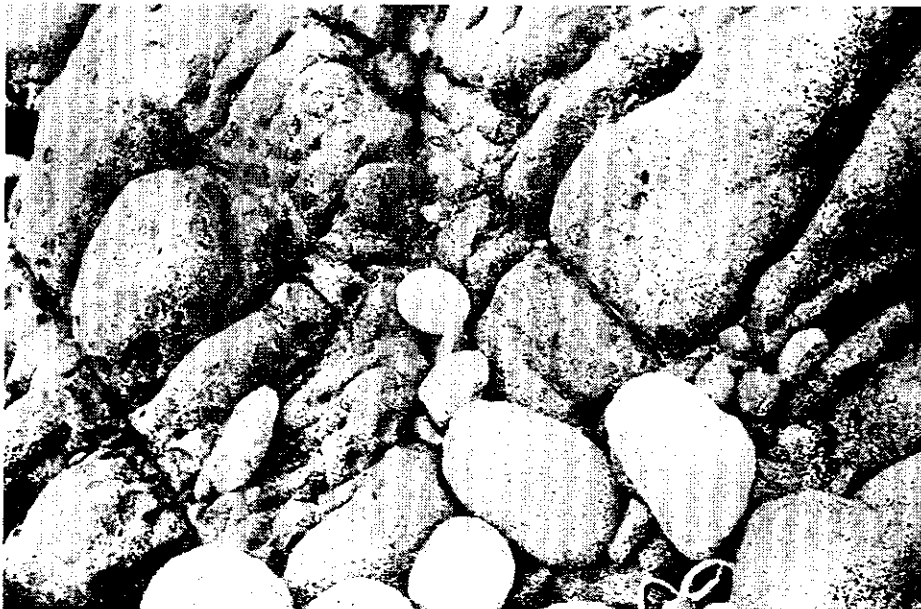


Fig. N°1

(a) Xenolitos en granito Pisagua.

(b) Xenolitos y nódulos de bornitas en granito Pisagua. Caleta Ojanza.

(a)



(b)

so piroxeno. La composición relativa de sus minerales varía desde el campo de los granitos a las granodioritas en el diagrama SRAKEISEN 1976 (Fig. 2).

La plagioclasa, en cristales de hasta 1 mm, se presenta a veces con bordes irregulares y un centro alterado a sericita. Otra, al parecer más póstuma, se presenta en cristales pequeños, no alterados y con un fino maclado polisintético. El promedio da una composición An14 (Oligoclasa). En algunos casos presentan inclusiones de opacos y apatita.

La ortoclasa, con muy pocas formas propias, generalmente obliterada y formando estructuras simplécticas con plagioclasa en sus bordes.

El cuarzo sin fracturas, ni extinción ondulosa y sin formas propias, es algo intersticial y tiende a constituir cúmulos de tendencia isométrica. Este mineral presenta abundantes inclusiones de apatita, rutilo y otras muy pequeñas no identificadas. En algunos casos se observó turmalina acicular y radial.

La biotita presenta formas tabulares bien desarrolladas, pero su color y clivaje son muy puros. Es fuertemente pleocroica, parda oscura en su máxima absorción y amarillo marrón en su forma más iluminada, normalmente está asociada a hornblenda y/o magnetita y rara vez alterada a una clorita de color pardo verdoso.

La hornblenda, muy pleocroica, de color verde intenso, pardo claro y amarillo marrón, y buen clivaje en secciones basales, está muy estrechamente relacionada a biotita, llegando a veces a presentar características similares a ésta, como extinción recta y color de interferencia bajo. Contiene además, inclusiones de piroxenos y magnetita. Los minerales máficos, en general, se presentan formando cúmulos o cadenas en donde hay piroxenos uralitizados, hornblenda, biotita, clorita y magnetita.

En la proximidad de los xenolitos la cantidad de piroxeno aumenta y disminuye la de ortoclasa.

El paso de la roca huésped a los xenolitos normalmente es transicional y sólo se advierte un cambio de textura; los cristales son más pequeños y los ferromagnesianos más alotriomorfos, con sus extremos redondeados. Aumenta ostensiblemente la cantidad de magnetita y piroxenos urutilizados y disminuye la biotita. En general, los ferromagnesianos llegan a ocupar más de un 30% en volumen. El cuarzo se torna más onduloso y la plagioclasa (oligoclasa) algo más cálcica, llegando al promedio a An_{20} .

Existe una distribución relativamente concéntrica y radial de los minerales en los xenolitos observados (cuyo tamaño medio es de 5cm). La textura es más desordenada y los cristales mayores de plagioclasas están cortados o invadidos por otros de cuarzo, plagioclasa o biotita. Especialmente abundantes son las inclusiones de magnetita en plagioclasa.

Los xenolitos opacos están constituidos casi exclusivamente de sulfuros de cobre, magnetita y escasos minerales propios de la roca huésped. En algunos nódulos se advierte una zonación desde el centro a la periferia; un núcleo de bornita parcialmente reemplazando a través de venillas por covelina, luego una zona de covelina y calcosina con magnetita diseminada y finalmente un halo de calcopirita. Hematita y limonita aparecen como minerales de oxidación de la magnetita, y en parte, de las especies fulfuradas; atacamita, malaquita y crisocola como oxidación de los minerales de cobre. Los minerales opacos constituyen un 80% de estos xenolitos, los que se distribuyen estimativamente en 36% de bornita, 2% de calcopirita, 4% de calcosina, 32% de covelina, 3% de magnetita y 2% de hematita-limonita. Los minerales primarios bornita y calcopirita se encuentran reemplazados por covelina y calcosina azul. La magnetita, también primaria, está parcialmente reemplazada por hematita.

IV. ORIGEN DE LOS NODULOS

El esquema de zonación en los minerales de mena, encontrado en algunos nódulos, podría ser bien explicado por un proceso de mineralización epigenética de bornita-calcopirita y su posterior reemplazo por cal-

cosina y covelina, en cavidades dentro del granito.

Por otra parte, desde un punto de vista meramente descriptivo, sin entrar en consideraciones petrológicas, la formación sinténico de estos nódulos en la masa granítica también sería una posibilidad aceptable.

Sin embargo, las observaciones de terreno y de secciones transparentes y pulidos de los nódulos, xenolitos y roca huésped nos han llevado a suponer que existe una relación genética entre los nódulos con bornita y xenolitos.

En zonas en que la roca llega a tener un aspecto orbicular, los xenolitos estériles en cobre tienen igual forma y tamaño, distribuyéndose erráticamente sin que medie ningún tipo de comunicación visible entre ellos (venillas, fracturas, vetas, etc.). Esto estaría indicando que los nódulos de cobre son un caso especial de xenolitos y su origen estaría vinculado a la génesis de estos últimos.

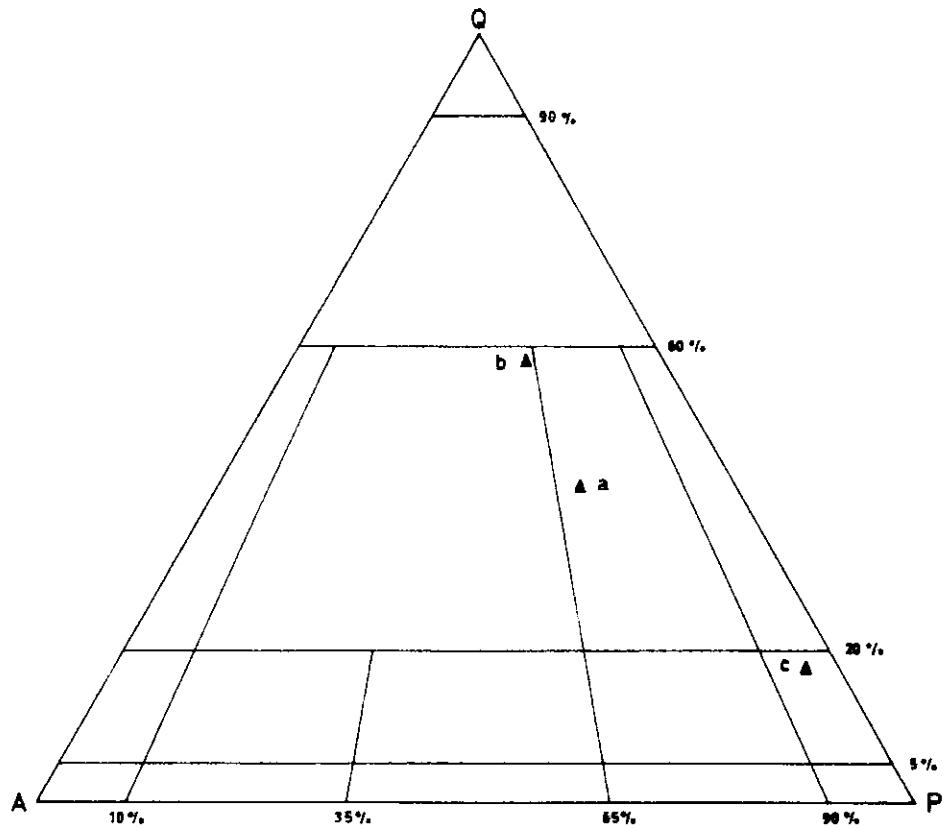
Las observaciones de terreno sobre xenolitos mayores inducen a pensar que estos provienen principalmente de rocas volcánicas andesíticas. Esto concuerda con la composición modal de los xenolitos estériles, que caen en el campo de las dioritas (Fig. 2).

Podemos suponer que las rocas intruídas que originaron los xenolitos hayan sido lavas andesíticas que pertenecieron a la Formación Oficina Viz, en las cuales haya existido mineralización de cobre.

El contenido de cobre dentro de los xenolitos mismos (muestra P-3) es bastante elevado lo que apoyaría esta suposición. (ver tabla 1).

El contenido de cobre encontrado para el granito Pisagua, en una muestra aproximadamente a 1 km. de la zona de los nódulos, fue de 39 ppm. (ver Tabla 1). Si bien este valor es alto respecto de los promedios mundiales (10 ppm, TAYLOR, 1964), pueden considerarse relativamente normal para los granitos chilenos.

FIG. Nº 2 DIAGRAMA APQ PARA ROCAS INTRUSIVAS DE PISAGUA



- a: Roca intrusiva de caja de xenolitos mineralizados.
- b: Roca intrusiva alejada de xenolitos mineralizados.
- c: Xenolito estéril

El promedio de 7 muestras de la facie de granodioritas con xenolitos del Batolito de la Costa en la zona de Tocopilla-Río Loa (PALACIOS Y ESPINOZA, 1982) es de 29,3 ppm, habiéndose encontrado valores de hasta 73 ppm.

TABLA 1

Muestra/Elemento (ppm)	Cu	Rb	Sr	V	N°Muestras
P - 1	39	64	287	129	1
P - 2	159	44	309	161	1
P - 3	233	32	416	258	1
T - 1	29	55	284	133	7
T - 2	154	30	338	264	7
CH - P2	19	112	206	-	
CH - J	34	48	340	-	
CH - K	29	82	379	-	

- P - 1 : Granito Pisagua alejado de la zona de nódulos.
 P - 2 : Granodiorita Pisagua en la zona de nódulos de cobre.
 P - 3 : Xenolito de la granodiorita Pisagua en la zona de nódulos.
 T - 1 : Granodiorita Tocopilla con xenolitos (PALACIOS Y ESPINOZA, 1982.)
 T - 2 : Diorita Tocopilla (PALACIOS Y ESPINOZA, 1982).
 CH - P2: Granitoides paleozoicos de Chañaral (#).
 CH - J : Granitoides jurásicos de Chañaral (#).
 CH - K : Granitoides cretácicos de Chañaral (#).

(#) : Comunicación verbal de Nelson GUERRA. Trabajo en preparación a presentarse al IV Congreso Geológico Chileno

La facie diorítica del mismo plutón arrojó un promedio de 154 ppm. Los granitoides cretácicos de la zona de Chañaral tienen 19 ppm de cobre y los jurásicos alcanzan un promedio de 34 ppm. (GUERRA, 1985; trabajo en preparación).



De esto se desprende que los valores encontrados para las muestras de granito y granodioritas de Pisagua no podrían ser interpretados como anómalos en cobre. La muestra tomada en la cercanía de los nódulos contiene más cobre (TABLA 1), pero aún está dentro lo normal para granodioritas cercanas al campo de las dioritas, aceptándose que podrían estar enriquecidas por efecto del material incorporado como xenolito.

Respecto a los otros elementos analizados como V, Rb y Sr (ver Tabla 1), los autores consideran que en general son también comparables con los encontrados en otros granitoides chilenos cercanos. Sería aventurado, en base a estos datos, hacer suposiciones respecto de condiciones petrogénicas especiales que explicasen de algún modo un enriquecimiento en cobre de una determinada facie magmática.

Considerando todo lo anterior, creemos que la alternativa de una mineralización preexistente en las volcanitas intruidas es la más aceptable para explicar el origen de estos nódulos ya que los abundantes xenolitos, que suponemos cogenéticos con los nódulos de bornita, se habrían originado a partir de las rocas encajantes (formación Oficina Viz).

Al respecto cabe señalar la posible correlación de estas rocas con las de la Formación La Negra, que afloran más al Sur. Aun cuando no se puede hablar de correlaciones estratigráficas y las edades de ambas formaciones son conocidas de un modo relativo, se puede presumir, en virtud de similitudes petrográficas y especialmente en el contexto paleogeográfico y geotectónico, que ambas series forman parte de los cordones volcánicos desarrollados al oeste de la cuenca marginal jurásica.

Desde este punto de vista, podría pensarse que la Provincia Metalogénica Jurásica de la Costa, descrita desde Taltal a Tocopilla (ESPINOZA y PALACIOS, 1982) podría continuar hacia el norte a través de serie volcánica Oficina Viz, ya que la génesis de los yacimientos de cobre componen esta provincia se supone ligada al propio volcanismo jurásico (RUIZ, 1965; ESPINOZA, 1981; PALACIOS y DEFINIS, 1981; ESPINOZA, 1982).

La existencias de los xenolitos con cobre al sur de Pisagua, aquí descritos y de mineralizaciones de cobre en lavas de la Cordillera de la Costa en la Primera Región, serían evidencias de apoyo a esta idea.

R E F E R E N C I A S

- ESPINOZA, S. 1981 Esbozo metalogénico del distrito Carolina de Michi-
lla, II Región, Chile. 1^{er} Coloquio sobre volcanismo
y metalogénesis Antofagasta. Depto. de Geociencias,
U. del Norte, Antofagasta, Chile.
- ESPINOZA, S. 1982 Definición del tipo "Diseminado infravólcanico de sul-
furos de Cobre" 3^{er} Congreso Geológico Chileno Tomo
II Depto. de Geociencias. U. de Concepción, Concepción.
- ESPINOZA, S. y PALACIOS, C. 1982 Metalogénesis de los yacimientos de co-
bre en la Cordillera de la Costa entre Taltal y Toco-
pilla, Chile. 5^o Congreso Latinoamericano de Geología
Argentina. III. 51-5.3
- GARCIA, F. 1967 Geología del Norte Grande. ENAP. Chile.
- PALACIOS Y DEFINIS 1981 Petrología del Yacimiento Buena Esperanza, II
Región Chile. 1^{er} Coloquio sobre volcanismo y metalo-
génesis. Depto. de Geociencias Antofagasta, Chile.
- PALACIOS Y ESPINOZA, S. 1982 Geología del Complejo plutónico de la Cor-
dillera de la Costa entre Tocopilla y Río Loa, Nor-
te de Chile. 3^{er} Congreso Geológico Chileno Tomo II
D154-D171 Universidad de Concepción. Concepción.
- RUIZ et.al, 1965 Geología y Yacimientos metalíferos de Chile. IIG.
(Sernageomin) Chile.
- SILVA, L.I. 1977 Hoja Pisagua y Zapiga 1^a Región Carta Geológica de
Chile (1:100.000) N°24 IIG.
- STRAKEISEN, A. 1976 To each phutonic rock its proper name. Earth Sci.
Rev. 12:1-33.
- TAYLOR, R.S. 1964 Abundance of Chemical elements in the Continental
crust V 28p 1280 Geochim et Cosmochim Acta.