



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**GEOLOGIA, ALTERACION Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO BARBARA,
QUEBRADA INCAHUASI**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE GEOLOGO

FERNANDO ARTURO ROJAS CASTILLO

PROFESOR GUIA:

WALDO VIVALLO SANDOVAL

MIEMBROS DE LA COMISION:

FRANCISCO MUNIZAGA VILLAVICENCIO

VICTOR MAKSAEV JURCHUC

SANTIAGO DE CHILE

2008

RESUMEN

El prospecto de Cu-Ag Bárbara, localizado en la Cordillera de Domeyko, en el límite entre la II y III Región, a 130 km al este de Taltal, constituyó un blanco de exploración para la Compañía Minera Orión. En este trabajo se entregan antecedentes geológicos del prospecto y una estimación sobre su potencial metalogénico.

En el área del prospecto aflora una secuencia de rocas sedimentarias calcáreas y clásticas de origen marino, depositadas desde el Triásico hasta el Jurásico. Sobreyace a esta secuencia, otra de rocas sedimentarias clásticas continentales de edad cretácica. Lavas andesíticas e ignimbritas de edad entre 19 y 17 Ma y depósitos recientes de gravas cubren toda la secuencia. Un evento tectónico compresivo, ocurrido durante el Cretácico Superior, dio origen a una faja plegada y corrida, con vergencia al W. Durante el Eoceno-Oligoceno, intrusivos subvolcánicos de composición dacítica y andesítica intruyeron a lo largo de los planos axiales de los pliegues.

Las principales fallas, de carácter inverso y normal, son de rumbo NS a NNW y forman parte de sistemas regionales que se extiende hacia el norte y sur del área de estudio. Estas tienen una historia compleja, originadas durante períodos extensivos en el Triásico, se preservan en el Jurásico como fallas normales y durante el Cretácico se reactivaron como fallas inversas, que producen el cabalgamiento de la secuencia sedimentaria hacia el oeste.

La alteración y mineralización hidrotermal regional se caracteriza por estar asociada a eventos magmáticos, a veces sobreimpuestos. Se reconoce desarrollo de metamorfismo de contacto, yacimientos porfídicos de Cu-Mo y vetas de características meso-epitermales, relacionadas genéticamente a intrusivos. Dentro de este cuadro, en el área del prospecto las principales zonas de alteración y mineralización hidrotermal se desarrollan en los bloques estructurales Este y Central, definidos para el área y corresponde a zonas alteradas con mineralización de características epitermales y vetas de Cu-Ag de características meso-epitermales, emplazadas en calizas metamorfizadas. El evento de alteración-mineralización más importante está relacionado espacialmente a un pórfido dacítico de probable edad eocena superior, afectado por alteración a cuarzo-sericita, caolinita y con brechas hidrotermales desarrolladas en sus contactos. Alrededor del pórfido dacítico se distribuyen calizas skarnificadas y rocas sedimentaria finas silicificadas con pirita diseminada, parcialmente oxidada a jarosita y venillas de alunita. Lo reducido de las zonas alteradas y mineralizadas sugiere un bajo interés prospectivo para el área de estudio.

INDICE

		Página
I	INTRODUCCIÓN	05
I.1	Ubicación, acceso y Fisiografía	05
II	OBJETIVOS	07
III	MÉTODO DE TRABAJO	07
IV	MARCO GEOLÓGICO	09
V	GEOLOGÍA DEL PROSPECTO	14
V.1	Aspectos Generales.	14
V.2	Rocas Sedimentarias	16
V.2.1	Areniscas cuarcíferas	17
V.2.2	Calcarenitas...	19
V.2.3	Calizas con intercalaciones de lutitas	20
V.2.4	Calizas.	21
V.2.5	Areniscas gris verdosas	23
V.2.6	Yeso	24
V.2.7	Brechas y Sedimentos verdes	25
V.2.8	Brechas, conglomerados y areniscas	27
V.3	Rocas volcánicas y subvolcánicas	28
V.3.1	Sills riodacítico	29
V.3.2	Estratos basálticos	30
V.3.3	Lavas andesíticas e ignimbritas	32
V.4	Rocas intrusivas	33
V.4.1	Diques Andesíticos	34
V.4.2	Diques andesíticos alterados	35
V.4.3	Diques porfídicos feldespáticos	35
V.4.4	Diques porfídicos verdosos	36
V.4.5	Pórfidos dacíticos	37
V.4.6	Diques riolíticos	38
VI	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	39
VI.1	Introducción	39
VI.2	Estructuras Principales	40
VI.2.1	Pliegues	42
VI.2.2	Fallas	44

	Página	
VII	GEOLOGIA ECONOMICA.	47
VII.1	Marco metalogénico	47
VII.1.1	Distrito Aurífero Guanaco	47
VII.1.2	Distrito Argentífero Vaquillas.	49
VII.1.3	Distrito polimetálico Sierra Exploradora	50
VII.1.4	Distrito Argentífero Sierra Juncal	51
VII.1.5	Otros Antecedentes	51
VII.2	Estructuras Vetiformes	53
VII.2.1	Vetas de calcita y yeso	54
VII.2.2	Vetas de Ag-Cu	54
VII.2.3	Vetas de Sb	56
VII.3	Alteración Hidrotermal y Mineralización	56
VII.3.1	Bloque estructural Oeste	57
VII.3.2	Bloque estructural Centra	60
VII.3.3	Bloque estructural Este.	65
VIII	DISCUSIÓN	68
IX	CONCLUSIONES	75
X	REFERENCIAS	77

INDICE DE FIGURAS

		Página
Fig. 1	Mapa de ubicación	06
Fig. 2	Mapa Marco Geológico	10
Fig. 3	Columna estratigráfica esquemática de Marco Geológico	12
Fig. 4	Mapa Geológico (Escala gráfica)	15
Fig. 5	Columna estratigráfica del área	18
Fig.6	Geología Regional 1996 y Dataciones Radiométricas de Mpodozis-Cornejo, 1996	31
Fig. 7	Perfiles esquemáticos A y B	41
Fig. 8	Plano de bloques estructurales	43
Fig. 9	Mapa estructural de la faja Plegada y Corrida de Exploradora	45
Fig. 10	Mapa metalogénico	48
Fig. 11	Mapa alteración y mineralización	58

FIGURAS FUERA DE TEXTO

Fig. 12	Mapa Geológico escala 1 : 20.000
Fig. 13	Perfiles esquemáticos escala 1 : 20.000
Fig. 14	Plano de bloques estructurales escala 1 : 20.000
Fig. 15	Mapa de Alteración y Mineralización escala 1 : 20.000

I) INTRODUCCIÓN

Durante el año 1992 la Compañía Minera Orión, empresa de exploración minera que representaba en Chile a la Compañía Minera Cyprus, desarrolló en el norte un importante programa de exploración, este permitió definir varios proyectos, los que se encontraban en distinto grado de desarrollo. El prospecto Bárbara, objeto de este trabajo, se encontraba en su estado inicial.

Con el fin de incrementar el conocimiento geológico del prospecto se programó realizar una campaña de reconocimiento geológico de 6 meses, cuyos resultados se entregan en este trabajo.

El reconocimiento geológico estuvo orientado a definir el potencial prospectivo del área, basado en su ubicación con respecto a la franja de pórfidos cupríferos. En el área del prospecto se reconocen zonas de alteración hidrotermal relacionada a intrusivos, brechas hidrotermales y sedimentos.

I.1 .- Ubicación, Acceso y Fisiografía.

El prospecto Bárbara está ubicado en el flanco occidental de la Cordillera de Domeyko, en la II Región del país (Fig.1). Este prospecto está situado a 130 Km. de Tal tal a una altura media 3750 m s.n.m., sus coordenadas aproximadas son 25°36' de Latitud Sur y 69°14' de Longitud W. El acceso al área de estudio se realiza a través de la Carretera Panamericana hasta 200 Km. al sur de Antofagasta aproximadamente, cerca de la localidad de Agua Verde, luego es necesario acceder hacia el este por un camino de tierra que se dirige al salar de Aguas Calientes (Fig.1).

El área de estudio tiene una forma cuadrangular de aproximadamente 81 km² de superficie y los rasgos morfológicos principales son las Quebrada Incahuasi y Quebrada Mocha, de dirección E-W. Estas quebradas seccionan cordones de cerros orientados en dirección N-S, cuya máxima cota es aproximadamente 3800 m sobre el nivel del mar, siendo el principal de ellos el Cordón Angelina. En la parte Central Este presenta planicies cubiertas por material volcánico y rellenos recientes; sin embargo, hacia límite Este del área de estudio el relieve recupera el nivel de 3800 m.

MAPA DE UBICACION



SIMBOLOGIA

-  RUTA 5 NORTE
-  ACCESO A PROYECTO
-  CAMINO SECUNDARIO



Fig. 1

El drenaje del área está controlado, principalmente, por quebradas de orientación E-W como las ya mencionadas, Quebrada Incahuasi en el centro del área y Quebrada Mocha en la parte sur. Aunque existen otros drenajes menores como la Quebrada la Leña y Quebrada del Puntigudo de orientación NNW.

II) OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es el estudio geológico básico del área con el fin de identificar y caracterizar la presencia de mineralización de interés económico en las áreas afectadas por la alteración hidrotermal.

III) MÉTODO DE TRABAJO

El método de trabajo incluyó la preparación de un mapa fotogeológico a escala 1:10.000, en base al cual se programó el trabajo de terreno.

Durante el trabajo de terreno se realizó el mapeo y muestreo, utilizando un mapa topográfico a la misma escala 1:10.000. Durante el mapeo geológico se definieron en base a sus características megascópicas textura, granulometría, composición mineralógica, color, las principales unidades litológicas del área.

También se puso énfasis en las características estructurales del área, por lo que además del mapeo general de afloramientos, se realizaron cinco perfiles de orientación E-W, separados aproximadamente 1,5 a 2 Km. entre sí.

De las muestras de rocas, se seleccionaron 21 para análisis químicos y 64 para cortes transparentes y pulidos. Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio ACME, utilizando en 12 muestras el método lixiviación ácida y se analizaron 31 elementos, mientras que en las 9 muestras restantes se realizaron análisis de roca total por el método ICP (Plasma por acoplamiento inductivo) y se analizaron 17 elementos.

Los estudios petrográficos se realizaron en el laboratorio de petrografía del Departamento de Geología y parte de ellos fueron estudiados por el Sr. Sidney Williams en Arizona, USA.

Los resultados se presentan en mapas de litología y alteración escala 1:20.000, como también en 2 perfiles esquemáticos E-W que integran las observaciones de 6 perfiles geológicos realizados en terreno.

IV) MARCO GEOLÓGICO

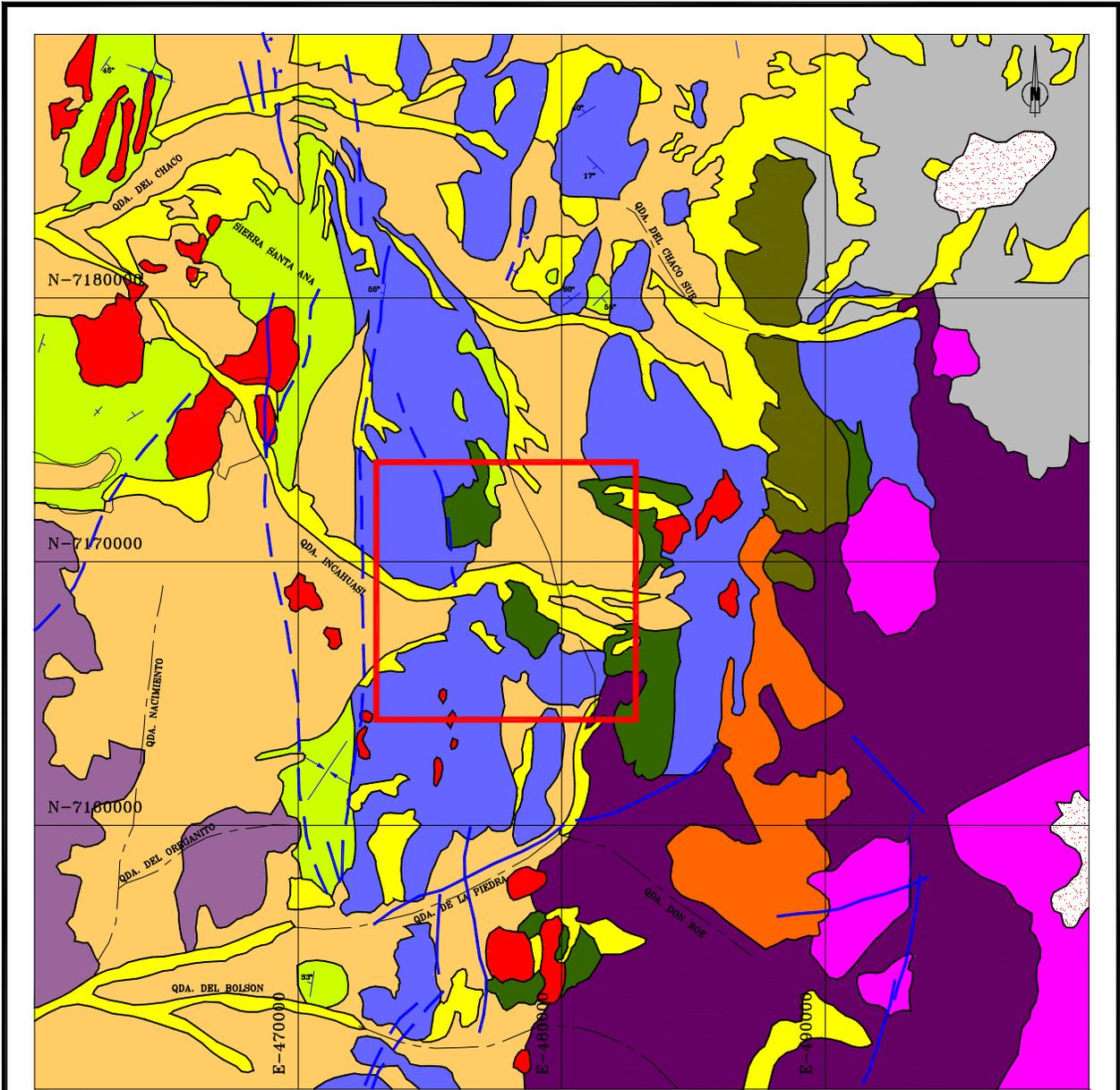
El área del prospecto está ubicada en el borde occidental de la Cordillera de Domeyko, el cual está constituido principalmente por rocas sedimentarias de origen marino, de edad triásica superior a cretácico superior y rocas volcánicas del Terciario.

Las unidades del mesozoico están plegadas, falladas e intruidas por granitoides. Las unidades volcánicas, más antiguas y de menor distribución areal que las unidades sedimentarias, son de edad carbonífera - pérmico a triásica. Las unidades volcánicas terciarias tienen una amplia distribución principalmente en el sector oriental (Fig.2).

La unidad estratigráfica más antigua es la Formación La Tabla (García, 1967) del Carbonífero - Pérmico y se distribuye al E del área de estudio, elongada en dirección N-S. Está compuesta por lavas riolíticas con brechas y lavas andesíticas subordinadas; pero también se incluyen en ésta unidad extensos afloramientos de granitoides y pórfidos riolíticos del complejo intrusivo Punta del Viento (Naranjo y Puig, 1984; Marinovic, et al. 1995). Su base es desconocida e infrayace en discordancia de erosión a las rocas de la Formación Quebrada del Salitre (Fig. 3).

La Formación Quebrada del Salitre (Naranjo y Puig, 1984) se distribuye al E y SE del área de estudio. En la Quebrada Agua de la Piedra (Fig.2) está constituida por una secuencia de areniscas, conglomerados y limolitas. Su edad es triásica superior evidenciada por su flora y fauna fósil. Esta formación infrayace concordantemente a las rocas de la Formación Profeta (Chong, 1973).

La Formación Profeta aflora en la parte central del área de estudio (Fig.2) donde está constituida por una secuencia de calcarenitas, calizas con intercalación de lutitas. En general, esta formación está compuesta por una alternancia de areniscas, conglomerados y calizas, con intercalaciones de niveles tobáceos.



L E Y E N D A

- DEPOSITOS MODERNOS (CUATERNARIO)
- GRUPO VOLCANICO INFIELES (MIOCENO)
- GRAVAS DE ATACAMA (TERCIARIO)
- GRUPO VOLCANICO CHACO (MIOCENO INFERIOR)
- IGNI-MBRITAS RIO FRIO, VICUÑAS (TERCIARIO MEDIO)
- FORMACION CHILE-ALEMANIA (TERCIARIO INFERIOR)
- PORFIDOS INCAHUASI (CRETACICO SUPERIOR)
- ESTRATOS EL ESTANQUE (CRETACICO SUPERIOR)
- FORMACION SANTA ANA (CRETACICO INFERIOR)
- FORMACION PROFETA (JURASICO)
- FORMACION QDA. DEL SALITRE (TRIASICO)
- FORMACION LA TABLA (PALEOZOICO)

SIMBOLOGIA

- SINCLINAL
- RUMBO Y MANTEO
- AREA DE ESTUDIO
- FALLAS

MINERA ORION CHILE LTDA.

BASADO EN CARTA GEOLOGICA N° 62-63 TAL TAL-CHAÑARAL

MARCO GEOLOGICO



Fig. 2

En los niveles superiores presenta horizontes yesíferos. Localmente presenta intercalaciones de niveles coquinoídeos finos, conglomerados pardo amarillentos. Su edad, evidenciada por su fauna fósil, es Hettangiano.-Kimmeridgiano (Naranjo y Puig, 1984); (Fig.2 y Fig.3).

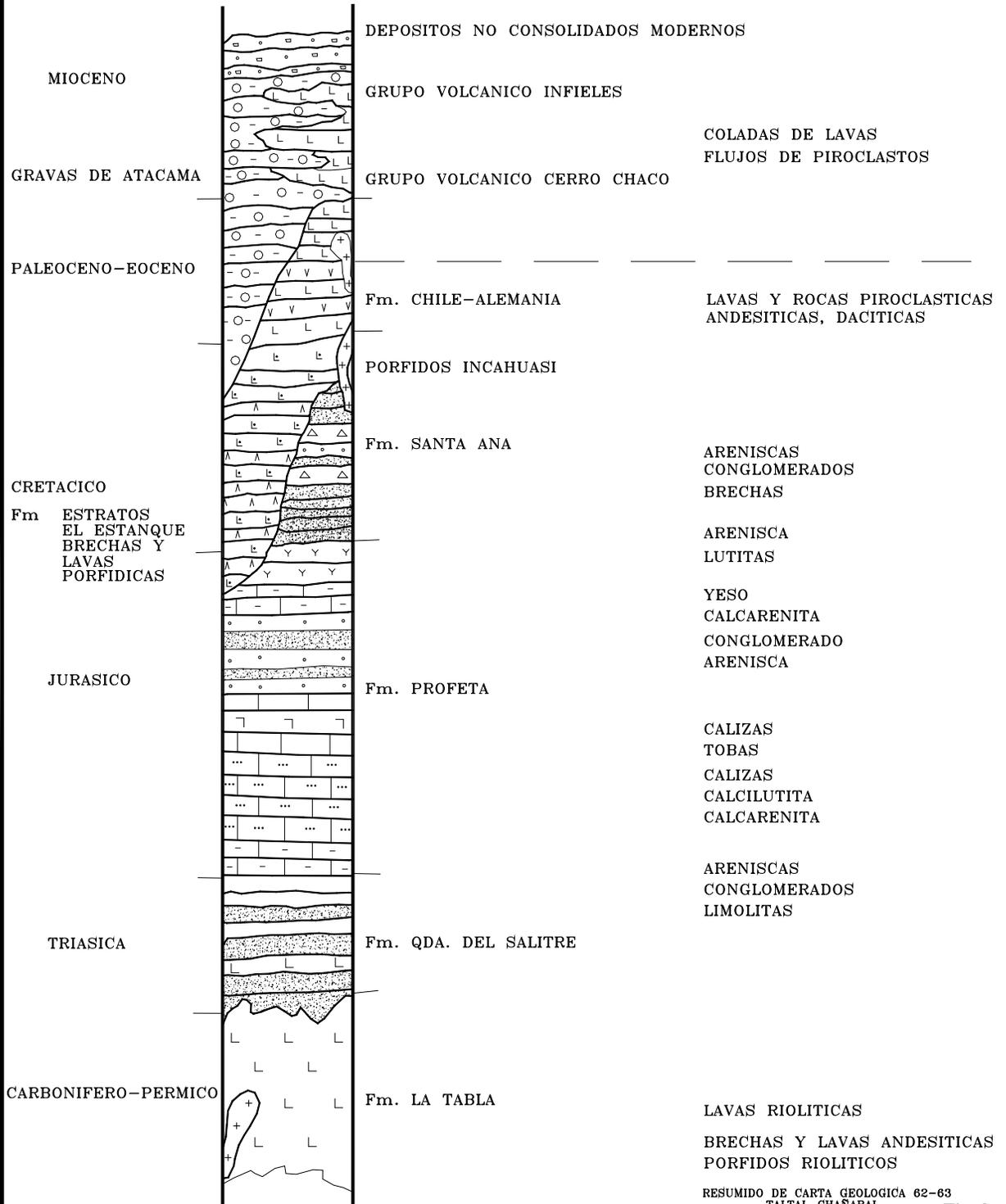
Estudios posteriores consideran que la parte alta de la formación Quebrada del Salitre alcanza hasta el Pliensbachiano inferior mientras que en la formación Profeta se incluyeron niveles terrígenos del Sinemuriano. Por lo tanto el quiebre estratigráfico no se produciría en el límite Tríasico-Jurásico, sino en el Pliensbachiano superior. Cuando las facies terrígenas dan paso a las facies marinas carbonatadas (Cornejo y Mpodozis, 1996).

La Formación Santa Ana (Naranjo y Puig, 1984) sobreyace en aparente concordancia a la Formación Profeta (Fig 2) se distribuye al S y NW del área de estudio, en la Sierra Santa Ana. Es una secuencia clástica marina con intercalaciones volcánicas andesíticas. Los niveles inferiores corresponden a una alternancia de lutitas y areniscas líticas, arcósicas de color gris verdoso. En los niveles superiores hay areniscas líticas con intercalaciones de brechas y conglomerados pardos rojizos. Su edad es Neocomiana, en base a la fauna fósil de los niveles inferiores de la Formación.

La Unidad Estratos El Estanque (Naranjo y Puig, 1984) sobreyace en discordancia de erosión y angular a las rocas sedimentarias de la Formación Profeta y Formación Santa Ana. Sin embargo hacia el norte del prospecto aflora como delgados y discontinuos parches sobre las capas plegadas de las formaciones Candeleros y Santa Ana (Mpodozis y Cornejo, 1996).

Está constituida por una secuencia de brechas, lavas porfíricas e intercalaciones de tobas asociadas espacialmente a diques y sill porfídicos de composición daciandesíticas, con edades entre los 72-65 Ma. Las brechas son de color gris verdoso con clastos angulosos de andesitas y matriz porfírica. Las lavas porfíricas son de color pardo rojizo oscuro y gris verdoso. Esta formación está cubierta en discordancia de erosión por las Gravas de Atacama (Fig.2 y Fig 3).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA MARCO GEOLOGICO



RESUMIDO DE CARTA GEOLOGICA 62-63
TALTAL-CHAÑARAL
SERNAGEOMIN

Fig. 3

La Formación Chile-Alemania (Chong, 1973) aflora al SW del marco regional y es un conjunto de rocas volcánicas que incluyen lavas, rocas piroclásticas de composición andesíticas a dacíticas y pórfidos subvolcánicos. Las rocas de esta formación sobreyacen en discordancia angular a la Formación Santa Ana e infrayace a las gravas de Atacama. Su edad es Paleoceno - Eoceno (Fig.3).

El volcanismo Oligoceno-Mioceno se distribuye principalmente al este del área de estudio. El grupo Volcánico Cerro Chaco está constituido por los volcanes cerro Dos Hermanos y Cerro Chaco; es el mayor centro volcánico del área. El grupo volcánico Infieles se ubica al SE del área, está formado por diferentes volcanes y coladas de lavas que se agrupan en los Domos Pereda, Volcanes Infieles I, II, III, IV. Estas unidades volcánicas cubren las formaciones Quebrada del Salitre, Profeta y Estratos El Estanque y se estima que su edad es Mioceno.

Las gravas de Atacama (Mortimer, 1973) son depósitos polimícticos de gravas de mala selección no consolidados, ocasionalmente cementados. Esta unidad cubre en discordancia angular y de erosión a las demás unidades preexistentes y en el sector oriental engranan lateralmente con los grupos volcánicos Chaco e Infieles.

Los depósitos modernos son depósitos aluviales y coluviales conformados por gravas, arenas y limos. Los coluvios se restringen a faldeos abruptos tanto en quebradas como cerros y están compuestos por clastos monomícticos de forma angulosas. Los aluvios forman en las quebradas pequeños abanicos y en las planicies los flujos aluviales distribuyen en forma extensa.

Las unidades intrusivas del área se reducen al pórfido Incahuasi, de composición diorítica, con variaciones granodioríticas y gabróicas. Afloran en los alrededores de la Quebrada Incahuasi, Sierra Santa Ana y Quebrada Carrizo, intruyendo diferentes unidades mesozoicas y son agrupados en intrusivos del Cretácico Superior-Eoceno (Boric et al., 1990); (Fig 2 y Fig 3).

V) GEOLOGÍA DEL PROSPECTO

V.1 .- Aspectos Generales:

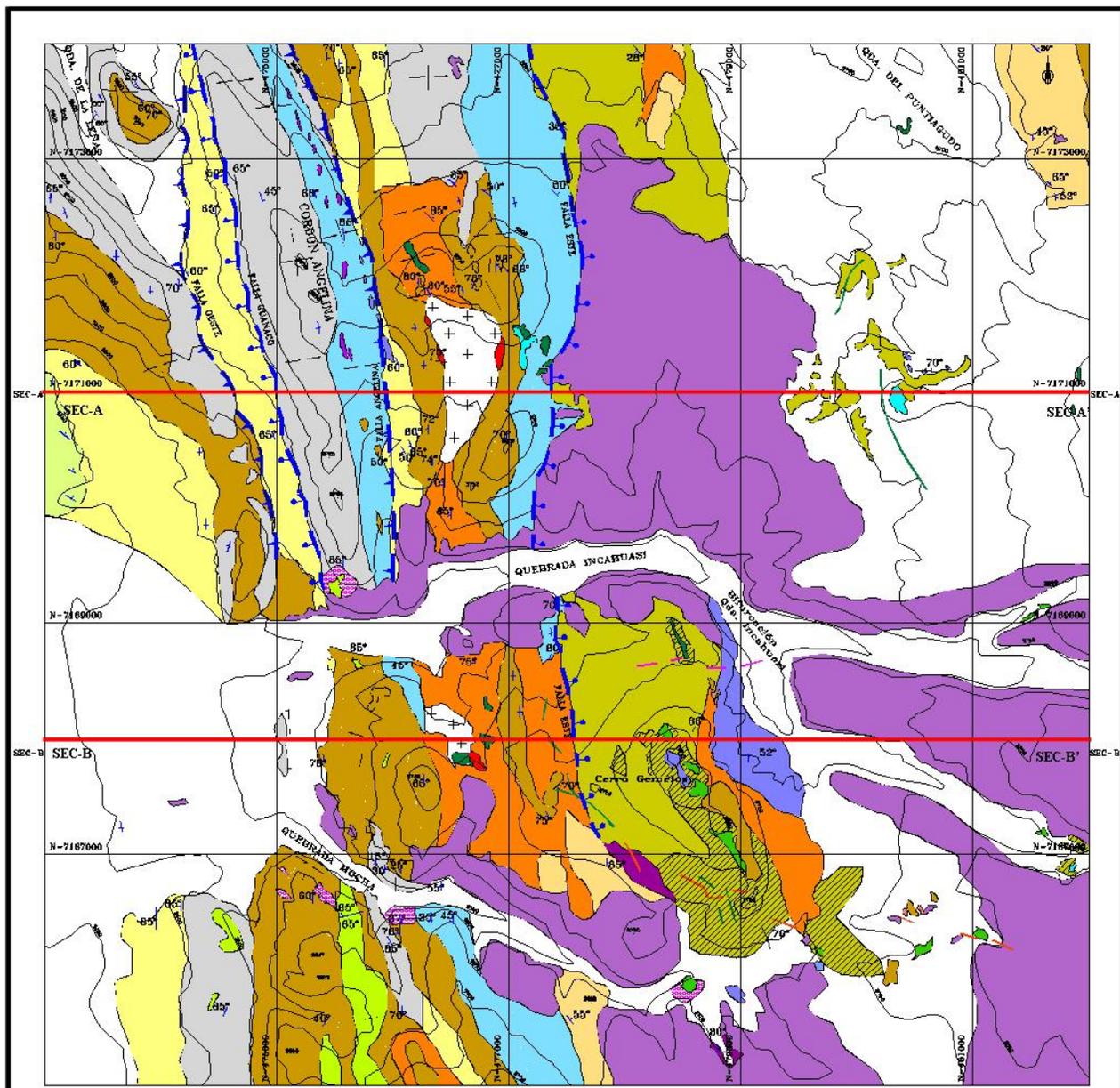
En el área del prospecto se reconocen diversas unidades litológicas, principalmente sedimentarias de origen marino, las cuales están intruidas por pórfidos dacíticos, diques andesíticos y riolíticos. Estas unidades se encuentran fuertemente plegadas en una secuencia de anticlinales y sinclinales con ejes orientados en dirección N-S y con los planos axiales levemente inclinados al W (Fig. 4).

Las unidades de rocas sedimentarias predominan en la parte occidental y central del área. Se distribuyen en forma elongada en dirección N-S y están compuestas por horizontes de yeso, arenisca, caliza, lutitas y calcarenita.

En la parte central y este del área se presentan extensas cubiertas con material volcánico y materiales no consolidados recientes, los que sobreyacen en discordancia a brechas, sedimentos y conglomerados.

Las unidades intrusivas y/o subvolcánica intruyen a los sedimentos en el sector central del área y los mayores afloramientos corresponden a intrusivos dacíticos, los cuales presentan brechas hidrotermales en sus contactos. Las otras unidades intrusivas corresponden a diques andesíticos y diques riolíticos con textura fluidal (Fig.2).

Las estructuras regionales, pliegues y fallas, presentan un desarrollo complejo; estudios anteriores (Naranjo y Puíg, 1984 ; Davidson y Godoy,1975 ; Carrasco et al., 1982) indican que al sur de la Quebrada el Chaco (ubicada al N del área de estudio), el Horst de la Cordillera de Domeyko desaparece como unidad estructural y se destaca el fallamiento inverso que pone en contacto a las rocas de la Formación La Tabla (Carbonífero - Pérmico) con las de las Formaciones Quebrada del Salitre, Profeta, Santa Ana y Estratos El Estanque (Cretácico Superior). Esto produce la formación de trenes de pliegues con planos axiales volcados al W, subparalelos a la fallas inversas (Naranjo y Puig,1984).



LEYENDA GEOLOGICA

T E R R A R I O		DEPOSITOS MODERNOS (GRAVA DE ATACAMA)	C R E T A C I O		DIQUE PORFIDICO FELDESPATICO
		LAVAS ANDESITICAS E IGNIMBRITAS			DIQUE ANDESITICO ALTERADO
		BRECHAS HIDROTHERMALES			DIQUE ANDESITICO
		BRECHAS AZULADAS			BRECHAS, CONGLOMERADOS Y ARENISCAS
		PORFIDO DACITICO			BRECHAS Y SEDIMENTOS VERDES
		DIQUE RIOLITICO			DIQUE PORFIDICO VERDOSO
J U R A S I C O		YESO	R O C A S V O L C A N I C A S		SEDIMENTOS FINOS
		ARENISCA GRIS-VERDOSAS			SILL RIODACITICO
		CALIZAS			ESTRATOS BASALTICOS
		CALIZAS / LUITITAS			
		CAL CARENITAS			
		ARENISCAS CUARCIFERAS			

MINERA ORION CHILE LTDA.
PROYECTO BARBARA
GEOLOGIA
 ESCALA 1 : 20000
 Fig. 4

	RUMBO Y MANTO
	SINCLINAL
	ANTICLINAL
	FALLAS DE RUMBO CON DESPLAZAMIENTO VERTICAL
	FALLAS NORMALES (INDICA BLOQUE HUNDIDO)
	FALLAS INVERSA (MUESTRA BLOQUE ALZADO)
	HALOS DE ALTERACION

Además al Norte y Sur del área de estudio la Formación Profeta presenta fuertes plegamientos, anticlinales, sinclinales con ejes paralelos de rumbo N-S y buzantes al N. Los anticlinales presentan pliegues parásitos de flancos paralelos en sus núcleos (Naranjo y Puig, 1984).

V.2.- Rocas Sedimentarias

Estas unidades han sido definidas en terreno en base a sus características principales como textura, composición mineralógica, color, granulometría y estructuras singenéticas como marcas de piso, laminación, espesores de los estratos. Las unidades clásticas de grano medio a fino se distribuyen principalmente en el sector W del área y presentan buenos afloramientos. Las unidades clásticas más gruesas se distribuyen en la parte central y este del área de estudio, pero sus afloramientos son escasos (Fig.4).

La columna estratigráfica (Fig.5) está constituida, de base a techo, por areniscas cuarcíferas, lavas basálticas, calcarenitas, calizas con intercalaciones de lutitas (sedimentos finos con pirita), calizas, areniscas gris verdosas, yeso, brechas y areniscas verdes, conglomerados y areniscas, lavas andesíticas e ignimbritas y rellenos recientes (Fig.5).

Las secuencias están plegadas y debido a la erosión de las zonas de Charnelas se presentan en secuencias homoclinales con manteo 60° - 85° W, en el sector W del área y con manteos de 85° - 70° al E, en la parte Central. En cambio en el sector oriental el manteo es 50° - 20° E en la secuencia de brechas y conglomerados.

En este informe las unidades sedimentarias están descritas según la secuencia estratigráfica de base a techo (Fig.5 y Fig.12, Fig 7).

V.2.1 .- Areniscas Cuarcíferas

Esta unidad presenta variaciones tanto de color como de granulometría varia. Se distribuye en el extremo NE del área de estudio donde la secuencia presenta los mejores afloramientos mientras que al sur tiende a desaparecer (Fig.4).

En general la unidad presenta espesores variables, difíciles de estimar, debido a su plegamiento. Su máximo espesor en superficie es, aproximadamente 500 m de ancho (Fig.4 y 12, Fig. 7). Esta unidad varia de grano grueso a medio, está compuesta por cuarzo y restos de feldespatos, cementados por sílice y material calcáreo que le dan un color gris a pardo rojizo; localmente se observan fragmentos redondeados de cuarzo.

Destaca en la parte media de la unidad un nivel de arenisca recristalizada, de color blanco de aproximadamente 50-70 m de potencia, en el cual los estratos, presentan espesores variables entre 20-50 cm.

La secuencia estratificada constituye un homoclinal con rumbo N10°W a NS y manteo entre 30° a 65° E (Fig.12).

En sus relaciones de contacto, en el sector NE del área no se observa la base de la secuencia, desconociendo sobre que se dispone pero se observa que infrayace concordantemente a calizas. Del mismo modo, hacia el Sur su base no está expuesta, pero infrayace concordantemente tanto a calizas con intercalaciones de lutita como a los sedimentos ricos en pirita. Localmente está cubierta en discordancia por la unidad volcánica de rocas basálticas y por las andesitas e ignimbritas del Terciario (Fig.4 y 12, Fig. 7).

Esta unidad en el extremo NE fue asignada por Mpodozis y Cornejo (1996), a las facies superiores del Tríasico Superior- Pliensbachiano Inferior, basada en su registro fosilífero.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y COLUMNAS DE BLOQUES ESTRUCTURALES DEL AREA

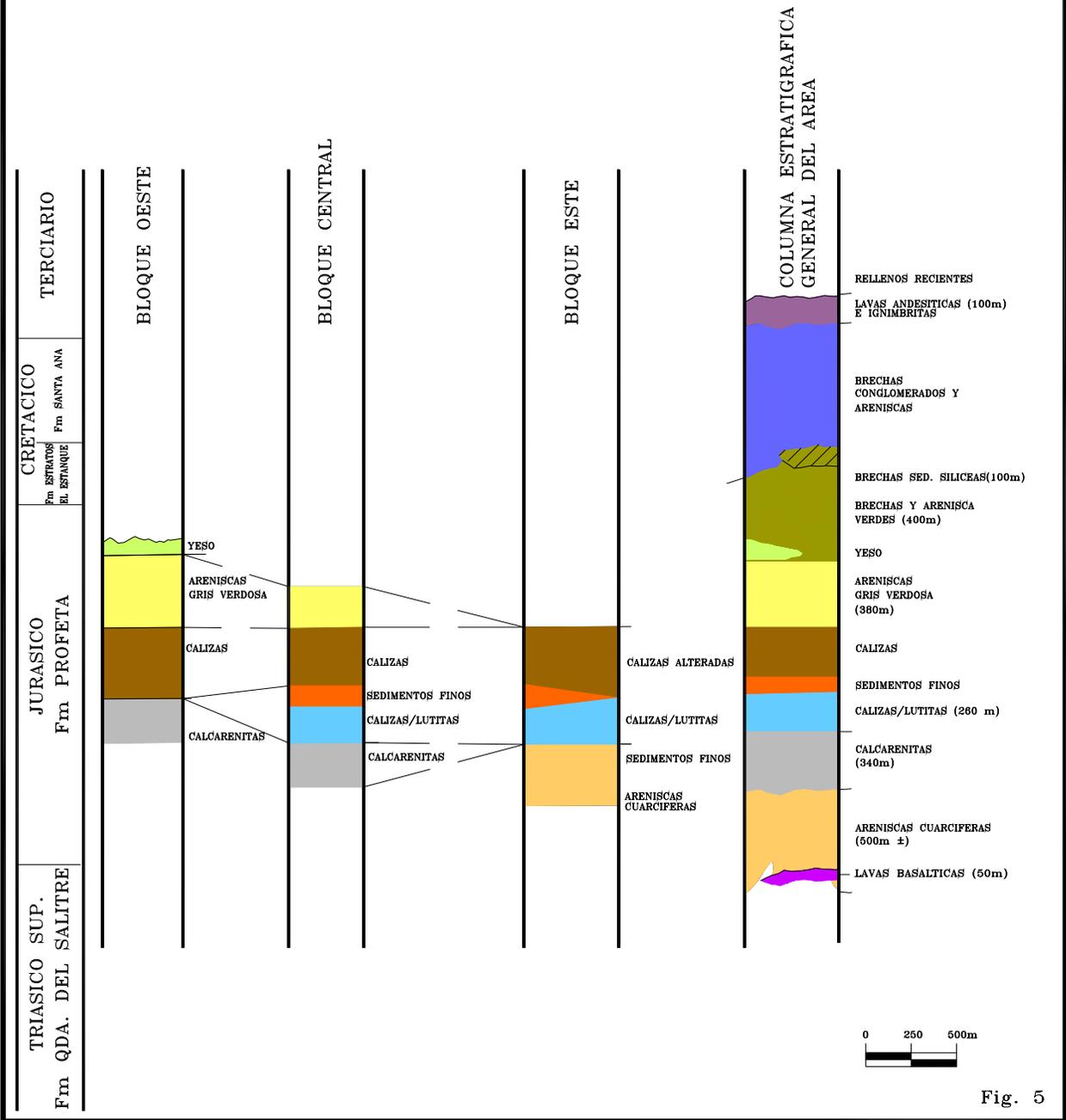


Fig. 5

V.2.2 .- Calcarenita

Aflora principalmente en el cordón Angelina, cortada por la Quebrada Incahuasi y reaparece en la Quebrada Mocha (Fig. 4).

La roca es de color gris, levemente silicificada, de granulometría variable de fino a grueso y con estratos de 25m de espesor. Otra característica distintiva es su laminación milimétrica, la cual facilita su fracturamiento, y sus pátinas de tonos claros y oscuros

En el cordón Angelina presenta un espesor de aproximadamente de 340m y las capas tienen un rumbo N20°W y manto 60°-85° SW, que llega a ser vertical en la parte superior de este cordón. (Fig.4, Fig 12 y Fig. 7).

Al Norte de la Quebrada Incahuasi infrayace concordantemente a las calizas con intercalaciones de lutitas y está en contacto por falla con las areniscas gris verdosas (Fig.5 y Fig 4). Al sur se observa escasos afloramientos de esta unidad, bastante erosionados, pero en la quebrada Mocha se observa que infrayace concordantemente a la unidad de calizas.

Esta unidad del prospecto es correlacionable con la unidad regional definida como parte basal de una secuencia sedimentaria que se distribuye entre Quebrada Sandón y Quebrada Incahuasi, donde presenta niveles intermedios de calizas amarillas y parte superior de calcilutitas, asignando esta secuencia al Bajociano-Caloviano (Mpodosis-Cornejo,1996).

V.2.3 .- Calizas con intercalaciones de lutitas.

Esta unidad presenta buenos afloramientos de calizas de color gris con intercalaciones de lutitas y areniscas de grano fino, de colores negros a gris oscuro, los cuales localmente están cubiertos por pátinas de óxidos de Fe. Estos afloramientos también contienen niveles negros bituminosos de pequeño espesor y marcas de piso o fondo.

Al N de la quebrada Incahuasi se distribuye en dos franjas paralelas de orientación NS, mientras que al S de la misma se presenta en forma discontinúa. Los mejores afloramientos se ubican en la Quebrada Incahuasi (Fig.4 y Fig 12). En base a los perfiles, mapas y datos de terreno se estima un espesor aproximado de 260m para ésta secuencia (Fig.5, Fig.12 y Fig.13).

En el Cordón Angelina la secuencia está compuesta por calizas de color gris, con estratos de espesores de 20-80 cm y con intercalaciones de lutita de 10-20 cm de potencia. Estos niveles de lutita son de grano muy fino con laminación submilimétrica de tonos claros y oscuros. En la laminación clara predomina un agregado granular de fragmentos angulosos y subredondeados de calcita de tamaño menor a 0,02 mm, cementados por una masa arcillosa, mientras que en la laminación oscura predominan granos de cuarzo y plagioclasa de forma angulosas, pero también cementados por material arcilloso.

En la parte inferior de la secuencia presenta un nivel de toba y otro de calizas negras con múltiples venillas de calcita y cuarzo.

La secuencia en general es homoclinal inclinada al W, aunque presenta cambios locales en el manto (Fig.7).

Esta unidad, al N de la Quebrada Incahuasi, sobreyace concordantemente a la calcarenita (Fig.12, Fig.13 y Fig.7). En tanto que al sur de la Quebrada Incahuasi infrayace concordantemente a sedimentos finos con pirita y sobreyace a las areniscas cuarcíferas (Fig. 7).

Regionalmente esta unidad se acuña hacia el oeste entre la calcarenita y calizas, hecho observado también en el prospecto (Fig. 5), más su acuñamiento en calizas hacia el Sur de Quebrada Pereda, observado por Mpodozis y Cornejo (1996), permiten inferir una edad Bajociano – Bajociano Superior para esta unidad.

V.2.4 .- Calizas

Constituye la litología de mayor distribución areal y se presenta con diferentes características, por ejemplo alteradas, metamorfizadas y brechizadas.

Los mejores afloramientos se encuentran ubicados en la parte Oeste y Central del área, donde presentan estratos de espesores variables entre 20 cm a 30 m de potencia.

En general, su textura es grano medio a fino, compuesto por cristales de calcita y fragmentos de feldespatos subordinados, ellos se encuentran unidos por fino cemento calcáreo. Presenta una pátina característica de color pardo-amarillento y en fracturas frescas es de color gris. En forma tardía es cruzada por venilleo de calcita cristalina.

En sus variedades se puede mencionar:

Las calizas metamorfizadas tienen un color variable de gris oscuro a pardo rojizo en forma superficial y gris claro a blanco en superficie fresca. Su textura presenta localmente un esqueleto blanquecino en parte calcificado; las cavidades de este esqueleto están rellenas por material pulvurulento arcilloso o calcáreo y tardíamente es cruzada por múltiples venillas de calcita con espesores variables de cm a mm, orientadas aleatoriamente.

Localmente la roca presenta zonas oscuras con minerales opacos, probablemente óxidos de hierro, diseminado en un material argílico - calcáreo.

Estas calizas afectadas por metamorfismo se distribuyen en torno al pórfido dacítico y continúan hacia el sur de la quebrada Incahuasi. Diópsido, vesuvianita, granate, wollastonita son los minerales de metamorfismo más frecuentes. El diópsido se presenta alterado, en distintos grados a calcita –prehnita (Fig. 4 y Fig.12).

Las calizas brechizadas presentan estratos deformados y constituidos por clastos calcáreos contenidos en una matriz de yeso y calcita blanquecina. Estos estratos además son cortados por múltiples venilleo de calcita-yeso y venillas de sílice en forma subordinada.

Esta unidad está espacialmente relacionada a las calizas metamorfasadas y sedimentos finos con pirita, sin embargo sus afloramientos relictos son escasos y pequeños.

Las calizas azuladas es una variación de textura porosa, probablemente producto de una decalcificación. Estos poros presentan un esqueleto silíceo de color gris azulado en los bordes y un relleno central de calcita blanquecina. Con afloramientos extensos y continuos esta unidad se relaciona espacialmente tanto a las calizas con intercalaciones de lutitas como a las calizas brechizadas, en ambos lados de la Quebrada Incahuasi.

Las calizas negras corresponden a una roca de grano medio a fino cementados con calcita recristalizada y cortado por un venilleo de calcita cristalina orientado aleatoriamente. Esto hace de ella una roca friable. Además la erosión y meteorización producen un alisamiento de la superficie gris oscura de las rocas, dándole un aspecto masivo y de formas subredondeadas. Estas calizas se distribuyen en franjas de dirección NS a NW en la mitad occidental del área de estudio.

En General, los estratos presentan rumbos aproximadamente NS con variaciones de 10° - 15° hacia el NE o al NW. Los manteos son verticales a subverticales con inclinación tanto al W como al E.

Al N de la Quebrada Incahuasi, las calizas infrayacen, en aparente concordancia, a la

arenisca gris verdosa y sobreyace localmente a las areniscas cuarcíferas (Fig 5 y Fig 7). Sin embargo, al sur de la Quebrada Incahuasi, sobreyace localmente a los sedimentos finos con pirita y la secuencia de calizas-lutitas.

Esta unidad coincide en características y espacialmente con una unidad asignada por Mpodozis y Cornejo (1996) a los períodos Bajociano Superior- Caloviano.

V.2.5.- Areniscas Gris Verdosa

Esta unidad se caracteriza por su color gris verdoso a pardo amarillento (Fig.12) fuertemente meteorizada y erosionada. Aflora principalmente en el sector oeste del área de estudio y se desarrolla en franjas elongadas en dirección NS, sin embargo sus afloramientos son interrumpidos por la Quebrada Incahuasi para reaparecer en el límite Sur del área.

Las areniscas de colores gris verdoso, está constituida por granos de cuarzo y fragmentos angulosos y subangulosos de feldspatos, de tamaño medio a fino, que representan aproximadamente el 50% de la roca. Estos granos están unidos por un cemento calcáreo y arcilloso, localmente cubierto por patina de óxidos de Mn. Además, presenta venilleo de 0,8 mm de espesor con cuarzo en los márgenes y calcita en el centro.

En la base de la ladera W del Cordón Angelina, la secuencia tiene, aproximadamente, 380m de espesor. Los estratos presentan espesores variables, no mayores a 1 m y tienen una laminación milimétrica. (Fig.12 y Fig.7).

En el límite oeste del área de estudio los escasos afloramientos indican una variación de rumbo N10-40° W con manteo 60° W, variando hacia el E hasta llegar a disponerse en forma subvertical, pero con rumbo NS (Fig.12 y Fig.7).

Las relaciones de contacto de ésta unidad varían localmente, por ejemplo en el sector

Oeste, al N de la Quebrada Incahuasi, infrayace a niveles yesíferos en aparente discordancia angular y sobreyace a las calizas puras en aparente discordancia angular. También localmente está en contacto por fallas con calcarenitas.

Al sur de la Quebrada incahuasi sobreyace, en aparente concordancia, a las calcarenitas.

Este nivel podría correlacionarse al engrane lateral NS que ocurre entre las calizas y calcarenitas (Mpodozis y Cornejo, 1996) y que en el área se dispone sobre las calizas e infrayace a los niveles yesíferos, acuñándose hacia el este. En base a estas relaciones su edad podría ser Caloviano-Oxfordiano.

V.2.6.- Yeso

Esta unidad yesífera es de color blanco a gris claro con su característica plasticidad y casi nula consistencia (se disgrega al apretarla con la mano).

Se ubica en el límite oeste del área de estudio, al N de la Quebrada Incahuasi, se presenta en estratos de espesor variable de 10-50 m. Es este sector donde presenta los mejores afloramientos, la roca aún mantiene leve consistencia y el yeso constituye un agregado fino de cristales aciculares de tamaño centimétrico

Esta unidad sobreyace a la arenisca gris verdosa y también se encuentra intercalada en esta unidad. Su techo está cubierto por gravas y material reciente. (Fig. 4, 5 y 12).

También se distribuye entre Quebrada Sandón y Quebrada Incahuasi, donde estos niveles de yeso presentan estructuras diapíricas y son ricos en fauna fósil del período Oxfordiano

V.2.7.- Brechas y Sedimentos Verdes

Esta secuencia se caracteriza por una alternancia de areniscas, grauvacas y brechas sedimentarias de color verde claro. Estas rocas presentan poca consistencia, y una textura clástica gruesa a fina.

Se distribuye principalmente en el sector este del área de estudio. Con escasos afloramientos en el límite norte, debido a la fuerte meteorización, erosión de los estratos y a la cobertura de rocas volcánicas. Sin embargo inmediatamente al sur de la Quebrada Incahuasi la secuencia presenta los mejores afloramientos, donde forman suaves lomas y pequeños cerros.

Al sur de la Quebrada Mocha esta unidad no aflora. Sólo rodados indican la presencia de ella bajo la unidad de andesitas e ignimbritas (Fig. 4 y 12)

En el límite N del área de estudio los afloramientos de la secuencia corresponden a brechas y grauvacas de color gris verdoso, verde y pardo amarillento.

Brechas con matriz de calcita equigranular presentan intercalaciones de sedimentos con fragmentos de rocas andesíticas, fragmentos de cristales como plagioclasa, cuarzo, de tamaño variables. Presenta granos orientados, paralelos a la estratificación. Este sedimento clástico tiene la siguiente composición: Calcita 34%, oligoclasa 53%, cuarzo 6%, sericita 3%, goethita 4% (S. Williams, 1992).

Localmente, la secuencia presenta una alternancia de brechas, microbrechas y areniscas. Las brechas intercaladas en esta zona presentan clastos de sedimentos alterados, con una matriz arenosa que corresponde aproximadamente al 65% de la roca y además presenta granos de cuarzo unidos por cemento silíceo y calcáreo. En las partes calcáreas se forman zonas de color pardo rojizo producto de la oxidación.

La arenisca es de grano fino y predominan los granos de cuarzo angulosos y restos de plagioclasa. Los granos de cuarzo constituyen bandas paralelas a la estratificación, mientras que la plagioclasa ha sido reemplazada por caolinita, formando una pasta uniforme como el cemento de una roca. Algunas de las fracturas han sido rellenadas por goethita. Su composición es caolinita 53%, plagioclasa 29%, calcita 4%, cuarzo 10%, goethita 4% (S. Williams, 1992, Com. Escrita).

La secuencia de areniscas y brechas se caracteriza por la alternancia de estratos con diferente granulometría y sus espesores variables desde 0,5 a 20 m, el espesor total de esta unidad es aproximadamente de 400 m (Fig.12)

Al Norte de la Quebrada Incahuasi, la secuencia de areniscas y brechas presenta rumbos N35°W y manto 33° SW. Variando el rumbo y dirección del manto hacia el E del área, donde los estratos presentan rumbo N60°W y manto 37° NE. Inmediatamente al sur de la Quebrada Incahuasi tiene rumbo NS con manto vertical; mientras que hacia el este las brechas y areniscas, aunque muy meteorizadas presentan rumbo N5°E y manto 70°E.

Las relaciones de contacto indican que al N de la Quebrada Incahuasi, la secuencia de areniscas y brechas está en contacto por falla con la secuencia de calizas y lutitas. Localmente, sobryace en discordancia de erosión a los sedimentos finos con pirita y arenisca cuarcíferas. Al sur de ésta quebrada la secuencia se dispone en contacto por falla con los sedimentos finos con pirita. (Fig.12 y Fig.7).

En toda el área subyace localmente a la secuencia de conglomerados y areniscas, pero en general está cubierta por depósitos volcánicos terciarios.

Esta unidad es correlacionable a la parte inferior del miembro superior de la Formación Santa Ana, donde la secuencia contiene brechas con clastos de lavas andesíticas observadas también en esta unidad del prospecto.

V.2.8 .- Brechas, conglomerados y areniscas

La unidad está compuesta, principalmente, por conglomerados de color verdoso a pardo rojizo con bolones de diferentes tamaños y niveles intercalados de arenisca de grano medio.

Aflora en el sector este, en la bifurcación de la Quebrada Incahuasi (Fig. 12), aunque presenta afloramientos menores, aislados y meteorizados al norte de dicha quebrada.

En la bifurcación de la Quebrada Incahuasi la unidad está formada por gruesos niveles de conglomerados, de espesores variables mayores a 1 m y con intercalaciones de arenisca de espesores menores a 1m.

Los conglomerados presentan bolones de composición calcárea, de color verdoso a gris, medio con formas ovoladas a subredondeados, semiorientados en la misma dirección de los planos de estratificación. Su tamaño y forma indican un transporte moderado, destacando en los bolones zonas silicificadas y zonas sericitizadas con ojos de cuarzo y calcedonia.

La matriz del conglomerado es arenosa de grano grueso a medio y su color es verdoso aunque, localmente, tanto los bolones como la matriz tienen una pátina de color morado probablemente de óxidos de hierro.

Las intercalaciones de arenisca son de color verde y de grano grueso, fuertemente fracturadas y con relleno de limonita, jarosita y calcita. La arenisca es similar a la matriz de los conglomerados, como también son similares a las areniscas de la unidad descrita antes formada por brechas y areniscas.

En la ladera NE del cerro Gemelos ubicado en el brazo sur de la bifurcación se puede estimar el espesor de la secuencia en 400-500 m (Fig.12 y Fig.7).

Las relaciones de contacto de esta unidad de brechas y conglomerados indican que al norte de la quebrada Incahuasi, infrayace en discordancia angular y de erosión a lavas andesíticas terciarias y depósitos modernos, pero sobreyace a la secuencia de brechas y areniscas verdes en aparente concordancia, lo cual se repite al sur de la quebrada Incahuasi (Fig.12 y Fig.7).

Esta unidad más gruesa es correlacionable a la parte alta del miembro superior de la Formación Santa Ana, basado en el tipo de conglomerados pardo rojizo observados en el prospecto y que también fueron descritos en este miembro por Mpodozis y Cornejo (1996).

Estas dos últimas unidades sedimentarias clásticas presentan una asociación de facies, que indicarían una depositación de ríos trenzados en una llanura aluvial (Mpodozis y Cornejo, 1996).

Ambas unidades en base a la posición estratigráfica y litofacies son correlacionables a la Formaciones Quebrada Monardes o Agua Helada de la región de Potrerillos - La Coipa y por lo tanto atribuibles al Cretácico Inferior (Mpodozis y Cornejo, 1996).

V.3 .- Rocas Volcánicas y Subvolcánicas

En el área destacan tres unidades de origen volcánico de las cuales una de ellas es un sill de color blanco, intercalado en la secuencia de calizas y lutitas.

Un segundo sill de composición basáltica se presenta en la parte central y sur del área, pero su naturaleza es incierta, ya que puede ser de carácter intrusivo o extrusivo.

El tercer tipo es de carácter extrusivo y sedimentario con mayor distribución areal y corresponde a lavas andesíticas e ignimbritas de edad Terciaria (Fig. 4 y 12)

V.3.1 .- Sill Riódacítico

Se caracteriza por su color blanco y su textura porfídica, con fenocristales visibles de plagioclasa y biotita, localmente alterada por procesos supergénicos. Esta unidad aflora al norte de la quebrada Incahuasi, en el cordón Angelina, intercalada en la secuencia de calizas y lutitas.

La roca es porfídica, constituida por fenocristales de plagioclasa y biotita, ojos de cuarzo, minerales opacos contenidos en una masa fundamental de textura intersectal, formada por láminas de plagioclasa distribuidas entre vidrio y sílice lo cual representa un 55% de la roca. Los fenocristales de plagioclasa representan el 20% de la roca, son subhedrales de tamaño menor a 2 mm y están alterados en parte a sericita y calcita. Los fenocristales de biotita están sericitizados con un tamaño submilimétrico y representan un 8 a 10 %, además contiene un 5% de ojos de cuarzo y otro 5% son minerales opacos. Los análisis químicos indican un contenido de aproximadamente, un 67 % peso de SiO_2 .

La potencia de esta unidad varía de 10 a 50 m y se van acuñando antes de la Quebrada Incahuasi.

Esta unidad mantiene el rumbo de la secuencia de calizas y lutitas de $\text{N}10^\circ$ a 15°W y manteo 80° a 85°SW , sin embargo al N del portezuelo de los cordones Angelina y EW está deformada de manera similar a las rocas calcáreas. (Fig.12).

Este cuerpo intrusivo se emplaza paralelo a la falla Angelina o falla Incahuasi de Mpodozis y Cornejo (1996). Y tiene una datación radiométrica K-Ar en biotita entregó una edad de $32,7 \pm 1,1$ Ma; comparable con las edades de intrusivos dacíticos del proyecto Exploradora (Fig.6)

V.3.2 .- Estratos Basálticos

Esta unidad se caracteriza por su color gris azulado, con fenocristales de color pardo rojizo, los cuales tienen un tamaño milimétrico. Los tonos de color de la roca varían localmente a un azul metálico.

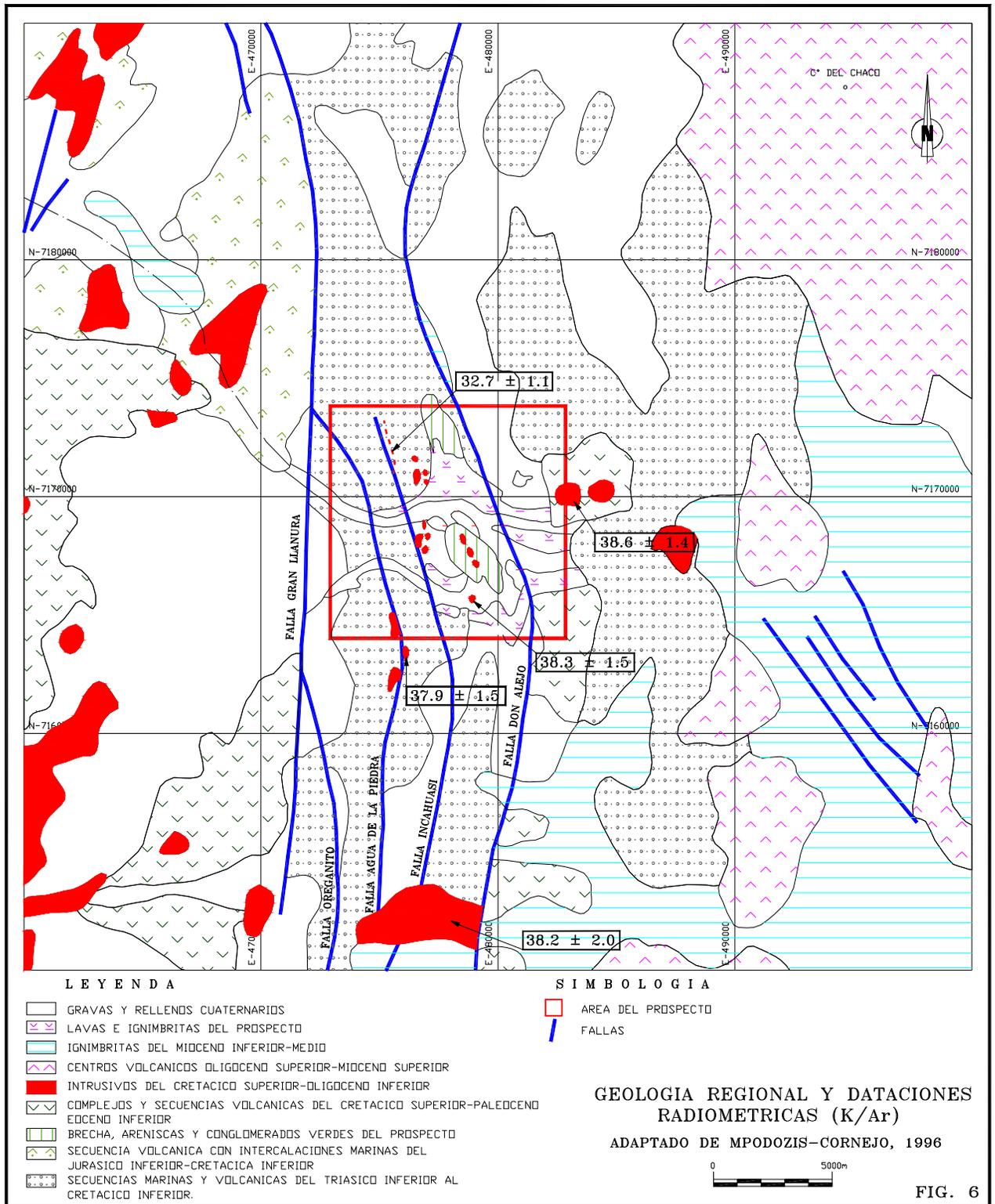
Sus afloramientos son escasos y se encuentran muy fracturados y meteorizados. Su distribución ocurre al sur de la Quebrada Incahuasi.

Los estudios petrográficos (S. Williams, 1992, Com. Escrita) indican que su textura es porfídica, fluidal y su composición es basáltica. Esta constituida por numerosos fenocristales de olivino bien formados. La matriz presenta una textura de flujo con alineamiento de microlitos de plagioclasa y con pequeños granos de magnetita, ilmenita y apatito como minerales accesorios. La plagioclasa tiene trazas de sericita y además hospeda augita en espacios intersticiales, esta última se encuentra alterada a calcita y dellesita.

La hematita secundaria es abundante y es producto del reemplazo de la magnetita. Sus espesores no se pueden estimar por la mala estratificación, pero se puede observar en los afloramientos aislados que los estratos están orientados en dirección NW.

La unidad de basaltos se dispone en el sector central, en aparente discordancia de erosión bajo la secuencia de brechas y sedimentos verdes. Al sur cubre en aparente discordancia a las areniscas cuarcíferas.

Al sur de la Quebrada Mocha infrayace discordantemente a las areniscas intercaladas en conglomerados verdes y también infrayace localmente en discordancia de erosión a las lavas andesíticas Terciarias. (Fig. 4 y 12)



Estos estratos son afloramientos relictos de coladas de basaltos descritas por Mpodozis y Cornejo (1996) en las asociaciones superiores del Triásico Superior-Sinemuriano, cuya distribución abarca desde la Quebrada Chaco Sur y Agua de la Piedra, ubicadas al Norte y Sur del área del prospecto respectivamente.

Esta unidad forma parte de una secuencia con dos niveles estratigráficos que reflejan etapas sucesivas en la evolución de una cuenca extensional asociada a un volcanismo bimodal en parte submarino (Mpodozis y Cornejo, 1996).

V.3.3 .- Lavas Andesíticas e ignimbritas

Las características de esta unidad son sus afloramientos que constituyen extensas cubiertas sobre los 3770 metros de altura. En el sector este del mapa la roca es maciza, fracturada en grandes bloques, mayores a 5 m y su color varía de negro a pardo rojizo oscuro con textura porfídica.

En el sector central del área de estudio, en las quebradas menores, la roca está muy fracturada y debido, probablemente, a la meteorización presenta un color rosado con una textura porosa y oquedades de mayor tamaño.

Esta unidad extrusiva se distribuye ampliamente en los bordes de las Quebradas Incahuasi y Mocha con buenos afloramientos de 20 a 50 m de espesor. Sin embargo en la quebrada del Puntiajudo solo se observan afloramientos aislados.

La roca muestra una textura porfídica y composición andesítica. Está constituida de fenocristales de plagioclasa, de tamaño menor a 1,5 mm y también presenta fenocristales de olivino de tamaño más pequeño. Todos ellos contenidos en una masa vitrofídica que además contiene minerales opacos de tamaño menor a los olivinos y distribuidos aleatoriamente en ella.

Las lavas se disponen en la parte central, discordante sobre la secuencia de brechas y areniscas verdes y las unidades sedimentarias calcáreas.

Pero en la quebrada del Puntigudo sobreyacen discordantemente a brechas, conglomerados, y areniscas verdes, ocurriendo lo mismo en todo el sector oriental hasta el brazo sur de la Quebrada Incahuasi. En general infrayace a las gravas de Atacama (Fig. 4 y 12).

En base a la composición de las lavas andesíticas y su relación espacial con el Cerro El Bolsón, se puede correlacionar parte de esta unidad con la fase Bolsón I. Esta es la de mayor volumen cercana al área del prospecto y compuesta por lavas andesíticas con fenocristales de plagioclasa, hornblenda, clinopiroxenos y trazas de olivino. Edades radiométricas K-Ar en anfíbolos indican $18,6 \pm 3,4$ Ma (Mpodozis y Cornejo, 1996).

Las zonas ignimbríticas pueden correlacionarse a las ignimbríticas Llanos de las Vicuñas que es una extensa unidad de tobas dacíticas que cubren y rodean a las lavas del Cerro Bolsón fase I. La edad de estas ignimbríticas es de $17,7 \pm 1,5$ Ma, (K-Ar roca total, Mpodozis y Cornejo, 1996).

V.4.- Rocas Intrusivas

En el área afloran diversas unidades intrusivas de composiciones andesítica, dacítica y riolítica.

Los intrusivos de composición andesítica corresponden a diques, con grado variable de alteración, estos intruyen, generalmente, a rocas sedimentarias de la parte central y este del área comprendida en el mapa (Fig.4 y Fig. 12).

Los intrusivos de composición riolítica al parecer corresponden a un sólo cuerpo que cruza la zona con dirección NW-SE, intruyendo a varias unidades.

Finalmente, los intrusivos dacíticos corresponden a pórfido, los cuales intruyen a los sedimentos finos con pirita al N y S de la quebrada Incahuasi.

V.4.1 .- Diques Andesíticos

Esta unidad intrusiva se caracteriza por sus afloramientos de color negro a gris verdoso, con fenocristales de plagioclasa, biotita y piroxenos como minerales máficos. Los fenocristales de plagioclasa están alterados y otras veces entrecrecidos con cuarzo, pero de un tamaño menor a 2 mm. Los fenocristales de biotita son subhedrales de tamaño menor al mm.

Ellos están contenidos en una masa fundamental con textura ortofídica a vitrofídica que contiene cuarzo y feldespatos entrecrecidos. Además, localmente la masa fundamental contiene cristales de pirita, de color amarillo, de tamaño menor a 1 mm y se encuentra diseminada y a veces rellenando espacios. La pirita representa aproximadamente 3 a 5 % de la roca.

Alrededor de los diques se generan zonas brechizadas, de color verdoso. Las brechas presentan clastos angulosos de color gris verde oscuro, los cuales están contenidos en una matriz similar a la masa fundamental de los diques, pero de granulometría más fina.

Los diques andesíticos cortan a las secuencias sedimentarias y están orientados en dirección NS, con espesores variables entre 1 y 5 m (Fig.12).

La edad de estos diques es difícil de precisar; sin embargo en consideración a sus relaciones de corte, intruyen a las brechas y areniscas verdosas, sin embargo no intruye a las lavas andesíticas. Por lo tanto su edad relativa sería al menor a 18 Ma (Fig. 4 y 12).

V.4.2 .- Diques andesíticos alterados

Estos cuerpos intrusivos de composición andesítica, afloran al sur de quebrada Incahuasi y se caracterizan por su variación de color. Presentan en los bordes externos un color gris medio, con pátina pardo rojiza, en la superficie y en las zonas internas la roca es de color gris medio a blanco, moderadamente silicificada. Alrededor de sus afloramientos se produce una brechización y/o alteración de los sedimentos.

La textura de la roca es porfídica, con fenocristales de plagioclasa levemente sericitizados. La masa fundamental es ortofídica pero, localmente, predominan los granos de cuarzo cristalino de tamaño aproximado de 0,1 mm; destacando la presencia de pirrotita relleno de cavidades de formas irregulares, aunque también se distribuye en la masa fundamental con algo de pirita.

En las partes internas del dique los fenocristales de plagioclasa no están alterados y, además, presenta algo de cuarzo subordinado. La roca también presenta cavidades rellenas con calcita y sericita, pero en algunos casos sólo la calcita rellena totalmente estas cavidades.

Los análisis químicos indican 59 % y 60 % en peso de SiO_2 y contenidos de Fe_2O_3 de 6% y 5,7% respectivamente.

Uno de los afloramientos del dique andesítico alterado, ubicado en la quebrada Mocha, fue datado en $38,3 \pm 1,5$ Ma (K-Ar en roca total, Mpodozis y Cornejo, 1996). Este junto a otro afloramiento ubicado en la Quebrada Mocha y el pórfido dacítico ubicado al Norte de Quebrada Incahuasi son incluidos en la misma unidad por Mpodozis y Cornejo (1996); (Fig.6).

V.4.3 .- Dique Porfídico feldespático.

Esta unidad presenta una textura porfídica compuesta por fenocristales de plagioclasa blancos y euhedrales, de tamaño variable entre 1 a 2 mm, contenidos en una masa fundamental, afanítica de color verde oscuro.

Aflora al sur de la Quebrada Incahuasi, orientado en dirección EW, (Fig.12), con un espesor variable entre 5 a 10 m, con rumbo EW y manto vertical.

Las relaciones de contacto indican que su edad es cretácica superior a terciaria inferior ya que no intruye a las lavas andesíticas.

V.4.4 .- Diques porfídicos verdosos

Esta unidad constituye la de mayor expresión entre las unidades intrusivas en la parte SW del área. Se presenta orientada en dirección NS y se caracteriza por su color, verde muy similar al dique porfídico fedespático, pero presenta fenocristales de menor tamaño y algo de pirita y pirrotita diseminada.

Su composición es andesítica, con cuarzo, feldespatos, algo de biotita y piroxenos en forma subordinada. Presenta apófisis, de pequeño tamaño, que intruyen a las calizas metamorfisadas, generando un halo de alteración de color blanco y azul claro de formas subcirculares (Fig.12).

La textura es porfídica, con fenocristales de plagioclasa An (40), parcialmente reemplazados por calcita y epidota. Estos fenocristales tienen un tamaño menor a 1 mm y representan un 20% del volumen total de la roca. Los fenocristales de biotitas son de color gris verdoso, de tamaño menor a 0,5 mm y están parcialmente reemplazados por clorita y/o epidota. Los minerales opacos son magnetita y se distribuyen relacionadas a zonas alteradas de color pardo rojizo, representando un 10% de la roca que, además, presenta una masa fundamental color verdoso con textura intersectal, con láminas de plagioclasa entrecrecida con vidrio y cuarzo.

Este dique porfídico es incluido por Mpodozis y Cornejo (1996) en el grupo de intrusivos hipabisales de la faja plegada y corrida de Sierra Exploradora emplazados entre el Eoceno superior-Oligoceno inferior (38-37 Ma). Estos corresponden a pequeños cuerpos intrusivos subvolcánicos de pórfidos andesíticos emplazados a lo largo de fallas inversas, en este caso Falla Agua de la Piedra (Fig.6).

V.4.5 .- Pórfidos Dacíticos

Estos intrusivos son los de mayor tamaño del área. Son de color blanco, con leves tonos rosados y pardo rojizo. Generalmente están muy alterados y aunque no presenta mineralización visible son tratados en forma extensa en el capítulo de alteración y mineralización.

Su composición química indica un contenido de 70-75 % en peso de SiO_2 , pero considerando sus características mineralógicas ha sido considerado como un pórfido dacítico.

Existen dos afloramientos mayores, en el área, ubicados al N y al S de la quebrada Incahuasi; ambos tienen forma elongada en dirección NS. Su composición corresponde a 30 % de feldespato, 10% de cuarzo, 10% de fenocristales sericitizados, contenidos en una masa fundamental ortofídica que representa un 50% de la roca (Fig. 4 y 12).

Los fenocristales de plagioclasa, son subhedrales, con bordes irregulares de tamaño menor a 2 mm, presentan cavidades rellenas con sericita en formas de pequeñas plaquitas alargadas o fibrosa, la cual en algunos casos, reemplaza totalmente a los fenocristales. También presenta ojos de cuarzo, de formas subangulosas, con un tamaño menor a 0,6 mm.

Esta unidad intruye a la secuencia sedimentaria compuesta por calizas metamorfisadas y sedimentos finos con pirita, generando pequeñas zonas de alteración en ellas.

Formaría parte de los intrusivos de composición andesítica a dacítica emplazados entre los 38-37 Ma, que se distribuyen a lo largo de la faja plegada y corrida entre Sierra Exploradora por el Sur y Quebrada Incahuasi por el Norte (Mpodozis y Cornejo, 1996). Al Sur del área del prospecto, en la cumbre del Cerro Agua de la Piedra, existe una datación de $37,9 \pm 1,5$ Ma. En este sector el intrusivo genera un metamorfismo en la secuencia jurásica similar al observado alrededor del pórfido dacítico en el prospecto (Mpodozis y Cornejo, 1996); (fig. 6).

V.4.6 .- Dique Riolítico

El dique se caracteriza por su color blanco y textura porfídica fluidal con fenocristales de biotita, ojos de cuarzo y fenocristales de feldespato subordinados. Los análisis indican un contenido de SiO_2 77 % en peso y 4.79% de K_2O .

Aflora en la parte sur del sector central del área de estudio, al sur de la quebrada Incahuasi. Sus afloramientos son discontinuos y cortan a la secuencia de sedimentos finos con piritita y a la de brechas y areniscas verdes (Fig. 4 y 10). Su espesor es menor a 2 metros y su rumbo varía entre $\text{N}60^\circ\text{W}$ a $\text{N}80^\circ\text{W}$ con manteos verticales.

La roca es de color blanco con bandas silíceas de color gris medio a gris oscuro, destacando en su textura los ojos de cuarzo y fenocristales de biotita, con tamaño menor a 1 mm de largo. En los bordes del dique, cerca de la roca de caja, se observan sectores con ópalo.

En base a sus relaciones de contacto sólo se puede establecer que es post Cretácico Superior.

Este dique es correlacionable con intrusivos del Paleoceno superior (55 Ma) definidos como felsitas y pórfidos riolíticos por Mpodozis y Cornejo (1996). Emplazados en la misma Quebrada Incahuasi, pero a 10 Km. al Oeste del prospecto, se caracterizan por altos contenidos de potasio y 66-77% de SiO_2 , características que son equivalentes a

las expuestas anteriormente para este dique. Además, este cuerpo se emplaza en una dirección diferente (NW-SE) a los intrusivos de edad Eoceno Superior- Oligoceno inferior (NS), indicando condiciones estructurales distintas.

VI) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

VI.1.- Introducción

La Cordillera de Domeyko - Sierra Moreno es uno de los elementos morfológicos y tectónicos importantes del norte de Chile, separa la depresión Central, al oeste, de las grandes cuencas cerradas (salares) al este, ubicada al pie de la cadena volcánica activa de los Andes Centrales.

Los afloramientos paleozoicos en la cordillera de Domeyko son interrumpidos en 2 partes, una de ellas en Sierra Limón Verde y la otra en Sierra Exploradora (Mpodozis y Cornejo, 1996), en el extremo Norte de esta última se encuentra el Prospecto Bárbara.

Según Mpodozis y Cornejo (1996) la región de Exploradora muestra una evolución estructural compleja, donde se suceden múltiples eventos de deformación, partiendo con una deformación extensional en el Triásico superior (rift), período descrito para Chile y Argentina como un sistema de cuencas orientadas NW-SE.

Un segundo evento de deformación extensiva, ocurrida durante el Jurásico, originó fallas normales de dirección NS y fallas de bajo ángulo. La paleografía en este período, entre los 25°-27° estuvo dominada por cuencas de intra o tras arco.

Posteriormente la secuencia depositada desde el Triásico al Cretácico Inferior fue afectada por una intensa deformación compresiva entre el Cretácico Superior-Paleoceno que originó el sistema estructural principal. Mpodozis y Cornejo (1996) define la zona I, al este de la falla Don Alejo caracterizada por pliegues despegados; Zona II, entre la falla Don Alejo y falla Gran Llano, una angosta faja de cabalgamientos de 10 Km. de ancho que incluye totalmente el área de estudio; zona III, al oeste de la falla Gran Llano con desarrollo de pliegues abiertos (Fig.9).

Durante el Eoceno- Oligoceno se produce la reactivación de fallas con desplazamiento

de rumbo acompañada de emplazamiento de intrusivos y finalmente alzamiento, erosión y acumulación sintectónica de gravas en el Mioceno (Mpodozis y Cornejo, 1996).

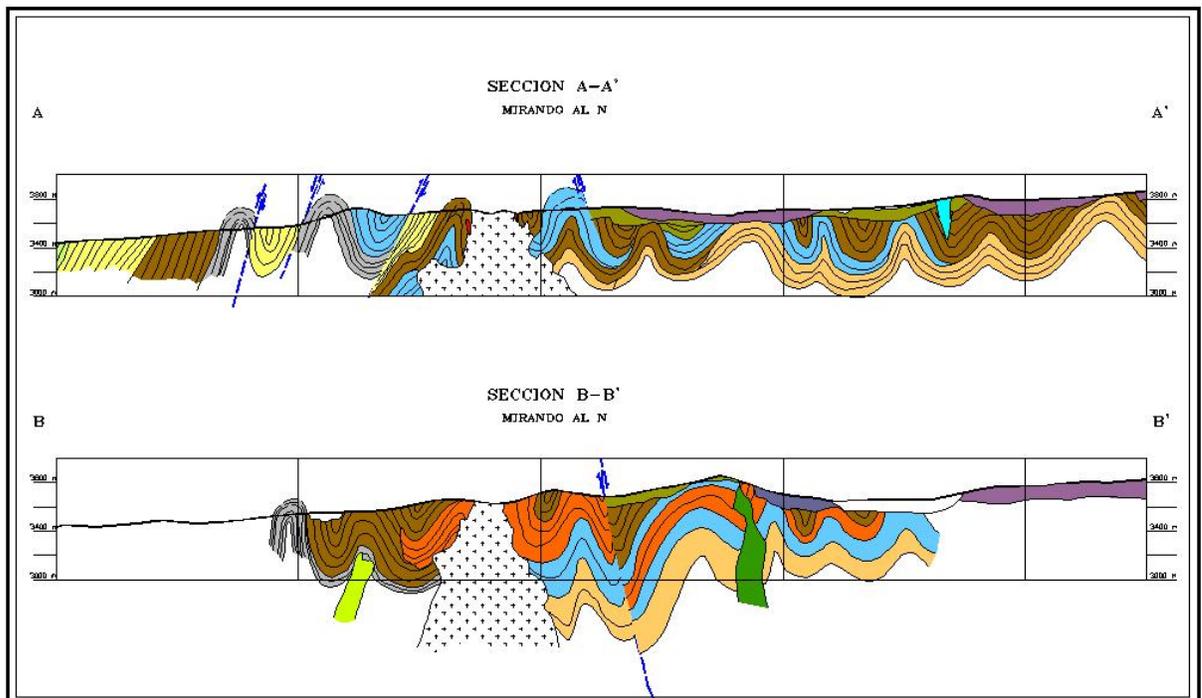
VI.2.- Estructuras Principales

La geología estructural del prospecto refleja la deformación regional con un desarrollo estructural complejo (Mpodozis y Cornejo, 1996). Las secuencias sedimentarias están fuertemente plegadas en el sector occidental, sin embargo en el sector oriental las extensas cubiertas volcánica terciaria no permiten observar a las unidades sedimentarias jurásicas-cretácicas, ubicadas bajo ella.

Las características estructurales del área de estudio son similares con aquellas definidas en estudios anteriores, realizados al N y S del área; en los cuales se describen pliegues apretados de flancos paralelos y planos axiales inclinados al W (Naranjo y Puig, 1984). Al N del área se mencionan fallas inversas que ponen en contacto a las rocas paleozoicas sobre secuencias de rocas cretácicas y jurásicas.

Del mismo modo, al S del área de estudio se observa el efecto de movimientos compresivos que producen fallamientos inversos en la Formación Profeta (Carrasco, 1982; Davidson y Godoy, 1975) (Fig.2).

Las características estructurales del área y las principales estructuras en terreno están expuestas en los mapas geológicos y perfiles E-W (Fig.7 y Fig.12).



LEYENDA GEOLOGICA

- | | | |
|-----------|---|---|
| TERCIARIO | { | DEPOSITOS MODERNOS (GRAVAS DE ATACAMA) |
| | | LAVAS ANDESITICAS E IGNIMBRITAS |
| | | BRECHAS HIDROTHERMALES |
| | | BRECHAS AZULADAS |
| | | PORFIDOS DACITICOS |

- | | | |
|-----------|---|--|
| CRETACICO | { | DIQUE ANDESITICO ALTERADO |
| | | DIQUE PORFIDICO VERDOSO |
| | | BRECHAS, CONGLOMERADOS Y ARENISCAS |
| | | BRECHAS Y SEDIMENTOS VERDES |

- | | | |
|----------|---|---|
| JURASICO | { | YESO |
| | | ARENISCA GRIS - VERDOSAS |
| | | CALZAS |
| | | CALZAS / LUTITAS |
| | | CALCARENITAS |
| | | ARENISCAS CUARCIFERAS |

SEDIMENTOS FINOS

ROCAS VOLCANICAS

MINERA ORION CHILE LTDA.

**PERFILES ESQUEMATICOS
GEOLOGICOS A - B**



Fig. 7

- FALLAS NORMALES
- FALLAS INVERSAS

VI.2.1 .- Pliegues

En el área de estudio, basado en los mapas, perfiles, observaciones de terreno y considerando la secuencia definida por Chong (1973) para la formación Profeta, se ha definido una secuencia estratigráfica compuesta de base a techo por areniscas cuarcíferas, calcarenitas, calizas con intercalaciones de lutitas, calizas, areniscas gris verdosa y yeso (Fig. 5).

El plegamiento de la secuencia estratigráfica antes mencionada será descrito en este informe desde W a E para facilitar la comprensión de los perfiles anexos, en los cuales se observa una secuencia de plegamiento formada por anticlinal y sinclinales muy apretados (Fig.7).

Este plegamiento es afectado por fallas de carácter inverso y normal, generándose bloques locales alzados tipo Horst y hundidos tipo graben, orientados en dirección NS.

De acuerdo con las características estructurales del área incluida en el mapa se han definido tres bloques o dominios estructurales; los que de oeste a este son (Fig.8):

1) Bloque Oeste generado desde el límite Oeste del área hasta la ladera este del cordón Angelina. En esta zona se puede reconocer la parte superior de la secuencia sedimentaria jurásica de techo a base compuesta por yeso, areniscas gris verdosas, calizas, calcarenitas y sólo al norte de la quebrada Incahuasi incluye a las calizas con intercalaciones de lutita, acuniándose las calcarenitas. El plegamiento forma una serie anticlinal-sinclinal-anticlinal generada por un evento compresivo que probablemente produce fallamiento inverso en la región y que localmente se evidencia en la falla Oeste. Posteriores períodos de relajación han producido falla normales locales como la falla Guanaco (Fig.7, 8 y Fig.14).

2) Bloque Central corresponde a un bloque ubicado entre la ladera Este del cordón Angelina y la falla Este (Fig.8). En este bloque al Norte de la Quebrada Incahuasi se reconoce la secuencia jurásica formada por calcarenitas, calizas con intercalación de lutitas, sedimentos finos con pirita y calizas con sus variaciones metamorfoseadas, brechizadas incluidas.

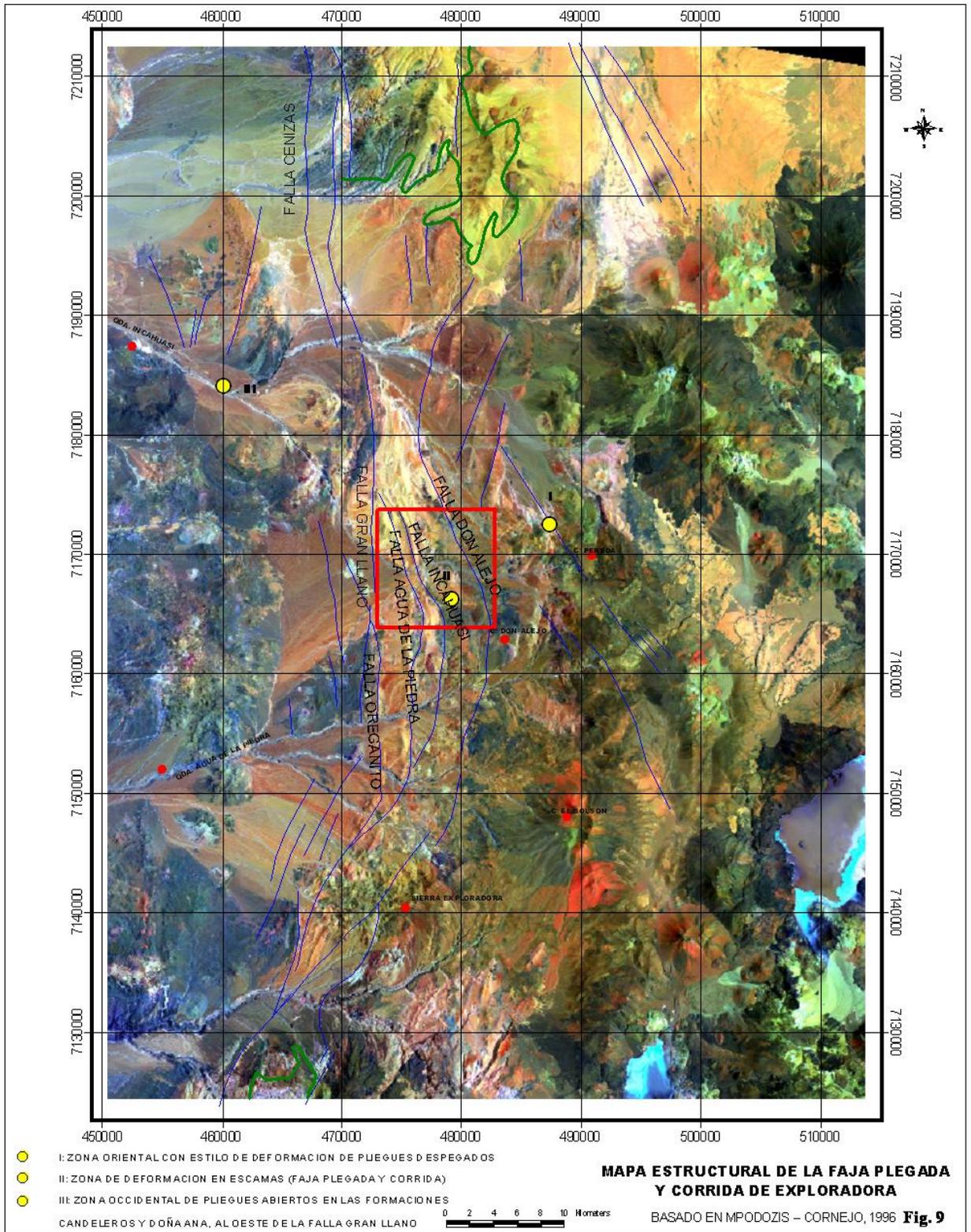
El plegamiento forma una serie sinclinal-anticlinal-sinclinal afectada por la falla inversa Angelina y la falla normal Este (Fig. 7, 8 y Fig.14). Este bloque presenta además la intrusión del pórfido dacítico (Fig.7).

3) **Bloque Este** se ubica entre la falla Este y el límite del área de estudio, donde predomina la cubierta volcánica terciaria, y la secuencia de brechas, arenisca y conglomerados cretácicos. La secuencia jurásica sólo es posible observar en afloramiento aislados de areniscas cuarcíferas, calizas y sedimentos finos. En conjunto con la actitud y distribución de la secuencia cretácica es posible inferir el plegamiento en la base de la secuencia jurásica formada por areniscas cuarcíferas, sedimentos finos con pirita y calizas con intercalaciones de lutitas (Fig. 7, 8 y Fig.14).

VI.2.2 .- Fallas

En el análisis de las fallas que afectan el área de estudio no se cuenta con muchas evidencias en superficie debido a factores tales como: erosión, rellenos recientes, coluvios, aluvios. Sin embargo se puede inferir el desarrollo de fallamientos inversos, y normales en base a discontinuidades angulares de los estratos, rasgos topográficos, deformación de los estratos y pliegues, discontinuidades estratigráficas (Fig.7 y Fig.12).

En base a lo anterior en el prospecto se han propuesto 4 fallas (Fig.8) locales que son correlacionables con fallas y eventos regionales descritos por Mpodozis y Cornejo (1996) para el área de Sierra Exploradora, ubicado al Sur del Prospecto. Estas fallas, de W a E son:



Falla Oeste, orientada en dirección NNW, de carácter inverso correlacionable a la falla Agua de la Piedra originalmente generadas en el Jurásico probablemente reactivada como falla inversa durante el cretácico superior, debido a esfuerzos compresivos que produjeron la faja plegada y corrida de Sierra Exploradora (Mpodozis y Cornejo, 1996); (Fig.9).

Falla Guanaco, orientada en dirección NNW, de carácter normal correlacionable también a la falla Agua de la Piedra, probablemente de origen inverso; posteriormente, en períodos de relajación, fue reactivada como falla normal (Fig.9).

Falla Angelina, orientada NNW, de carácter inverso correlacionable a la falla Incahuasi, con una historia similar a la falla Agua de la piedra, de carácter normal durante el Jurásico y reactivada como falla inversa en el cretácico superior. Emplazados cercana y subparalela a ella se encuentran pórfidos dacítico y sill riodacíticos ($32,7 \pm 1,5$ Ma); (Fig.6 y Fig.9).

La falla Este es una estructura de diferente orientación (NS) y presenta evidencias de movimientos de rumbo dextral, en el bloque central del área, cerca del límite Norte. En la traza de la falla Este afloran brechas pardo amarillentas, incluidas en la secuencia de brechas y areniscas verdes. Estas presentan estrías en sus caras expuestas, indicando un movimiento dextral con desplazamiento vertical del bloque Este, cayendo al E. En base a esto es posible correlacionar con estructuras regionales normales NS reactivadas en el Oligoceno con evidencia de movimientos de rumbo dextral (Mpodozis y Cornejo,1996); (Fig. 9 y 12).

Otras evidencias al N y S del área indican el mismo contacto por falla de los estratos cretácicos (Naranjo, Sepúlveda. 1982), los cuales se encuentran hundidos hacia el Este con respecto a sedimentos Jurásicos (Chong, 1973).

VII) GEOLOGÍA ECONOMICA

VII.1 .- Marco Metalogénico

La cordillera de Domeyko es una zona con una vasta tradición minera y durante el año 1992 fue intensamente explorada por diferentes compañías mineras. Esta zona forma parte de la franja de pórfidos cupríferos la que contiene los principales yacimientos de cobre del país (Ruiz y Peebles, 1988) y coincide con la denominada franja metalogénica de la Cordillera de Domeyko que se extiende en dirección NS. En ella además de los principales yacimientos porfídicos de cobre, se ubican también distritos auríferos y/o argentíferos de larga historia minera (Boric, et al. 1990) (Fig. 10).

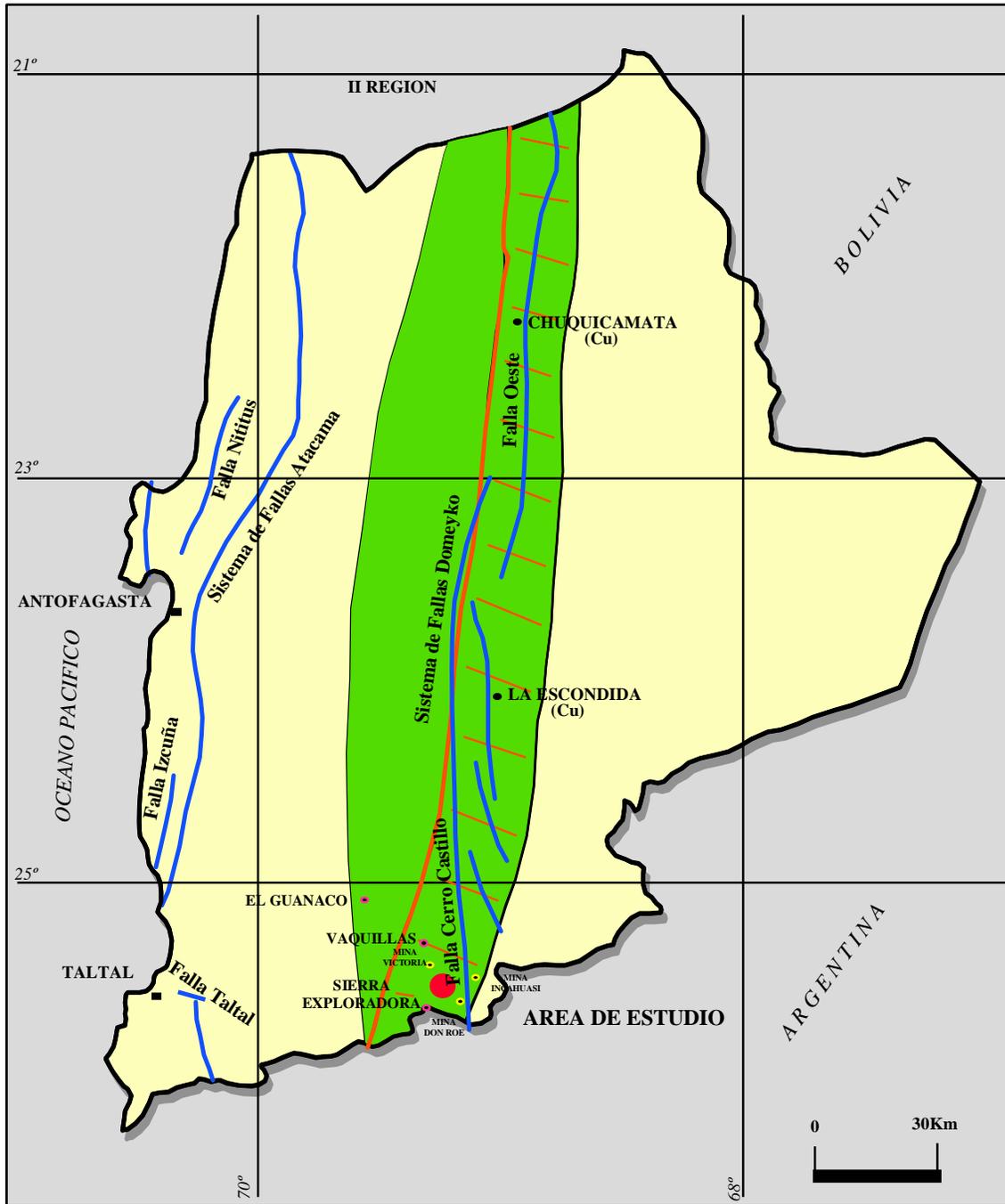
El área de estudio se encuentra inserta en esta franja metalogénica y se ubica 3 Km. al este del sistema de fallas Cerro Castillo, y al sur del yacimiento de cobre La Escondida (Fig.10).

Los distritos mineros adyacentes al área de estudio son los distritos auríferos Guanaco, Distrito Argentífero Vaquillas, Distrito Polimetálico Sierra Exploradora y Distrito Argentífero Sierra Juncal (Fig. 10).

VII.1.1 .- Distrito Aurífero Guanaco:

Está ubicado aproximadamente a 35 Km. al NW del prospecto. Se emplaza en rocas volcánicas e intrusivos hipabisales, de edad cretácica y terciarias respectivamente, asociadas a calderas (Fig. 10). Las que se disponen sobre un basamento de lavas, brechas y tobas andesíticas (Formación Guanaco, Cretácico Superior). Los cuerpos intrusivos corresponden a cuerpos silíceos hipabisales como domos riolíticos, cuellos y diques silíceos.

MAPA METALOGENICO



SIMBOLOGIA

 AREA DE ESTUDIO

 FRANJA METALOGENICA DE LA CORDILLERA DE DOMEYKO

 FRANJA PORFIDOS CUPRIFEROS

 FALLAS

SIMPLIFICADO DE GEOLOGIA Y YACIMIENTOS METALIFEROS II REGION- 1990.

Fig.10

Estructuralmente el área presenta fallas regionales N-S y fallas locales orientadas en dirección NNW y ENE.

En la zona central del distrito se desarrolla alteración hidrotermal relacionada a depósitos de Au, Ag, Cu. El esquema zonal de alteración es difuso, presenta un núcleo silíceo seguido hacia afuera por cuarzo-sericita-arcilla y alteración argílica débil a moderada. Externamente se reconoce una zona propilítica débil.

El yacimiento (López, 1991) consiste de una serie de vetas y bolsones. Las vetas tienen rumbo entre N75°-85°E y en forma subordinada rumbos entre y N75°.90°W; con manteo N65°W a vertical. Los bolsones tienen un diámetro de 10-30 m elongadas según un eje de rumbo N80°E. La mineralización ocurre como relleno de fallas y fracturas mayores; presentando la siguiente zonación vertical.

- Una zona lixiviada desde la superficie y hasta 50-70 m, con Au y escasos óxidos de Fe.
- Una zona enriquecida, ubicada entre los 50-130 con enargita y calcopirita reemplazados parcialmente por calcosina y covelina.
- Zona de sulfuros primarios, bajo los 130, m con enargita y pirita (López , 1991).

VII.1.2 .- Distrito Argentífero Vaquillas:

Se ubica aproximadamente a 20 Km. al NW del área (Fig. 10). El distrito está emplazado en una zona restringida y elongada, con alteración hidrotermal, afectada por una fuerte limonitización y fracturamiento.

El distrito está constituido por cuerpos vetiformes que rellenan, fallas orientadas en dirección NS; NE y NW. Los principales son Veta Vaquillas orientada en dirección

N-S, con manto 50-60°W: Veta Huantajalla y Chañarcillo orientados en dirección EW. Estas estructuras son brechosas y en las cajas desarrollan stockwork de venillas de cuarzo calcedónico, calcita y baritina, venillas de limonita y jarosita. También existe mineralización de sulfuros diseminados en las zonas adyacentes a las vetas principales, la roca de caja presenta alteración sericítica –clorítica y cuarzo. Las vetas presentan zonas oxidadas hasta los 60 m con plata nativa y a partir de los 40 m existen sulfuros de plata (proustita, pirargirita y argentita). Las leyes de éstas vetas varían entre 2000-3000 gr/ton de Ag (LLaumet y Araya, 1981).

VII.1.3 .- Distrito polimetálico (Cu, Ag, Au) Sierra Exploradora :

Se ubica a 30 Km. al sur del área de estudio (Fig11), en el año 1992 fue explorada por Codelco debido al tipo de alteración hidrotermal, similar al asociado a depósitos tipo pórfidos cupríferos.

Presenta rocas estratificadas calcáreas, areniscas y lutitas jurásicas, cubiertas en discordancias angular por rocas volcánico sedimentarias del paleoceno-Eoceno inferior, intruidas por el complejo de pórfidos Exploradora. Se reconocen 2 unidades de pórfidos, la más antigua de 36-35 Ma, es el plutón Sierra Exploradora compuesto por monzodioritas en los bordes y en la parte central rocas porfídicas a microcristalina. Desarrolla a su alrededor una notable aureola de skarn granatífero y rocas córneas de piroxeno, que afecta a calizas jurásicas y que además hospedan pequeñas vetas con mineralización de Ag-Cu. En el intrusivo se desarrolla un endoskarn que es portador de vetas (minas Exploradora y Ciclón).

Al NE del plutón se emplaza el pórfido cuprífero exploradora (34-31 Ma) compuesto en su núcleo por un intrusivo hipabisal que incluye pórfidos dacíticos y granodioríticos alterados y mineralizados, separados por una falla se emplazan pórfidos dacíticos a riódacíticos no mineralizados (Mpodozis y Cornejo, 1996).

En superficie la alteración hidrotermal es del tipo cuarzo –sericítica, rodeada de una zona de alteración argílica sobreimpuesta a las rocas calcáreas recristalizadas de la aureola de metamorfismo de contacto, con el plutón Sierra exploradora.

Tanto los intrusivos como las rocas de caja exhiben una alteración cuarzo sericitica y un denso Stockwork de vetillas de cuarzo crustificado, tipo D portadora de Py y cantidades menores de especularita y turmalina (Mpodozis- Cornejo, 1996 ; Cáceres, 1997).

En profundidad las rocas intrusivas presentan asociaciones tipo sericítico-clorítico, sin evidencias de alteración potásica extensa, sólo relictos de origen tardimagmático con vetillas de tipo A y remanentes de mineralización hipógena (calcopirita, bornita), la cual ha sido parcialmente removida por la superposición de alteración sericítico-clorítico.

VII.1.4 .- Distrito Argentífero Sierra Juncal :

Se ubica a 35-40 Km. al SW del prospecto y presenta una larga historia minera con explotación a pequeña escala.

El complejo plutónico Sierra Juncal con intrusivos dioríticos a monzodioríticos y cuerpos centrales monzograníticos a granodioríticos (45-39 Ma) es portador de una importante mineralización vetiforme de plata , oro y cobre en presencia de abundante hematita-limonita. La mayoría de las vetas están emplazadas en fallas menores al interior de zonas con alteración argílica- limonítica.

En la parte central del complejo se ubica el prospecto Juncal. Las rocas de caja de los intrusivos presentan alteración argílica y sectores silicificados. La mineralización está formada por un vetilleo de cuarzo- especularita y óxidos de plata y cobre subordinados (Mpodozis y Cornejo, 1996).

VII.1.5.- Otros antecedentes

Mina Victoria, ubicada al NW del prospecto, al E de la falla Gran Llano es una veta emplazada en lavas jurásicas, en la Sierra Santa Ana. Contiene mineralización oxidada de plata y cobre (malaquita), ganga de calcita, baritina y limonita. Esta veta está relacionada a un grupo de intrusivos félsicos de edad 55 Ma, que intruyen en forma paralela a la falla Gran Llano (Fig.10).

Mina Incahuasi, ubicada al E del prospecto es una veta de orientación E-W de 150 m de corrida y 2 m de potencia, emplazada en zona de falla. Contiene mineralización de ambiente epitermal con ganga de cuarzo y baritina. Entre la mena destaca Galena, Jamesonita y boulangerita (Sulfuros de Pb y sulfosales de Pb - Sb), Wulfenita (Óxidos de Mo y Pb), Estibina y estibiluzonita (sulfuros y sulfosales de Sb y As (Fig.10). Esta veta está relacionada a un grupo de intrusivos dioríticos de 38 Ma, emplazados al E del Prospecto (Fig. 6).

Mina Don Roe, ubicada al sur del prospecto en el margen oriental del complejo intrusivo monzodiorítico de Quebrada El Bolsón (Eoceno superior). Es un sistema de vetas paralelas E-W de 100 m de corrida y potencia decimétricas, emplazadas en brechas volcanoclásticas.

La veta principal contiene mineralización de cobre en la caja yacente y mineralización de plata en la caja pendiente, ganga de baritina y limonita, mineralización supérgena de plata y minerales oxidados de cobre (Crisocola y malaquita) (Fig. 10)

Zonas de Skarn

Cretácico superior-Paleoceno inferior

Al sur como al Norte del área de estudio afloran intrusivos de composición granodiorítica de edad entre 72-65 Ma, que desarrollan procesos de Skarn y rocas córneas en rocas carbonatadas Pliensbachiana. En base a la presencia de granates cálcicos se estiman condiciones de metamorfismo de contacto de alta temperatura (500°-600°).Otro minerales presentes son diópsido, clinoclorito y lawsonita.

Eoceno Medio

Zonas de Skarn de piroxenos y magnetita, ubicados al NW del área de estudio en la Sierra Santa Ana, relacionada a un intrusivo monzodiorítico. Presenta una zona interna con bandas macizas de magnetita parcialmente oxidada a hematita, seguida de bandas de rocas córneas formadas por diópsido. En las rocas de caja (areniscas y calcilitas) existe recristalización de carbonatos y silificación moderada, diseminación de hematita y microvenillas de clorita, epidota y localmente actinolita.

Eoceno Superior

Quebrada El bolsón, ubicada al sur del prospecto aflora un complejo monzodiorítico que desarrolla una aureola de skarn en las rocas jurásicas que presentan un color gris amarillento y contienen cúmulos de granate (hidrogrossularita y andradita), diópsido y calcita. Todos ellos rodeados de minerales hidratados verdosos (clorita, illita y Smectita). También desarrolla una zona de Endoskarn en el intrusivo, de color verdoso con minerales como wollastonita, diópsido, actinolita y flogopita.

Cerros Crestón y Puntigudo, ubicados inmediatamente al E del prospecto, afloran intrusivos dioríticos que desarrollan una aureola de skarn en calizas y areniscas del Hettangiano-Sinemuriano y en brechas con clastos de caliza (presentes también en el prospecto). Los Skarn son granatíferos, con piroxenos y en las intercalaciones volcánicas presenta cúmulos de diópsido y hedenbergita, originados por metamorfismo de contacto.

VII.2 .- Estructuras Vetiformes.

En el área de estudio se presentan 3 tipos de cuerpos vetiformes:

-Vetas de calcita y yeso: se distribuyen principalmente asociados a la secuencia de calizas en la parte Central y Oeste del área.

-Vetas de Cu, Ag: emplazadas en la secuencia de calizas y lutitas, se ubican en la Quebrada Incahuasi.

-Cuerpos vetiformes con sulfuros de Sb: Se presentan en el extremo NE del área emplazadas en areniscas cuarcíferas.

VII.2.1 .- Vetas de Calcita y Yeso

Estos cuerpos se distribuyen ampliamente en el bloque estructural Oeste, emplazados en las calizas. La ocurrencia de éstos cuerpos es sistemática, separado aproximadamente 100-200 m entre ellos, con rumbo N20°E a N85°E y manteo vertical. Especialmente en la entrada de la Quebrada Mocha, donde cruzan las calizas, con rumbo N80°E y manteo 75°S, variando 100 m más al S, donde el rumbo es N30°W y manteo 60° NE (Fig. 11 y 15). Estos cuerpos están compuestos por calcita cristalina, presentan cavidades rellenas con yeso en forma acicular o granular, mientras que en los bordes de las vetas hay brechización, aquí la calcita cristalina actúa como matriz rodeando clastos de caliza.

Sus formas son tabulares, con espesores variables de 0,3-1m y las corridas varían de pocos metros a 25-30 m (Fig. 11 y 15).

VII.2.2 .- Vetas de Ag-Cu.

En el área se presentan cuerpos vetiformes con abundante limonita y jarosita, característica común a otros cuerpos ubicados fuera del área. Se reconocen en la Quebrada Incahuasi, en la Quebrada Mocha y en el cerro 3745 ubicado al N de la quebrada Incahuasi (Fig. 11 y 15)

El cuerpo vetiforme más importante en el área, se emplaza en la entrada de la Quebrada Incahuasi. Corresponde a una veta alojada en la secuencia de calizas y lutitas. Estos depósitos fueron explotados, siguiendo la veta para lo cual los piques de extracción alcanzaron hasta 40 m de profundidad y su ancho varía de 1 a 2 m.

También se han hecho excavaciones rectangulares de 3 a 4 m de profundidad y 5 m de largo y 1 a 2 m. de ancho. En estos trabajos se puede observar como la veta se acuña hacia el sur en las calizas metamorfisadas de color blanquecino.

Al parecer las labores estaban orientadas a extraer Au y Ag, ya que el material con óxidos de Cu se encuentra apilado en los desmontes. Este material se presenta en

bandas de color calipso a verdoso (turqueza) paralelas a la estratificación, que alternan con bandas de óxidos de Mn.

El espesor de este cuerpo varía de 0,5 a 2 m. con bordes irregulares y su corrida es aproximadamente 50 m. Presenta rumbo N10°W y manteo 85° W a vertical (Fig. 11 y 15). Lateralmente, la veta presenta zonas brechizadas de 5 a 7 m de espesor probablemente de origen tectónico, con clastos de calizas y lutitas de color gris oscuro, con forma angulosa, contenidos en una matriz fina cubierta por óxidos de Fe de color pardo oscuro a morado. En el contacto entre la zona brechizada y los sedimentos existen planos estríados confirmando un origen tectónico para la brechización.

La veta consiste de fragmentos silíceos unidos por un material de color pardo amarillento, formado por limonita y jarosita en forma masiva o granular. En las partes internas de la veta se desarrollan pequeñas bandas milimétricas de color blanco a verde claro, las cuales contendrían la plata; además presenta yeso y calcita relleno de cavidades.

Los análisis geoquímico de este cuerpo vetiforme señala valores de Mo 20 ppm, Pb 2323 ppm y Zn 1192 ppm, 0,04% de Cu, 15 ppm Ag y 36 ppb de Au.

Otros afloramientos similares a este cuerpo, pero de tamaño menor se distribuyen al N de la quebrada Incahuasi, emplazado en los sedimento finos con pirita y las calizas metamorfasadas, tienen rumbo N80°W y manteo vertical, pero su espesor es apenas de 0,5 m y su corrida alcanza 15 m.

En la entrada de la Quebrada Mocha se presentan otros cuerpos similares, silicificados y con cavidades rellenas con limonita y jarosita granular a masiva. El espesor es menor a 1,5 m y las corridas no superan los 20 m, con rumbo similar a los estratos, N10°W, pero el manteo es vertical. Este cuerpo se ubica aproximadamente, a 500 m en forma paralela al cuerpo vetiforme de la quebrada Incahuasi.

VII.2.3 .- Vetas de Sb (Antimonio)

En el extremo NE del área se presentan tres cuerpos vetiformes de color pardo oscuro (Fig. 11 y 15). Ellos están muy meteorizados y cubiertos por material suelto. La roca huésped de las vetas es la arenisca cuarcífera de grano medio a grueso, la cual en este lugar está alterada, presentando un color blanco y aspecto similar a la alteración cuarzo sericita. Los estratos presentan rumbo N10°W y manteo 45° E y los restos de los vetarrones tienen rumbo casi EW a N80°E y manteo vertical a levemente inclinado 85 S (Fig. 11 y 15).

Sus formas son tabulares, con un espesor variable de 0,5 a 0,7 m y sus corridas en superficie son 5 a 10 m. Las zonas más externas de estos cuerpos están constituidas por clastos silíceos unidos por un cemento también silíceo y entre las cavidades se ha formado limonita granular o en agregados de pequeñas placas. En el centro de los cuerpos vetiformes se presentan sulfuros de antimonio de hábito masivo y se disponen rellenando fracturas entre los clastos silíceos.

Los análisis químicos realizados indican un alto contenido de antimonio 35547 ppm y el segundo valor más alto de Au 14 ppb en todos los análisis. En cambio el contenido de Ag es 0,9 ppm, Zn 36 ppm y Cu 0.0067 %;

La posición estructural de estos cuerpos está relacionada a fallas con rumbo EW, desarrolladas casi paralelas a los vetarrones en este mismo sector (Fig.9).

VII.3.- Alteración Hidrotermal y Mineralización

Además de los depósitos metalíferos vetiformes, en el área del proyecto existen varias zonas con alteración hidrotermal, las cuales presentan diferentes asociaciones mineralógicas y diversas intensidades. Estas afectan a rocas sedimentarias y principalmente a cuerpos intrusivos.

VII.3.1.- Bloque Estructural Oeste

Al N de la quebrada Incahuasi las zonas con alteración hidrotermal se desarrollan en rocas sedimentarias ubicadas en el extremo NW, la cual se define como zona 1 (Fig. 11 y 15).

Mientras que en el extremo SW existen pequeñas zonas con alteración que afecta principalmente a sedimentos. También en la ladera sur de la Quebrada Mocha, en la zona de contacto entre el dique porfídico verdoso y sedimentos existen zonas pequeñas, pero fuertemente alteradas, estas son descritas en la zona 3 (Fig. 11 y 15).

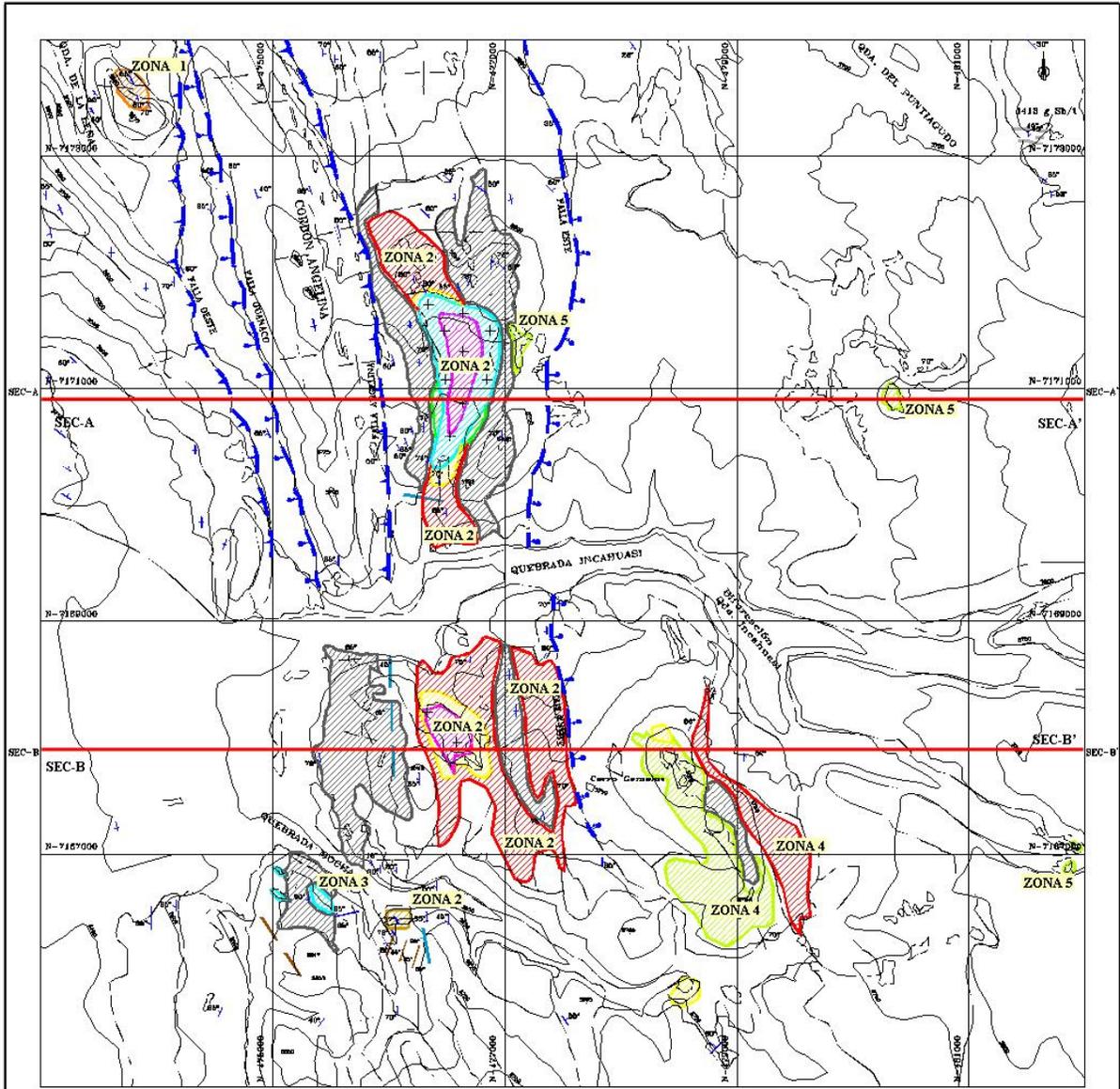
Zona 1.

Alteración en el extremo NW

Zona alterada de aproximadamente 50 m de largo en dirección NS y 30 m de ancho. Las rocas sedimentarias presentan fuertes cambios de color morado a pardo amarillento y blanco, generando bandas de 2 a 5 cm de espesor en los estratos. Las bandas de color claro están argilizadas y las de color pardo amarillento están silicificadas. Además la roca está cruzada por vetillas tardías de calcita. En la zona se destacan algunos conductos silíceos con fuerte reemplazo por sílice, que cruzan los estratos con rumbo N60°E y manto vertical, generando a su alrededor zonas brechosas de aproximadamente de 1 m de espesor, las cuales presentan clastos de sedimentos y matriz mixta de calcita y cuarzo.

Según S. Williams (1992, Com. Escrita) indica que la roca es un sedimento clástico posiblemente con restos de vidrio y feldespatos angulosos dispuestos aleatoriamente con un tamaño uniforme. Además, existen pequeñas placas de biotita y pedazos de cuarzo diseminados en menor proporción (Fig. 11 y 15).

A excepción del cuarzo y la biotita que sólo es reemplazada por alofano; el resto de los constituyentes de la roca ha sido reemplazado por cuarzo cristalino, estos presentan



LEYENDA GEOLOGICA

	QZO -HEMATITA (OXIDACION)		ARGILIZACION-SILICE (CALCEDONIA)
	PROFILITIZACION		SILICE-Py
	QZO-SERICITA-CAOLINITA		SILICE-SERICITA-CALCEDONIA (PIRROTITA)
	QZO-SERICITA-DEBIL (Py)		
	QZO-SERICITA		
		ZONA DE SKARN	
			DIOPSIDO-VESUVIANITA-GRANATE-WOLLASTONITA-PRENMITA
	VETAS DE CALCITA; YESO		VETAS DE CU, AG
			VETAS DE SB

MINERA ORION CHILE LTDA.

**PROYECTO BARBARA
ALTERACION Y MINERALIZACION**



Fig. 11

	RUMBO Y MANTEO
	SINCLINAL
	ANTICLINAL
	FALLAS DE RUMBO CON DESPLAZAMIENTO VERTICAL
	FALLAS NORMALES (INDICA BLOQUE HUNDIDO)
	FALLAS INVERSA (MUESTRA BLOQUE ALZADO)
	HALOS DE ALTERACION

una densa textura tipo chert ligeramente cubierta por óxido de Fe y leucoxeno. Además presenta microfósiles reemplazados por calcedonia generando parches de forma ovalados. Su composición mineral es cuarzo 93%, leucoxeno 2%, goethita 3%, alofano 2%.

En esta zona no hay mineralización metálica visible, sin embargo presenta evidencia circulación de fluidos asociados al fracturamiento y/o cizalle generado post plegamiento.

Zona 3.

Alteración en la entrada de Quebrada Mocha

Esta zona se ubica en el extremo SW del área y presenta una distribución areal pequeña de forma tabular a irregular de aproximadamente 150 m de largo y 70-50 m de ancho, corresponde a una zona fuertemente alterada, ubicada en el contacto entre un dique porfídico y las calizas metamorfasadas. Estructuralmente los sedimentos presentan rumbo N10°W y manto 65-70°W (Fig.12).

La roca alterada consiste de fragmentos de cuarzo granular en una matriz granular de sericita fina, además presenta ciertas áreas, como vainas de caolinita, desarrolladas a expensas de la sericita.

La roca está cortada por venillas finas, rellenas con calcedonia fibrosa y granular fina, éstas están asociadas a los parches de sericita escamosa, caolinita y trazas de baritina (S. Williams,1992).

Su composición mineral se estima en 51% de cuarzo, 15% caolinita, sericita 29%, goethita 5% y trazas de Baritina y jarosita. Los análisis geoquímicos realizados en Arizona indican valores 1,04% de Fe; 534 ppm de As y 23 ppm de Sb (S. Williams, 1992, Com. escrita).

VII.3.2 Bloque estructural Central

En este bloque estructural se desarrolla la principal zona de alteración hidrotermal, espacialmente relacionada con el pórfido dacítico. Además, en los bordes del intrusivo se observan cuerpos de brechas hidrotermales.

La roca de caja del pórfido son los sedimentos de color pardo rojizos de grano fino, que están plegados y alterados.

También en este bloque, pero más al sur, en la quebrada Mocha, el sedimento calcáreo está afectado por hematización. Esta zona de roca alterada se describe a continuación en la zona 2 (Fig. 11 y 15).

Zona 2

Alteración hidrotermal en el pórfido dacítico, sedimentos finos y brechas hidrotermales asociadas, ubicadas al norte de la quebrada Incahuasi.

La mayor parte de los afloramientos del pórfido dacítico se presentan afectados por alteración hidrotermal. Estos se ubican al N y S de la Quebrada Incahuasi (Fig.12).

En el afloramiento ubicado al N de la Quebrada Incahuasi, el intrusivo es de color blanco a rosado claro y está cubierto por material sedimentario no consolidado de color pardo rojizo, erodado del cordón EW.

La roca presenta una textura relictiva compuesta por fenocristales de plagioclasa de tamaño variable entre 0,2 a 1,3 mm, fenocristales de biotita y minerales opacos. Todos ellos están contenidos en una masa fundamental con textura ortofídica.

El pórfido está en contacto intrusivo con rocas sedimentarias metamorfoseadas y rocas sedimentarias moderadamente silicificadas. En sus bordes presenta brechas de carácter hidrotermal.

La geoquímica de la roca indica una composición ácida 68,29% en peso de SiO₂, con bajos contenidos de Fe, destacando el valor de Ba de 1043 ppm en todos los análisis

realizados.

La alteración que afecta al pórfido se extiende a casi todo el cuerpo aflorante y su forma es elongada en dirección NS, con dimensiones que alcanzan a 0,8 km de largo y 0,6 km en su parte más ancha y con una zonación lateral de la alteración, desde el centro hacia fuera, compuesta por un núcleo de cuarzo sericita a argilización en los bordes, variando en las zonas marginales a una propilitización (Fig. 11 y 15). La sericita afecta, principalmente, a los fenocristales de plagioclasa por reemplazo parcial o total.

En los bordes se desarrolla zonas con alteración argílica, aunque son más pequeñas y locales, ubicándose cerca de las zonas brechizadas en las partes externas del pórfido. La argilización se expresa como caolinización y reemplazo de calcita en los feldespatos, mientras que la propilitización se desarrolla localmente en las partes más externas del pórfido y están ubicadas en contacto con las calizas metamorfasadas, en el sector oriental del afloramiento. Estas pequeñas zonas propilitizadas se desarrollan en forma elongadas afectando a las calizas metamorfasadas.

Brechas Hidrotermales asociadas al pórfido dacítico, se desarrollan en las zonas de contacto entre el pórfido y las calizas metamorfasadas.(Fig. 11 y 15). La roca esta contituida por clastos angulosos de pórfidos dacíticos sericitizados, contenidos en una matriz de cuarzo cristalino.

Los análisis geoquímicos en un cuerpo de brecha muestra el mayor contenido de molibdeno (51 ppm), con bajo contenido de cobre (27 ppm) al igual que los contenidos de Pb (21 ppm) y de Zn (2 ppm). Los contenidos de Au son 5 ppb y los valores de Ag menores a 0,1 ppm.

Alteración del pórfido dacítico al sur de la Quebrada incahuasi

La alteración afecta principalmente al pórfido dacítico, sedimentos y brechas desarrolladas en los bordes. Se estudiaron 7 muestras y también se consideró información anterior de estudios petrográficos realizados por S. William (1990).

El tipo de roca corresponde a un pórfido con fenocristales de plagioclasa 30% y ojos

de cuarzo 5%, contenidos en una masa fundamental ortofídica con cuarzo y feldespatos entrecrecidos. Los fenocristales de plagioclasa An (55) presenta formas subhedrales con cavidades, donde hospeda la incipiente sericitización.

Estructuralmente este intrusivo aflora en el plano axial de uno de los pliegues postulados en este informe, intruyendo a los sedimentos finos plegados que forman el anticlinal.

La mineralización se reduce a escasa pirita y óxidos de fierro como limonita y/o jarosita. Los óxidos de fierro se distribuyen en parches en las zonas sericitizadas, que rellenan cavidades. La pirita oxidada a jarosita se presenta asociada a óxidos de Fe en la zona alterada.

Además, también presenta turmalina distribuida en la masa fundamental del pórfido, diseminada en delgados prismas, arreglados en forma radial y asociada a cuarzo (S. Williams 1990). La roca tiene una composición de 71-74 % en peso de SiO₂, pero presenta contenidos de Fe menores a 1,5%.

La zona alterada afecta principalmente al pórfido, de formas semi rectangular. Las dimensiones son con 0,6 km de largo por 0,4 km de ancho, elongada en dirección NS. La alteración es predominantemente cuarzo-sericita y es más intensa en la parte central del pórfido, donde está totalmente alterado, con fenocristales de plagioclasa muy sericitizados. Destacan los ojos de cuarzo, de color gris claro, con formas angulosas, tamaño menor que 1,2 mm, contenidos en una masa fundamental de sericita y cuarzo.

La masa fundamental representa aproximadamente un 70% del volumen y tiene en las partes más externas del intrusivo, un grado menor de alteración a sericita, donde se puede distinguir los fenocristales de feldespato (An₅₀₋₅₅).

Los procesos supérgenos oxidan la pirita y generan una nube de pequeñas placas diseminadas de color pardo rojizo a rojo oscuro ubicados sobre las zonas sericitizadas.

Las brechas silicificadas que afloran en bordes y en su interior, presentan clastos silicificados y matriz silíceo, pero también presenta cavidades de formas angulosas entre los clastos y en la matriz que al parecer corresponden a minerales lixiviados.

Los sedimentos más cercanos al pórfido muestran una fuerte silicificación, con cuarzo criptocristalino, finamente entrecrecido con plaquitas pequeñas de sericita muy finas.

La parte fina de los sedimentos es de carácter silíceo (aproximadamente 45% de la roca), pero también contiene restos de feldespatos alterados a un agregado granular irregular de color verdoso, tal vez epidotizados en forma incipiente. Dentro de esta parte ocurre un venilleo de cuarzo fino (Fig. 11 y 15).

Sedimentos Pardo Rojizos de Grano fino

Se incluye esta unidad en este capítulo debido a que constituye la roca huésped de mayor mineralización metálica conocida en el área, aunque el grado de alteración que presenta es relativamente bajo.

La unidad se distribuye tanto en el bloque estructural Central como en el bloque estructural Este, principalmente alrededor de los cuerpos de pórfidos dacíticos. Además, se presentan asociados a brechas sedimentarias silicificadas y calizas brechizadas ubicados en la ladera SE del Cerro Gemelos respectivamente (Fig. 11 y 15).

Los sedimentos se distribuyen en franjas orientadas en dirección NS de longitud variables entre 0,5-2 km y espesores de 200-250 m (Fig.12).

Las capas presentan rumbo N-S a N10°W y el manto es variable de W a E; 65-70° W a vertical y 85° E (Fig.7, 12 y Fig.13).

En los afloramientos al Sur de la Quebrada Incahuasi el tipo de roca corresponde a un sedimento de grano fino cubierto por una pátina de color pardo rojizo y en roca fresca es de color gris claro con bandas de color gris oscuro con espesores de milímetros a 5

cm aproximadamente.

Cercana al pórfido dacítico, la textura de la roca está dominada por fragmentos angulosos de cuarzo con menor cantidad plagioclasas y feldespatos potásicos cubiertos por sericita pulvurulenta asociada con pirita diseminada. Su textura muestra variación en el tamaño del grano, dando lugar a una laminación de grano grueso y grano fino intercaladas entre si, los granos muestran una orientación paralela a la laminación. Su mineralogía es 40% de cuarzo, 22% de plagioclasa, 12% sericita, 7% jarosita, 15% alofano, 3% alunita y 1% de yeso. Además, la roca presenta pirita oxidada a jarosita.

Posteriormente, Allophano reemplaza a la sericita y restos de feldespatos. Tardíamente venillas de Alunita cortan la roca, las cuales presentan pequeñas cavidades rellenas con yeso y en las paredes de las venillas se depositó alofano (S.Williams, 1992, Com.escrita).

En cortes pulidos la roca es un sedimento de grano fino con bandas de color gris claro y gris oscuro. En las bandas oscuras presenta granos de pirita subangulosos, diseminados y representa aproximadamente un 3-5% de éstas bandas, mientras que las bandas más claras la pirita es mucho menor. Además, la pirita está en pequeñas fracturas rellenas con cuarzo cristalino, presentándose en algunos casos fuertemente fracturada con granos que tienen un pequeño grado de desplazamiento, es decir que posterior a su depositación fue sometida a deformación. La roca también presenta granos subhedrales de pirrotita diseminada, pero en menor proporción que la pirita. Los análisis geoquímicos de 2 muestras indican bajos contenidos de Mo (7 y 5 ppm) y cobre (114 y 162 ppm), respectivamente. Los valores de Zn 47 y 48 ppm; Pb 11 y 13 ppm respectivamente, son valores bajos, además los valores de Ag y Au son menores a 1 ppb.

En los afloramientos ubicados al N de la Quebrada Incahuasi presenta las siguientes características: La roca es carbonatada e impura y su textura ha sido modificada por una recristalización durante un evento metamórfico ocurrido en profundidad (S. Williams, 1992. Com. escrita).

La matriz es un mosaico de cristales de cuarzo y calcita. El cuarzo tiende a concentrarse en prismas irregulares. El cuarzo y la calcita contienen cristoblastos de forsterita y pequeños granates y además presenta pirita oxidada a hematita. Posteriormente la roca fue fracturada, y las fracturas están rellenas con calcita. Su mineralogía es 23% cuarzo; 36% calcita; 32% forsterita; 1% hematita. (S. Williams, 1992, Com. escrita).

VII.3.3 Bloque Estructural Este

Existen zonas alteradas en el área del cerro Gemelos, en la parte sur del bloque principalmente asociadas a diques andesíticos alterados y brechas sedimentarias (zona 4) (Fig. 11 y 15).

Tanto en el bloque estructural Central como Este, afloran cuerpos brechosos de color azulado, pero los afloramientos más extensos ocurre en este último y son descritos como zona 5 (Fig 11 y 15).

Zona 4

Intrusivos Cerro Gemelos

En la parte superior del Cerro Gemelos y en las laderas N y SE, aflora un cuerpo intrusivo andesítico el cual está moderadamente alterado. Además, otros apófisis de este cuerpo afloran en la Quebrada Mocha y genera un halo de alteración a su alrededor, que afecta a brechas sedimentarias de pequeñas dimensiones y el cuerpo en sí presenta una zona externa de color gris medio y en el núcleo es de color blanco. Esta zona abarca aproximadamente una superficie de 100 m de largo en dirección NS por 50 m de ancho.

La parte externa del cuerpo porfídico, contiene fenocristales de plagioclasa, levemente sericitizados y fenocristales de Biotita de tamaño menor al mm, ellos están contenidos en una masa con textura ortofídica.

La mineralización metálica corresponde a pirrotita diseminada en la masa fundamental. Su forma es elongada a tabular de tamaño menor o igual a 1 mm y asociados a fenocristales de plagioclasas alterados.

En la parte interna, la roca está moderadamente alterada, principalmente los fenocristales están sericitizados y con calcita. La masa fundamental es ortofídica y solo presenta minerales opacos, probablemente pirrotita oxidada.

En la Quebrada Mocha, la zona alterada es de menor tamaño de forma subcircular con diámetro 50-70 m y en el centro aflora el cuerpo porfídico de color gris medio con pirrotita diseminada y con pátinas pardo rojiza a gris oscuro. Las partes externas corresponden a sedimentos de color pardo amarillentas a pardo rojizo de grano fino.

Zona 5

Brechas Azuladas

Corresponden a tres zonas pequeñas con afloramientos de brechas. Dos se ubican al norte de quebrada incahuasi y corresponden a cuerpos de brecha de 225 m de largo por 75 m de ancho en promedio. Están constituidos por fragmentos subredondeados, de diámetro variable entre 2 a 10 cm; los fragmentos corresponden a rocas sedimentarias de grano fino con ojos de cuarzo, calcedonia y un 5% de minerales opacos diseminados, de formas subangulares a cuadradas, con un tamaño milimétrico, probablemente pirita oxidada, contenidos en una matriz detrítica de grano medio cementada con calcita, aunque localmente esta matriz presenta una moderada silicificación. Los análisis químicos indican los siguientes contenidos de Mo y Pb de 2 ppm y Zn <2 ppm, 46 ppm de Cu, < 0,1 ppm de Ag y 3 ppb de Au (Fig.11 y 15).

Zonas de Skarn

Las zonas de calizas afectadas por metamorfismo de contacto y con asociaciones mineralógicas de skarn se distribuyen como bandas de orientación NS en los bloques

estructurales central y este.

El metamorfismo que afectó a las rocas carbonatadas, alcanza su mayor desarrollo en las cercanías de los pórfidos dacíticos. En general, la asociación diópsido-vesuvianita-granate-wollastonita es la asociación típica de estas rocas afectadas por metamorfismo de contacto.

El metamorfismo observado en 2 muestras, originalmente carbonatos impuros, evidencian un breve episodio de alta temperatura con recristalización de cuarzo y calcita que hospedan localmente, por ejemplo, al norte del área, forsterita y pequeños cristales de granate. En cambio cerca de la veta de Ag-Cu-Au, en la parte central del área, el cuarzo recristalizado está acompañado por diópsido y en episodios posteriores se desarrolla granate oscuro (Grossularita) en microfracturas y fragmentos relictos de piroxenos están alterados a calcita y prehnita (S. Williams, com. Escrita).

Al sur del área, una muestra, originalmente caliza arcillosa, presenta laminación alternada con predominio de vesuvianita y grossularita amarilla. Lentes de wollastonita están siendo alterados a calcita (S Williams com. Escrita)

No se observó evidencias de mineralización metálica asociados con este tipo de alteración.

VIII) DISCUSIÓN

Desde un punto de vista geológico el área del prospecto de Cu-Ag Bárbara se caracteriza por la presencia de una secuencia sedimentaria – volcánica fuertemente

plegada y afectada por fallas inversas y normales. De acuerdo a las relaciones de contacto la estratigrafía del área está constituida por una unidad basal de areniscas cuarcíferas y sobre ella una secuencia que corresponde a calizas y rocas sedimentarias clásticas, de origen marino, que están cubiertas concordantemente por niveles yeso. Una secuencia de conglomerados y areniscas constituye la parte intermedia de la secuencia.

Rocas volcánicas terciarias correlacionables a lavas e ignimbritas datadas entre 19-17 Ma (K-Ar) (Mpodozis y Cornejo, 1996), cubren discordantemente a las rocas del mesozoico.

La base de la secuencia formada por areniscas cuarcíferas y estratos basálticos del Tríasico son correlacionables a unidades descritas en el desarrollo de cuencas de rift triásicas con volcanismo bimodal por Mpodozis y Cornejo (1996) para este segmento de los Andes.

Las asociaciones de facies, dispuestas sobre las areniscas cuarcíferas y representadas en esta columna estratigráfica, permite correlacionar a esta parte de la secuencia con la formación Profeta (Chong, 1973), de edad jurásica. Y la parte intermedia de la secuencia se puede correlacionar con el miembro superior de la Formación Santa Ana de Naranjo y Puig (1984) de edad cretácica inferior.

En el área se producen emplazamientos de intrusivos andesíticos datados por Mpodozis y Cornejo (1996) en $38,3 \pm 1,5$ Ma. Integran este grupo tanto los diques andesíticos frescos y alterados como al dique porfídico verdoso.

El sill riódacítico emplazado subparalelo a la falla Angelina en el prospecto (Tren Incahuasi, Mpodozis y Cornejo, 1996) fue datado en $32,7 \pm 1,1$ Ma, edad similar a la del pórfido dacítico mineralizado del prospecto Sierra Exploradora. Este pórfido presenta una textura muy similar al pórfido dacítico que aflora en el bloque central del prospecto Bárbara.

El área del prospecto Bárbara está inserto en la denominada faja plegada y corrida Exploradora y sus características estructurales, pliegues y fallas, son coincidentes con las descritas regionalmente por Mpodozis y Cornejo (1996) para el área de Sierra Exploradora, ubicada inmediatamente al sur del área del prospecto.

La historia de la deformación del área tiene una larga y compleja evolución, comienza con un período de extensión en el Tríasico Superior, extensión asociada a fallas normales de bajo ángulo en el Jurásico, seguido de un período de compresión en el Cretácico Superior que genera la faja plegada y corrida. Una reactivación de las fallas NS, con desplazamiento de rumbo y emplazamiento de intrusivos tiene lugar durante el Eoceno – Oligoceno inferior (Mpodozis y Cornejo, 1996).

El metamorfismo es una característica regional y desarrollada en distintos períodos desde el Cretácico Superior (72-65 Ma) hasta el Eoceno Medio.

Alrededor del prospecto Bárbara, durante el Eoceno medio intrusivos monzodioríticos, emplazados en Quebrada el bolsón desarrollan zonas de Skarn en rocas jurásicas. Más cerca aún, en el cerro Crestón y Puntiajudo, ubicados al este del prospecto, intrusivos dioríticos ($38,6 \pm 1,4$ Ma) desarrollan una aureola de Skarn en calizas y areniscas Hettangianas – Sinemurianas. Este skarn es granatífero con piroxenos originados por metamorfismo de contacto (Mpodozis y Cornejo, 1996).

En el área de estudio parte de las calizas de la secuencia basal están afectadas por metamorfismo de contacto, la relación espacial de estos con los pórfidos subvolcánicos dacíticos, sugiere que el fenómeno de alteración se relacionan con el emplazamiento de estos cuerpos y por lo tanto serían de la misma edad.

Mineralización, alteración hidrotermal Regional y Local.

Para establecer el contexto de mineralización y alteración del prospecto Bárbara es necesario revisar regionalmente los eventos de mineralización alrededor del prospecto

descritos por Mpodozis y Cornejo (1996). Estos datan desde el Eoceno inferior (57 Ma) con zonas alteradas asociadas a actividad subvolcánica y depósitos epitermales tipo sulfato ácido (Mina La Pólvora y Quebrada Juncal) y también de baja sulfidización (Prospecto La pólvora).

En el Eoceno medio ocurre el emplazamiento del complejo intrusivo Sierra Juncal (Intrusivos dioríticos a monzodioríticos) al cual se asocia mineralización vetiforme de plata, oro y cobre.

Al Oeste de la faja plegada y corrida, en Pampa Lorca, durante el Eoceno Superior un evento magmático (39-37 Ma), de composición riolítica a dacítica desarrolló alteración hidrotermal en los intrusivos y aureola argílica en las rocas volcánicas de caja.

En el Eoceno superior (43-37 Ma) Intrusivos Monzodioríticos en Quebrada El Bolsón (38 Ma) desarrolla un Endoskarn en el intrusivo con wollastonita, diópsido, actinolita y un skarn con granates (hidrogrossularita - andradita) y diópsido. Este tipo de mineralización tipo Skarn es muy similar a la que ocurre en el prospecto y también en el límite Sur en el cerro Agua de la Piedra.

Al este del área del prospecto, en los cerros Puntigudo y Crestón, intrusivos dioríticos (38 Ma) desarrollan un Skarn granatífero con piroxenos. En la periferia presenta vetas (E-W) de Ag-Au-Cu, con abundante sulfuros y sulfosales de Sb. Las vetas de Sb del prospecto, de orientación E-W a N80°E, emplazadas en el nacimiento de la Quebrada del Puntigudo, es posible relacionarlas a este evento.

De acuerdo con Mpodozis y Cornejo (1996) en Sierra Exploradora, durante el Oligoceno Inferior (35-29 Ma), se produce una sobreimposición de eventos magmáticos. Parte con el plutón exploradora (Monzodioritas-rocas porfídicas a microcristalina de 36-35 Ma) que desarrolla un skarn granatífero que hospeda vetas de Ag-Cu. Estas fueron generadas por fluidos hidrotermales de características transicionales meso-epitermales, emplazadas en zonas de fallas, claramente post metamorfismo. Esto también fue observado en el bloque central del prospecto donde la veta de Ag-Cu cortan las rocas metamorfisadas.

Posteriormente se emplaza un pórfido mineralizado, de pequeño volumen, composición dacítica a riodacítica (34-31 Ma) y con alteración cuarzo-sericita y halo externo argílico, sobreimpuesto a la zona de Skarn. En profundidad predomina la alteración sericita-clorítica, indicando una baja actividad de K en los fluidos tardimagmáticos y también es indicativa de un alto nivel de emplazamiento, que implica un enfriamiento rápido (Mpodozis y Cornejo, 1996).

Entre ambos pulsos magmáticos existió un rápido alzamiento y erosión, ya que el plutón presenta monzodioritas de mineralogía anhidra (piroxenos), emplazamiento profundo y aureola de Skarn granatíferos de alta temperatura, mientras que el pórfido dacítico con anfíbola y biotita se emplazó en niveles subvolcánicos, a menor temperatura y extensa alteración cuarzo sericita asociada (Mpodozis y Cornejo, 1996).

Finalmente existen mineralización y alteración hidrotermal ligada a zonas mayores de falla NS como por ejemplo Mina vaquillas (falla Gran Llano) y mina Victoria (falla Cenizas). Estas presentan paragénesis similares (Ag-Cu-Au), con minerales y texturas de las vetas que indican condiciones epitermales responsables de la mineralización y alteración hidrotermal. La veta en mina Vaquillas no presenta relación directa con cuerpos intrusivos pero la veta en mina Victoria se relaciona con intrusivos felsíticos de 55 Ma.

Con relación a este marco regional de alteración y mineralización, el prospecto Bárbara presenta:

-Las zonas 1 y 3 con trazas de mineralización epitermal, ubicadas en el bloque Este.

-Vetas de Ag-Cu que cortan los sedimentos metamorfisados y alteración hidrotermal que afecta al pórfido dacítico y sedimentos finos silicificados con piritita asociada, ubicados en el bloque Central.

Las zonas 1 y 3 (Fig.11 y 15) presentan mineralización depositadas por fluidos de condiciones epitermales tales como baritina, jarosita y alunita-calcedonia en vetillas y reemplazo. Afectan a calizas amarillentas en zonas con fracturamiento de origen tectónico. Probablemente es correlacionable a eventos de mineralización de relleno de

estructuras, tipo Mina Vaquillas.

En el bloque Central la totalidad de la mineralización metálica reconocida en el área corresponde a pequeños cuerpos vetiformes de Cu y Ag. Aquí las vetas se alojan en las rocas jurásicas y su edad es incierta.

A nivel regional los depósitos de Ag-Cu se ubican en los distritos de Sierra Vaquillas y Sierra Juncal, donde el evento mineralizador se estima que está asociado al magmatismo del Paleoceno - Eoceno inferior.

La relación vetas cortando Skarn, de ocurrencia similar en los bordes del plutón exploradora (36-35 Ma) se repite en el prospecto Bárbara. En sierra Exploradora las vetas estarían relacionadas genéticamente con los intrusivos responsables del metamorfismo de contacto (Mpodozis y Cornejo, 1996).

En el área del prospecto las relaciones de contacto, sólo permiten establecer que el evento mineralizador es post metamorfismo, la mineralogía de la veta y halo de alteración con abundante piritita y sericitita no permite definir la naturaleza mesotermal o epitermal de este tipo de depósito y tampoco su relación genética con el pórfido dacítico.

La principal zona de alteración hidrotermal presente en el área del prospecto, se ubica en el bloque estructural central y está genéticamente relacionada con los pórfidos dacíticos.

Las características de la alteración, principalmente sericitita, que eventualmente se sobrepone a alteración potásica representada por biotita, con diseminación de piritita y presencia de brechas hidrotermales, sugieren características similares a un potencial depósito tipo Pórfido Cuprífero. Esto es respaldado por la posición del área del prospecto que se ubica dentro de la franja metalógena de los pórfidos cupríferos (Boric et al., 1970).

Sin embargo, las bajas concentraciones de Cu detectados en superficie y la ausencia de una cubierta limonítica limitan el interés de esta zona como potencial blanco de exploración.

Es posible que el pórfido dacítico halla sido afectado por procesos similares sufridos por el pórfido mineralizado Exploradora durante su emplazamiento tales como: etapa tardimagmática, rápido alzamiento y erosión regional. Esta similitud basada en su contemporaneidad, composición, textura y tipos de alteración en superficie, podrían explicar la débil mineralización hipógena y consecuentemente la escasa zona de oxidación, más un débil desarrollo de alteración potásica y predominio de alteración cuarzo sericita en superficie. Aunque no se puede descartar un comportamiento diferente en profundidad.

La edad de este intrusivo es incierta; pero en base a características como composición dacítica a riódacítica, textura y alteración cuarzo sericítica predominante, es correlacionable al pórfido mineralizado de Sierra Exploradora de edad entre 34-31 Ma, similar al sill riódacítico del prospecto Bárbara, datado en 32 Ma, esto como límite inferior para su emplazamiento.

Mientras que su relación de contacto aparentemente intrusiva con los diques andesíticos, datados en 38 Ma, dispuestos alrededor de los afloramientos tanto al norte como al sur de la quebrada Inachuasi, indicarian un límite superior para este evento magmático.

Los sedimentos finos con abundante presencia de pirita y silicificación, constituyen otro blanco que merece ser estudiado con mayor detalle, esto en consideración a la presencia de mineralización aurífera diseminada en rocas sedimentarias reconocidas en la zona de El Salvador y en algunos prospectos ubicados hacia al SW del prospecto Bárbara.

Finalmente las zonas de Skarn al igual que las rocas volcánicas terciarias carecen de interés prospectivo por no presentar mineralización metálica asociada.

IX) CONCLUSIONES

El área comprendida por el prospecto de Cu-Ag Bárbara se caracteriza por la presencia de pequeñas vetas de Cu-Ag alojadas en rocas sedimentarias jurásicas fuertemente plegadas y falladas, los cuales presentan un potencial reducido.

Las vetas de Sb estarían genéticamente relacionadas al emplazamiento de intrusivos dioríticos, ubicados inmediatamente al este del prospecto

Las zonas 1 y 3 son puntos de alteración superficial pequeña con mineralización relacionada a eventos epitermales que afectan a niveles de calizas, deberían ser estudiados para definir su continuidad estratiforme y su posible potencial.

La principal área de interés corresponde a una zona de alteración hidrotermal de 1 Km², genéticamente relacionados a pórfidos dacíticos subvolcánicos, de probable edad Eoceno Superior-Oligoceno Inferior. Esta zona presenta alteración sericítica con diseminación de pirita que afecta al pórfido y parcialmente a la roca de caja. Las características de alteración - mineralización y relación con el pórfido dacítico sugieren que esta zona puede contener mineralización potencial del tipo pórfido cuprífero.

Sin embargo, los bajos contenidos de Cu detectados en superficie y falta de una cubierta limonítica importante, limitan las posibilidades de encontrar mineralización económica.

La presencia de rocas sedimentarias, de grano fino, silicificados y con diseminación de pirita indican la necesidad de considerar estas áreas como potenciales fuentes de mineralización aurífera diseminada.

Las zonas de Skarn carecen de interés prospectivo al menos con las asociaciones mineralógicas expuestas en superficie.

La edad del emplazamiento del pórfido dacítico fluctúa entre los 38 y los 32 Ma y su relación espacial indica que es responsable del metamorfismo de contacto. Pero regionalmente, la ocurrencia de las zonas Skarnificadas están relacionadas a intrusivos monzodioríticos y dioríticos de 39-37 Ma.

La edad de las vetas de Ag -Cu es incierta, sólo se puede establecer una edad al menos post metamorfismo de contacto. Regionalmente el metamorfismo de contacto está relacionado con intrusivos entre 38-32 Ma.

X) REFERENCIAS.

Boric, P.; Díaz, F.; Maksaev, V. 1990. Geología y Yacimientos Metalíferos de la Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, boletín N°40, p 14-103.

Cáceres, C. 1997. Exploración Proyecto Exploradora. II Región Chile. Memoria de Título.

Departamento de Geociencias. Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas. Universidad católica del Norte, p 10-17.

Carrasco, F.; Malbrán, F.; Rojas, A. 1982. Curso de Geología Campo II. Geología del Sector Quebrada La Guanaca - Agua de la Piedra. Universidad de Chile. Departamento de Geología. Inédito.

Chong, G. 1973. Reconocimiento Geológico del área Catalina – Sierra de Varas y estratigrafía del jurásico del Profeta. Memoria de Título. Departamento de Geología. Universidad de Chile, 294 p.

Davison, J.; Godoy, E. 1975. Observaciones sobre un perfil geológico de los Andes Chilenos en la latitud 25° 40 ' Sur. Actas VI Congreso Geológico Argentino. Vol. # 3. Buenos Aires.

García, F. 1967 Geología del Norte Grande de Chile. Simposium sobre el Geosinclinal Andino. Sociedad Geológica de Chile N° 3, 183 p. Santiago Chile, 1962.

López, B. 1991. El Yacimiento epitermal de Au y Ag El Guanaco. Un depósito de sulfidación alta. Terciario inferior. Memoria de Título. Universidad de Chile, Depto de Geología, 91 p.

Llaumet, C.; Araya, H. 1981. Estudio Geológico y evaluación de Reservas del Yacimiento Argentífero Vaquillas. II Región. Proyecto Vaquillas. Enami / BHC, Inédito, 52 p.

Mpodozis C., Cornejo P., 1996. El rift Tríasico-Sinemuriano de Sierra Exploradora. Cordillera de Domeyko (25°-26° S). Curso Evolución Geológica de Chile y sus

implicancias en la Exploración Minera. Asociación de facies y reconstrucción tectónica,
7

Mpodozis, C.; Cornejo, P. 1996. Geología de la Región de Sierra Exploradora (25°-26°S). Servicio Nacional de Geología y Minería. Informe registrado IR-96-09, Vol 1, 306 p.

Mortimer, C.1973. The Cenozoic History of the southern Atacama Desert, Chile. Geol. Soc. Lond., vol 129, part 5, 505-526 p.

Naranjo, J. A. ; Puig A. 1984. Hojas Taltal y Chañaral. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, N° 62-63, serie ISSN 0716-0194, 140 p.

Naranjo, J. A.; Covácevich, V. 1979. Nuevos Antecedentes sobre la Geología de la Cordillera de Domeyko en el área Sierra Vaquillas Altas. II región. Antofagasta. II Congreso Geológico Chileno, Vol 1, A45-A64 p. Arica.

Ruiz, C.; Aguirre, L.; Corvalán, J.; Klohn, C.; Levi, B. 1965. Geología y Yacimientos metalíferos Chilenos. Instituto de Investigaciones Geológicas. Editorial universitaria, 386 p.

Seminario de yacimientos Epitermales. 1992. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Seminario de Actualización de la Geología de Chile. 1984. Servicio nacional de Geología y Minería. E-19, f1-f15 p.

Williams, S. 1993. Bárbara II R, Orión 03/93. Informe Inédito. Compañía Minera Orión.