

INFORME DE ESTUDIOS BASICOS
SOBRE
LA EXPLORACION DE RECURSOS MINERALES
DEL
AREA AL SUR DE ANTOFAGASTA
DE LA REPUBLICA DE CHILE
(INFORME INTEGRADO 3 FASES)

JICA LIBRARY



1041898[6]

17399

ENERO 1988

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON
ORGANIZACION MINERA METALICA
DEL JAPON

国際協力事業団	
受入 月日 88.4.04	704
登録No. 17399	66-I MPN

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de Chile ,en el sentido de evaluar el potencial de recursos de minerales en el sector Sur de la región de Antofagasta, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo los estudios necesarios para tal fin, en el área propuesta, encargando su ejecución a la Agencia de Cooperación - Internacional del Japón (JICA).


Debido al caracter geológico de los estudios a realizar, dicha Agencia encomendó, a su vez, su concreción a la Organización Minera Metalica del Japón (MMAJ).

Este trabajo se realizó entre los años 1985 a 1987, contando con la colaboración de los organismos competentes del Gobierno de Chile .

El presente informe resume los resultados obtenidos durante las tres fases que comprendió este estudio .

Deseamos expresar nuestros sinceros agradecimientos a las diversas entidades y personas que han intervenido y colaborado en la ejecución de los estudios : al Gobierno de Chile y sus organismos competentes, a los Ministerios de Relaciones Exteriores y Comercio Internacional e Industria del Japón, a la Embajada del Japón en Chile y a las empresas privadas participantes.

30 de enero de 1988



Kensuke YANAGIYA

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional
del Japón



Junichiro SATO

Presidente

Organización Minera Metálica del
Japón

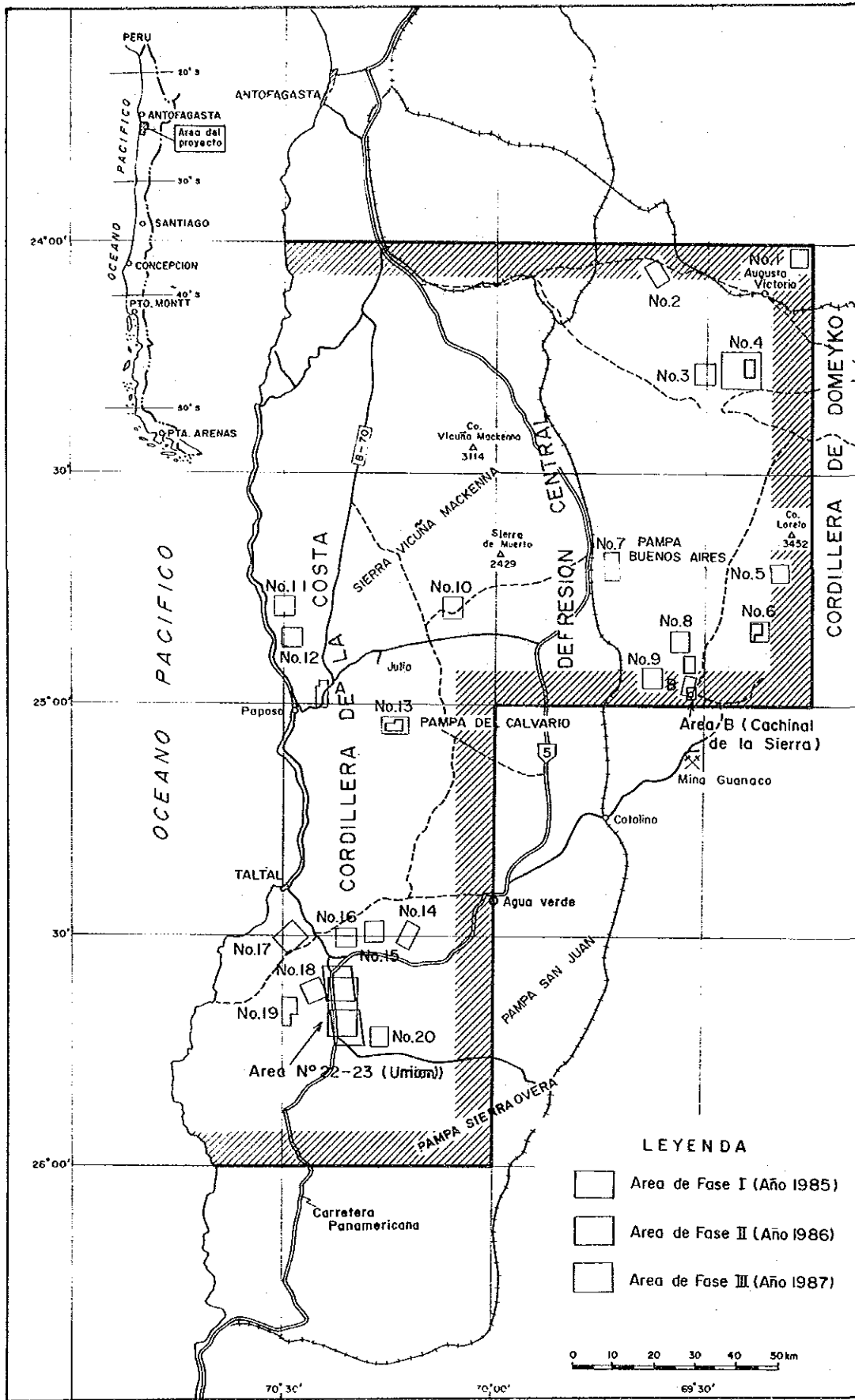


Fig. 1 Mapa de ubicación

CONTENIDO

Prefacio

Mapa de ubicación

Resumen

PARTE I INTRODUCCION

Capítulo 1.	Generalidades del trabajo	11
1.1.	Area y objetivo de trabajo	11
1.2.	Método y cantidad de trabajo	14
1.3.	Periodo y miembros de los equipos de trabajo.....	14
Capítulo 2.	Trabajos anteriores	17
Capítulo 3.	Marco geológico	18
Capítulo 4.	Generalidades del área de trabajo	19
4.1.	Ubicación y Acceso	19
4.2.	Ambiente geográfico y población	19
Capítulo 5.	Conclusiones y recomendaciones para el futuro.....	21
5.1.	Conclusiones	21
5.2.	Recomendaciones para el futuro	22

PARTE II COMPILACION DE ANTECEDENTES Y SELECCION DE AREAS ESPECIFICAS

Capítulo 1.	Compilación de antecedentes	23
1.1.	Método de compilación	23
1.2.	Geología	23
1.3.	Yacimientos	30
Capítulo 2.	Interpretación de imagenes LANDSAT	34
2.1.	Datos usados y métodos de análisis	34
2.2.	Resultados del análisis	34
Capítulo 3.	Selección de áreas específicas	37

PARTE III RESULTADOS GLOBALES DEL PROYECTO

Capítulo 1.	Area No.22-23	39
1.1.	Geología y yacimientos	39
1.2.	Estudio geofísico	46
1.3.	Exploración mediante sondajes	64
1.4.	Consideraciones	73
Capítulo 2.	Area B	77

	2.1. Geología y yacimientos	77
	2.2. Estudio geoquímico	89
	2.3. Exploración mediante sondajes	90
	2.4. Consideraciones	107
Capítulo	3. Otras áreas	109
	3.1. Geología y yacimientos	109
	3.2. Estudio geoquímico	109
	3.3. Conclusiones para cada área	120

PARTE IV CONSIDERACIONES GLOBALES DEL AREA DEL PROYECTO

Capítulo	1. Características de la mineralización en el área del proyecto	129
	1.1. Yacimientos tipo vetiforme	129
	1.2. Yacimientos tipo estratoligado	131
	1.3. Yacimientos tipo stockwork-diseminación y zonas de alteración hidrotermal	132
Capítulo	2. Relaciones entre la mineralización y la estructura	134
Capítulo	3. Nivel de emlazamiento de los yacimientos	135
	3.1. Niveles de erosión de las asociadas	136
	3.2. Niveles de mineralización por asociaciones mineralógicas y alteración	136

PARTE V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL FUTURO

Capítulo	1. Conclusiones	139
Capítulo	2. Recomendaciones para el futuro	141
Referencias	143

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Diagrama de flujo de los trabajos realizados durante tres años en el área al sur de Antofagasta
Tabla I-1	Coordenadas de las áreas
Tabla I-2	Método y cantidad de trabajo
Tabla I-3	Periodo de trabajo
Tabla I-4	Miembros de los equipos
Tabla II -1	Resultado de pruebas en muestras de roca en laboratorio
Tabla II -2	Equipos de sondaje
Tabla II -3	Ubicación, orientación e inclinación de los sondajes en el área No.22-23
Tabla II -4	Resumen del trabajo mediante sondajes en el área B
Tabla II -5	Características del yacimiento Cachinal de la Sierra
Tabla II -6	Temperatura de homogenización y salinidad de las inclusiones fluidas
Tabla II -7	Ubicación, orientación e inclinación de los sondajes en el área B
Tabla II -8	Resumen del trabajo mediante sondajes en el área B
Tabla II -9	Lista de los yacimientos estudiados
Tabla II-10	Tratamiento estadístico de geoquímico de las áreas estudiadas
Tabla II-11	Distribución de anomalías geoquímicas de las áreas estudiadas
Tabla II-12	Valores estadísticos del análisis geoquímico de los áreas Nos. 4,13 y 21
Tabla II-13	Conclusiones para cada área

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Mapa de ubicación
Fig. II -1	Mapa de compilación de datos anteriores
Fig. II -2	Columna geológica generalizada del área al sur de Antofagasta
Fig. II -3	Lateral variation of magmatic susceptibility of

plutonic rocks at the Chañaral transect

- Fig. I -4 Cu-Pb-Zn diagram for the chilean granitoides
- Fig. I -5 Yacimientos metálicos, I Región
- Fig. I -6 Mapa de interpretación de Imagen "LANDSAT"
- Fig. I -1 Columna geológica generalizada del área No.22-23
- Fig. I -2 Mapa geológico, área No.22-23
- Fig. I -3 Seudosecciones de PEF y RA(Sector I)
- Fig. I -4 Seudosecciones de PEF y RA(Sector II)
- Fig. I -5 Seudosecciones de PEF y RA(Sector III)
- Fig. I -6 Simulación por modelo del perfil C
- Fig. I -7 Método de perforación, área No.22-23
- Fig. I -8 Columnas geológicas de los sondajes, área No.22-23
- Fig. I -9 Relación entre anomalías de PI por simulación y geología
- Fig. I -10 Columna geológica generalizada del área B
- Fig. I -11 Mapa geológico, área B
- Fig. I -12 Método de perforación en el área B
- Fig. I -13 Columnas geológicas de los sondajes, área B
- Fig. I -14 Perfiles geológicas, área B (1)
- Fig. I -15 Perfiles geológicas, área B (2)
- Fig. N -1 Clasificación de minerales de alteración hidrotermal

RESUMEN

Conforme a lo solicitado por el gobierno de Chile, el gobierno de Japón envió una misión previa a Chile a partir del 24 de noviembre del año 1985 hasta el 8 de diciembre, y ambos países firmaron un esquema de trabajo, el 4 de diciembre del mismo año.

Como se indicó en la Fig. 1, el área del proyecto pertenece al sector entre la Costa del Pacífico y la Pre-Cordillera de Los Andes, en la parte sur de la II región administrativa de Chile, ubicada en la parte norte del país Chile, 1300km al norte de Santiago, capital de Chile. El área abarca 20.000km².

Esta área corresponde a una parte del desierto de Atacama, una de las zonas más secas del mundo. La precipitación anual alcanza a 10 - 25mm. Su topografía se caracteriza por un relieve maduro, de alturas entre 1000 a 3000m s.n.m., desarrollándose una gran planicie de depósitos y aluviales en la parte central del área.

En el área del proyecto se distinguen 3 rasgos fisiográficos principales, que de oeste a este son: Cordillera de la Costa, Depresión Central y Pre-Cordillera de Los Andes.

La zona de la Cordillera de la Costa está constituida principalmente por rocas metamórficas, de origen sedimentario marino y/o continental del Silurúco-Devónico, rocas volcánicas andesíticas del Jurásico y granitoides del Carbonífero- Cretácico.

La zona de la Depresión Central está constituida principalmente por rocas volcánicas de composición intermedia a félsica del Cretácico - Paleogeno.

La zona de la Pre-Cordillera de Los Andes está constituida por rocas sedimentarias marinas del Jurásico y granitoides del Silurúco-devónico.

La estructura principal del área se denomina el sistema N-S.

Esta área corresponde a una zona de gran cantidad de yacimientos metálicos, y su número aproximado es de 60 yacimientos conocidos. Los metales principales son oro, plata y cobre; como metales subordinados plomo, zinc, manganeso, hierro, níquel, cobalto y molibdeno.

El tipo principal de yacimientos es vetiforme; como tipos subordinados, estratoligado y stockwork-diseminado.

En la primera fase se realizaron una compilación de

antecedentes y una interpretación de imagen LANDSAT para seleccionar 22 áreas favorables, y levantamientos geológicos y geoquímicos detalladas en las 2 áreas, y semidetalladas en las otras 20 áreas.

En base de los resultados obtenidos de los estudios, se seleccionaron 4 áreas para estudio de la segunda fase, además se adicionaron 4 áreas nuevas como estudio de la segunda fase.

En la segunda fase, se realizaron levantamientos geológicos y geoquímicos, y exploración mediante sondajes en las siguientes áreas:

Area B : sondeo.

Areas Nos.4 y 6 : levantamientos geológicos y geoquímicos en detalle.

Area No.13 : levantamientos geológicos y geoquímicos en detalle, y exploración mediante sondajes.

Area No.21 : levantamientos geológicos y geoquímicos semi-detallados.

Areas Nos.22 y 23 y del Guanaco : levantamientos geológicos semi-detallados.

En la tercera fase se efectuaron un estudio geofísico y/o una exploración mediante sondajes en siguientes áreas :

Area B : sondeo

Area No.22-23 : estudio geofísico y sondeo

Los resultados obtenidos son los siguientes :

En el área B se desarrollan más de 20 vetas de plata-(plomo)-(zinc)-cuarzo. En esta área se realizaron 13 sondajes de longitud total de 1.569m, con los objetivos principales de reconocer la prolongación de las vetas principales conocidas. Sin embargo, no se encontró ninguna mineralización de interés económica.

En consecuencia, se concluye para esta área lo siguiente:

① Carece de esperar una gran prolongación horizontal de las vetas principales conocidas.

② Hay una pequeña posibilidad de existencia de vetas nuevas de dimensión similar a las vetas principales.

③ Todavía quedan partes ricas de plata en las vetas de dimensión pequeña que se desarrollan en los alrededores de

las vetas principales.

En el área No.22-23 se desarrollan los yacimientos Unión y Atahualpa, de plata y cobre de tipo vetiforme, localmente stockwork-diseminado a lo largo de la misma falla.

Se realizaron un estudio geofísico y exploración mediante sondajes en el sector donde el área entre ambos yacimientos está cubierto por sedimentos aluviales del Cuaternario.

En el estudio geofísico, se detectaron unas anomalías de PI, y se hicieron 3 sondajes con longitud total de 451,5m para reconocer la fuente de anomalías favorables de PI. Sin embargo, se cortaron solo vetillas de calcita. En consecuencia, se concluye lo como siguiente para esta área :

- ① Hay una pequeña posibilidad de encontrar yacimientos nuevo de dimensión similar a las de los yacimientos conocidos entre las minas Unión y Atahualpa.
- ② Aún cuando existiera un yacimiento, éste habría sido erosionado en su la parte superior.

Las siguientes áreas se enumeran como el blanco de exploración para futuro :

① El área A se realizó un estudio en terreno solo en su primera fase por el problema de la propiedad minera. Sin embargo, en esta área se desarrollan numerosas vetas con alta ley de cobre y de mayor dimensión, por lo tanto se puede esperar un aumento de reserva de mineral para exploración futura.

② Las vetas de oro que se presentan en las áreas Nos. 11,12 y 14, y las vetas de plata que se presentan en el área No.21, tienen pequeña dimensión, por lo cual tenían baja prioridad de estudio y quedaron fuera de estudio en detalle.

Sin embargo, estas vetas tienen localmente partes ricas con una ley de 30g/t de Au, correspondiente a vetas de oro, y superior a 1000g/t de Ag, correspondiente a vetas de plata, y la cantidad de veta remanente de ambas es abundante. En consecuencia, podrían ser consideradas como minas de pequeña producción pequeña para exploración detallada en el futuro.

③ Las alteraciones hidrotermales de composición ácida que

se presentan en las areas Nos. 1,4 y 7 están relacionadas intimamente con la actividad volcánica de composición félsica, y son similares geologicamente a las del yacimiento el Guanaco (tipo Nansatsu).

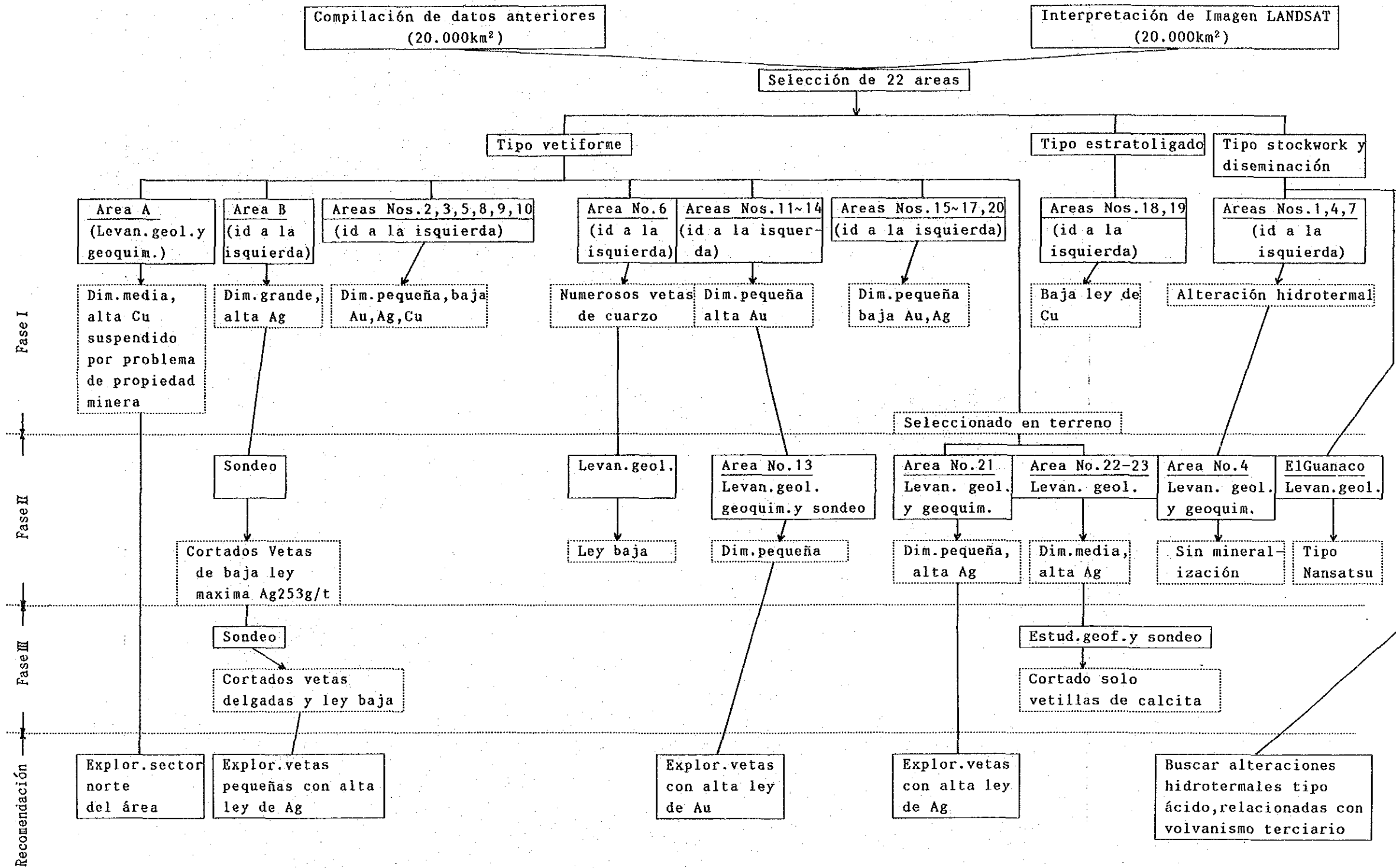
Estas alteraciones hidrotermales no tendrían contenidos economicos de oro, sin embargo, en otras areas hay la posibilidad de encontrar una zona de alteración hidrotermal de tipo el Guanaco con contenidos economicos de oro.

En base de los resultados obtenidos arriba mencionados se recomienda efectuar estudios adicionales como los siguientes :

- ① Efectuar una exploración mediante sondajes en el sector norte del área A para reconocer la prolongación de las vetas conocidas, y vetas nuevas paralelas a las conocidas.
- ② Encontrar una nueva zona de alteración hidrotermal de tipo ácido, relacionada con actividad volcánica del Terciario.
- ③ Efectuar estudios en detalle y/o exploración mediante sondajes para las areas B, Nos. 11, 12, 14 y 21 donde se presentan vetas con alta ley de oro y/o plata.

En la Tabla 1 se resumen los estudios y las exploraciones realizados durante los tres ultimos años.

Tabla 1 Diagrama de flujo de los trabajos realizados durante tres años en el área al sur de Antofagasta



PARTE I INTRODUCCION

Capítulo 1. Generalidades del trabajo.

1.1. Área y objetivo de trabajo

Como se indica en la Fig. 1, el área estudiada abarca sectores de la cordillera de la Costa, Depresión Central y Pre-Cordillera de los Andes y está situada aproximadamente 1.300 km al norte de la capital de Chile, Santiago comprendiendo una superficie de 20.000 . Las coordenadas de cada área se indican en la Tabla 1-1.

El área estudiada es una de las que presentan la mayor densidad de yacimientos metálicos conocidos (aproximadamente 60 yacimientos) dentro de Chile.

Los metales principales en el área son Au, Ag, y Cu, y en menor cantidad Pb, Zn y Mo.

El tipo principal de yacimientos es vetiforme ; en forma subordinada existen yacimientos de estratoligados , stockworks, diseminados y pórfidos cuprífero. Además hay zonas de alteración hidrotermal con cuarzo- hematita - limonitas .

En las cercanías del área estudiada se ubica el mundialmente conocido pórfido cuprífero de La Escondida y el yacimiento aurífero de alta ley El Guanaco.

El estudio se realizó en 3 años de trabajo, de acuerdo a la siguiente metodología :

- i) Compilación de antecedentes
- ii) Estudio de lineamientos en imágenes Landsat.
- iii) Selección de 22 áreas de interés con los resultados de i) y ii)
- iv) Estudios geológicos y geoquímicos en las 22 áreas.
- v) Los resultados de los estudios de iv) permitieron seleccionar 4 áreas para estudios posteriores.
- vi) En estas 4 áreas se realizaron estudios geofísicos y/o sondajes en base de los resultados de iii) y v).

Este proceso de estudio se indica en el diagrama de flujo de la Tabla 1.

Tabla 1-1 Coordenadas de las areas

Area	Coordenadas			
01	69° 19' 11"	69° 16' 13"	69° 16' 12"	69° 19' 11"
	24° 00' 23"	24° 00' 24"	24° 03' 23"	24° 00' 24"
02	69° 38' 13"	69° 36' 08"	69° 34' 08"	69° 36' 13"
	24° 05' 23"	24° 04' 13"	24° 07' 13"	24° 08' 23"
03	69° 31' 19"	69° 28' 22"	69° 28' 23"	69° 31' 20"
	24° 16' 04"	24° 16' 05"	24° 18' 47"	24° 18' 46"
04	69° 27' 44"	69° 21' 52"	69° 21' 52"	69° 27' 47"
	24° 13' 52"	24° 13' 55"	24° 19' 20"	24° 19' 20"
05	69° 20' 04"	69° 17' 52"	69° 17' 10"	69° 20' 10"
	24° 41' 06"	24° 41' 07"	24° 43' 07"	24° 43' 04"

Area	Coordenadas			
06	69° 23' 07"	69° 20' 10"	69° 20' 10"	69° 23' 08"
	24° 49' 07"	24° 49' 10"	24° 51' 52"	24° 51' 50"
07	69° 45' 04"	69° 42' 42"	69° 42' 23"	69° 45' 04"
	24° 40' 23"	24° 40' 24"	24° 43' 47"	24° 43' 47"
08	69° 35' 02"	69° 32' 04"	69° 32' 04"	69° 35' 02"
	24° 50' 11"	24° 50' 12"	24° 52' 55"	24° 52' 55"
09	69° 38' 37"	69° 35' 38"	69° 35' 40"	69° 38' 37"
	24° 54' 09"	24° 54' 30"	24° 57' 13"	24° 57' 13"
10	70° 07' 54"	70° 04' 04"	70° 04' 16"	70° 07' 07"
	24° 46' 11"	24° 46' 13"	24° 48' 58"	24° 48' 55"
11	70° 31' 40"	70° 28' 43"	70° 28' 44"	70° 31' 46"
	24° 46' 00"	24° 46' 01"	24° 48' 43"	24° 48' 43"
12	70° 30' 14"	70° 27' 17"	70° 27' 20"	70° 30' 18"
	24° 50' 19"	24° 50' 15"	24° 52' 49"	24° 52' 66"
13	70° 15' 31"	70° 11' 40"	70° 11' 41"	70° 15' 32"
	25° 01' 52"	25° 01' 53"	25° 04' 01"	25° 04' 01"
14	70° 12' 11"	70° 10' 18"	70° 12' 08"	70° 14' 11"
	25° 28' 05"	25° 29' 13"	25° 32' 17"	25° 31' 07"
15	70° 18' 11"	70° 15' 11"	70° 15' 13"	70° 18' 13"
	25° 28' 23"	25° 28' 25"	25° 31' 07"	25° 31' 07"
16	70° 22' 22"	70° 19' 22"	70° 19' 14"	70° 22' 23"
	25° 29' 25"	25° 29' 26"	25° 32' 10"	25° 32' 08"
17	70° 31' 40"	70° 28' 59"	70° 26' 43"	70° 29' 29"
	25° 31' 00"	25° 28' 49"	25° 31' 20"	25° 33' 29"
18	70° 26' 18"	70° 25' 29"	70° 23' 14"	70° 22' 20"
	25° 36' 41"	25° 36' 47"	25° 38' 23"	25° 39' 17"
	70° 29' 56"	70° 27' 34"	70° 28' 17"	70° 30' 07"
19	25° 38' 17"	25° 38' 19"	25° 42' 25"	25° 42' 25"
	70° 27' 18"	70° 28' 17"		
		25° 40' 28"	25° 40' 24"	
20	70° 17' 43"	70° 14' 43"	70° 14' 44"	70° 17' 46"
	25° 41' 37"	25° 41' 40"	25° 44' 24"	25° 44' 23"
	70° 24' 29"	70° 23' 13"	70° 23' 17"	70° 24' 28"
	24° 57' 37"	24° 57' 34"	25° 00' 43"	25° 00' 47"
21	69° 33' 16"	69° 31' 29"	69° 31' 29"	69° 33' 16"
	24° 52' 55"	24° 52' 55"	24° 55' 37"	24° 55' 37"
22	70° 24' 13"	70° 19' 48"	70° 18' 54"	70° 23' 13"
	25° 33' 44"	25° 33' 46"	25° 38' 39"	25° 38' 37"
23	70° 22' 54"	70° 19' 08"	70° 18' 15"	70° 21' 55"
	25° 40' 15"	25° 40' 17"	25° 45' 00"	25° 45' 00"
El Guana- co	69° 37' 29"	69° 30' 21"	69° 30' 22"	69° 37' 31"
	25° 05' 21"	25° 05' 22"	25° 10' 15"	25° 10' 13"
A	70° 25' 02"	70° 24' 26"	70° 24' 28"	70° 25' 00"
	24° 58' 32"	24° 58' 32"	25° 00' 08"	25° 00' 10"
B	69° 33' 00"	69° 31' 04"	69° 32' 04"	69° 34' 02"
	24° 56' 17"	24° 57' 17"	24° 59' 11"	24° 58' 13"

1.2. Método y cantidad de trabajo

Como se indica en la Tabla 1-2, método y cantidad de trabajo el área en particular variable, pero la compilación de antecedentes y el estudio de lineamientos se realizó para toda el área del proyecto.

Tabla 1-2 Método y cantidad de trabajo

Área	Levant. geológico		Levant. geoquímico		Exploración geofísica	Sondaje
	detall.	semi-detall.	detall.	semi-detall.		
No. 1		25		111		
No. 2		25		102		
No. 3		25		101		
No. 4	10	100	227	132		
No. 5		25		103		
No. 6	9	25		100		
No. 7		25		102		
No. 8		25		153		
No. 9		25		101		
No. 10		25		100		
No. 11		25		101		
No. 12		25		101		
No. 13	12	26	202	102		203m(101m+102m)
No. 14		26		102		
No. 15		25		102		
No. 16		25		102		
No. 17		36		102		
No. 18		25		102		
No. 19		25		102		
No. 20		25		101		
No. 21		15		131		
No. 22		60			SIP 6km	451.5m(150.5x3孔)
No. 23		50			IP 6km	
Guanaco	100					
A	15		201			
B	15		207			816m(102x8孔) 752.5m(150.5x5孔) 1568.5m(13孔)

1.3. Periodo y miembros de los equipos de trabajo.

El periodo de trabajo se indica en la Tabla 1-3.

Los miembros de los equipos participantes se indican en la Tabla 1-4.

Tabla I -3 Período de trabajo

Tipo de trabajo	Fase I (1985)			Fase I (1986)				Fase II (1987)									
	85/1286/1	2	3	4	5	86/8	9	10	11	12	87/7	8	9	10	11	12	88/1
Compilación de datos anteriores	23																
Interpretación de Imagen LANDSAT		25															
Levantamientos geológicos y geoquímicos			12														
Estudio geofísico																	
Exploración mediante sondaje																	
Interpretación y informe																	

Tabla I-4

Miembros de equipos

Equipo japonés

Tipo de trabajo	Fase I (1985)	Fase I (1986)	Fase II (1987)
Misión previa y deliberación	Makoto ISHIDA(MMAJ) Kenichi ORITA(MITI) Toshihiko HAYASHI(JICA)		
Planificación	Takashi KAMIKI(MMAJ)	Hideyuki UEDA(MMAJ)	Yozo BABA(MMAJ) Naotaka ADACHI(MMAL) Kenzo HAGIO(MMAJ)
Levantamiento geológico y geoquímico	Yuya FURUKAWA Makoto KITAMI Fukio KAYUKAWA(MMAJ) Toshio MIYAZAKI(MMAJ) Masayuki OYAMADA(MMAJ) Susumu TAKEDA(MMAJ) Hiroshi KANBARA(MMAJ)	Yuya FURUKAWA(MMAJ) Yoneharu MATANO(MMAJ)	
Exploración geofísica			Kenichi NOMURA(MMAJ) Saburo TACHIKAWA(MMAJ) Norikiyo SUGIURA(MMAJ)
Sondeo		Yuya FURUKAWA(MMAJ) Tojiro KAGA(MMAJ) Shigeshiro HATAZAWA(MMAJ) Masazo HAGA(MMAJ)	Yuya FURUKAWA(MMAJ) Tojiro KAGA(MMAJ) Shigeshiro HATAZAWA(MMAJ) Hiroshi ISHIKAWA(MMAJ)

Equipo chileno

Deliberación	María Teresa CAÑAS PINOCHET(SERNAGEOMIN) Jorge SKARMETA(SERNAGEOMIN) Carlos PORTIGLIATI(SERNAGEOMIN)		
Planificación	Jorge SKARMETA	Jorge SKARMETA	Jorge SKARMETA
Levant. geológico y geoquímico	Carlos PORTIGLIATI Sergio DIAZ(SERNAGEOMIN) Alvaro PUIG(SERNAGEOMIN) Lucía CUITIÑO(SERNAGEOMIN)	Carlos PORTIGLIATI Sergio DIAZ Alvaro PUIG Lucía CUITIÑO	
Exploración geofísica			Juan C. PARRA(SERNAGEOMIN) Manuel ARANCIBIA(id)
Sondeo		Carlos PORTIGLIATI	Carlos PORTIGLIATI

Capítulo 2 Trabajos anteriores

Los mapas geológicos a escala 1:1.000.000 y 1:250.000 se han publicados por SERNAGEOMIN como los siguientes:

- ① Escala 1:1.000.000 : Mapa Geológico de Chile, Hoja N° 2
(24° 00' - 30° 30'), Servicio Nacional de Geología y Minería, 1982
- ② Escala 1:250.000 : Mapa Geológico de la II Región, Proyecto Complemento Mapa Metalogénico II Región, CORFO-SERNAGEOMIN, 1983

Los datos metalogénicos se presentan los siguientes:

- ① Escala 1:250.000 : Mapa de Yacimientos Metalicos de la II Región, Proyecto Complemento Mapa Metalogénico II Región
- ② Complemento Mapa Metalogénico II Región, Texto Resumido, CORFO, 1984
- ③ Complemento Mapa Metalogénico II Región, Tomo II, X, CORFO, 1984
- ④ Geología y Metalogénesis de la II Región de Antofagasta, Norte de Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería
- ⑤ Proyecto Oro Sur Antofagasta, Secretaria Regional de Planificación y Coordinación Segunda Región, 1979

Estos datos mencionados anteriormente están en revisión y actualmente el sector sur del área estudiada se ha republicado como siguiente:

"Carta geológica de Chile , Hojas Taltal y Chañaral, Servicio Nacional de Geología y Minería, 1984"

En algunos yacimientos se han realizados levantamientos geológicos, geoquímicos, geofísicos y exploración mediante sondajes. Sin embargo la mayoría de estos datos no ha publicada.

Los datos obtenidos son los siguientes:

- Area A : Nibalco Rojas, 1972 ; Informe Geológico, Minas Montecristo, Abundancia y Santa Rosa, Distrito Minero de Paposo, Provincia de Antofagasta.
- Area B : Empresa Nacional de Minería, Chile , 1980 ; Estudio Geológico, Geoquímico, Geofísico y Evaluación de Recurso del Distrito Argentífero Cachinal, II Región.

Capítulo 3 Marco geológico

En el área se reconocen rocas pre-silúricas a cuaternarias.

Los terrenos Paleozoicos comprenden rocas metamórficas de origen sedimentario marino y continental de edad silúrica a devónica, y granitoides de edad carbonífera a triásica, que se distribuyen en la Cordillera de la Costa y Pre-Cordillera de Los Andes (Cordillera de Domeyko).

Los terrenos Mesozoicos están constituidos por rocas sedimentarias marinas y continentales, rocas volcánicas andesíticas y basálticas y granitoides, que se distribuyen en las cordilleras ya mencionadas.

Los terrenos Cenozoicos están constituidos por rocas volcánicas del Oligoceno -Eoceno, y el sistema cuaternario que se distribuyen principalmente en la zona de la Depresión Central.

En Terciario la actividad volcánica de composición félsica se puso activa. El sistema cuaternario está constituido por depósitos aluviales, coluviales y evaporíticos de materias primas de salitre.

Las estructuras principales del área tienen orientación norte-sur, ya sean falla, ejes de pliegues, estratificación.

Los plegamientos afectan a las rocas pre-terciarias; las rocas más jóvenes sólo están ligeramente afectadas por pliegues.

La mayor densidad de fallas se desarrolla en rocas paleozoicas y mesozoicas. El sistema más importante de fallas tiene orientación norte-sur, siendo la mayor de ellas la "zona de falla de Atacama", que atraviesa la Cordillera de la Costa y controla gran parte de la mineralización del área.

En el área estudiada existen una gran cantidad de yacimientos metalíferos de tipo vetiforme, estratoligados stockwork, y diseminados. Los principales son los dos primeros. Además existen zonas de alteración hidrotermal con cuarzo y óxidos de fierro. Los metales principales son oro, plata y cobre; como metales subordinados plomo, zinc, manganeso, hierro, molibdeno, níquel y cobalto.

Los yacimientos metalíferos se distribuyen en dos franjas de elongación norte-sur:

- una franja oeste, ubicada a lo largo de la Cordillera de la Costa, con yacimientos vetiformes de oro, cobre y plata y

estratoligados de cobre , genéticamente relacionados con granitoides de edad jurásica .

- una franja este ubicada en la parte más oriental de la Depresión Central, con yacimientos vetiforme de oro, plata y plomo, relacionados intimamente con la actividad volcánica del Cretácico Superior - Terciario Inferior. Las zonas de alteración hidrotermal también se ubican en esta franja.

La densidad de distribución de yacimientos en la franja oeste es mucho mayor que en la franja este.

En el área del proyecto existen unos 60 yacimientos metálicos conocidos y unos 90 incluyendo los sectores cercanos del área. De ellos sólo unos 10 de oro y plata están actualmente en producción.

Capitulo 4 Generalidades del área de trabajo

4.1. Ubicación y acceso.

El área del proyecto se ubica entre 50 y 300 km. al sur de Antofagasta, capital de la II Región Administrativa de Chile .

El área está atravesada de norte a sur por la Carretera Panamericana, que es principal vía de acceso. Existe además una red, poco densa, de caminos secundarios de tierra . Sin embargo, las características desérticas del terreno y el suave relieve de casi toda el área permiten recorrerla en vehículo de doble tracción en toda extensión.

Desde Antofagasta hasta el extremo sur del área se emplea un tiempo de 4 horas a través de la Carretera Panamericana .

Los medios de transporte regulares existentes en el área son solamente ferrocarril (carga) y buses (carga liviana y pasajeros). Los buses entre Antofagasta y Taltal tienen una frecuencia de 2-4 viajes diarios.

4.2. Ambiente geográfico y población

4.2.1. Fisiografía.

En el área del proyecto se distinguen 3 rasgos fisiográficos principales elongados en dirección norte-sur, que de oeste a este son: Cordillera de la Costa, Depresión Central y Pre-Cordillera de Los Andes.

La altura máxima de la Cordillera de la Costa es de 3.114 m.

s.n.m., y su topografía es muy abrupta, descendiendo suavemente hacia el este.

La Depresión Central corresponde a una gran planicie de depositos aluviales y evaporíticos; su altura promedio es de 1.000 m., con suave inclinación hacia el oeste .

La Pre-Cordillera de Los Andes corresponde al borde de La Cordillera de los Andes , con altura promedio de 3.400 m. (Sierra de Argomedo), mostrando rasgos característicos de un relieve maduro.

4.2.2. Clima y vegetación.

Esta área corresponde a una parte del Desierto de Atacama , una de las zonas más secas del mundo . En el sector costero la precipitación anual alcanza a 25 mm; en el resto del área sólo llega a 10 mm.

La temperatura promedio diurna en la zona de Depresión Central es de 18 $^{\circ}$ C; en la parte este del área es de 10-16 $^{\circ}$ C, y en la zona costera es de 16-17 $^{\circ}$ C. En la parte este , la temperatura nocturna en invierno alcanza a 5-10 $^{\circ}$ C bajo cero. En la parte oeste, raramente desciende bajo cero durante la noche.

En la mayor parte del área la vegetación está ausente , salvo en la zona costera y en pequeños oasis.

En la zona costera es habitual la presencia de niebla matutina y nocturna , lo que permite el desarrollo de alguna vegetación de tipo cactácea.

4.2.3. Población e industria

La población más grande del área corresponde a la ciudad de Taltal (10.000 habitantes), ubicada en el sector suroeste. Esta ciudad posee un puerto pesquero y una planta de concentración de minerales de propiedad de ENAMI (Empresa Nacional de Minería).

En el resto del área la población se localiza en pequeñas caletas pesqueras o en campamentos mineros .

La actividad industrial consiste fundamentalmente en faenas mineras y pesca artesanal . En la zona de la Depresión Central existen numerosos depósitos de salitre , sulfatos y bórax abandonados .

Debido a la escasez de población , todos los recursos de mano de obra y materiales solo pueden ser conseguidos en la ciudad de Antofagasta . Agua potable y gasolina sólo están disponibles en

Taltal y Aguas Verde.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones para el futuro

5.1. Conclusiones

Los estudios básicos sobre la exploración de recursos minerales del área al sur de Antofagasta se realizaron durante 3 años y de ellos se concluye lo siguiente:

1) El trabajo inició con la compilación de antecedentes, se efectuaron las labores de terreno en 26 áreas y además se realizó una campaña de exploración mediante sondajes para 3 de esas áreas y en otras dos áreas; Área B y Área N° 22-23, se prosiguieron los trabajos hasta la tercera fase. Las conclusiones del trabajo en estas áreas son las siguientes:

Área B

- ① Se considera poco probable una larga prolongación horizontal de las vetas principales.
- ② Se considera que hay la posibilidad de encontrar vetas nuevas de gran dimensión.
- ③ Quedan partes ricas en plata en las vetas pequeñas.

Área N° 22-23

- ① Hay poca posibilidad de encontrar un yacimiento nuevo de dimensión similar a las de los yacimientos de Unión Atahualpa en el sector entre mina Unión y Atahualpa.
 - ② A pesar de que existieran yacimientos nuevos estos habrían sido erosionados en su parte superior.
- 2) Las siguientes áreas se enumeran como blanco de exploración para el futuro:

- ① Área A, se realizó un estudio en terreno solo en su primera fase por el problema de la propiedad minera. Sin embargo en esta área se presentan varias vetas con alta ley de cobre y dimensión mayor, por lo tanto se puede esperar un aumento de reserva de mineral con futuras exploraciones.
- ② Las vetas de oro que se presentan en las áreas Nos. 11, 12 y 14 y las vetas de plata que se presentan en el Área N° 21 tienen pequeña dimensión, por lo cual ellas tenían baja prioridad de estudio y quedaron fuera de estudio en detalle.

Sin embargo estas vetas tienen localmente partes ricas con

leyes de unos 30g/t de Au, correspondiente a vetas de oro y superior a 1000g/t de Ag, correspondiente a vetas de plata, con una gran cantidad de mineral en la veta. En consecuencia, podrían ser consideradas minas de pequeña producción a través exploraciones detalladas en el futuro.

① Las alteraciones hidrotermales de composición ácida que se presentan en las áreas Nos. 1, 4 y 7 están relacionadas íntimamente con la actividad volcánica de composición félsica, y son similares geológicamente a las que se encuentran en el yacimiento el Guanaco (tipo Nansatu).

Estas alteraciones hidrotermales no tendrían contenido económico de oro, sin embargo en otras áreas hay posibilidad encontrar alteración hidrotermal, de tipo el Guanaco, con contenido económico de oro.

5.2. Recomendaciones para el futuro

Se recomiendan efectuar estudios adicionales en las siguientes áreas:

- ① Efectuar una exploración mediante sondajes en el sector norte del área A para reconocer la prolongación de las vetas conocidas y vetas nuevas paralelas a las actualmente conocidas.
- ② Encontrar una nueva alteración hidrotermal de tipo ácido, relacionada con actividad volcánica del Terciario.
- ③ Efectuar estudios en detalle y/o exploración mediante sondajes para las áreas B, Nos. 11, 12, 14 y 21 donde se presentan las vetas con alta ley de oro y/o plata.

PARTE II COMPILACION DE
ANTECEDENTES Y SELECCION
DE AREAS ESPECIFICAS

Capítulo 1. Compilación de antecedentes

1.1. Método de compilación .

Se usó principalmente antecedentes disponibles en Japón (MMAJ y Geological Survey of Japan), y en Chile (SERNAGEOMIN) tales como mapas metalogénicos, informes inéditos, y publicaciones ,etc.

El mapa de compilación se presenta en la Fig.]-1. Se utilizó como base el mapa geológico a escala 1:250.000 de Boric, Díaz y Maksaev (1984) y sobre el se plotearon los yacimientos metálicos (Cu,Au,Ag,Mn,Fe,Pb,Ni-Co) conocidos en el área.

Se resume las características geológicas y de los yacimientos metálicos del área como los siguientes :

1.2. Geología.

La geología del área del proyecto se puede diferenciar en 3 grandes franjas, coincidentes con la subdivisión fisiográfica indicada anteriormente (ver Figs.]-1 y]-2).

1) Franja de la Cordillera de la Costa .

Está constituida principalmente por rocas granitoides del Paleozoico y Mesozoicos, y rocas sedimentarias de diversas edades , de distribución muy restringida.

El Conozoico está representado solamente por gravas polimícticas del Oligoceno superior - Mioceno y depósitos no consolidados del Plioceno - Cuaternario.

Las rocas estratificadas de más antiguas a más jóvenes corresponden a :

- rocas metamórficas pre-silúrico
- rocas con menor grado de metamorfismo , de origen sedimentario marino y continental , de edad Silúrico-Devónico
- rocas sedimentarias y volcánicas continentales del Triásico superior
- rocas sedimentarias marinas y/o continentales y rocas volcánicas , principalmente andesíticas del Jurásico y del Cretácico.

La intrusión de granitoides comenzó en el Paleozoico superior, alcanzando su máxima expresión en el Jurásico y el Cretácico,

Período	Columna	Litología	Actividad ignea					Mineralización
			Rh-Dq	And	Bas	Gr		
Cuaternario		Aluvio y coluvio						
Terciario		Riolita (lava, roca piroclástica) Dacita (" ") Andesita (" ") Arenisca tobacea Rocas intrusivas (Diorita, Granodiorita, Andesita, Dacita, pórfido dacítico y cuarífero)					① ④ ⑦ ⑧ ⑨ ⑫	
Cretácico		Dacite ~ Riolita (lava, roca piroclástica, toba soldada) Andesite (lava, roca piroclástica, arenisca tobacea) Rocas intrusivas (Granodiorita, Diorita, Pórfido cuarífero y andesítico, Aplita, dique basáltico)					⑧ ⑫ ⑬ ② ③ ⑪ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	
Jurásico		Andesita básica (lava, roca piroclástica) Lavas andesítico y basáltico Roca sedimentaria marina (lutita, chert arenisca, toba, caliza) Rocas intrusivas (Granodiorita, Diorita, Aplita, Dique) Basáltico					⑮ ⑯ ? ⑧ ⑩ ⑫ ⑬ ⑰ ⑱	
Triásico		Andesita (lava, roca piroclástica)						
Triásico } Permico		Lava riolítico y dacítico Andesita (lava, toba brechosa) Arenisca tobacea, chert Rocas intrusivas (Granodiorita, Diorita, Pórfido riolítico) Granito					⑥	
Carbonífero } Silu-Ordovícico		Meta-sedimentos filita pelítica y/o psammitica filito (verdosa, cornea, cuarcita, lutita, arenisca) Meta-volcanitas (lava basáltica, toba básica) Roca intrusiva (Granodiorita, Aplita, Dique, Basáltico)						

LEYENDA

	Dique dacítico		Roca basáltica		Toba y/o toba de lapilli
	" andesítico		" andesítica		Toba brechosa
	" basáltico		" dacítica		Lutita
	" aplítico		" riolítica		Arenisca
	pórfido cuarífero				Caliza

Tg : Granitoides terciarios, KTg : Granitoides terciarios o cretácicos, JKg : Granitoides cretácicos o jurásicos, Jg : Granitoides jurásicos, Pg : Granitoides paleozoicos

① : Numero de área

⑥ : El Guanaco

Fig. 1 -2 Columna geológica generalizada del área al sur de Antofagasta

continuando hasta el Terciario inferior . Todas estos granitoides pertenecen a la serie calcoalcalina , variando su composición desde diorita a granito.

Según Ishihara (1974) estos granitoides se caracterizan por los siguientes :

- Granitoides del Paleozoico superior corresponden a la serie de la Ilmenita , con grado bajo de susceptibilidad magnética (ver Fig. I-3). Tienen también alto contenido de elementos trazos Pb y Zn , y bajo contenido de Cu.

- Granitoides del Mesozoico y más jóvenes , corresponden a la serie de la Magnetita , aumentando susceptibilidad magnética de oeste a este . Tienen alto contenido de Cu y Zn y bajo contenido de Pb (ver Fig. I-4).

2) Franja de Depresión Central.

En esta franja se distribuye ampliamente el Terciario y Cuaternario, sobre un basamento de rocas sedimentarias marinas del Jurásico y granitoides paleozoicos .

También se presentan rocas volcánicas cretácicas pero con menor desarrollo .

Las rocas terciarias corresponden principalmente a efusivos del Terciario inferior con intercalaciones de rocas sedimentarias continentales . La actividad volcánica del Terciario inferior presenta un predominio inicial de carácter andesítico, variando posteriormente a dacítico.

Las rocas cuaternarias principales son depósitos no consolidados aluviales, coluviales y evaporíticos.

Las rocas intrusivas corresponden a granitoides y rocas subvolcánicas del Terciario, junto con escasos granitoides paleozoicos o cretácicos.

3) Franja de Pre-Cordillera de Los Andes

Esta zona está constituida principalmente por rocas volcánicas y granitoides del Paleozoico y rocas sedimentarias marinas del Jurásico , predominante calizas y lutitas negras. Con distribución más restringida se presentan rocas sedimentarias continentales y rocas volcánicas del Cretácico , y granitoides del Cretácico superior-Terciario inferior.

Estructura

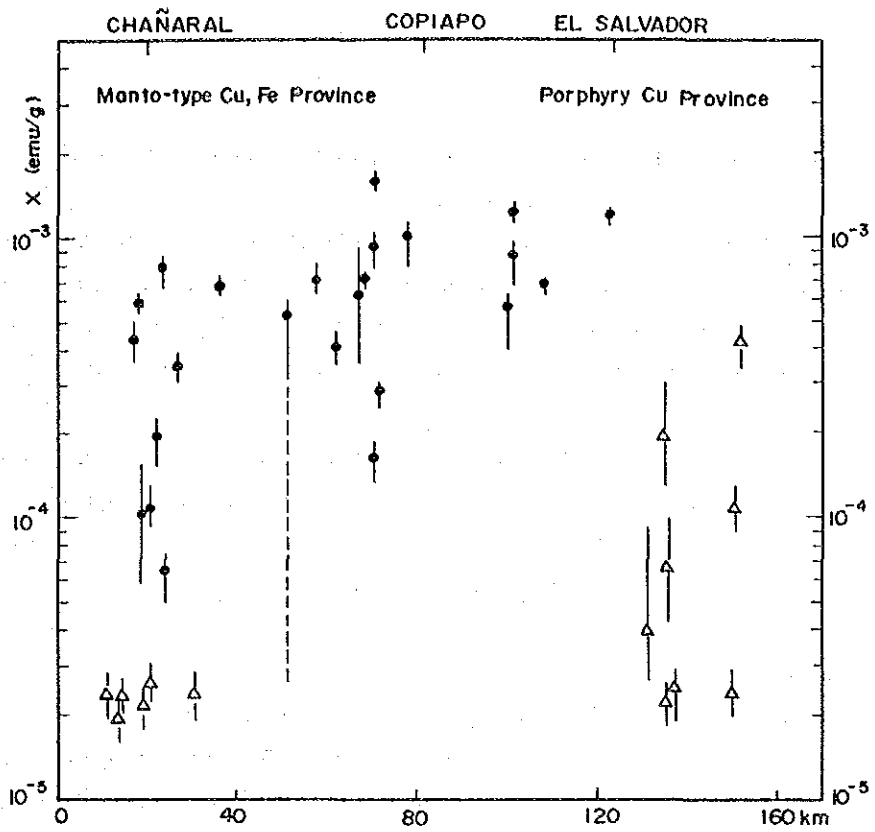


Fig. 1 -3 Lateral variation of magmatic susceptibility of plutonic rocks at the Chañaral transect

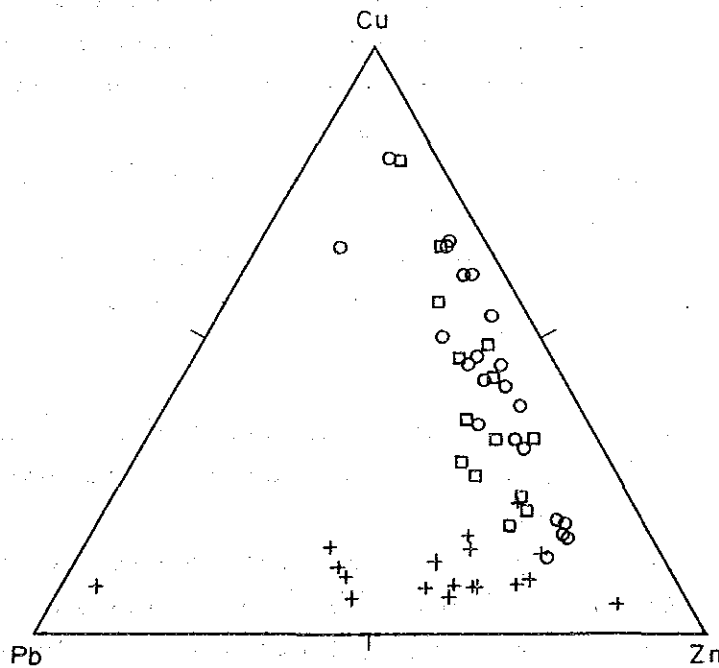


Fig. 1 -4 Cu-Pb-Zn diagram for the Chilean granitoides

En el área del proyecto predominan las estructuras de rumbo norte - sur (fallas , pliegues, etc.).

El plegamiento afecta fundamentalmente a los sistemas pre - terciarios . En las rocas metamórficas paleozoicas, se presentan estructuras de acordeón. En rocas jurásicas o cretácicas se presentan plegamientos de forma ondulada, con gran longitud de onda .

Las fallas afectan fundamentalmente a terrenos paleozoicos y mesozoicos. Una de ellas , la falla de Atacama , que atraviesa la Cordillera de la Costa , es la más importante , con un ancho máximo de 5.5 km. y 800 km. de largo.

1.3. Yacimientos.

En el área estudiada se presentan yacimientos tipo vetiforme , estratoligado, stockworks-diseminados. De ellos, predomina el tipo vetiforme . Además existen zonas de alteración hidrotermal con cuarzo y óxido de hierro.

Los metales principales son oro , plata y cobre con pequeña cantidad de plomo , zinc , manganeso, hierro , níquel, cobalto (ver Fig. I-5).

Los yacimientos se distribuyen en 2 franjas principales, una franja este y una franja oeste. La franja oeste está ubicada en la Cordillera de la Costa ; sus principales metales son oro - cobre - (plata) de tipo vetiforme y cobre de tipo estratoligado.

La franja este se distribuye desde la zona de la Depresión Central hasta la Pre-Cordillera de Los Andes. Se presentan yacimientos principalmente de tipo vetiforme de oro, plata (plomo) y zonas de alteración hidrotermal.

En la misma franja este, pero fuera del área estudiada, se presentan yacimientos de tipo pórfido cuprífero.

1) Franja oeste.

Yacimientos de oro : Son de tipo vetiforme, principalmente, y excepcionalmente existe en yacimientos de tipo estratoligados (yacimiento Mantos Overos).

La mayoría de los yacimientos vetiformes se presentan en granitoides a dioritas del Jurásico superior al Cretácico, localmente en andesitas del Cretácico . Generalmente los yacimientos oro se presentan también minerales de cobre , localizándose el oro en las partes superiores y el cobre en las

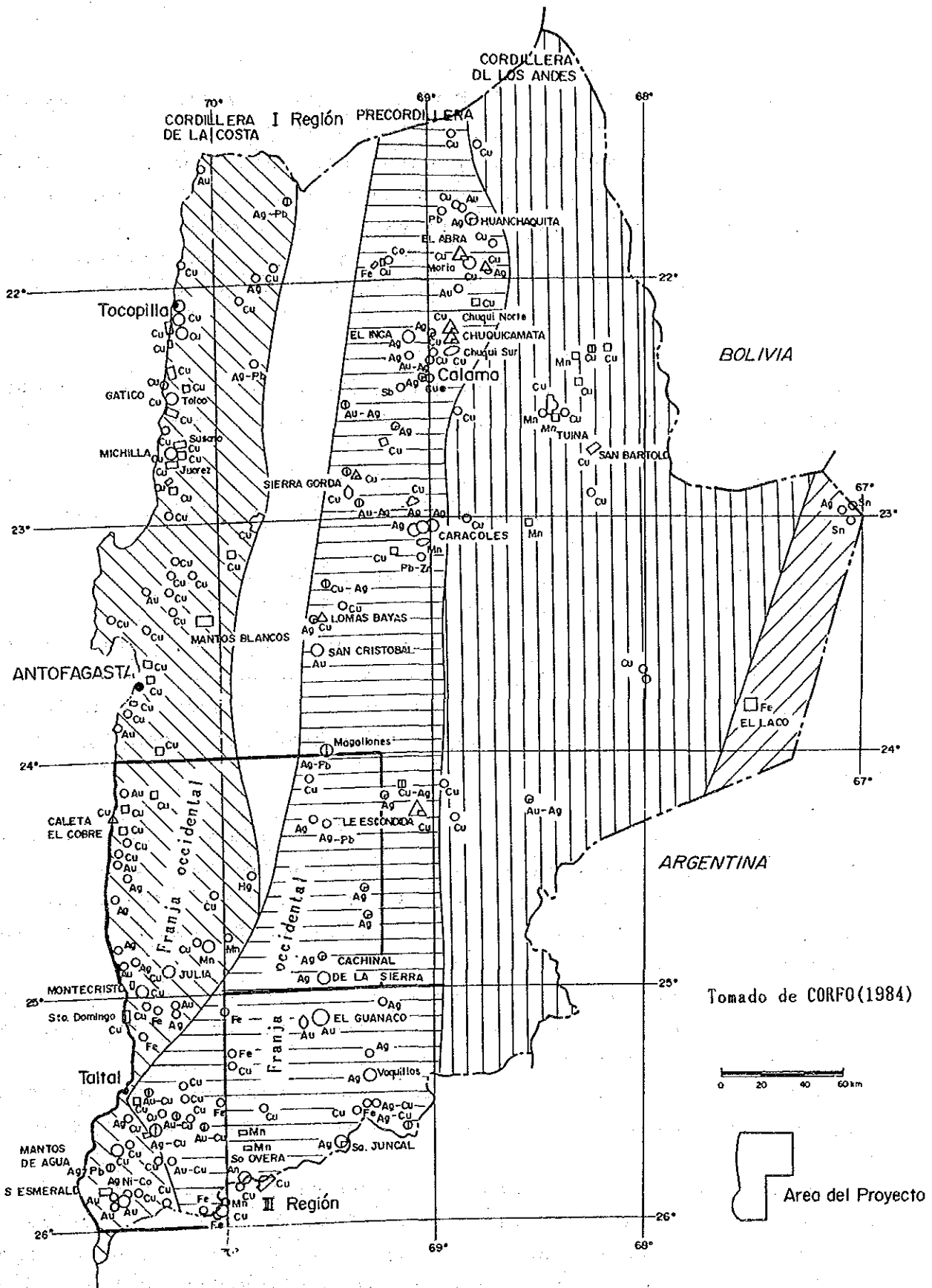


Fig. II - 5 Yacimientos metálicos, II Región

partes inferiores del yacimiento. En algunos yacimientos existe plata como mineral acompañante, en proporción 1:1 a 1:5.

Las dimensiones de los yacimientos son generalmente pequeñas, con 100 - 300 m de corrida y 50 m. de profundidad (la mayoría de los yacimientos paralizan al llegar a la zona de cobre). La potencia de las vetas varía entre 0.20 y 1.0m., con promedio 0.50 m. La ley promedio es de 8 - 10 g/t, rara vez excediendo los 50 g/t.

Yacimientos de plata : Todos los yacimientos de plata de esta franja son de tipo vetiforme, con combinación de oro - plata - cobre.

La roca encajadora es similar a la de los yacimientos de oro; raramente se encuentra en rocas metamórficas y granitoides del Paleozoico.

En la mayoría de los yacimientos se presentan una zona superior de plata y una inferior de cobre .

Las dimensiones de los yacimientos son similares a las de los yacimientos de oro. Excepcionalmente alcanzan a 2.000 m. de corrida, más de 100 m. de profundidad. La potencia promedio es 0.5 m. La ley de plata varía entre 200-500 g/t, con 1g/t Au y 0.3-4.0% Cu.

Yacimientos de cobre : Los yacimientos de esta franja son de tipo vetiforme, estratoligados , stockwork-diseminaciones.

Los tipos vetiformes presentan combinaciones de cobre , cobre - oro, plata- oro- cobre. Los otros tipos de yacimientos son solamente de cobre.

Las rocas huéspedes son rocas jurásicas a cretácicas, sin embargo, el tipo estratoligado se presenta en rocas efusivas andesíticas del Jurásico.

En todos los tipos de yacimientos de cobre existen una zona superior de óxidos, una intermedia mixta y una zona inferior de sulfuros.

Las dimensiones varían según el tipo de yacimientos , pero en general el tipo vetiforme tiene 100-300 m. de corrida , 50-150 m. de profundidad con 1 m.de potencia; el tipo estratoligado tiene 100-500 m.de corrida, 10 - 120 m. de profundidad, 0,1-5,0 m.de potencia; el tipo stockwork-diseminado tiene 100-300 m.de corrida, 100 m.de profundidad, 20-100 m.de potencia.

Las leyes también varían según el tipo de yacimiento :

- Tipo vetiforme (oro-cobre o plata-cobre) : las leyes de Ag/Au son altas en la parte superior del yacimiento y las leyes de Cu son altas en la parte inferior (~2%). Excepcionalmente este tipo en forma masiva alcanzan a 3-4 % Cu.

- Tipo estratoligado : la ley es generalmente < 2 % Cu y no está acompañado por otros metales útiles.

- Tipo stockwork-diseminación : debido a su escaso número, se carece de datos sobre dimensiones y leyes . Sólo se tienen datos de un yacimiento (yac. Poderos) con ley de 2.8% de Cu, que correspondería a la zona de enriquecimiento secundario.

2) Franja este.

Yacimientos de oro : Los yacimientos de oro de esta franja son todos de tipo vetiforme. Se distribuyen sólo en la zona de la Depresión Central, no se reconocen en la zona de la Pre-Cordillera de Los Andes.

En su mayoría se presentan acompañados por minerales de cobre, como en la franja oeste, con la misma zonación vertical : zona de oro en la parte superior del yacimiento y zona de cobre en la inferior.

Las rocas huespedes son principalmente efusivos andesíticos del Cretácico superior a Terciario inferior.

Las dimensiones son generalmente pequeñas con excepción del yacimiento El Guanaco, con 100 m. de corrida , 50 m. de profundidad y 0.5 m. de potencia promedio.

La ley de oro en general es de 5-10 g/t, raramente >100 g/t , como en El Guanaco. En los yacimientos de oro la ley de plata es de aproximadamente 10 g/t.

Yacimientos de plata : Los yacimientos de plata de esta franja son de tipo vetiforme . Se distribuyen principalmente en la zona de la Depresión Central, algunos en la Pre-Cordillera de Los Andes.

Se diferencian de los yacimientos de plata de la franja oeste en que siempre los minerales de plata van acompañado por plomo y zinc. La combinación Ag-Pb-Zn continua por más de 100 km. en dirección norte - sur. Los yacimientos de la franja oeste cambian en profundidad a zona de cobre , sin embargo, en esta franja los yacimientos tienen muy poco cobre.

Las dimensiones de los yacimientos de la franja este son mayores que las de la franja oeste, con corridas promedio de 500 m. (algunas con más de 2.000 m. como Cachinal de la Sierra).

La profundidad promedio es de 100 m., y la potencia 0,5-2,0 m.

Las leyes promedias son < 1g/t Au, 200-500 g/t Ag , 5-7% Pb+Zn, < 1% Cu.

Zonas de alteración hidrotermal : Exclusivamente esta franja se presentan zonas de alteración hidrotermal, en rocas efusivas andesíticas- dacíticas del Cretácico superior al Terciario inferior.

Se distribuyen especialmente en la zona de la Depresión Central.

La alteración es de tipo ácido, con cuarzo y óxido de hierro, en forma de stockwork. Sin embargo concentración de metales básicos útiles no se conocen todavía con excepción de la zona de alteración del yacimiento El Guanaco y de la zona del Cerro Inesperado.

Las dimensiones de estas zonas de alteración son de 3x3 km. en promedio.

Capitulo 2. Interpretación de Imagenes LANDSAT

2.1. Datos usados y metodos de análisis.

En este análisis se utilizó 2 imágenes de el barredor de multi-espectral (Multi Spectral Scanner) de Landsat 1, imagenes en falso color y blanco y negro de 7 bandas , a escala 1:250.000.

Utilizando metodos convencionales de interpretación se detectó principalmente lineamientos.

2.2. Resultados del análisis.

Los lineamientos detectados en este análisis se presentan en la Fig. 1-6.

En el área se presentan más de 600 lineamientos, concentrándose en la parte oeste, donde afloran granitoides. En la parte este, se concentra sólo el 1% de los lineamientos.

La orientación dominante de los lineamientos es un sistema N 15°W- N 35°W con un 20% del total ; en segundo lugar un sistema N 5°E- N 15°W (9 %) y un sistema N 5°E-N 15°E (9%).

Hay una total relación entre los liniamentos y la distribución

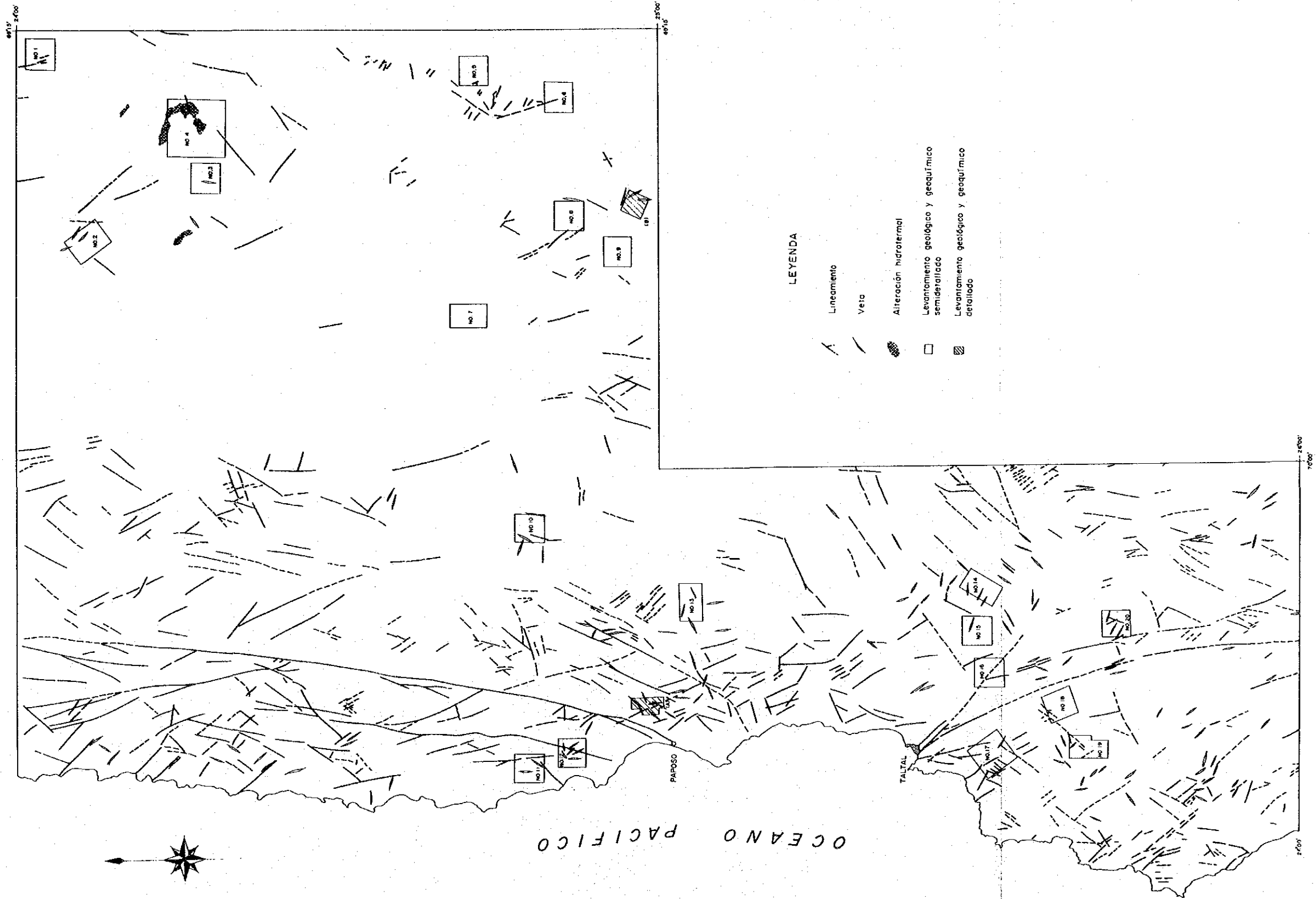
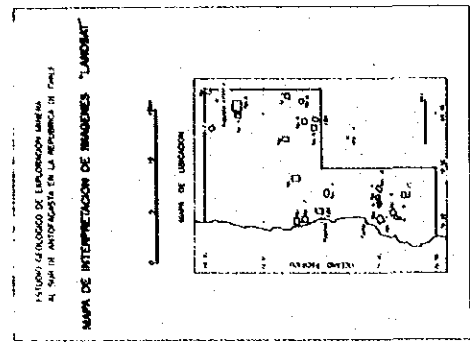


Fig. I -6 Mapa de interpretación de Imagen "LANDSAT"

de los yacimientos vetiformes, por lo tanto, en el sector oeste la potencialidad de yacimientos vetiformes es mucho mayor que en el sector este.

La longitud de los liniamentos es de mayor en el sector este, por lo tanto, se puede pensar que la corrida de las vetas es mayor que en el sector oeste.

Capítulo 3. Selección de áreas específicas.

En la primera fase se pre-seleccionó 33 áreas en base a la compilación de antecedentes y análisis Landsat y se adicionó 4 áreas en base al trabajo de terreno de esta 1a. fase.

Finalmente se seleccionó 26 áreas para hacer levantamiento geológico. Considerando las siguientes condiciones :

- ① se eliminó las áreas con pertenencias mineras de extranjeros ó grandes compañías chilenas.
- ② se consideró como principal objetivo áreas con posibilidades de contener oro, plata, y cobre, evitando aquellas que podrían contener sólo cobre.
- ③ se eligió preferentemente áreas con alta densidad de fracturas
- ④ se dió alta prioridad a las zonas de alteración hidrotermal con expectativas de contener yacimientos de oro de tamaño grande.

Las áreas seleccionadas se indican en la Fig.1.

PARTE III RESULTADOS GLOBALES
DEL PROYECTO

Capítulo 1. Area No. 22-23

1.1. Geología y yacimientos

1.1.1. Geología

La parte central de esta área está afectada por una estructura de carácter regional que corresponde a la falla de Atacama, que tiene allí una potencia aproximada de 5,5km, y cuyo rumbo es NNW-SSE. Paralelamente a esta falla se distribuyen de este a oeste las siguientes unidades cronológicas : cuarcita del Paleozoico; en la zona de falla, andesita y rocas sedimentarias marinas del Cretácico y al oeste, andesitas del Jurásico.

Cerca del borde de la falla, afloran paralelamente a ella, rocas intrusivas de composición comprendida entre roca máfica y roca félsica.

La unidad paleozoica está constituida exclusivamente por cuarcita de color pardo rojizo y corresponde a la Formación Las Tortolas (Ulriksen, 1979). La roca original tiene una edad ordovicica-devonica (Naranjo y Puig, 1984). El espesor de esta unidad es de aproximadamente 500m.

La unidad jurásica está formada exclusivamente por lavas andesíticas con intercalaciones de rocas piroclásticas andesíticas cuyo espesor alcanza en total a 2000m, y corresponde a la Formación La Negra (García, 1967).

La unidad cretácica se divide en sub-unidad inferior y sub-unidad superior. La primera está formada por rocas sedimentarias marinas, consistidas principalmente por areniscas rojas, conglomerados rojos, y calizas fosilíferas. La segunda está formada por rocas efusivas andesíticas (lavas y rocas piroclásticas). Esta unidad corresponde a la Formación Aeropuerto (Ulriksen, 1979). La edad de esta unidad es Cretácico inferior (Naranjo y Puig, 1984). Su espesor es de 1400m.

Estos dos sub-unidades están localmente interdigitadas. Las calizas, las tobas andesíticas de lapilli y las tobas arenosas contienen abundantes faunas fósiles de ostras que vivían en la zona litoral. De acuerdo a esto se supone que la sub-unidad inferior se depositó en una zona litoral. No se conoce la relación entre las unidades jurásica y cretácica debido a la presencia de una falla a lo largo del contacto entre ambas unidades. Sin embargo, según Naranjo y Puig (1984) las dos unidades son concordantes.

La unidad cuaternaria corresponde a sedimentos aluviales, fluviales y coluviales, constituida por gravas polimícticas no consolidadas, con una distribución muy amplia en el área estudiada. Los clastos y la matriz son de granitoides que fueron trasladados desde unos 10km al este. El espesor varía de 80 a 100m en el sector bajo de la quebrada del Pingo.

Las rocas intrusivas están constituidas por diorita, granodiorita, pórfido dacítico, dacita y basalto, de edad posterior al Cretácico inferior, siendo diorita más antigua y basalto más nuevo (ver Figs. I-1 y I-2).

1.1.2. Estructura

La falla de Atacama, que ejerce una influencia sobre todas las estructuras y líneas estructurales del área, sobre la actividad intrusiva y sobre la formación de yacimientos, atraviesa la Cordillera de la Costa del norte de Chile a lo largo de 800km, controlando las características geológicas regionales.

El movimiento de la falla comenzó en el Cretácico superior y se ha mantenido hasta la actualidad.

En el área, la falla de Atacama transcurre en dirección NNW-SSE con un ancho aproximado de 5,5km, poniendo en contacto ambientes geológicos diferentes a ambos lados de la estructura, aflorando en la parte externa rocas más antiguas; deduciéndose de ello que la parte exterior se ha elevado. Por otro lado, en el sector central de la falla, se desarrolla una falla inversa y una estructura en forma de casco de barco, que se habrían formado por un empuje ascendente relacionado con la compresión generada en la parte central del área por el hundimiento del bloque interno de la falla de Atacama. La unidad paleozoica que se distribuye en la parte exterior de la zona de falla, tiene un rumbo general de N-S con inclinación 30 a 40° S y presenta una suave pliegue.

La unidad jurásica tiene un rumbo de N50~70° E con inclinación de 0 a 30° S, siendo más suave hacia el norte (en el nivel estratigráfico más bajo) y más inclinada hacia el sur.

La estratificación de la unidad cretácica está generalmente elongada de dirección NNW-SSE con una inclinación suave hacia el este, pero localmente está desordenada en la cercanía de la falla.

En la zona de caliza se presenta una estructura de domo, y se supone que en el sector bajo de la quebrada de Pingo se

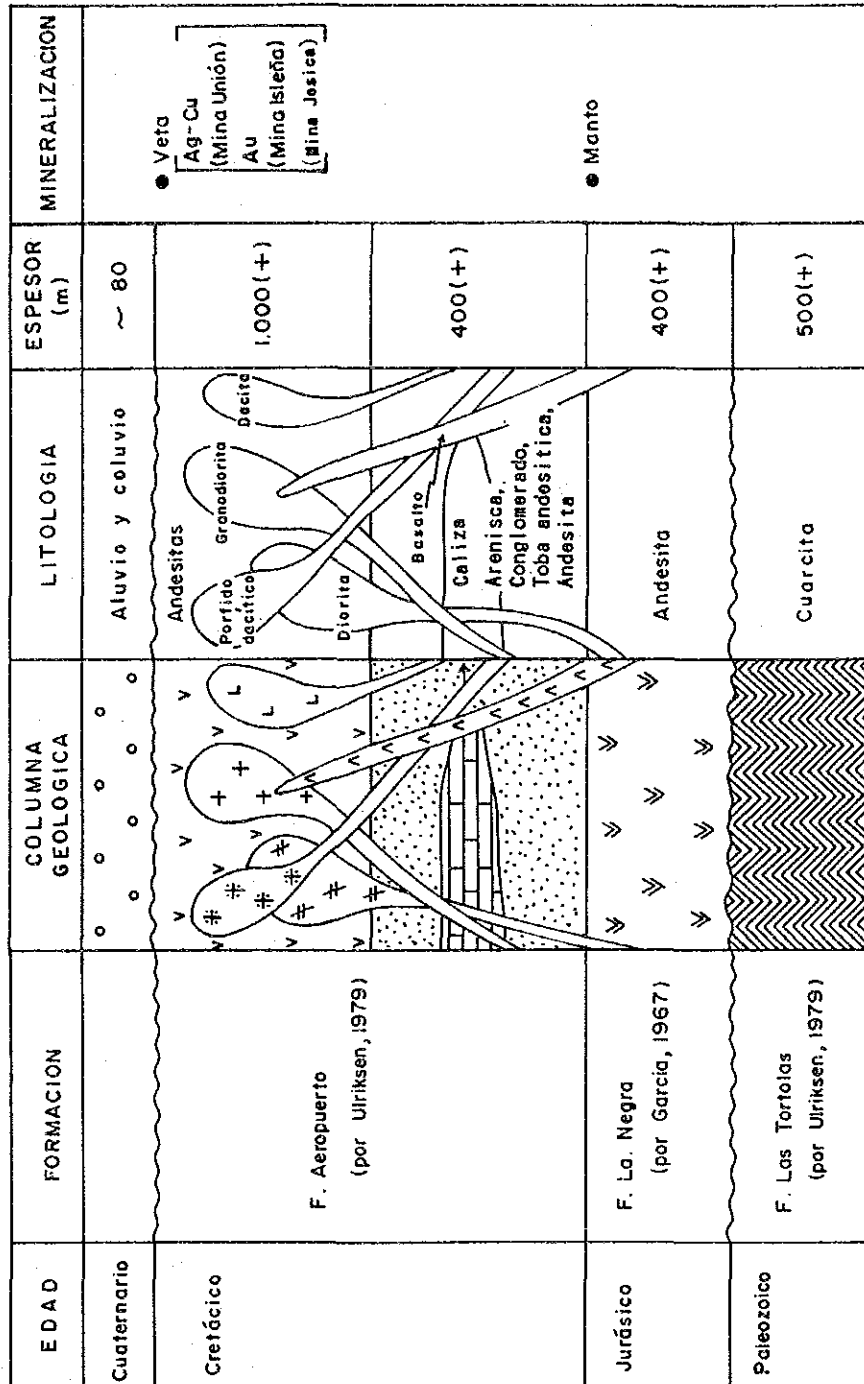


Fig. 1 - 1 Columna geológica generalizada del área No.22-23

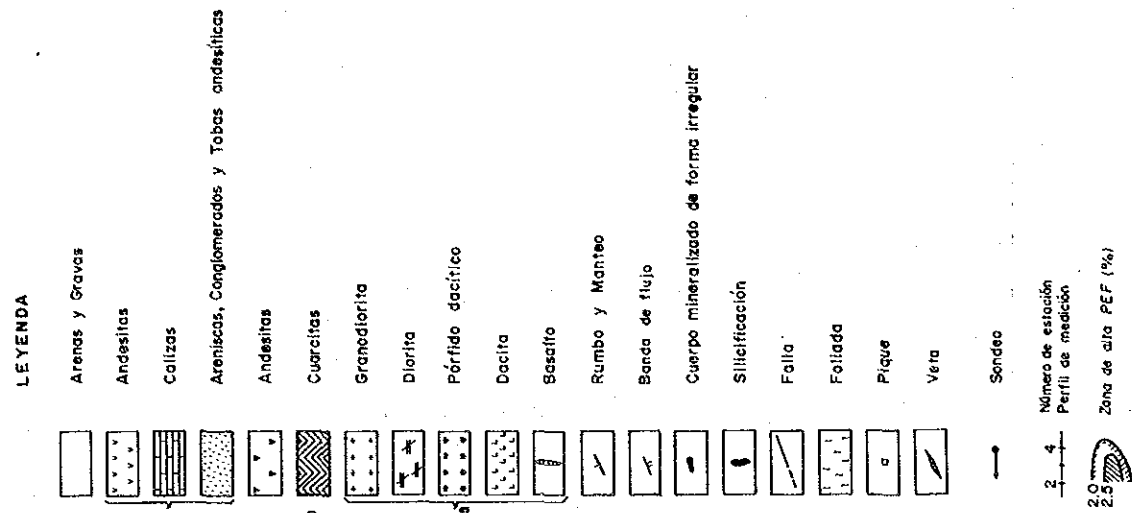
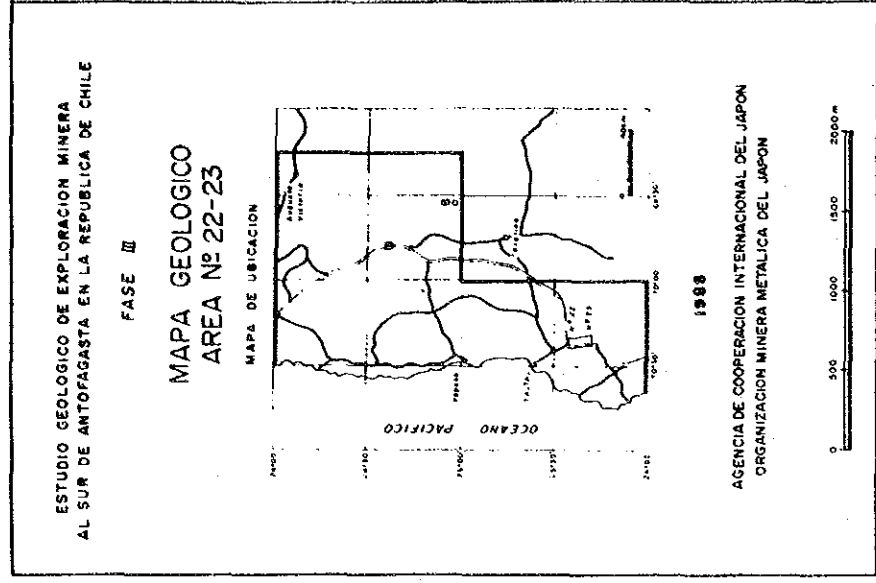
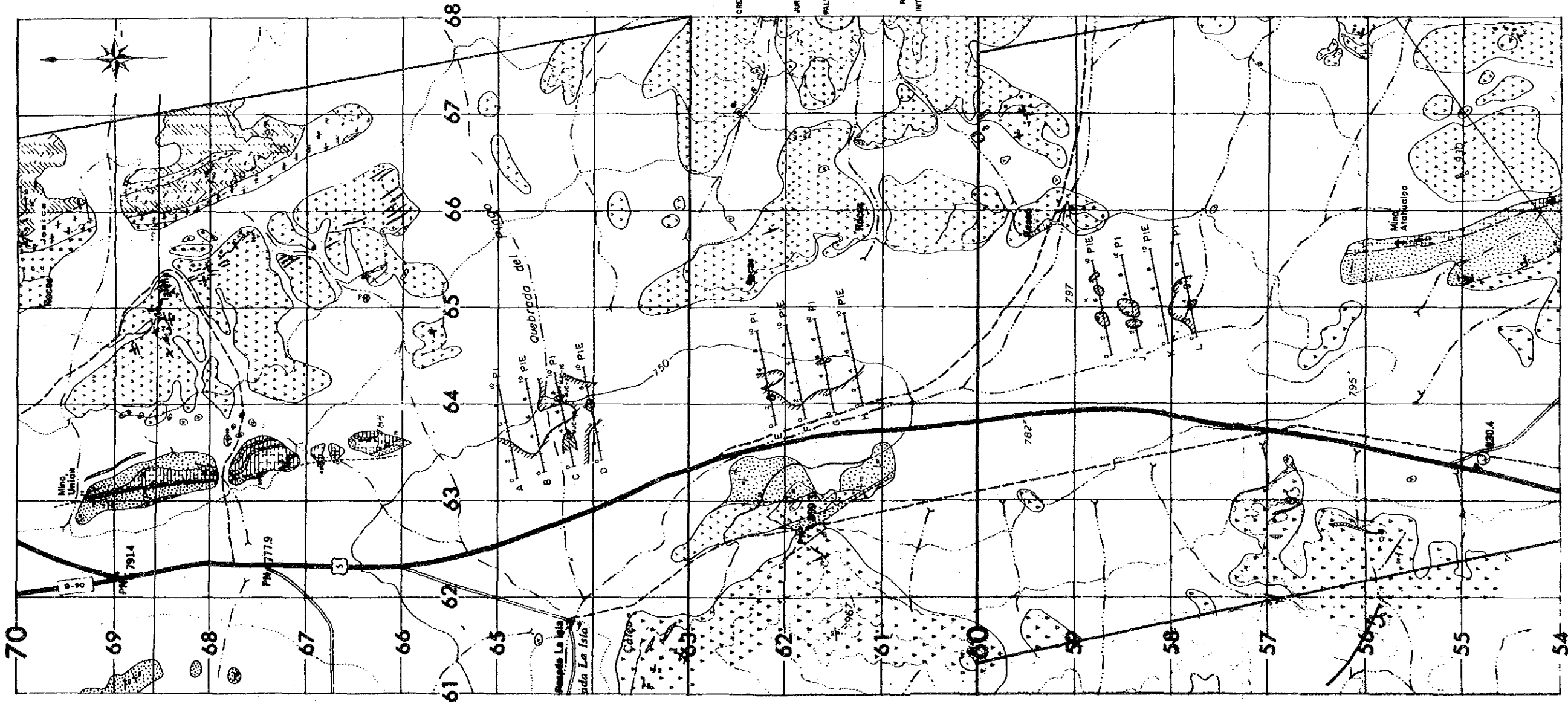


Fig. I -2 Mapa geológico, área No.22-23

presentaría un pliegue con suave ondulación

1.1.3. Yacimientos

En esta área existen numerosos yacimientos tanto de tipo vetiforme como diseminados en la falla de Atacama. Estos yacimientos se dividen en dos tipos según las asociaciones de minerales. Uno de ellos, representados por los yacimientos Unión y Atahualpa, es de plata-cobre-calcita, el otro, representado por el yacimiento Isleña es de oro-cobre-hematita.

El yacimiento Unión se dispone paralelamente a la falla inversa de dirección N15° W y buzamiento 70~80° E ubicada en el centro del área unos 20m al este de dicha falla, en una zona fuertemente fracturada. Parte del yacimiento es de carácter diseminado.

Este yacimiento se alojan en sub-unidad inferior del Cretácico. Las dimensiones del depósito determinadas en túneles y piques son de 440m de corrida y 130m de profundidad. La potencia medida de la veta es de entre 1 y 2m, pero la zona de diseminación encajada en caliza puede alcanzar hasta entre 15~40m.

Los principales minerales de mena son oxidado de cobre, cuprita(?), calcopirita, calcocina, sulfuros de plata, plata nativa, cobre nativo(?). Las gangas son principalmente calcita y hematita con cuarzo subordinado.

El depósito tiene una zonación de mineral de superficie hacia abajo como sigue : zonas de oxidación, de enriquecimiento secundario y primaria. Las leyes de plata son altas en las 2 primeras zonas.

Los resultados del análisis de algunas muestras son los siguientes :

Ubicación de muestras	Leyes						
	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	CuS (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
Niv. -100m, piq. 3.5	<20	150	2,80	0,36	154	52	0,80
Niv. -70m, piq. 3	<20	120	3,00	0,13	1,40%	0,15%	1,85
Niv. -70m, piq. 3	<20	110	2,80	0,43	0,33%	98	0,67
Niv. -50m, piq. 3	<20	0,21%	8,00	6,52	580	0,22%	0,04
Niv. -50m, piq. 3	<20	0,31%	7,22	6,58	560	300	0,03

El yacimiento Atahualpa está situado aproximadamente 12km al

sur del yacimiento Unión, siendo similar al yacimiento Unión. Este yacimiento estaría formado en la misma fractura del yacimiento Unión.

Las vetas de oro-cobre-hetatita se alojan en la sub-unidad superior del Cretácico, con corrida de 10m promedio, y con potencia de 0,2m en promedio. Los minerales principales son hematita, cuarzo y calcita con escasa cantidad de oxidado de cobre y calcopirita.

Las leyes de Au están comprendidas entre 5 y 8g/t, raramente con 30g/t de Au. Las minas Jessica y Jackie corresponden a este tipo de yacimiento.

1.2. Estudio geofísico

1.2.1. Objetivos del estudio

Como se mencionó en el ultimo articulo 1.1., el sector entre los yacimientos Unión y Atahualpa con una distancia aproximada de 12km, está cubierto por sedimentos cuaternarios. Sin embargo, se supone que ambos yacimientos están formados en la misma falla, por lo tanto hay una posibilidad de que exista yacimientos nuevos de tipo similar a ambos.

Para aumentar su grado de posibilidad y para enfocar una proxima exploración se realizó un estudio geofísico por los métodos de polarización inducida espectral (P.I.E.) y de polarización inducida (P.I.).

1.2.2. Area de trabajo

La Fig. II-2 ilustra la configuración de los perfiles de medición.

1.2.3. Especificaciones del estudio

Las especificaciones usadas para el trabajo de terreno son las siguientes:

- a. Longitud de perfiles : 12,0 Km en doce perfiles
 - P.I.E. 6,0 Km en seis perfiles 180 estaciones
 - P.I. 6,0 Km en seis perfiles 180 estaciones
- b. Espaciamiento entre perfiles : 300m
- c. Configuración electródica : arreglo dipolo - dipolo
- d. Separación entre electrodos : $a = 100m$
- e. Coeficientes de separación electródica : $n = 1 \sim 5$
- f. Método de medición : frecuencia variable

g. Frecuencias consideradas :

P.I.E. 0,125 ~ 88 Hz (18 frecuencias).

P.I. 0,3/3,0 Hz.

1.2.4. Resultados de la Interpretación

(1) Porcentaje de Efecto de Frecuencia y Resistividad Aparente

Los valores de PEF medidos en el area varían entre 0,5 y 2,7% con un promedio (M) de 1,58%.

La desviación estandar(σ) es de 0,42% lo que da un valor de $M + \delta$ de 2,0%. Consecuentemente se ha usado el valor de 2,0% como criterio para distinguir el PEF alto.

Los valores de RA varían entre 10 y 159 ohm-m, el promedio del logaritmo (M) es 1,47 por lo que el promedio de RA es 29,5 ohm-m. El logaritmo de la desviación estandar es de 0,2 , lo que da los valores para $M + \delta$ y $M - \delta$ de 46,8 y 18,6 ohm-m respectivamente.

Consecuentemente se ha considerado los valores de 40~50 ohm-m y 20 ohm-m para distinguir entre alta y baja resistividad.

Seudosección

Sector I (Fig. I-3)

a. P E F

Las zonas de PEF de mas de 2% detectadas son:

Perfil	Estaciones	Indice de Separación	N° de ptos	Máx. PEF
A	1 ~ 4	n = 1 ~ 2	4	2,3%
	5 ~ 6	n = 3	1	2,0%
	7 ~ 8	n = 1	1	2,0%
B	2	n = 2	1	2,1%
	3 ~ 4	n = 5	1	2,0%
	5 ~ 6	n = 5	1	2,0%
	6 ~ 7	n = 1	1	2,0%
C	1 ~ 5	n = 1 ~ 3	9	2,7%
	6 ~ 9	n = 1 ~ 4	6	2,6%
D	4 ~ 8	n = 1	4	2,5%

b. R A

Los valores bajos de RA se ubican en la partes centrales de los perfiles A a D; el valor más bajo para cada a perfil varía entre 29 ohm-m y 21 ohm-m. Valores relativamente altos de RA (mayores que 40 ohm-m) se obtienen entre las estaciones 2 y 5 de

EFFECTO DE FRECUENCIA (%)

RESISTIVIDAD APARENTE (Ω-m)

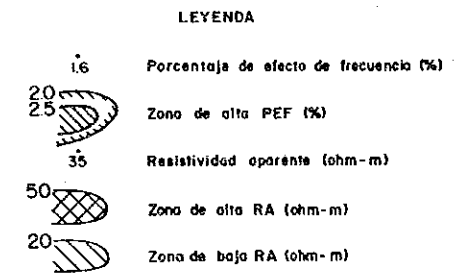
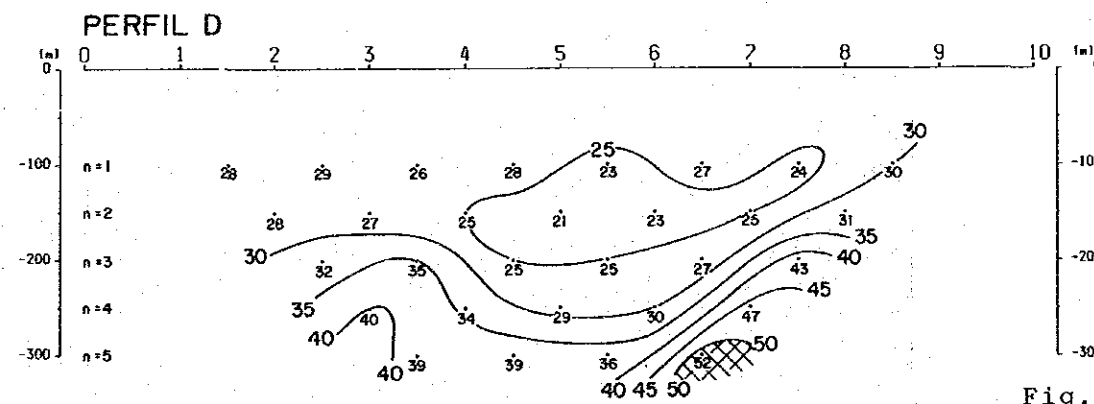
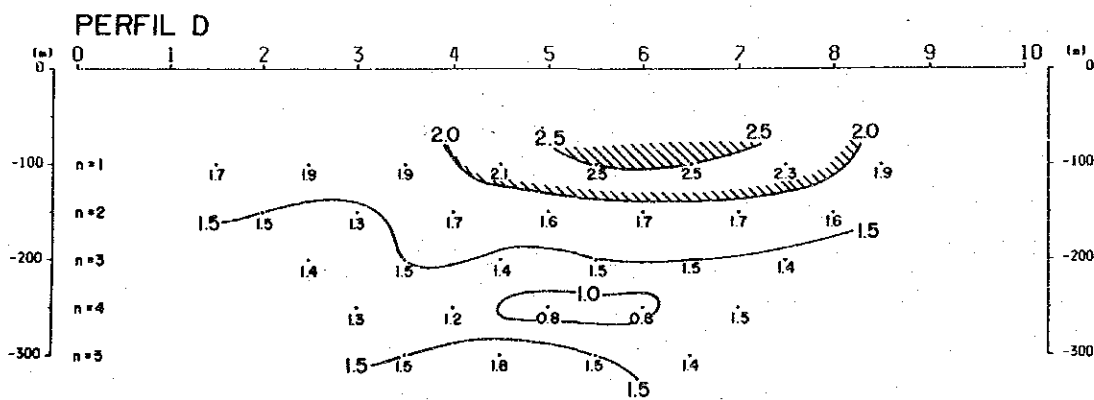
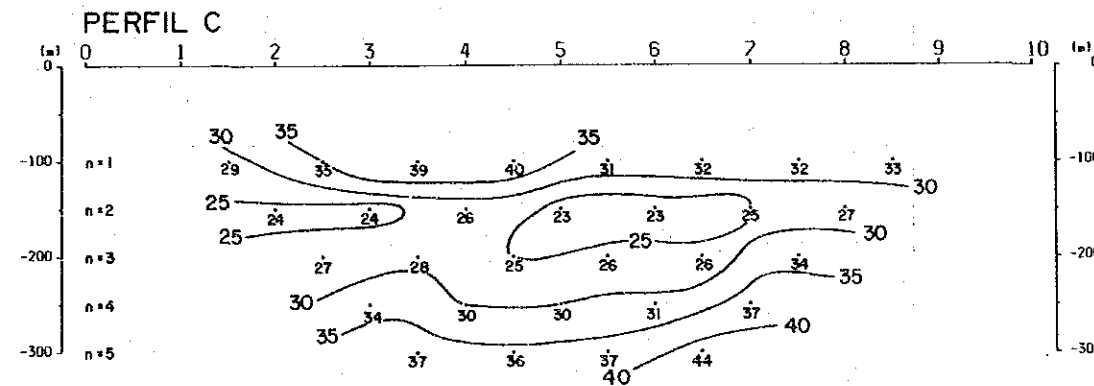
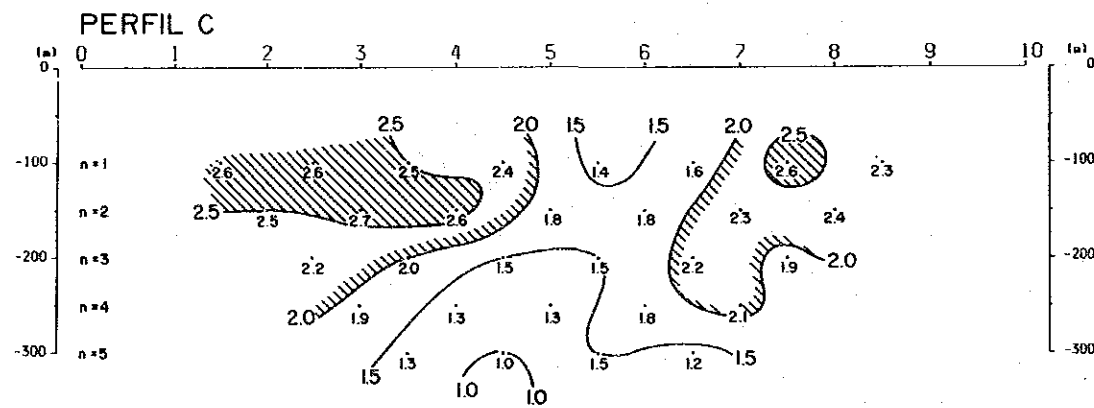
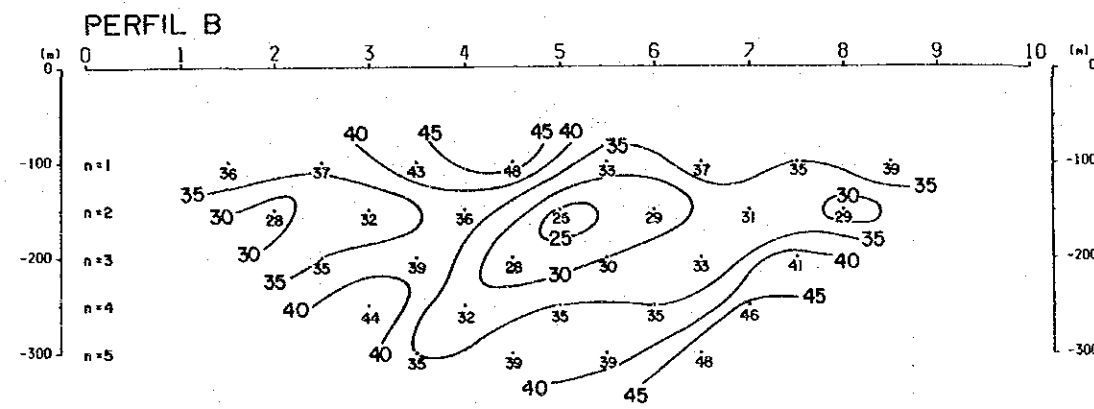
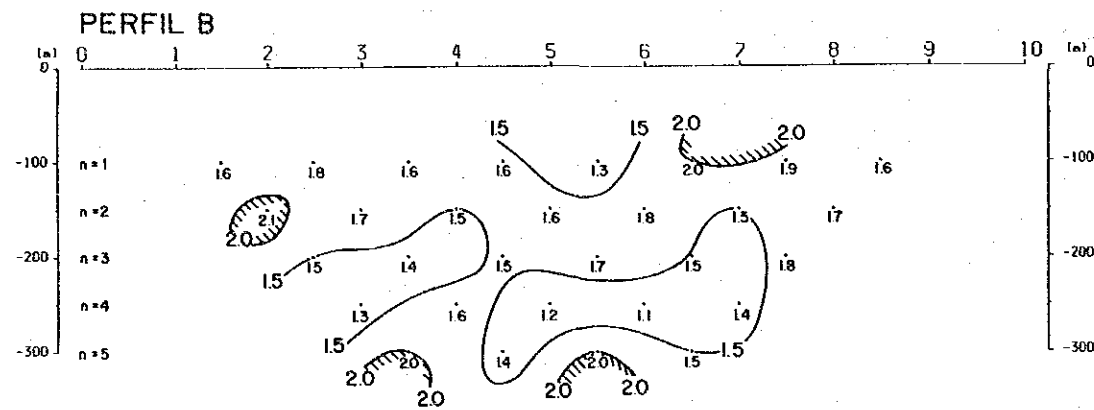
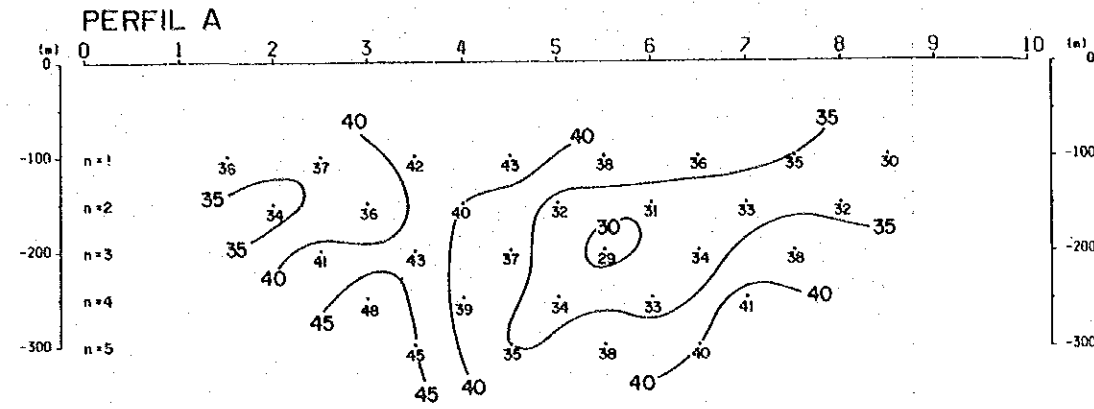
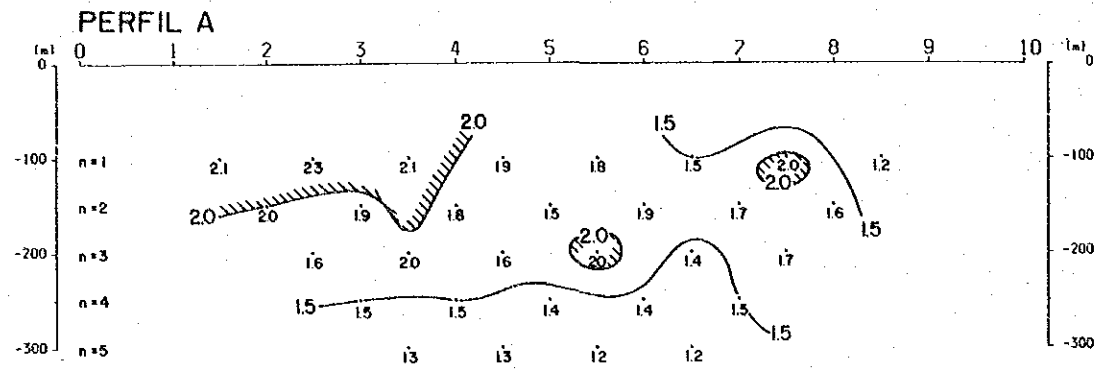


Fig. 1 -3 Seudosecciones de PEF y RA (Sector I)

los perfiles A y B y en la parte profunda del extremo oriental de los perfiles A a D.

Sector II (Fig. I-4)

a. P E F

Las siguientes zonas de alto PEF, mayores que 2,0%, fueron detectadas.

Perfil	Estaciones	Indice de Separación	N° de Ptos.	Máx. PEF
E	1 ~ 4	n = 1 ~ 2	4	2,6%
	5 ~ 6	n = 1	2	2,4%
F	1 ~ 2	n = 1	1	2,0%
G	1 ~ 3	n = 1 ~ 3	3	2,4%
	5 ~ 6	n = 1	1	2,1%
H	1 ~ 4	n = 1	3	2,4%

b. R A

En los perfiles E al H predominan valores bajos de RA con un valor máximo de 40 ohm-m. Se distribuye zona de RA baja que 20 ohm-m en el sector oeste y RA aumenta gradualmente en profundidad en el sector este .

Sector III (Fig. I-5)

a. P E F

Las zonas de alto PEF mayores que 2,0%, se detectaron en:

Perfil	Estaciones	Indice de Separación	N° de Ptos.	Máx. PEF
I	3 ~ 5	n = 1 ~ 2	3	2,0%
	6 ~ 7	n = 2 ~ 4	3	2,1%
	8 ~ 9	n = 1	1	2,0%
J	3 ~ 5	n = 2 ~ 4	4	2,4%
K	-	-	0	-
L	2 ~ 6	n = 1 ~ 3	7	2,6%
	5 ~ 6	n = 3 ~ 4	3	2,5%

b. R A

Los valores anómalos de RA corresponden a los perfiles J,K y L con un máximo de 54ohm-m,132 ohm-m y 159 ohm-m respectivamente. El último valor es el maximo en todos perfiles.

EFECTO DE FRECUENCIA (%)

RESISTIVIDAD APARENTE (Ω -m)

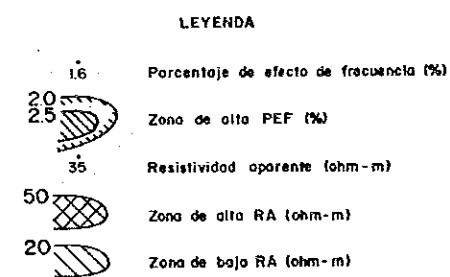
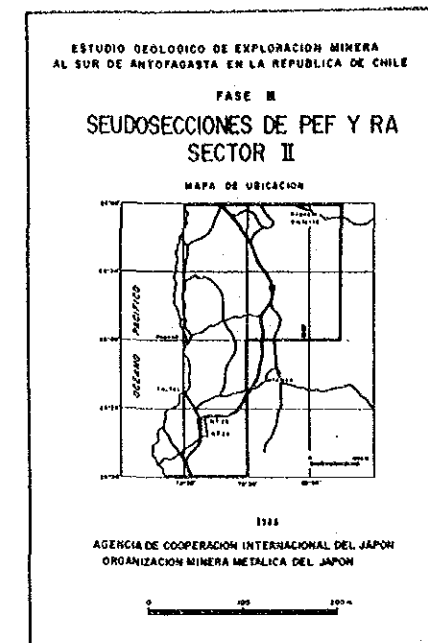
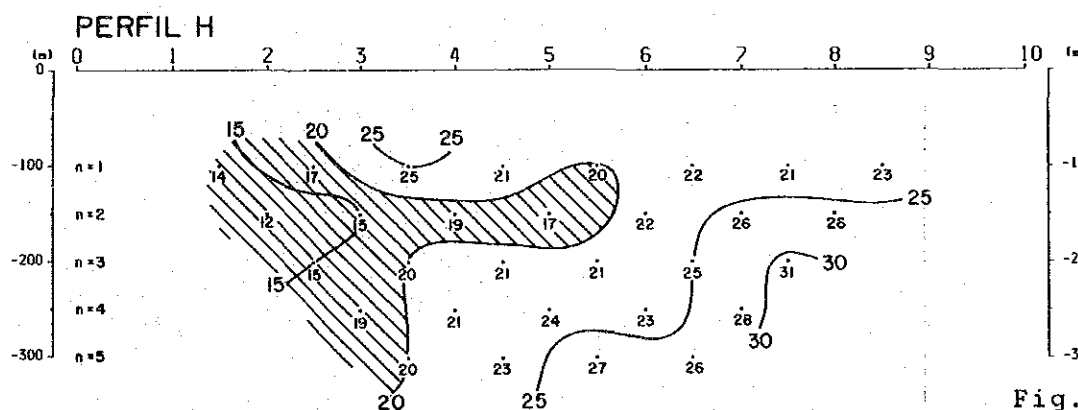
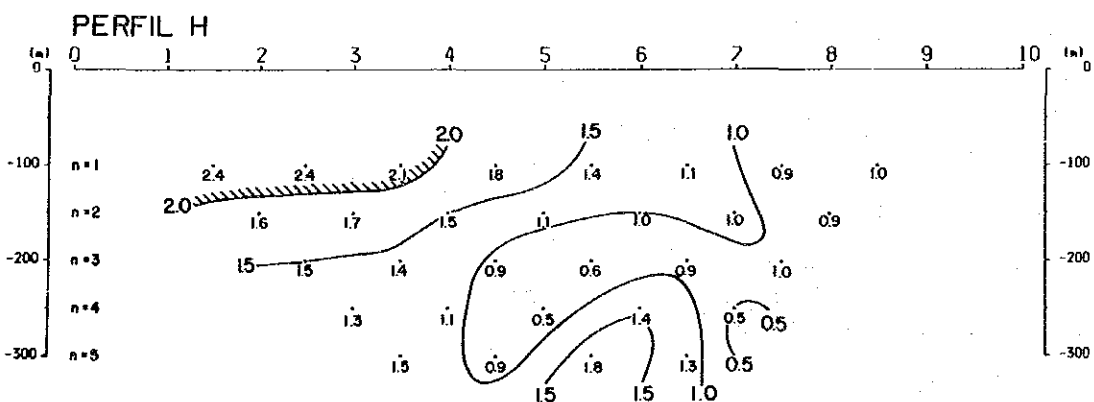
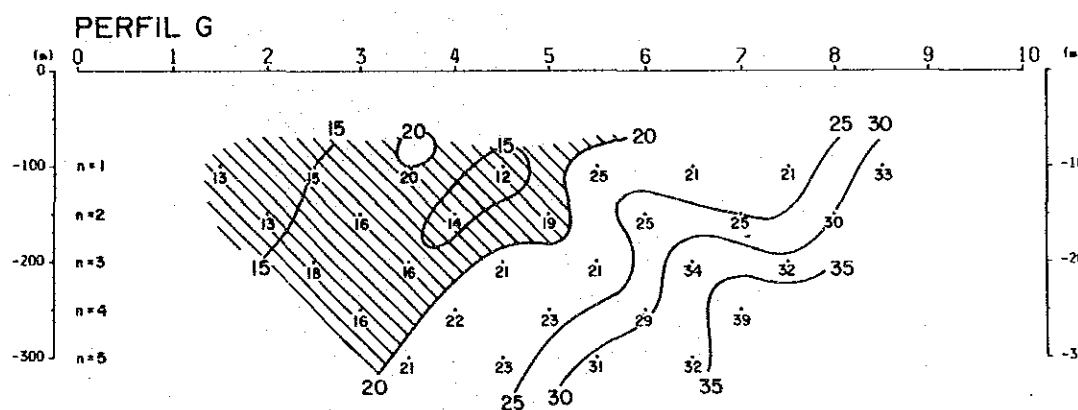
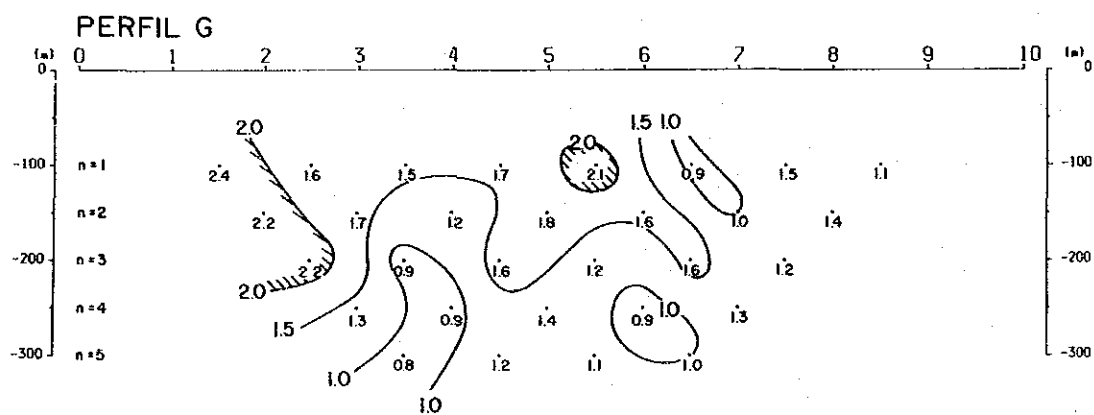
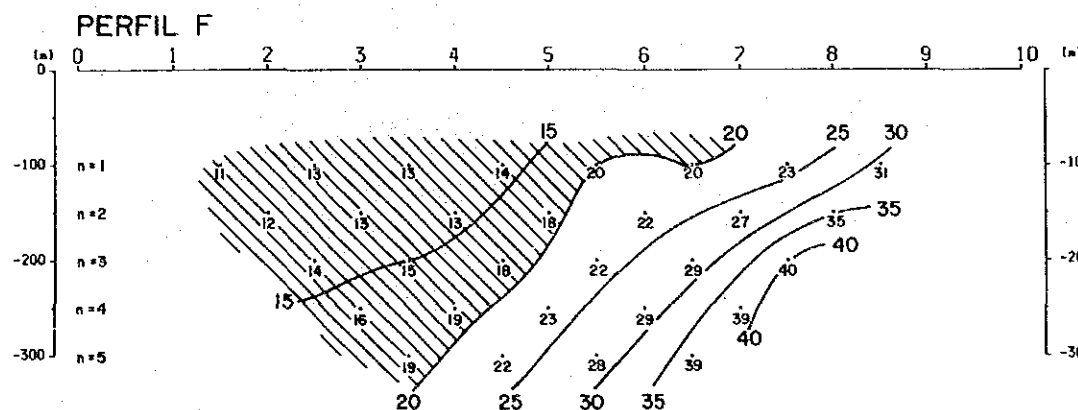
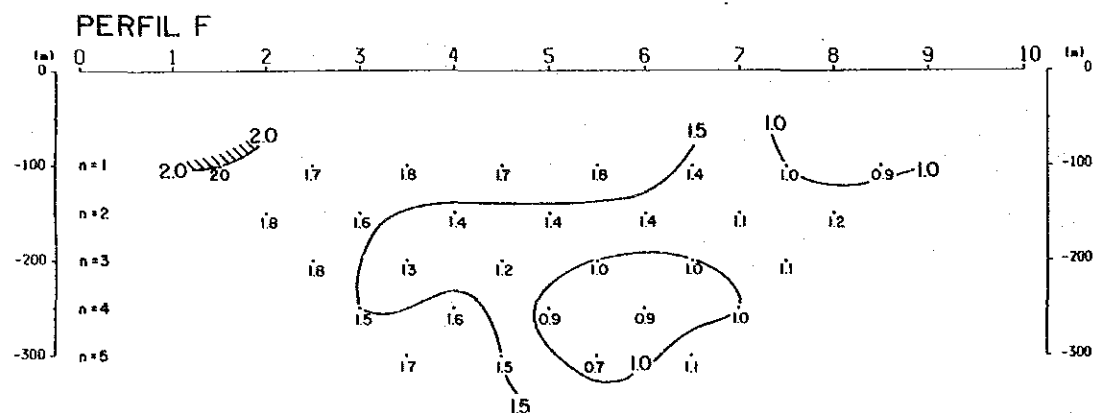
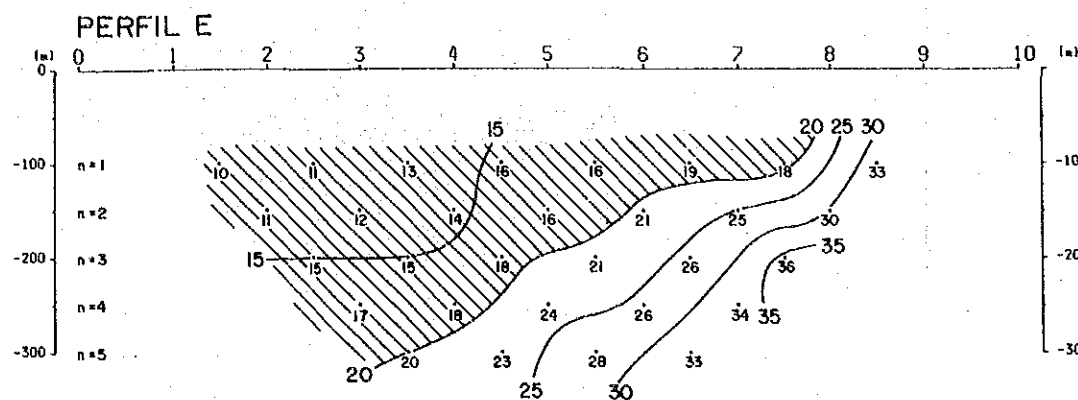
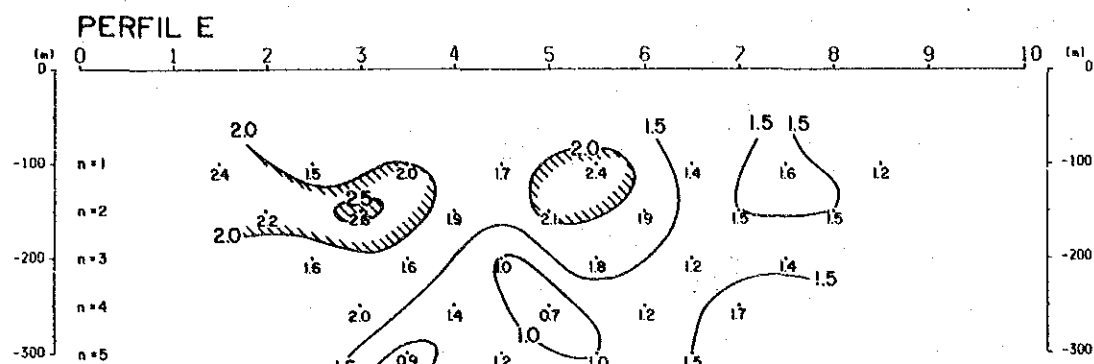


Fig. II -4 Seudosecciones de PEF y RA (Sector II)

EFFECTO DE FRECUENCIA (%)

RESISTIVIDAD APARENTE (Ω -m)

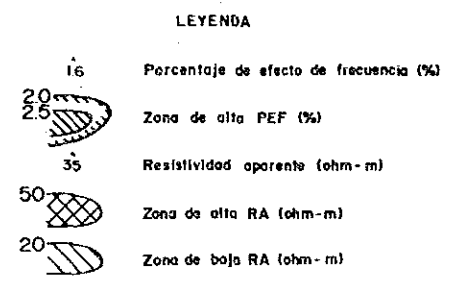
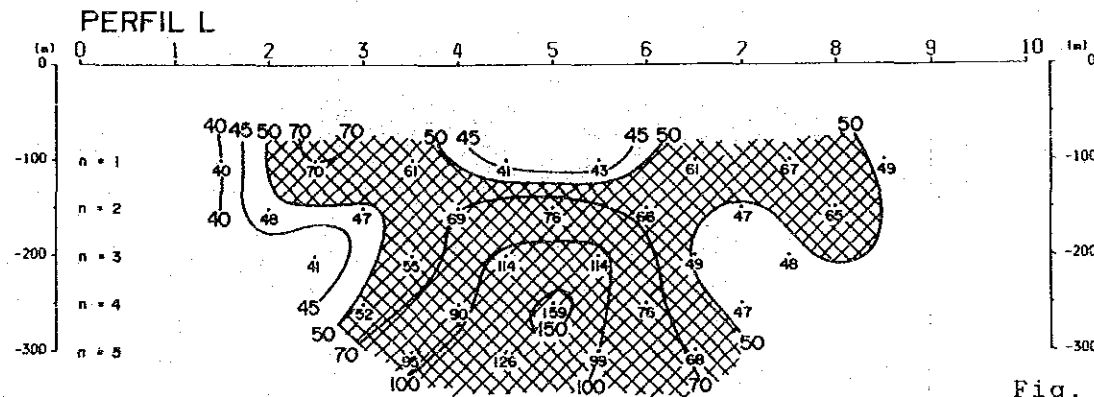
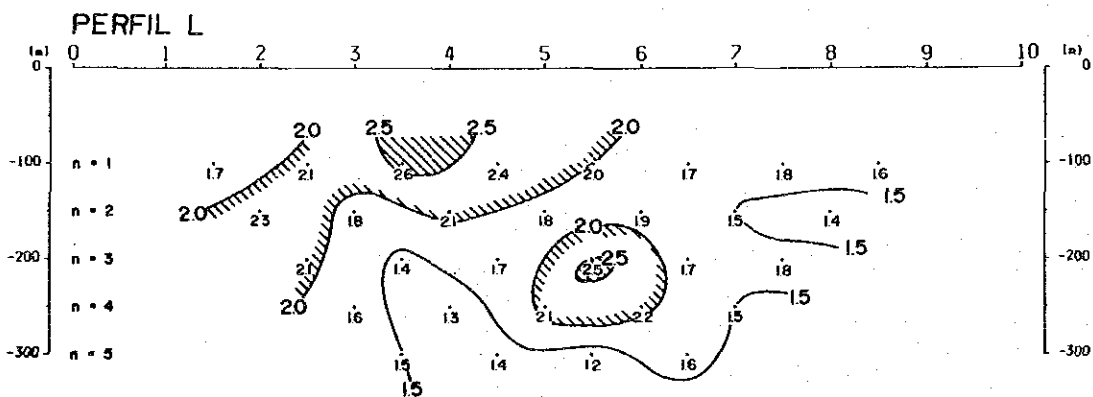
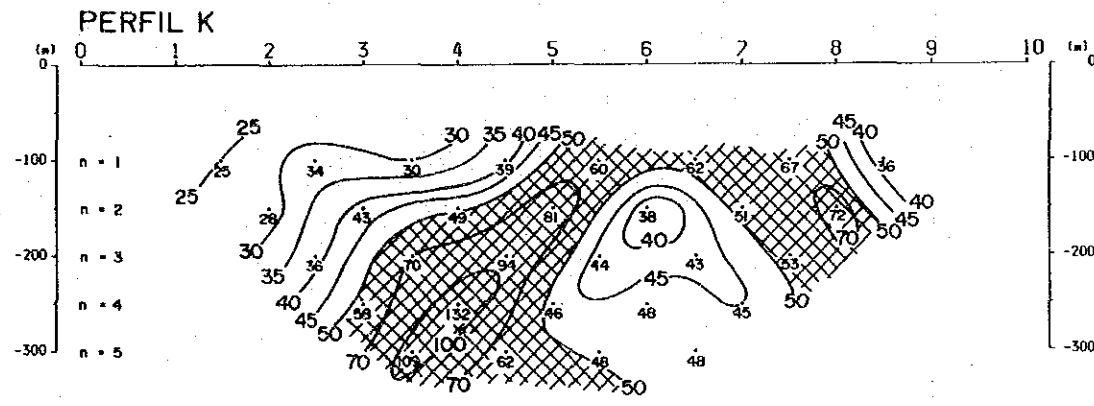
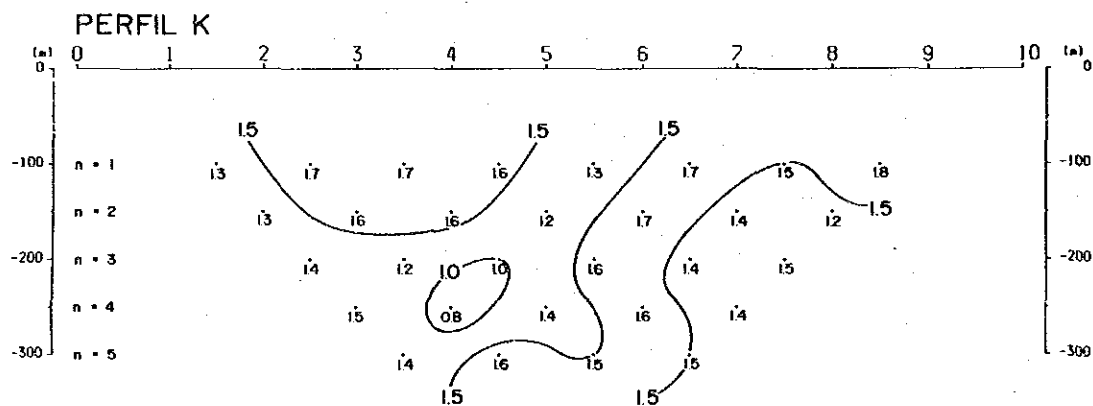
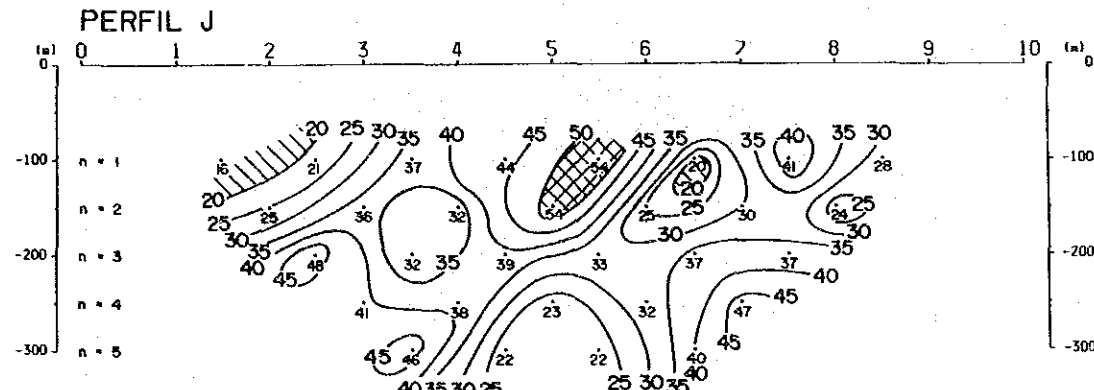
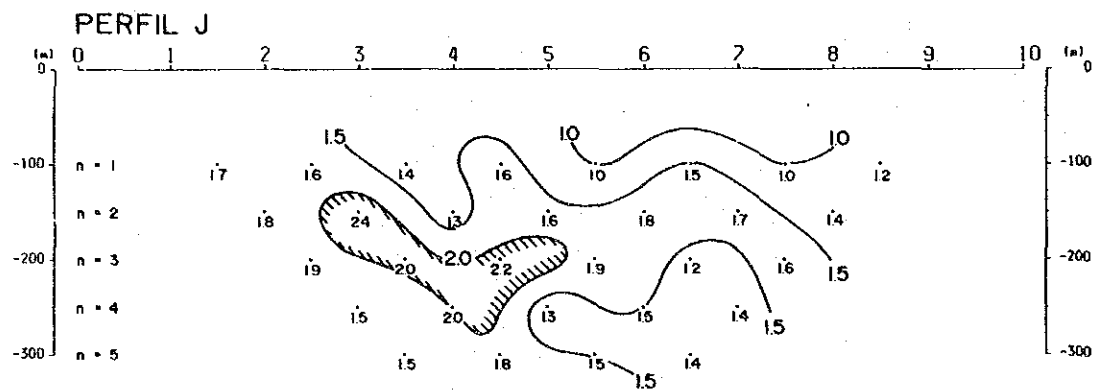
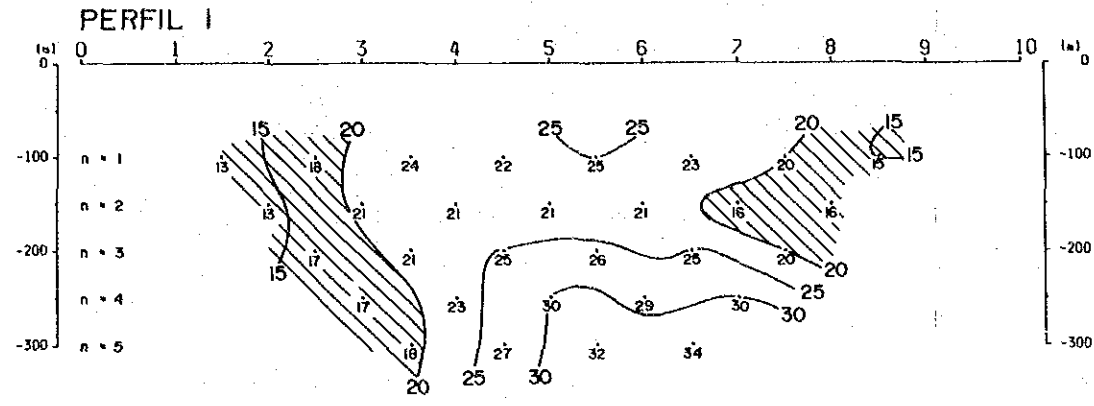
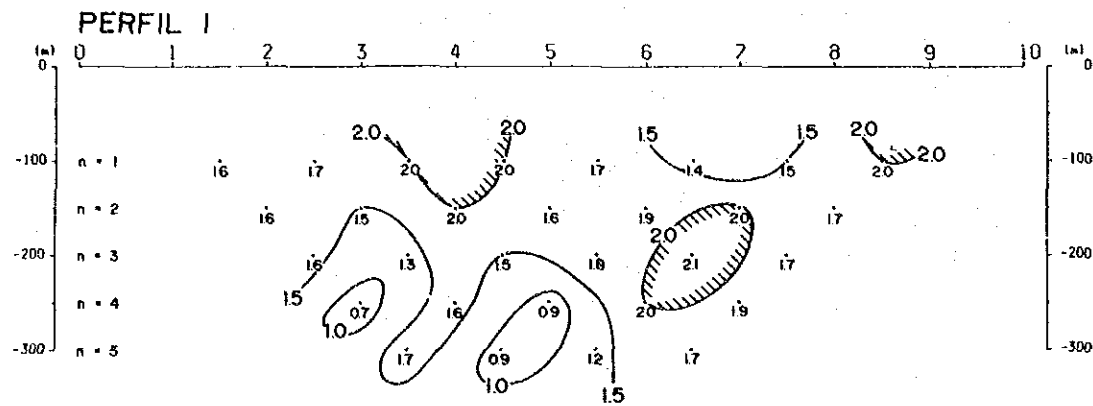


Fig. 5 Seudosecciones de PEF y RA (Sector II)

(2) Seudosecciones de fase

Los valores de diferencia de fase obtenidos antes del proceso de desacoplamiento fueron negativos, lo cual indica una diferencia de fase en todos los puntos medidos de los perfiles. Esta diferencia de fase es directamente proporcional a la frecuencia utilizada.

La diferencia de fase en las frecuencias 1 a 0.125Hz dió un valor menor a 15 mrad. Este valor coincide aproximadamente con la posición a la cual le correspondería un valor mayor a 2.0% de PFE.

(3) Espectros de fase, magnitud y diagrama de Cole-Cole

En todos los perfiles se obtuvieron valores negativos. En las sectores de baja frecuencia (menor a 1~3Hz), al aumentar ésta, se observó una tendencia a un leve aumento en el espectro de fase, en cambio, en los sectores de alta frecuencia el aumento fue brusco.

La diferencia de fase en el sector de alta frecuencia fue al coeficiente de separación electródica (n).

El espectro de magnitud en todos los perfiles cuando $n=1$, disminuyó levemente con respecto al aumento de frecuencia, en cambio, en los sectores de alta frecuencia éste disminuye abruptamente al aumentar n .

El diagrama COLE-COLE en los perfiles estudiados se obtuvieron valores negativos (parte imaginaria) con respecto a la disminución de frecuencia.

(4) Resultados de proceso de desacoplamiento

La diferencia de fase de los perfiles estudiados, considerando 5 frecuencias en el desacoplamiento de fase, es similar en forma y valor a una onda principal (0.125 Hz).

Como se mencionó, con anterioridad al proceso de desacoplamiento se observó una notable diferencia de fase, sin embargo, luego del proceso, esta tendencia desapareció. En profundidad para $n=1$, la diferencia de fase es casi constante, en cambio en los sectores de alta frecuencia ($> 10\text{Hz}$), la diferencia de fase disminuye levemente.

En los espectros analizados, para profundidades mayores a $n=2$, las diferencias de fase aumentan proporcionalmente con las frecuencias.

Con respecto a los espectros de magnitud, éstos disminuyen

levemente en relación al aumento de frecuencia en todos los perfiles estudiados, no observándose variaciones relativas a la profundidad.

Los diagramas Cole-Cole presentan un espectro horizontal, es decir, constante.

1.2.5. Resultados de interpretación del modelo por simulación

Para la interpretación de la simulación se estudiaron los perfiles C, D, E, y L, los cuales presentan valores mayores a 2.5% de PEF, sin embargo, posteriormente se eligieron los perfiles C y L por presentar éstos, una densidad mayor de valores superiores al 2% de PEF. El resultado de simulación se indica en la Fig. I-6.

Perfil C : este perfil presenta una anomalía fuerte de PEF de forma tabular en los sectores E y W, a baja profundidad (30-70m). A lo largo de todo el perfil y a una profundidad menor a 100m se observa una capa de baja resistividad, en cambio bajo esta profundidad (100m), se observa alta resistividad.

1.2.6. Comparación entre los resultados de pruebas en muestras de roca en laboratorio y las mediciones efectuadas en terreno

(1) Resultados de pruebas en muestra de roca en laboratorio.

Se analizaron 41 muestras correspondientes a roca y vetas mineralizadas, en las cuales se hicieron mediciones de PIE, con el propósito de obtener espectros de fase, magnitud y características Cole-Cole, además de PEF y resistividad.

De un total de 41 muestras estudiadas, 26 de ellas corresponden a la mina Unión (15 muestras con mineralización visible), 11 a la mina Atahualpa (8 muestras con mineralización visible) y las 4 restantes (una con mineralización) se ubican en diversos puntos del área. En la Tabla I-1 se presentan los valores característicos de PIE para cada muestra estudiada.

El resumen de los resultados es el siguiente:

1) PEF

- 24 muestras con mineralización : el valor promedio 2,5% (de 0,5 a 11,6%)

zona de enriquecimiento (10 muestras) (sulfuros de cobre, cuprita?, cobre nativo?) : el valor promedio 4,4% (1,1- 11,6%)

MODELO N° CI

CLAVE	RESISTIVIDAD	E.F
	OHM-M	%
1	500.	1.5
2	80.	1.5
3	10.	1.5
4	50	3.5
5	0.	0
6	0.	0
7	0.	0
8	0.	0
9	0.	0

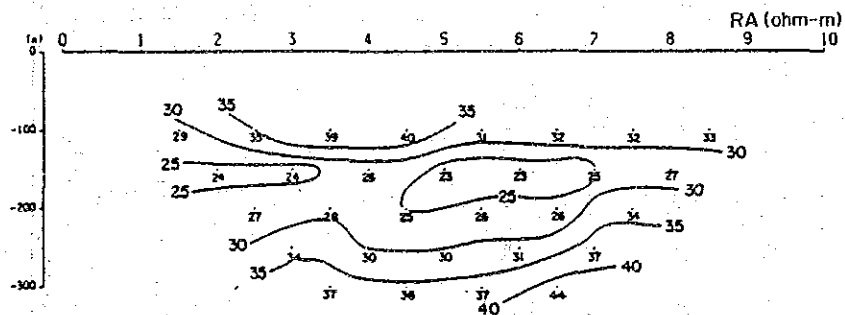
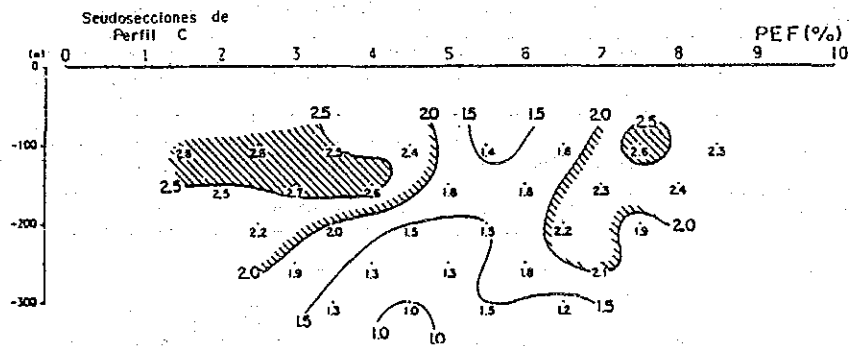
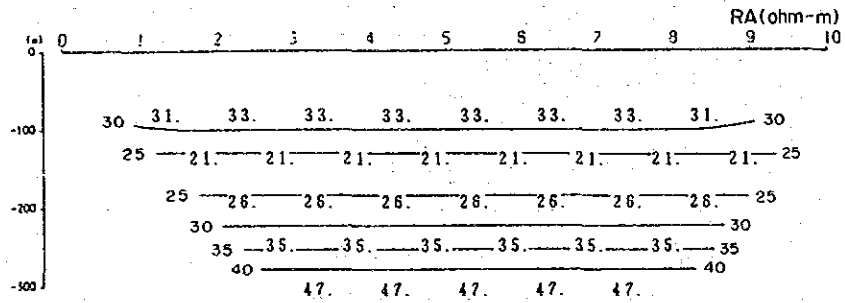
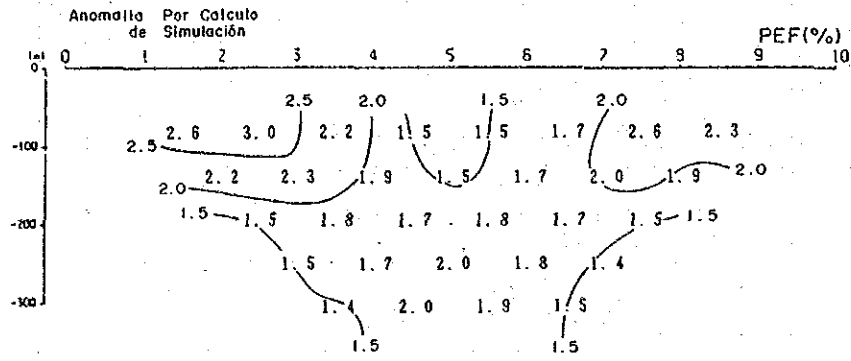
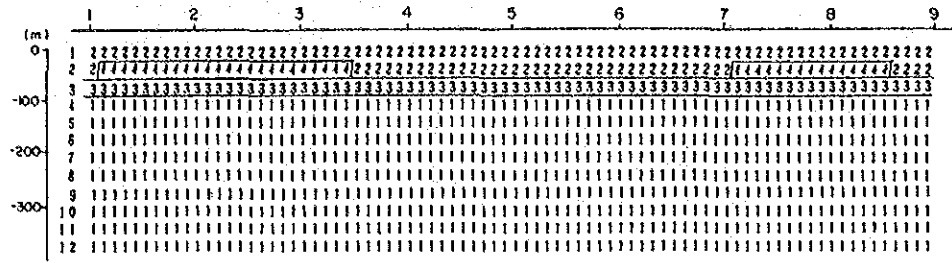


Fig. N° -6 Simulación por modelo del perfil C

Tabla II -1 Resultado de pruebas en muestras de roca en laboratorio

Nº M.	Ubicación	Roca	Fase (arad)	P E F (%)	ρ (ohm-m)	Espectro		Análisis químicos							Observaciones	
						fase	Colecta	Au(ppm)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)		CuS(%)
1	niv.-100m,piq.3.5,mina U.	Lutita	-23.8	3.2	2303	B	B	<20	150	2.80%	154	52	1.20	0.80	0.36	dis.cp
2	niv.-70m,piq.3,mina U.	Lutita	-25.0	4.6	185	A	C	<20	120	3.00%	1.40%	0.15%	3.80	1.85	0.13	dis.cp con vil.cal.
3	id	Lutita	-22.2	3.6	339	A	C	<20	110	2.80%	0.33%	98	2.90	0.67	0.43	id
4	niv.-50m,piq.3,mina U.	Limolita	-4.2	1.1	47	C	A	<20	0.21%	8.00%	530	0.22%	3.00	0.04	6.52	dis.cox con Ag mineral(?)
5	id	Limolita	-25.3	4.9	54	D	A	<20	0.31%	7.22%	560	300	1.50	0.03	6.58	id
6	id	Limolita	-12.0	2.2	60	C	B	<20	90	6.70%	460	0.13%	0.90	0.02	6.54	dis.cup(?)
7	niv.-75m,piq.3,mina U.	Limolita	-79.1	9.8	401	B	A	<20	3.3	0.21%	17	43	0.22	0.02		dis.y vil.cp
8	id	Limolita	-76.0	11.6	415	C	A	<20	8.3	1.23%	0.13%	380	3.20	1.19		id
9	niv.-100m,piq.2,mina U.	Arenisca	-13.4	3.0	1053	A	C	<20	58	1.86%	10	240	2.90	0.36		zona mineralizada débil
10	niv.-68m,piq.8,mina U.	Limolita	-6.3	1.2	95	C	A	<20	66	5.07%	0.17%	0.29%	1.20	0.01	4.46	vil.cox
11	id	Limolita	-9.9	2.4	52	C	A	<20	50	4.25%	0.25%	0.23%	1.80	0.02	4.04	id
12	superficie,mina U.	Arenisca	-23.0	3.0	240	D	A	<20	10	100	15	840	4.60	0.01		sin min.
13	id	Caliza	-7.7	1.0	1143	B	B	<20	1.5	44	79	120	0.22	0.03		id
14	id	Caliza	-3.0	0.4	243	B	B	<20	0.3	13	15	123	0.14	0.03		id
15	id	Caliza	-6.3	0.9	645	B	B	<20	0.5	34	24	148	0.80	0.05		id
16	id	Conglomerado	-4.6	0.8	48	C	A	<20	1.8	760	15	0.10%	2.20	0.01		vil.cox
17	id	Caliza	-2.9	0.5	483	B	B	<20								id
18	id	Andesita	-1.9	0.3	359	A	B	<20								id
19	id	Conglomerado	-3.0	0.9	76	C	B	<20								id
20	id	Arenisca	-2.4	0.6	64	C	B	<20								id
21	id	Conglomerado	-4.6	1.1	71	C	B	<20								id
22	aflor. de mina U.	Arenisca	-6.0	0.8	372	A	B	<20								vil.cox
23	id	Arenisca	-5.4	0.8	612	A	B	<20								id
39	id	Caliza	-6.4	1.0	2181	B	B	<20								stw.cox
40	superficie,mina U.	Arenisca	-22.7	3.9	195	B	B	<20	18	800	27	360	3.80	0.03		sin min.
41	desmonte,mina U.	Lutita	-6.5	1.2	1058	B	B	<20								dis.cox

Nº	Roca	Fase (arad)	P E F (%)	ρ (ohm-m)	Espectro fase Cole	Análisis químicos						Observaciones	
						Au(ppm)	Pb(ppm)	Cu(ppm)	Ag(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)		S(%)
24	superficie, mina A.	-8,9	2,0	81	C	<20	2,5	58	3	151	5,70	0,02	sin min.
25	aflor. de mina A.	-4,8	0,7	657	A	<20	57	3,30%	3	113	<0,01	5,80	vll.cox en falla
26	superficie, mina A.	-5,3	0,9	1155	A	C							sin min.
28	desmonte del piq., mina A.	-5,2	2,2	134	A	C			6	66	3,60	<0,01	dis.limonita
29	id	-4,1	0,6	1318	A	B							stw.cox
30	id	-10,9	1,7	151	A	B							dis.cp
31	id	-7,4	1,2	256	B	B			520	560	4,80	1,10	dis.pi
32	id	-1,9	0,5	3004	A	B			78	920	5,70	0,22	stw.cox y vll.cal.
33	superficie, mina A.	-6,2	0,8	1714	A	B							sin min.
34	aflor. de un picado al este de mina A.	-6,6	0,9	741	B	B							stw.cox
35	desmonte del piq. al este de mina A.	-5,1	0,7	2242	A	B							vll.cox y vll.cal.
36	fuera de zona de min.	-11,4	1,7	3474	A	C							epidotización débil
37	id	-8,4	1,1	877	A	C							
43	id	-16,5	2,5	737	A	B		0,2	240	2	7,60	0,02	
45	id	-4,7	0,9	3372	A	B		0,1	158	13	3,10	0,02	vll.cal.

Abreviatura

A. : Atahualpa
aflor. : afloramiento
cal. : calcita
cox : cobre oxidado
cp : calcopirita
cup : cuprita
CuS : cobre soluble
dis. : diseminación
min. : mineralización
M. : muestra
niv. : nivel
pi : pirita
piq. : pique
stw. : stockwork
U. : Uñón
vll. : vetilla

zona de oxidación(14 muestras) (oxidado de cobre, limonita, calcita) : el valor promedio 1,2%(0,5~2,4%)
 - 17 muestras sin mineralización : el valor promedio 1,3%(0,3~3,9%)

2) Valores promedios de resistividad en rocas (expresados en logaritmo).

Muestras con mineralización = 354 ohm-m

Muestras de la zona de enriquecimiento secundaria = 207 ohm-m

Muestras de la zona de oxidación = 520 ohm-m

Muestras sin mineralización = 196 ohm-m

Andasita = 780 ohm-m (9 muestras)

Caliza = 720 ohm-m (5 muestras)

Arenisca = 270 ohm-m (7 muestras)

Conglomerado = 50 ohm-m (4 muestras)

Lutita =1.040 ohm-m (7 muestras)

Lutita arenosa = 120 ohm-m (8 muestras)

Dacita =3.370 ohm-m (1 muestra)

3) Comparación entre PEI y los valores de análisis químicos.

En la siguiente tabla se indica un valor de coeficiente de correlación por tratamiento estadístico entre PEF y los valores de análisis químicos de 24 muestras.

Los valores de esta tabla están expresados en logaritmo, con excepción de los valores de PEF, Fe y S que corresponden a los de parte izquierda de diagonal de la tabla.

	PFE	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	S
PFE		0.332	0.380	0.322	-0.014	0.347	0.171
Ag	0.187		0.870	0.593	0.489	-0.076	0.307
Cu	0.280	0.870		0.647	0.441	-0.075	0.425
Pb	0.258	0.593	0.647		0.578	0.204	0.308
Zn	-0.091	0.489	0.441	0.578		0.217	-0.025
Fe	0.002	-0.264	-0.233	-0.159	0.037		-0.235
S	-0.000	0.213	0.323	-0.033	-0.068	-0.204	

Se puede señalar los siguientes puntos en base de los resultados mencionados arriba ;

① Los valores de Ag están en correlación positiva con los de Cu, lo cual está bien expresado el caracter de mineralización del área.

② En general los elementos químicos y PEF no están en

correlación ,sin embargo los valores de Ag,Cu,Pb y Fe están en correlación positiva débilmente.

① Existe una diferencia clara entre PEF de muestras mineralizadas y de muestras sin mineralización.

② Las muestras de la zona de enriquecimiento secundario de cobre (20m a 100m de profundidad) presentan relativamente alto PEF. Los minerales principales que se presentan en esta zona, son oxidados de cobre, limonita, calcocina, calcopirita, con pequeña cantidad de cuprita, cobre nativo, mineral de plata y pirita, etc.

estos minerales presentan en forma diseminada, de conjunto de vetillas, y de stockwork. Esta combinación de minerales y ocurrencia de minerales habrían producido un fenómeno de PI.

③ Los valores de PEF de la zona de lixiviación que consiste en oxidados de cobre y limonita son similares a los de la zona sin mineralización.

④ debido a que las muestras de la mina Atahualpa fueron tomado en la zona de lixiviación superficial, los valores de PEF son bajos.

1.2.7. Conclusiones de estudio geofísico

Los resultados integrados en base de la medición efectuada en terreno, de la interpretación del modelo de simulación y de las pruebas en muestras de roca en laboratorio, son los siguientes ;

① El 3,5% de PEF por simulación del perfil C es similar al valor promedio de la zona de enriquecimiento de la mina Unión.

② La anomalía en profundidad baja y en forma tabular casi horizontal indicaría la existencia de una zona de diseminación horizontal o de un fuente de PI de diferente a yacimiento metálico.

③ Los espectros obtenidos de los perfiles B y D, colindados con el perfil C no muestran forma clara, lo cual permitiría pensar que esta fuente de anomalía de PI no tendría fuerte fenómeno de PI.

Lo cual no significa la ausencia de yacimiento, de acuerdo a la forma no clara de los espectros obtenidos por pruebas en muestras mineralizadas de la mina Unión.