

CAPITULO 5 YACIMIENTOS E INDICIOS DE MINERALIZACION*

Los yacimientos de esta área son los de fisuras rellenas de minerales polimetálicos que se formaron metalogenéticamente en relaciones íntimas con actividades volcánicas del período Terciario. En el suelo superficial, los indicios de mineralización y alteración se desarrollan totalmente en dacita del Terciario y rocas piroclásticas dacíticas. Pero, la roca madre de vetas se componen, en el orden desde la parte inferior de las vetas, de alternancia de arenisca y pizarra del sistema Ordovícico y rocas piroclásticas y dacita del Terciario. Las bonanzas tienden a desarrollarse en el Ordovícico.

En el área investigada están en operación las minas Animas y Siete Suyos. Y la mina Gran Chocaya está todavía en la etapa de exploración de interior mina. Estas minas se componen de muchas vetas paralelas de diferentes escalas. Por consiguiente, para averiguar los rumbos de estas muchas vetas, hemos hecho un diagrama de rosa. Los mapas de yacimientos utilizados para esto son del Niv. 302 de Animas-Siete Suyos y del Niv. 132 de Gran Chocaya. A fin de reflejar la escala de cada veta en el diagrama de rosa, tomamos la longitud de 200 m como una unidad, o sea, una veta que tenga 400 m de largo sin que se cambie el rumbo se trata como dos vetas, e igualmente, una de 600 m se calcula como tres vetas. Por otra parte, en caso de que una veta se cambia el rumbo en cierto punto y continúa unas decenas de metros, y se cambia otra vez el rumbo, este espacio también se trata como una veta. Consecuentemente las vetas objetivas son 82 en total. Mostramos la distribución de frecuencias y el diagrama de rosa en la Fig. 7.

* Véanse Figs. 7 y 8, Tablas 2-1 y 2-2, A-5-2, Pls. 5, 6, 7 y 9.

Tabla 2-2 Lista de las Vetas de Interior de la Mina Gran Chocaya

Nombre de Veta	Nivel	Rumbo	Buza- miento	Longitud (m)	Ancho de veta (cm)	Resultados de análisis				Minerales componentes
						Sn %	Ag %	Pb %	Zn %	
Veta Nueva	Ni132	N40°E	80°N	230	100	0.07	0.013	3.09	12.31	py, sp, mar, gn, qz, po, asp, cp
Ramo de Veta San Bartolomé	"	N40°E	70°N	90	5	0.05	0.010	4.70	8.02	py, gn, arp, po, cas, sp, mag, bx
Veta San Bartolomé	"	N45°E	70°S	20	5	0.10	0.009	1.20	1.14	sp, gn, py, mar, bo, qz
Veta Inocentes	"	N35°E	80°N	70	5	0.10	0.263	36.64	5.74	gn, py, mar, sp, ang
Veta San Carlos	"	N50°E	60°N	90	5	0.10	0.013	2.30	38.16	sp, py, po, gn
Veta Talodoro	"	N50°E	80°N	20						
Veta San José	"	N60°E	70°N	20	3					
Veta Clarines	"	N45°E	85°S	20						
Ramo de Veta Nueva	"	N75°E	80°S 80°N	70	3					

cp : Calcopirita

td : Tetraedrita

sp : Esfalerita

stan : Estannina

cs : Casiterita

fc : Franckeita

can : Canfieldita

pr : Pirargirita

sid : Siderita

may : Magnetita

gn : Galena

ang : Anglesita

jm : Jamesonita

bo : Bournonita

cab : Carbonato

py : Pirita

asp : Arsenopirita

mar : Marcasita

po : Pirrotina

bx : Bixbyita

ser : Sericita

qz : Cuarzo

Rumbo	Frecuencia	Frecuencia (%)
0° - 10°		
11 - 20	1	1.22
21 - 30	2	2.44
31 - 40	20	24.39
41 - 50	27	32.93
51 - 60	19	23.17
61 - 70	11	13.41
71 - 80	2	2.44
81 - 90		
91 - 100		
101 - 110		
111 - 120		
121 - 130		
131 - 140		
141 - 150		
151 - 160		
161 - 170		
171 - 180		
Total	82	100.0

Distribución de frecuencias por rumbos de vetas en el área de Gran Chocaya

Diagrama de rosa de los rumbos de Vetas en el área de Gran Chocaya

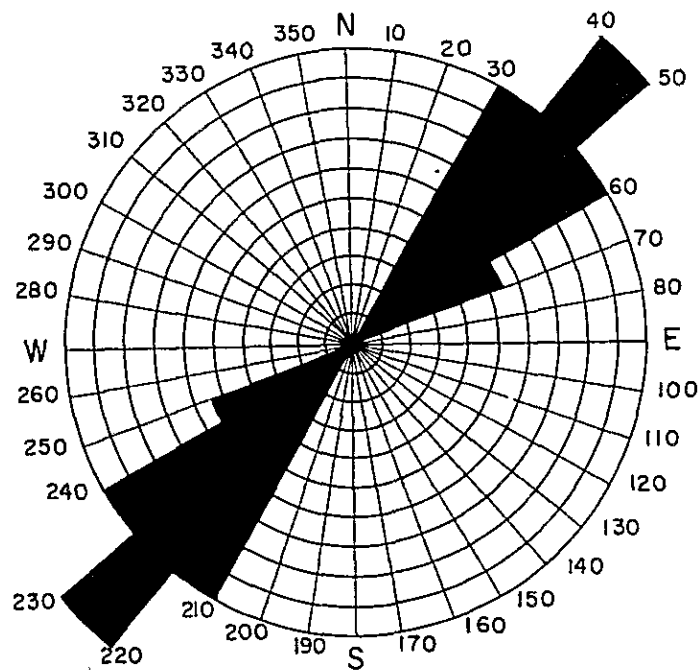


Fig. 7 Explicación del diagrama de rosa de los rumbos de las vetas en el area de Gran Chocaya

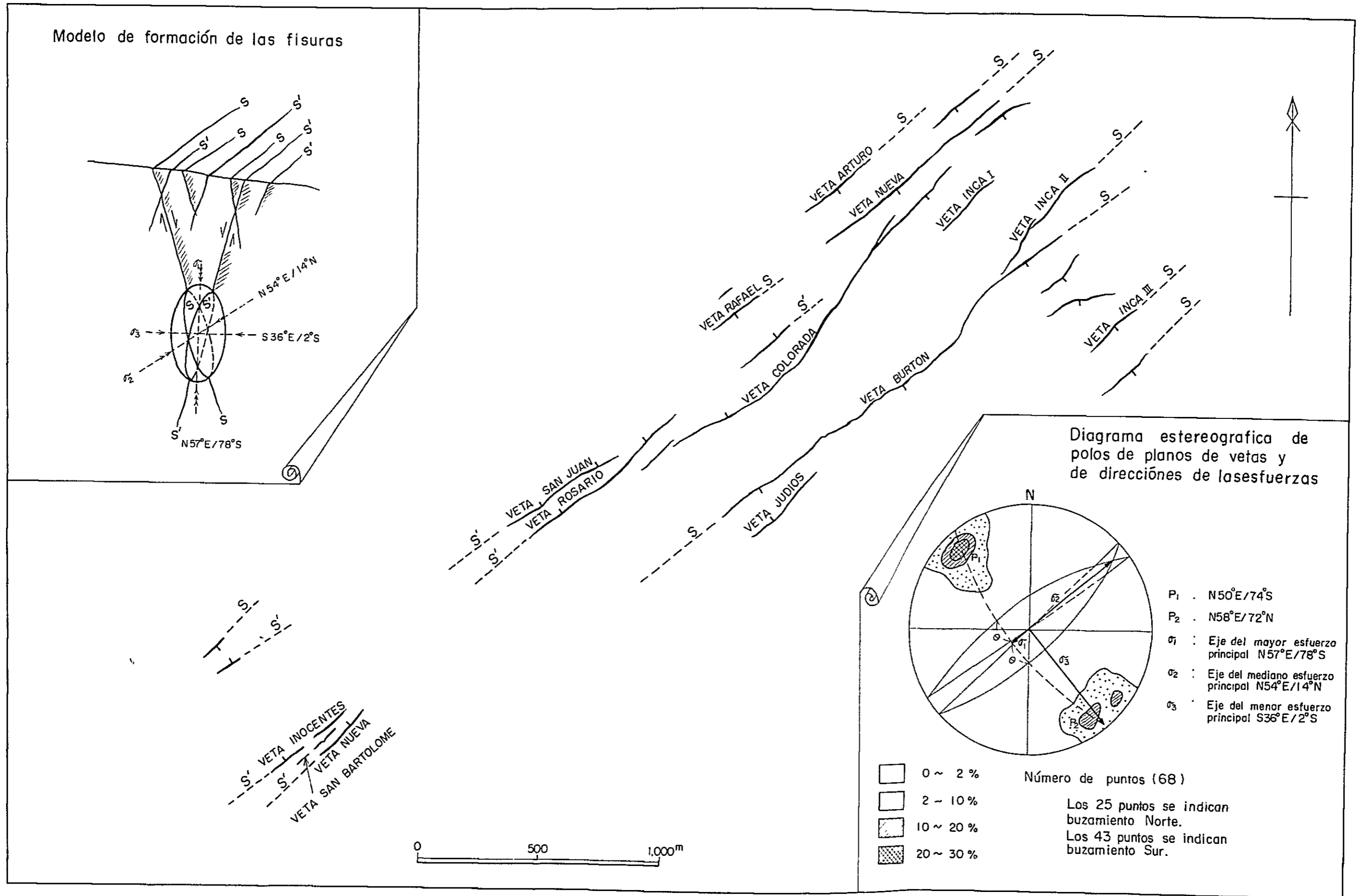


Fig. 8 Modelo de vetas

Tabla 2 Listas de Vetas

Tabla 2-1 Lista de Vetas Principales de la Mina de Animas-Siete Suyos

Nombre de veta	Nivel	Rumbo	Buzamiento	Longitud (m)	Ancho de veta (cm)	Minerales componentes
Veta Colorada	Ni302	N45°E	75°S	2,000	150	py, cas, gn, qz, stan, bo, asp.
Veta Inca I	"	N45°E	80°N	750	10	Py, sp, gn, cp, td, qz
Veta San Juan	"	N55°E	80°N	500	60	sp, gn, qz
Veta Rosario	"	N50°E	80°N	760	60	sp, gn, qz, py, arp, cas, stan, cp, cab, td
Veta Burton	"	N50°E	80°S	1,800	60	gn, sp, cas, asp, py, fc, can, ang, jm, qz, Aq-Sn-Pb-Sb
Veta Arturo	"	N50°E	65°S	400	20	py, sp, stan, jm, gn, qz, fc
Veta Judíos	"	N40°E	70°N	400	30	py, sp, gn, asp, td
Veta Inca II	"	N40°E	80°S	700	40	sp, gn, sid
Veta Nueva	"	N55°E	70°S	1,000	100	py, sp, gn, fc, jm, qz
Veta Salvadora	"	N50°E	70°S	250	50	
Veta Rafael	"	N50°E	80°S	150	30	stan, sp, cas, qz, py
Veta Animas	"	N40°E	80°S	250	60	
Veta Inca IV	"	N40°E	70°S	150	10	
Veta Inca V	"	N80°E	70°S	250		
Veta Inca VI	"	N50°E	75°S	200	80	gn, fc, sp, py, asp, stan, qz, cas
Veta Inca III	"	N50°E	65°S	150		py, sp, gn, fc, pr, sid

Pr : Pirargirita
sid : Siderita
may : Magnetita
gn : Galena
any : Anglesita
jm : Jamesonita
bo : Bournonita
cp : Calcopirita
td : Tetraedrita
sp : Esfalerita
stan: Estannina
cs : Casiterita
fc : Franckeita
can : Canfieldita
cab : Carbonato
py : Pirita
asp : Arsenopirita
mar : Marcasita
po : Pirrotina
bx : Bixbyita
ser : Sericita
qz : Cuarzo
Ag-Sn-Pb-Sb: Mineral de sulfosales de Ag-Sn-Pb-Sb

* Por la Fig. 8 Modelo de vetas, calculamos los promedios de rumbos y promedios de buzamientos, y prolongaciones de cada veta.

Se adopta el máximo ancho de veta de la Fig. 8 Modelo de vetas.

En cuanto a una parte de minerales componentes, véase Geological Report on Siete Suyos - Animas Properties of Corporación Minera de Bolivia.



Conforme a las direcciones de sus rumbos, dichas vetas se distinguen aproximadamente en los siguientes cuatro sistemas:

	Cantidad de vetas	Proporción
① Sistema N31° ~ 40°E	20	24.4%
② Sistema N41° ~ 50°E	27	32.9%
③ Sistema N51° ~ 60°E	19	23.2%
④ Sistema N61° ~ 70°E	11	13.4%

Sin embargo, las vetas de gran escala, como Colorada, Burton, Rosario, San Juan, Arturo, etc., aun en una veta se cambia el rumbo según los lugares, por lo cual se puede decir que tales vetas tienen dichos cuatro sistemas en combinación. Mientras tanto, las vetas de escala relativamente pequeña, como Inca IV y Inca V, también tienen combinación de dos o tres sistemas. Consecuentemente como se aclara en el diagrama de rosa, el sistema más predominante en esta área es N41° ~ 50°E. La longitud de la veta Colorada, que tiene la escala más grande, alcanza a 2,000 m en la dirección de rumbo. En cuanto a la parte inferior de las vetas, las vetas Burton e Inca VI ya están explotadas actualmente hasta el Niv. 780 y todavía mantienen mineralización potente. La anchura de vetas se varía mucho entre vetas diferentes y aun en una veta misma. Especialmente en una parte de bonanza de la veta Colorada, su ancho alcanza a 150 cm. Muchos grupos de vetas de varias escalas presentan rumbos casi paralelas en la dirección NE-SO, pero en cuanto al buzamiento, cada una se buza abruptamente con inclinación de 65° ~ 85° en la dirección Noroeste o Sudeste, como se muestra en la Fig. 8. La escala de las vetas principales en el Niv. 302 de Animas-Siete Suyos y en el Niv. 132 de Gran Chocaya se presenta en las Tablas 2-1 y 2-2.

Los minerales componentes son diversos y se caracterizan especialmente por la producción de minerales estanníferos y argentíferos. Los minerales

que ya están reconocidos actualmente son: Calcopirita (CuFeS_2), Tetraedrita ($(\text{CuFe})_{12}(\text{SbS}_3)_4\text{S}_{6-1}$), Galena (PbS), Jamesonita ($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$), Esfalerita (ZnS), Casiterita (SnO_2), Estannina ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$), Pirargirita (Ag_3SbS_3), Franckeita ($\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$), Bismutita (Bi_2S_3), Pirita (FeS_2), Arsenopirita (FeAsS), Siderita (FeCO_3), Anglesita (PbSO_4), Bournonita (PbCuSbS_3), Canfieldita (Ag_6SnS_6), Marcasita (FeS_2), Pirrotina (Fe_{1-x}S), Bixbyita (Mn_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4) y minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio. Mientras, como minerales de ganga, se observan cuarzo, minerales de carbonato y sericita.

Por la presente investigación especialmente se descubrieron en la veta Burton canfieldita y unos minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio que contienen mucha cantidad de plata. Estos minerales de sulfosales se descubrieron por EPMA, pero como todavía no hemos efectuado el análisis cuantitativo de cada componente, no se identifican los minerales propios. Sin embargo, gracias al descubrimiento de dichos minerales argentíferos, se aclara más detalladamente el estado de presencia de plata en las vetas de esta área investigada. (Véase A-5-2)

Aunque existen muchas vetas, en la presente investigación sacamos muestras de 12 vetas pequeñas y grandes en total, sobre las cuales hemos efectuado la observación microscópica y el análisis químico. Estas muestras se componen macroscópicamente de minerales metálicos de galena, esfalerita y pirita; microscópicamente, de minerales argentíferos y estanníferos, marcasita y minerales de hierro y manganeso óxidos. A base de la combinación de dichos minerales, las vetas arriba mencionadas se podrán clasificar resumidamente como lo siguiente:

- ① Veta que se compone principalmente de galena y esfalerita, y acompaña minerales argentíferos y estanníferos (Veta Burton);
- ② Veta que se compone principalmente de galena y esfalerita, y acompaña

minerales estanníferos (Veta Inca VI);

③ Veta que se compone principalmente de galena y esfalerita, y acompaña un poco de minerales estanníferos y minerales de hierro y manganeso óxidos (Ramo de la veta San Bartolomé);

④ Veta que se compone principalmente de galena y esfalerita, y no acompaña minerales estanníferos (casi todas las vetas del área Gran Chocaya);

⑤ Veta que se compone principalmente de pirita, y acompaña minerales estanníferos (Vetas Rafael, Rosario y Colorada), y

⑥ Veta que se compone principalmente de pirita, y no acompaña minerales estanníferos (Veta Nueva del área Gran Chocaya).

De acuerdo con los resultados del presente muestreo, se observan minerales argentíferos y estanníferos generalmente, con unas excepciones, en el área Animas-Siete Suyos, mientras tanto que en el área Gran Chocaya, aunque la plata existe en común y se reconocen unas partes de alta ley por el análisis químico, incluso en estas partes no se reconocen minerales argentíferos. Referente a los minerales estanníferos, en el área Gran Chocaya, sólo una muestra lleva un poco de casiterita. Por consiguiente, se clasifica aproximadamente en el área Gran Chocaya y en el área Animas-Siete Suyos conforme a sus minerales componentes, o sea, la presencia de minerales estanníferos.

Según los resultados de la observación microscópica de secciones pulidas, entre los minerales diversos, no se encuentra diferencia evidente del período de cristalización. Además, coexisten minerales estanníferos formados en condición de temperatura relativamente alta y marcasita primaria formada en temperatura relativamente baja. Por consiguiente, se considera que las vetas de esta área investigada se formaron en poca profundidad con temperatura alta. En la presente investigación, no

pudimos realizar el muestreo sistemático en la dirección vertical de una misma veta y la averiguación detallada de sus minerales paragenéticos. Sin embargo, según la observación microscópica de las muestras sacadas en los Nivs. 661, 700, 740 y 780 de las vetas Inca VI y Burton, aunque éstas fueron sacadas irregularmente, no se observa la variación de combinación de minerales paragenéticos entre la parte superior y la inferior de cada veta.

En lo que se refiere a indicios de mineralización en el suelo superficial, éstos casi no se observan en forma concreta de vetas, excepto unas vetas estériles de cuarzo, lo cual sugiere que la mineralización no alcanzó hasta la presente superficie. Sin embargo, silicificación y descoloración de rocas observadas en el suelo superficial se distribuyen ampliamente rodeando el área donde se desarrollan las vetas, y su distribución plana tiende a extenderse a lo largo de la dirección del rumbo de vetas aproximadamente. Además, en la superficie del área afectada fuertemente por descoloración donde se desarrollan las vetas, debido a la alteración por mineralización, la plagioclasa contenida en dacita y rocas piroclásticas parcialmente dacíticas está extintiva, y aun cuando se conserva, su cantidad es muy poca.

Las actuales vetas eran pasos de solución metálica, y al mismo tiempo, servían como espacios para la precipitación de minerales. Se considera que las vetas se formaron dentro de fisuras de cizalla juzgando por ocurrencias de los contactos entre la roca madre y las vetas, estructuras dentro de las vetas, presencia de arcilla de falla, existencia de muchas vetas paralelas y extensión larga de las vetas en la dirección de su rumbo, sobre lo cual se describirá en adelante.

Fuera del área de investigación detallada, también se observan zonas alteradas que acompañan descoloración y silicificación en muchas partes de

dacita y rocas piroclásticas dacíticas posadas encima de la formación Quehua. Referente a la lava de dacita de Animas que se distribuye ampliamente rodeando Animas, casi la mitad del Sur de su difusión se halla fuera del área de investigación detallada. En esta parte se reconoce la alteración bastante fuerte, y también se comprueba la presencia de minas abandonadas. Por consiguiente, es necesario averiguar la posibilidad que tengan zonas alteradas de dicha parte por algún método en el futuro. En el área de investigación semidetallada, al Norte de Rancho Lupijara cerca del extremo Sudeste del área de investigación detallada, se hallan dos minas abandonadas, donde se encuentran vetas de cuarzo y de limonita. Especialmente las vetas de cuarzo son tan anchas como 1.0 m. Las leyes de estas vetas de cuarzo son Sn 0.05%, Ag 0.001%, Pb 0.1% y Zn 0.49%. Sus rumbos son N70°E y N80°E. En el área de investigación detallada, el indicio de mineralización encontrado a unos 1.5 km al Norte de Cerro Pabellón también indica la dirección Este-Oeste. Comparando con las vetas del área Animas-Siete Suyos que pertenecen, como se ha mencionado antes, al sistema NE-SO, las vetas situadas dispersadamente al Sudeste de Siete Suyos pertenecen al sistema Este-Oeste, o sea, presentan rumbo diferente. Como consecuencia, se presume que las vetas posteriores pertenecen a otro sistema de fisuras. En la alternancia de arenisca y pizarra del sistema Ordovícico, se encuentran dispersadas unas vetas de cuarzo del color lechoso, y algunas de éstas tienen unos 20 cm de ancho. Pero éstas se componen de cuarzo absolutamente estéril, por lo cual se considera que no tienen ninguna relación con la mineralización polimetálica del área investigada.

The following table shows the distribution of responses for each question. The percentages are based on the total number of respondents for each question. The data is presented in a clear and concise format, using bold text for the question number and the percentage values.

Question	Response 1	Response 2	Response 3	Response 4	Response 5
Q1	15%	30%	20%	30%	15%
Q2	10%	25%	35%	20%	10%
Q3	20%	15%	30%	25%	10%
Q4	10%	20%	35%	25%	10%
Q5	15%	30%	25%	20%	10%
Q6	10%	25%	30%	20%	15%
Q7	20%	30%	25%	15%	10%
Q8	15%	25%	35%	20%	5%
Q9	10%	20%	30%	25%	15%
Q10	20%	30%	25%	15%	10%

PARTE II
INVESTIGACION
GEOLOGICA DETALLADA

CAPITULO 1 SELECCION DEL AREA DE INVESTIGACION

La investigación geológica semidetallada se efectuó en una extensión de 280 km² abarcando la zona de difusión de rocas volcánicas y piroclásticas y su alrededor, la cual, según se consideraba, tendría relación íntima con la presencia de yacimientos. Esta investigación se realizó cubriendo dicha área amplia para encontrar zonas que presentaran indicios de mineralización y yacimientos, y consecuentemente, para seleccionar una área que se deberían explorar más detalladamente. A base de los resultados de dicha investigación y el arreglo de negociaciones previas con la parte boliviana, se decidió la efectuación de la investigación detallada en una extensión de 30 km² que abarcaba las áreas Gran Chocaya, Animas y Siete Suyos. Las razones principales de esta selección son como lo siguiente:

- (1) Según los resultados de la investigación semidetallada, la mineralización y alteración se observan sólo en el área donde se distribuyen dacita y toba brecha dacítica. En los sistemas Terciario, Cretácico y Ordovícico que rodean las dos rocas anteriores, casi no se observa desarrollo de zonas mineralizadas o alteradas.
- (2) Aun en el área donde se distribuyen rocas volcánicas, las zonas que presentan indicios prometedores de mineralización son Animas, Siete Suyos y Gran Chocaya. Fuera de éstas, se observan indicios en dos o tres puntos del flanco Este de la zona de difusión de dacita de Animas. Pero son débiles en todos los puntos, y éstos no son dignos de explorarse.
- (3) Según la investigación semidetallada, fisuras de cizalla se desarrollan predominantemente con dos sistemas de rumbo y buzamiento; N 50°E, 74°S y N 58°E, 72°N. Las zonas mineralizadas o alteradas se difunden controladas por estas fisuras. Tal fenómeno se continúa desde los alrede-

dores de Siete Suyos hacia Gran Chocaya pasando por Animas.

(4) La COMIBOL esperaba la efectuación de investigación detallada en los alrededores de Gran Chocaya que coincidían con la parte extendida de los yacimientos ya desarrollados de Animas, a fin de explorar asiduamente esta área y consecuentemente explotar yacimientos nuevos.

(5) Las áreas prometedoras, por ejemplo el área Gran Chocaya, se ubican en la parte prolongada de los yacimientos ya explotados, por lo que para el análisis de mineralización y mecanismo de formación de fisuras en dichas áreas, es indispensable la investigación de la parte ya desarrollada. Por consiguiente, el área de investigación detallada se seleccionó cubriendo todas las áreas prometedoras inclusivamente la parte ya explotada.

(6) En las minas Animas y Siete Suyos, se exige actualmente la explotación de su parte inferior. La investigación de la parte ya desarrollada puede servir como orientación para la exploración de la parte inferior.

En esta investigación detallada especialmente se efectuó el muestreo sistemático de rocas en el suelo cruzando rectangularmente la zona mineralizada de los yacimientos ya reconocidos. A base del análisis por rayos-X de estas muestras, se efectuaron examen de minerales alterados y clasificación de zonas alteradas a fin de seleccionar partes objetivas de exploración más detallada e inventar métodos eficaces para explorar estas partes.

CAPITULO 2 RESULTADO DE LA INVESTIGACION

2-1 Resumen sobre la geología (Véanse Pls. 3-1, 3-2 y 4)

En el área de investigación detallada, la geología se compone principalmente de rocas piroclásticas y lavas de dacita de la época Miocena.

Las rocas sedimentarias, tales como el sistema Ordovícico, la formación Quehua del Terciario, se distribuyen sólo en el centro de la parte Norte de dicha área. El Ordovícico se difunde con eje de pliegue del sistema NOO-SEE en partes estrechas de ambas orillas del Río Chocaya. La formación Quehua, que cubre directamente el Ordovícico, presenta distribución estrecha en la presente área, y esta formación no se encuentra en la parte central de difusión de rocas piroclásticas y lavas de dacita.

Referente a las rocas piroclásticas y dacita que se observan en esta área, se encuentran esparcidamente afloramientos alterados de dacita de Animas, toba brecha de Gran Chocaya y toba del Cerro Negro Pozo.

También se encuentran unas minas abandonadas dentro de esta área. Según la investigación en el campo, no se observan zonas alteradas por mineralización en el Ordovícico y la formación Quehua de esta área.

2-2 Rocas sedimentarias

En el área de investigación detallada, se afloran solamente alternancia de arenisca y pizarra del antes mencionado sistema Ordovícico y tobas de la formación Quehua en una área estrecha.

El Ordovícico presenta facies sedimentaria del tipo "flysh" por la disposición alternante rítmica de arenisca y pizarra. Este sistema presenta rumbo del sistema entre NEE-SOO y NOO-SEE. Su buzamiento es suave en el Norte y comparativamente empinado en el Sur, por lo que se presume la presencia de buzamiento inclinado.

La formación Quehua se observa sólo en el Norte de Agua de Castilla y alrededor del cementerio de Siete Suyos. En la presente área esta formación se compone de toba de granos finos del color gris claro o blanco grisáceo amarillento claro. Esta toba presenta buzamiento casi horizontal, por lo cual se considera que ésta se cayó y se sedimentó directamente sobre el plano de discordancia, sin relación ninguna con el Ordovícico que se sitúa en su parte inferior. En cuanto a su litofacies, aunque se hallan intercalados estratos de toba lapilli y partes tobáceas comparativamente abundantes en fragmentos de cuarzo, la mayoría de estratos componentes de esta formación se compone de fragmentos medianos ~ finos de toba. En cada estrato casi no se observa estructura laminada o gradada, por lo cual consideramos que no es sedimento acuático.

Se reconoce que el sistema Ordovícico se distribuye ampliamente aun en el interior de las minas Gran Chocaya, Animas, etc. situadas en la parte central del área de investigación detallada, mientras no es clara la distribución de la formación Quehua en interior mina.

En lo que se refiere a dicho fenómeno, sin embargo, consideramos que esta formación no faltaba desde el principio, sino que ésta no se observa, por haberse perdido debido a las actividades volcánicas posteriores, en el centro de dicha área donde se difunden rocas volcánicas y piroclásticas del período Terciario. Dichas actividades volcánicas naturalmente destruyeron unas partes del sistema Ordovícico, cuyos fragmentos se observan como los accidentales en toba brecha y toba lapilli situadas continuamente a éste. Pero no se encuentran fragmentos de la formación Quehua en rocas piroclásticas según la observación en el campo. Esto se debería a que esta formación se destruyó cuando todavía no estaba solidificada después de haberse sedimentado, y que posteriormente ocurrió una serie de actividades volcánicas en esta área.

En la presente área no están alterados ni el sistema Ordovícico ni

la formación Quehua. Referente a rocas piroclásticas originadas por las actividades volcánicas, se describirá a continuación.



2-3 Rocas volcánicas y piroclásticas

En el presente informe, considerando que rocas piroclásticas difundidas en el área de investigación detallada se formaron por una serie de actividades volcánicas que acompañan lavas de dacita de Animas y de Cerro Khumullani, describimos en este párrafo sobre rocas volcánicas y piroclásticas conjuntamente.

En esta área están difundidas concentradamente todas las rocas volcánicas y piroclásticas y todos los diques que se observan en el área Gran Chocaya. Las rocas volcánicas presentan la más amplia distribución en esta área, y se observan lavas de dacita de Animas y de las partes inferior y superior de Cerro Khumullani. Especialmente la mayor parte del área está ocupada por lava de dacita de Animas.

Lava de dacita de Animas: El espesor de esta lava se considera como más de 500 m, o sea, el espesor más grande en todas las rocas volcánicas. Aunque el espesor se debería a la erupción de repetidas veces, como no se observan diferencias por cada erupción y efusión, se trata en conjunto. La litología es compacta y dura, y rara vez se observan poros de gas. En general presenta color gris verdoso azulejo ~ gris purpúreo. Esta lava constituye topográficamente acantilados escarpados, pero la diaclasa no está desarrollada claramente. Por la observación microscópica, los minerales fenocristales principales son cuarzo, anortoclasa, plagioclasa, hornblenda común y biotita. La matriz presenta textura intersertal compuesta principalmente por plagioclasa y vidrio. Según el resultado de investigación de minerales alterados conforme a la difracción por rayos-X, la dacita de Animas está afectada por las alteraciones como la desaparición de plagioclasa, la formación de caolinita y la cloritización de minerales máficos. Esta lava estratigráficamente ocupa la parte superior como roca madre de yacimientos dentro del área de investigación detallada. Por consiguiente,

la mineralización y alteración de esta lava y la clasificación por cada unidad del interior de esta lava serán bastante útiles para la orientación de exploración de esta área.

Lava de dacita de la parte inferior de Cerro Khumullani: Está difundida en los flancos de Cerro Khumullani Chico, Cerro Negro Pozo y Cerro Atawani, situados en la parte Noroeste del área de investigación detallada. Se considera que esta lava y la de la parte superior son esencialmente idénticas. Sin embargo, según los resultados de la investigación detallada, dacita que tiene estructura autobrechosa se determina como la de estrato inferior. Esta lava es compacta y dura, y presenta color gris oscuro verdoso. Los minerales componentes son principalmente plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda común. La lava de Cerro Khumullani se caracteriza por la existencia de augita común que se contiene como mineral accesorio. No se observa la alteración en esta lava.

Lava de dacita de la parte superior de Cerro Khumullani: Está difundida en el área de investigación detallada formando altas cumbres de Cerro Khumullani, Cerro Negro Pozo, Cerro Atawani, Cerro Pabellón, etc. En la parte Sudeste del área de investigación detallada, alrededor de Cerro Pabellón, no se observa desarrollo de estrato inferior de la misma, y se difunde la de estrato superior cubriendo directamente la lava de dacita de Animas. Sin embargo, en consideración también a la geología del área de investigación semidetallada, se juzga que no ocurrieron dos erupciones sucesivas de lava de diferentes litofacies; sino, después de la efusión de lava de dacita de Animas también ocurrieron actividades volcánicas que acompañaron erupción de rocas piroclásticas; pero, alrededor de esta área no se sedimentaron esas rocas piroclásticas; y llegó a presentarse la difusión que se observa en los perfiles geológicos del Pl. 4. Esta lava contiene característicamente augita común como mineral accesorio. Los

minerales fenocristales principales son plagioclasa, cuarzo, hornblenda común, biotita, etc. La matriz se compone principalmente de plagioclasa y vidrio volcánico. Se observa desarrollo de diaclasa de forma de tabla en esta lava. No se observan fenómenos que indiquen mineralización y alteración al igual que el estrato inferior, en la observación en el campo.

Toba brecha de Inocentes: Está difundida sólo en la parte estrecha al Norte-Central del área de investigación detallada, y presenta la litofacies igual que la de la localidad típica, o sea, de los alrededores al Oeste del cuadro Inocentes. Esta toba brecha se limita con el sistema Ordovícico por falla dentro de la mina Gran Chocaya, y sirve como roca madre para encajonar vetas. Esta toba brecha que está difundida en esta área es dura y contiene muchas brechas dacíticas. El tono de color es azul rojizo grisáceo. En esta toba brecha se observan también estratificaciones bastante gruesas. Así como toba lapilli de Rancho Candelaria, sobre la cual se describirá a continuación, esta lava contiene fragmentos accidentales del Ordovícico, y parcialmente se observan también fragmentos del Cretácico. Sin embargo, como estas lavas no tienen contacto directo, no es clara la relación mutua en la dirección vertical. Por otra parte, ambas lavas cubren la formación Quehua según la investigación en el campo, pero no se encuentra esta formación en interior mina.

Toba lapilli de Rancho Candelaria: Se difunde a lo largo del camino entre Siete Suyos y Telamayu, en el extremo Nordeste del área de investigación detallada. Esta toba lapilli presenta forma maciza sin estratificación, y contiene fragmentos accidentales. Se considera que esta toba lapilli se difunde continuamente hasta la parte central del área, debajo de lava de dacita de Animas tal como se observa en la sección de esta área, y llega a ser roca madre encajonante de vetas.

Toba brecha de Gran Chocaya: Se difunde al Oeste de Gran Chocaya y

presenta color blanco grisáceo ~ gris pardo claro. En general, esta toba brecha es de forma maciza sin estratificación, y contiene principalmente brechas dacíticas y también un poco de fragmentos de pizarra oscura. Esta roca está blanqueada por alteración en el suelo superficial en los alrededores de socavones abandonados. Es roca madre de la veta Atahualpa en el área Gran Chocaya. La zona de difusión de esta roca es una de las zonas donde se deberá explorar en el futuro, así como las zonas de difusión de toba brecha de Inocentes y toba lapilli de Belén Loma.

Toba de Rancho Lupijara: Es toba dacítica que se observa sólo en el extremo Sudeste del área de investigación detallada, y presenta color amarillo claro ~ gris claro. En esta roca del área de investigación detallada se observa estratificación con buzamiento suave. Sin embargo, no es clara la relación entre esta toba y la alteración acompañada por la mineralización.

Toba de Cerro Negro Pozo: Presenta distribución prolongada en la dirección NE-SO confinando con toba brecha de Gran Chocaya, brecha volcánica de Belén Loma y lavas de dacita. Totalmente es maciza, presenta color verde claro ~ gris verdoso claro, y es blanda. Se supone que está un poco afectada por alteración.

Brecha volcánica de Belén Loma: Se distribuye separadamente en los alrededores de Cerro Khumullani y de la cima de Cerro Torre Punta. Se compone principalmente de brechas accesorias dacíticas, las cuales alcanzan al tamaño grande de unos metros. Es compacta la matriz de dacita, de la que se componen brechas, y en esta matriz se observa característicamente biotita. Como los minerales fenocristales, se observan cuarzo, plagioclasa y biotita.

Brecha volcánica de Cerro Pabellón: Se encuentra sólo en los alrededores de la cima de Cerro Pabellón, en la parte Suroeste del área de

investigación detallada. Se considera que las propiedades y facies litológica son iguales que dicha brecha volcánica de Belén Loma, y es de forma maciza sin estratificación. Pero pensamos que se formó estratigráficamente por la actividad volcánica posterior a la efusión de la parte superior de la lava de dacita de Cerro Khumullani y que es la última roca piroclástica de esta área. No es claro el límite superior de este estrato.

En el área de investigación detallada, se observan diques y diques de brecha, aparte de dichas rocas volcánicas y piroclásticas. Sin embargo, estos diques son pocos en número y su escala es pequeña, por lo que no hemos podido encontrar ninguna relación entre los diques y la formación de yacimientos.

CAPITULO 3 YACIMIENTOS

3-1 Resumen sobre los yacimientos

3-1-1 Resumen (Véanse Pls. 3-1, 3-2 y 4-7, Tabla 2)

Referente a los yacimientos en el área de investigación detallada observan raramente afloramientos claros de veta en la superficie y los puntos inferidos como afloramientos de veta forman zonas alteradas, por lo tanto, es difícil la correlación con las vetas del interior de mina. Además las zonas alteradas en la superficie casi no contienen minerales metálicos y no se pudo conseguir datos para juzgar caracteres de vetas. Por consiguiente, hemos efectuado el estudio sobre los yacimientos basando en la investigación simple de interior mina, en el análisis sobre las muestras, en la experimentación en laboratorio y en los datos ofrecidos por la parte boliviana.

Los yacimientos en el área de investigación detallada son típicos yacimientos de fisuras rellenas. Se componen de vetas polimetálicas que incluyen cobre, plomo, cinc, plata y estaño. Los minerales componentes y sus combinaciones son muy complejos. La roca madre se compone de dacita del Terciario Neógeno, rocas piroclásticas de la misma propiedad y rocas sedimentarias del sistema Ordovícico, (las cuales se expresarán simplemente "rocas sedimentarias" en adelante).

Se funcionan la mina Animas y la mina Siete Suyos como mina principal, y en la mina Gran Chocaya de la parte Sudoeste de la presente área se está efectuando la exploración de galería. Entre dichas tres minas, en las minas Siets Suyos y Animas se explotan las vetas idénticas y se conectan por galerías. Pero todavía no están conectadas las minas Animas y Gran Chocaya, por lo que su relación directa todavía no está clara. En el momento actual en la mina Animas se efectúa el proyecto de galería para exploración en el

Niv. 302 hacia Gran Chocaya.

Se desarrollan muchas vetas paralelas de varios tamaños en esta área. En el área de Animas-Siete Suyos el avance de su exploración llega, en la dirección de rumbo de vetas, a unos 2,500 m; en la dirección de cruzarlas rectangularmente, a unos 1,900 m, y en la dirección vertical, al Niv. 780. Sin embargo, hacia la parte inferior todavía se continúa predominante mineralización.

En la mina Gran Chocaya la parte superficial se había explotado desde la época colonial española, pero el detalle no está claro. En el momento actual al Niv. 132 se efectúa la exploración por recorte y corrida, pero la roca madre se compone de dacita del Terciario y rocas piroclásticas de la misma propiedad, excepto en la parte donde se encuentran rocas sedimentarias del Ordovícico de una falla en la corrida Sur de la veta Inocentes.

El área afectada por la alteración hidrotermal incluso el alcance del grupo de vetas llega a unos 6 km en la dirección NE-SO pasando por Animas y llega a unos 5 km en la dirección de cruzar ésta rectangularmente, y además se observan zonas alteradas de pequeña escala y minas abandonadas en varias partes aparte de esta gran zona alterada. Esta fuerte zona mineralizada y alterada se limita en el área donde se distribuyen dacitas de Animas del Terciario y rocas piroclásticas de misma propiedad ambas situadas superiormente a la formación Quehua, y se muestra que la mineralización tiene íntima relación con la actividad volcánica ácida del Terciario. Pero verticalmente las vetas no se ubican sólo en las rocas volcánicas y piroclásticas del Terciario, sino más bien son predominantes en las rocas sedimentarias del Ordovícico. Esto significa que la mineralización relativa se deriva de las actividades ígneas del Terciario, pero que ha sido más conveniente por propiedades físicas dentro de las rocas sedimentarias del Ordovícico como lugar de precipitación de minerales metálicos.

En lo refiere a la geología en interior mina, se desarrollan rocas sedimentarias en la parte inferior, y se desarrollan tobas y dacitas del Terciario en su parte superior.

Estas dacitas y tobas están disminuyendo su alcance horizontal desde el suelo hacia la parte inferior, mientras el alcance de rocas sedimentarias está creciendo por el contrario. Como prueba de ello, las rocas sedimentarias que en el Niv. 302 ocupan 50% del alcance de la zona mineralizada confirmada por galerías, creciendo hacia inferior, en el Niv. 600 ocupan todo el alcance.

Dichas rocas sedimentarias presentan pliegues bastante fuertes, pero no se observan pliegues volcados. Como resultado del análisis de rumbo y buzamiento de dichas rocas en el lecho del Río Chocaya situado al Nordeste de Siete Suyos, tienen eje de pliegue de la dirección N 55°0, y buzamiento de 5° SE-NO. Con el estrato superior del Terciario conectan en forma de discordancia inclinada, y parcialmente se forman fisuras, cuyas relaciones se observan en varias partes de interior mina. Las rocas piroclásticas del Terciario se componen de toba, toba lapilli y toba brecha, y tobas dacíticas, que contienen parcialmente arenisca tobácea e incluyen varios fragmentos accidentales, aparte de fragmentos de dacita, cuya cantidad se varía bastante según la posición. En el recorte para la veta Burton del Niv. 302, casi no se observan fragmentos accidentales en las presentes rocas piroclásticas, por lo que es difícil distinguir macroscópicamente éstas de dacita. En el interior de la mina Gran Chocaya, las rocas piroclásticas contienen fragmentos accidentales de arenisca roja del Cretácico, por lo que se infiere el desarrollo de arenisca de este sistema contiguamente a la presente zona de investigación detallada. Sin embargo, por el momento actual el Cretácico que se encuentra en zonas de yacimientos por la investigación en el campo todavía no se ha comprobado ni en galerías ni por el sondeo por parte de la

COMIBOL. En la zona Animas - Siete Suyos, en interior mina todos los fragmentos accidentales se componen de arenisca y pizarra del Ordovícico, y no se observa nada de arenisca roja del Cretácico. Estas rocas piroclásticas generalmente tienen forma maciza sin estratificación, pero en el interior de la mina Gran Chocaya se reconoce plano de estratificación. Dichas rocas están totalmente afectadas por silicificación y blanqueamiento fuertes, pero se conservan cristales de cuarzo y fragmentos de éstos, aunque están un poco ensuciados. Su espesor varía de 0 ~ 100 m.

En la parte superior de dichas rocas hasta el suelo superficial, se desarrolla estrato grueso de dacita de Animas, el cual presenta color blanco ~ verde claro afectada por silicificación fuerte y alteración arcillosa comparativamente débil. Pero se conservan evidentemente fenocristales de cuarzo con diámetro de 3 mm. Los fenocristales de biotita están alterados bastante, y presentan colores transformados. Pero aun macroscópicamente se reconoce claramente su presencia. Las vetas se encajonan continuamente en dichas rocas sedimentarias y rocas piroclásticas y dacita pertinentes al Terciario. Según las referencias bibliográficas, en cuanto a las bonanzas dentro de las rocas sedimentarias, se define lo siguiente:

- (1) Las bonanzas se ubican donde las vetas cortan base y flanco de estructuras sinclinales situadas en las partes central y Nordeste de la zona de yacimientos.
- (2) Se ubican donde existen fallas que llevan muchas fisuras formadas por acción más efectiva.
- (3) Se ubican, salvo unas excepciones, a la distancia de unos 70 m del plano de discordancia entre las rocas sedimentarias del Ordovícico y la capa del Terciario.
- (4) Todas las bonanzas están controladas por fallas.

Sin embargo, referente a dichas conclusiones es necesario reconocerlas

efectuando en el futuro el análisis de geología estructural y vetas por la investigación detallada de interior mina. Aparte de las bonanzas en dichas partes, se reconoce la presencia de bonanzas de pequeña escala.

En las rocas sedimentarias del Ordovícico las vetas principales tienen forma ondulada o curvada más fuerte que en dacita o rocas piroclásticas dacíticas. Según lo que presumen las referencias bibliográficas, la variación de dicha ondulación extiende poros más fuertemente en las rocas sedimentarias blandas del Ordovícico; poros facilitan la infiltración de la solución de minerales, y consecuentemente, se forman bonanzas en éstos.

Como lo arriba mencionado, el área Gran Chocaya ocupa la parte Suroeste de la zona alterada grande, y en esta área se observan muchas minas abandonadas. Además, ésta se sitúa en la parte prolongada directamente al Suroeste del grupo de vetas de Animas - Siete Suyos, y ciertamente se reconoce una veta poderosa en el Niv. 132. Por consiguiente, se juzga que, por el momento actual, esta área tiene la prosperidad más grande dentro de la presente área de investigación. En cuanto a la exploración en interior mina, actualmente se efectúa sólo exploración por corrida y recorte en una parte limitada del Niv. 132. Además, la roca madre de vetas se compone totalmente, salvo unas partes, de las rocas del Terciario. Por eso, se estima que rocas sedimentarias del Ordovícico se desarrollan desde unos 30 m debajo de dicho nivel, y las bonanzas se esperan en estas rocas sedimentarias, así como el grupo de vetas de Animas - Siete Suyos.

En el futuro, el análisis sobre la presencia de bonanzas, por la investigación detallada en el interior de las minas Animas y Siete Suyos, es muy importante para la orientación sobre la exploración del área Gran Chocaya.

3-1-2 Descripción detallada de las vetas (Véanse Tabla 2, A-3, A-5-1, A-5-2, A-9, Pls. 8~10)

Dentro del área de investigación detallada, muchas vetas son explotadas y están en operación. Debido a su larga historia los datos sobre geología y yacimientos son escasos. Especialmente no existen datos sobre las partes superiores de las vetas en absoluto. Además datos sobre otras partes son pocas, y faltan datos sobre las generalidades. Describimos a continuación sobre ocurrencias de vetas y sus minerales componentes refiriendo a las vetas que tienen datos, o sea, Colorada, Rosario, Inca I, Inca II, Inca III, San Juan, Burton, Rafael, Arturo, Nueva y unas vetas del área Gran Chocaya, utilizando sus datos y los resultados de esta investigación.

(1) Veta Colorada

Esta veta es la más grande en esta área. El rumbo se varía diversamente desde N70°E de la parte Sudoeste hasta N25°E del extremo Noroeste. El buzamiento se varía desde 88°S de la parte Sudoeste hasta 62°S de las partes central y Noroeste. Según las referencias, la anchura de veta es de 10 a 100 cm en dacita y de 20 a 100 cm en rocas piroclásticas y llega a ser 150 cm en rocas sedimentarias, y la parte del máximo ancho se coincide con la bonanza. La veta presenta forma lenticular y contiene gran cantidad de arcilla y brecha de roca madre aparte de minerales metálicos.

Según la observación microscópica de las muestras obtenidas en esta investigación, sus minerales metálicos principales son estannina, pirita y arsenopirita, y aparte de éstos, se contiene pequeña cantidad de casiterita y bournonita. Estas muestras son minerales que se componen principalmente de estannina y pirita, y la ley de análisis de estaño es muy alta, por lo tanto, esta veta es una veta típica con estaño de alta

ley. A pesar de que no se observan minerales argentíferos y galena, la ley de plata es alta y la ocurrencia concreta no es clara. Se considera que los minerales estanníferos contienen plata en forma de solución sólida, y esta veta sería de la serie estaño-plata, juzgando por los componentes metálicos.

(2) Veta Inca I

Esta veta se explota a unos 750 m en la dirección de rumbo al Niv. 302, pero la escala en la dirección vertical no es clara. El rumbo es N45°E aproximadamente y el buzamiento es de 75° a 87°S.

Según los datos, esta veta es como lo siguiente: La bonanza (en la parte Nordeste) contiene plata de alta ley, y su escala es 30 m para la dirección horizontal y verticalmente es del Niv. 424 al Niv. 475. Además otra bonanza contiene estaño aparte de plata. Su anchura media es 82 cm y las leyes son Ag 1,002 g/t y Sn 1.7% convirtiendo en las de 100 cm de ancho explotado. Esta veta es lenticular y sus capas superior e inferior presentan señas de bastantes movimientos verticales y horizontales a lo largo de la veta. La variación de leyes es grande y las partes de alta ley están limitadas parcialmente. Como minerales metálicos se producen pirita, esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita abundante en plata (¿freibergita?). Se supone que la variación de la ley de plata está causada por la presencia de tetraedrita con alto contenido de plata. Como prueba de ello una muestra del Niv. 475 indica las leyes como Ag 5.73%, Cu 12.76%, As 0.22%, Sb 2.20%, Zn 1.5%.

Se considera que esta veta es de la serie estaño-plata conforme a sus componentes metálicos.

(3) Veta San Juan

Esta veta se explota a unos 500 m en la dirección de rumbo y hasta el Niv. 302 en la parte inferior, pero no es clara cómo es debajo de este

nivel. El rumbo se varía desde N70°E hasta N30°E, el buzamiento, desde 51°N hasta 87°N, pero hay una parte del extremo Sudoeste donde el buzamiento se invierte en 84°S. La anchura de esta veta llega a ser 60 cm en máximo en el Niv. 302. La roca madre es dacita, pero recientemente al Niv. 302 una parte de esta veta entra en el sistema Ordovícico. Este sistema está limitado con dacita por falla. Dentro de este sistema la veta se desaparece afilándose en la parte fracturada, pero se vuelve predominante de nuevo en la parte no fracturada. Los minerales metálicos son pirita, tetraedrita, esfalerita, galena y arsenopirita. Pero en el Sur del cuadro San Juan del Niv. 264, las leyes de estaño y plata son altas, y los valores de análisis promedio de tres muestras llegan a ser Sn 7.93% y Ag 0.6%. Por dichas razones, se considera que esta veta también es de la serie estaño-plata.

(4) Veta Rosario

Esta veta se presenta paralelamente al Sudeste de la veta San Juan. La escala es 760 m en la dirección de rumbo en el Niv. 302 y llega a este nivel verticalmente, pero su detalle no es claro. El rumbo se varía suavemente desde N50°E hasta N60°E, y el buzamiento se varía de 50° a 82°N. La roca madre se compone principalmente de dacita, pero en el Niv. 302 es toba lapilli dacítica afectada por silicificación y blanqueamiento intensos. La anchura llega a ser 60 cm en máximo. En el Niv. 302 el contacto entre la veta y la roca madre es claro. Se desarrollan partes de galena concentrada en forma bandeada en la veta abundante en pirita, y se observa arcilla lenticular. Según la observación microscópica de muestras obtenidas, los minerales principales metálicos son pirita y arsenopirita. Aparte de éstos se acompaña poca cantidad de casiterita, estannina, esfalerita y galena. Macroscópicamente estas muestras son minerales que se componen principalmente de pirita, y las leyes tanto de

estaño como de plata son altas. Microscópicamente, se observan como minerales estanníferos, casiterita y estannina lo cual comprueba que la ley de estaño es alta. Pero no se observan minerales argentíferos, y el estado de su presencia no es claro. Conforme a los resultados de la observación microscópica y del análisis, se considera que esta veta pertenece a la serie estaño-plata.

(5) Veta Burton

Esta veta es la más importante económicamente en esta área, y la mina está explotada actualmente 1,800 m en la dirección de rumbo y hasta el Niv. 780 verticalmente. Además, el estado de mineralización es predominante. El rumbo se varía desde N50°E hasta N70°E, y el buzamiento está inclinada al Sur casi verticalmente en la parte Sudoeste y se vuelve suave en dacita de la parte Nordeste. Según los datos, esta veta es más estrecha que la veta Colorada, pero la anchura es estable y llega a ser 20-40 cm en dacita y 150 cm en máximo en el sistema Ordovícico. Además se dice que hay concordancia entre la parte ancha de ésta y la parte de alta ley. Hay descripción de que esta veta es por falla, pero el detalle no es claro.

En los Nivs. 661 y 700 es claro el contacto entre la roca madre y la veta. Y en ésta se observan estructuras bandeadas compuestas por fragmentos gruesos y finos de galena, y partes de jamesonita concentrada y drusas junto con fragmentos gruesos de galena. En el Niv. 700 la veta contiene mucha cantidad de brechas de la roca madre, y los cristales de galena con tamaño de 1-2 cm se encuentran en la superficie de brechas y en sus espacios.

Según la observación microscópica de las muestras, los minerales componentes principales son galena, esfalerita, casiterita, arsenopirita y pirita. Aparte de éstos, se observan poca cantidad de franckeita, canfieldita, anglesita, jamesonita, estannina y mineral de sulfosales de

plata-estaño-plomo-antimonio. Macroscópicamente estas muestras se componen principalmente de galena y esfalerita. Referente a los valores de análisis, la ley de plata es muy alta, y estaño indica alta ley parcialmente.

Como minerales argentíferos, se reconocen canfieldita y minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio, lo cual comprueba la alta ley de plata. Canfieldita se produce en las estructuras bandeadas de casiterita y esfalerita. Dichos minerales de sulfosales están reconocidos por EPMA, pero todavía no se han determinado sus nombres.

Referente a minerales estanníferos, se observan casiterita, estannina y franckeita aparte de dichos minerales de sulfosales, lo cual comprueba los valores de análisis de minerales. Entre las muestras de los Nivs. 661, 700, 740 y 780 de esta veta, no se observa la variación regular en los minerales componentes y en los valores de análisis, por lo cual no se puede inferir la variación de mineralización en la dirección vertical. Conforme a los resultados de la observación microscópica y de los valores de análisis, se considera que esta veta pertenece a la serie plata-plomo o a la misma serie con una pequeña cantidad de estaño.

(6) Veta Arturo

Esta veta es importante como fuente de mineral de plata y estaño, y la escala es 400 m en la dirección de rumbo y 630 m en la dirección vertical. La veta está situada en el extremo Noroeste de la zona de yacimientos. El rumbo está curvado suavemente desde N52°E de la parte Sudoeste hacia el Nordeste hasta N60°E en el extremo Nordeste. El buzamiento se varía de 52°S a 80°S. La anchura es 20 cm en máximo en el Niv. 302 pero llega a ser 50 cm en la parte inferior del Ordovícico. Esta veta contiene gran cantidad de arcilla y brechas de roca madre, y presenta forma lenticular. Según los datos, esta veta se inclina escarpadamente en dacita y se inclina suavemente en el Ordovícico, y esta

variación afectó efectivamente para la formación de espacios que controlaron lugares donde se encajonan yacimientos. Según la observación microscópica de las muestras, los minerales metálicos son pirita y esfalerita. Aparte de éstos, se acompaña poca cantidad de estannina, jamesonita y galena. Macroscópicamente, estas muestras son minerales que se componen principalmente de pirita. Referente a los valores de análisis, la ley de estaño es alta y la de plata también es muy alta. Referente a minerales estanníferos, microscópicamente se reconoce estannina y se presume que el valor de estaño se debe a ésta. Microscópicamente no se observan minerales argentíferos, por lo que la ocurrencia de plata no es clara. La cantidad de galena es muy poca, por lo tanto, en el futuro se necesita examinar si plata existe como minerales argentíferos o en minerales estanníferos en forma de solución sólida. Conforme a los resultados de observación microscópica y análisis, se considera que esta veta es de la serie estaño-plata.

(7) Veta Inca III

Esta veta está situada en la parte prolongada al Nordeste de la veta Burton y ha sido explotada unos 600 m en la dirección de rumbo y 350 m en la dirección vertical. El rumbo es N25°E en la parte Sudoeste y llega a ser N50°E en el extremo Nordeste curvándose gradualmente hacia el Este, y el buzamiento se varía desde 40°S hasta 85°S. Según los datos esta veta es lenticular, y la anchura llega a ser de 20 a 60 cm en los Nivs. 370 ~ 321, y contiene pirita, esfalerita, galena, franckeita y pirargirita como minerales componentes. Conforme a las combinaciones de minerales componentes, esta veta se considera como la de la serie estaño-plata-plomo, a pesar de que los datos determinan que ésta pertenece a la serie plata-plomo.

(8) Veta Judíos

Esta veta se desarrolla en el lado Sudeste del extremo Sur de la veta Burton paralelamente a ésta. La escala es 400 m en la dirección de rumbo y 500 m en la dirección vertical. El rumbo se varía desde N60°E de la parte Sudoeste hasta N40°E de la parte Nordeste, y el buzamiento se varía desde la dirección vertical hasta 66°N. La roca madre se compone de dacita y rocas piroclásticas dacíticas, excepto el Ordovícico de una parte. La anchura es 30 cm en el Niv. 302.

Según los datos dicen: Entre los Nivs. 320~337, esta veta llega a tener 45 cm de ancho presentándose forma lenticular, y se compone de pirita esfalerita y galena. Sin embargo, entre los Nivs. 510~525 en la parte Sudoeste llega a contener arsenopirita y tetraedrita, cuyos valores de análisis son Ag 6.70%, Pb 0.60%, Cu 10.00%, Sb 1.55% y As 11.10%. Esta veta se determina como la de la serie plata-plomo.

(9) Veta Inca II

Esta veta está situada en la parte Norte de la veta Inca III, y la escala es 700 m en la dirección de rumbo y es 210 m en la dirección vertical. El rumbo se varía desde N25°E de la parte Sudoeste hasta N50°E de la parte Nordeste, y el buzamiento se varía desde la dirección vertical hasta 75°S.

Según los datos dicen: La anchura es unos centímetros en dacita de la parte superior, pero llega a ampliar a unos 40 cm en máximo en el Ordovícico de la parte inferior. Los minerales componentes son esfalerita, galena y siderita, y la veta contiene arcilla de falla. A pesar de que esta veta se caracteriza por su ausencia de minerales argentíferos y estanníferos, pero pertenece a la serie plata-plomo.

(10) Veta Nueva

Esta veta se desarrolla cercanamente al Nordeste de la veta Colorada,

y es una de las importantes vetas, aunque las leyes son bajas. La escala es 1,000 m en la dirección de rumbo, pero su detalle en la dirección vertical no es claro. El rumbo se establece en N50°E aproximadamente, pero el buzamiento se varía desde 44°S hasta 79°S. La anchura llega a ser 100 cm al Niv. 302. Los datos dicen que los minerales componentes son pirita, esfalerita, galena, franckeita y jamesonita, y determinan que esta veta es la de la serie plata-plomo. En el área Gran Chocaya existe una veta del mismo nombre, pero ésta es completamente diferente.

(11) Veta Rafael

Esta veta se desarrolla al Noroeste de la veta Colorada, y la escala es 150 m en la dirección de rumbo al Niv. 302, pero la escala en la dirección vertical no es clara. El rumbo es N55°E, y el buzamiento se varía desde la dirección vertical hasta 70°S. La anchura es 30 cm en máximo, y en el Niv. 302 abunda en pirita de forma euhédrica o granular y contiene drusa, arcilla y brecha de roca madre, y acompaña planos de deslizamiento. Según la observación microscópica, el mineral metálico principal es pirita, y aparte se acompaña poca cantidad de estannina, esfalerita y casiterita. Estas muestras macroscópicamente son minerales que se componen principalmente de pirita. Referente a los valores de análisis, cada componente indica valor bajo, pero relativamente la ley de plata es un poco alta. Se puede considerar que esta veta es de la serie estaño-plata, atreviendo a clasificarlo por los minerales componentes y por las leyes de análisis.

(12) Veta Inca VI

Esta veta se presenta al Sudeste de la veta Burton, y la escala es 200 m al Niv. 302 y llega a ser 800 m al Niv. 545 en la dirección de rumbo y su extensión está comprobada hasta el Niv. 780 verticalmente. La mineralización es aún predominante en el Niv. 780. El rumbo se varía

desde N78°E hasta N30°E, y el buzamiento, de 75° a 50°S. La anchura es 80 cm en máximo al Niv. 302 y llega a ser 120 cm al Niv. 700. Es claro el contacto entre ésta y el Ordovícico. En el Niv. 700 una parte abundante en galena, jamesonita y esfalerita muestra estructura bandeada parcialmente.

Según la observación microscópica de las muestras, los minerales componentes son galena, franckeita, esfalerita y pirita, y aparte, se acompaña poca cantidad de arsenopirita, casiterita y estannina. Macroscópicamente estas muestras son minerales que abundan en galena y esfalerita. Los valores de análisis indican la abundancia de plata y estaño, y se comprueba que la ley de estaño es alta a causa de la presencia de franckeita, casiterita y estannina. No se reconocen minerales argentíferos, pero se considera que la mayor parte de plata existe en galena y en minerales estanníferos en forma de solución sólida. No se observa la diferencia de minerales componentes entre las muestras sacadas de los Nivs. 661, 700, 740 y 780. Conforme a los resultados de análisis y minerales componentes, se considera que esta veta pertenece a la serie estaño-plata-plomo.

(13) Vetas del área Gran Chocaya (en las cuales se realizó la investigación detallada geológica de interior mina)

Veta San Carlos: Esta veta se desarrolla en la parte Nordeste de la veta Nueva paralelamente a ésta, y la escala actual es 90 m en la dirección de rumbo y no es clara en la dirección vertical. El rumbo se varía desde N45°E de la parte Sudoeste hasta N70°E de la parte Nordeste, y el buzamiento es 60°N. La anchura es menos de 5 cm y el contacto entre ésta y dacita de roca madre es claro. Según la observación microscópica, el mineral metálico principal es esfalerita, y acompaña poca cantidad de pirita, arsenopirita y galena. Macroscópicamente también las muestras constan principalmente de esfalerita. El valor de análisis de plomo es

alto y el de plata es 130 g/t y el de estaño es casi nada. Como consecuencia los minerales componentes del resultado de la observación microscópica concuerdan con el resultado de análisis, por lo cual se considera que esta veta es la que se compone principalmente de cinc sin estaño.

Ramo de la veta San Bartolomé: Este ramo se desarrolla en la parte Sudoeste de la veta San Carlos paralelamente a ésta, y la escala es 90 m en la dirección de rumbo y no es clara en la dirección vertical. El rumbo se varía desde N70°E de la parte Sudoeste hasta N30°E de la parte Nordeste, y el buzamiento es 40°S en el extremo Nordeste, pero se transforma en 70°N en la parte central. La anchura es menos de 5 cm, y es claro el contacto entre éste y dacita de roca madre. Macroscópicamente se observan esfalerita, galena y pirita en el ramo. Según la observación microscópica, los minerales metálicos principales se componen de esfalerita, pirita y magnetita, y acompaña poca cantidad de galena, arsenopirita, casiterita y bixbyita. Macroscópicamente las muestras son minerales que se componen principalmente de esfalerita. Referente a los valores del análisis de las muestras, la ley de plomo es alta, la de plata es 120 g/t y la de estaño es muy baja.

Veta Inocentes: Esta veta se desarrolla cerca del cuadro Inocentes, y la escala es 70 m en la dirección de rumbo, pero no es clara en la dirección vertical. El rumbo es N30°E y el buzamiento es 70°S. La roca madre de la veta es dacita, y la parte prolongada al Suroeste de esta veta se corta por la falla originada posteriormente a la mineralización y está conectada con el Ordovícico. La anchura es menos de 5 cm, y ésta se compone principalmente de galena. Es claro el contacto entre la veta y dacita de roca madre. Según la observación microscópica, el mineral metálico principal es galena, y acompaña poca cantidad de pirita,

marcasita, esfalerita y anglesita. Macroscópicamente también las muestras son minerales que se componen principalmente de galena. Referente a las leyes de análisis, la de plomo es muy alta, 37.64%, la de plata es también alta, 26.30%, y la de estaño es muy baja. No se observan microscópicamente minerales argentíferos y su existencia no es clara. Pero hay posibilidad de que la mayor parte de plata exista en galena en forma de solución sólida. Conforme a los resultados de la observación microscópica y del análisis, se considera que esta veta es de la serie plata-plomo.

Veta San Bartolomé: La escala de esta veta es 20 cm en la dirección de rumbo y no es clara en la dirección vertical. El rumbo es N45°E y el buzamiento es 70°S. La roca madre consta de toba lapilli dacítica. La anchura es menos de 5 cm y se encajona en la zona fracturada arcillosa. La veta se desaparece gradualmente estrechándose en la parte Nordeste. Como los resultados de la observación microscópica, los minerales metálicos principales son esfalerita, galena, pirita y marcasita, y aparte se observa bournonita parcialmente. Las muestras se componen de unas que constan principalmente de pirita y otras de galena y esfalerita. Referente a las leyes de análisis, las primeras indican leyes muy bajas de estaño y plata, mientras las segundas indican ley muy alta de plata. Microscópicamente no se observan minerales argentíferos, pero las muestras abundantes en plata indican la ley de plomo tan alta como 44.45%, lo cual sugiere que galena contiene plata en forma de solución sólida. Esta veta presenta ocurrencias combinadas de la serie plata plomo y la de sólo pirita, pero su correlación no es clara.

Ramo de la veta Nueva: Este ramo se ramifica de la veta Nueva en la dirección Sudoeste, y la escala es 70 m en la dirección de rumbo, pero no es clara en la dirección vertical. El rumbo es N70°E en el extremo Oeste del ramo y se cambia en la dirección Este-Oeste en el extremo Este

reuniéndose con la veta Nueva. El buzamiento es 80°N en la parte Oeste, pero se cambia en 80°S en la parte Este. Este ramo se desarrolla en dacita. Su anchura es menos de 3 cm, y es claro el contacto entre éste y la roca madre. Este ramo se continúa repitiendo desaparición gradual y cambio del ancho. Según la observación microscópica de las siete muestras, los minerales metálicos principales son pirita, esfalerita y galena, y aparte se acompaña pequeña cantidad de marcacita, arsenopirita y jamesonita. A pesar de que las muestras son macroscópicamente variadas, se clasifican en dos tipos; uno se compone principalmente de esfalerita y acompaña poca cantidad de galena y el otro consta principalmente de pirita. Aunque el análisis se efectuó sobre sólo una muestra, sólo la ley de cinc es alta, las de plata y estaño son bajas, y especialmente la de estaño es muy baja.

Veta Nueva: Esta veta es la más predominante en el interior de la mina Gran Chocaya, y la escala no es clara en la dirección vertical y es 230 m en la dirección de rumbo. Actualmente la mina está explorada por galería en la parte prolongada de la corrida. El rumbo se varía desde $\text{N}55^{\circ}\text{E}$ de la parte Sudoeste hasta $\text{N}20^{\circ}\text{E}$ de extremo Nordeste, y el buzamiento es 80°N , pero se invierte en 25°S en el tope Nordeste. Esta veta acompaña unos ramos, cuyos largos son unos 10 m, en la dirección de rumbo. La anchura de la veta alcanza 100 cm en máximo. Esta veta se encajona en dacita con el contacto claro y en general dentro de ésta se conservan , cajas de dacita de tipo lenticular o filón. También se observan unas partes abundantes en esfalerita y pirita, y estructuras bandeadas de caja. A veces se encajona galena lenticular en partes abundantes en esfalerita. Esta veta contiene mucha cantidad de esfalerita y pero hay tendencia general de que la parte Norte abunda en pirita; la parte Sur, en esfalerita. Como resultado de la observación microscópica, los minerales

metálicos principales son pirita, esfalerita, marcasita y galena. Aparte de éstas se acompaña pequeña cantidad de magnetita, arsenopirita y calcopirita. Las siete muestras se dividen macroscópicamente en dos tipos de minerales; uno se compone principalmente de esfalerita y aparte acompaña poca cantidad de galena, y el otro consta principalmente de pirita y cuarzo. Esta tendencia se refleja evidentemente en los valores de análisis, o sea, existen unos minerales que indican la ley muy alta de cinc, y otros de la ley muy baja del mismo. Todos los minerales indican baja ley de estaño, pero parcialmente se reconoce alta ley de plata.

3-2 Sistemas de fisura (Véanse Fig. 7 y 8, Tabla 2, Pls. 1, 7 y 10)

En lo que se refiere a las formas de vetas del área estudiada, conforme a los resultados de la presente investigación y las referencias bibliográficas, se puede señalar lo siguiente:

- (1) Se encuentran a lo largo de vetas muchos planos de deslizamiento que acompañan débil deslocalización;
- (2) Hay muchas vetas que contienen arcilla;
- (3) Se encuentran muchas vetas de forma lenticular que muestran ensanchamiento y estrechamiento fuertes;
- (4) Es raro encontrarse brechas de roca madre en las vetas, y
- (5) La magnitud de las vetas es grande a lo largo de su rumbo.

Juzgando por los hechos arriba mencionados, se considera que el grupo de vetas de esta área se compone de fisuras por cizalla.

Para interpretar direcciones de los esfuerzos principales que formaron fisuras de cizalla, y para averiguar las relaciones entre geología estructural y esfuerzos, se han examinado rumbo y buzamiento de vetas utilizando la red "schmit". Las vetas objetivas de la interpretación pertenecen al Niv. 132 de Gran Chocaya y al Niv. 302 de Animas-Siete Suyos. A fin de reflejar la magnitud de vetas a la interpretación, se calcula longitud de 200 m como una unidad. Es decir, al tratar una veta que tiene 400 m de largo sin variación de rumbo, se toma por dos vetas, e igualmente, en caso de una de 600 m, se calcula como tres vetas. Por otra parte, en caso de que una veta se cambia el rumbo en dos puntos con espacio de unas decenas de metros, este espacio también se trata como una veta. Tratando así, el número total de vetas resulta 68.

Los resultados de la interpretación por proyección de dichas vetas en el hemisferio inferior de la red "schmit" se demuestran en la

Fig. 8.

Conforme al estado de concentración de polos de planos, este grupo de vetas se dividen aproximadamente en dos sistemas predominantes de dirección y buzamiento; $N50^{\circ}E, 74^{\circ}S$ y $N58^{\circ}E, 72^{\circ}N$. La línea de cruce de estos dos grupos indica la dirección $N54^{\circ}E$ y buzamiento de 14° . Por consiguiente, las vetas de ambos grupos se distribuyen casi paralelamente en el plano horizontal, pero en el perfil que las corta rectangularmente, las fisuras de cizalla se cruzan y forman los dos sistemas arriba mencionados. Es decir, al aplicar la teoría del elipsoide de transformación de roca en dichas fisuras, resulta que el eje del mayor esfuerzo principal indica la dirección $S57^{\circ}O$ con buzamiento de 78° ; el del menor esfuerzo principal, $S36^{\circ}E$ con 2° cruzando rectangularmente el anterior; el del mediano, $N54^{\circ}E$ con 14° . Consecuentemente el esfuerzo principal que formó mayormente las fisuras indica la dirección $N57^{\circ}E$ con buzamiento de $78^{\circ}SO$. Por otra parte, se demuestran en el Pl. 7 dirección y rumbo de los ejes de pliegue dividiéndose esta área en unas zonas, excepto el sistema Terciario.

En cada zona la dirección del mayor esfuerzo principal cruza, horizontalmente formando la forma rectangular, los ejes de pliegue que se demuestran en la red "schmit" del Pl. 7. En las siete zonas del Pl. 7, no se reconocen ejes que correspondan a la dirección de $N57^{\circ}E$ y el buzamiento de $78^{\circ}SO$, los cuales son del mayor esfuerzo principal del momento de formación de fisuras. Por eso, se puede juzgar que los esfuerzos de plegamiento no tienen ninguna relación con la formación de fisuras.

A continuación, se averigua la relación entre el movimiento de fallas y la formación de fisuras en el área estudiada. En esta área se hallan ocho fallas comprobadas o inferidas. Estas fallas, excepto las fallas D y E, tienen rumbos diferentes de las vetas, por lo que se considera que no hay relaciones metalogenéticas entre éstas. Las vetas D y E corren casi

paralelamente a las vetas. Pero, la falla D no está mineralizada a pesar de hallarse contiguamente a las vetas, y además no existen vetas paralelas, lo cual indica que ésta se formó después de la mineralización. Mientras, la falla E no alcanza al sistema Terciario, lo cual presenta su formación anterior a la mineralización. Por consiguiente, se juzga que ambas fallas tampoco tienen relaciones directas con la formación de fisuras.

En conclusión, los esfuerzos que formaron pliegues y fallas no tendrían relaciones con otros de fisuras, que originaron vetas. Por consiguiente, los esfuerzos de formación de fisuras se originaría por la serie de actividades volcánicas de dacita que rodeaba Animas en el período Terciario. Esto se puede inferir también por el hecho de que las vetas se encajonan sólo en las zonas donde se distribuye dacita.

Las fisuras alcanzan desde el sistema Ordovícico hasta la dacita de Animas. Pero en ambas rocas no se observan estructuras brechosas como "brecciation" en absoluto, y topográficamente tampoco se reconoce estructura por hundimiento de tipo caldera en gira de Animas. Por eso, es problemático atribuir los factores de formación de fisuras al hundimiento acompañado por las actividades volcánicas.

La dacita de Khumullani, que pertenece a la actividad volcánica de la etapa final en el área investigada, se distribuye casi paralelamente a las vetas al Noroeste de la zona mineralizada y al Sudeste de la misma rodeando Cerro Pabellón y Lakoni Loma, lo cual señala que las actividades volcánicas ocurrieron primero en la parte central de difusión de la dacita de Animas, y que luego se movieron en la zona donde se distribuye la dacita de Cerro Khumullani, mostrando mucha variación. Por consiguiente, se presume que la subida y efusión de lavas y la subida de criptodomas de lavas ocurrieron en los lados Noroeste y Sudeste de la zona mineralizada en la etapa comparativamente tardía de las actividades volcánicas de dacita, y

que la compresión casi vertical producida por dichas actividades formó las fisuras de esta área. Este supuesto es conveniente también para explicar la razón de por qué las vetas se desarrollan casi sólo en las zonas de difusión de dacita. Como consecuencia, referente a las vetas de esta área, se presume el orden de la formación como lo siguiente:

- (1) Intrusión y efusión de dacita de Animas;
- (2) Formación de fisuras por la subida, intrusión y efusión de lavas en la última etapa de actividades volcánicas de dacita de Animas;
- (3) Mineralización, y
- (4) Intrusión y efusión de lavas de dacita de Cerro Khumullani.

Conforme a los resultados de la investigación en el campo, en dacita y rocas piroclásticas dacíticas no se observan fenómenos que indiquen pausa larga de actividades volcánicas. Por eso, se supone que en el área investigada las actividades volcánicas, incluyendo la mineralización, se terminaron en un corto tiempo.

Por otra parte, conforme a la distribución de vetas en el Niv. 132 de Gran Chocaya y el Niv. 302 de Animas-Siete Suyos, refiriéndose a la distribución de las vetas de esta área, se demuestran las direcciones de vetas mismas y esfuerzos, y los modelos del mecanismo de formación de fisuras en la Fig. 8. En ésta se expresan los modelos de fisuras de, entre otras muchas, solamente representativas vetas por fisura de cizalla de los dos sistemas antes mencionados. Sin embargo, las vetas tanto de Gran Chocaya como de Animas-Siete Suyos se presentan mucha variación del rumbo, y tienen muchos ramos, lo cual indica la presencia de fisuras de cizalla secundaria originadas por las de cizalla primaria, y de fisuras de tensión. Sin embargo, en la presente investigación no pudieron efectuar la investigación detallada del interior de la mina Animas-Siete Suyos, por lo que no se ha realizado la interpretación de estas fisuras.

3-3 Mineralización (Véanse Tablas 2 y 3, A-3, A-5-1~2, Pl. 10)

Los yacimientos del área investigada pertenecen a un tipo de vetas polimetálicas formadas por llenarse fisuras de cizalla y sus minerales beneficiables son plata, cobre, plomo, cinc y estaño, los cuales están actualmente explotados. Si observamos el área investigada con el concepto de una dimensión más amplia, la mineralización del área investigada coincide con los sitios donde habían actividades volcánicas del período Terciario, al igual que en otras zonas mineralizadas en Bolivia. Y desde la vista metalogenética, se relaciona íntimamente con la actividad volcánica de dacita de Animas, distribuida en el área Animas, formando Animas como el centro de ésta. La más grande veta alcanza a 2,000 m de longitud a lo largo de su rumbo y verticalmente, más de 780 m. Además de las vetas principales mostradas en la Tabla 2, se desarrollan muchas vetas paralelas de varias escalas.

Por consiguiente, la expansión de zona alterada en la superficie es bastante amplia y haciendo Animas como el centro, su escala de distribución que cruza perpendicularmente a ésta.

Aunque existen numerosas minas abandonadas en la superficie de la zona alterada del presente estudio, casi no se observan vetas evidentes, ni minerales en desmontes que están esparcidos en los alrededores de minas abandonadas. Esto nos señala que la mineralización en el área estudiada no alcanzaba hasta la actual superficie, por lo cual se presume que sólo la alteración asociada con mineralización alcanzó ampliamente a la superficie.

Referente a los minerales componentes de vetas, los minerales informados hasta la presente son los siguientes:

Calcopirita (CuFeS), Tetraedrita ($(\text{CuFe})_{12}(\text{SbS}_3)_4\text{S}_{14}$), Galena (PbS), Jamesonita ($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$), Esfalerita (ZnS), Casiterita (SnO_2),

Estannina ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$), Pirargirita (Ag_3SbS_3), Franckeita ($\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$), Bismutita (Bi_2S_3), Pirita (FeS_2), Arsenopirita (FeAsS), Siderita (FeCO_3) y Cuarzo (SiO_2).

Además de éstos, por los resultados de observación microscópica se encuentran los siguientes minerales:

Anglesita (PbSO_4), Bournonita (PbCuSbS_3), Canfieldita (Ag_8SnS_6), Marcasita (FeS_2), Pirrotina (Fe_{1-x}S), Bixbyita (Mn_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), Mineral de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio, Mineral de carbonato y Sericita.

En las bibliografías, ya está averiguada la presencia de zonamientos a base de los contenidos de plata, estaño y plomo, debido a que hay muchas vetas y minerales componentes variados. Según las referencias*, a base de los contenidos relativos de plata, plomo y estaño, las vetas principales de esta área se dividen aproximadamente en dos series; plata-estaño y plata-plomo. Y las vetas representativas de cada serie y sus minerales componentes son como lo siguiente: (Los minerales componentes se enumeran aproximadamente en el orden de su cantidad.)

Vetas de la serie plata-estaño: Veta Colorada, Veta Inca I, Veta Luna y Veta San Juan.

Sus minerales componentes: Pirita, Pirrotina, Cuarzo, Bismutita (sólo en la veta Luna), Casiterita, Calcopirita, Estannina, Esfalerita, Galena, Tetraedrita y Jamesonita.

* Los datos citados en este capítulo son principalmente de Corporación Minera de Bolivia, Geological Report on "Siete Suyos - Animas Properties".

Vetas de la serie plata-plomo: Veta Burton, Veta Judíos, Veta Inca II, Veta Inca III, Veta Arturo y Veta Nueva.

Sus minerales componentes: Pirita, Pirrotina, Cuarzo, Franckeíta, Esfalerita, Galena (abunda en plata), Pirargirita y Jamesonita.

Respecto a la distribución horizontal de las vetas clasificadas en dos series principales arriba mencionadas, en las referencias se considera que las vetas Burton, Judíos, Inca II, Inca III y Nueva de la serie plata-plomo se ubican rodeando las vetas Colorada, Inca I y San Juan de la serie plata-estaño, en las partes Noroeste y Sudeste de éstas.

Por otra parte, los zonamientos aplicados actualmente en la mina Animas están establecidos a base de las vetas, o sea, éstas se dividen en cuatro zonas de estaño, estaño-plata, estaño-plata-cobre y plata-plomo por las leyes metálicas y sus combinaciones. Si observamos dichas zonas planamente, centrando la veta Colorada pertinente a la zona de estaño, en su lado Norte alrededor de la veta Esperanza se sitúa la zona de estaño-plata; en el Noroeste alrededor de la veta Animas, la de estaño-cobre; en el Suroeste en torno a las vetas San Juan y Rosario, la de estaño-plata, y en el Sur en la parte donde se encajonan las vetas Burton e Inca III, la de plata-plomo.

Al considerar simplemente en la dirección vertical la distribución de zonamientos de las vetas por medio de la combinación de componentes metálicos que actualmente está aplicada, las vetas más profundas de la parte Sur están en la zona de plata-plomo; la parte media queda en la de estaño, y la parte superior del Norte se cambia en la zona de estaño-plata o estaño-plata-cobre. Generalmente hablando, en los yacimientos del tipo de vetas polimetálicas que contienen estaño, minerales estanníferos se producen en la parte inferior de vetas y en su parte superior se aumentan minerales de cinc y plomo. Por consiguiente, la mineralización de esta área es un

poco distinta de la general, y consecuentemente, se necesita aclarar sus caracteres a través de la observación microscópica de más secciones pulidas y de la investigación más detallada de interior mina.

Los números de muestras sacadas de cada veta en la presente investigación son los siguientes:

	Sección pulida	Análisis químico
Interior mina de Gran		
Chocaya	20 piezas	13 piezas
Veta Inca	4 piezas	4 piezas
Veta Burton	5 piezas	5 piezas
Veta Rafael	3 piezas	3 piezas
Veta Arturo	2 piezas	2 piezas
Veta Rosario	4 piezas	4 piezas
Veta Colorada	2 piezas	2 piezas
<hr/>		
Total	40 piezas	33 piezas

Los elementos para análisis son estaño, plata, plomo y cinc. Los resultados de este análisis y de la observación microscópica de secciones pulidas se expresan en las listas A-9 y A-3.

A continuación se refiere resumidamente al orden de cristalización de los minerales, a base de la observación microscópica.

La cristalización de pirita se observa concentrada en el período primario y continúa hasta el período tardío. La pirita también se encuentra en el zonamiento por crecimiento de esfalerita de la cristalización del período tardío, y forma agregados que llevan marcasita.

El cuarzo tiene relación paragenética de cristalización simultánea con otros muchos minerales, y su cristalización continuaba del período primario al tardío. La casiterita se cristalizó en el período primario

poco después de la pirita. Sin embargo, se observa también en el zonamiento por crecimiento de galena cristalizada en el período tardío y forma paragénesis en las drusas con cuarzo, pirita, galena, jamesonita y esfalerita, lo cual nos indica que el período de cristalización de casiterita continuaba hasta el período tardío. La estannina corta la pirita, mientras que se corta por la pirita, pero se observa también en el zonamiento de galena cristalizada en el período tardío, lo cual nos indica que la cristalización de estannina continuaba hasta el período tardío. La galena y esfalerita reemplazaron pirita cristalizada en el período primario y rellenaron los espacios entre otros minerales, lo cual nos indica que la cristalización de galena y esfalerita se concentraron en el período tardío. La marcasita se observa parcialmente en la superficie de pirita, pero también coexiste en los agregados con pirita o en el zonamiento por crecimiento de pirita, lo cual nos indica que la marcasita se cristalizó al mismo tiempo que pirita. La pirrotina presenta textura de mirmequita con pirita, y se observan también unas partes cristalizadas antes de la cristalización de esfalerita. La jamesonita, bournonita y franckeita coexisten íntimamente con galena, indicando la cristalización del período tardío. La magnetita y bixbyita coexisten con los agregados de pirita, lo cual demuestra que los tres cristalizaron simultáneamente. La canfieldita, en muchos casos, coexiste con casiterita y esfalerita. Los minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio, que no se identifican, coexisten con jamesonita.

De acuerdo a los resultados de observación microscópica antes mencionados, referente a la mineralización del área estudiada, se considera que en el período primario se cristalizó pirita concentradamente; en el tardío, galena y esfalerita acompañando minerales de sulfosales, tales como jamesonita, bournonita y franckeita, y en el mediano, se cristalizaron otros minerales principalmente de casiterita y estannina. Sin embargo, los

períodos de cada mineral están bastante duplicados, por lo que se considera que todos se cristalizaron en un corto tiempo concentradamente.

Por otra parte, la marcasita y baritina observada esparcidamente en los desmontes fuera de socavones, que tienen facies de comparativamente baja temperatura, se cristalizaron casi simultáneamente con los minerales estanníferos y magnetita de la facies de alta temperatura. Además, se observa sericita en las gangas. Como consecuencia, las vetas de esta área estudiada contienen minerales de facies de temperatura tanto alta como baja. Pero no se observa ninguna evidencia de que existían las mineralizaciones de facies de alta y baja temperatura que indican facies de tiempo diferentes. Por consiguiente, se puede definir que las vetas del área estudiada forma yacimientos típicos xenotermiales de poca profundidad y alta temperatura.

A fin de averiguar los minerales componentes de cada veta, se preparó la Tabla 3. Según la observación microscópica y a base de esta tabla, las vetas se pueden dividir en dos grupos; unas que se componen principalmente de galena y esfalerita, y otras que se componen de pirita. Sin embargo, se reconoce la diferencia esencial en las combinaciones de minerales entre las vetas de Animas-Siete Suyos y de Gran Chocaya. Es decir, en las vetas de Animas-Siete Suyos se producen minerales estanníferos en común, mientras en Gran Chocaya éstos no se observan casi nada. Y en Gran Chocaya se encuentran marcasita y pirrotina generalmente, mientras en Animas-Siete Suyos no producen en absoluto. Además, en Gran Chocaya se reconoce el paragénesis de minerales oxídicos de magnetita, bixbyita y casiterita.

Sintetizando todo lo arriba mencionado, a base de las combinaciones de sus minerales componentes las vetas del área estudiada se clasifican simplemente como lo siguiente:

- (1) Las vetas que muestran la combinación más complicada de minerales, se componen principalmente de galena-esfalerita y acompañan tres minerales

Tabla 3 Lista de los Minerales Metálicos Principales; los de Sulfosales Estanníferos y Argentíferos; los Sulfuros de Hierro

Zona	Minerales Nombres de vetas	Minerales metálicos principales			Minerales estanníferos			Mineral argentí- fero can	Minerales de polisulfuros de plomo		Minerales sulfúricos de hierros			arp	mag	bx
		gn	sp	py	cas	stan'	fc		jm	bo	py	mar	po			
Animas-Siete Suyos	Veta Burton	0	0		0	0	0	0	0	X	0	X	X	0	X	X
	Veta Inca VI	0	0		0	0	0	X	X	X	0	X	X	0	X	X
	Veta Rafael			0	0	0	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X
	Veta Arturo			0	X	X	X	X	0	X	0	X	X	X	X	X
	Veta Rosario			0	0	0	X	X	X	X	0	X	X	0	X	X
	Veta Colorada			0	0	0	X	X	X	0	0	X	X	0	X	X
Gran Chocaya	Veta San Bartolomé	0	0		X	X	X	X	X	0	0	0	X	X	X	X
	Veta San Bartolomé			0	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X
	Ramo de Veta San Bartolomé	0	0		0	X	X	X	X	X	0	X	0	X	0	0
	Ramo de veta Nueva			0	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X
	Ramo de veta Nueva	0	0		X	X	X	X	0	X	0	0	X	0	X	X
	Veta San Carlos	0	0		X	X	X	X	X	X	0	X	0	X	X	X
	Veta Inocentes	0	0		X	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X
	Veta Nueva			0	X	X	X	X	0	X	0	0	X	X	X	X
	Veta Nueva	0	0		X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	X	X

gn : Galena
 sp : Esfalerita
 py : Pirita
 cas : Casiterita
 stan: Estannina
 fc : Franckeita
 can : Canfieldita
 jm : Jamesonita
 bo : Bournonita
 mar : Marcasita
 po : Pirrotina
 asp : Arsenopirita
 may : Magnetita
 bx : Bixbyita

* Los espacios en blanco de los minerales metálicos principales significan sus presencias de poca cantidad en comparación con otros minerales principales. Los minerales que se notan al lado derecho se han marcado con el marco de "0" por los que se observan en el microscopio y los que no se observan se han marcado con el de "X".

estanníferos, canfieldita, jamesonita y minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio;

(2) Las vetas que se componen principalmente, un poco más simplemente que las de (1), de galena-esfalerita y acompañan un poco de minerales estanníferos;

(3) Las vetas que se componen principalmente de galena-esfalerita y acompañan muy poca cantidad de minerales oxidos de casiterita, magnetita y bixbyita;

(4) Las vetas que se componen principalmente de pirita y contienen sólo casiterita sin marcasita y pirrotina, y

(5) Las vetas que se componen principalmente de pirita y acompañan marcasita sin contener minerales estanníferos.

Como la veta representativa de cada grupo arriba mencionado, se enumeran (1) Veta Burton, (2) Veta Inca VI, (3) Ramo de la veta San Bartolomé, (4) Veta Arturo y (5) Veta Nueva del área Gran Chocaya.

La comprobación microscópica de presencia de minerales argentíferos depende bastante de las casualidades, de modo que dicha clasificación es dudosa. Sin embargo, ésta indica que, aun en las vetas de una cierta zona, las combinaciones de minerales componentes son diferentes según los lugares, vetas y partes en una misma veta, lo cual demuestra la complejidad de la mineralización.

En el interior mina de Gran Chocaya, aunque se hallan vetas de diferentes minerales componentes adyacentemente, no se observan fenómenos que indiquen períodos diferentes de mineralización macroscópica ni microscópicamente. Por consiguiente, se considera que las vetas, aunque difieran sus minerales componentes, se formaron por una serie sucesiva de mineralización.

La roca madre de las vetas se componen del sistema Ordovícico, rocas

piroclásticas dacíticas y dacita de Animas, las cuales se posan sobre el primero. La alteración alcanza hasta lavas de dacita de Animas y su parte superior de toba de Cerro Negro Pozo, pero no alcanza a las rocas formadas posteriormente a esta toba incluyendo toba lapilli de Belén Loma. Por consiguiente, se considera que el último período de la mineralización se terminó antes de la actividad volcánica de toba lapilli de Belén Loma, y que la mineralización es fenómeno de la última etapa de una serie de actividad de lava de dacita de Animas.

Referente a la mineralización, lo importante es que en el área Gran Chocaya no existen minerales estanníferos, sino se encuentra marcasita generalmente, y que su mineralización indica un poco la facies mineralógica de formación por baja temperatura. Por lo tanto, es importante averiguar métodos de exploración para comprobar si existe en la parte inferior de Gran Chocaya la mineralización tan fuerte como la de Animas-Siete Suyos.

3-4 Alteración

3-4-1 Resumen (Véanse Pls. 8 y 9, Tablas 4, 4-1, 4-2 y 4-3, A-13 y A-14)

En el área investigada existen las minas que actualmente están en operación tales como Gran Chocaya, Animas-Siete Suyos, y se difunden muchos socavones antiguos. Por lo tanto se distribuyen ampliamente las zonas mineralizadas cuyas magnitudes, intensidades y caracteres son distintos. En los socavones antiguos y zonas alteradas en la superficie no se encuentran notables vetas mineralizadas, y es difícil obtener indicios aparentes de zonas mineralizadas por investigación geológica de superficie.

En este año, estudiando estas zonas alteradas, y realizando clasificación de las zonas alteradas desde el punto de vista de las clases de minerales alteradas y sus combinaciones, se ha revisado la utilidad de aplicar este método a la exploración.

Por consecuencia, se ha aclarado que esta clasificación de zonas alteradas es útil para la selección de ubicación de sondeo en la etapa de realizar exploración por sondeo, y que se puede suponer la parte mineralizada por grado de alteración del testigo en caso de que el sondeo no corta vetas directamente, por lo tanto se ha juzgado que esta clasificación es aplicable y útil para la exploración.

En esta investigación se ha encontrado cinco zonas de alteración de zona I a zona V rodeando la parte central de la zona mineralizada de Animas-Siete Suyos, y se ha aclarado que las alteraciones asociadas con las mineralizaciones se reflejan a la superficie, por lo cual, en caso de investigación de zonas alteradas el sistema de muestreo reticulado debe ser útil.

En este año, se han revisado las clases y cantidades de existencia relativa sobre los minerales en el área de investigación detallada, y sus combinaciones, distribución de las zonas alteradas, sus magnitudes,

Tabla 4 Listas de Clasificación de Minerales Alterados

Tabla 4-1 Lista de los Números Detectados de Cada Mineral por Intensidad

Nombre de mineral Intensidad	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2	0	0	5	17	62	27	1	29	2	14	8	5	23	1
3	3	1	16	31	14	1	0	3	1	3	0	1	1	0
4	4	1	21	16	5	0	0	0	1	1	0	5	0	0
5	93	2	9	4	12	1	0	0	0	1	1	0	5	0
Total	100	4	51	68	94	29	1	32	4	19	9	11	32	1

Qu : Cuarzo
 Cbt : Cristobalita
 Pl : Plagioclasa
 Or : Ortoclasa
 Ser : Sericita
 Chl : Clorita
 Mnt : Montmorillonita
 Kao : Caolinita
 Dol : Dolomita
 Cal : Calcita
 Gy : Yeso
 Sid : Siderita
 Py : Pirita
 Sph : Esfalerita

Tabla 4-2 Lista de los Números Detectados de Interior y Exterior de Minas, y por Cada Mineral

Nombre de mineral Ubicación	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
Exterior de la mina	68	4	43	53	67	22	1	16	1	10	4	0	10	1
Interior de la mina	32	0	8	15	27	7	0	16	3	9	5	11	22	0
Total	100	4	51	68	94	29	1	32	4	19	9	11	32	1

Tabla 4-3 Lista de Intensidades Medias Geométricas de Interior y Exterior de Mina, y por Cada Mineral

Nombre de mineral Ubicación	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
Exterior de la mina	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	0	2	1
Interior de la mina	5	0	3	3	3	2	0	2	3	3	2	3	3	1
Promedio	5	4	4	3	3	2	2	2	3	3	2	3	2	1

Intensidad
 1 : muy débil
 2 : débil
 3 : mediano
 4 : fuerte
 5 : muy fuerte

caracteres y relación con mineralización.

Se tomaron 100 muestras en total siendo 68 muestras de la superficie, 30 muestras de interior de la mina Gran Chocaya y 2 muestras de interior de la mina Animas. Los números de muestras por las clases de rocas son 76 muestras de dacita y 24 muestras de toba.

Se presentan en las Tablas 4 y 4-1 ~ 3 los números de minerales detectados por cada mineral, los de por interior o exterior de mina y lista de intensidad de promedio graveada por minerales y exterior o interior de las minas. Además, al realizar muestreo, hemos instalado la línea de medición de alrededor de 3,800 m cruzada con las zonas mineralizadas alteradas en la dirección aproximada de N 25° O (lo llamamos la "línea de medición" en adelante) como se indica en el Pl. 8, y hemos sacado 37 muestras a intervalos de 100 m a lo largo de esta línea.

En el interior de socavón de Gran Chocaya, para interpretar la relación directa entre la veta y la alteración, hemos sacado 30 muestras en total (Véase Pl.9); 14 muestras a lo largo de la veta y 16 muestras de recorte cruzado con las vetas a intervalos de cada 50 m. Hemos realizado el análisis por rayos-X sobre 100 muestras mencionadas, y como consecuencia de ello, hemos presentado las intensidades relativas de altura de onda de cada mineral señaladas en los registros a cinco grados; 1=muy débil, 2=débil, 3=mediano, 4=fuerte y 5=muy fuerte, que indican la intensidad detectada. (Véanse A-13 y A-14)

3-4-2 Minerales alterados

Por los resultados del análisis por rayo-X de las 100 muestras, se han detectado 14 clases de minerales; cuarzo, cristobalita, plagioclasa, ortoclasa, sericita, clorita, monmolironita, caolinita, dolomita, calcita, yeso, siderita, piritita y esfalerita. Todas las clases de minerales anteriores no son siempre de minerales alterados, sin embargo, consideramos

que la intensidad detectada coincide a la intensidad de alteración y describimos brevemente sobre cada mineral en adelante.

Cuarzo : Se han detectado cuarzos en todas las muestras, en las cuales 93 muestras presentan la intensidad del grado 5. La razón de que resultó así sería debido a que 76% de las muestras constan de dacitas, que abundan en fenocristales de cuarzo. Sin embargo, tobas del interior de la mina presentan la intensidad del grado 5, por lo que se debe considerar que existió claramente la adición de muchos silicios no sólo por la consecuencia de rocas sino también por la silicificación, y se interpreta que toda la extensión de investigación detallada está afectada por silicificación. Cuarzos formados por la silicificación se doblan con cuarzos de minerales principales de dacitas en el registro de rayos-X y no se observa el carácter de silicificación original. Es posible utilizar cuarzo como mineral alterado de indicación. Se considera que es posible realizar exploración de amplia área, pero es difícil utilizar cuarzo para la investigación detallada de una reducida área.

Cristobalita : Se han detectado cuatro cristobalitas solamente, cuya intensidad detectada media presenta el grado 4. Entre éstas, tres se encuentran conjuntamente en el extremo Noroeste de la línea de medición. Por lo tanto, con tan pocos números detectados y su distribución, no se puede discutir sobre la alteración.

Plagioclasa : Se han detectado 51 plagioclasas con el grado 4 de intensidad detectada media. En la zona alterada por mineralización, este mineral no se encuentra, o aun cuando se observa, su intensidad es muy baja. Plagioclasa es el mineral más afectable por alteración y generalmente se transforma en otro mineral. Se reconoce un ejemplo de que éste se pierde en la parte central de la zona alterada. Se observa el fenómeno de que su intensidad detectada se aumenta precipitadamente hacia afuera en esta

zona, lo cual indica que desde la parte central hacia la parte exterior se disminuye el grado de alteración y que afuera se conserva plagioclasa no alterada. A base de esta tendencia se puede aclarar la existencia de la alteración debida a la mineralización. Además, se puede utilizar tal tendencia para seleccionar áreas limitadas como objeto de la investigación.

Aun en la zona fuertemente alterada de Animas - Siete Suyos, se hallan esparcidas unas partes que indican baja intensidad de plagioclasa. En interior mina de Gran Chocaya, este mineral se pierde más notablemente en torno a vetas, pero entre dos vetas alejadas existen partes que indican baja intensidad, o sea, donde existe plagioclasa. Todo ello indica que la alteración ocurrió rodeando las vetas.

Ortoclasa : Se han detectado 68 ortoclasas y su intensidad detectada media presenta el 3. Se encuentra una tendencia de que baja algo la intensidad detectada media desde la parte central de la línea de medición hacia Sureste cruzando la línea. En el interior de la mina Gran Chocaya se presenta un carácter de que coincide la zona mineralizada con la distribución de intensidades detectadas de ortoclasa, pero ambas distribuciones están muy cerca, por lo cual, se considera que se puede utilizar este método a prospección detallada de interior mina.

Sericita : Se han detectado 94 de este mineral y se muestra el 3 de intensidad detectada media en ambos de interior y exterior de mina, además, sin variación entre los valores medidos, lo cual señala que sericitización se desarrolla en toda el área de investigación detallada. Por consiguiente, la presencia de sericita indica amplia zona de alteración que no señala zona alterada en relación directa con mineralización y no es útil para la selección de área de exploración en la etapa de investigación detallada.

Clorita : Se han detectado 29 cloritas y su intensidad detectada media es el 2 y no existe mucha variación entre las intensidades. En

superficie se distribuyen ampliamente desde la parte de 400 m al Oeste de la línea de medición hacia el Este, cuya parte central es la zona mineralizada ya alterada de Animas-Siete Suyos. Sin embargo, no se encuentra claramente la relación entre mineralización y presencia de clorita en interior de la mina Gran Chocaya. Por consiguiente, este mineral es posiblemente aplicable como un método para detectar el centro de alteración en amplia zona alterada.

Monmolironita : Se ha detectado solamente una monmolironita y no se puede considerar que este mineral haya sido formado por alteración. Por lo tanto, es difícil considerar alteración del área por este mineral.

Caolinita : Se han detectado 29 de este mineral, cuya intensidad detectada media es el 2, y sin tener mucha variación en sus valores medidos. En la mina Animas se encuentra de una parte considerada como el centro de mineralización a la parte Suroeste y se muestra una tendencia extendida de la línea de medición al Oeste. Por consiguiente, es aplicable para determinar el centro de amplia zona de alteración. En caso de la mina Gran Chocaya, este mineral se detectó cerca de la zona mineralizada en interior de la mina Gran Chocaya, lo cual señala que el método de clasificación de zona alterada es útil para investigación detallada de interior mina. Especialmente, lo de que se encuentra este mineral al tope del Noroeste del recorte nos insinúa tener una posibilidad de existencia de zona mineralizada paralela en su lado Norte.

Dolomita : Se han detectado sólo cuatro dolomitas de las cuales, tres son del interior de la mina Gran Chocaya, pero su tendencia de distribución e intensidad no es clara, y nos insinúa solamente que la dolomita se produce quizás cerca de la zona mineralizada.

Calcita : Se han detectado 19 de este mineral, sin variación de intensidad detectada media. En superficie se detectan en la parte Noroeste y extremo Sureste de la línea de medición, lo cual nos insinúa de ser el

borde de mineralización y alteración. Por consiguiente, se puede presumir que desaparición de este mineral es útil para elegir zona alterada que tenga directa relación con mineralización de la zona ampliamente alterada. En la mina Gran Chocaya este mineral se hace detectar alejando a 150 m de la veta, es decir, este mineral se halla siempre cerca de vetas, lo cual se puede utilizar a la investigación detallada de interior mina.

Yeso : Se han detectado 9 de este mineral cuyas intensidades detectadas medias en ambos de interior y exterior de la mina son el 2 y no se presenta especial tendencia en sus distribuciones y sus intensidades detectadas.

Siderita : Se han detectado 11 sideritas que se encuentran sólo en interior de la mina Gran Chocaya, pero no es clara su relación directa con las vetas. De hecho de detectarse sólo de interior de la mina se considera que este mineral produce en íntima relación con la mineralización.

Pirita : Han sido detectadas 32 piritas cuya intensidad detectada media es el 2. En superficie se detectaron en los extremos septentrional y meridional de la línea de medición, donde se presenta borde de la zona alterada, por lo cual la desaparición de este mineral se puede aplicar para detección de parte central de zona ampliamente alterada. En cambio, en interior de la mina se han detectado 22 piritas, cuya intensidad detectada media es el 3, el que es poco alto que la de exterior, además no se encuentra carácter de concentrarse en algunas partes como en superficie, por lo cual, quizás sería mejor interpretar que la presencia de este mineral en interior mina refleja más la mineralización que la alteración.

Esfalerita : Ha sido detectado uno sólo de este mineral. Debido a no ser mineral de alteración no lo discutimos más detalladamente.

3-4-3 Clasificación de las zonas alteradas (Véanse Figs. 9-1 ~ 7)

Las intensidades detectadas y su distribución se resumen en el plano y en la sección por la línea de medición. Los que no presentan cierta

tendencia en su distribución o intensidad detectada, aunque sean abundantes los números detectados, dentro de los minerales detectados, y los minerales que se detectan raramente, tales como cuarzo, selicita, cristobalita, ortoclasa, monmolironita, dolomita, yeso, siderita y esfalerita, se han quitado de la regla principal de clasificación de zonas alteradas. Sin embargo, esto no significa que no se utilice ninguno de dichos minerales. Al contrario, para determinar condiciones metalogenéticas de la alteración, es indispensable reconocer la presencia de cuarzo y sericita, sobre lo cual se describirá en adelante.

En combinación de caolinita, clorita, plagioclasa y calcita, las zonas alteradas en el área de investigación detallada se clasifican en las siguientes:

Zona I : Zona de caolinita y clorita mezcladas

Zona II : Zona de clorita

Zona III : Zona de caolinita

Zona IV : Zona de plagioclasa extintiva

Zona V : Zona de plagioclasa y calcita mezcladas

Zona I (de caolinita y clorita mezcladas) : En esta zona se producen caolinita y clorita mezcladas. Casi no se observa plagioclasa y en caso de que se observa, tiene débil intensidad relativa de difracción. Su difusión se encuentra enlongadas estrechamente en la parte central, a lo largo de la línea de medición. Su dimensión alcanza en tres direcciones ; una de 200 m aproximadamente en dirección de la línea, otra de 800 m aproximadamente cruzada en la línea, y otra cruzada en el grupo de vetas de Animas-Siete Suyos, es decir, esta dimensión se encuentra un poco al Este del centro del área de difusión de los yacimientos.

Zona II (de clorita) : En esta zona se difunde clorita, y se observa un poco plagioclasa con la débil intensidad relativa. Su difusión está al Este de la línea de medición, al Este de Animas, sólo cubriendo una parte de

← NNO

SSE →

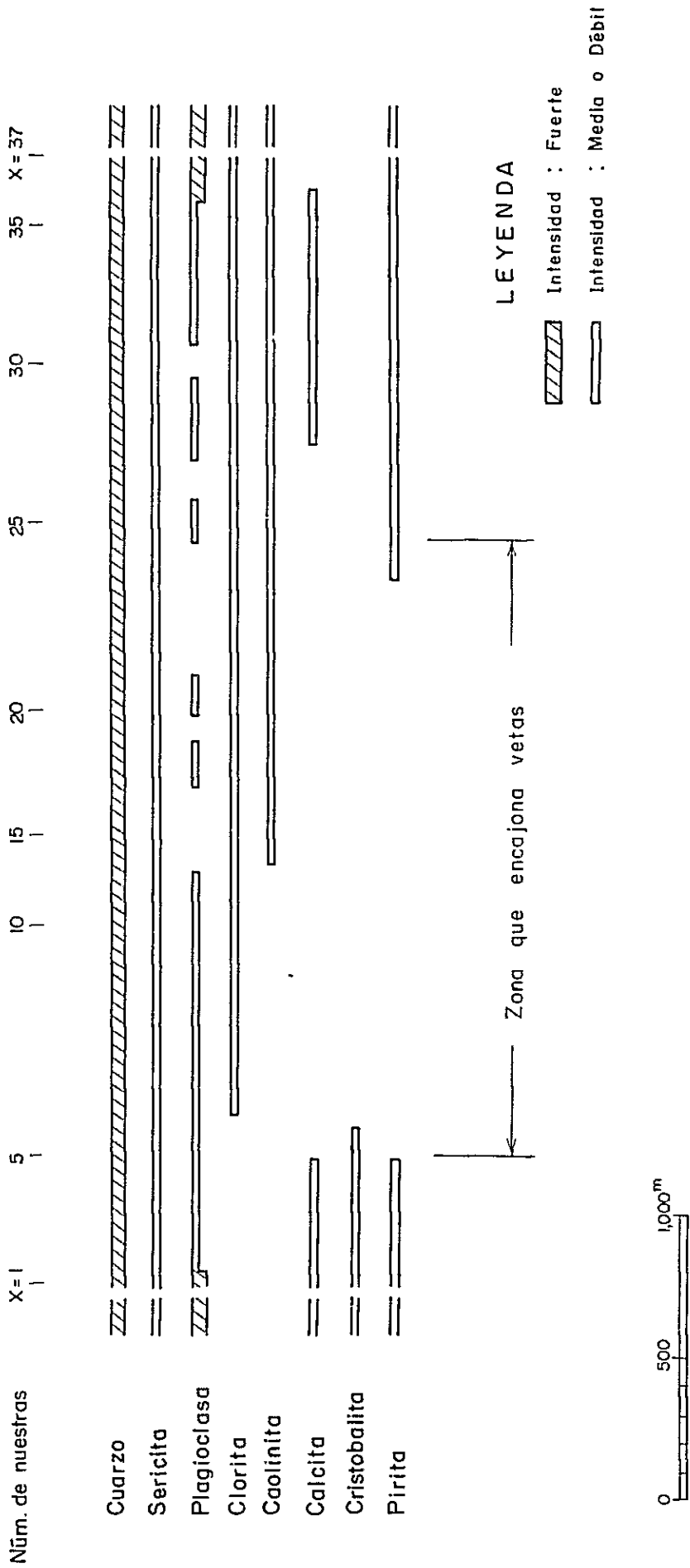


Fig 9-1 Distribución de minerales detectados por rayos - X en la línea de medición que cruza rectangularmente el grupo de vetas de Animas - Siete Suyos (Muestras para rayos - X No. X=1 ~ X=37)

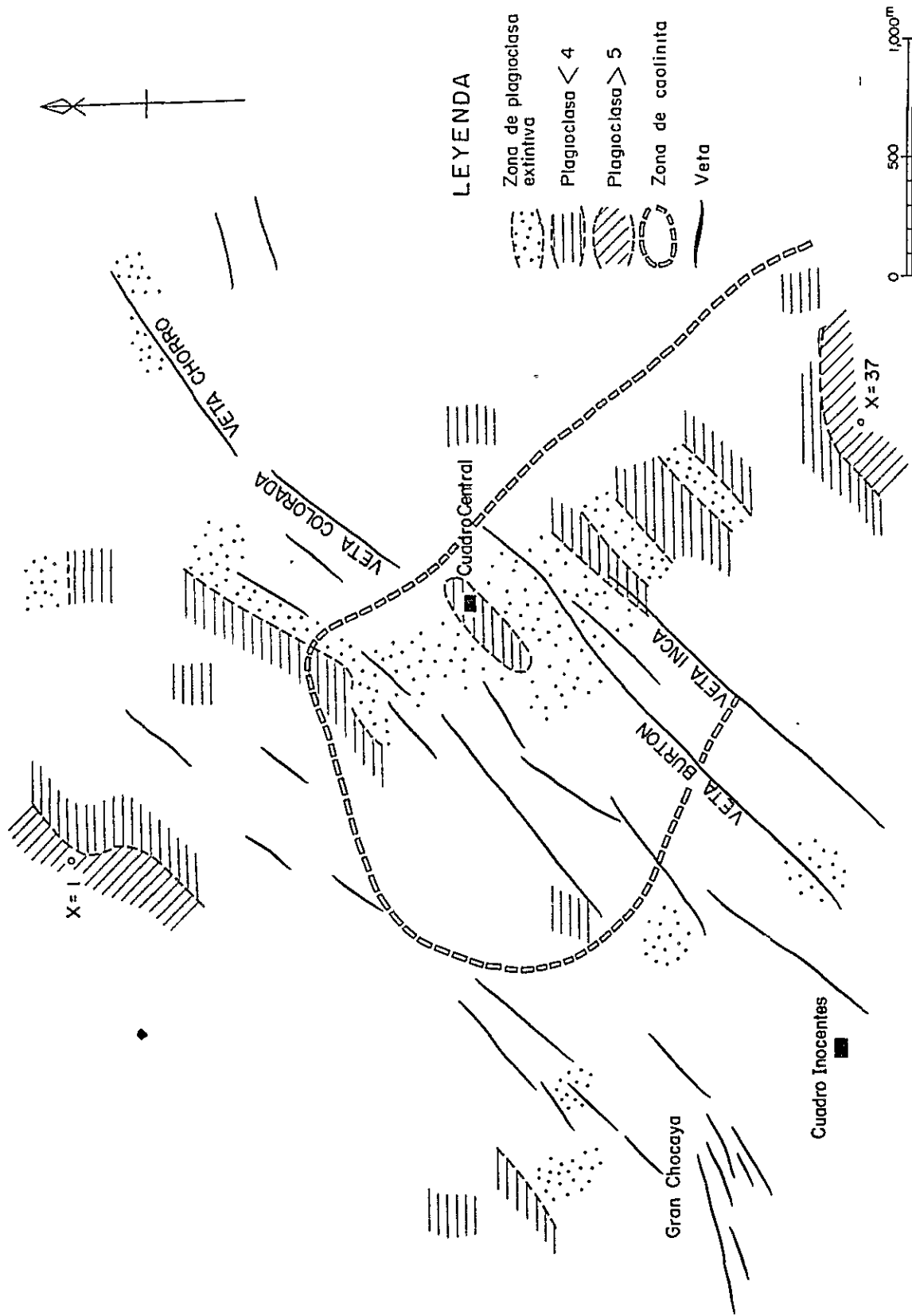


Fig. 9-2 Distribución de plagioclasa y caolinita

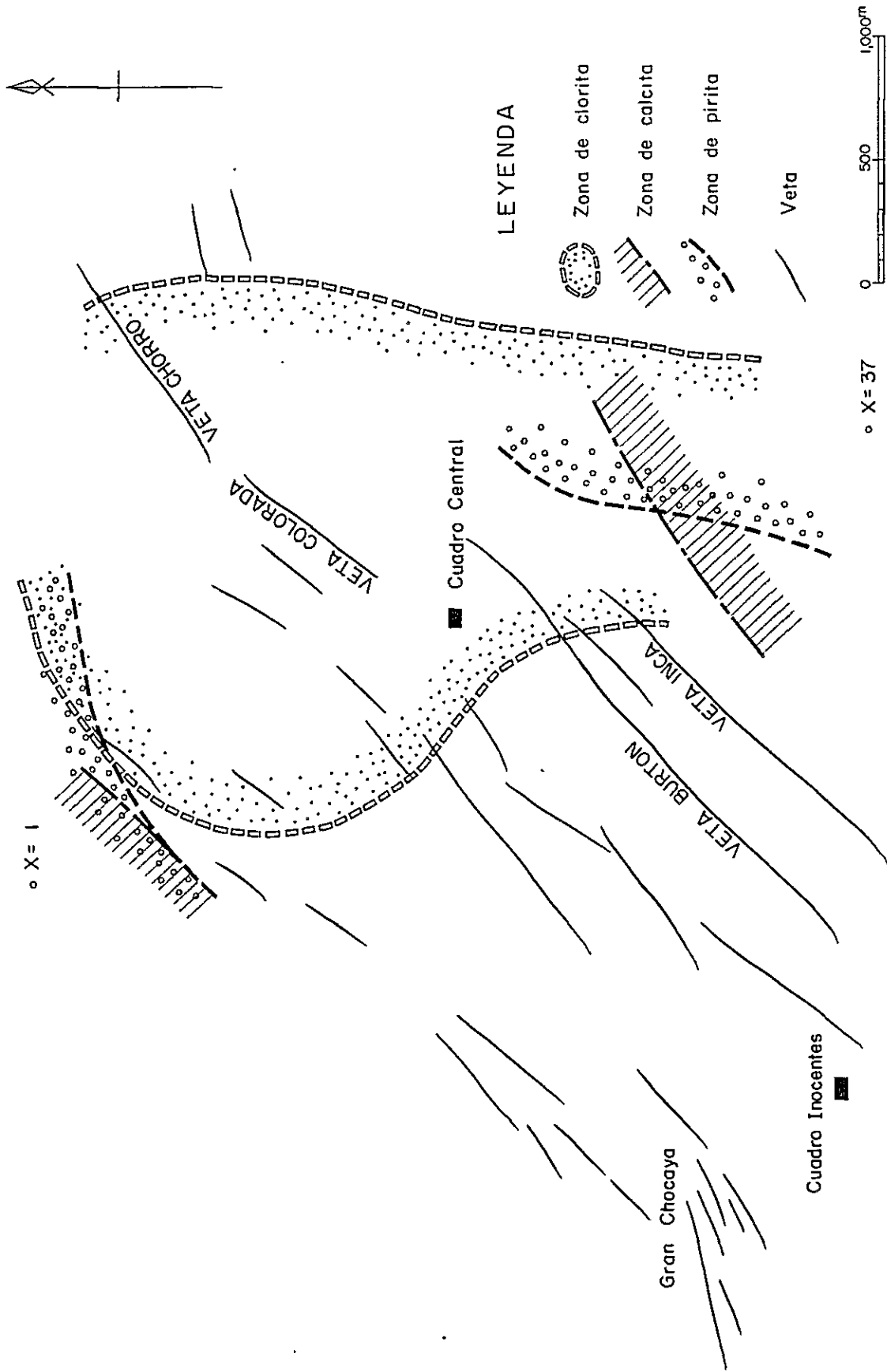


Fig. 9-3 Distribución de clorita, calcita y pirita

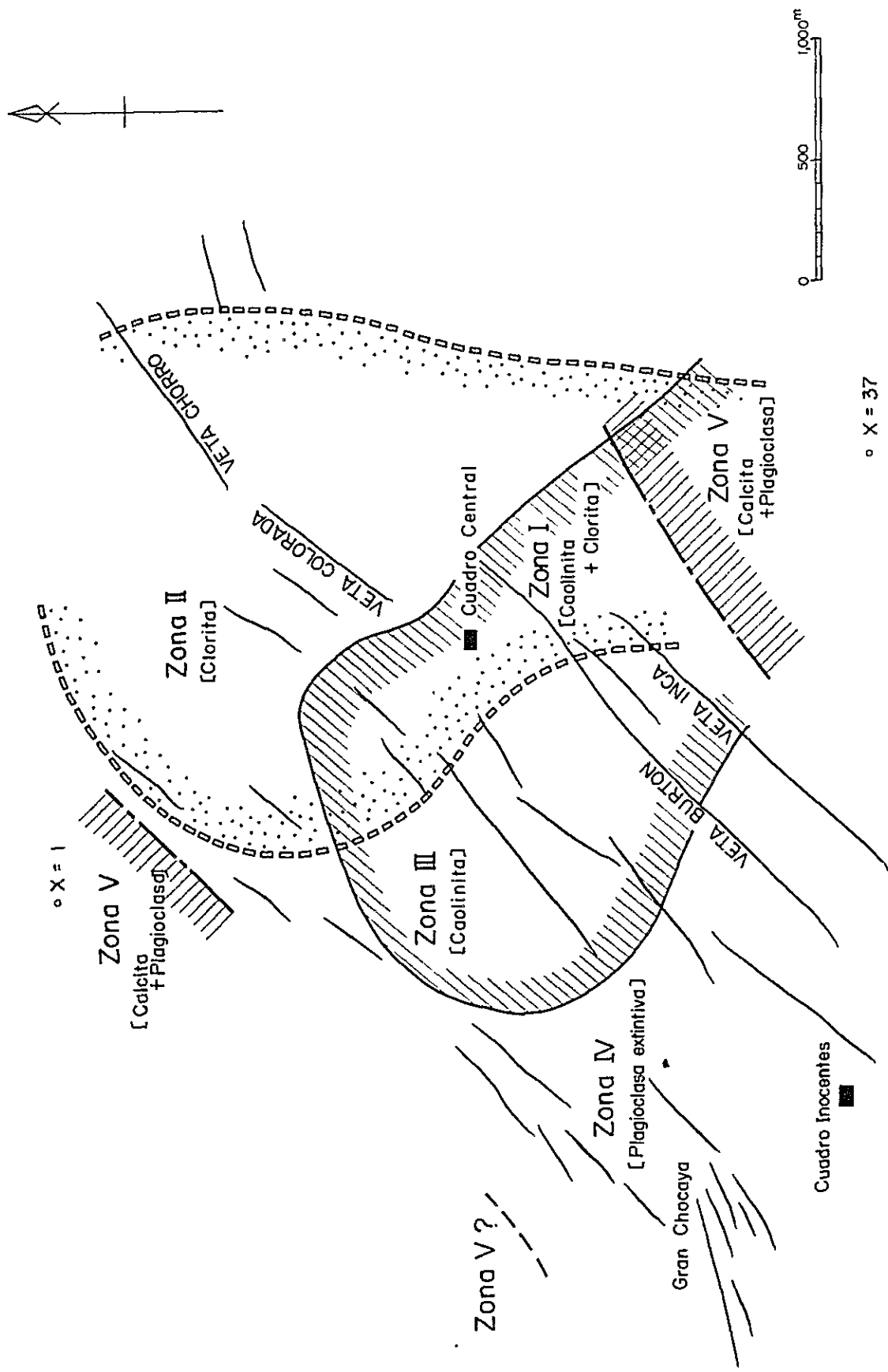
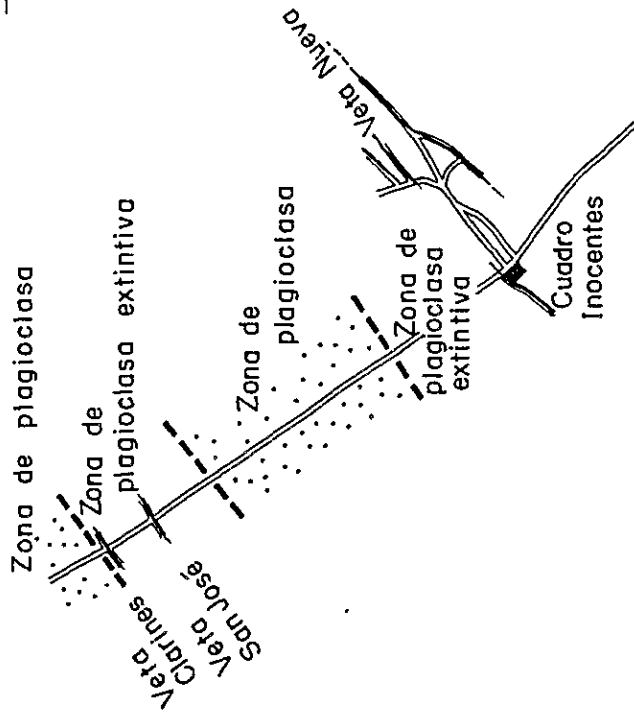
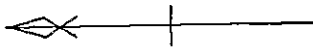


Fig. 9-4 Clasificación de zonas alteradas

(Plagioclasa)



(Ortoclasa)

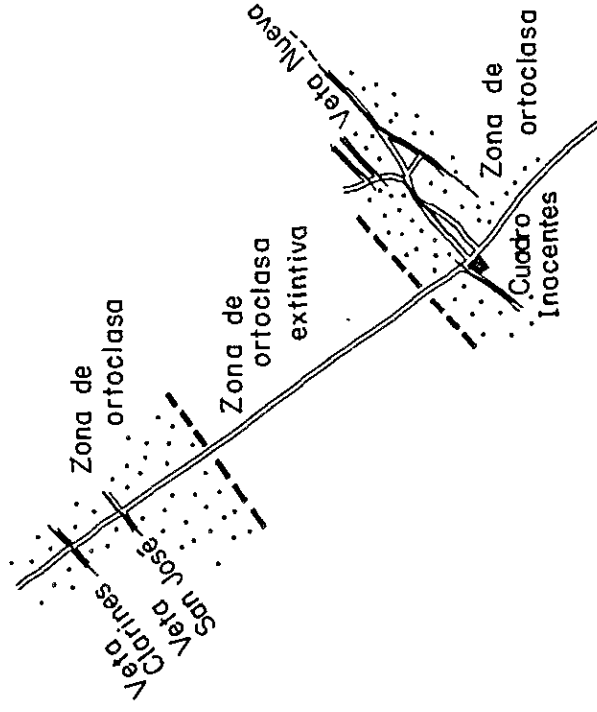
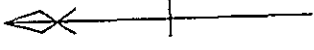
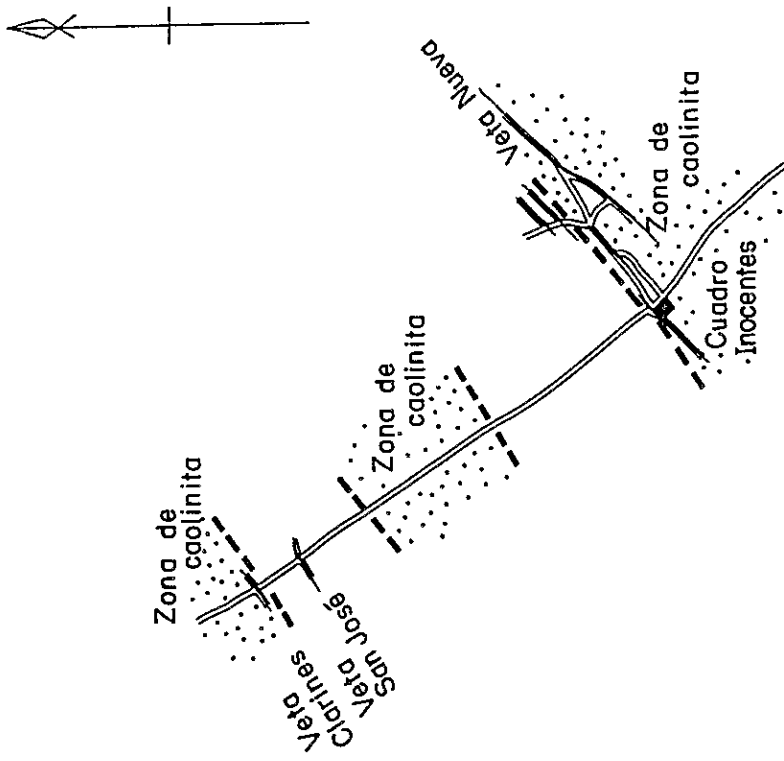


Fig. 9-5 Distribución de plagioclasa y ortoclasa, interior de la mina Gran Chocaya

(Caolinita)



(Calcita)

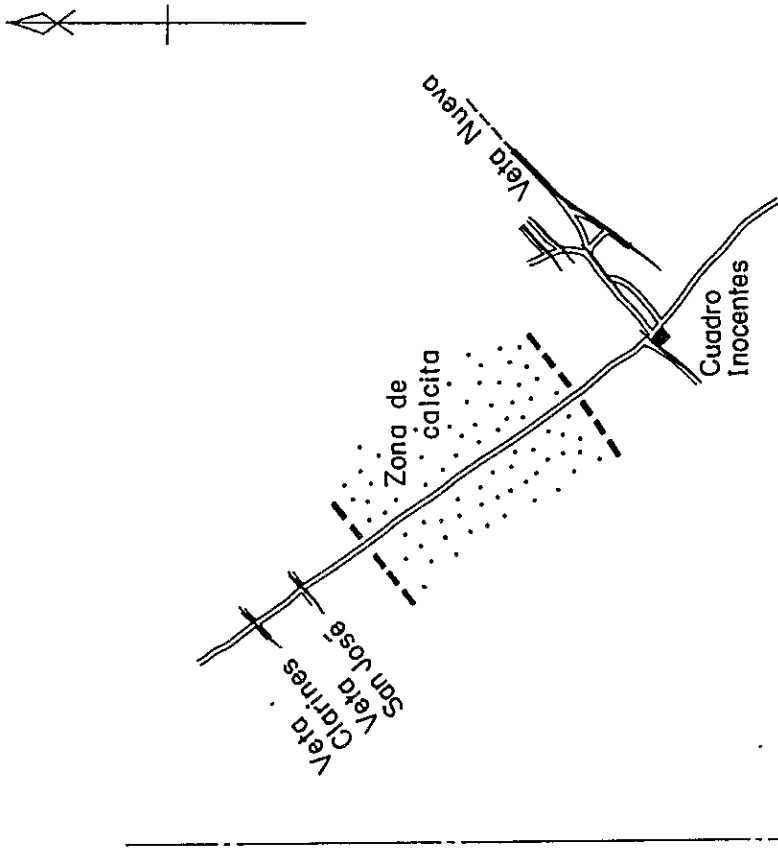


Fig. 9-6 Distribución de caolinita y calcita, interior de la mina Gran Chocaya

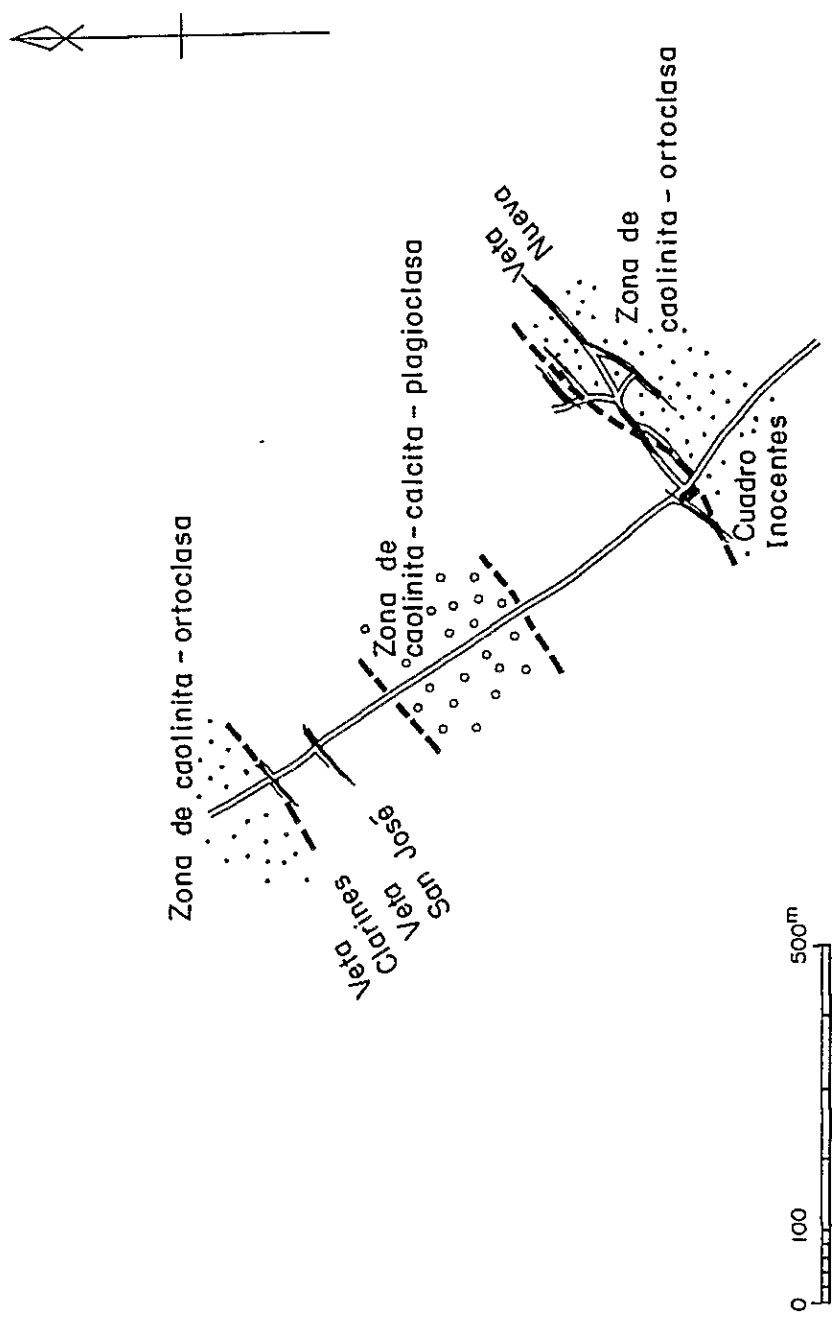


Fig. 9-7 Distribución de minerales alterados, interior de la mina Gran Chocaya

ésta en su parte Norte, sin que se reconozca su borde Oriental. La forma de difusión es paralela a la línea, con el desarrollo de 2,400 m aproximadamente a su dirección, y de 2,000 m aproximadamente que cruza la línea. Por lo tanto, esta zona también tiene la difusión que atraviesa el grupo de vetas de Animas-Siete Suyos.

Zona III (de caolinita) : En esta zona existe caolinita. Se observa un poco plagioclasa con la débil intensidad relativa. Existe al lado Oeste del punto 200 m de la línea de medición con la dimensión de 2,000 m aproximadamente en la dirección de la línea y de 1,000 m aproximadamente en la dirección que cruza con la línea. Por lo tanto esta zona también se encuentra atravesando el grupo de vetas de Animas-Siete Suyos, con el desarrollo de la parte central al Sudoeste de la zona mineralizada de Animas-Siete Suyos.

Zona IV (de plagioclasa extintiva) : Esta zona está desarrollada al Nordeste de la zona de clorita y al Sudoeste de la de caolinita, sin comprobarse su parte cerrada. Sin embargo, se considera que el área donde se desarrollan vetas se ubica casi totalmente dentro de esta zona con excepción del extremo Norte de la línea de medición. La dimensión de distribución, aunque no se puede mencionar exactamente, es de 2,500 m aproximadamente en la dirección de la línea y de 4,000 m en la que cruza la línea perpendicularmente ya que en esta dirección esta zona abarca las zonas de I, II y III.

Zona V (de plagioclasa y calcita mezcladas) : Esta zona se desarrolla cruzando en forma rectangular la línea de medición en sus dos extremos y hacia afuera, e intercala las zonas I, II, III y IV a lo largo de esta línea. La intensidad detectada de plagioclasa es del grado 5, el cual está en el alcance de asociar calcita, pero la forma de su distribución no está clara.

Podemos mencionar sobre la alteración del grupo de yacimientos de Gran Chocaya y Animas-Siete Suyos considerando la línea como centro, que las zonas de I, II y III están difundidas en la forma de círculo alrededor

de Animas, sin coincidir totalmente con la dirección de rumbo de las vetas. Además se considera que la zona menos alterada de IV y V coincide con la dirección de rumbo del grupo.

Comparando la zona alterada de la mina con la de la superficie podemos aclarar que en la mina no existen las zonas de I y II, sino sólo III y V con la difusión pequeña. Y en el recorte de 800 m se repiten detecciones y extinciones, y en su parte central se ve la V, por lo cual se puede juzgar que la zona alterada de la mina Gran Chocaya es más complicada con la escala menor que el área Animas-Siete Suyos. También las combinaciones de caolinita-ortoclasa y calcita-caolinita y las numerosas veces de detecciones de pirita y de siderita demuestran la complicación de alteración. El área Gran Chocaya, sin embargo, está ubicada totalmente dentro de la zona V, por lo tanto en todo caso tiene posibilidad de ser explorada.

3-4-4 Zona alterada y condiciones de su formación

En una zona alterada se forman minerales autógenos con mucha variación debido a las condiciones complicadas de la alteración hidrotermal. Recientemente suelen clasificarse zonas alteradas complicada y variadamente en 16 series a base de los minerales de silicatos que se forman en común. Además, se las dividen en la zona ácida, la neutra y la alcalina conforme a la manera de presentarse de zonas de geotermia y al resultado de prueba sintética de minerales. La característica de nuestra área es la existencia de cuarzo, ortoclasa y sericita en común, y también la de clorita, pirita y siderita con menos veces de detección. Por lo cual se puede juzgar que estas combinaciones pertenecen, como las condiciones de formación de las zonas alteradas, a la zona típica de feldespatos potásicos en la serie K de la neutra.

Pero tanto dentro como fuera de la mina se detecta tan considerable cantidad de caolinita que no se puede desatender, lo cual demuestra claramente que condiciones de su formación pertenecen a la zona de caolinita en

la zona ácida. En esta zona de caolinita, sin embargo, no es posible que coexistan clorita y sericita bajo condiciones fisicoquímicas idénticas.

En cuanto a la explicación para la característica de la zona alterada de las combinaciones de los minerales, se puede citar la hipótesis de la repetición de alteración con diferentes genios y tiempos en un sitio casi idéntico, es decir que, la alteración hidrotermal es la de la zona de caolinita, en la ácida, produciendo caolinita y cuarzo, y al mismo tiempo lixivía álcali de plagioclasa que la rodea. Dicha serie de alteración hidrotermal la suponemos como la de acidez de la época anterior.

Después ocurre en el mismo lugar la alteración de la zona de feldespato potásico de la serie K de la zona neutra, produciendo principalmente cuarzo, sericita y clorita. La suponemos como la de neutral de la época posterior.

Estas dos acciones diferentes, anterior y posterior, actúan en el mismo lugar en diferentes épocas, lo cual demuestra que existe notablemente caolinita, representante en la zona de caolinita de la ácida, encontrada dentro de las combinaciones de los minerales alterados de la zona típica de feldespato potásico de la serie K de la zona neutra.

Se conocen bastantes ejemplos que tienen combinaciones y difusiones complicadas de zonas alteradas por repeticiones de la acción hidrotermal con diferentes tiempos y genios.

3-4-5 Estimación de la zona alterada (Véanse Pl. 5, Figs. 9-1, 9-4 y 9-7)

Conforme a la interpretación del resultado de analizarse por rayos-X 100 muestras de roca en minas y fuera de ellas, en este capítulo se han examinado desde varios puntos de vista minerales alterados, zonas alteradas y condiciones de su formación.

Aprovechando factores relacionados con estas alteraciones se estudia la posibilidad de exploración en el área de la investigación detallada. El centro de la zona alterada mineralizada penetra en la zona extinguida de

plagioclasa y su centro mismo debe coincidir con el centro de la mineralización salvo excepciones especiales. En el interior de la mina Gran Chocaya y la parte central del grupo de vetas Animas-Siete Suyos se detectaron varias clases de minerales, según su combinación, los cuales se dividieron en varias clases de zonas clasificadas por alteración. Excepto una parte del Noroeste y el Sudeste del alcance de la investigación detallada, toda el área se incluye en las zonas I ~ IV.

Aun en las zonas I ~ IV y cada zona clasificada por alteración, si se examina en detalle por unidad de mineral alterado, se observa la intensidad relativa de difracción y se encuentran minas en realidad.

Si se dice sobre la posibilidad de existir vetas en el área de la investigación detallada, se destacan la zona alterada reconocida y la dirección prolongada de la misma zona.

La zona alterada reconocida : En el área distribuída de la zona I, sobre todo más al Sur de X=25 de la línea de medición, se observan repetidamente la detección y desaparición de plagioclasa, y aun en la superficie de la tierra se ve complicada la descoloración del blanco al verde, y es interesante como lugar objetivo de exploración.

El área que rodea la Quebrada Castilla, que se sitúa al Oeste de Agua de Castilla en el extremo Nordeste de la zona alterada, pertenece a la zona II. En esta área la intensidad de detección de plagioclasa es muy baja, y en la superficie de la tierra se observa la descoloración del color blanco al verde claro en pequeña escala en forma bandeada en la misma dirección que la zona alterada, en la que se ve una veta cuarzófera estéril de 10 cm de ancho y nos interesa bastante.

La parte prolongada de la zona alterada reconocida : Refiriéndose a la parte prolongada del Nordeste, en torno a Siete Suyos se encuentran desarrolladas rocas sedimentarias, etc. del Ordovícico en el el lecho del

Río Chocaya, por lo cual geológicamente es límite de exploración y hay poca posibilidad.

En la parte prolongada del Suroeste, se descubrieron vetas en el interior de la mina Gran Chocaya. Referente a los minerales detectados por rayos-X en interior mina, aunque el alcance de su detección está limitado, se observan unos fenómenos, tales como la extinción de caolinita, clorita y plagioclasa, etc., así como en la parte central de la zona alterada de Animas - Siete Suyos. En la superficie de la tierra se observa la descoloración fuerte y existen minas abandonadas. Por lo tanto, esta parte prolongada del Suroeste, que incluye la dirección cruzada con Gran Chocaya en forma rectangular, es de mucho interés. En esta área, sobre todo, hay límite en sacar muestras de roca para el análisis radiográfico y se han sacado pocas muestras de roca desde la superficie de la tierra, por lo cual la precisión de estudio sobre la relación alterante en la superficie de la tierra era más baja que Animas-Siet Suyos. Por consiguiente, se necesitará efectuar la investigación detallada superficial sobre alteración hacia la dirección de la parte del Suroeste.

Dentro del área de la investigación semidetallada del presente año, incluso fuera del alcance de la observación superficial sobre alteración, se reconocen varias zonas alteradas. En el área de la investigación detallada, se encuentran zonas alteradas y minas abandonadas en el alcance de difusión de dacita de Animas ubicada al Norte del Cerro Pabellón. Fuera del alcance de la investigación detallada, el área difundida de dacita de Animas, situada extendidamente al Sur del mismo alcance, está salpicada de zonas alteradas descoloradas del color blanco al verde claro.

Por consiguiente, en adelante, se piensa que es eficaz preparar guías para las próximas investigaciones, por efectuar la extracción de muestras de roca de zonas alteradas situadas fuera del alcance de la presente

investigación superficial sobre zonas alteradas, por método de muestreo reticulado, aclarar el carácter de la alteración y su grado, y estudiar en comparación con el resultado de la presente investigación.

En este caso lo que se debe prestar atención es observarse en la zona alterada de Animas - Siete Suyos unos fenómenos sugestivos de que no se haya alcanzado directamente la mineralización de vetas en la superficie, o sea, en el suelo superficial no se observan evidentemente ni vetas mineralizadas ni sombrero de hierro consistente en limonita que indica la presencia de veta. Por consiguiente, al estudiar fuera del alcance de la investigación detallada, debe hacer no sólo la comparación del grado de alteración con el resultado de la presente investigación, sino también, si es posible, la revisión sobre su variación en dirección vertical por medio del sondeo. Y en caso de que se encuentra en una parte alteración comparativamente débil, se necesita juzgar si es verdaderamente el extremo horizontal de una zona alterada, o el extremo superior vertical de una zona grande.

Conforme a la distribución, combinación e intensidad de detección de minerales detectados, la presente zona alterada se han clasificado en las cinco zonas. A continuación, se referirá a la intensidad relativa entre cada veta o la relación entre éstas y la mineralización.

La parte central del grupo de vetas de Animas - Siete Suyos coincide planamente más o menos con las zonas I, II y III. En la zona V, no se observa la descoloración fuerte y variada que se encuentra aun en el suelo superficial en las zonas I ~ III. En los yacimientos de "kurokoo"* de Japón también se observa el aumento repentino de CaO (un componente de plagioclasa)

* Yacimientos de "kurokoo" se definen generalmente como yacimientos de minerales polimetálicos de sulfuro y sulfato de forma bandeada, metalogénicamente relacionados con el volcanismo félsico Mioceno.

hacia los lados laterales desde el centro de yacimientos, lo cual sirve como índice importante para saber el grado de la alteración de roca madre. Por consiguiente, a base de la premisa de que la zona alterada se acompañe de la mineralización, el centro de la alteración por mineralización coincide más o menos con la zona I y se extiende a los lados laterales hacia la zona II o hacia las zonas III, IV y V en este orden.

Al estimar que ocurría la alteración hidrotermal en dos épocas primaria y tardía, se supone que en el centro de la primaria se producía zona de caolinita, con la cual coincide el centro de la tardía, y que la alteración se desarrollaron desde el centro hacia fuera, o sea, desde las zonas I, II y III hacia la IV y luego a la V. De todos modos, la parte central de la zona alterada sería las zonas I, II y III.

BIBLIOGRAFIA

1. Ahlfeld, F.E. y Braniza, L.(1960) : Geología de Bolivia
2. Ahlfeld, F.E. y Schneder Scherbina, F.(1964) : Los Yacimientos Minerales y de Hidrocarburos de Bolivia; Departamento Nacional de Geología, Bol.5 (Especial)
3. Ahlfeld, F.E.(1973) : Geología de Bolivia
4. Ahlfeld, F.E.(1976) : Metallogenic Epoch and Provinces of Bolivia; Mineralium Deposita 2, P.291-311.
5. Brady, D.A. y Chaves, C.A.(1954) : Geological Report of "Siete Suyos-Animas Properties"; Corporación Minera de Bolivia, by Prospection Limited
6. Branisa, L.(1965) : Los Fósiles Guías de Bolivia, I, Paleozoico; Servicio Geológico de Bolivia, Bol.6
7. CMMPHOB, B.M.(1968) : Geología Económica (traducido en japonés)
8. COMIBOL(1972) : El Yacimiento Argentífero de Chocaya-Animas
9. COMIBOL(1972) : El Yacimiento Argentífero de Chocaya-Siete Suyos
10. Horst F.von Bandat (1962) : Aerogeology
11. Kussmaul, S. Jordan, L.y Ploskonka, E.(1975) : Isotopic Ages of Tertiary Volcanic Rocks of SW-Bolivia; Geol.Jb. Vol.14, P.111-120
12. Kussmaul, S. Hörman, P.K. Ploskonka, E.y Subieta, T. (1977) : Volcanism and Structure of Southwestern Bolivia; Jour. of Volcanology and Geothermal Research.2, P73-111
13. Matsuno, H.(1976) : Aerofotogeología (en japonés)
14. Miyashiro, A.y Kushiro, I.(1975): Litología II (en japonés)
15. MMAJ/JICA (1977) : Informe de Investigación Geológica en Area San Vicente, República de Bolivia, Vol. I
16. MMAS/JICA(1978) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol. II
17. MMAJ/JICA (1979) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol. III
18. MMAJ/JICA (1979) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol. IV (Sumario)

19. Rivas, S.(1963) : Observaciones al Informe Geológico de Prospección Ltd. sobre las propiedades de Siete Suyos-Animas
20. Shimomura, Y.(1979) : Estabilidad de la Cuesta en Explotación de Cielo Abierto; Calizas. NO/177 P.76-88(en japonés)
21. Singewald, S.T.y Berry, E.M.(1922) The Geology of the Coro Coro Copper District of Bolivia ; The Johns Hopkins University Studies in Geology, No.1
22. Takeda, H.(1972.1973) : La Geología y los Yacimientos de los Andes en Sudamérica 1,2,3. Geological Review, No.217 P.52-63, No.224,P.36-47. No.229, P.46-62.(en japonés)
23. Tatsumi, T.(1977) : Base de Geología Economía Contemporánea. (en japonés)
24. Ueda, S. y Sugimura, A.(1973) : Zona de Movimiento Tectónico del Mundo. (en japonés)
25. Watanabe, T.(1956) : Progreso de la Geología Económica (en japonés)

APENDICES

A-1 Lista de Muestras

A-1-1 ----- Lista de muestras de exterior mina

A-1-2 ----- Lista de muestras de interior mina

A-1-3 ----- Lista de muestras usadas a más de dos clases de prueba de
una muestra

Signos de métodos aplicados

X ----- Estudio de rayos-X

T ----- Estudio microscópico de sección delgada

O ----- Análisis químico de mineral

P ----- Estudio microscópico de sección pulida

B ----- Análisis químico de roca

C ----- Prueba de edad por método potasio-argón

F ----- Estudio de fósil

A-1-1 Lista de Muestras de Mina Exterior No. 1

A-1-1

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-1	7-F	Brecha volcánica de Belén Loma	Toba brecha	
X-2	"	"	Dacita (?)	
X-3	"	Dacita de Animas	Dacita	
X-4	"	"	"	
X-5	"	"	"	
X-6	"	"	"	
X-7	"	"	"	
X-8	"	"	"	
X-9	"	"	"	
X-10	"	"	"	
X-11	"	"	"	
X-12	"	"	"	
X-13	"	"	"	
X-14	"	"	"	
X-15	"	"	"	
X-16	"	"	"	
X-17	"	"	"	
X-18	7-G	"	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-19	8-G	Dacita de Animas	Dacita	
X-20	"	"	"	
X-21	"	"	"	
X-22	"	"	"	
X-23	"	"	"	
X-24	"	"	"	
X-25	"	"	"	
X-26	"	"	"	
X-27	"	"	"	
X-28	"	"	"	
X-29	"	"	"	
X-30	"	"	"	
X-31	"	"	"	
X-32	"	"	"	
X-33	"	"	"	
X-34	"	"	"	
X-35	"	"	"	
X-36	"	"	"	

A-1-1

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-37	8-G	Dacita de Animas	Dacita	
X-70	9-F	"	"	
X-71	8-F	"	"	
X-72	7-G	"	"	
X-73	"	"	"	
X-74	"	"	"	
X-75	"	"	"	
X-76	7-F	"	"	
X-77	8-G	"	"	
X-78	7-G	"	"	
X-79	8-G	"	"	
X-80	7-F	"	"	
X-81	8-G	"	"	
X-82	"	"	"	
X-83	7-G	"	"	
X-84	8-G	"	"	
X-85	"	"	"	
X-86	8-F	"	"	

No. 2

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-87	7-G	Dacita de Aminas	Dacita	
X-88	8-F	Toba brecha de Inocentes	Toba brecha	
X-89	8-G	Dacita de Aminas	Dacita	
X-90	6-G	Toba brecha de Gran Chocaya	Toba brecha	
X-91	7-G	Dacita de Animas	Dacita	
X-92	8-G	"	"	
X-93	8-F	"	"	
X-94	"	"	"	
X-95	6-G	Toba brecha de Gran Chocaya	Toba brecha	
X-96	7-G	Dacita de Aminas	Dacita	
X-97	8-G	"	"	
X-98	6-G	Toba de Cerro Negro Pozo (?)	Dacita (?)	rodado (?)
X-99	7-G	Dacita de Animas	"	
X-100	8-F	"	"	
T-1	6-F	Dacita de Cerro Khumullani	"	
T-2	8-F	Dacita de Animas	"	
T-3	"	"	"	
T-4	7-G	"	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
T-5	9-G	Dacita de Cerro Khumullani	Dacita	
T-6	7-H	Dacita de Animas	"	
T-7	8-C	Quehua	Toba	
T-8	6-G	Dacita de Cerro Khumullani	Dacita	
T-9	3-H	Ordovícico	Pizarra	
T-10	3-G	"	Arenisca calcárea	
T-11	10-D	"	Pizarra roja	
T-12	"	Quehua	Limo rojo	
T-13	11-D	El Molino	Caliza	
T-14	5-G	Dacita de Cerro Khumullani	Dacita	
T-15	4-G	Potoco	Pizarra calcárea	
T-16	3-C	El Molino	Caliza	
T-17	"	"	Conglomerado	
T-18	7-H	Dacita de Animas	Dacita	
T-19	12-G	Quehua	"	
T-20	12-F	Ordovícico	Arenisca	
T-21	11-E	El Molino	Arenisca silicificada	
T-22	3-G	Potoco	Arenisca roja	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
T-23	4-G	Potoco	Arenisca roja	
T-24	5-E	Toba brecha de inocentes	Toba	
T-25	11-E	El Molino	Caliza	
T-26	10-D	Ordovícico	Arenisca roja	
T-27	4-F	Quehua	Pumita	
T-28	10-C	Ordovícico	Pizarra calcárea	
T-29	10-G	Quehua	Toba lapilli	
T-30	11-F	Ordovícico	Arenisca roja	
T-31	4-G	"	Pizarra	
T-32	7-E	Dacita de Cerro Khumullani	Dacita	
T-33	11-D	El Molino	Arenisca roja	
T-34	4-H	Ordovícico	Pizarra negra	
T-35	10-B	Quehua	Toba	
T-36	11-C	Ordovícico	Pizarra negra	
T-37	6-C	Quehua	Caliza	
T-38	5-K	Ordovícico	Arenisca	
T-39	9-H	Dacita de Animas	Dacita	
T-40	3-G	El Molino	Pizarra	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
T-41	9-D	Ordovícico	Pizarra	
T-42	3-H	El Molino	Arenisca	
T-43	9-H	Toba de Rancho Lupijara	Toba	
T-44	4-H	Ordovícico	Arenisca	
T-45	5-D	Quehua	Toba	
T-46	10-A	"	Toba brecha	
O-21	7-H	Escombros	Mineral	
O-22	7-G	"	"	
O-23	"	"	"	
O-24	"	"	"	
O-25	"	"	"	
O-39	"	"	"	
O-40	6-G	Toba brecha de Gran Chocaya	"	
O-41	"	"	"	
O-42	7-G	Dacita de Animas	"	
O-43	6-I	Ordovícico	Pizarra	
O-44	10-H	Toba de Rancho Lupijara	Filón cuarífero	
O-45	7-H	Dacita de Animas	Dacita (sombbrero de hierro)	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
O-46	6-H	Dacita de Animas	Dacita (sombbrero de hierro)	
O-47	8-G	"	Filón limonita	
O-48	"	"	Dique de brecha	
O-49	"	"	Dacita (sombbrero de hierro)	
O-50	"	"	"	
B-1	6-F	Dacita de Cerro Khumullani	Dacita	
B-2	8-F	Dacita de Animas	"	
B-3	"	"	"	
B-4	7-G	"	"	
B-5	9-G	Dacita de Cerro Khumullani	"	
C-1	6-F	"	"	
C-2	8-F	Dacita de Animas	"	
F-1	3-G	El Molino	Caliza	
F-2	2-E	Potoco	Arenisca	
F-3	11-E	El Molino	Caliza arenosa	
F-4	"	"	"	
F-5	11-F	"	"	

A-1-2 Lista de Muestras de Mina Interior

No. 1

Número de muestras	Ubicación de Muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-38	3-I	Dacita de Animas	Dacita	
X-39	"	"	"	
X-40	"	Toba brecha de Inocentes	Toba brecha	
X-41	3-H	"	"	
X-42	"	"	"	
X-43	2-H	"	"	
X-44	"	"	"	
X-45	"	"	"	
X-46	"	"	"	
X-47	"	"	"	
X-48	"	"	"	
X-49	"	"	"	
X-50	"	"	"	
X-51	"	Dacita de Animas	Dacita	
X-52	"	Toba brecha de Inocentes	Toba brecha	
X-53	2-G	"	"	
X-54	"	"	"	
X-55	3-I	"	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
X-56	3-I	Toba brecha de Inocentes	Toba brecha	
X-57	3-H	Dacita de Animas	Dacita	
X-58	"	"	"	
X-59	"	"	"	
X-60	"	"	"	
X-61	"	"	"	
X-62	3-I	"	"	
X-63	3-H	"	"	
X-64	"	"	"	
X-65	3-I	"	"	
X-66	"	Toba brecha de Inocentes	Toba brecha	
X-67	"	"	"	
X-68	6-F	Veta Rosario	Arcilla	Mina Animas Nivel 302
X-69	6-E	Veta Rafael	"	"
T-47	7-F	Toba lapilli de Rancho Candelaria	Toba lapilli	"
T-48	"	"	"	"
T-49	5-F	"	"	"
T-50	5-G	"	"	"

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
0-1	8-F	Veta Inca VI (Nivel 661)	Mineral	
0-2	"	Veta Burton (Nivel 661)	"	
0-3	"	Veta Inca VI (Nivel 700)	"	
0-4	"	Veta Burton (Nivel 700)	"	
0-5	"	Veta Inca VI (Nivel 740)	"	
0-6	9-E	Veta Burton (Nivel 740)	"	
0-7	8-F	Veta Burton (Nivel 780)	"	
0-8	"	Veta Inca VI (Nivel 780)	"	
0-9	8-E	Veta Burton (Nivel 545)	"	
0-10	6-E	Veta Rafael (Nivel 302)	"	
0-11	"	"	"	
0-12	"	"	"	
0-13	"	Veta Arturo (Nivel 302)	"	
0-14	"	"	"	
0-15	6-F	Veta Rosario (Nivel 302)	"	
0-16	"	"	"	
0-17	"	"	"	
0-18	"	"	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
0-19	9-B	Veta Colorada (Nivel 370)	Mineral	
0-20	"	"	"	
0-26	3-I	Veta San Bartolomé (Nivel 172)	"	
0-27	"	"	"	
0-28	3-H	Ramo de veta San Bartolomé (Nivel 132)	"	
0-29	"	Ramo de veta Nueva (Nivel 132)	"	
0-30	"	Veta Nueva (Nivel 132)	"	
0-31	"	"	"	
0-32	"	"	"	
0-33	"	"	"	
0-34	"	"	"	
0-35	3-I	"	"	
0-36	3-H	Ramo de veta San Bartolomé (Nivel 132)	"	
0-37	"	Veta San Carlos (Nivel 132)	"	
0-38	3-I	Veta Inocentes (Nivel 132)	"	
P-1	8-F	Veta Inca VI (Nivel 661)	"	
P-2	"	Veta Burton (Nivel 661)	"	
P-3	"	Veta Inca VI (Nivel 700)	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
P-4	8-F	Veta Burton (Nivel 700)	Mineral	
P-5	"	Veta Inca VI (Nivel 740)	"	
P-6	9-E	Veta Burton (Nivel 740)	"	
P-7	8-F	Veta Burton (Nivel 780)	"	
P-8	"	Veta Inca VI (Nivel 780)	"	
P-9	8-E	Veta Burton (Nivel 545)	"	
P-10	6-E	Veta Rafael (Nivel 302)	"	
P-11	"	"	"	
P-12	"	"	"	
P-13	"	Veta Arturo (Nivel 302)	"	
P-14	"	"	"	
P-15	6-F	Veta Rosario (Nivel 302)	"	
P-16	"	"	"	
P-17	"	"	"	
P-18	"	"	"	
P-19	9-B	Veta Colorada (Nivel 370)	"	
P-20	"	"	"	
P-21	3-I	Veta San Bartolomé (Nivel 132)	"	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
P-22	3-I	Veta San Bartolomé (Nivel 132)	Mineral	
P-23	3-H	Ramo de veta San Bartolomé (Nivel 132)	"	
P-24	"	Ramo de veta Nueva (Nivel 132)	"	
P-25	"	Veta Nueva (Nivel 132)	"	
P-26	"	"	"	
P-27	"	"	"	
P-28	"	"	"	
P-29	"	"	"	
P-30	3-I	"	"	
P-31	3-H	Ramo de veta San Bartolomé (Nivel 132)	"	
P-32	"	Veta San Carlos (Nivel 132)	"	
P-33	3-I	Veta Inocentes (Nivel 132)	"	
P-34	3-H	Veta Nueva (Nivel 132)	"	
P-35	"	"	"	
P-36	"	"	"	
P-37	"	"	"	
P-38	"	"	"	
P-39	"	"	"	

A-1-2

No. 4

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota
P-40	3-I	Veta Nueva (Nivel 132)	Mineral	

Número de muestras	Ubicación de muestreo	Formación	Nombre de rocas	Nota

A-1-3 Lista de Muestras Usadas a Más de dos Clases de Prueba de una Muestra

Ubicación de muestras	T	B	C	O	P
6-F	T-1	B-1	C-1		
8-F	T-2	B-2	C-2		
"	T-3	B-3			
7-G	T-4	B-4			
9-G	T-5	B-5			
9-F				0-1	P-1
"				0-2	P-2
"				0-3	P-3
"				0-4	P-4
"				0-5	P-5
10-E				0-6	P-6
9-F				0-7	P-7
"				0-8	P-8
"				0-9	P-9
7-E				0-10	P-10
"				0-11	P-11
"				0-12	P-12
"				0-13	P-13
"				0-14	P-14
7-F				0-15	P-15

Ubicación de muestras	T	B	C	O	P
7-F				0-16	P-16
"				0-17	P-17
"				0-18	P-18
10-B				0-19	P-19
"				0-20	P-20
4-I				0-26	P-21
"				0-27	P-22
"				0-28	P-23
"				0-29	P-24
"				0-30	P-25
4-H				0-31	P-26
"				0-32	P-27
"				0-33	P-28
4-I				0-34	P-29
"				0-35	P-30
4-H				0-36	P-31
"				0-37	P-32
4-I				0-38	P-33

A-2 Resultado de Observación Microscópica de Secciones Delgadas

No. 1

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas, y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales Accesorios	Observación
T-1	6-F	Dacita de Khumullani	Dacita con piroxino, hornblenda y biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita Hornblenda	Augita Magnetita Hematita Limonita Carbonato	El fenocristo está compuesto principalmente de plagioclasa, biotita y hornblenda. Ambas biotita y hornblenda tienen borde de opacita y estructura "schiller" con magnetita y hematita como un producto de opacitización. La matriz presenta típica estructura intersertal con feldespatos listonados y minerales opacos.
T-2	8-F	Dacita de Animas	Dacita con biotita y hornblenda	Cuarzo Plagioclasa Anortoclasa Biotita Hornblenda	Clorita Epidoto Magnetita Carbonato	Los minerales, cuarzos, anortoclasas y plagioclasas forman fenocristo. Los agregados de clorita y epidoto representan pseudomorfos de hornblenda en fenocristo. La matriz está consistida por cuarzo, plagioclasa y biotita. Algunas partes de plagioclasas están alteradas por sericita y carbonato.
T-3	8-F	Dacita de Animas	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Clorita Epidoto Carbonato Apatita	El fenocristo consiste principalmente en cuarzo, plagioclasa y biotita. Algunas partes de plagioclasa están alteradas a sericitas y carbonatos. Las biotitas presentan estructura "schiller" con magnetita. La matriz presenta una textura de microgranular.
T-4	7-G	Dacita de Animas	Dacita con hornblenda y biotita	Cuarzo Plagioclasa Hornblenda	Magnetita Clorita Epidoto Carbonato Apatita	Los fenocristos están compuestos por abundantes cuarzos grandes, plagioclasas y biotitas pardas, como minerales principales. Las hornblendas se alteran a cloritas y epidotos. La matriz está consistida mayormente por vidrio volcánico con muchas cristalitas que forman la semitextura esferulítica.
T-5	9-G	Dacita de Khumullani	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Apatita	Los fenocristos consisten principalmente en cuarzos abundantes, plagioclasas y biotitas pardas. Las biotitas no están afectadas ni por alteración ni por opacitización. La matriz está compuesta principalmente por vidrios volcánicos con abundantes cristales formados de textura semi esferulítica.
T-6	7-H	Dacita de Animas	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Hematita Carbonato Apatita	Los fenocristos están compuestos mayormente de cuarzos, plagioclasas y biotitas. Existen opacitas de pseudomorfos formados probablemente reemplazando hornblendas. Algunas partes de feldespatos están alterados a carbonatos. La matriz presenta textura microintersertal con abundante cantidad de vidrio volcánico.
T-7	8-C	Arenisca tobácea de la formación Quehua	Toba dacítica	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Minerales arcillosos	Los tamaños de cuarzos y plagioclasas se varían de 0.2 mm a 0.1 mm con una forma de subangular. Las escamas de biotitas se presentan a lo largo de plano de estratificación. La matriz está llena de minerales arcillosos finos.
T-8	6-G	Dacita de Khumullani	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Hematita Carbonato	Los fenocristos forman en cuarzo, plagioclasa, biotita y pseudomorfo de opacita reemplazada por hornblenda. La matriz presenta textura intersertal con listonados de feldespato de grano fino.

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas, y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
T-9	3-H	Arenisca fina del Ordovícico	Arenisca	Plagioclasa Sericita	Plagioclasa Sericita	Los fragmentos arenosos son principalmente cuarzo subredondeado con 0.1 mm de diámetro. La matriz está llena principalmente de calcita.
T-10	3-G	Arenisca calcárea del Ordovícico	Arenisca calcárea	Calcita Cuarzo	Limonita Clorita	Las cloritas que presentan textura esferulítica concéntrica de calcita con más o menos 0.3 mm de diámetro están esparcidas en la matriz de arenisca calcárea. Los granos de cuarzo de tipo subangular con más o menos 0.1 mm de tamaño están esparcidos en la matriz de calcita de grano fino.
T-11	10-D	Pizarra del Ordovícico	Pizarra	Sericita	Limonita Cuarzo	Los agregados finos de sericita y los granos finos de cuarzo forma laminación. La foliación pizarrea cruza a plano de estratificación diagonalmente. Limonitas concentran a lo largo de lamina fina.
T-12	10-D	Pizarra de la formación Quehua	Pizarra	Cuarzo Sericita Limonita	Leucoxeno	Los agregados mosaicos de grano fino de cuarzo contienen abundante sericita y granos de limonita. Las escamas de sericita están a lo largo de planos de estratificación.
T-13	11-D	Caliza del Cretácico	Caliza	Calcita	Cuarzo Clorita	Los relictos de fósil están reservados en las calcitas. La poca cantidad de cuarzo como materia de arena a veces ocurre en la matriz del fósil.
T-14	5-G	Dacita de Khumullani	Dacita con hornblenda y biotita	Cuarzo Plagioclasa Hornblenda	Augita Magnetita Hematita Limonita	El fenocristo consiste principalmente en plagioclasa, hornblenda y biotita. Los dos posteriores presentan borde de opacita. La matriz presenta textura intersertal con listonados de feldespatos y vidrios volcánicos.
T-15	4-G	Arenisca de la formación Potoño	Arenisca	Cuarzo	Sericita Leucoxeno Caolinita	Los cuarzoes subredondeados de grano grueso (0.2 mm) forman parte principal de la roca. La poca cantidad de sericitas y caolinitas como minerales arcillosos llena los espacios entre los cuarzoes.
T-16	3-G	Caliza del Cretácico	Caliza	Calcita	Cuarzo Limonita Sericita	Las texturas de fósiles están reservadas en calcita. La matriz de fósiles es arena calcárea.
T-17	3-G	Conglomerado del Cretácico	Conglomerado	Grava		Las gravas redondeadas con 0.2 ~ 0.1 mm de diámetro y la matriz solidificada se forman por carbonatos. Las rocas de grava son compuestas mayormente por areniscas y arcillas.
T-18	7-H	Dacita de Animas	Dacita con hornblenda y biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Hematita Limonita	Se quedan texturas originales de hornblendas opacitizadas y biotitas como fenocristales con las de feldespatos y cuarzoes. Esta roca está fuertemente alterada y produce cuarzoes secundarios y caolín Caolinita con limonita.

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas, y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
T-19	12-G	Dacita de la formación Quehua	Dacita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Limonita Carbonato	Los cuarzos, plagioclasas y biotitas son constituyentes principales de fenocritos. La matriz consiste en mayormente vidrio volcánico.
T-20	12-F	Arenisca del Ordovícico	Pizarra	Sericita	Cuarzo Grafito	Los grafitos, granos muy finos, se concentran a lo largo de planos de estratificación en los agregados de sericita. La foliación pizarreña que cruza estratificación diagonalmente destruye laminación como figura ondulada.
T-21	11-E	Arenisca del Cretácico	Arenisca	Cuarzo Plagioclasa	Carbonato Sericita Limonita	Los cuarzos con más o menos de 0.05 mm a 0.1 mm de diámetros tienen forma subangular. Las plagioclasas se encuentran a veces asociados con cuarzo. Los carbonatos llenan la matriz asociando poca cantidad de sericita. Las limonitas se observan en forma de pseudomorfos reemplazando las piritas o algunos minerales ferrosos.
T-22	3-G	Arenisca de la formación Potoco	Arenisca	Cuarzo Carbonato	Sericita Caolinita Limonita	Los cuarzos con forma subangular tienen su tamaño de 0.1 mm de diámetro. La matriz está llena por carbonatos y caolinita.
T-23	4-G	Arenisca de la formación Potoco	Arenisca roja	Cuarzo Hematita Limonita	Carbonato Caolinita Plagioclasa	Los cuarzos de forma subangular tienen tamaño de 0.05 mm de diámetro. Hematita asociada con limonita llena matriz junto con poca cantidad de carbonato y sericita.
T-24	5-E	Toba de Inocentes	Toba pumícea	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita	Las biotitas con una forma de plano hexagonal son los minerales componentes principales. La matriz tiene textura vitroclástica. La roca se clasifica a una categoría de pumita.
T-25	11-E	Caliza del Cretácico	Caliza oolítica	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita	Las oolitas son mayormente de calcitas con 1.0 mm de diámetro aproximado y se ocupan 80% de su roca. Los cuarzos como fragmentos arenosos están en la matriz de oolita junto con calcita, clorita y grafito.
T-26	10-D	Arenisca del Ordovícico	Arenisca roja	Cuarzo Hematita Limonita	Sericita Caolinita	Los fragmentos de cuarzo de subangular, tamaño aproximado de 0.03 mm de diámetro están en la matriz llena de hematita, limonita y caolinita.
T-27	4-F	Pumita de la formación Quehua	Pumita	Biotita Cuarzo Plagioclasa	Magnetita	Los cuarzos, plagioclasas y biotitas forman fenocristales como los principales. La matriz presenta textura vítreo con poros de gas y fluencia en vidrio volcánico.
T-28	10-D	Pizarra del Ordovícico	Arenisca	Cuarzo Plagioclasa	Carbonato Sericita Caolinita	Los cuarzos presentan una forma subangular con aproximadamente 0.1 mm de diámetro. Los carbonatos, sericitas, y caolinitas se llenan la matriz constituida por los granos de cuarzo.

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas, y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
T-29	10-G	Toba lapilli del Rancho Candelaria	Toba lapilli dacítica	Cuarzo Biotita Plagioclasa		Toba dacítica alterada con fragmentos de dacita de 0.5 mm a 1.0 mm de diámetro y con forma subangular.
T-30	11-F	Arenisca del Ordovícico	Arenisca roja	Cuarzo Hematita Limonita	Carbonato Sericita Caolinita	Los cuarzos tienen aproximadamente 0.1 mm de tamaño y forma subredondeada. La matriz está llenada por caolinita, limonita, y poca cantidad de carbonato y sericita.
T-31	4-G	Pizarra del Ordovícico	Arenisca	Cuarzo	Sericita Caolinita	Es arena muy silícea. El grano de cuarzo presenta aproximadamente 0.1 mm con una forma subredondeada y la matriz está llena principalmente de caolinita y sericita.
T-32	7-E	Dacita de Khumullani	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Hematita Hornblenda	Los fenocristos de biotita presenta distinta opacización que su borde y su textura "schiller." La matriz presenta una textura hialopirítica con los listonados de feldespatos en vidrio volcánico.
T-33	11-D	Arenisca del Cretácico	Arenisca roja	Cuarzo Hematita Limonita	Sericita Carbonato Caolinita	El tamaño de grano de cuarzos es 0.05 mm de diámetro y tiene forma subredonda. La matriz está llena principalmente de caolinita con granos de hematita y alguna cantidad de carbonato y sericita.
T-34	4-H	Pizarra del Ordovícico	Pizarra	Mica Grafito	Cuarzo Minerales ferrosos	La mayor parte de la roca consiste en mineral micacea que presenta débil pleocroísmo. La elongación de mica es paralela a plano de estratificación. La débil foliación pizarreña cruza la estratificación.
T-35	10-B	Toba de la Formación Quehua	Toba dacítica y pumícea	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Hematita Apatita	Los fenocristos están mayormente compuestas por cuarzo, plagioclasa y biotita. La matriz presenta textura vítrea abundante poros de gas y fluencias en vítreo volcánico, sin alteración.
T-36	11-C	Pizarra del Ordovícico	Pizarra	Sericita Grafito	Cuarzo Minerales ferrosos	La mayor parte de la roca consiste en mineral micaceo que presenta débil pleocroísmo. La elongación de mica es paralela al plano de estratificación. La débil foliación pizarreña cruza la estratificación.
T-37	6-C	Caliza de la formación Quehua	Caliza	Calcita		Las calcitas son de agregados plumosos.

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
T-38	5-K	Arenisca del Ordovícico	Arenisca	Cuarzo	Sericita Caolinita	Los granos de cuarzos presentan aproximadamente 0.1 mm de diámetro y forma subredondeada. La matriz está principalmente llena de caolinita con escamas de sericita.
T-39	9-H	Dacita de Animas	Dacita con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita	Se observan cuarzos altos, plagioclasas y biotitas en fenocristos como minerales principales. La matriz está formada por vidrio volcánico con abundantes cristales plumosos formando semi-esferulitas.
T-40	3-G	Arenisca del Cretácico	Arenisca calcárea	Cuarzo Calcita	Limonita	Los granos de cuarzos tienen diámetro menos de 0.05 mm con una forma subangular. Los carbonatos llenan la matriz de los granos de cuarzos.
T-41	9-D	Pizarra del Ordovícico	Arenisca fina	Cuarzo	Sericita Caolinita Limonita	Los granos de cuarzos son de 0.03 mm de diámetro y presentan forma subangular. La matriz se llena mayormente por caolinita con poca sericita y limonita.
T-42	3-H	Arenisca del Cretácico	Arenisca gruesa	Cuarzo Plagioclasa	Sericita Caolinita	Los granos de cuarzos presentan 0.3 mm de diámetro y forma subredonda. Los feldespatos se forman a veces en los granos de cuarzo. La matriz se llena por caolinita y sericita.
T-43	9-H	Toba del Rancho Lupijara	Toba dacítica con hornblenda y biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita Hornblenda	Magnetita Hematita Carbonato	Los fenocristos se forman por cuarzos, plagioclasas, biotitas y opacita de pseudomorfo reemplazado de hornblenda.
T-44	4-H	Arenisca del Ordovícico	Arenisca	Cuarzo	Sericita Caolinita	Los granos de cuarzo presentan de 0.05 mm a 0.1 mm de diámetro y forma subredonda. La matriz se llena mayormente por caolinita y sericita.
T-45	5-D	Toba de la formación Quehua	Toba dacítica con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Sericita Caolinita	Los fragmentos de cuarzo, plagioclasa y biotita presentan 0.1 mm de tamaño y existen poca cantidad de rocas con misma medida, las cuales están esparcidas en la matriz formada por sericita y caolinita.
T-46	10-A	Toba brecha de la formación Quehua	Toba brecha dacítica con biotita	Cuarzo Plagioclasa Biotita	Magnetita Carbonato	Los fragmentos de pumita con biotita con tamaño de 10 mm existen en toba dacítica con biotita. La matriz de masa de pumita presenta textura vítrea. La matriz de toba presenta textura vítrea. Algunas partes de vidrio volcánico están reemplazadas por calcita.
T-47	7-F	Toba lapilli del Rancho Candelaria	Toba lapilli dacítica con biotita	Cuarzo Sericita	Magnetita Rutilo	Existen cuarzos abundantes en forma euhedral. Los feldespatos se alteran completamente a sericita. Biotitas también se alteran a sericita, las cuales son visibles por sus texturas y relictos.

Núm. de muestra	Ubicación de muestreo	Nombre de rocas, y formaciones	Nombre de rocas observadas	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
T-48	7-F	Toba lapilli del Rancho Candelaria	Toba lapilli dacítica con biotita	Cuarzo Sericita	Limonita	La presencia de feldespatos originarios se reconoce por la textura de sericita. Los cuarzos quedan sin alteración ocasionalmente. Se observan limonitas de seudomorfo reemplazadas por pirita.
T-49	5-F	Toba lapilli del Rancho Candelaria	Toba lapilli dacítica con biotita	Cuarzo Sericita Pirita	Tourmarina	Se observan esparcidos los fragmentos de cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita al igual que los de rocas accesorias en la matriz de grano fino. Los feldespatos y biotitas están reemplazados por sericita. Pirita presenta forma de cristal cúbico. Los cristales pequeños aciculares de turmalina se observan en la matriz de grano fino como agregados radiales.
T-50	5-G	Toba lapilli del Rancho Candelaria	Toba lapilli dacítica con biotita	Cuarzo Sericita Clorita	Magnetita	Se observan los fragmentos de areniscas y pizarras junto con los cristales de cuarzo, feldespato sericitizado y biotita cloritizada. La matriz consiste mayormente en muy finos agregados de cuarzo, sericita y clorita.

A-3 Resultado de Observación Microscópica de Secciones Pulidas

No. 1

No.	Ubicación de muestras	Nombre de minerales	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
P-1	8-F	Mineral sulfuro de plomo y estaño	Galena Franckeita	Pirita Esfalerita Arsenopirita Cuarzo	Se observa la zona abundante en franckeita y esfalerita con varios centímetros de ancho a lo largo de limite entre veta y roca. Las zonas enriquecidas en galena y esfalerita presentan forma bandeada rítmica. La arsenopirita, pirita y el cuarzo son un miembro de última etapa de cristalización.
P-2	8-F	Mineral de plata, plomo y estaño	Galena Esfalerita Casiterita	Franckeita Canfieldita Pirita Anglesita Cuarzo	La galena es principal constituyente mineral en la veta. Los agregados de esfalerita y casiterita con cuarzo forman una capa en galena con estructura zonal de crecimiento. La canfieldita se observa ocasionalmente en casiterita y esfalerita. Los cristales de franckeita existen mayormente en la parte de la galena.
P-3	8-F	Mineral de cinc y plomo	Esfalerita Galena	Franckeita Pirita Arsenopirita	La galena y esfalerita son mayor constituyentes de esta muestra. La pirita y arsenopirita se presentan principalmente en partes de esfalerita. La franckeita se presenta mayormente asociado con galena.
P-4	8-F	Mineral de plomo y cinc	Galena Esfalerita	Franckeita Pirita Cuarzo	La muestra consiste mayormente en la galena. La franckeita se presenta a margen de veta. El cuarzo y la pirita se presentan en drusa asociada con galena, jamesonita, y esfalerita.
P-5	8-F	Mineral de cinc y estaño	Esfalerita Pirita	Galena Estannina Cuarzo	Las piritas abundan especialmente a lo largo de pared de vetas. Las esfaleritas se presentan en centro de las vetas. Las estanninas se presentan junto con esfalerita.
P-6	9-E	Mineral de cinc y plomo	Esfalerita Galena	Pirita Cuarzo Franckeita	Las esfaleritas presentan una estructura concéntrica rítmica. Las franckeitas con una forma de fibra se presentan en esfalerita cerca de pared de la veta. Las galenas presentan posterior presentación que la de esfalerita.
P-7	8-F	Mineral de cinc	Esfalerita Galena	Pirita Cuarzo Franckeita	Las galenas se presentan con una forma de gota en esfaleritas. Arsenopirita, franckeita y jamesonita fibrosa se presentan asociadas con cuarzos a lo largo de zona de minerales posteriormente precipitadas.
P-8	8-F	Mineral de cinc	Esfalerita Pirita Galena	Cuarzo Casiteria	Los cristales de pirita mostrados con estructura zonal y estructura de esqueleto de crecimiento se encuentran esparcidos en la zona de esfalerita. Las galenas abundan en la parte interior de la veta.
P-9	8-E	Mineral de plata y estaño	Cuarzo Arsenopirita Pirita	Jamesonita Estannina Canfieldita Esfalerita Minerales de sulfosales Pb-Ag-Sn	Los cuarzos, las arsenopiritas y piritas son principales constituyentes del mineral. En las drusas pequeñas se observan varias clases de minerales de Pb-Ag-Sb-Sn asociados mayormente con jamesonita. El principal mineral de plata es canfieldita y principal mineral de estaño es casiterita.

No.	Ubicación de muestras	Nombre de minerales	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
P-10	6-E	Mineral de pirita	Pirita	Cuarzo	Se observan las agregados mosaicos y masivas de pirita con poca cantidad de cristal de cuarzo.
P-11	6-E	Mineral de pirita	Pirita	Estannina Esfalerita Cuarzo Casiterita	Las piritas forman los agregados mosaicos estructura bandeada por los granos. Cuarzo y casiterita se reservan forma euédral en masas de pirita. Las estanninas llenan cavidades de los agregados de pirita.
P-12	6-E	Mineral de pirita	Pirita	Casiterita Cuarzo Estannina	Las casiteritas y los cuarzos presentan forma de vetillas en los agregados mosaicos de pirita. Las estanninas se encuentran en la matriz de cristales de pirita.
P-13	6-E	Mineral de pirita y cinc	Pirita Esfalerita	Estannina Jamesonita Cuarzo	Las piritas forman los agregados mosaicos. los estanninas llenan los espacios de cristales de agregados.
P-14	6-E	Mineral de pirita y estaño	Pirita	Estannina Galena Jamesonita	Las piritas presentan una textura zonal del crecimiento, conteniendo las inclusiones de jamesonita.
P-15	6-F	Mineral de pirita	Pirita Cuarzo	Casiterita Carbonato	Los cuarzos bajos de varios tamaños se presentan en masas de piritas como inclusión. Las casiteritas se observan junto con cuarzos.
P-16	6-F	Mineral de pirita y estaño	Pirita Cuarzo Arsenopirita		Los cuarzos de acicular se presentan en los agregados de pirita como inclusión.
P-17	6-F	Mineral de pirita	Pirita Cuarzo	Calcopirita Estannina Casiterita	Los cuarzos con vetilla de casiterita cruzan las masas de agregados mosaicos, de piritas. La estannina se presenta en cavidad formada por pirita.
P-18	6-F	Mineral disseminado por pirita	Cuarzo Pirita	Casiterita	Se observan las texturas zonales del crecimiento de pirita. Las casiteritas están esparcidas tanto en la roca como en los cristales de pirita.
P-19	9-B	Mineral de estannina	Pirita Estannina	Casiterita Bournonita	Las estanninas forman las vetillas en masas de pirita. Las bournonitas se presentan asociadas con estanninas.
P-20	9-B	Mineral de estannina	Estannina Pirita Arsenopirita	Bournonita Cuarzo	Las bournonitas presentan junto con estannina. Las piritas y arsenopiritas presentan los cristales euédrales en contraste con estannina.

No.	Ubicación de muestras	Nombre de minerales	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
P-21	3-I	Mineral de plomo y cinc	Esfalerita Galena Pirita	Marcasita Bournonita	Las esfaleritas y galenas presentan una forma de estrato en la veta. Las marcasitas se presentan en la superficie de piritas existente cerca de límites de estratos de galena y esfalerita.
P-22	3-I	Mineral de pirita	Pirita Marcasita	Cuarzo	Las marcasitas presentan una forma de agregado mosaico mostrando macla de lamellar.
P-23	3-H	Mineral de cinc	Esfalerita	Pirita Galena Arsenopirita Pirrotina Casiterita	Las piritas y arsenopiritas presentan una forma de cristal euhedral en esfaleritas. Las pirrotinas también se encuentran en esfaleritas independientes. Las galenas se observan asociadas con piritas mostrando una textura reemplazada de alguna parte de piritas.
P-24	3-H	Mineral disseminado de pirita	Cuarzo Sericita Pirita	Esfalerita Galena Marcasita	Las esfaleritas forman las vetas en las piritas, que se diseminan en la roca. Las galenas se presentan en cavidades corroedadas de pirita en la roca.
P-25	3-H	Mineral de cinc	Cuarzo Esfalerita Pirita	Arsenopirita Galena	Los cristales poikilíticos de pirita y de arsenopirita se encuentran en masas de esfaleritas. Las galenas se observan en una forma de gota en esfalerita.
P-26	3-H	Mineral de plomo y cinc	Galena Esfalerita Pirita	Cuarzo Carbonato	Las piritas se concentran mayormente a la pared de veta. Las esfaleritas se presenta a lo largo de zona enriquezada en que las galenas llenan los espacios de textura intersertal de piritas.
P-27	3-H	Mineral de pirita	Pirita	Marcasita Cuarzo	Las piritas reservan estructura relictas de original roca que ha sido reemplazada por las piritas.
P-28	3-H	Mineral de pirita y cinc	Pirita Esfalerita	Marcasita Galena	Las piritas y las marcasitas guardan el pseudomorfo de originales minerales laminadas que han sido reemplazados completamente. Las galenas se observan en la parte reemplazada de las piritas.
P-29	3-H	Mineral de cinc	Esfalerita	Pirita Galena Jamesonita	Las zonas enriquezadas de las galenas y piritas forman los agregados estratificados en la masa de esfaleritas. Las piritas tienen el pseudomorfo de la forma tabular.
P-30	3-I	Veta de cuarzo	Cuarzo Esfalerita Pirita	Galena Arsenopirita	Las esfaleritas se observan en la parte de margen de la veta. Los agregados de las piritas y marcasitas rodean cristales de esfaleritas. Las galenas se encuentran en el espacio de las esfaleritas.
P-31	3-H	Veta de cuarzo de esfalerita	Cuarzo Pirita Magnetita	Bixyita Galena	La veta de cuarzo contiene las galenas, esfaleritas y piritas en su cada zona enriquezada. Las magnetitas con bixyitas se observan en la zona de piritas. Las magnetitas y bixyitas enseñan intercrecimiento como mirmequita.

No.	Ubicación de muestras	Nombre de minerales	Minerales principales	Minerales accesorios	Observación
P-32	3-H	Mineral de cinc	Esfalerita	Pirita Pirrotina Galena	Pequeños granos de cristal de pirita se ponen a lo largo de estructura zonal en cristal de esfalerita. Las galenas se observan en pequeñas gotas cerca de cristal de piritas.
P-33	3-I	Mineral de plomo	Galena	Pirita Marcasita Esfalerita Anglesita	La marcasita se observa lo largo de limite entre la pared de veta de galena y de roca. Las galenas forman agregados grandes de cristal. Las anglesitas llenan la foliación de galenas como producto supergeno.
P-34	3-H	Mineral de pirita	Pirita	Esfalerita Pirrotina Galena	Las piritas tienen muchas cavidades que han sido llenadas por las esfaleritas y galenas.
P-35	3-H	Mineral de cinc	Cuarzo Esfalerita Pirita	Galena	Las esfaleritas y piritas se diseminan en la matriz de toba brecha. Las piritas tienen pseudomorfo de cristal alargado.
P-36	3-H	Pirita diseminada, Toba lapilli	Cuarzo Pirita Marcasita Esfalerita	Galena	Las esfaleritas y piritas con marcasitas se observan en la roca como red alveolar y diseminación. Las marcasitas están en cristal de piritas a lo largo de su creciente estructura zonal. Las galenas reemplazan una parte de piritas.
P-37	3-H	Mineral de cinc	Esfalerita Pirita Cuarzo	Galena Arsenopirita	Las piritas y cuarzos tienen cristal euhedral en las esfaleritas. Las galenas se observan como reemplazo parcial de cristales de pirita o pequeñas gotas independientes en las esfaleritas.
P-38	3-H	Veta de cuarzo	Cuarzo Pirita	Esfalerita Galena Marcasita	Las esfaleritas con piritas y galenas bien vetado se ponen a lo largo de la zona enriquezada en la veta.
P-39	3-H	Mineral de plomo y cinc	Esfalerita Galena	Pirita Cuarzo	La zona enriquezada con esfaleritas incluye muchos pequeños granos de piritas. Las galenas se observan principalmente en la zona enriquezada con galenas en la veta.
P-40	3-I	Mineral diseminado de pirita	Cuarzo Pirita Esfalerita	Marcasita Calcopirita Galena	Los minerales de sulfuro son principalmente diseminados en la roca. Las calcopiritas se observan en pequeñas gotas junto con las piritas, esfaleritas, y galenas. Las marcasitas forman gotas independientes en la roca.

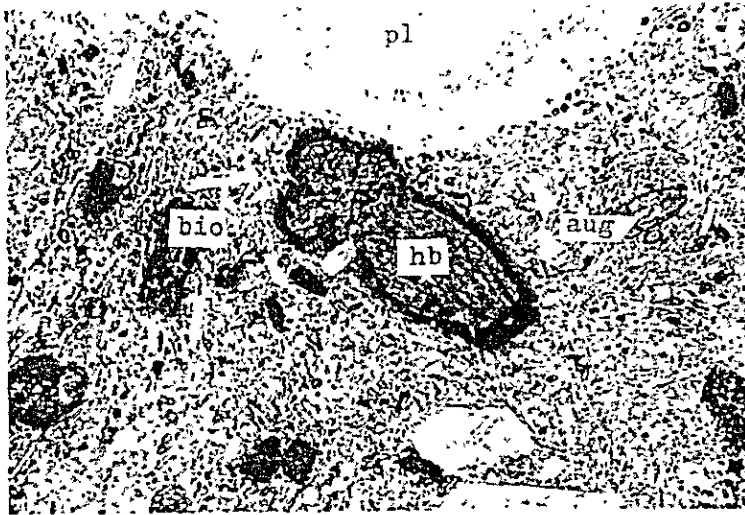
A-4 Lista de Fotografías Microscópicas de Secciones Delgadas y sus Fotografías

Núm. de muestras	Ubicación de muestreo	Nombre de roca
T - 1	6 - F	Dacita de khumullani
T - 2	8 - F	Dacita de Animas
T - 3	8 - F	Dacita de Animas
T - 4	7 - G	Dique de dacita
T - 5	9 - G	Dacita de Khumullani
T - 6	7 - H	Dacita de Animas
T - 16	3 - G	Caliza del Cretácico
T - 19	12 - G	Dacita de la formación Quehua
T - 20	12 - F	Arenisca del Ordovícico
T - 22	3 - G	Arenisca de la formación Potoco
T - 24	5 - E	Toba de Inocentes
T - 25	11 - E	Caliza del Cretácico
T - 29	10 - G	Toba lapilli de Rancho Candelaria
T - 30	11 - F	Arenisca del Ordovícico
T - 32	7 - E	Dacita de Khumullani
T - 35	10 - B	Toba de la formación Quehua
T - 40	3 - G	Arenisca del Cretácico
T - 43	9 - H	Toba de Rancho Lupijara
T - 45	5 - D	Toba de la formación Quehua
T - 47	7 - F	Toba lapilli de Rancho Candelaria
T - 49	5 - F	Toba lapilli de Rancho Candelaria

Núm. de muestra: T-1

Ubicación de muestreo: 6-F

Nombre de roca: Dacita de Khumullani



Nicol abierto

pl : Plagioclasa

aug : Augita

bio : Biotita

hb : Hornblenda



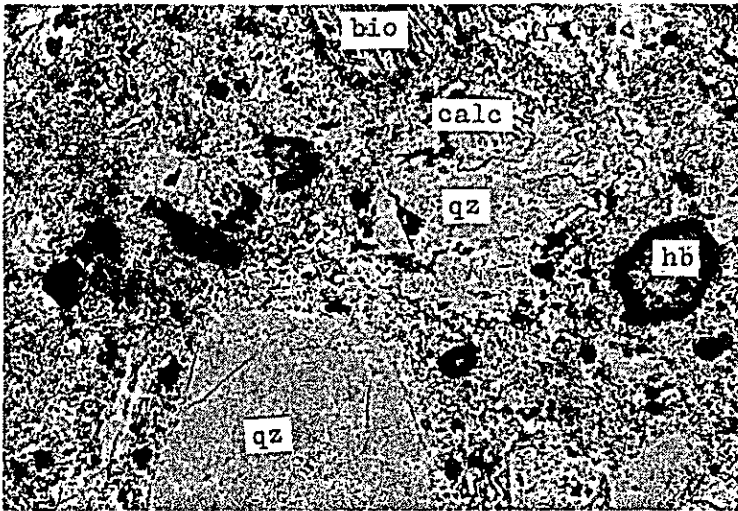
Nicoles cruzados

0.3mm

Núm. de muestra: T-2

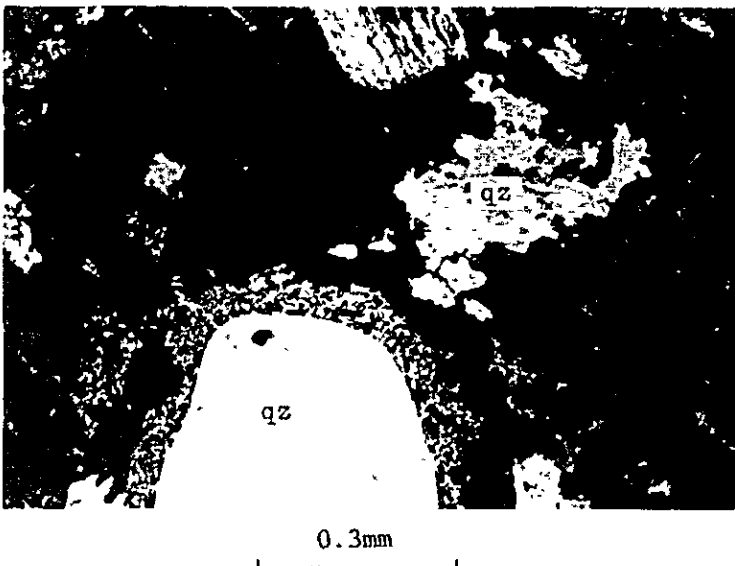
Ubicación de muestreo: 8-F

Nombre de roca: Dacita de Animas



Nicol abierto

qz : Cuarzo
hb : Hornblenda
calc : Calcita
bio : Biotita



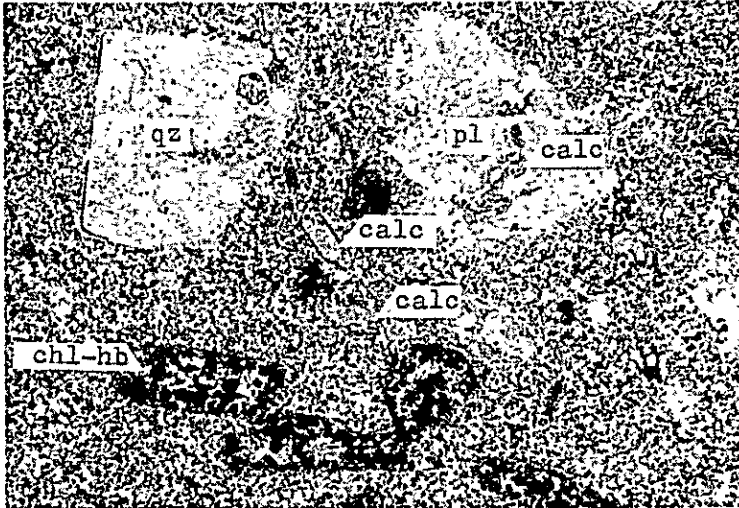
Nicoles cruzados

qz : Cuarzo

Núm. de muestra: T-3

Ubicación de muestreo: 8-F

Nombre de roca: Dacita de Animas



Nicol abierto

calc : Calcita
chl-hb : Clorita alterada
de hornblenda
pl : Plagioclasa
gz : Cuarzo



Nicoles cruzados

0.3mm

Núm. de muestra: T-4

Ubicación de muestreo: 7-G

Nombre de roca: Dique de dacita

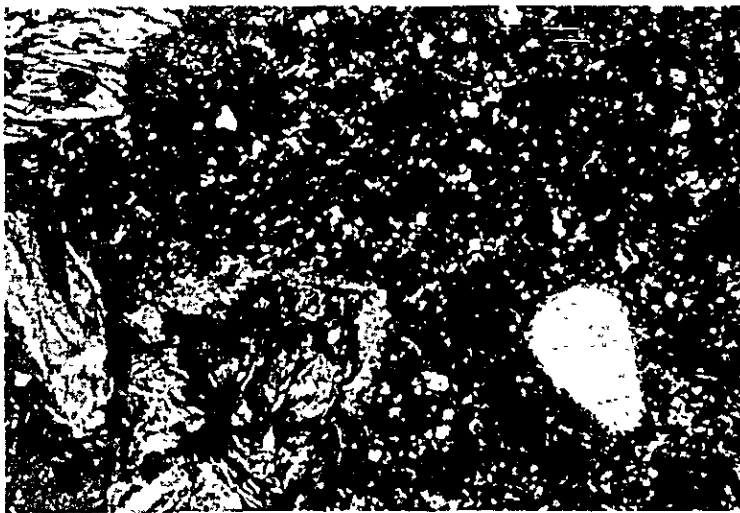


Nicol abierto

or : Ortoclasa

qz : Cuarzo

Mineral máfico, quizás hornblenda se altera a agregación de clorita y epidoto.



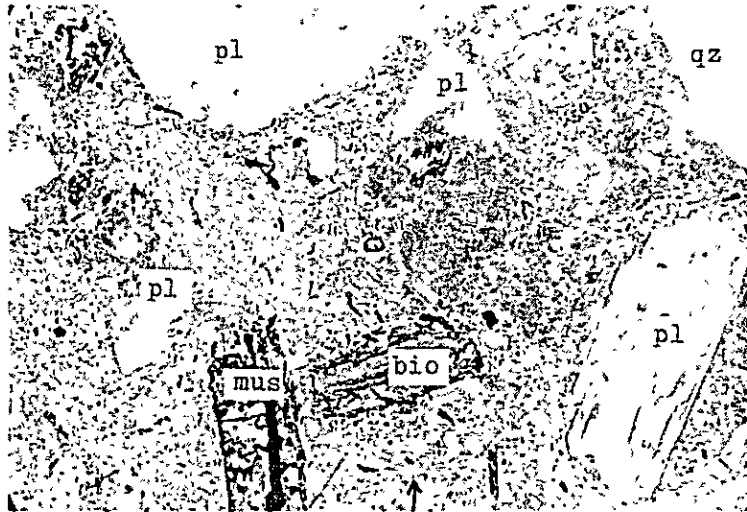
Nicoles cruzados

0.3mm

Núm. de muestra: T-5

Ubicación de muestreo: 9-G

Nombre de roca: Dacita de Khumullani



Nicol abierto

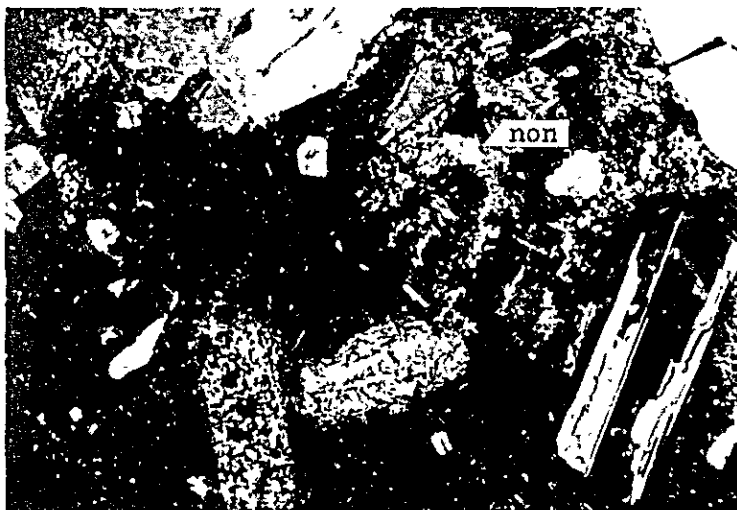
pl : Plagioclasa

qz : Cuarzo

mus : Muscovita

bio : Biotita

La matriz es vidrítica y
presenta cristalito.



Nicoles cruzados

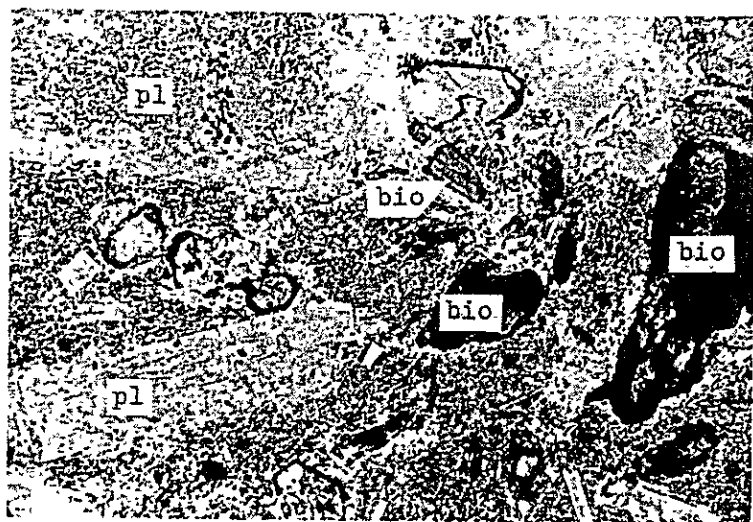
non : Nontronita

0.3mm

Núm. de muestra: T-6

Ubicación de muestreo: 7-H

Nombre de roca: Dacita de Animas



Nicol abierto

bio : Biotita

pl : Plagioclasa

La matriz vidrítica, su traza es de agregación de cristalito.



Nicoles cruzados

pl : Plagioclasa

La matriz vidrítica, su traza es de agregación de cristalito.

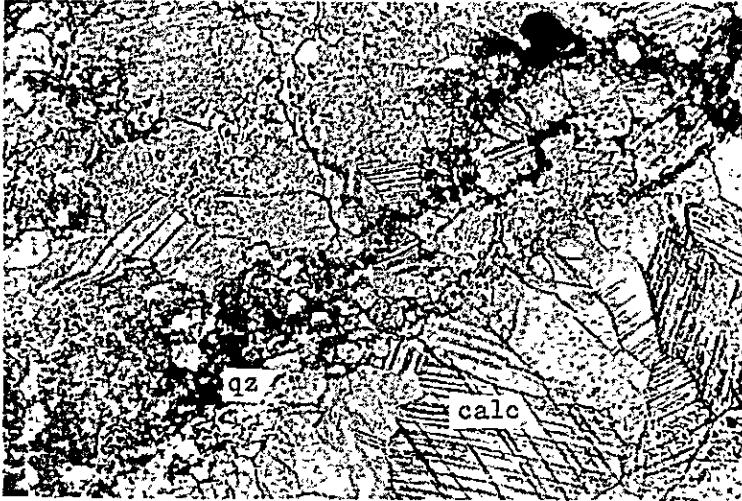
0.3mm
└──────────┘

Se presenta calcita parcialmente.

Núm. de muestra: T-16

Ubicación de muestreo: 3-G

Nombre de roca: Caliza del Cretácico



Nicol abierto

qz : Cuarzo

calc : Calcita



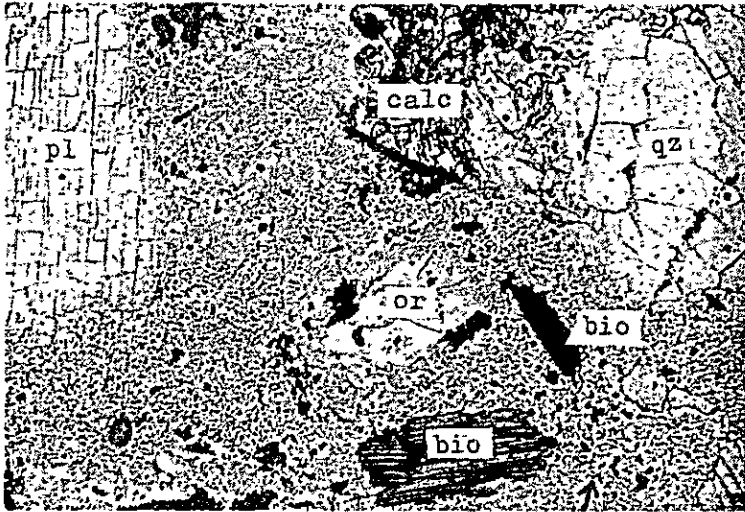
Nicoles cruzados

0.3mm

Núm. de muestra: T-19

Ubicación de muestreo: 12-G

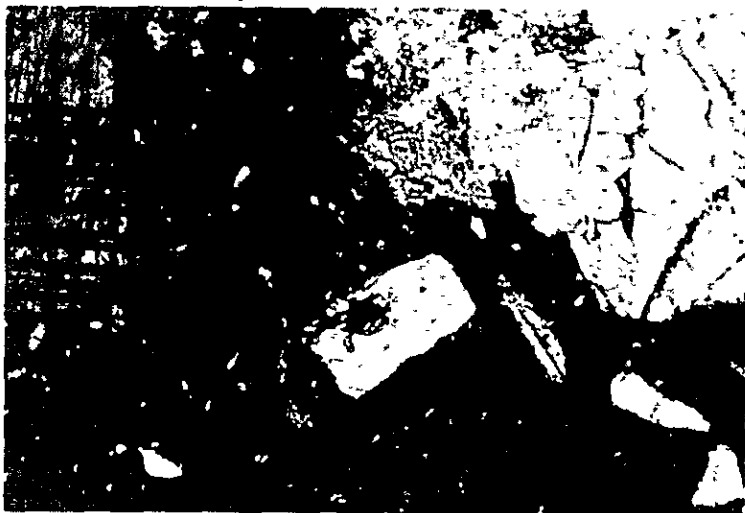
Nombre de roca: Dacita de la formación Quehua



Nicol abierto

or : Ortoclasa
qz : Cuarzo
pl : Plagioclasa
bio : Biotita
calc : Calcita

La matriz es vidrítica.



Nicoles cruzados

0.3mm

