

## CAPITULO 4 INVESTIGACION DEL PRIMER AÑO

El objeto de esta investigación, después de escoger la zona que tiene la posibilidad más alta de que existan yacimientos dentro de un área de 280 km<sup>2</sup>, cuyo centro es la mina Animas donde se explotan plata, plomo, cinc, estaño, etc., ha sido decidir lugares y métodos de exploración para la próxima etapa.

Para lograr este objeto, se realizaron las siguientes investigaciones:

- (1) la investigación geológica semidetallada para aclarar la geología del área en general y aclarar la relación entre esta geología y su estructura geológica
- (2) la investigación geológica detallada para delucidar los detalles de la geología y los yacimientos de esta área, en que son las minas Siete Suyos, Animas e Inocentes, su centro donde se habían seleccionado como las áreas prometedoras a base de la investigación semidetallada.

### 4-1. METODOS DE INVESTIGACION

#### 4-1-1 INVESTIGACION GEOLOGICA SEMIDETALLADA

Antes de empezar la investigación hicimos interpretación fotogeológica general sobre toda el área de explotación y obtuvimos información geológica previa para realizar la investigación geológica superficial.

Al realizar la investigación geológica semidetallada se utilizaron dos mapas topográficos, uno de los cuales es a escala de 1/10,000 y el otro a la de 1/20,000. A base del primero se hicieron mapas de ruta, y el segundo se utilizó para el levantamiento de mapas geológicos. Tuvimos en cuenta que las líneas de investigación por encaminamiento se encontrarán espaciadas imparcialmente en toda el área. La dirección de la estructura geológica en el área de investigación es principalmente del norte al sur o del noroeste

al sudeste, por lo cual dichas líneas se seleccionaron lo más posible a lo largo de cumbres, ríos y crestas desarrollados en la dirección que corta las estructuras geológicas, teniendo en cuenta que el resultado de la investigación fuera útil para aclarar la estructura geológica. En el área difundida de rocas volcánicas, sin embargo, la topografía era complicada, por lo tanto no se efectuó la investigación tal como se había propuesto.

La investigación se realizó con la misma exactitud que la investigación semidetallada, tratando de incluir por lo menos un punto de medición y de observación en una extensión de 500 m x 500 m. Sin embargo, por la parte septentrional del área no afloraba bien en general, por eso era difícil encontrar lugares de observación apropiados.

#### 4-1-2 Investigación geológica detallada

En cuanto a la investigación geológica detallada, las áreas de Animas, Siete Suyos y Gran Chocaya son prometedoras, y el área Gran Chocaya no está bien desarrollada, por lo cual la investigación se efectuó en una área de 30 km<sup>2</sup> de extensión dando énfasis en el alrededor de Gran Chocaya. Con el uso del mapa geológico a escala de 1/5.000 en esta investigación, obtuvimos las ubicaciones casi exactas de vetas, partes mineralizadas, zonas alteradas y bocaminas por medio de compasar. Y se han tomado exactamente ubicaciones de cuadros, vetas principales por medición con teodolito y luego se las han mapeado. Especialmente se han medido vetas y zonas alteradas que se continúan y se confirmó su continuidad. De esta manera se considera notar por lo menos un dato observando cada extensión de 300 m x 300 m y esforzamos por elevar la densidad de investigación. Sin embargo, había lugares pobremente aflorados, entre los cuales se destacaron el Cerro Khumullani y la ladera meridional del Cerro Negro Pozo, aunque eran áreas importantes. Por eso, en cuanto a estos lugares era difícil efectuar varios estudios por falta de datos observados. Dentro del área de investiga-

ción detallada, para aclarar su mineralización especialmente por medio de interpretación del sistema de fisuras y observación sobre zonas alteradas, se efectuaron el estudio de datos geológicos y litológicos y el muestreo sistemático de la zona considerada como centro de mineralización para probación por rayos-X.

#### 4-2. Resultado de la investigación del primer año

(1) La geología del área investigada se compone del Ordovícico; la formación El Molino de la parte superior del Cretácico; la formación Potoco de la época Eocena del Terciario Paleógeno; las formaciones San Vicente y Quehua de la parte superior de la serie Miocena, y dacitas y rocas piroclásticas dacíticas de Animas y Khumullani intercaladas por actividad volcánica en la formación Quehua.

El sistema Ordovícico se divide por su litofaciés en dos partes, inferior y superior, o sea, el miembro de arenisca y pizarra de Peña Blanca, y el de arenisca de Peña Azul. Ambos miembros son sedimentos de tipo miogeosinclinal. No se observa ninguna actividad ígnea, por lo que su litofaciés no varía en gran manera, y es monótona.

En cuanto al sistema Cretácico, la formación El Molino ubicada en la parte superior del mismo cubre generalmente el Ordovícico con discordancia inclinada, pero en la presente área de investigación conecta con éste en forma de falla. Como resultado del análisis de pólenes, se reconoce que el sistema Cretácico es un sedimento en el mar poco profundo alejado de los océanos. Se compone de caliza, arenisca calcárea y arenisca roja en disposición alternante. Pero su distribución en la presente área está limitada parcialmente.

La formación Potoco pertinente al sistema Terciario es formación continental compuesta por alternancia de arcilla y arenisca rojas pardas

bien estratificadas. Referente al tiempo, pertenece a la época Eocena. La formación San Vicente que cubre dicha formación en discordancia se compone de arenisca pobremente estratificada, y su litofacies es distinta del de la formación San Vicente en la localidad típica. Sin embargo, está en relación de discordancia con la formación superior de Quehua, y el resultado del análisis de pólenes indica que pertenece a la edad Miocena, por lo tanto la presente formación se correlaciona con la formación San Vicente. La formación Quehua situada en parte superior a dicha formación se compone principalmente de rocas piroclásticas e intercala arenisca roja. Esta formación se difunde muy ampliamente en la presente área cubriendo su mayor parte. Pero no está evidente la posición de la actividad volcánica que derramó rocas piroclásticas. Referente al tiempo, se considera que esta formación pertenece a una edad entre la edad más tardía de la Miocena y la época Pliocena.

(2) En cuanto a la estructura geológica, en la parte inferior hasta el Ordovícico y el Cretácico, los pliegues son principales y se ha supuesto lo arriba mencionado en consideración al rumbo en la dirección NNW-SSE, o sea, en la dirección casi norte-sur, a lo largo de la dirección en que se desarrolla generalmente la Cordillera Andina. Sin embargo, el grado de plegamiento es distinto entre dichos dos sistemas. El Ordovícico tiene pliegues más fuertes que el Cretácico, a saber, está afectado bastante en el período Pre-cretácico. Se presume que este período corresponde al período tardío del movimiento orogénico Valiscano, o a la facies Nevada del Alpino.

El sistema Cretácico y la formación Potoco presentan estructuras casi idénticas de pliegue. Se presume que las estructuras casi iguales a las actuales se formaron por el efecto del plegamiento de dichas edades. Después de haberse sedimentado la formación San Vicente pertinente a la

edad tardía del Mioceno, hasta hoy día en esta área no han ocurrido fuertes plegamientos, por lo que las formaciones San Vicente y Quehua presentan un buzamiento suave, y no se observa variación grande de la estructura geológica

(3) En la presente área la actividad volcánica se inició rodeando Animas, Siete Suyos y Gran Chocaya, distribuyendo ampliamente dacita y roca piroclástica dacítica.

Según la determinación de edad por el método Potasio-Argón de roca completa, las rocas volcánicas indican valores entre 12 m.y. ~ 11 m.y., por lo que dicha actividad volcánica pertenece a la última edad de la Miocena. Las rocas volcánicas y piroclásticas tienen relaciones concordativas con la formación Quehua. Por eso, se considera que dichas rocas componen un miembro dentro de esta formación. Referente a composiciones químicas, estas rocas volcánicas pertenecen a la serie alcalina cálcica. En comparación con las rocas volcánicas de los alrededores de San Vicente y Tatasí, las presentes llevan un poco reducidamente la composición alcalina  $K_2O + Na_2O$ , o sea, no está avanzada la diferenciación.

La estratigrafía volcánica de la presente área se considera como sigue:

- (I) Efusión de toba brecha de Inocentes y toba lapilli del Rancho Candelaria;
- (II) Efusión de dacita de Animas (En el mismo tiempo derramaron toba brecha de Gran Chocaya, toba del Rancho Lupijara y toba del Cerro Negro Pozo, y éstas se sedimentaron parcialmente.);
- (III) Efusión de brecha volcánica de Belén Loma, y
- (IV) Efusión de dacita de Cerro Khumullani y brecha volcánica de Cerro Pabellón.

Sin embargo, no se ha podido aclarar el centro de dicha serie de actividades volcánicas. Pero, dacita de Animas se distribuye ampliamente

teniendo litofacies idéntica, por lo tanto, se considera que el único magma se derramó por varios crateres; esta actividad volcánica se trasladó gradualmente hacia fuera, y en la última época de ésta se derramó lava de Cerro Khumullani por unos crateres situados en forma de la letra "U".

A efecto de aclarar los factores que causaron la actividad volcánica se ha realizado el análisis de la estructura geológica. Pero no se han observado relaciones especiales entre éstas. Por consiguiente, se presume que dicha actividad estaba controlada por las líneas tectónicas del área.

(4) Los yacimientos se distribuyen en las áreas Animas, Siete Suyos y Gran Chocaya, y se componen de vetas que llenan fisuras de cizalla de los sistemas  $N50^{\circ}E$  y  $N58^{\circ}E$ . Referente a los factores que forman dichas fisuras, se considera que la compresión vertical acompañada de las actividades volcánicas por subida, intrusión y efusión de las lavas, se accionaran y formaran las fisuras. Pero esto no se aclara en la investigación superficial. Por eso, se ha efectuado también la investigación en interior de mina. Como minerales metálicos se observan principalmente galena argentífera, esfalerita, casiterita y calocopirita. Se acompañan estannina, pirargirita, franckeita, bismutita, pirita, arsenopirita, siderita, etc. Además se produce un poco de bournoita, canfieldita, marcasita, pirrotina, bixbyita, magnetita y minerales de sulfosales de plata-estaño-plomo-antimonio. Juzgando por la paragénesis de dichos minerales, los presentes yacimientos pertenecen al tipo de veta xenotermal.

La roca madre de el yacimiento se compone, desde la parte superior, de dacita de Animas, rocas piroclásticas y el sistema Ordovécico, en el cual generalmente la mineralización es dominante.

En cuanto a la escala de las vetas, la veta Colorada tiene longitud de 2,000 m, la veta Burton, 1,800 m, en la dirección del rumbo relativa-

mente. Existen unas vetas paralelas a éstas con longitud de unos centenares de metros a lo largo del rumbo. La veta Burton y la veta Inca ya están desarrolladas hasta el Niv. 780 m y llegan a la parte bastante profunda. Pero, debido a que ya está muy avanzada la explotación, es importante la exploración de las partes extendidas en la dirección de vetas y de la parte inferior. Por consecuencia, se ha intentado obtener algunas guías sobre la exploración efectuada, la investigación de zonas alteradas y, a base de ésta, clasificación de minerales alterados, paralelamente a la investigación superficial. Como consecuencia, aparece la zona más fuertemente alterada en la superficie de tierra arriba de los yacimientos ya desarrollados. Además, rodeando ésta se reconocen otras cuatro zonas alteradas. Estas cinco zonas se han clasificado, en el orden del grado de su alteración de la manera siguiente :

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

(5) Los yacimientos reconocidos en la presente área no tienen afloramientos que contienen minerales metálicos, sino en muchos casos se observan sólo zonas alteradas en el suelo superficial, aun cuando existen vetas en su parte inferior. Por consiguiente, si se observan zonas alteradas en la superficie, es muy posible que se hallen yacimientos en la parte inferior, especialmente en el sistema Ordovícico. Además, por el examen de la zona alterada, las partes prometedoras para exploración y los métodos de exploración son los siguientes:

(1) En los alrededores de Pueblo Gran Chocaya, aunque se observa una zona alterada amplia en el suelo superficial, todavía faltan datos sobre su parte inferior. Por lo tanto, es necesario efectuar la exploración por

el sondeo después de haberse obtenido datos relativos por la prospección geofísica del método IP, etc.

(II) Dentro de la parte extendida al suroeste de las vetas Burton y Colorada, en cuanto a la zona entre la parte explotada de Gran Chocaya y la parte desarrollada de Animas, se debe reconocer la mineralización de la parte inferior efectuándose el sondeo sin otras investigaciones anticipadas. La parte extendida al suroeste de la veta Burton no está desarrollada en absoluto, por lo que será necesario obtener varios datos por la prospección geofísica del método IP, a efecto de efectuar el sondeo en consideración a su resultado.

(III) En el área ubicada al noroeste de los yacimientos reconocidos de Animas, se propone realizar el sondeo inclinado dentro de los recortes ya desarrollados de la mina Animas, etc. para reconocer la mineralización.

(IV) Referente a la exploración de la parte inferior a las partes ya desarrolladas de las minas Animas y Siete Suyos, se aconseja efectuar, a base de los resultados de la presente investigación, tanto el análisis más detallado de zonamientos de minerales paragenéticos y de sistemas de fisuras, como la investigación sobre relaciones entre las rocas volcánicas y la mineralización, a efecto de detectar la parte central de mineralización y consecuentemente, de orientar concretamente la exploración de la parte inferior.



## CAPÍTULO 5 INVESTIGACION DEL SEGUNDO AÑO

El objeto de esta investigación fue elevar a cabo la exploración de la prolongación de la punta y vetas paralelas del grupo de vetas conocidas dentro del área de investigación detallada escogida conforme al resultado de la investigación del primer año, y seleccionar alguna zona en donde se encajonan yacimientos nuevos y ricos.

Por eso, en la investigación del segundo año se realizaron la investigación geológica detallada en el interior de mina, la prospección geofísica por método IP, y el sondeo.

### 5-1. METODO DE INVESTIGACIÓN

#### 5-1-1 Investigación geológica detallada en el interior de mina

Se realizaron las investigaciones geológicas detalladas en el interior de mina en el nivel 132 m de la sección Inocentes, y en los niveles 302 m, 510 m, 545 m, 617 m, 661 m, 700 m, 740 m, 6 780 m de la mina Animas y la mina Siete Suyos. Se utilizó el plano del interior de mina a la escala de un milésimo en esta investigación. Se hicieron bosquejos del galería aclarando las ubicaciones correctas por las medidas. Se hicieron bosquejos del techo de galería y otros bosquejos agrandados parciales de la presencia de geología y yacimientos importantes para la observación más detallada. Se tomaron 510 muestras en total a lo largo de la veta, con intervalo de 30 metros. Se analizaron cobre, plomo, cinc y estaño de estas muestras, y el resultado se utilizó para el análisis de mineralización.

#### 5-1-1 Prospección geofísica

En esta prospección geofísica se usó principalmente el método de dominio de frecuencia, y en la colocación de electrodo el método IP de Depolo-Dipolo, y al mismo tiempo en una parte el método de disposición

promedio de Polo-Dipolo. Se realizó en la parte sudeste (área A) y suroeste (área B) de la zona alterada fuerte que se había descubierto por la investigación del primer año, y su longitud total fue de 17.2 km. Fue 15 el número de líneas de medición, y el intervalo de medición fue de 200 m.

En el área A, se esperaba la existencia de vetas paralelas en la parte suroeste del grupo de la mina Animas, y en el área B la existencia de la prolongación suroeste de la mina Animas, la de la veta Nueva de la sección Inocentes y vetas paralelas.

### 5-1-3 Sondeo

Como se presenta en Fig. 16, se realizó la exploración por sondeo en las prolongaciones nordeste y suroeste de la veta Nueva, que es la principal de la sección Inocentes. La longitud total de perforación en dos taladros alcanzó a 802.25 m.

### 5-2. Resultado de la investigación del segundo año

(1) En los dos taladros realizados para la exploración en las partes prolongadas nordeste y suroeste de la veta Nueva de sección Inocentes, no se pudo comprobar ningún indicio predominante, pero se puede pensar que se habrían cortado partes pobremente mineralizadas.

(2) El grupo de vetas del yacimiento de Animas se clasifica en las cinco zonas siguientes por la combinación plana de minerales, la ley y la temperatura genética.

Zona I : Zona de Cu-Sn-(Ag)

Zona II : Zona de Cu-Sn-Ag

Zona III : Zona de (Pb)-(Zn)-Sn-Ag

Zona IV : Zona de Pb-Zn-Sn-Ag

Zona V : Zona de Pb-Zn-(Sn)-Ag

Entre estas las zonas ricas corresponden a las IV y V, es decir, el grupo de vetas como veta Burton y veta Inca VI. Y, la zona II es zona gradual de las zonas I y III.

(3) Por la distribución vertical de leyes se considera que el clavo mineralizado de estas bonanzas es vertical y que la mineralización en el nivel más bajo 780 m es predominante aún.

(4) Por el resultado del experimento de la inclusión fluida y el examen del geo-termómetro se sugiere que la temperatura genética de yacimiento es alta (349°C) en veta Rosario al oeste del yacimiento de Animas y se va bajando (195°C) para el este y el sudeste.

(5) La bonanza de las vetas del yacimiento Animas se va inclinando desde el noroeste al sudeste.

(6) Con esto, para la exploración de socavón es preferible dar la importancia a comprobar la parte inferior de la bonanza ya conocida del grupo de vetas, como centro, vetas ricas Burton e Inca VI, la prolongación adelgazada de la bonanza, y vetas paralelas más al sur de veta Inca VI.

(7) Por prospección geofísica se comprobaron seis zonas de anomalía de IP. Dentro de estas, respecto a la zona IV de anomalía de IP situada en la parte prolongada suroeste de veta Burton y la V de anomalía de IP en la parte sur de veta Nueva, es necesario comprobar las zonas de anomalía de IP por medio de la exploración de sondeo.

(8) Dentro de (7), las zonas de anomalía de IP I y IV se sitúan en la parte extrema de líneas de medición respectivamente, pero no está todo comprobado, de modo que es necesario analizar estas zonas de anomalía prolongando las líneas de medición.

(9) El resultado de la investigación de este año por método de polarización inducida refleja claramente los yacimientos ya existentes, por lo cual se puede juzgar que es útil el resultado para la exploración de otros yacimientos del mismo tipo de veta de la mina Animas.

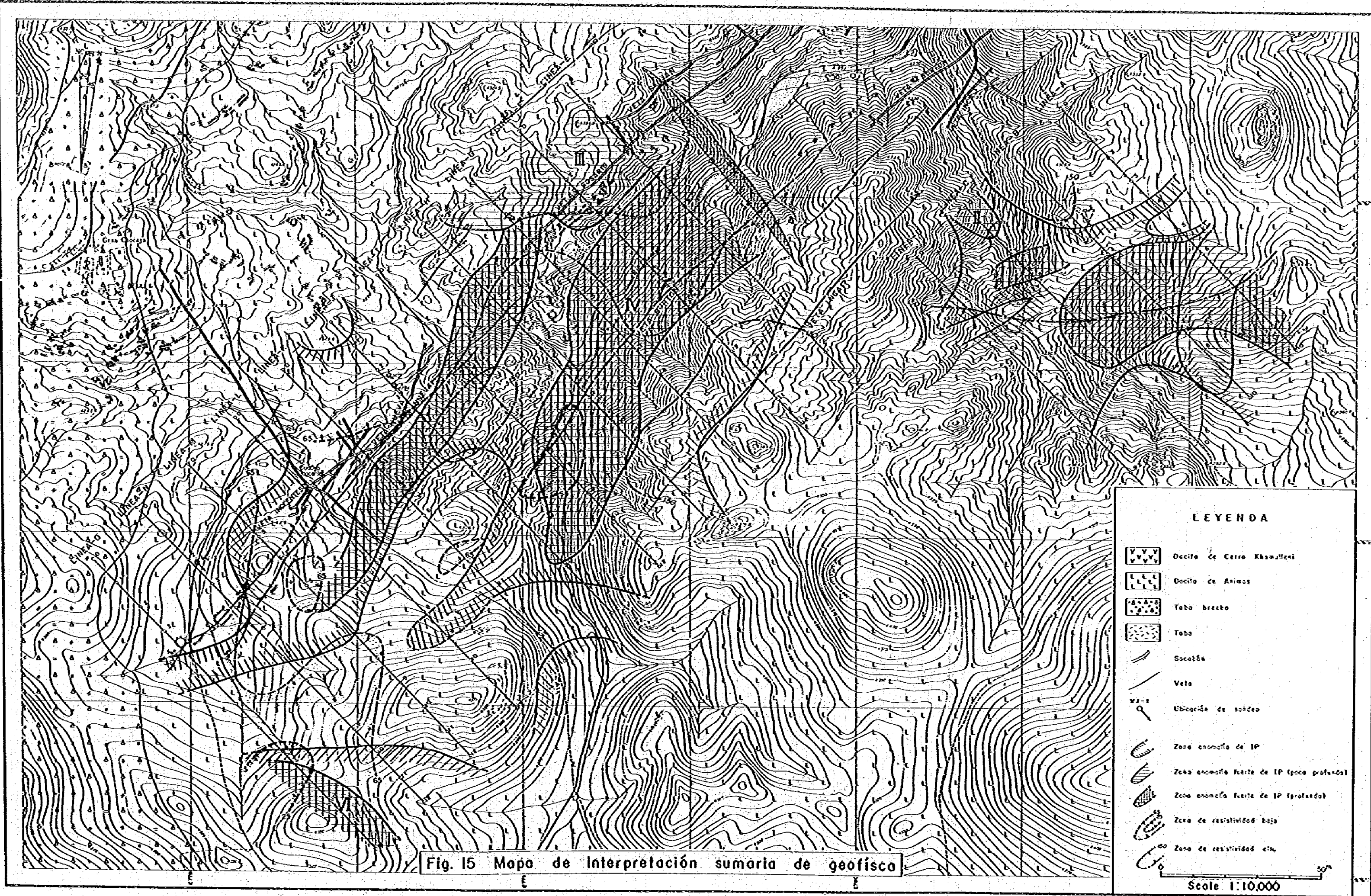














Fig. 15 Mapa de Interpretación sumaria de geofísico

LEYENDA

-  Orcito de Cerro Khamalleni
-  Orcito de Animas
-  Tubo bracho
-  Tubo
-  Sacabá
-  Veta
-  Ubicación de sondeo
-  Zona anomalía de IP
-  Zona anomalía fuerte de IP (zona profunda)
-  Zona anomalía fuerte de IP (profunda)
-  Zona de resistividad baja
-  Zona de resistividad alta

Scale 1:10,000



## CAPITULO 6 INVESTIGACION DEL TERCER AÑO

La investigación del tercer año se realizó en el área Gran Chocaya y el área de Sur Lípez clasificadas por su localidad y el contenido de obras.

En el área Gran Chocaya se efectuó sólo la exploración de sondeo en las áreas seleccionadas a base de los resultados de los años primero y segundo. En el área de Sur Lípez se realizó la investigación geológica preliminar en muchas partes mineralizadas ya conocidas del área.

### 6-1. METODO DE INVESTIGACION

En el área Gran Chocaya se realizó la exploración de sondeo (4 taladros: 1.455.5 m de longitud total de perforación) en las zonas alteradas seleccionadas a base de la investigación geológica detallada del primer año y en una parte de las zonas de anomalía de IP seleccionadas por prospección geofísica del segundo año.

En el área de Sur Lípez se efectuó la investigación geológica preliminar en las 10 partes mineralizadas representativas dentro de las innumerables partes mineralizadas ya conocidas en una extensión de unos 4.300 km<sup>2</sup>. La presente investigación se realizó con el fin de comprobar el resumen de la mineralización y la alteración de estas 10 partes mineralizadas y calificar el valor de exploración de cada una. Para eso, se sacaron muchas muestras para realizar el experimento en el laboratorio.

### 6-2. RESULTADO DE LA INVESTIGACION DEL TERCER AÑO

#### 6-2-1 Área Gran Chocaya

(1) El sondeo MJ-3, que se realizó en la zona de anomalía de IP en la parte prolongada suroeste de veta Burton, no cortó vetas, pero se aclaró que tanto la mineralización y como la alteración son muy notables por los

análisis microscópico y de rayos-X de testigo. Su resultado alude que haya alta posibilidad de que exista alguna veta por este taladro y se aclaró la causa de la anomalía de IP.

(2) El sondeo MJ-4, realizado en la zona de anomalía de IP a unos 600 m. al suroeste desde MJ-3, cortó dos vetas de alta ley de 40 cm y de 50 cm de longitud. Y se aclaró que gran variedad de clases y combinaciones de minerales y la alteración muy notable de roca madre es igual a la parte central del yacimiento de Animas. Por consiguiente, el área, en donde es centro este taladro situado al suroeste de la mina Animas, es área muy prometedora e importante para exploración.

(3) El sondeo MJ-5, que se realizó en la zona de anomalía de IP situada a medio camino entre la punta de veta Nueva de la sección Inocentes y la de veta Rosario de la mina Animas, no cortó vetas. Por el resultado de los análisis microscópico y rayos-X de testigo, se dilucidó que veta Nueva y veta Rosario tienen centro de mineralización distinto el uno del otro, y que ambas vetas no están continuadas, y la mineralización y la alteración en este taladro están empobrecidas.

(4) El sondeo MJ-6, realizado en la zona alterada desarrollada al sur del Pueblo Gran Chocaya, no cortó vetas, y por el resultado de los análisis microscópico y rayos-X de testigo, la alteración de este taladro es muy escasa y alude que la cercanía de este lugar se sitúa al extremo occidental de la zona mineralizada de Animas, lo cual concuerda con el resultado de la investigación geológica detallada.

(5) La política futura de exploración de este yacimiento es alcanzar por recorte hasta las vetas cortadas por MJ-4 y realizar exploración por corrida hacia el nordeste y el suroeste. Y, aprovechando de este recorte, se efectúa la exploración por sondeo en la parte sudeste de MJ-3 y MJ-4. Entonces, se podrá explorar el área prometedora con alta posibilidad de

existencia de yacimientos en la parte suroeste de la mina Animas.

#### 6-2-2 Area de Sur López

Aunque se conozcan innumerables partes mineralizadas en el área de Sur López, después de examinar y comparar factores de localización y de la geología económica, de cada parte mineralizada, juzgamos que se debería dar la máxima prioridad a la exploración de la mina San Antonio dentro de estas por las causas abajo mencionadas:

- (1) Geográficamente está cerca de la mina Escala que es centro de la exploración en esta área, y que es base principal de materiales.
- (2) La zona alterada desarrollada por la mina es notablemente de gran escala y predominante, y se desarrolla otra zona alterada de misma escala y de misma calidad por el Cerro Amarillo situado al este.
- (3) Hay indicio de que se explotaba en gran escala durante la época de colonización española.
- (4) En la superficie de la tierra se observan muchos afloramientos de 200 cm de ancho de veta como máximo, y vestigios de explotación de varios metros de potencia en el nivel de la Mesa de Plata.
- (5) El yacimiento consta de muchas vetas paralelas situadas por el Sistema de Veta I, que es el principal, y se supone que la prolongación total de rumbo alcanza más o menos a 1.000 m. y a varios metros de máxima potencia.
- (6) La veta contiene minerales metálicos en el nivel de la Mesa de Plata, situada a unos 150 m. bajo la superficie de la tierra, pero sus minerales principales son óxidos aún.
- (7) Hay indicio de que se hubiera explotado bajo el nivel también, pero no se sabe bien sobre su escala ni informaciones geológicas de yacimiento ni causas por las que se suspendió la explotación.



(8) Los minerales son plomo y cinc argentíferos que son de alto precio, lo cual se ha comprobado por el resultado de análisis de los minerales sacados en el vestigio de explotación y el nivel.

**Tabla 8 Tiempo necesario para trasladar de la mina Escala a cada Indiclos del área de Sur Lipez**

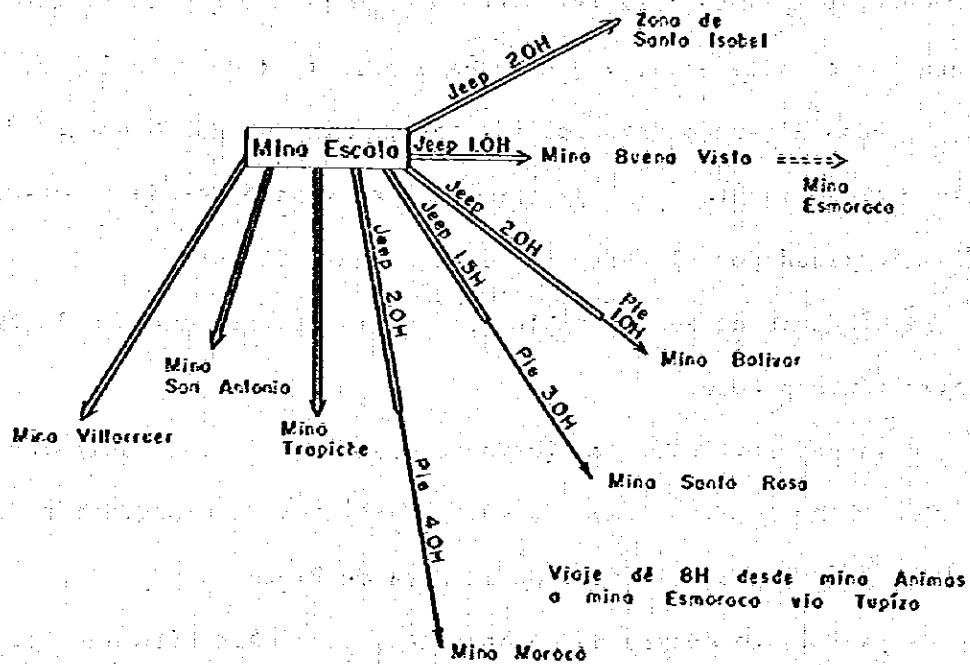
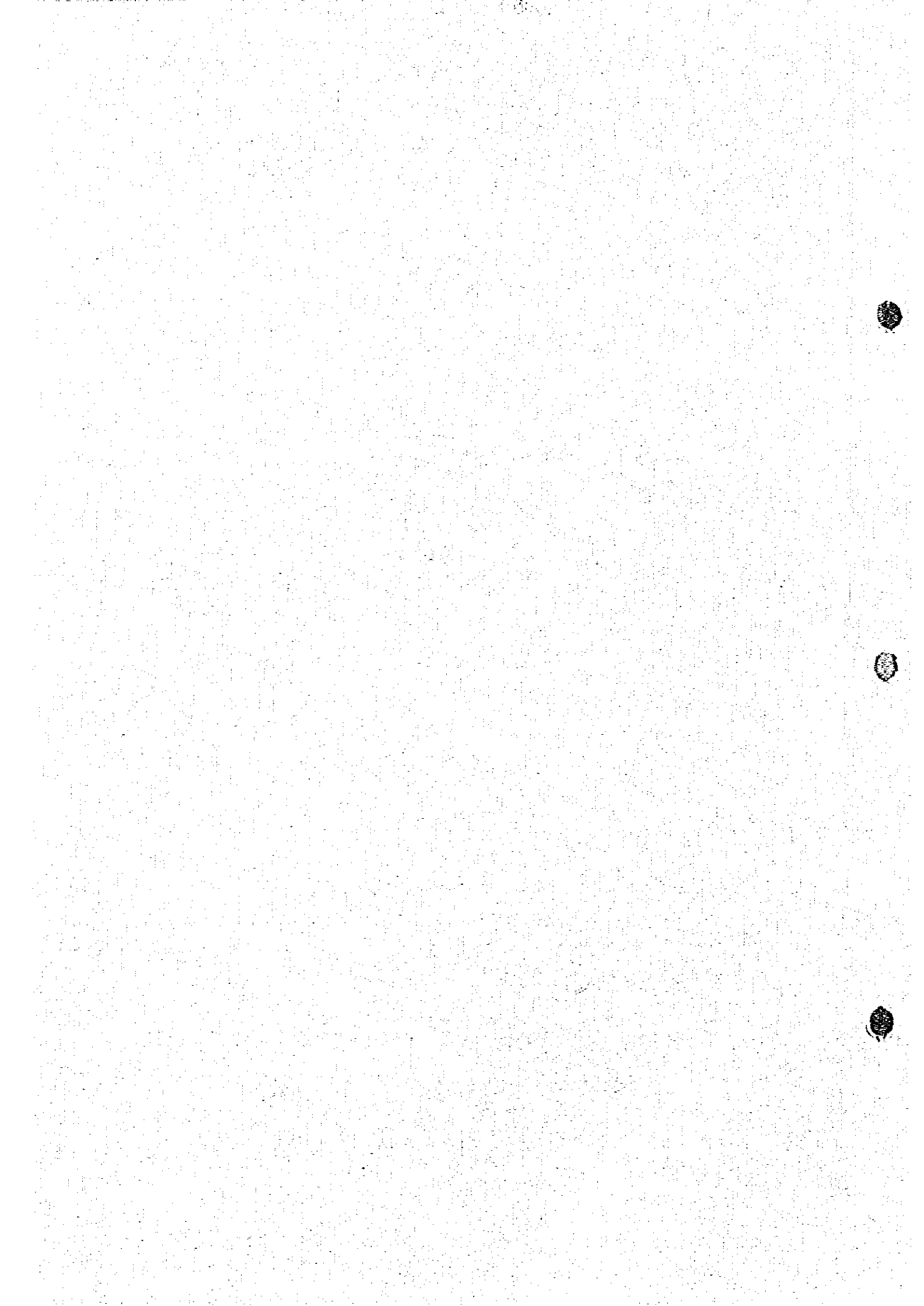


Tabla 9 Lista de minas y indicios del área de Sur Lipez

Zona	Nombre de mina o veta	Rumbo (°)	Buzamiento (°)	Longitud (m)	Ancho de veta (cm)	Roca de madre	Alteración	Ley					Minerales principales	Minerales accesorios
								Cu %	Pb %	Zn %	Sn %	Ag t/g		
Santa Isabel	Mercedes	N80W	70N		40	Dacita	Ser.	0.02	1.93	0.50	0.02	58		
	San Agustín	N85W	80N		40	"	Ser.Chl.	0.18	15.42	31.41	0.03	160	sp.gn.cp.py	tet.bn.cv
	Consuelito					"	Ser.Chl.Mnt.	0.33	6.01	6.64	0.03	270	sp.py.gn.mar	arp.cv
	Escalera					"	"	0.05	0.60	0.40	0.73	50	gn.qz.py.sp	mar.tet
San Antonio	Veta No I	EW	45-80N	400	500	"	Ser.Chl.Mot.Kao.	0.12	5.18	8.91	0.03	1,087	gn.sp.gz.mar py.cal	tet.mar.hm jm.cp.cv.py
	Veta No. II	N80E	70N	1,000?	500	"	"							
	Veta No III	N50W	60S	250		"	"							
	Amarillo(socavon)	N75W	85N	25	15	"	Ser.Mot.	0.07	1.07	1.25	0.03	463		
Buena Vista	Veta San Pablito	N70W	70N	700	50	Toba	Ser.	0.68	14.93	16.66	0.03	620	gn.sp.py.st	cp.jm.hm.cv po.tet.orp ri.
Escala	Escala Socavón-C	N55W	80N	300(+1000)	80	Dacita	Ser.Chl.	0.11	8.05	21.00	0.02	190	sp.gn.qz.ang sid	py.mar.arp tet.jm.cp
Bolívar						Andesita	Ser.Mot.Kao.							
Trapiche	Trapiche	EW	80S	500?	10	Toba	Ser.Mot.	(sb) 1.54	0.20	1.03	0.03	365	st	
Villarruer	Villarruer	N80W	90	100	60	Andecita	Ab.Mot.	0.19	65.70	3.71	0.03	420	gn	py.cv.ang.sp
Moroco	Rica	N70N-EW	80S	1,500	160	Dacita	Ser.Chl.						sid.sp.gn.tet py	arp.mar.cp bn
Esmoraca	Esmoraca	N80N	70N	2,000	200	"	Ser.Chl.	(WO <sub>3</sub> ) 4.03	0.42	1.14	0.27	15	wol.py.sch.hm mag.sp.cp	qz
Santa Rosa	Santa Rosa	N50W	SW	500	160	"	Ser.Mot.Kao.	0.04	0.84	0.60	0.03	45		

símbolos

py	: pirita
mar	: marcasita
po	: pirrotina
ars	: arsenopirita
hm	: hematita
mag	: magnetita
lim	: limonita
sid	: siderita
cal	: calcita
qz	: cuarzo
orp	: oropimento
ri	: rejalgar
gn	: galena
ang	: anglesita
jm	: jamesonita
bo	: bournonita
sp	: esfalerita
cp	: calcopirita
cv	: covellina
bn	: bornita
tet	: tetrahedrita
cs	: casiterita
stan	: estannina
st	: antimonita
wol	: wolframita
sch	: scheelita
el	: electrum
Ser	: sericitización
Chl	: cloritización
Mot	: monteorillonitización
Kao	: kaolonitización
Ab	: albitización



## CAPITULO 7 CONCLUSION Y LA VISITA EXTENDIDA PARA EL FUTURO

### 7-1. METODO DE INVESTIGACION

En el área investigada situada al sur de la República de Bolivia, las áreas Gran Chocaya y Sur Lípez se consideran como áreas de yacimiento famosas del país y hay muchas minas que se exploraron y explotaron como mina de plata en la época de la colonización española. Se prestaba mucha atención al área Gran Chocaya como área prometedora suministradora de minerales para la refinera de cinc que iba a construirse en el país, y era urgentemente necesario que se asegurara suficiente cantidad de minerales. Por lo tanto, se centró gradualmente el campo de exploración por el resultado de la investigación geológica fundamental del área total, y se adoptó el método adecuado de investigación para descubrir yacimientos finalmente.

Por otra parte, el área de Sur Lípez es área a donde se presta mucha atención con el fin de suministrar minerales a la refinera de plomo en construcción en el mismo país. Por consiguiente, después de realizar la investigación geológica semidetallada de partes mineralizadas de dicha área, se aclaró un aspecto de los caracteres de cada parte mineralizada como la circunstancia geológica, la alteración, la mineralización, etc.. Y se fijó el orden de prioridad de exploración a las partes mineralizadas dentro de la presente área, lo cual contribuyó a planear el proyecto de exploración más eficaz.

Respecto a los métodos de investigación se efectuaron la investigación geológica, la prospección geofísica y la prospección por sondeo, de acuerdo con el objeto.

En el primer año se realizaron las investigaciones geológicas semidetallada y detallada, y la investigación de zonas alteradas. Por la

investigación geológica semidetallada, realizada en una extensión de 280 km<sup>2</sup>, se dilucidaron la geología, la geología histórica, la estructura geológica y actividades ígneas, de esta área, por lo cual el área con alta posibilidad de que existan yacimientos se limitó a una extensión de 30 km<sup>2</sup> cuyo centro es la mina Animas. Entonces, se llevó a cabo la investigación geológica, incluida la investigación de zonas alteradas en esa extensión de 30 km<sup>2</sup>, por la cual se dilucidaron modelos de disposición de vetas y la substancia de zonas alteradas, y se planeó el proyecto de investigación para la próxima etapa.

En el segundo año se efectuaron la investigación geológica detallada del interior de mina, la prospección geofísica y la prospección por sondeo. En la investigación geológica detallada se aclararon el mecanismo formativo de la fisura que encajona vetas, la distribución zonal, la forma y característica de bonanza, la identificación y paragénesis de minerales complejos, la temperatura de formación de yacimiento y la dirección de corriente de solución mineral, etc. En la prospección geofísica se usó el método de polarización inducida por Dipolo-Dipolo y realizó la exploración de la parte prolongada y vetas paralelas de yacimientos ya explotados. Por tanto, se aclaró la zona alterada notable de la presente área en poco tiempo. La causa de esta zona alterada se aclaró en la exploración por sondeo del tercer año, por lo cual se comprobó que este método es eficaz para la exploración de yacimientos del tipo similar al del yacimiento de Animas en el país.

La exploración por sondeo se realizó en los puntos seleccionados conforme al resultado de la investigación sistemática y teórica de los años primero y segundo, por lo cual el número de taladros es seis, es decir, que es poco. Pero se logró un criterio adecuado para determinar la exploración y desarrollo en el futuro y la estimación de este yacimiento.

## 7-2. Conclusión

(1) Aprovechando algunos minerales específicos o su paragénesis, la zona alterada del yacimiento de Animas se clasificó en cinco zonas, desde la parte central hacia la exterior. Por tanto, se confirmó que este método es aplicable a la exploración futura.

(2) Después de analizar toda la roca por rayos-X, se aclaró que el yacimiento de Animas se encuentra en la zona alterada en donde no se comprobaba calcita ni plagioclasa. Este resultado servirá en gran manera para la exploración de otros yacimientos.

(3) El análisis de la dirección de corriente de solución mineral, por el experimento de inclusión fluida, es aplicable al análisis futuro de la forma y clavo de bonanza.

(4) Después de estudiar minerales metálicos en detalle por varios métodos, se dilucidaron la paragénesis y la combinación de los minerales de cada veta. El resultado se puede utilizar con eficacia para la operación de minas, en los aspectos del arreglo de ley de minerales sacados y de la política para recuperación de metales valiosos.

(5) Se comprobó que el método IP de exploración es efectivo para exploración de yacimientos del mismo tipo que el yacimiento de Animas en el país.

(6) Respecto a la exploración por sondeo, después de realizar el sondeo MJ-6 al sur del Pueblo Gran Chocaya, se dilucidó que la mineralización y la alteración en la cercanía de este Pueblo son escasas y que se puede excluir del área objeto de la exploración de momento.

Sin embargo, el sondeo MJ-4, efectuado en la zona de anomalía de IP a la prolongación suroeste de veta Burton, cortó dos vetas laborables y elevó el valor de exploración de los contornos de este taladro a pasos agigantados.

(7) Después de comparar y examinar factores de localización y de la

geología económica de los innumerables indicios comprobados en el área de Sur Lipez, se juzgó que debería dar la máxima prioridad a la exploración de la mina San Antonio.

### 7-3. Política de exploración para el futuro

(1) Respecto a la mina Animas, después de alcanzar por recorte hasta dos vetas comprobadas por MJ-4, se debe realizar exploración por corrida hacia el nordeste y el suroeste. Y aprovechando este recorte, se debe fomentar fuertemente la exploración por sondeo del interior de mina en la parte inferior y la cercanía de MJ-3 y MJ-4. Se debe realizar alguna investigación más detallada en la zona de anomalía ya comprobada, en las partes extremas noroeste y sudeste de la línea de medición, si se tiene en cuenta el resultado de la exploración por método IP del segundo año.

(2) En cuanto a la exploración de la mina de San Antonio en el área Sur Lipez, es necesario empezar por la investigación geológica fundamental conforme al mapa topográfico preciso. Sin embargo, el área investigada debe ser una extensión limitada inclusive la zona alterada que se desarrolla en los contornos de la mina y empezar por la investigación geológica detallada del interior y exterior de mina. Para el análisis del resultado de la investigación de esta área, y la decisión de la política de exploración conforme al análisis anterior, se utilizarán con mucha eficacia los conocimientos y técnicas importantes conseguidos a partir del resultado de la investigación del área Gran Chocaya.

## BIBLIOGRAFIA

### I GEOLOGIA

- (1) Ahlfeld, F.E. y Braniza, L. (1960) : Geología de Bolivia
- (2) Ahlfeld, F.E. y Schneder Scherbina, P. (1964) : Los Yacimientos Minerales y de Hidrocarburos de Bolivia; Departamento Nacional de Geología, Bol. 5 (Espacial)
- (3) Ahlfeld, F.E. (1973) : Geología de Bolivia
- (4) Ahlfeld, F.E. (1976) : Metallogenetic Epoch and Provinces of Bolivia; Mineralium Deposita 2, P.291-311
- (5) Alvaro Wieler (Agosto 1971) : Informe Geológico del Grupo Minero de Esmoraca
- (6) Billings, M.P. (1973) : Structural Geology; Charles E. Tuttle Company, Tokyo, 514P
- (7) Brady, D.A. and Chaves, C.A. (1954) : Geological Report of "Siete Suyos-Animas Properties"; Corporación Minera de Bolivia, by Prospection Limited
- (8) Branisa, L. (1965) : Los Fósiles Guías de Bolivia I, Paleozoico; Servicio Geológico de Bolivia, Bol.6
- (9) C PHOB, B. . (1968) : Geología Económica (traducido en japonés)
- (10) COMIBOL (1972) : El Yacimiento Argentífero de Chocaya-Animas
- (11) COMIBOL (1972) : El Yacimiento Argentífero de Chocaya-Siete Suyos
- (12) GEOBOL (1970-1971) : Proyecto Lípez-COMIBOL-70 MINA SANTA ROSA GE-02
- (13) GEOBOL (1970-1971) : Proyecto Lípez-COMIBOL-70 MINA MERCEDES-GOYA I GE-05
- (14) GEOBOL (1970-1971) : Proyecto Lípez-COMIBOL-70 MINA BUENA VISTA GE-6
- (15) GEOBOL (1970-1971) : Proyecto Lípez-COMIBOL-70 MINA SAN ANTONIO GE-10
- (16) GEOBOL (1970-1971) : Mapeo Geológico Regional de la Concesión Moroco, San Antonio, Bonete, Aviadora



- (17) Hass, J.L., Jr. (1971) : The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure; Economic Geology, Vol. 66, P940-946
- (18) Heinrich, E. Wm. (1965) : Microscopic Identification of Minerals, McGraw-Hill Book Company, New York, 414P
- (19) Horst F. von Bandat (1962) : Aerogeology
- (20) Kelly, Wm. C. and Turneure, F.S. (1970) : Mineralogy, Paragenesis and Geothermometry of the Tin and Tungsten Deposits of the Eastern Andes, Bolivia; Economic Geology, Vol.65, P609-680
- (21) Kussmaul, S., Jordán, L. and Ploskonka, E. (1975) : Isotopic Ages of Tertiary Volcanic Rocks of SW-Bolivia; Geol. Jb. Vol.14, P111-120
- (22) Kussmaul, S., Hörman, P.K., Ploskonka, E. and Subieta, T. (1977) : Volcanism and Structure of Southwestern Bolivia; Jour. of Volcanology and Geothermal Research. 2, P73-111
- (23) Lemlein, G.G., and Klevtsov, P.V. (1961) : Relations among the Principal Thermodynamic Parameters in a Part of the System  $H_2O-NaCl$ ; Geochemistry, No. 2, P148-158
- (24) Matsuno, H. (1976) : Aerofotogeología (en japonés)
- (25) Hiyashiro, A. y Kushiro, I. (1975) : Litrografía II (en japonés)
- (26) McKinstry, H.E. (1953) : Shears of the Second Order; American Journal of Science, Vol.251, P401-414
- (27) MMAJ/JICA (1977) : Informe de Investigación Geológica en Area San Vicente, República de Bolivia, Vol.I
- (28) MMAJ/JICA (1978) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol. II
- (29) MMAJ/JICA (1979) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol.III

- (30) MMAJ/JICA (1979) : Informe de Investigación Geológica en Región Sur, República de Bolivia, Vol. IV (Sumario)
- (31) MMAJ/JICA (1980) : Informe de Investigación Geológica en Area Gran Chocaya, República de Bolivia, Vol.1
- (32) MMAJ/JICA (1981) : Informe de Investigación Geológica en Area Gran Chocaya, República de Bolivia, Vol.2
- (33) Potter, R.W., II, Clyane, M.A., and Brown, D.L. (1978) : Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions; Economic Geology, Vol.73, P284-285
- (34) Rivas, S. (1963) : Observaciones al Informe Geológico de Prospección Ltd. sobre las propiedades de Siete Suyos-Animas
- (35) Roeder, E. (1967) : Fluid Inclusions as Samples of Ore Fluids; Barnes, H.L., ed., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Holt, Rinehart, and Winston, Inc., New York, P515-574
- (36) Saigusa, H. (1958) : Geology and Mineralization of the Akenobe Mine, Hyogo Prefecture, Japan; Mining Geology, Vol.8, P218-238 (in Japanese)
- (37) Shimomura, Y. (1979) : Estabilidad de la Cuesta en Explotación de Cielo Abierto; Calizas. NO/177 P76-88 (en japonés)
- (38) Singewald, S.T. and Berry, E.M. (1922) : The Geology of the Coro Coro Copper District of Bolivia; The Johns Hopkins University Studies in Geology, No.1
- (39) Takeda, H. (1972-1973) : La Geología y los Yacimientos de los Andes en Sudamérica 1,2,3; Geological Review, No.217, P52-63; No.224, P36-47; No.229, P46-62 (en japonés)
- (40) Takenouchi, S. (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals -2-; Gem News, Vol.2, P66-73 (in Japanese)
- (41) Takenouchi, S. (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals -3-; Gem News, Vol.2, P110-121 (in Japanese)

- (42) Tatsumi, T. (1977) ; Fundamental of Contemporary Economic Geology; University of Tokyo Press, 257P
- (43) Ueda, S. y Sugimura, A. (1973) : Zona de Movimiento Tectónico del Mundo (en japonés)
- (44) Uemura, T. and Iwanatsu, A. (1979) : Joint, Fault, and Stress Field; Earth Science, Iwanami Shoten Co., Ltd., Tokyo, P137-160 (in Japanese)
- (45) Watanabe, T. (1965) : Progreso de la Geología Económica (en japonés)

## II GEOFISICA

- (1) Zienkiewicz and Cheung (1967) : The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics; McGraw-Hill
- (2) Coggon, J.H. (1971) : Electromagnetic and Electrical Modeling by the Finite Element Method; Geophysics Vol.36, P132-155
- (3) Sumner, J.S. (1976) : Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration