



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN EN LOS PROSPECTOS Au-Ag
LAS BELLAS Y DON BERNARDO, COMUNA DE ALHUÉ, REGIÓN
METROPOLITANA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

JAIME ANDRÉS POBLETE ALVARADO

**PROFESOR GUÍA:
CARLOS PALACIOS MONASTERIO**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS
MARTIN REICH MORALES**

**SANTIAGO DE CHILE
2008**

RESUMEN

Los prospectos Las Bellas y Don Bernardo se ubican en la Región Metropolitana, Comuna de Alhué, 40 km al sur de Melipilla y 10 km al WSW del distrito mesotermal polimetálico rico en Au y Ag Alhué. Las rocas más antiguas que afloran en estos prospectos corresponden a rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Lo Valle. Estas rocas están intruidas, en orden temporal, por un granitoide de grano grueso, de composición tonalítica, y por cuerpos emplazados en forma de diques, sills y stocks, de composición monzogranítica. Finalmente, intruyen diques de pórfido félsico que contienen a la mineralización. Las estructuras están representadas por fallas de rumbos desde N20°W hasta N30°E, de carácter preferentemente subvertical.

La mineralización de interés económico se presenta en ambos prospectos en forma de 10 estructuras observables en superficie, que siguen las fallas antes mencionadas. Estas estructuras consisten en diques de pórfido fracturado y en parte brechizado con alteración cuarzo-sericítica y menor propilítica (clorita + calcita ± epidota - adularia), y alteración supérgena sobrepuesta, representada por argilización y por la presencia de boxwork regulares y, óxidos e hidróxidos de hierro. Las estructuras, de disposición subverticales a 70°E, presentan potencias observadas entre 10 y 30 m, largos reconocidos entre 100 y 2000 m, y una profundidad de al menos 250 m en Las Bellas y de 625 m en Don Bernardo (basado en diferencias de cota). Los estilos de mineralización corresponden a vetas, brechas hidrotermales, sheeted veins, stockwork y disseminación.

La mineralogía de las vetas corresponde a cuarzo, pirita, calcopirita y, en menor proporción, galena, covelina y Au nativo. Las brechas hidrotermales son del tipo matriz soportante, cuya matriz está constituida por cuarzo, magnetita, hematita, goethita, jarosita y disseminación de boxwork regulares y pirita fina; y fragmentos angulosos de pórfido félsico consistente en cuarzo, pirita, hematita, magnetita y menor bornita, calcosina. Las vetillas de las sheeted-veins y stockwork, de 1 - 10 mm de espesor, presentan hematita, magnetita, limonitas, jarosita y relictos de pirita.

En un muestreo tipo *chip sampling* en los diques en la zona de estudio y su posterior análisis geoquímico mostraron valores anómalos de metales preciosos, con rangos de concentraciones de Au entre 0,5 y 7823 ppb y de Ag entre 0,5 y 271 ppm, y de metales base (Cu, Mo, Pb, Zn) sumado a los tipos y estilos de mineralización y a la alteración hidrotermal sugieren un modelo de depósito mesotermal polimetálico, en zona de ebullición (brechas hidrotermales y stockwork) y transición entre epitermal de baja sulfidización y pórfido. Además, comparando la litología y la diferencia de cota en que afloran las vetas en los prospectos en estudio y el distrito minero Alhué, indican que el nivel estructural en Las Bellas y Don Bernardo es más profundo que Alhué, sin embargo pertenecen al mismo metalotecto. Con lo anterior se concluye que Las Bellas y Don Bernardo son importantes prospectos ricos en Au y Ag del Cretácico Superior, que además poseen un gran potencial de mineralización tipo pórfido de metales base en profundidad.

Finalmente, los prospectos en estudio, junto con los yacimientos en transición epitermal - mesotermal del tipo adularia - sericita El Bronce de Petorca, Cerro Cantillana y Distrito Minero Chancón y, los yacimientos mesotermales Distrito Minero Alhué y Distrito Minero Las Palmas, debido a su similar marco geológico, edad, estilos de mineralización, minerales de mena y alteración, definen una franja en transición epitermal - mesotermal vetiforme polimetálica rica en oro y plata del Cretácico Superior en Chile Central.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero agradecer al Profesor Carlos Palacios por la confianza depositada para realizar esta memoria. Siempre dispuesto a ayudar con sus agudos y precisos comentarios cuando las dudas afloraban.

Agradecer a mi familia por apoyarme en los buenos y malos momentos.

A Maca, que con su amor y apoyo ha sido un gran soporte durante todo el tiempo que este trabajó duró.

Y finalmente, y no por eso menos importante, agradecer a los estudiantes del curso del Seminario por su gran ayuda a la confección para esta memoria.

INDICE

1) INTRODUCCIÓN	10
1.1) Ubicación y Vías de acceso.....	10
1.2) Propiedad minera	12
1.3) Metodología	12
2) MARCO GEOLÓGICO.....	13
2.1) Rocas Estratificadas	13
2.2) Rocas Intrusivas	15
2.3) Cuaternario.....	17
2.4) Morfología y Estructuras.....	17
2.5) Geología Económica	17
3) GEOLOGÍA DISTRITAL.....	18
3.1) Unidad de Rocas Volcánicas.....	18
3.2) Unidad de Rocas Intrusivas.....	19
3.2.1) Granitoide de grano grueso	20
3.2.2) Monzogranito	21
3.2.3) Pórfido Félsico	22
3.3) Estructuras.....	28
3.3.1) Estratificación	28
3.3.2) Fallas	28
3.4) Mineralización y Alteración.....	29
3.4.1) Diques de Pórfido Félsico	29
3.4.2) Cuerpos de Brecha Hidrotermal.....	38
3.4.3) Roca de caja	40
4) GEOQUÍMICA	41
4.1) Muestreo y Metodología	41
4.2) Métodos Analíticos	43
4.3) Control de Calidad	44
4.4) Presentación de datos	45
4.4.1) <i>Chip Sampling</i>	45
4.4.2) Stream Sediments.....	58
5) MODELO DE DEPÓSITO MINERAL EN EL PROSPECTO LAS BELLAS	62

6) FRANJA METALOGÉNICA POLIMETÁLICA VETIFORME RICA EN Au - Ag, DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE CHILE CENTRAL.....	65
6.1) Marco Geológico.....	65
6.2) Descripción de yacimientos y distritos	68
6.2.1) Distrito El Bronce de Petorca.....	68
6.2.2) Veta Cerro Cantillana.....	73
6.2.3) Prospectos Las Bellas y Don Bernardo.....	76
6.2.4) Distrito minero Alhué	81
6.2.5) Distrito minero Chancón	85
6.2.6) Distrito aurífero Las Palmas.....	89
6.3) Modelo generalizado de depósito de la franja.....	94
7) CONCLUSIONES	97
REFERENCIAS	100
ANEXO 1: DESCRIPCIONES DE CORTES TRANSPARENTES	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación y accesos a los prospectos Las Bellas y Don Bernardo.....	11
Figura 2: Mapa geológico regional.....	16
Figura 3: Mapa geológico del prospecto Las Bellas.....	24
Figura 4: Perfil esquemático del prospecto Las Bellas.....	25
Figura 5: Mapa geológico del prospecto Don Bernardo.....	26
Figura 6: Perfil esquemático del prospecto Don Bernardo.....	27
Figura 7: Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Au para muestras tipo <i>chip sampling</i>	52
Figura 8: Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Ag para muestras tipo <i>chip sampling</i>	53
Figura 9: Mapa de ubicación de las muestras tipo <i>chip sampling</i> en el prospecto Las Bellas y sus respectivas anomalías de Au.....	54
Figura 10: Mapa de ubicación de las muestras tipo <i>chip sampling</i> en el prospecto Las Bellas y sus respectivas anomalías de Ag.....	55
Figura 11: Mapa de ubicación de las muestras tipo <i>chip sampling</i> en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Au.....	56
Figura 12: Mapa de ubicación de las muestras tipo <i>chip sampling</i> en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Ag.....	57
Figura 13: Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Au para muestras tipo <i>stream sediments</i>	60
Figura 14: Mapa de ubicación de las muestras tipo <i>stream sediments</i> en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Au.....	61
Figura 15: Mapa que muestra los yacimientos o distritos mesotermales de Au - Ag pertenecientes al Cretácico Superior.....	67
Figura 16: Mapa geológico distrital de El Bronce de Petorca.....	71
Figura 17: Perfil esquemático del distrito El Bronce de Petorca.....	72
Figura 18: Mapa geológico de la zona de la veta Cerro Cantillana.....	75
Figura 19: Mapa geológico del prospecto Las Bellas.....	77
Figura 20: Mapa geológico del prospecto Don Bernardo.....	78
Figura 21: Perfil esquemático del Prospecto Las Bellas.....	79
Figura 22: Perfil esquemático del Prospecto Don Bernardo.....	80

Figura 23: Mapa geológico del distrito minero Alhué.....	83
Figura 24: Perfil esquemático de la estructura interna de una veta del distrito minero Alhué.....	84
Figura 25: Mapa geológico sector mina La Leona distrito Chancón.....	87
Figura 26: Perfil esquemático del distrito minero Chancón.....	88
Figura 27: Mapa geológico simplificado del distrito aurífero Las Palmas.....	91
Figura 28: Perfil generalizado del distrito aurífero Las Palmas.....	92
Figura 29: Gráfico Temperatura v/s Profundidad para los depósitos del Cretácico Superior estudiados.....	95
Figura 30: Modelo generalizado de depósito para la franja vetiforme polimetálica rica en Au y Ag del Cretácico Superior.....	97

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Unidad de Rocas Volcánicas.....	19
Foto 2: Fotomicrografía de la Unidad de Rocas Volcánicas.....	19
Foto 3: Granitoide de grano grueso.....	20
Foto 4: Fotomicrografía del Granitoide de grano grueso.....	21
Foto 5: Monzogranito.....	22
Foto 6: Pórfido félsico.....	23
Foto 7: Fotomicrografía del Pórfido Félsico.....	23
Foto 8: Vista de la estructura mineralizada.....	29
Foto 9: Rodado de veta.....	30
Foto 10: Fotomicrografía de la veta.....	31
Foto 11: Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) de la veta.....	31
Foto 12: Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) de la veta donde se observa pirita y calcopirita con borde de hematita, Au y covelina.....	31
Foto 13: Brecha Hidrotermal.....	32
Foto 14: Boxwork regulares e irregulares en matriz de Brecha Hidrotermal.....	33
Foto 15: Fotomicrografía de la matriz de la Brecha Hidrotermal.....	33
Foto 16: Fotomicrografía en luz reflejada (nícoles paralelos) de un fragmento de la Brecha Hidrotermal.....	34
Foto 17: Fotomicrografía de vetilla presente en la Brecha Hidrotermal.....	34
Foto 18: Sheeted veins en estructura mineralizada	35
Foto 19: Sheeted-veins en donde se observa la mineralogía de las vetillas.....	35
Foto 20: Stockwork en estructura mineralizada.....	36
Foto 21: Fotomicrografía de Stockwork.....	36
Foto 22: Vetilla de hematita-magnetita-pirita.....	37
Foto 23: Fotomicrografía de vetilla de hematita-magnetita-pirita.....	37
Foto 24: Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) de la mineralización diseminada de pirita en fragmento de pórfido félsico de la Brecha Hidrotermal.....	38
Foto 25: Cuerpo de Brecha Hidrotermal con matriz rica en epidota.....	39
Foto 26: Fotomicrografía del Cuerpo de Brecha Hidrotermal.....	39
Foto 27: Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) del Cuerpo de Brecha Hidrotermal en donde se observa mineralización de pirita.....	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de las 40 muestras de roca tipo <i>chip sampling</i> en los prospectos Las Bellas y Don Bernardo.....	42
Tabla 2: Ubicación de las muestras de sedimento tipo <i>stream sediments</i> en el prospecto Don Bernardo.....	43
Tabla 3: Resultados de los duplicados de laboratorio, estándares y blancos para el análisis de control de calidad de las muestras de roca del prospecto Las Bellas.....	44
Tabla 4: Resultados geoquímicos de las muestras tomadas por ex Meridian Gold en el prospecto Las Bellas.....	46
Tabla 5: Matriz de correlación de Pearson para los resultados en escala logarítmica en base 10 de las muestras tipo <i>chip sampling</i> tomadas por ex Meridian Gold.....	48
Tabla 6: Resultados geoquímicos de las muestras tipo <i>chip sampling</i> tomadas por el autor en el prospecto Las Bellas.....	49
Tabla 7: Resultados geoquímicos de las muestras tipo <i>chip sampling</i> tomadas por el autor en el prospecto Don Bernardo.....	49
Tabla 8: Resumen del análisis estadístico para el Au en muestras tipo <i>chip sampling</i> para los prospectos en estudio.....	51
Tabla 9: Resumen del análisis estadístico para la Ag en muestras tipo <i>chip sampling</i> para los prospectos en estudio.....	51
Tabla 10: Resultados geoquímicos de las muestras tipo <i>strem sediments</i> tomadas por el autor en el prospecto Don Bernardo.....	58
Tabla 11: Resumen del análisis estadístico para el Au en muestras tipo <i>stream sediments</i> para el prospecto Don Bernardo.....	59
Tabla 12: Comparación de las principales características de los depósitos descritos pertenecientes a la Franja Metalogénica Au – Ag Cretácico Superior en Chile Central.....	93

1) INTRODUCCIÓN

Los prospectos Au-Ag Las Bellas y Don Bernardo se ubican en la Cordillera de la Costa de la Región Metropolitana.

La presente memoria de título tiene como objetivo general determinar el tipo de yacimiento existente en los prospectos.

Los objetivos específicos son:

1. Estudiar y reconocer la geología de los prospectos.
2. Determinar los tipos de alteración hidrotermal (hipógena y supérgena) y la (s) paragénesis de mineralización asociadas.
3. Proponer un modelo de yacimiento en Las Bellas y Don Bernardo.
4. Comparación con los yacimientos en el distrito minero Alhué.

1.1) Ubicación y Vías de acceso

Los prospectos Las Bellas y Don Bernardo se ubican en la Región Metropolitana, Comuna de Alhué, 40 Km al sur de Melipilla, y 10 Km al WSW del distrito mesotermal polimetálico rico en Au y Ag Alhué (ex Meridian Gold).

Para acceder desde Melipilla a la zona de estudio se debe tomar la ruta G-60 (MOP, 2006) hacia el SW por 34 Km hasta el cruce Las Arañas. En el cruce se debe tomar la ruta 66 (Camino de la Fruta que llega hasta los puertos de Valparaíso y San Antonio, MOP, 2006) y seguir hacia el sur por 21 Km hasta el poblado de Santa Inés. Finalmente se toma la ruta G-692 (MOP, 2006) hacia el este en dirección a Villa Alhué, por unos 7 Km hasta el sector de Quilamuta, en donde se

encuentra el prospecto Las Bellas, y por 11 Km en donde se encuentra el prospecto Don Bernardo (Figura 1). Todos los caminos antes mencionados se encuentran pavimentados.

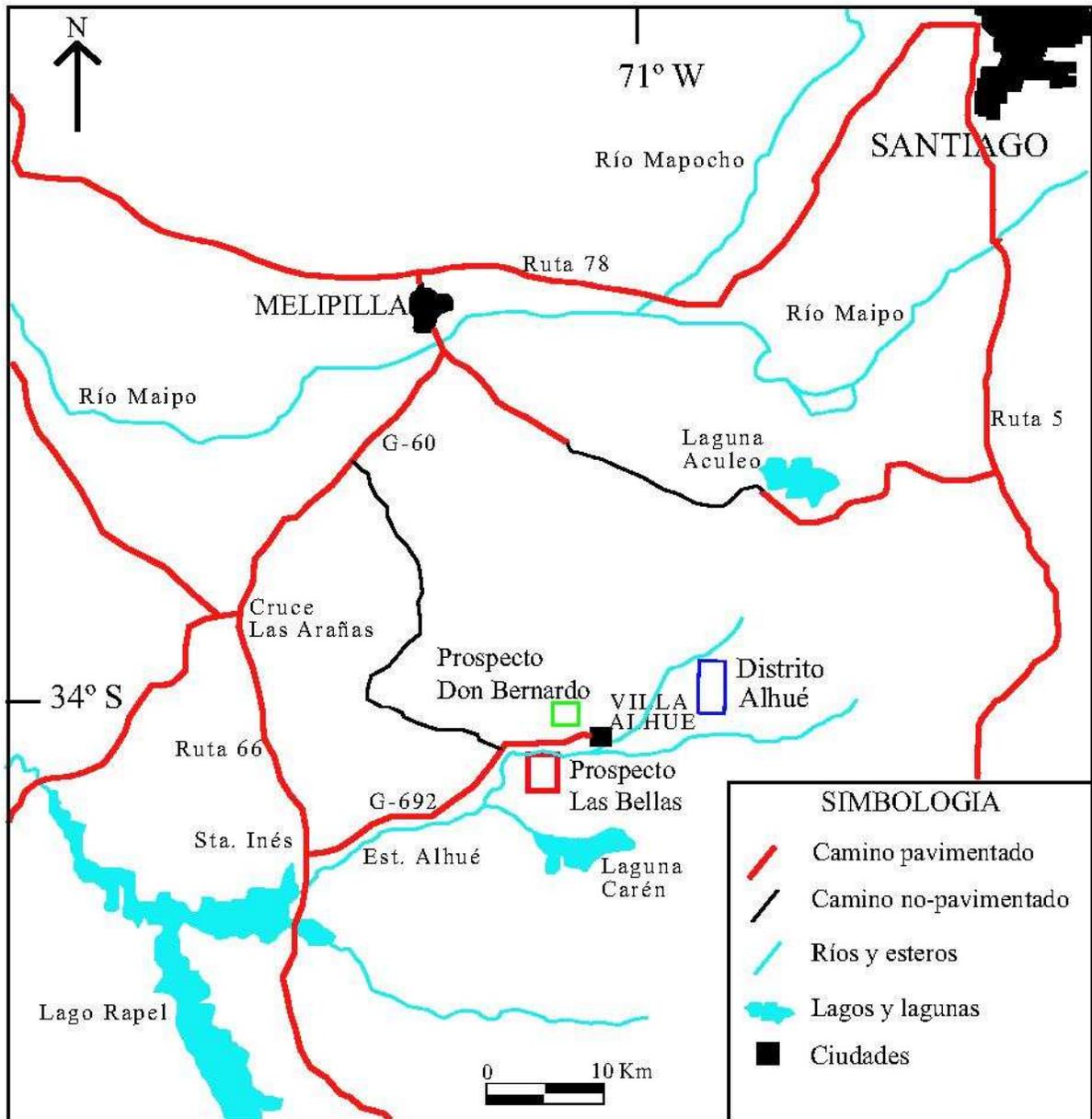


Figura 1.- Mapa de ubicación y accesos a los prospectos Las Bellas y Don Bernardo.

1.2) Propiedad minera

La propiedad minera en el prospecto Las Bellas está inscrita y representada legalmente por el industrial Sr. Rafael Jerez Armijo. En el prospecto Don Bernardo la propiedad minera está inscrita a nombre del Ingeniero Químico Sra. Yasmín Pinto. La zona se encuentra en el flanco oeste de la Cordillera de la Costa de Chile Central. Ambos prospectos cubren un área de 3 x 3 km² cada una, a altitudes entre 200 y 800 m s.n.m.

1.3) Metodología

Para determinar la geología de los prospectos, se realizó un trabajo de terreno, con posterior elaboración de mapas geológicos a escala 1:5000. Se definieron litologías, tipos de alteración, distribución de mineralización y estructuras presentes en la zona. También se realizó un muestreo tipo *chip sampling* y *stream sediments* para análisis geoquímico y un muestreo de roca para análisis petrográfico y metalográfico.

Se realizaron análisis petrográficos mediante cortes transparentes y pulidos para determinar tipos de alteración hidrotermal y asociaciones paragenéticas de mineralización.

El estudio geoquímico basado en un muestreo de rocas tipo *chip sampling* de 40 muestras, se realizó utilizando Inductive Coupled Plasma (ICP) para 36 elementos y ensaye a fuego; y un muestro tipo *stream sediments* de 22 muestras, utilizando ensaye a fuego por Au.

2) MARCO GEOLÓGICO

En el área afloran rocas estratificadas con edades entre el Jurásico y Paleógeno, y rocas intrusivas jurásicas y cretácicas (Figura 2).

2.1) Rocas Estratificadas

-Formación Cerro Calera (Jurásico: Aaleniana superior-Bajociano): Corresponde a rocas predominantemente sedimentarias (marinas), constituidas por lutitas, areniscas cuarcíferas a litarenitas feldespáticas, areniscas conglomerádicas, conglomerados volcanoclásticos e intercalaciones de tobas. Infrayace, concordantemente, a la Formación Horqueta y la base sobreyace a granitoides del Jurásico y Cretácico (Wall et al, 1996). Está intruida, en parte, por granitoides del Jurásico y Cretácico, observándose extensas áreas de alteración hidrotermal. Bivalvos y ammonites (*Tmetoceras sp.*, *Eudmetoceras sp.* y *Holcophylloceras*) encontrados en niveles de lutita y areniscas permite asignarla al Aaleniano superior (Nasi y Thiele, 1982). Se estima una potencia de 760 m (Nasi y Thiele, 1982).

-Formación Horqueta (Jurásico: Batoniano-Titoniano): Corresponde a una secuencia volcánica con intercalaciones sedimentarias continentales, constituidas por tobas, lavas andesíticas a riolíticas, brechas volcánicas, areniscas y conglomerados volcanoclásticos de color pardo rojizo. Sobreyace concordantemente a la Formación Cerro Calera y subyace, de la misma manera, a la Formación Lo Prado (Nasi y Thiele, 1982), lo que permite asignarle edad relativa (Wall et al., 1996). Se estima una potencia de 4300 m en el Cordón Culipran (Nasi y Thiele, 1982).

-Formación Lo Prado (Cretácico: Berriasiano superior-Hauteriviano): Corresponde a rocas sedimentarias marinas y volcánicas, constituidas por areniscas feldespáticas, conglomerados finos con intercalaciones de calizas y lutitas, areniscas conglomerádicas con intercalaciones de brechas andesíticas, lavas andesíticas y tobas con intercalaciones de filones andesíticos, areniscas y calizas. Sobreyace concordante a la Formación Horqueta e infrayace, de igual forma, a la Formación Veta Negra (Nasi y Thiele, 1982). Ammonites (*Thurmanniceras sp.*, *Spiticeras sp.*, *Olcostephanus sp.* y Ancyloceratidae) hallados en rocas calcáreas señalan el intervalo de edad

Berriasiano superior-Hauteriviano (Nasi y Thiele, 1982). La potencia es variable entre 3500 y 6800 m (Nasi y Thiele, 1982). Presenta zonas de alteración hidrotermal, que hospedan mineralización estratiforme de cobre y mantos de caliza. Wall et al. (1996) definen tres miembros:

- a) Miembro Superior: 1100 m de potencia, constituidas por calizas marinas, areniscas y conglomerados con intercalaciones de rocas volcánicas. Presenta mineralización en vetas de cobre y Au-cobre, estratiforme de cobre y yacimientos de caliza.
- b) Miembro Medio: 2150 m de potencia, constituida por lavas, lavas brechosas, y tobas, de composición andesítica a riolítica e intercalaciones sedimentarias. Hospeda vetas de cobre, Au y cobre-Ag, y estratiformes de cobre.
- c) Miembro Inferior: 1970 m de potencia, constituida por areniscas, areniscas calcáreas fosilíferas marinas, lutitas calcáreas, areniscas y conglomerados y escasas intercalaciones de lavas andesíticas y dacíticas.

-Formación Veta Negra (Cretácico inferior: Barremiano-Albiano): Corresponde a rocas volcánicas y en parte subvolcánicas, constituidas por andesitas ocoíticas, lavas andesíticas a riolíticas porfídicas y afaníticas, brechas volcánicas, areniscas, con intercalaciones de calizas y areniscas fosilíferas y filones andesíticos. Sobreyace concordante a la Formación Lo Prado, e infrayace, en aparente discordancia levemente angular a la Formación Lo Valle (Nasi y Thiele, 1982). Los mencionados autores le asignan una edad Cretácico Inferior por relaciones estratigráficas. Se estima una potencia total de 2350 m (Nasi y Thiele, 1982).

-Formación Lo Valle (Cretácico Superior-Paleógeno): Corresponde esencialmente a rocas volcánicas, constituidas por una sección basal de conglomerados y areniscas, sobre la cual se apoyan lavas andesíticas a riolíticas, ignimbritas y brechas, con intercalaciones de tufitas y areniscas epiclásticas continentales (Nasi y Thiele, 1982). En el cerro Horcón de Piedra, la sección superior de la Formación Lo Valle descansa, en leve discordancia angular sobre la Formación Veta Negra, desapareciendo hacia el sur la sección clásica inferior (Nasi y Thiele, 1982). Los mencionados autores le asignan a esta formación una edad mínima de 80 Ma, que es la edad de un stock granítico que la intruye. Posee una potencia total de 3500 m (Nasi y Thiele, 1982).

2.2) Rocas Intrusivas

En la zona afloran rocas de edad Paleozoica, Jurásica y Cretácica:

- a) Paleozoico: Corresponden predominantemente a tonalitas y granodioritas de anfíbola y biotita, afectadas por foliación milonítica. Forman plutones alargados entre 19-25 Km (Wall et al., 1996). Están intruidas por granitoides de edad Jurásica y Cretácica. Son rocas calcoalcalinas, peraluminosas, principalmente tipo I y, en menor proporción, tipo S. Edades calculadas mediante isócrona Rb-Sr de 308 ± 15 Ma (Hervé et al., 1988), se interpretan como edad de cristalización. Edades K-Ar en biotita entre 274-289 Ma (Wall et al., 1996) corresponden a posibles edades de enfriamiento, y una edad K-Ar en biotita de 159 ± 4 Ma (Wall et al., 1996), se interpreta como rejuvenecimiento térmico debido plutones del Jurásico.

- b) Jurásico: Corresponden a tonalitas y granodioritas de hornblenda-biotita, monzodioritas cuarcíferas y dioritas subordinadas. Intruyen a granitoides del Paleozoico y rocas sedimentarias y volcánicas de las formaciones Cerro Calera y Horqueta, generando zonas de alteración hidrotermal. Son intruidas por plutones del Cretácico. Son rocas calcoalcalinas, metaluminosas a moderadamente peraluminosas, de tipo I. Forman plutones subcirculares de 2 a 13 Km de diámetro (Wall et al., 1996). Dataciones K-Ar en biotita entregaron edades de 165 ± 4 Ma, 156 ± 4 Ma y en anfíbola de 161 ± 9 Ma, 164 ± 8 Ma y 144 ± 7 Ma (Wall et al, 1996)

- c) Cretácico: Corresponden a pórfidos dioríticos y granodioríticos; granodioritas y tonalitas de anfíbola-biotita-piroxeno y monzodioritas cuarcíferas. Intruyen a las formaciones del Jurásico y Cretácico inferior y a cuerpos plutónicos del Jurásico y Paleozoico, formando zonas de alteración hidrotermal. Son rocas calcoalcalinas de potasio intermedio, metaluminosas, de tipo I. Una datación K-Ar en biotita entregó una edad de 92 ± 2 Ma y en plagioclasa de 95 ± 4 Ma (Wall, et al., 1996).

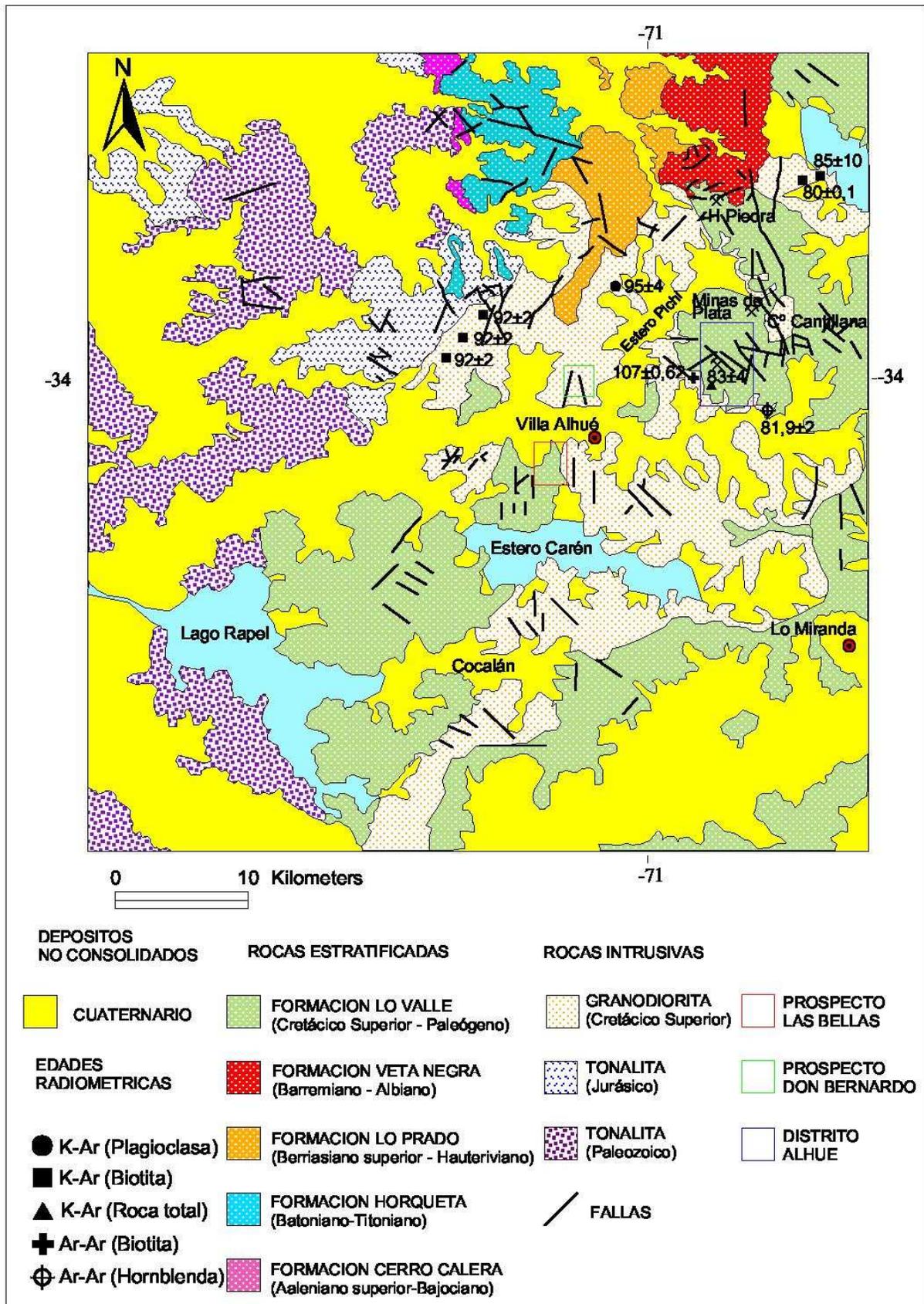


Figura 2.- Mapa geológico regional. Modificado de Nasi y Thiele (1982) y Wall et al., (1996)

2.3) Cuaternario

Los depósitos Cuaternarios lo componen depósitos coluviales de edad Holoceno, ubicados en la cabecera de las quebradas que comprenden, principalmente, depósitos gravitacionales, correspondientes a flujos en masa, matriz soportados, de muy mala selección, interdigitados con lentes de arena y gravas generados por pequeños cursos de agua.

2.4) Morfología y Estructuras

Los dominios de cobertura de la zona constituyen un relieve montañoso (al este de la zona de estudio), con alturas de ~2000 m en donde se encuentran valles encajonados de dirección predominante nor-oeste. A este dominio pertenecen las formaciones volcánicas y sedimentarias mesozoicas antes descritas, las cuales constituyen una secuencia monoclinial de rumbo norte-sur a nor-este y manteo promedio de 25-35° al este (Wall et al., 1996). Las estructuras principales corresponden a lineamientos y fallas que, en parte, coinciden con la dirección de los valles encajonados (Wall et al., 1996).

2.5) Geología Económica

Las unidades estratificadas mesozoicas y granitoides del Cretácico Superior se caracterizan por hospedar mineralización metálica vetiforme y estratiforme de cobre, y vetiforme de Au. Además se reportan recursos no-metálicos.

La mineralización vetiforme de Au, Au-Cu, Au-Ag y Au-Ag-Cu se aloja en rocas intrusivas cretácicas, mientras que la mineralización vetiforme de cobre se aloja en todas las secuencias volcano-sedimentarias del Jurásico y Cretácico (Wall et al., 1996). Por otra parte, los yacimientos estratiformes de cobre y cobre-Ag, se hospedan en rocas volcano-sedimentarias de las formaciones Lo Prado y Veta Negra del Cretácico Inferior (Wall et al., 1996).

Los recursos no metálicos de caliza corresponden a yacimientos estratiformes de caliza en las rocas sedimentarias de la Formación Lo Prado (Wall et al., 1996).

3) GEOLOGÍA DISTRITAL

En los prospectos Las Bellas y Don Bernardo aflora una secuencia de rocas volcánicas correlacionable con la sección superior de la Formación Lo Valle de edad Cretácico Superior (Nasi y Thiele, 1982). Esta secuencia se encuentra intruida por granitoides, diques, stocks y sills, que en algunos sectores queda evidenciado por metamorfismo de contacto confirmando que la depositación de la Formación Lo Valle corresponde a un evento anterior al emplazamiento de los cuerpos intrusivos (Araya, 2001).

Los cuerpos mineralizados en ambos prospectos se encuentran emplazados en forma de diques en todas las unidades antes mencionadas que se describen a continuación.

3.1) Unidad de Rocas Volcánicas

En el prospecto Las Bellas aflora en el sector sur-oeste y, mayoritariamente, en el sector sur-este, entre las cotas 300 y 700 m s.n.m. Su base corresponde a un cuerpo granítico de grano grueso y en parte a un cuerpo monzogranítico en forma de sill, y su techo es la actual superficie de erosión (Figura 3).

En el prospecto Don Bernardo aflora en el sector centro y norte del área de estudio, entre las cotas 300 y 800 m s.n.m. La base corresponde a un cuerpo monzogranítico en forma de stock y el techo es la actual superficie de erosión (Figura 5).

Corresponden, en general a rocas de color gris a pardo oscuro (Foto 1), con textura porfírica, constituida por fenocristales de tamaño fino a medio de cuarzo (2 - 25%) anhedrales; plagioclasa (10-25%) anhedrales a subhedrales; feldespato potásico (3 - 20%) anhedrales a subhedrales fuertemente sericitizados; y máficos y boxwork regulares (~8%) (Foto 2B). La masa fundamental (50 - 60%) esta compuesta por microlitos de plagioclasa, cuarzo, máficos y boxwork regulares. Presenta vetillas de cuarzo sericita, clorita-epidota y óxidos de fierro de 0,1 - 0,7 mm de espesor.



Foto 1.- Unidad de Rocas Volcánicas.

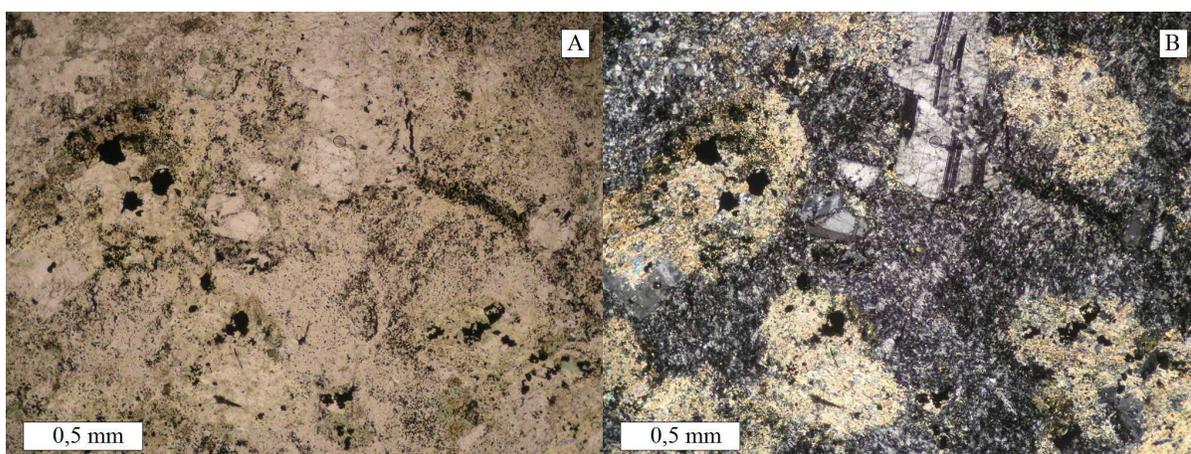


Foto 2.- Fotomicrografía de la Unidad de Rocas Volcánicas. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observan la alteración propilítica y boxwork regulares. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observan los cristales de feldespato potásico con intensa sericitización selectiva.

3.2) Unidad de Rocas Intrusivas

Corresponde a un grupo de rocas intrusivas que incluyen cuerpos plutónicos y cuerpos intrusivos en forma de stocks, diques y sills.

Se le correlaciona con los cuerpos intrusivos que Wall et al., (1996) asignan a una edad Cretácico Superior, en el que existen dataciones (Figura 2) que indican un rango de edades entre 107 y 80 Ma.

3.2.1) Granitoide de grano grueso

Aflora en el prospecto Las Bellas preferentemente en el sector noreste del área, entre las cotas 200 y 300 m s.n.m.

Consiste en un cuerpo plutónico tonalítico que en parte se encuentra fuertemente meteorizado. Su color es blanco amarillento (Foto 3). Presenta textura fanerítica de grano medio, holocristalina, alotromórfica, equigranular. Está constituida por cuarzo (60%) anhedrales fracturados (Foto 4B) y plagioclasa (40%). Se encuentra intruido por cuerpos porfídicos, principalmente en forma de diques



Foto 3.- Granitoide de grano grueso.

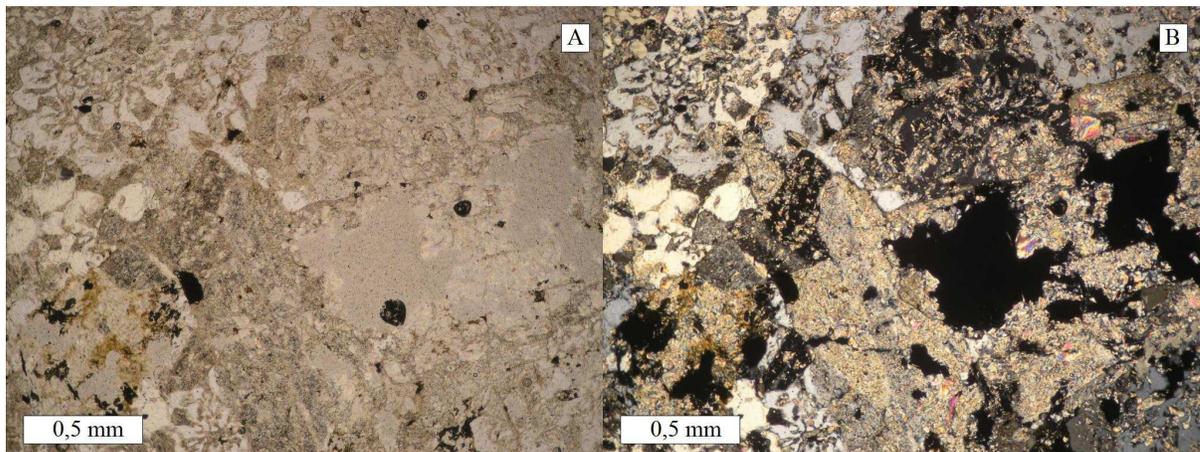


Foto 4.- Fotomicrografía del Granitoide de grano grueso. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa el fracturamiento de los cristales, la alteración propilítica y la argilización moderada que afecta a plagioclasas. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa la sericitización incipiente que afecta a plagioclasas y relleno de las fracturas del cuarzo.

3.2.2) Monzogranito

En el prospecto Las Bellas corresponden a cuerpos intrusivos emplazados en forma de diques y sills entre la unidad de rocas volcánicas y el granitoide de grano grueso. En este prospecto se ubica preferentemente en la parte centro y centro oeste entre las cotas 200 y 300 m s.n.m. (Figura 3).

En el prospecto Don Bernardo corresponde a un cuerpo intrusivo emplazado en forma de stock, intruyendo a la unidad de rocas volcánicas (Figura 5).

En general presenta textura fanerítica de grano fino a medio. Está constituida principalmente por cuarzo, plagioclasa y feldespatos potásico, y los máficos (30 - 45%) consisten en biotita, anfíbola y magnetita (Foto 5). Se observa un aumento de máficos y una disminución en la cantidad de feldespatos potásico hacia el prospecto Don Bernardo, en donde la composición cambia localmente al límite monzogranito-granodiorita.



Foto 5.- Monzogranito.

3.2.3) Pórfido Félsico

Se presenta en forma de diques cortando a todas las litologías antes descritas, con orientaciones preferenciales norte-sur, noreste (NNE) y noroeste (NNW), y de carácter subvertical a $80^{\circ}W$ (Perfil 1). En el prospecto Las Bellas aflora en superficie entre las cotas 200 y 450 m s.n.m, con potencias observadas entre 10 - 30 m; y en el prospecto Don Bernardo afloran entre las cotas 275 - 900 m s.n.m, con potencias entre 3 - 30 m (Figuras 5 y 6).

La roca presenta textura holocristalina, fanerítica de grano fino a medio. Está constituida por cuarzo (80%) anhedral fracturado, minerales máficos, pirita diseminada, y además presenta boxwork regulares (Foto 6 y 7A).

Presenta alteración cuarzo-sericita moderada a intensa (Foto 7B), observable como halos de estructuras. Estas estructuras, a escala macroscópica, corresponden a vetillas de hematita de 1,5 - 2 mm de espesor.



Foto 6.- Pórfido félsico en donde se observan vetillas y boxwork regulares.

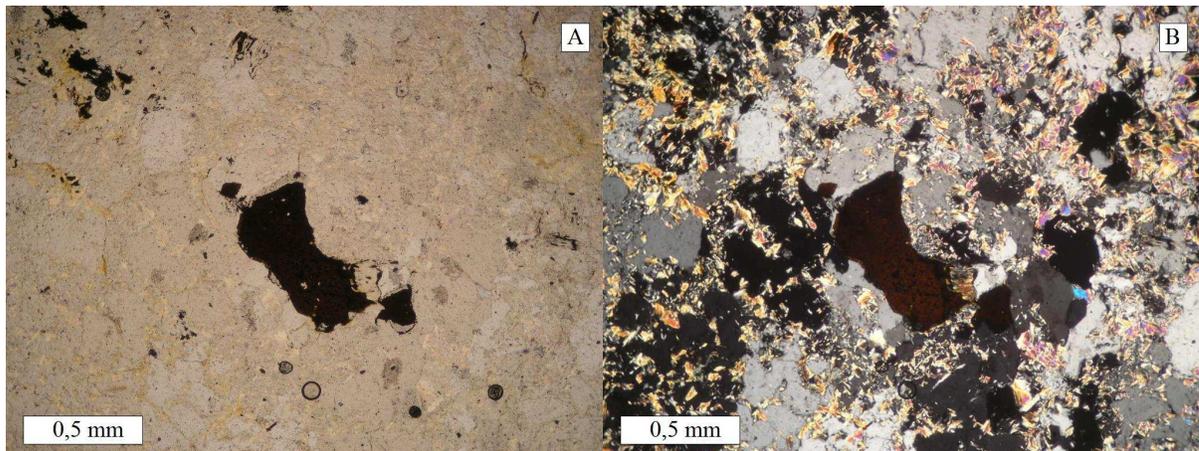


Foto 7.- Fotomicrografía del Pórfido Félsico. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa los minerales opacos diseminados, boxwork regulares con bordes oxidados. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa la alteración cuarzo-sericita y un cristal de hematita en el centro de la fotografía.

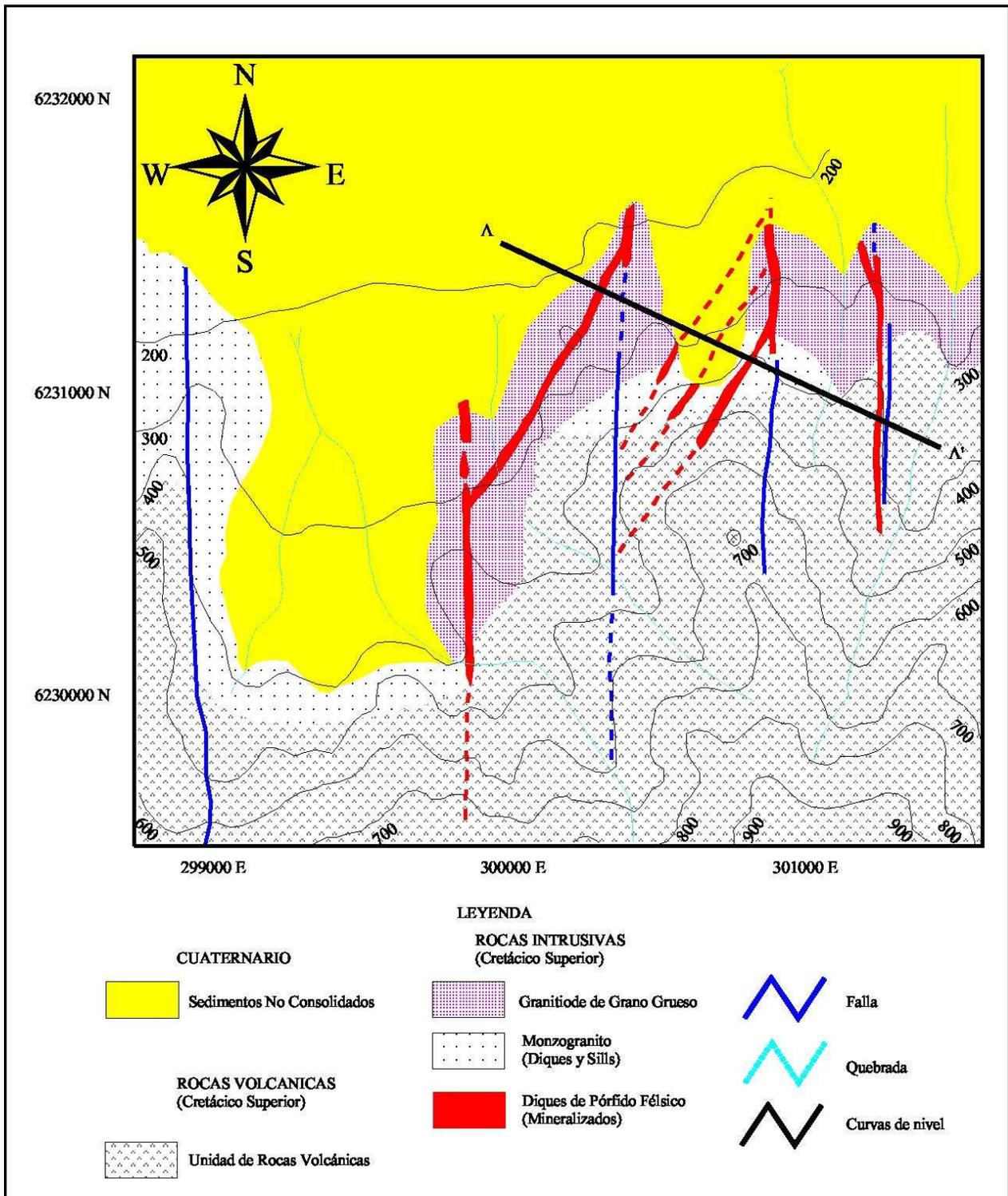


Figura 3.- Mapa geológico del prospecto Las Bellas.

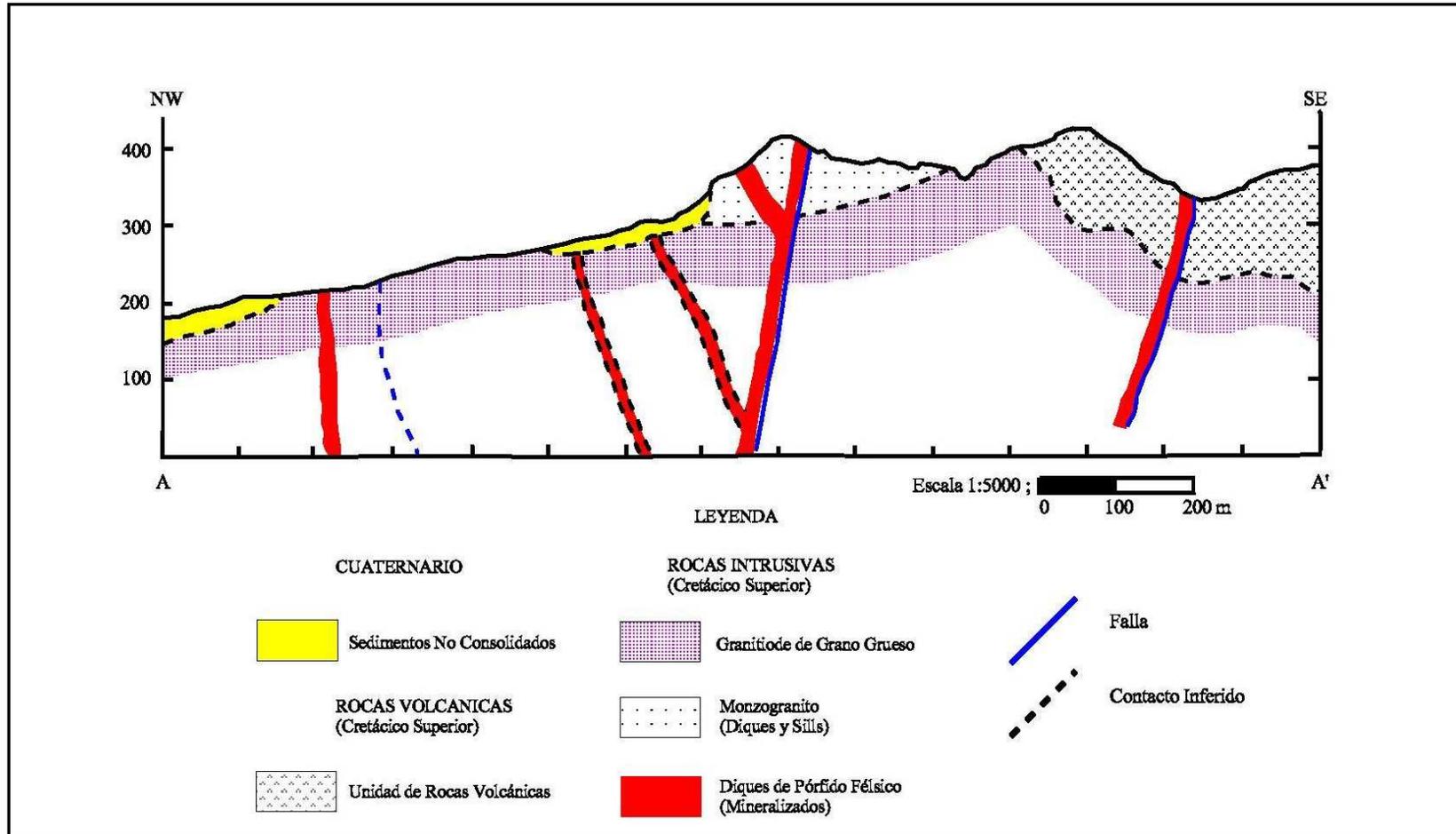


Figura 4.- Perfil esquemático del prospecto Las Bellas. Segmento A-A' marcado en la Figura 3.

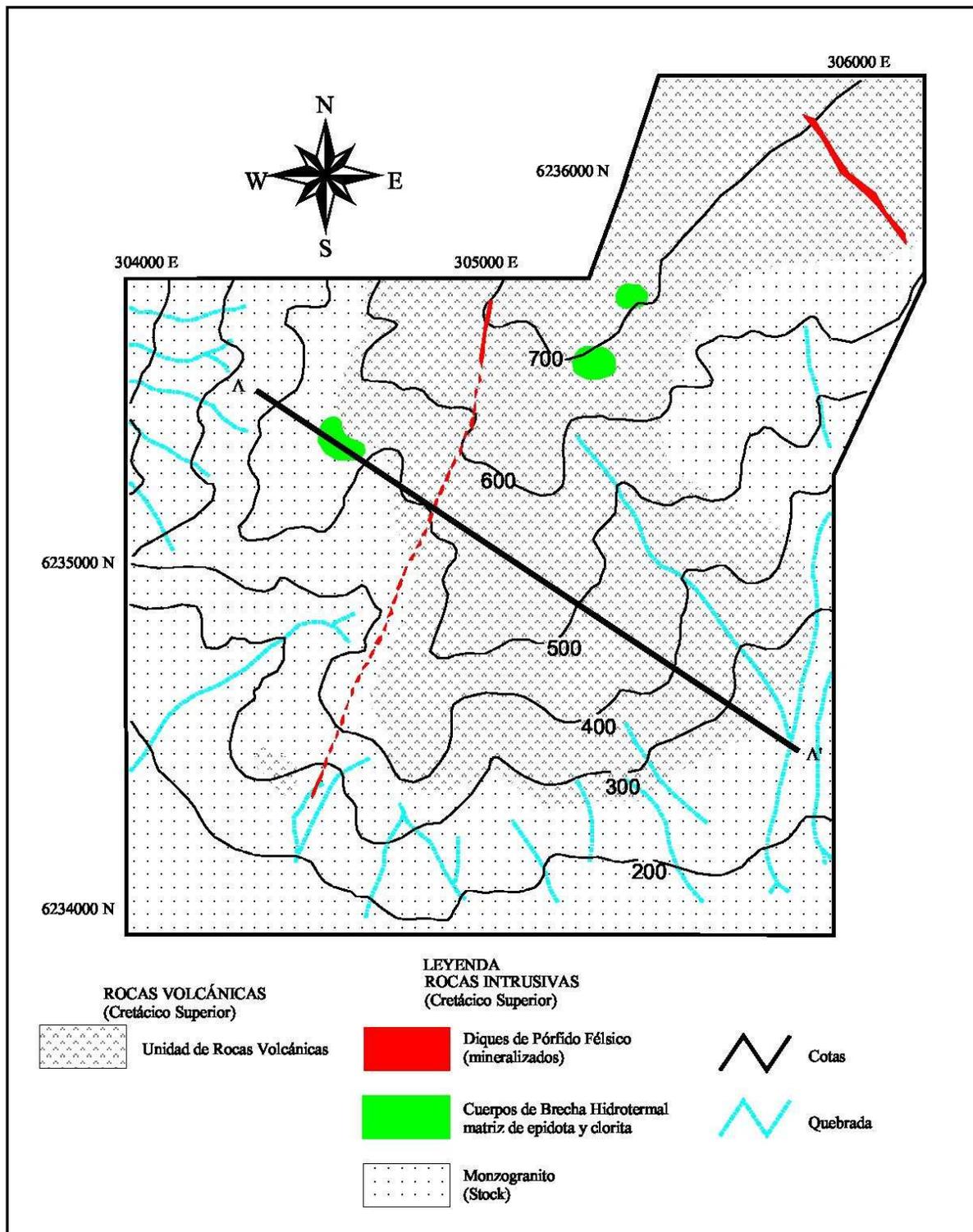


Figura 5.- Mapa geológico del prospecto Don Bernardo.

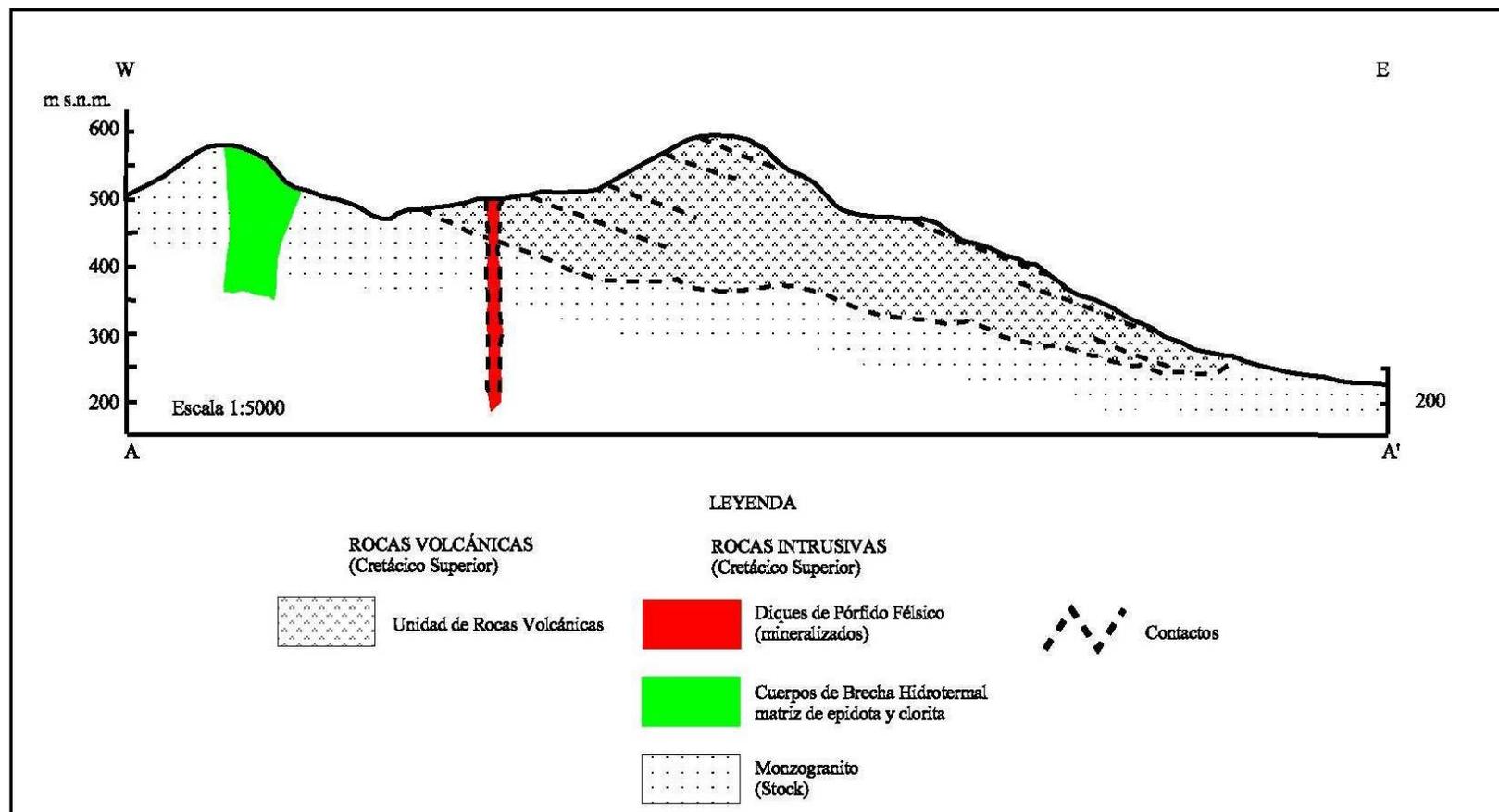


Figura 6.- Perfil esquemático del prospecto Don Bernardo. Segmento A-A' marcado en la Figura 5.

3.3) Estructuras

En la zona se reconocen dos tipos de estructuras importantes: planos de estratificación y fallas.

3.3.1) Estratificación

Nasi y Thiele (1982) y Wall et al (1996) definen regionalmente una actitud general homoclinal de la secuencia estratificada Jurásica-Cretácica, con rumbo general norte-sur a nor-este e inclinación promedio entre 25-35° hacia el este.

En el distrito Alhué, Pérez (2001) define un rumbo de N30°W a N30°E e inclinación entre 20°-39° hacia el este para la secuencia estratificada, coincidiendo en la estructura homoclinal descritas anteriormente. Las mediciones anteriores se observan en la unidad sedimentaria sobre la cota 1200 m s.n.m descritas en ese trabajo.

En los prospectos Las Bellas y Don Bernardo no se observan disposiciones preferenciales de la secuencia estratificada, por lo tanto se asumirá los datos antes mencionados para esta zona de estudio.

3.3.2) Fallas

En el prospecto Las Bellas se reconocen fallas de rumbo norte-sur y nor-este (NNE), que son las que controlan el emplazamiento del pórfido félsico. Este sistema de fallas está conformado por cuatro fallas norte-sur y cuatro fallas nor-este.

En el prospecto Don Bernardo se reconocen una falla de rumbo norte-sur y otra de rumbo nor-oeste (N20°W), que también son las controladoras del emplazamiento del pórfido félsico.

3.4) Mineralización y Alteración

La mineralización en el prospecto Las Bellas ocurre acotada a ocho estructuras, que siguen el rumbo norte-sur y nor-este (NNE), y en el prospecto Don Bernardo ocurre en forma de dos estructuras de orientación norte-sur y N20°W. Estas estructuras consisten en diques de pórfido félsico fracturado a brechizado (Foto 8). Además, en el prospecto Don Bernardo, se reconocen tres cuerpos de brecha hidrotermal de forma subcircular.



Foto 8.- Vista de la estructura mineralizada.

3.4.1) Diques de Pórfido Félsico

En el prospecto Las Bellas, los diques de pórfido félsico presentan potencias observadas entre 10-30 m, largos reconocidos entre 100 y 2000 m, y una profundidad de al menos 250 m (basado en las diferencias de cotas en que afloran). En Don Bernardo presentan potencias

observadas entre 3-30 m, largos mínimos reconocidos de 1500 m., y una profundidad de al menos 625 m (basado en el mismo criterio anterior de diferencia de cotas).

Los estilos de mineralización a lo largo de estos diques de pórfido félsico corresponde a vetas, brechas hidrotermales, stockwork, sheeted-veins y disseminado.

La mineralización en veta se deduce a partir de rodados hallados en el sector oeste del prospecto Don Bernardo. Estos rodados, de 7-11 cm. de largo, son angulosos lo que permite inferir que el transporte de estos bloques no ha sido largo en el tiempo y su origen es relativamente cercano. La mineralogía de estos fragmentos corresponde a cuarzo con vetillas de hasta 4 cm. de espesor de pirita - esfalerita - calcopirita, y disseminación de cristales de pirita de hasta 2 mm (Foto 9). A escala microscópica la roca presenta una textura holocristalina, fanerítica inequigranular. El cuarzo (80%) es de 2 - 7 mm, anhedral a subhedral y, los minerales máficos corresponden principalmente a óxidos de fierro y minerales opacos de forma regular (Foto 10A). Es posible observar alteración cuarzo-sericita moderada a fuerte, alteración propilítica (clorita + calcita ± epidota - adularia) débil a moderada y alteración potásica débil representada por disseminación de biotita (Foto 10B); todo lo anterior se presenta preferentemente como halos de vetillas de cuarzo - sulfuros. En fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) es posible observar, mayoritariamente, mineralización de pirita - calcopirita -esfalerita y minoritariamente covelina en los bordes de calcopirita como crecimiento posterior, galena y Au (Fotos 11 y 12).



Foto 9.- Rodado de veta en donde se observa la mineralogía y las vetillas de pirita.

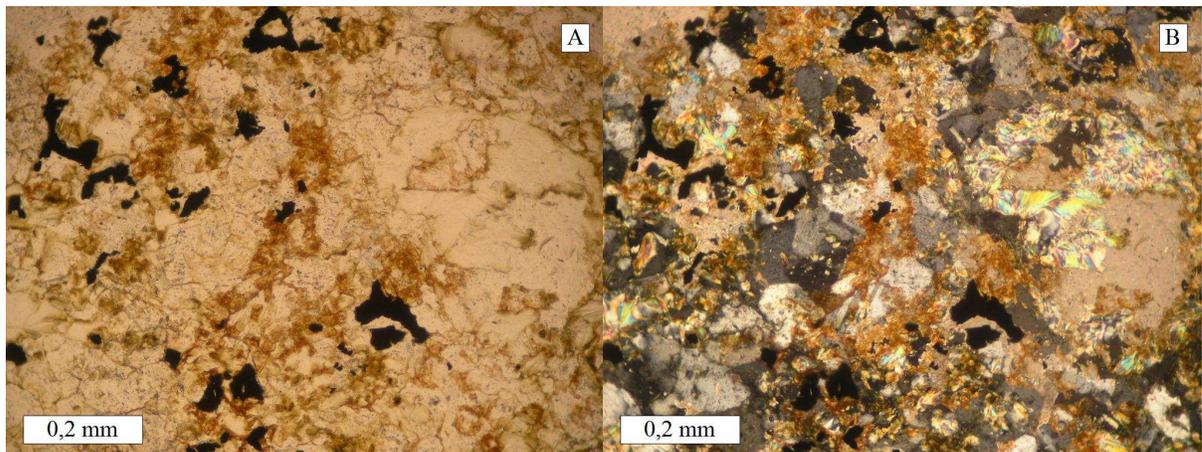


Foto 10.- Fotomicrografía de la veta. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa cuarzo, biotita, clorita y los máficos y/o boxwork regulares. B.- A nicoles cruzados es posible observar la alteración cuarzo - sericita, y propilítica.

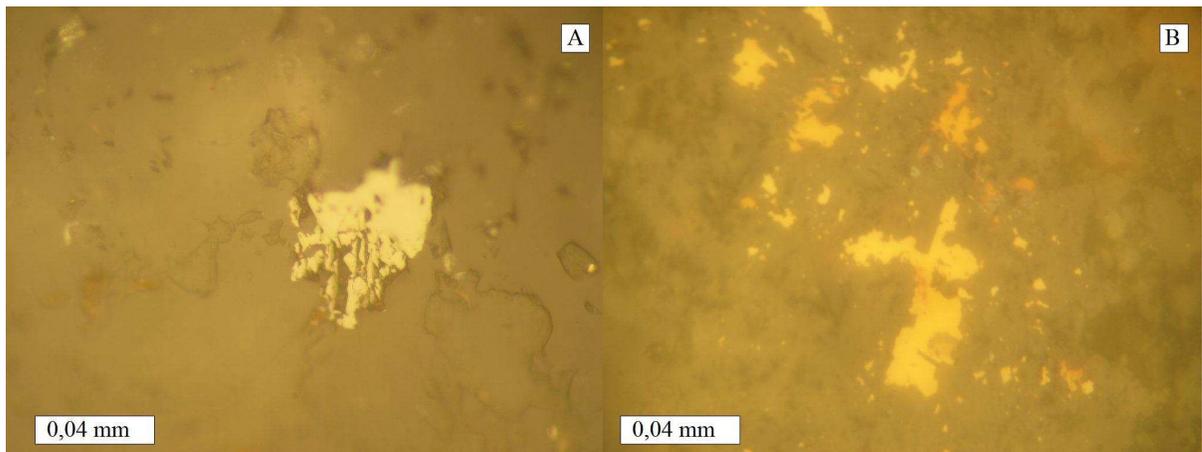


Foto 11.- Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) de la veta. A.- Se observa cristal galena B.- Se observan cristales de pirita, calcopirita, covelina y Au

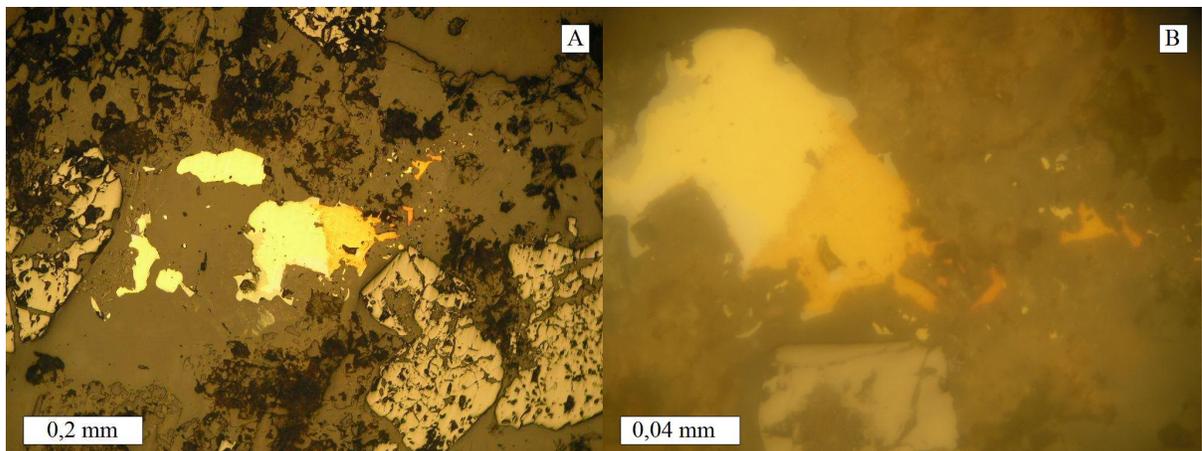


Foto 12.- Fotomicrografía a luz reflejada (nícoles paralelos) de la veta donde se observa pirita y calcopirita con borde de hematita, Au y covelina. A.- Con un aumento de 100x. B.- Con un aumento 500x

Las brechas hidrotermales asociadas al pórfido son matriz soportante (Foto 13). La mineralogía de la matriz consiste en cuarzo, magnetita, hematita, jarosita, disseminación de boxwork regulares rellenos con óxidos de hierro y pirita de tamaño fino (Foto 14 y 15). Los fragmentos corresponden mayoritariamente a pórfido félsico y, en menor grado, a roca volcánica de 0,5-10 cm (Foto 13). La mineralogía de los fragmentos consiste en cuarzo, pirita (<0,1 mm) disseminada, hematita, magnetita, y menor bornita y calcosina (Foto 16). Presenta vetillas de cuarzo (como relleno de espacios abiertos) y cuarzo-hematita-pirita a escala milimétrica. La alteración consiste en cuarzo-sericita intensa afectando a los fragmentos y como halos de estructuras (Foto 17B), a la que se le sobrepone una alteración supérgena representada por una argilización incipiente a moderada principalmente en la matriz y en las estructuras, con presencia de limonitas, jarosita, goethita, hematita y boxwork regulares.



Foto 13.- Brecha Hidrotermal en donde se observa los fragmentos de pórfido félsico y la matriz con abundante óxidos de hierro. También es posible observar las vetillas de cuarzo-hematita-magnetita relleno de espacios abiertos.



Foto 14.- Boxwork regulares e irregulares en matriz de Brecha Hidrotermal.

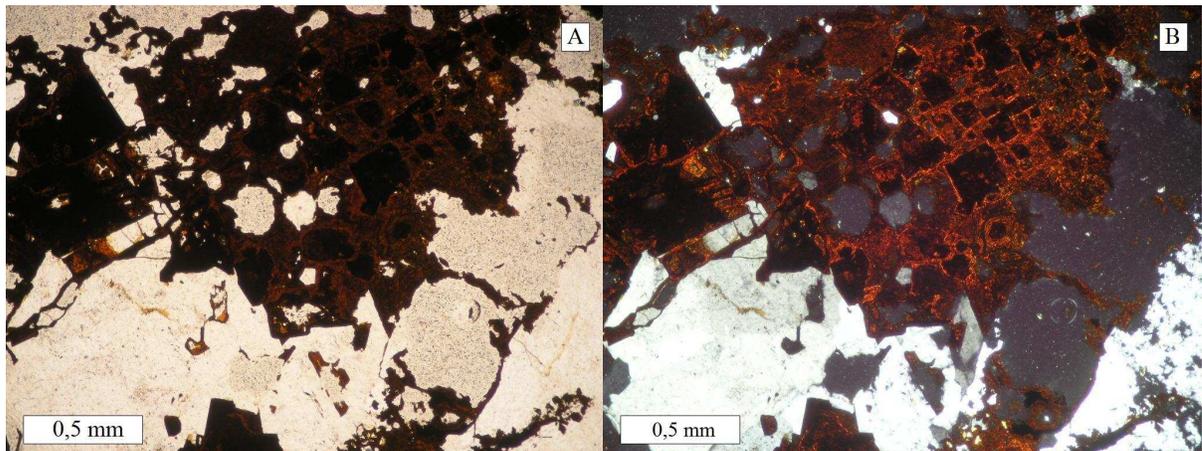


Foto 15.- Fotomicrografía de la matriz de la Brecha Hidrotermal. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa abundante óxidos de fierro y boxwork regulares. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa la mineralogía consistente en cuarzo, hematita, jarosita (color amarillo), éste último preferentemente asociados a boxwork.

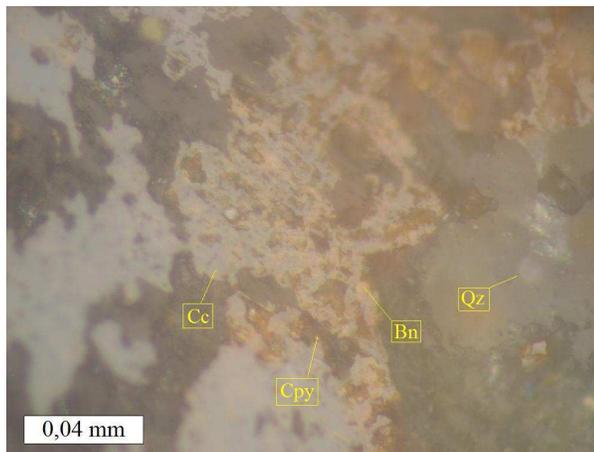


Foto 16.- Fotomicrografía en luz reflejada (nícoles paralelos) de un fragmento de la Brecha Hidrotermal. Se observa sulfuros de cobre tales como bornita (Bn), calcosina (Cc) y calcopirita (Cpy), además de cuarzo (Qz).

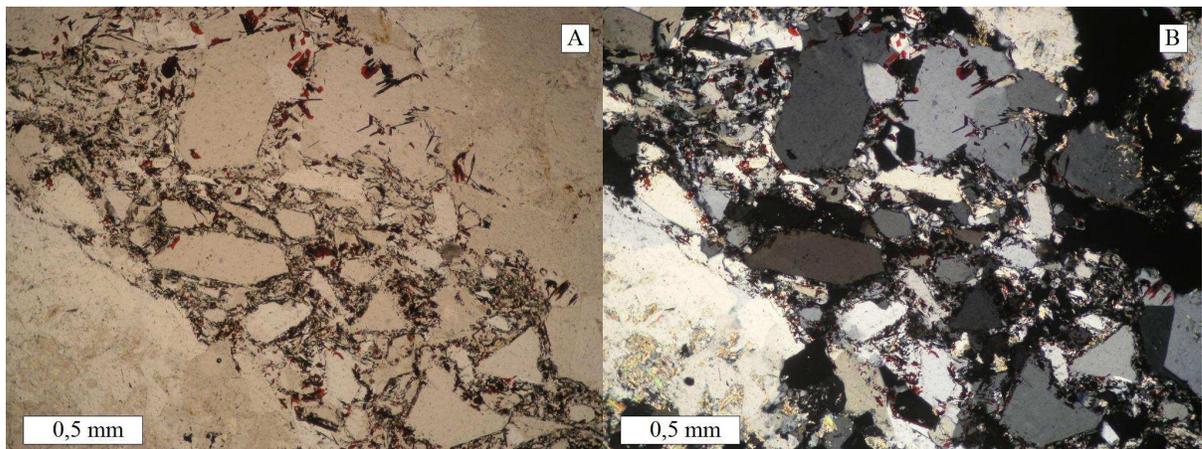


Foto 17.- Fotomicrografía de vetilla presente en la Brecha Hidrotermal. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa la mineralogía de las vetillas consistente en cuarzo-hematita-hidróxidos de hierro. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa los halos de alteración cuarzo-sericita.

Las sheeted-veins (Foto 18) y stockwork (Foto 20) corresponden a vetillas de 1-10 mm de potencia, y la mineralogía consiste en hematita, magnetita, limonitas, jarosita y relictos de pirita diseminado (3-10 % en volumen de boxwork preferentemente irregulares) (Foto 21). Las sheeted-veins se presentan paralelas a la orientación de las estructuras, con frecuencias entre 10-30 por metro lineal y con halos milimétricos de hematita-jarosita (Foto 19). La mineralogía sugiere una alteración argílica supérgena moderada a intensa en este estilo de mineralización.



Foto 18.-Sheeted veins en estructura mineralizada.



Foto 19.- Detalle de sheeted-vein en donde se observa la mineralogía de las vetillas consistente en óxidos e hidróxidos de hierro con halos de hematita-jarosita.



Foto 20.- Stockwork en estructura mineralizada.

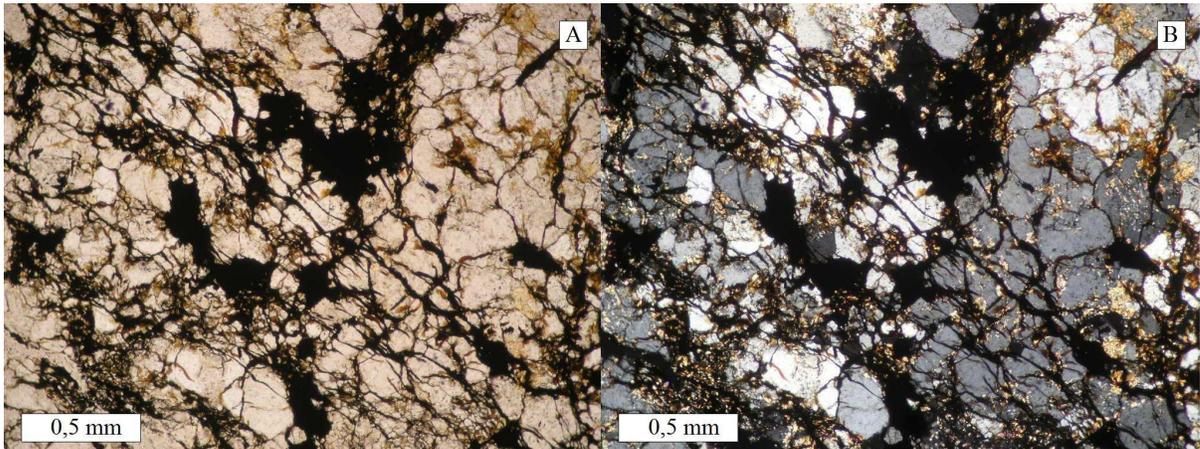


Foto 21.- Fotomicrografía de Stockwork. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa el enjambre de vetillas con halos oxidados y boxwork regulares. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa el stockwork asociado a alteración cuarzo-sericita.

A escala macroscópica se observan vetillas cuya mineralogía corresponde a hematita-magnetita-pirita (Foto 22). En dichas vetillas, a escala microscópica, es posible observar una gradación con contactos nítidos, de pared a centro, de vetillas de hematita-magnetita a vetillas de pirita (Foto 23A).



Foto 22.- Vetilla de hematita-magnetita-pirita.

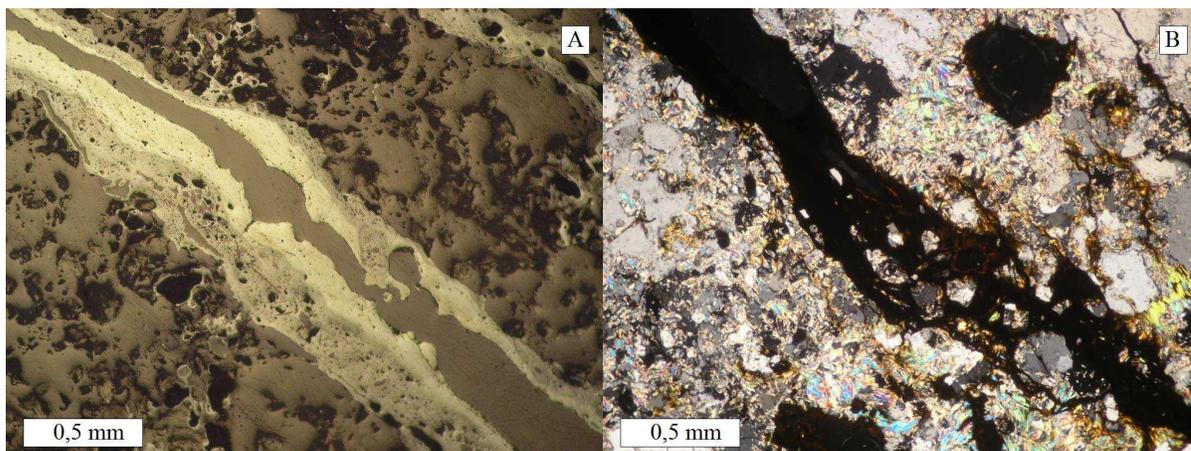


Foto 23.- Fotomicrografía de vetilla de hematita-magnetita-pirita. A.- En luz reflejada (nícoles paralelos) se observa el cambio abrupto de hematita-magnetita a pirita, desde la pared hacia el centro. B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se observa la mineralogía de la vetilla con halos de alteración cuarzo-sericita.

La mineralización diseminada corresponde a pirita de hasta 0,8 mm., preferentemente en los fragmentos de pórfido félsico de la brecha hidrotermal (Foto 24) y en el pórfido félsico in situ. También se presenta, con menor intensidad, en la matriz de la brecha hidrotermal y en vetillas de oxidados de hierro.

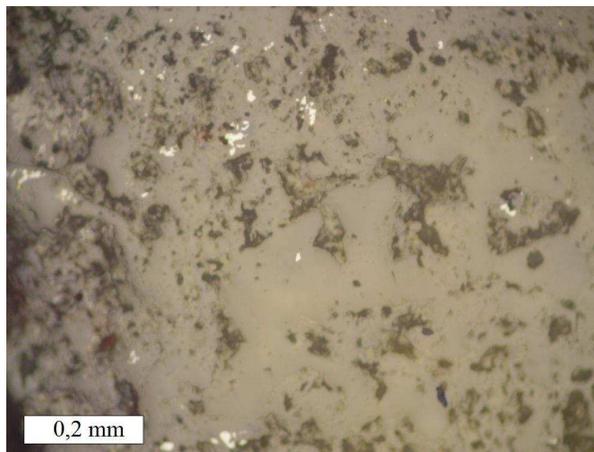


Foto 24.- Fotomicrografía de luz reflejada (nícoles paralelos) de la mineralización diseminada de pirita en fragmento de pórfido félsico de la Brecha Hidrotermal.

En general en este tipo litológico se observa alteración cuarzo-sericita que se presenta afectando principalmente al pórfido félsico (Foto 7B), a los fragmentos de la brecha hidrotermal y como halos de estructuras (vetillas; Fotos 17B y 23B). La alteración supérgena, observable a una profundidad mínima de 4 m., se presenta afectando en especial al dique de pórfido félsico (comparar con 3.4.2 y 3.4.3) principalmente a las estructuras (sheeted-veins y brechas hidrotermales; Fotos 15B y 17A) debido a la mayor permeabilidad que presentan en respuesta a los fluidos hidrotermales. Por lo tanto, la mineralización se asocia a la alteración cuarzo-sericita.

3.4.2) Cuerpos de Brecha Hidrotermal

Estos tres cuerpos, que se reconocen en el prospecto Don Bernardo, presentan formas subcirculares con diámetros variables entre 10-100 m, y en cotas entre 500-800 m s.n.m (Foto 25). La matriz (50%) es de grano fino a medio, y corresponde a epidota (80%), plagioclasa (8%), clorita (5%), cuarzo (5%) y máficos regulares (2%) de < 0,1 mm. Los fragmentos son angulosos, entre 0,3 - 5 cm, y corresponden a la Unidad de Rocas Volcánicas, donde se observan fenocristales de: plagioclasa anhedrales a subhedrales de 1 - 4 mm, algunos reemplazados parcial o totalmente por epidota - clorita; cuarzo anhedrales de ~0,5 mm; y la masa fundamental presenta microlitos de plagioclasa, diseminación de máficos (sulfuros) regulares, con epidotización moderada (Foto 26). Se observan vetillas de epidota - cuarzo y de cuarzo de ~0,5 mm de espesor en matriz y fragmentos. Se observa mineralización diseminada de pirita, siendo más abundante en los fragmentos (Foto 27A) que en la matriz (Foto 27B).



Foto 25. Cuerpo de Brecha Hidrotermal con matriz rica en epidota.

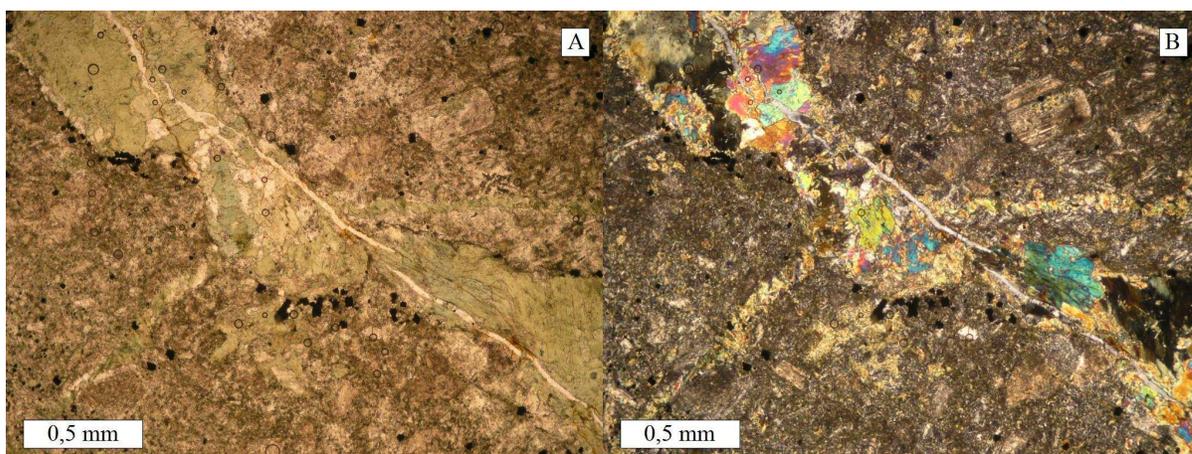


Foto 26.- Microfotografía del Cuerpo de Brecha Hidrotermal. A.- En luz transmitida (nícoles paralelos) se observa la matriz de epidota - cuarzo - clorita en que la corta un venilla de cuarzo (en el centro de la foto). B.- En luz transmitida (nícoles cruzados) se aprecia los fragmentos de Unidad de Roca Volcánica con abundante opacos y/o boxwork regulres.

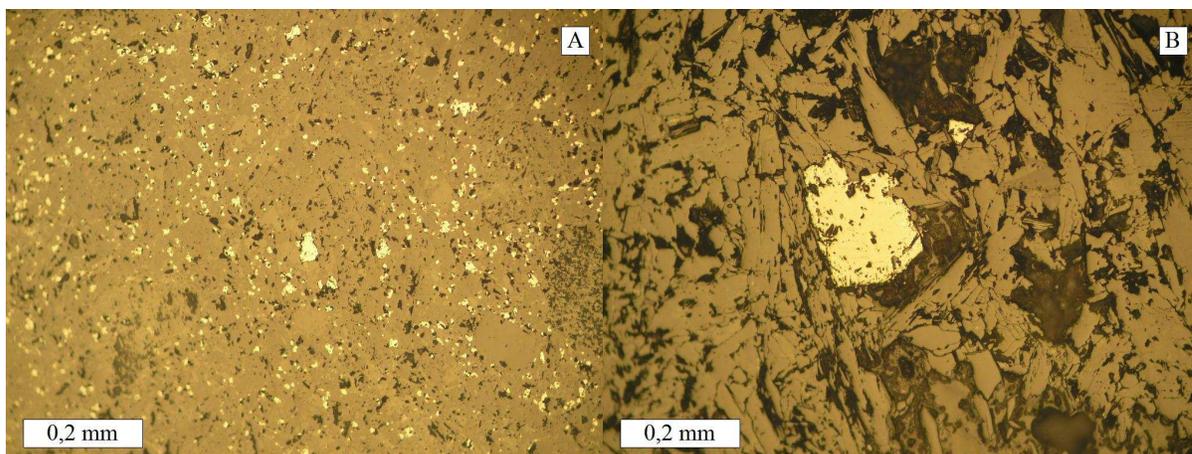


Foto 27.- Fotomicrografía de luz reflejada (nícoles paralelos) del Cuerpo de Brecha Hidrotermal en donde se observa mineralización de pirita. A.- En fragmento. B.- En matriz.

3.4.3) Roca de caja

La alteración en las rocas volcánicas consiste en cuarzo-sericita-propilítica, y se presenta afectando en forma selectiva e intensa a feldespato potásico, y en forma incipiente a moderada a plagioclasas y masa fundamental (Fotos 2A y 2B). También se observan vetillas de hasta 0,1 mm de espesor compuestas por los minerales de alteración antes mencionados Asociado a los feldespatos propilitizados y sericitizados se observan boxwork regulares de 0,4 mm.

El cuerpo tonalítico presenta alteración cuarzo-sericita-propilítica afectando moderadamente a plagioclasas y rellenando fracturas de cuarzo (Fotos 4A y 4B).

La roca de caja presenta alteración supérgena, observándose argilización incipiente a moderada en plagioclasas y masa fundamental en la unidad de rocas volcánicas y en la unidad de rocas intrusivas (Fotos 2A y 4A).

La roca de caja se caracteriza por una disminución en la intensidad de alteración y por la aparición de alteración propilítica asociada a cuarzo-sericita, como halo de los diques de pórfido félsico.

4) GEOQUÍMICA

Con el objetivo de cuantificar las concentraciones de los elementos químicos de interés es que se realizaron muestreos y análisis geoquímicos de roca y de sedimentos en quebradas. Los procedimientos utilizados, resultados e interpretaciones se describen a continuación.

4.1) Muestreo y Metodología

Se realizaron dos técnicas de muestreos. La primera consistió en un muestreo de roca tipo *chip sampling*, el cual representa a las estructuras mineralizadas (Diques de Pórfido Félsico), sin discriminación entre diferentes estilos de mineralización. En el prospecto Las Bellas se realizaron dos campañas de muestreo, la primera la condujo un geólogo de ex Meridian Gold, quien tomó 21 muestras. La segunda fue realizada por el autor de esta memoria y se tomaron 15 muestras de 3 kg cada una. En el prospecto Don Bernardo se realizó una campaña de muestreo, en donde se tomaron 4 muestras, de las cuales tres corresponden a estructuras mineralizadas y una corresponde a cuerpos semi-circulares de brecha hidrotermal. Por lo tanto, se obtuvieron datos de 40 muestras de roca tipo *chip sampling*. La segunda técnica consistió en un muestreo de sedimento tipo *stream sediments* en quebradas, el cual se realizó únicamente en el prospecto Don Bernardo, debido a que los cerros de esta propiedad corresponden principalmente a laderas sur, con abundante vegetación, y escasos afloramientos. Se tomaron 22 muestras y la metodología consistió en extraer las muestras en donde se produzca un cambio abrupto de la pendiente de la quebrada o que exista una trampa (roca) que permite la depositación de sedimentos finos, lo que implica una baja de energía en el transporte. En el lugar de toma de muestra, se despejó la materia orgánica en un área de 1 x 1 m² hasta una profundidad de 10 cm. Luego se tomó la muestra de sedimento hasta enterar 3 kg. Esta metodología se realizó con el fin de verificar posibles estructuras mineralizadas que estén alimentando dichas quebradas.

Las Tablas 1 y 2 presentan la ubicación geográfica de las muestras.

Tabla 1.- Ubicación de las 40 muestras de roca tipo *chip sampling* en los prospectos Las Bellas y Don Bernardo. El primer grupo corresponde a las muestras tomadas por ex Meridian Gold, el segundo grupo corresponde a las muestras tomadas para esta memoria en el prospecto Las Bellas y el tercer grupo corresponde a las muestras tomadas en el prospecto Don Bernardo. Las coordenadas se encuentran en el sistema Provisional Sudamericano 1956 (PSAD56)

MUESTRA	UTM (Este)	UTM (Norte)	COTA (m)
C0603-817	6230121	299807	410
C0603-818	6230561	299786	314
C0603-819	6230561	299784	314
C0603-820	6230891	300051	308
C0603-821	6230885	300057	308
C0603-822	6230893	300072	306
C0603-823	6231252	301176	316
C0603-824	6231254	301164	318
C0603-825	6231257	301166	318
C0603-826	6231293	301156	309
C0603-827	6231378	301122	292
C0603-828	6231422	301115	283
C0603-924	6230561	299782	302
C0603-925	6230347	299821	382
C0603-926	6231207	300801	336
C0603-927	6231207	300800	335
C0603-928	6230856	300620	474
C0603-929	6230926	300647	422
C0603-930	6230886	300634	459
C0603-931	6230945	300634	410
C0603-932	6230959	300661	395
BOLDO	6231350	301120	295
LITRE	6231302	300797	340
LB - 1	6231450	301080	274
LB - 2	6231320	301185	310
LB - 3	6231100	300130	290
IB-04	6231464	300823	281
IB-08	6231364	300842	295
IB-14	6230943	300603	474
IIA-04	6231040	300056	308
IIA-09	6230436	299817	397
IIA-10	6230606	299786	341
IIB-04	6231552	300344	200
IIB-07	6231206	300195	288
IIB-09	6231113	300479	323
IIIA-07	6230980	301175	400
III-06	6235590	305006	695
IV-02	6234310	304510	260
II-12	6236329	306205	874
II-14	6235800	305403	730

Tabla 2.- Ubicación de las muestras de sedimento tipo *stream sediments* en el prospecto Don Bernardo.
Las coordenadas se encuentran en el sistema Povisional Sudamericano 1956 (PSAD56).

MUESTRA	UTM (Este)	UTM (Norte)	COTA (m)
I-01	303992	6234371	188
I-02	304234	6234573	260
I-03	304040	6235132	230
I-04	304171	6235261	288
I-05	304162	6235475	310
I-06	304104	6235589	220
I-07	304090	6235673	225
II-11	305765	6235449	545
III-01	304900	6234786	485
III-02	304855	6235023	515
IV-01	304540	6234255	230
IV-03	304450	6234250	230
IV-04	304665	6233960	185
IV-05	304794	6234036	230
IV-06	304932	6234108	228
IV-07	305110	6234220	240
IV-08	305320	6234353	260
IV-09	305529	6234215	250
V-04	304958	6233984	190
V-05	305190	6234064	198
V-06	305846	6234583	260
V-07	305584	6234286	250

4.2) Métodos Analíticos

Las muestras de roca tipo *chip sampling*, en el prospecto Las Bellas, tomadas por ex Meridian Gold se analizaron mediante Inductive Coupled Plasma (ICP) para 36 elementos en el laboratorio ALS Chemex. Las 15 restantes tomadas para este trabajo se analizaron mediante ensaye a fuego por Au y Ag en el laboratorio Andes Analytical Assay (AAA). Los límites de detección en el mencionado laboratorio fueron de 0,01 ppm Au considerando 30 g de muestra, para las muestras BOLDO, LITRE, LB1, LB2 y LB3, de 1 ppb Au considerando 50 g de muestra para las restantes, y de 1 ppm para Ag. Éstas últimas fueron analizadas por Au con retalla para verificar la posible presencia de Au grueso.

En el prospecto Don Bernardo, las muestras de roca (III-06, IV-02, II-12, II-14) fueron analizadas mediante ensaye a fuego por Au y Ag en Acme Analytical Laboratories, considerando 30 g de muestra, con un límite de detección de 5 ppb para el Au y de 1 ppm para la Ag.

Las 22 muestras de sedimento tipo *stream sediments*, tomadas en el prospecto Don Bernardo, fueron analizadas por Au mediante ensaye a fuego en Acme Analytical Laboratories, considerando 15 g de muestra, con un límite de detección de 0,5 ppb.

4.3) Control de Calidad

Para las muestras tipo *chip sampling* analizadas mediante Inductive Coupled Plasma (ICP) no se tuvo acceso a los datos de control de calidad de ALS Chemex. Los procedimientos analíticos incluyeron análisis de duplicados, estándares y blancos como parte del control. Para valores 200 veces los límites de detección para elementos traza el rango de error es de $\pm 10\%$. Finalmente los laboratorios de ALS Chemex Chile poseen registro de calidad que se manifiesta en la ISO 9001:2000.

Con el objetivo de verificar la reproductibilidad de las muestras de roca del prospecto Las Bellas analizadas mediante ensaye a fuego en Andes Analytical Assay se agregaron tres duplicados de laboratorio en la etapa de análisis cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.- Resultados de los duplicados de laboratorio, estándares y blancos para el análisis de control de calidad de las muestras de roca del prospecto Las Bellas analizadas mediante ensaye a fuego en Andes Analytical Assay.

DUPLICADOS DE LABORATORIO (Andes Analytical Assay)				
MUESTRA	Au Fino (ppb)	Au Grueso (ppb)	Au Total Ponderado (ppb)	Ag (ppm)
LB2	< 10	-	-	4
IIIA-07	3	86	4	< 1
IB-14	6555	-	-	272
CONTROL DE CALIDAD				
MUESTRA	Au Fino	Au Grueso	Au Total Ponderado	Ag
STD 2 (ppm)	2,00	2,02	-	< 1
STD 2 (ppb)	1999	2095	-	-
STD 4 (ppm)	-	-	-	49
BK (ppm)	< 0,01	< 0,01	-	< 1
BK (ppb)	<1	<1	-	-

STD: Standard; BK: Blanco.

Con el fin de evaluar la exactitud de los análisis de ensaye a fuego en Andes Analytical Assay, se agregaron estándares. Los valores de los estándares de Au son de 2 ppm y 2000 ppb, y el de Ag es de 50 ppm. Los resultados se encuentran en la Tabla 3 en donde se aprecia que el rango de error, menor al 5% en todos los estándares, se encuentra dentro de los límites aceptables. Siendo el estándar STD 2 para el Au grueso en ppb el que presenta mayor error, con un 4,75%.

Para evaluar posible contaminación en el procedimiento se introdujeron blancos en la batería de análisis. En la Tabla 3 se observa que estos blancos poseen concentraciones de Au y Ag bajo los límites de detección lo que nos indica que los procedimientos estuvieron libres de contaminación.

Para los análisis tipo *chip sampling* y *stream sediments* de las muestras tomadas en el prospecto Don Bernardo no se tuvo acceso a los datos de control de calidad, pero Acme Analytical Laboratorios trabajan bajo la norma de garantía de calidad ISO 9001:2000 y la ISO 17025 para la competencia de pruebas y calibración de laboratorios.

4.4) Presentación de datos

Los resultados de los análisis geoquímicos se presentan a continuación

4.4.1) *Chip Sampling*

Los resultados de los análisis geoquímicos efectuadas a las muestras mediante Inductive Coupled Plasma (ICP) para 36 elementos, tomadas por ex Meridian Gold en el prospecto Las Bellas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.- Resultados geoquímicos de las muestras tomadas por ex Meridian Gold en el prospecto Las Bellas y analizadas mediante Inductive Coupled Plasma (ICP) en ALS Chemex. Todas las concentraciones se encuentran en ppm, salvo indicado

MUESTRA	Au (*)	Ag	Al (wt %)	As	B	Ba	Be	Bi	Ca (wt %)	Cd	Co	Cr	Cu	Fe (wt %)	Ga	Hg	K (wt %)	La
C060-3817	523	22,4	1,6	21	10	60	0,5	126	0,11	2,0	10	15	99	12,30	10	1	0,33	10
C060-3818	12	0,4	1,6	13	10	140	0,5	2	0,07	2,1	7	20	15	23,50	10	2	0,13	10
C060-3819	8	0,3	4,0	4	10	140	0,5	2	0,21	3,8	13	31	5	17,90	10	2	0,36	10
C060-3820	88	4,2	0,3	5	10	110	0,5	2	0,01	1,7	2	7	65	9,51	10	1	0,15	10
C060-3821	108	0,5	0,5	15	10	70	0,5	4	0,02	1,1	3	52	129	11,30	10	3	0,17	10
C060-3822	25	0,2	0,3	12	10	70	0,5	2	0,01	2,3	4	8	57	7,63	10	1	0,15	10
C060-3823	29	1,5	0,1	21	10	20	0,5	5	0,01	0,5	1	11	65	2,38	10	1	0,09	10
C060-3824	887	3,0	0,6	121	10	40	1,3	55	0,04	0,5	8	49	772	14,6	10	1	0,19	10
C060-3825	579	11	0,7	79	10	30	0,6	62	0,05	1,0	2	25	964	16,50	10	1	0,19	10
C060-3826	5	0,4	0,3	34	10	70	0,5	10	0,02	0,5	1	110	56	1,77	10	1	0,18	10
C060-3827	231	10,9	0,4	163	10	30	0,5	173	0,03	0,5	1	4	354	5,30	10	1	0,14	10
C060-3828	93	7,0	1,0	44	10	50	0,5	115	0,08	0,5	4	91	1060	7,81	10	1	0,16	10
C060-3924	5	0,3	1,7	11	3	89	0,5	3	0,07	0,5	6	17	8	18,94	10	1	0,18	9
C060-3925	42	1,5	2,5	44	3	160	0,5	5	0,07	3,0	14	6	17	12,02	10	1	0,37	11
C060-3926	2992	22,0	0,9	78	3	169	0,5	203	0,06	0,5	16	8	1331	19,31	10	6	0,15	6
C060-3927	776	28,1	0,4	44	3	68	0,5	91	0,03	1,2	7	8	761	7,91	10	5	0,18	9
C060-3928	1536	34,4	0,5	499	3	32	0,5	114	0,03	2,0	1	7	1432	13,43	10	3	0,24	6
C060-3929	60	1,7	0,3	17	3	85	0,5	3	0,02	5,1	3	4	124	4,38	10	1	0,23	6
C060-3930	303	6,6	0,5	139	3	47	0,5	20	0,05	2,2	2	6	458	11,23	10	1	0,34	9
C060-3931	10	3,1	0,4	5	3	165	0,5	3	0,03	3,9	7	4	271	5,32	10	1	0,29	11
C060-3932	256	2,6	0,4	23	3	101	0,5	3	0,03	3,7	6	6	511	8,76	10	3	0,19	8

(*) en ppb

Tabla 4.- Continuación.

MUESTRA	Mg (wt %)	Mn	Mo	Na (wt %)	Ni	P	Pb	S (wt %)	Sb	Sc	Sr	Th	Ti (wt %)	Tl	U	V	W	Zn
C060-3817	0,39	3210	12	0,01	8	700	863	0,07	3	5	30	2	0,01	10	10	81	10	890
C060-3818	0,10	3160	4	0,01	21	430	293	0,02	6	6	10	2	0,04	10	10	49	10	1200
C060-3819	0,78	6560	1	0,01	33	570	119	0,01	2	14	29	2	0,03	10	10	116	10	2050
C060-3820	0,01	1350	7	0,01	3	210	753	0,01	5	1	2	2	0,01	10	10	8	20	1000
C060-3821	0,01	881	10	0,01	51	230	1230	0,01	6	1	2	2	0,01	10	10	11	30	1040
C060-3822	0,01	3740	12	0,01	4	560	1280	0,01	4	1	7	2	0,01	10	10	6	10	1110
C060-3823	0,02	38	5	0,01	3	180	322	0,03	2	1	2	2	0,01	10	10	3	10	54
C060-3824	0,03	276	52	0,01	47	1120	688	0,09	3	2	9	2	0,01	10	10	53	10	288
C060-3825	0,01	595	19	0,01	6	980	2480	0,20	7	5	17	2	0,01	10	10	47	10	673
C060-3826	0,02	81	7	0,01	109	90	32	0,01	2	1	4	2	0,01	10	10	4	10	23
C060-3827	0,07	30	17	0,01	2	290	1450	0,05	5	1	5	2	0,01	10	10	12	10	57
C060-3828	0,18	366	22	0,01	67	350	700	0,02	4	5	25	2	0,01	10	10	84	10	99
C060-3924	0,21	2277	3	0,01	11	400	216	0,01	3	1	10	5	0,03	5	8	56	4	1075
C060-3925	0,10	4022	13	0,01	3	350	66	0,01	3	1	13	5	0,01	5	8	31	2	1335
C060-3926	0,01	2655	472	0,01	3	1200	2783	0,01	4	1	16	3	0,01	5	8	85	3	1386
C060-3927	0,01	1967	61	0,01	2	830	3159	0,01	4	1	6	2	0,01	5	8	44	5	527
C060-3928	0,01	184	12	0,01	2	290	5827	0,01	54	1	5	2	0,01	5	8	16	2	807
C060-3929	0,01	1802	3	0,01	2	290	132	0,01	9	1	9	2	0,01	5	8	12	2	342
C060-3930	0,01	256	31	0,02	2	410	2874	0,01	14	1	8	3	0,01	5	8	15	2	828
C060-3931	0,01	3750	3	0,01	2	150	18	0,01	3	1	20	4	0,01	5	8	9	2	433
C060-3932	0,02	2125	4	0,01	2	280	436	0,01	9	1	12	3	0,01	5	8	15	4	1166

Las valores de concentraciones de Au para este análisis entregaron un rango entre 5 - 2992 ppb con un promedio de 408 ppb, y los valores de concentraciones de Ag entregaron un rango entre 0,2 - 34,4 ppm con un promedio de 7,7 ppm. Además éstas muestras entregaron concentraciones anómalas de cobre con un rango entre 5 - 1432 ppm y un promedio de 407 ppm, concentraciones anómalas de molibdeno con un rango entre 1 - 472 ppm y un promedio de 37 ppm, concentraciones anómalas de plomo con un rango entre 18 - 5827 ppm y un promedio de 1225 ppm, y concentraciones anómalas de zinc con un rango entre 23 - 2050 ppm y un promedio de 780 ppm.

En la Tabla 5 se muestran los datos de correlación de Pearson, para los resultados de las muestras tomadas por ex Meridian Gold, entre los elementos en transformación logarítmica.

Tabla 5.- Matriz de correlación de Pearson para los resultados en escala logarítmica en base 10 de las muestras tipo *chip sampling* tomadas por ex Meridian Gold y analizadas mediante ICP- MS 36 en el prospecto Las Bellas

Elemento	Au	Ag	As	Cu	Fe	Mo	Pb	Sb	Zn
Au	1	0,840	0,702	0,809	0,303	0,763	0,794	0,494	0,158
Ag		1	0,621	0,782	0,102	0,614	0,582	0,416	-0,044
As			1	0,677	0,062	0,632	0,594	0,545	-0,376
Cu				1	-0,047	0,676	0,586	0,482	-0,342
Fe					1	0,196	0,388	0,246	0,810
Mo						1	0,624	0,111	-0,020
Pb							1	0,558	0,219
Sb								1	0,265
Zn									1

Los resultados de los análisis geoquímicos mediante ensaye a fuego de las muestras tomadas por el autor en el prospecto Las Bellas y en el prospecto Don Bernardo se presentan en las Tablas 6 y 7, respectivamente.

En dichas muestras los valores de concentraciones de Au varían entre 0,5 - 7823 ppb con un promedio de 853 ppb, y los valores de concentraciones de Ag varían entre 0,5 - 271 ppm con un promedio de 26 ppm. Para valores de concentraciones menores al límite de detección se consideró la mitad del valor del límite de detección.

El factor de correlación de Pearson (R) entre el Au y la Ag, en las muestras analizadas mediante ensaye a fuego en el prospecto Las Bellas y en el prospecto Don Bernardo es de 0,960.

Tabla 6.- Resultados geoquímicos de las muestras tipo *chip sampling* tomadas por el autor en el prospecto Las Bellas y analizadas por Au y Ag mediante ensaye a fuego con retalla en Andes Analytical Assay.

MUESTRA	Au Fino (ppb)	Au Grueso (ppb)	Au Total Ponderado (ppb)	Ag (ppm)
BOLDO	230	810	270	16
LITRE	4020	2960	4430	69
LB1	< 10	< 10	< 10	< 1
LB2	< 10	< 10	< 10	4
LB3	240	710	300	12
IB-04	15	50	16	6
IB-08	7	< 1	6	1
IB-14	6517	24289	7823	271
IIA-04	98	117	99	3
IIA-09	136	202	141	1
IIA-10	162	101	158	< 1
IIB-04	< 1	24	2	< 1
IIB-07	< 1	5	< 1	< 1
IIB-09	314	1435	404	8
IIIA-07	4	5	4	< 1

Tabla 7.- Resultados geoquímicos de las muestras tipo *chip sampling* tomadas por el autor en el prospecto Don Bernardo y analizadas por Au y Ag mediante ensaye a fuego en Acme Analytical Laboratories.

MUESTRA	Au (ppb)	Ag (ppm)
II-12	189	13
II-14	< 5	2
III-06	< 5	< 1
IV-02	2350	84

Debido a que los dos laboratorios en que se analizaron las muestras tipo *chip sampling* en los prospectos Las Bellas y Don Bernardo trabajan con los más altos estándares de calidad, se pueden hacer comparables todos los resultados.

En el prospecto Las Bellas se observa que las concentraciones de Au y Ag de las muestras tomadas en los diques de pórfido félsico mineralizados con orientación NNE son mayores que las con orientación N-S (Figura 7). Las primeras poseen un rango de concentraciones de Au entre 0,5

- 7823 ppb con un promedio de 1103 ppb y concentraciones de Ag entre 0,2 - 271 ppm con un promedio de 29,8 ppm, mientras que las segundas poseen concentraciones de Au entre 2 - 2992 ppb con un promedio de 309 ppb y concentraciones de Ag entre 0,5 - 28,1 ppm con un promedio de 6,3 ppm. Al revés de lo que ocurre con los mencionados metales preciosos, el cobre y el molibdeno presentan una disminución en las concentraciones en los diques NNE (Tabla 4, Figura 7). En los diques de pórfido félsico con orientación N-S el cobre presenta concentraciones entre 5 - 1331 ppm con un promedio de 424 ppm y el molibdeno presenta concentraciones entre 1 - 472 ppm con un promedio de 53 ppm; y en los con orientaciones NNE el cobre presenta concentraciones entre 57 - 1432 ppm con un promedio de 381 ppm y el molibdeno presenta concentraciones entre 3 - 31 ppm con un promedio de 10 ppm.

Con el fin de poder encontrar poblaciones de concentraciones de Au y Ag, entre las muestras de los prospectos Las Bellas y Don Bernardo, se trabajó con gráficos de probabilidad (Figuras 7 y 8), en donde el eje de las abscisas varía según una escala logarítmica y corresponde a las concentraciones de un elemento; y el eje de las ordenadas varía según una escala probabilística, en el cual se grafica la probabilidad de exceder una concentración dada. Esto sirve para definir valores *background* (rango normal de concentraciones de un elemento dado) y población de valores anómalos positivos o negativos (desviación de patrones químicos *background*) de concentración de un determinado elemento de interés, que en algunos casos es posible definir más de una. Los valores umbrales corresponden a los límites entre población *background* y anómala.

Debido a que, en general, los elementos en la naturaleza siguen un patrón de distribución log-normal (Ahrens, 1954a), en un gráfico log-probabilidades debería estar representado por una línea recta. Si éste fuera el caso estamos en presencia de una sola población, en donde el valor *background* (media de la población) está dado por la intersección de la recta con el valor de ordenada 50%. Mientras que los valores anómalos positivos están dados por las concentraciones que se encuentran con una probabilidad de excedencia menor a 2,5% o a aquellos que superan la media de la población más dos desviaciones estándar. Éste último límite es tomado como el valor umbral, en donde valores superiores al umbral son considerados como anomalías positivas. En el caso que la línea de población presente uno o más quiebres, quiere decir que estamos en presencia de dos o más poblaciones. Si estos quiebres se encuentran por sobre el valor de ordenada 2,5% se pueden considerar como umbrales (Lepeltier, 1969)

El gráfico log-probabilidades de la Figura 7 muestra las poblaciones de Au. En este caso es posible definir tres poblaciones de distribuciones de concentración de Au: *background* (cruces azules), anómala positiva (cruces verdes) y anómala positiva alta (cruces rojas), con umbrales (cruces negras) de 6 y 80 ppb de Au. La población *background* varía entre 0,5 - 6 ppb de Au, representando a un 25% de la población total, y el valor más alto corresponde a 7823 ppb de Au, ubicada en el prospecto Las Bellas. La Tabla 8 muestra un resumen del análisis estadístico.

Tabla 8.- Resumen del análisis estadístico para el Au en muestras tipo *chip sampling* para los prospectos en estudio.

	Rango (ppb Au)	%
Población <i>Background</i>	≤ 6	25
Población Anómala Positiva	(6, 90]	27,5
Población Anómala Positiva Alta	> 90	47,5

El gráfico log-probabilidades de la Figura 8 muestra las poblaciones de Ag. En este caso es posible definir tres poblaciones de distribuciones de concentración de Ag: *background* (cruces azules), anómala positiva (cruces verdes) y anómala positiva alta (cruces rojas), con umbrales (cruces negras) de 1 y 8 ppm de Ag. La población *background* varía entre 0,2 - 1 ppm de Ag, representando a un 42,5% de la población total, y el valor más alto corresponde a 271 ppm de Ag, ubicada en el prospecto Las Bellas. La Tabla 9 muestra un resumen del análisis estadístico.

Tabla 9.- Resumen del análisis estadístico para la Ag en muestras tipo *chip sampling* para los prospectos en estudio.

	Rango (ppm Ag)	%
Población <i>Background</i>	≤ 1	42,5
Población Anómala Positiva	(1, 8]	27,5
Población Anómala Positiva Alta	> 8	30

Se observa para ambos elementos que la población anómala positiva representa un 27,5% del universo de muestras sacadas. Pero al verificar el total de muestras con población anómala alta, se observa que para el Au ésta representa un 47,5% del total de las muestras, mientras que para la Ag representa un 30%.

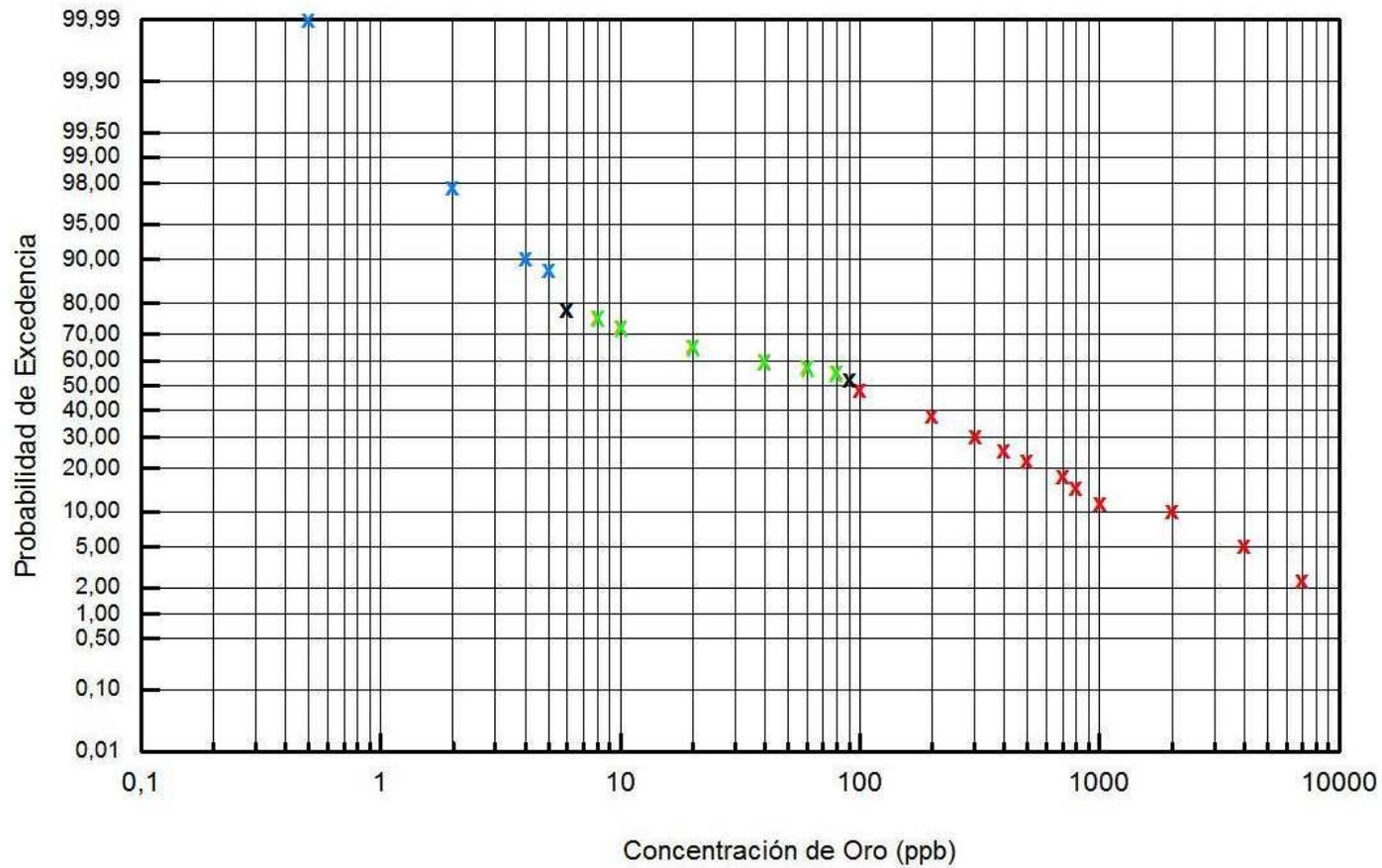


Figura 7.- Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Au para muestras tipo *chip sampling* en los prospectos Las Bellas y Don Bernardo. Explicación en el texto.

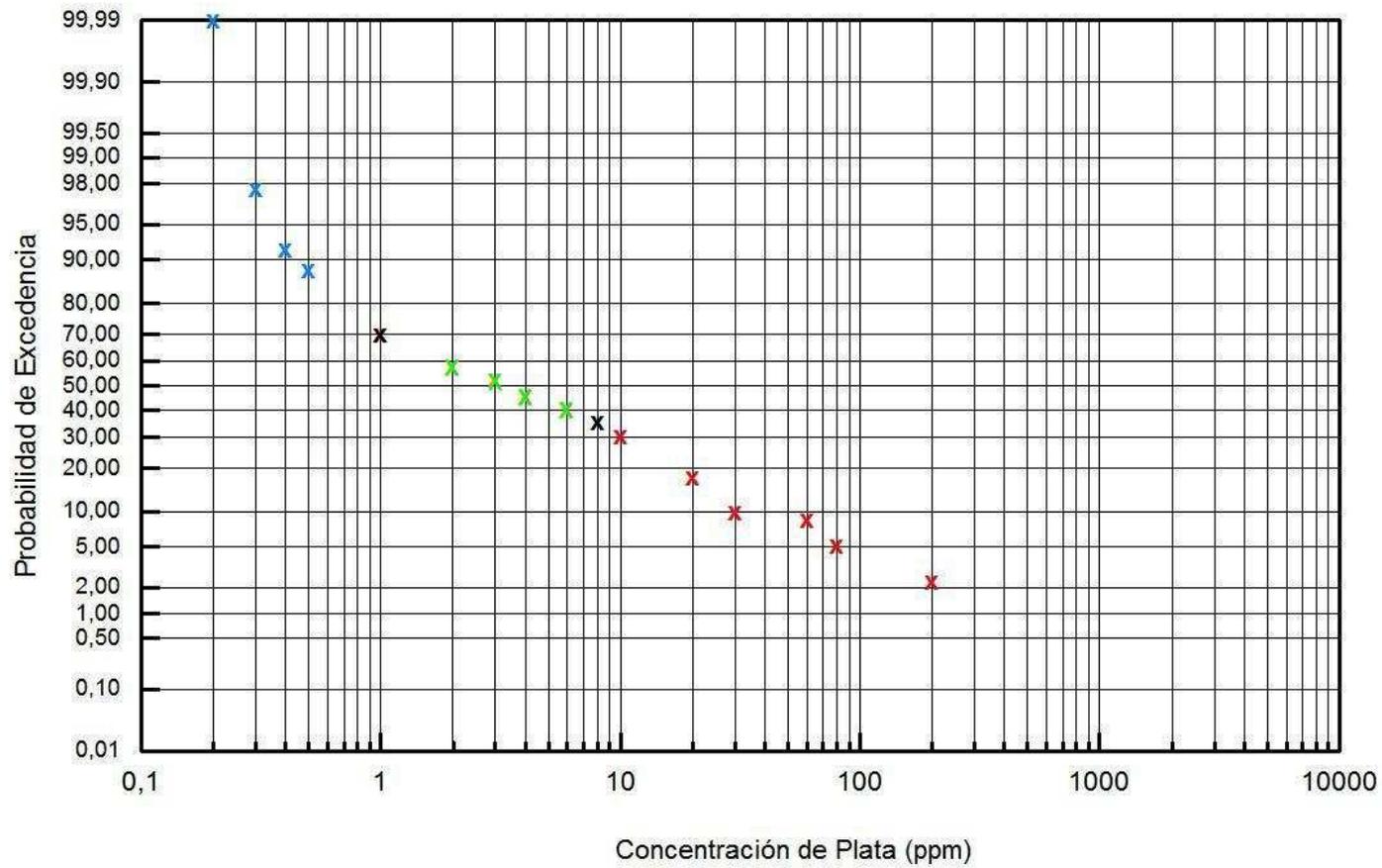


Figura 8.- Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Ag para muestras tipo *chip sampling* en los prospectos Las Bellas y Don Bernardo. Explicación en el texto

En las Figuras 9 a la 12 se observan la ubicación y anomalías de Au y Ag de las muestras.

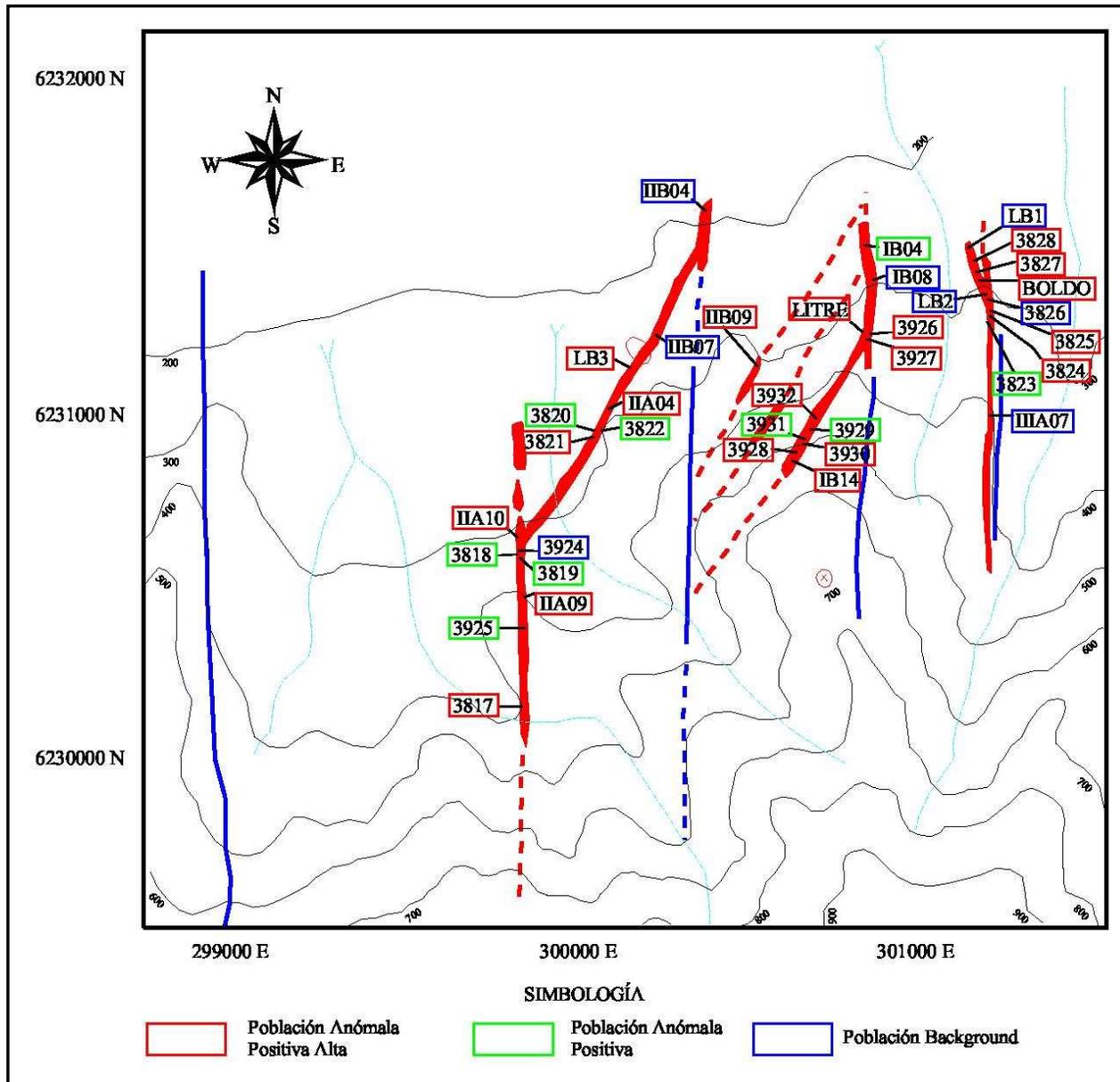


Figura 9.- Mapa de ubicación de las muestras tipo *chip sampling* en el prospecto Las Bellas y sus respectivas anomalías de Au. Las líneas rojas y azules representan los diques mineralizados y las fallas, respectivamente.

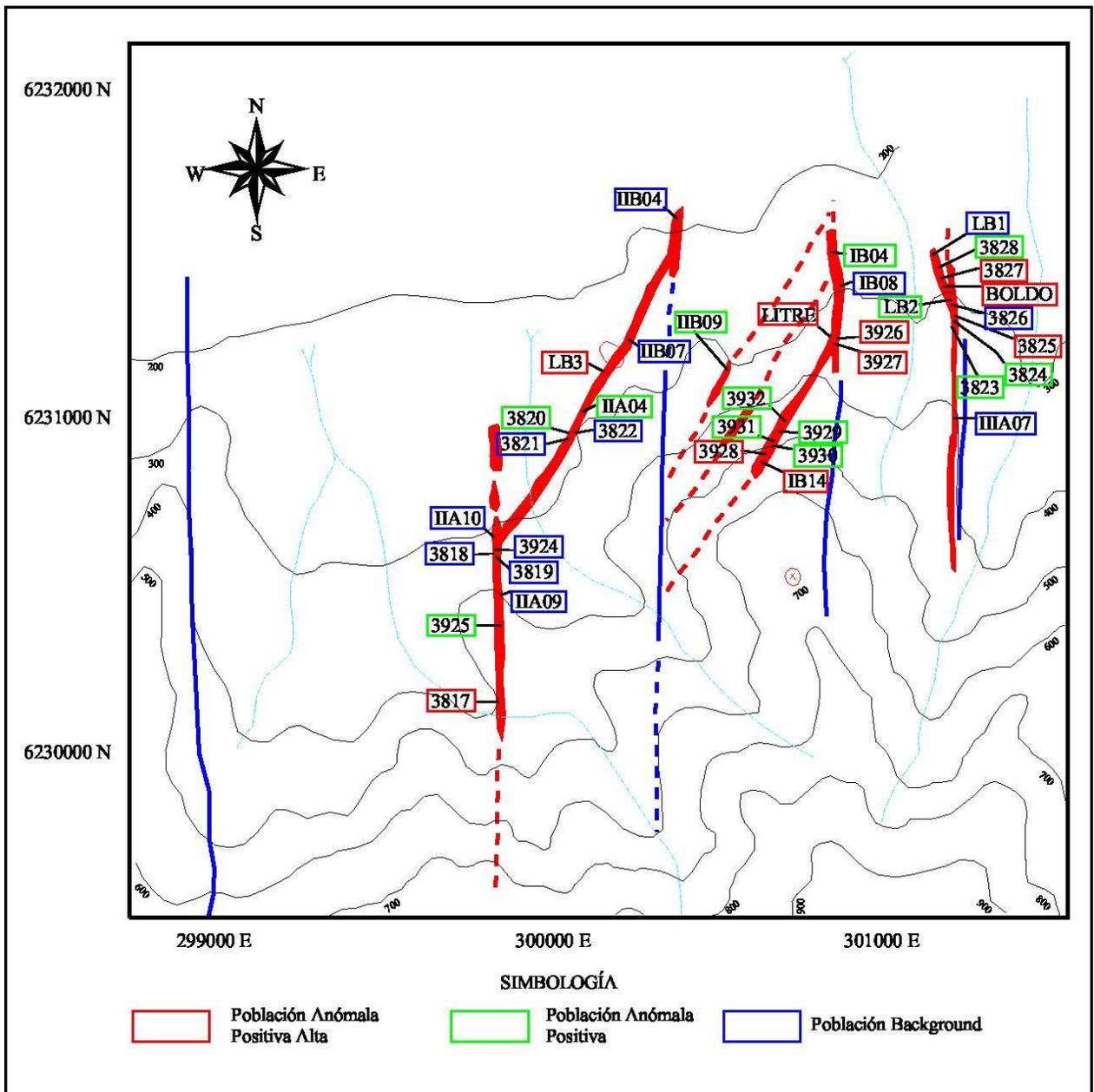


Figura 10.- Mapa de ubicación de las muestras tipo *chip sampling* en el prospecto Las Bellas y sus respectivas anomalías de Ag. Las líneas rojas y azules representan los diques mineralizados y las fallas, respectivamente.

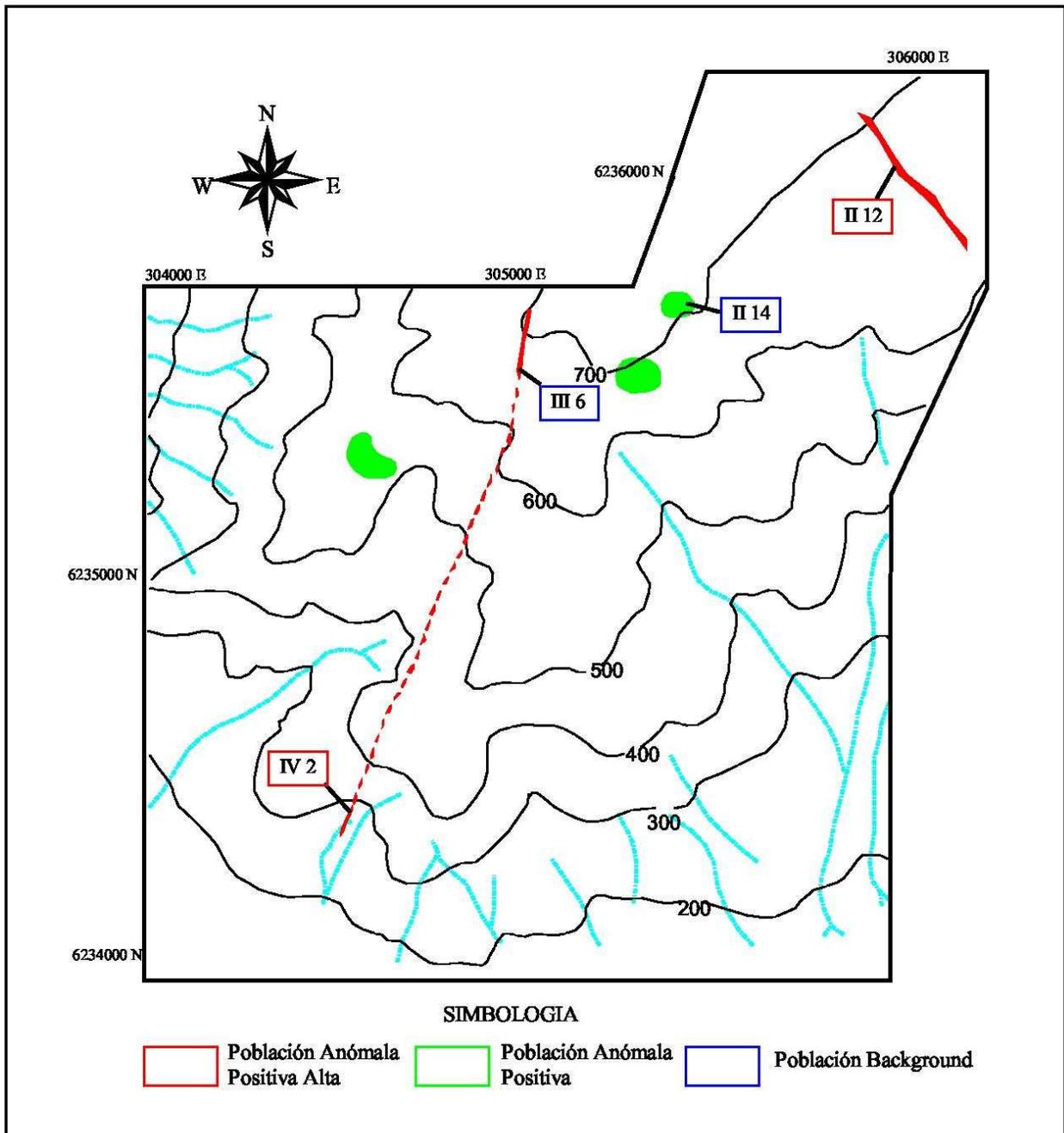


Figura 11.- Mapa de ubicación de las muestras tipo *chip sampling* en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Au. Las líneas de color celeste representan las quebradas, las rojas los diques mineralizados y los subcírculos verdes las brechas hidrotermales.

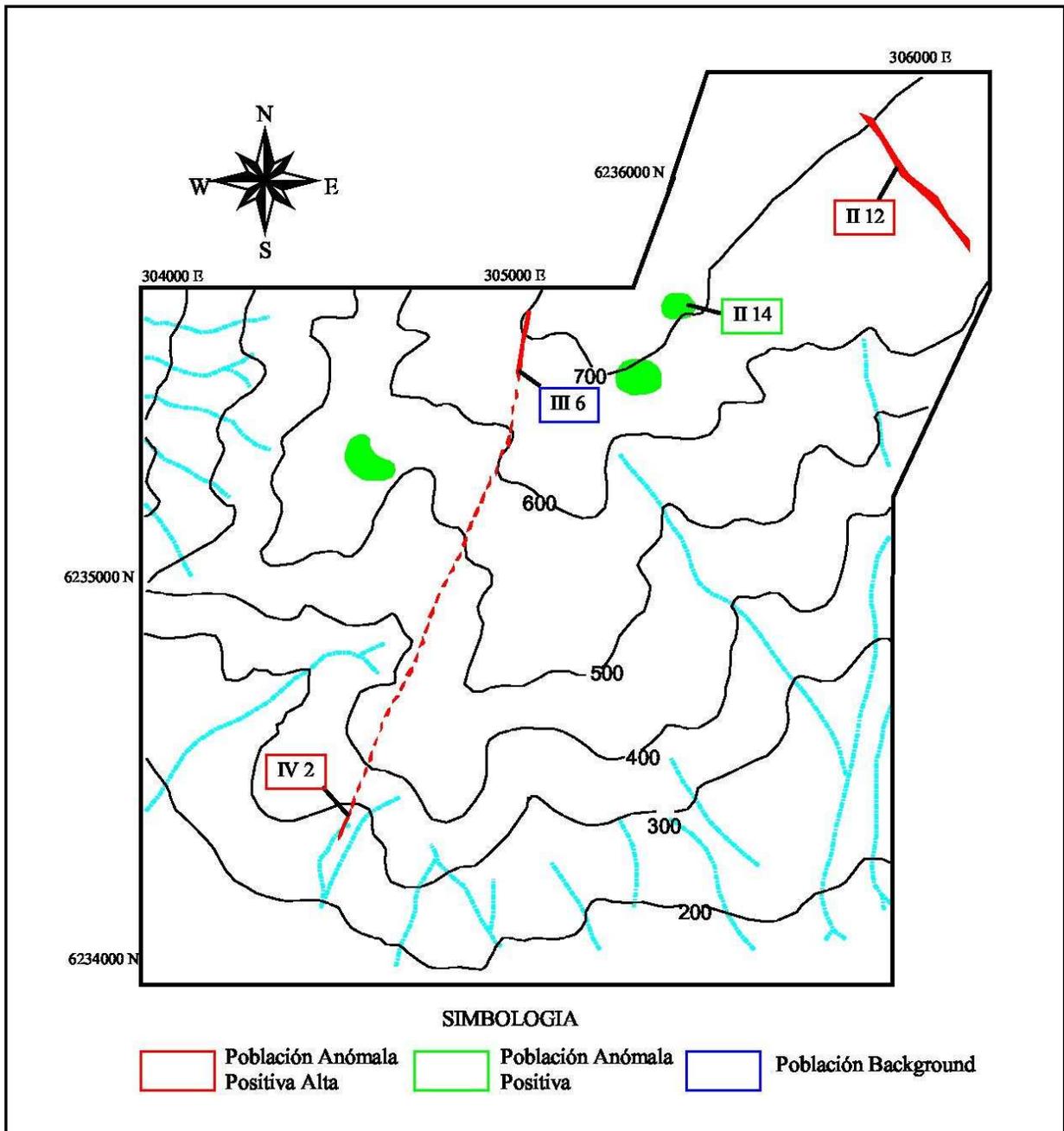


Figura 12.- Mapa de ubicación de las muestras tipo *chip sampling* en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Ag. Las líneas de color celeste representan las quebradas, las rojas los diques mineralizados y los subcírculos verdes las brechas hidrotermales.

4.4.2) *Stream Sediments*

Los resultados de los análisis geoquímicos efectuadas a las muestras de sedimento mediante ensaye a fuego en el prospecto Don Bernardo se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10.- Resultados geoquímicos de las muestras tipo *strem sediments* tomadas por el autor en el prospecto Don Bernardo y analizadas por Au mediante ICP-MS en Acme Analytical Laboratorios.

MUESTRA	Au (ppb)
I-01	0,7
I-02	4,3
I-03	3,4
I-04	7,6
I-05	5,6
I-06	5,1
I-07	2,6
II-11	24,6
III-01	0,9
III-02	2,9
IV-01	3,1
IV-03	785,3
IV-04	12,5
IV-05	3,4
IV-06	3,4
IV-07	0,5
IV-08	1,5
IV-09	1,3
V-04	4,1
V-05	4,1
V-06	2,1
V-07	1,0

Las valores de concentraciones de Au para este análisis entregaron un rango entre 0,5-785,3 ppb, con un promedio de 40 ppb.

El gráfico log-probabilidades de la Figura 13 muestra las poblaciones de Au. En este caso también es posible definir tres poblaciones de distribuciones de concentración de Au: *background* (cruces azules), anómala positiva (cruces verdes) y anómala positiva alta (cruces rojas), con umbrales (cruces negras) de 0,7 y 10 ppb de Au. La población *background* varía entre 0,5 - 0,7

ppb de Au, representando a un 9,09% de la población total, y el valor más alto corresponde a 785,3 ppb de Au. La Tabla 11 muestra un resumen del análisis estadístico.

Tabla 11.- Resumen del análisis estadístico para el Au en muestras tipo *stream sediments* para el prospecto Don Bernardo.

	Rango (ppb Au)	%
Población <i>Background</i>	$\leq 0,7$	9,09
Población Anómala Positiva	(0,7 , 10]	81,82
Población Anómala Positiva Alta	> 10	9,09

Se observa que la población anómala positiva representa un 81,82% del universo de muestras tomadas. Pero al verificar el total de muestras con población anómala alta, se observa que para el Au ésta representa un 9,09% del total de las muestras.

Se observa en la Figura 14 dos muestras con anomalía positiva alta, una se ubica en el sector sur - oeste de la zona (IV - 03), y la otra en el sector nor - este (II - 11). La muestra IV - 03 posee dicha anomalía porque los sedimentos de esas quebradas están siendo aportados directamente de la meteorización del dique de pórfido félsico mineralizado (muestra con concentración más elevada de Au). La muestra II - 11, muestra la posible presencia de que aquella quebrada esté recibiendo aportes de sedimentos de algún dique mineralizado que no se observa en superficie. Entonces podemos deducir que en este prospecto existen a lo menos tres estructuras mineralizadas en forma de diques de pórfido félsico, debido a que dos fueron observados en superficie y el tercero se debería encontrar próximo a la zona de donde se tomó la muestra II - 11, específicamente hacia el nor-oeste. Lo anterior se concluye a partir de que se sabe que la muestra IV - 03 tiene aportes directos de un dique de pórfido félsico mineralizado y posee una anomalía positiva alta, al igual que II - 11.

Esto refleja que esta técnica de muestreo es de gran utilidad en terrenos cubiertos con abundantes vegetación, ya que, es posible determinar potenciales zonas en donde se encuentren cuerpos mineralizados

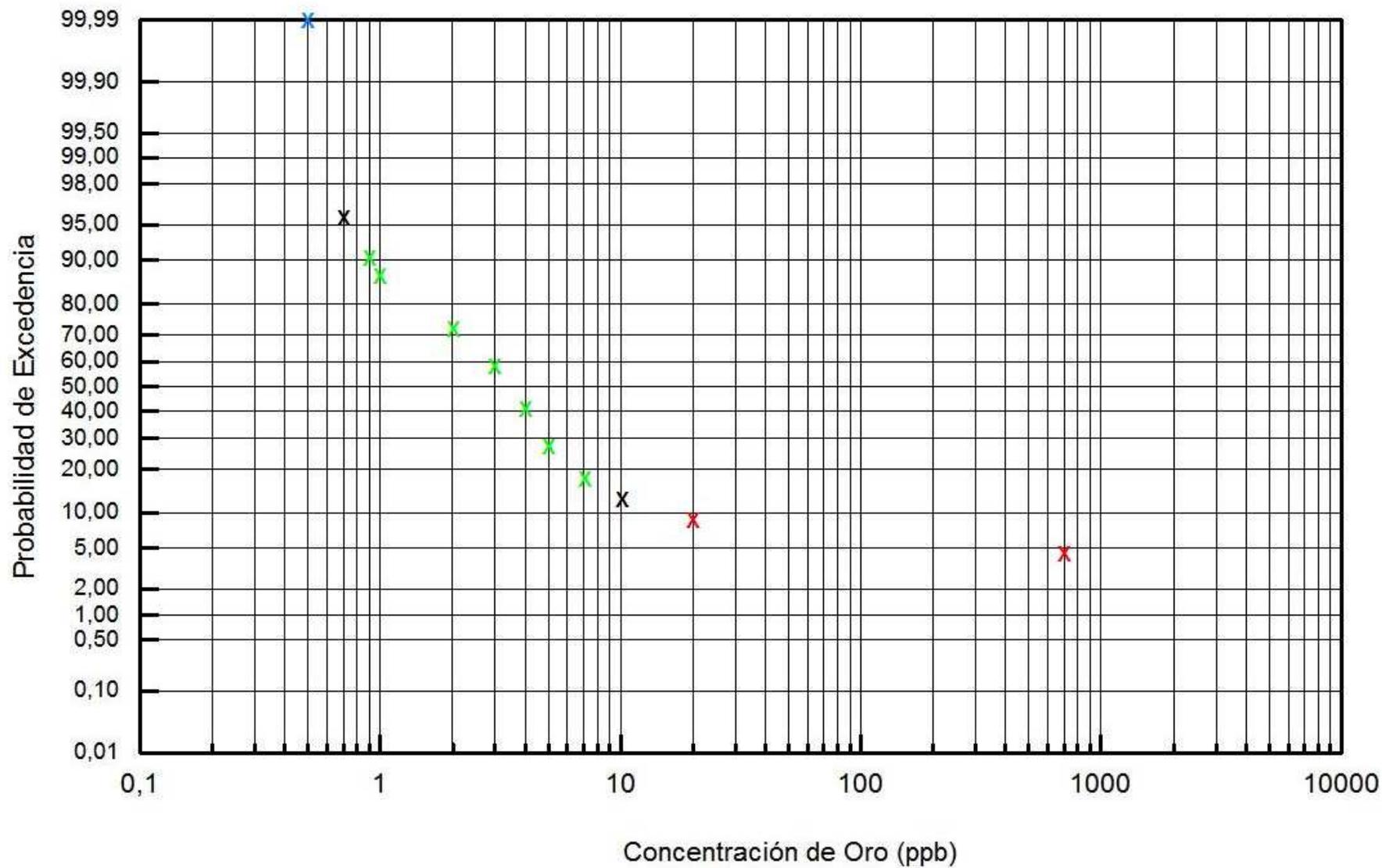


Figura 13.- Gráfico de Probabilidad de Excedencia versus Concentración de Au para muestras tipo *stream sediments* en el prospecto Don Bernardo. Explicación en el texto.

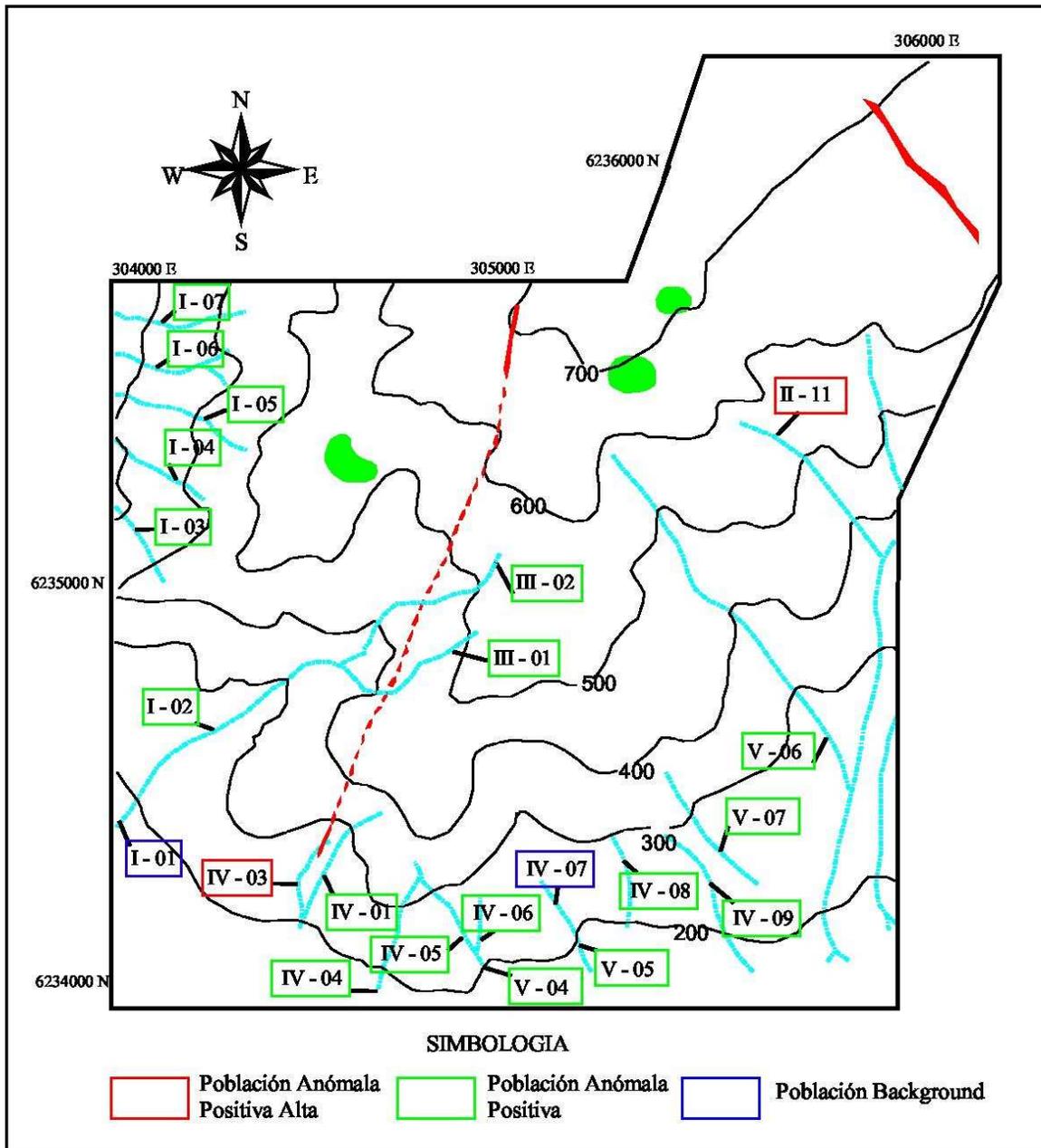


Figura 14.- Mapa de ubicación de las muestras tipo *stream sediments* en el prospecto Don Bernardo y sus respectivas anomalías de Au. Las líneas de color celeste representan las quebradas, las rojas los diques mineralizados y los subcírculos verdes las brechas hidrotermales.

5) MODELO DE DEPÓSITO MINERAL EN EL PROSPECTO LAS BELLAS

La mineralización en el prospecto Las Bellas se encuentra hospedada en diques de pórfido félsico, que intruyen a una secuencia de rocas volcánicas y rocas intrusivas. Estos diques, con orientaciones preferenciales N-S y NNE y disposición sub-vertical a 80°W, están constituidos por cuarzo, minerales máficos, pirita, y además presentan boxwork regulares. Los estilos de mineralización en estas estructuras corresponden vetas, brecha hidrotermal, sheeted-veins, stockwork y diseminación.

La mineralogía de mena a lo largo de los diques corresponde a pirita - calcopirita - esfalerita, y minoritariamente oro - galena - covelina - bornita - calcosina

En este prospecto y a lo largo de las estructuras se observa, principalmente, alteración cuarzo - sericita moderada a intensa observable principalmente como halos de estructuras, y alteración propilítica débil constituida por clorita y epidota. Esta alteración grada a cuarzo - sericita - clorita hacia la roca de caja, afectando en forma selectiva e intensa a feldespatos potásicos, y en forma incipiente a moderada a plagioclasa y masa fundamental en la Unidad de Rocas Volcánicas, y en forma moderada en plagioclasa y rellenando fracturas de cuarzo en el granitoide de grano grueso. Además se aprecia alteración supérgena débil a moderada, hasta a lo menos ~5 m de profundidad, representada por cuarzo, magnetita, hematita, jarosita, limonita y boxwork regulares, esencialmente en estructuras (sheeted-veins y stockwork) y en la matriz de la brecha hidrotermal.

Con la matriz de correlación de Pearson expuesta anteriormente (punto 4.4.1, Tabla 5) se define un factor de correlación (R) sobre 0,5 como significativo y un R sobre 0,8 como excelente (Townley et al., 2000). Bajo este criterio se tiene que los pares de elementos que presentan correlación excelente son: (Au - Ag), (Au - Cu) y (Fe - Zn). El par Fe - Zn se interpreta como presencia de esfalerita ((Zn, Fe)S), y los pares Au - Ag y Au - Cu se interpretan como probables indicadores de afinidad para mineralización de metales preciosos en ambiente epitermal a mesotermal y mineralización en transición mesotermal-pórfido, respectivamente. Además, la excelente correlación Au - Ag nos indica que probablemente la mineralización de Au y Ag se

encuentra como electrum, y la asociación Au - Cu se interpreta como encapsulación de Au en sulfuros de cobre.

Los pares de elementos con correlaciones significantes son: (Au - As), (Au - Mo), (Au - Pb), (Ag - As), (Ag - Cu), (Ag - Mo), (Ag - Pb), (As - Cu), (As - Mo), (As - Pb), (As - Sb), (Cu - Mo), (Cu - Pb), (Mo - Pb) y (Pb - Sb). Las asociaciones Au - Pb, Cu - Pb y Mo - Pb son interpretados como presencia de galena asociado a la mineralización y, específicamente el par Ag - Pb como posible presencia de galena argentífera. A pesar de que las concentraciones de arsénico no son altas para considerar la zona como potencial fuente de contaminación, los pares de elementos Au - As, Ag - As y As - Mo son interpretados como arsénico presente en los eventos mineralizadores, el par As - Pb se interpreta como la posible presencia de la asociación rejalgar - galena y, específicamente el par As - Cu como presencia de tenantita. El par As - Sb presentan similares radios atómicos e idénticos números de valencia, por lo tanto, es esperable que tengan un comportamiento similar y una correlación significativa. Las asociaciones Cu - Mo, Au - Mo, Ag - Mo y Ag - Cu se interpretan como probables indicadores de afinidad para mineralización en transición tipo pórfido-epitermal. Considerando la afinidad que presentan el Au y la Ag con metales base, es probable esperar que estos dos elementos estén encapsulados en sulfuros.

El elemento azufre (S) no se incluyó en la matriz de correlación (Tabla 5), debido a que el muestreo corresponde esencialmente a zona lixiviada, donde el mencionado elemento no está presente (aparece en concentraciones menores al límite de detección) o se encuentra anómalamente concentrado producto de acumulación de jarosita transportada.

Finalmente, el factor de correlación de Pearson (R) entre el Au y la Ag, en las muestras analizadas mediante ensaye a fuego en el prospecto Las Bellas (Tabla 6), es de 0,959 que es considerado como excelente. Este valor corrobora aún más la idea de afinidad a un depósito de tipo mesotermal - epitermal, y que estos elementos probablemente se encuentren como electrum.

Ahora, de acuerdo a las concentraciones de Au y Ag que entregaron las muestras tipo *chip sampling* tomadas en este prospecto, y considerando que: i) fueron reconocidas 1600 m de estructura mineralizada de rumbo NNE con concentraciones superficiales promedio de 1,1 ppm de Au, 29,8 ppm de Ag y 1,6 ppm de Au equivalente (basado en precios de mercado de Au y Ag

al 30 de Diciembre de 2007); ii) infiriendo una potencia media de 10 m en las estructuras mineralizadas, y una profundidad de 250 m, basado en el criterio de diferencia de cota en que afloran, se puede deducir un potencial de 10,8 millones de toneladas de roca mineralizada, conteniendo al menos 555.000 onzas de Au equivalente.

Además se han reconocido 2500 m lineales de estructura mineralizada de orientación norte-sur, con un promedio de 0,4 ppm de Au equivalente y sin descartar que desarrollen cuerpos de altas leyes en profundidad. Con esto, se infiere un potencial de al menos 750.000 onzas de oro en el prospecto Las Bellas.

6) FRANJA METALOGÉNICA POLIMETÁLICA VETIFORME RICA EN Au - Ag, DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE CHILE CENTRAL

Este capítulo tiene por objetivo presentar una revisión sintética e integrada de las características geológicas y metalogénicas de distintos yacimientos y prospectos, y a la vez aportar con nuevos datos, que permitan una definición formal de la Franja Metalogénica Polimetálica Vetiforme rica en Au y Ag, de edad Cretácico Superior, en Chile Central.

La necesidad de presentar esta definición surge del interés por la exploración de nuevos prospectos tales como Las Bellas y Don Bernardo, caracterizados en esta memoria. Por lo tanto, es importante la definición de un modelo generalizado de depósito en la franja, que establezca un esquema conceptual que tipifique estos depósitos y pueda ser utilizado como una guía tanto para fines académicos, como para exploración de la zona.

Los depósitos mencionados en este capítulo, de norte a sur, son: distrito El Bronce de Petorca, veta Cerro Cantillana, prospectos Las Bellas - Don Bernardo, distrito minero Alhué y distrito Las Palmas; que poseen características distintivas comunes tales como marco geológico, edad, mineralogía, estilo de mineralización y posición geográfica.

6.1) Marco Geológico

Entre los 32° - 35° de latitud sur, en la Cordillera de la Costa, aflora una franja de rocas volcánicas pertenecientes al Jurásico - Cretácico y rocas intrusivas de edad Cretácico Superior (Figura 15).

Las rocas volcánicas Cretácicas que afloran a los ~32°S corresponden a la Formación Las Chilcas compuesta por conglomerados, tobas, lavas, brechas andesíticas, con potencias > 12000 m, de edad Cretácico Inferior a Superior (Rivano et al., 1993). Además, se describe la Formación Salamanca que contiene lavas y brechas porfíricas andesíticas a dacíticas, tobas de lapilli dacíticas, escasos niveles de conglomerados y volcarenitas con potencias > 1700 m, de edad Cretácico Superior (Rivano et al., 1993), la cual se puede correlacionar con la Formación Lo Valle hacia el sur. Todas las formaciones anteriores tienen una disposición homoclinal norte - sur

con manteos de 10° - 30° E, y se encuentran intruidas por batolitos, diques y sills de edad Cretácico Inferior al Superior (Rivano et al., 1985; Camus et al., 1991).

Las rocas volcánicas Cretácico Superior a los ~34°S corresponden a la Formación Lo Valle. En esta zona, esta Formación, posee una sección basal de conglomerados y areniscas, en donde se apoyan rocas volcánicas constituidas por lavas andesíticas a riolíticas, ignimbritas y brechas, con intercalaciones de tobas y areniscas epiclásticas continentales, con una potencia total de 3500 m (Nasi y Thiele, 1982). Estas rocas también se encuentran intruidas por pórfidos dioríticos y granodioríticos de edad Cretácico Superior (92 -95 Ma, K-Ar; Wall et al., 1996).

A los ~35°S las rocas volcánicas que afloran corresponden a la Formación Alto de Hualmapu asignada al Jurásico Inferior (Morel, 1981), que corresponden a una secuencia de lavas y brechas andesíticas y dacíticas, con intercalaciones de tobas y rocas sedimentarias marinas. Sobreyaciendo a ésta, aflora una secuencia de andesitas porfídicas y brechas, con intercalaciones de tobas y brechas tobáceas correlacionables con la Formación Lo Valle (Candia, 1994). Intruyendo estas formaciones se encuentran granodioritas y tonalitas asignadas al Cretácico Superior (Candia, 1994).

En los contactos de los intrusivos del Cretácico Superior antes descritos se desarrollan extensas zonas con alteración hidrotermal, a los que se le asocia yacimientos y prospectos polimetálicos vetiformes ricos en Au - Ag (Figura 15), los que son descritos a continuación.

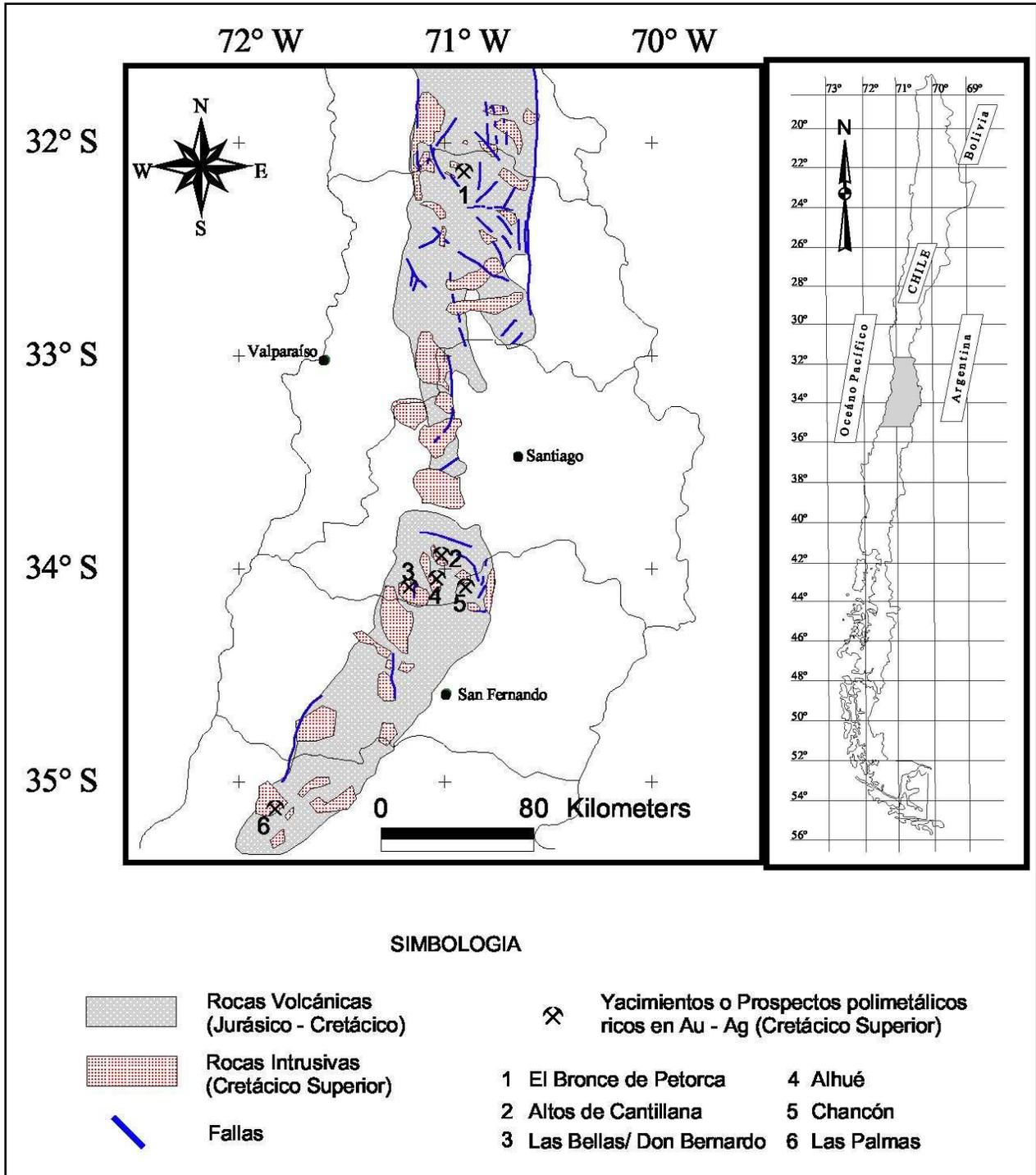


Figura 15.- Mapa que muestra los yacimientos o distritos mesotermiales de Au - Ag pertenecientes al Cretácico Superior (Modificado de Sernageomin, 1993).

6.2) Descripción de yacimientos y distritos

6.2.1) Distrito El Bronce de Petorca

El distrito minero El Bronce de Petorca se ubica 150 Km. al norte de Santiago (Figura 15). Las rocas volcánicas que afloran en el distrito corresponden a las formaciones Las Chilcas y Salamanca con edades desde el Cretácico Inferior al Superior (Rivano et al., 1993). Rocas intrusivas de composición intermedia de dimensiones batolíticas del Cretácico Inferior al Superior (134 - 86 Ma; K-Ar en biotita; Camus et al., 1991) y, stocks y diques del Cretácico Superior (86 - 79 Ma; K-Ar en biotita; Camus et al., 1991). Las vetas epitermales polimetálicas (Au, Ag, Cu, Pb y Zn) son de carácter tensional con orientaciones N10°W a N20°E (Figura 16) y manteos al este en el norte y al oeste en el sur del distrito. Estas vetas, que se asocian a los stocks y diques, corresponden al Cretácico Superior (86 - 79 Ma; K-Ar) y relacionadas a eventos intrusivos subvolcánicos, desarrollo de calderas de colapso (Caldera Morro Hediondo) y extensa alteración hidrotermal (Camus et al., 1991). La caldera Morro Hediondo, al nor-este del distrito (Figura 16) y de ~15 Km de diámetro, está limitada por un dique anular de pórfido monzogranítico de edad K-Ar en roca total y feldespatos entre 80 ± 3 y 79 ± 3 Ma respectivamente (Camus et al., 1986), asociada a mineralización polimetálica y porfídica de cobre, incluyendo brechas. Una muestra de sericita de la andesita que hospeda a las vetas entregó una edad K-Ar de 79 ± 3 Ma, la misma edad del dique anular, lo que indica una relación genética entre la mineralización polimetálica y el magmatismo post colapso (Camus et al., 1991). También, el mencionado autor, deduce que la edad de la mineralización corresponde al Cretácico Superior.

Las vetas mineralizadas presentan largos entre 90 - 500 m, con profundidades variables entre 150 - 500 m y potencias entre 0,4 - 20 m. Los estilos de mineralización son brechas hidrotermales, masiva, stockwork y diseminación. También se observan diques andesíticos estériles a lo largo de las vetas de 0,5 - 20 m de potencia (Figura 17), alterados con calcita (Camus et al, 1991).

Las brechas hidrotermales son matriz soportante cementados por sulfuros (esfalerita + calcopirita - pirita) o por ganga (sílice + baritina - carbonatos). Los fragmentos (toba, ocoita,

diques andesítico y cuarzo) cementados por sulfuros son angulosos de 1 a 10 cm. Este estilo de mineralización es la que presenta las mayores concentraciones de Au (>10 ppm). Los cementados por ganga son redondeados a sub angulosos de la misma litología y tamaño anterior, y con concentraciones de Au < 4 ppm (Camus et al., 1991). La mineralización masiva ocurre a lo largo de fallas rectas, con orientaciones norte-sur a N15°E, y adyacentes a las brechas hidrotermales. Se observan hasta 50% de peso en volumen de sulfuros, principalmente de pirita, esfalerita y menor calcopirita y galena con concentraciones de Au >10 ppm y localmente 2 kg/ton. La zona de stockwork se concentra adyacente a las brechas hidrotermales y/o a la mineralización masiva y también en las zonas altas del sistema. Consiste en vetillas poli direccionales de 1 - 15 mm, rellenas de cuarzo, baritina, carbonatos, pirita y esfalerita, calcopirita, galena, tetrahedrita-tenantita subordinados. Presenta menor concentración de Au que los estilos anteriores. La mineralización diseminada se concentra alrededor de todos los estilos anteriores, y son zonas de halo de 2 - 10 m de ancho con abundante pirita gruesa. Las concentraciones de Au son casi nulas.

La zona de oxidación no se encuentra bien desarrollada (con profundidades máximas de ~40 m), pero es posible observar boxwork de pirita rellenos de limonitas, calcopirita, esfalerita y galena. También se encuentra simithsonita más oxidados de cobre, como evidencia de mineralización en profundidad. La mineralogía hipógena consiste, en orden decreciente de abundancia, en cuarzo, pirita esfalerita, calcopirita y carbonatos, con menor baritina, galena, tetrahederita-tenantita, hematita y bornita. El Au es posible encontrarlo en forma nativa, electrum, incluido y asociado a sulfuros. Camus et al. (1991) definen una zonación vertical de las vetas en cuanto a concentración de Au equivalente - cobre y estilos de mineralización, donde las mayores concentraciones se encuentran a profundidades medias (entre 300 y 1000 m) en zonas de brecha hidrotermal. Sobre (en zona de stockwork) y bajo estos niveles las concentraciones son sub económicas.

La alteración hidrotermal en las vetas corresponde a cuarzo-sericita intensa y, argilización y carbonatización moderada. Hacia los bordes de las mismas la alteración propilítica (clorita - epidota - calcita) se hace predominante. La roca de caja de las vetas está débilmente alterada presentando reemplazo parcial o total de plagioclasas por cuarzo, carbonatos y/o sericita, y de máficos por clorita y menor epidota. Las brechas y tobas, presentan alteración sericítica en fragmentos y alteración a arcillas y carbonatos en la matriz. Los diques andesíticos se encuentran con alteración pervasiva de carbonatos (Camus et al., 1991).

Datos de más de 400 inclusiones fluidas, primarias y secundarias, de 12 muestras, en intervalos verticales de vetas, atrapadas en cuarzo, calcita, esfalerita y baritina fueron analizados por Camus et al. (1991). Estas inclusiones contienen dos fases: líquido y vapor, siendo mayoritariamente las ricas en líquido (< 20% de vapor), apareciendo las ricas en vapor en la parte alta del sistema, coexistiendo con las líquido predominante. En profundidad (<1563 m s.n.m) y en niveles intermedios (1563 - 1628 m s.n.m), las inclusiones son ricas en líquido y no se observan evidencias de ebullición (Skewes y Camus, 1988; Camus et al., 1991). En profundidad los valores de temperatura de inclusiones primarias están entre 327° - 344°C y salinidades entre 6 - 10 % en peso NaCl equiv. Inclusiones secundarias homogenizaron entre 228° - 260°C con salinidades entre 7,4 - 9,3 % en peso NaCl equiv. En niveles intermedios, las temperaturas de homogenización de inclusiones primarias están entre 260° - 336°C y salinidades entre 4 - 8 % en peso NaCl equiv; mientras que las secundarias entre 207° - 260°C y salinidades entre 4 - 7 % en peso NaCl equiv. Se observa una disminución de temperatura de homogenización y salinidad hacia sectores más altos y los mencionados autores deduce que la zona más alta con mineralización de Au ocurrió a 400 m bajo la paleosuperficie. En las zonas altas (1738 - 1810 m s.n.m), cercano a la superficie actual (2000 m s.n.m), donde el Au se encuentra en bajas concentraciones las inclusiones poseen razones variables de vapor/líquido e incluyen ricas en vapor o líquido. Inclusiones primarias homogenizaron entre 235° - 270° C y tienen salinidades entre 4 - 7 % en peso NaCl equiv; y las secundarias homogenizaron a ~200°C y tienen salinidades entre 1 - 5 % en peso NaCl equiv.

Camus et al. (1991) sugieren ebullición de los fluidos hidrotermales a este último nivel mencionado, en donde las concentraciones de Au equivalente son < 1 ppm, debido a que las inclusiones ricas en vapor y/o líquido homogenizaron en el mismo rango de temperatura, además inclusiones fluidas que muestran evidencias de ebullición, en la actual superficie de erosión, muestran temperaturas mínimas de homogenización de 235°C y salinidades de 5 % en peso NaCl equiv, indicando una profundidad de 300 m bajo la paleosuperficie y en condiciones de presión hidrostática (Skewes y Camus, 1988).

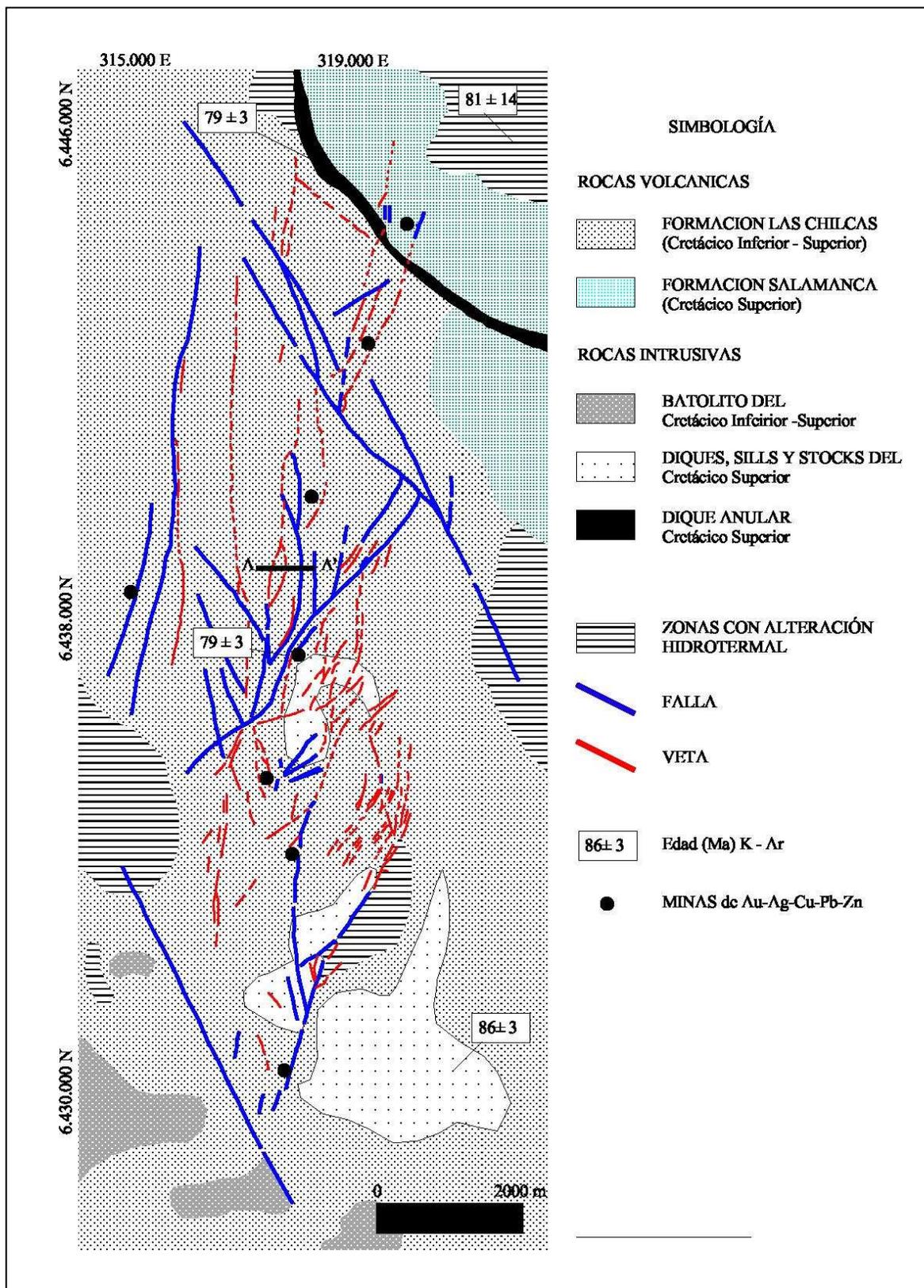


Figura 16.- Mapa geológico distrital de El Bronce de Petorca, modificado de Camus et al. (1991) y Rivano et al. (1993).

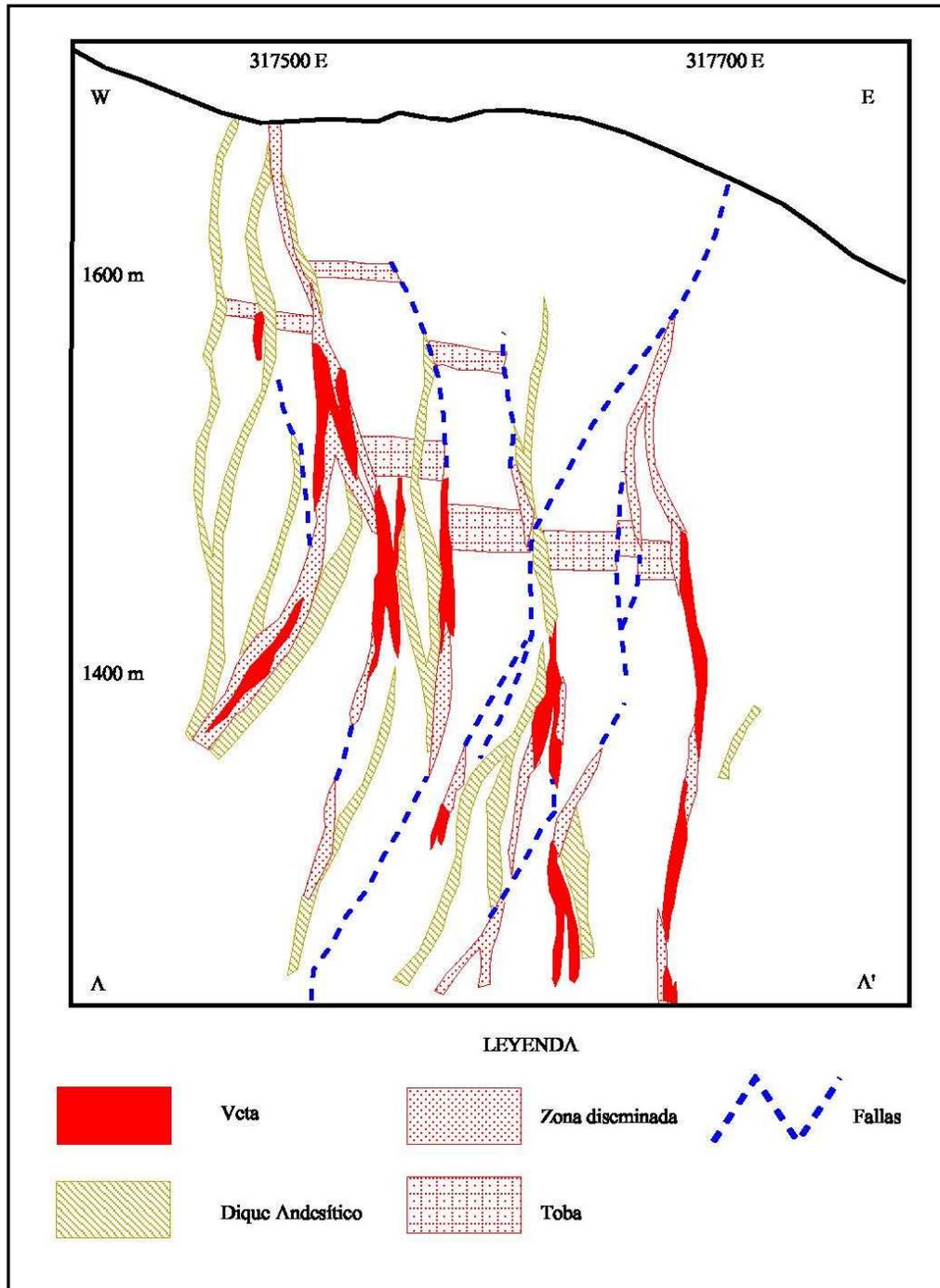


Figura 17.- Perfil esquemático del distrito El Bronce de Petorca, a la altura de la coordenada 6439000 N (Figura 18).
Modificado de Camus et al., 1991.

6.2.2) Veta Cerro Cantillana

La veta Cerro Cantillana se ubica a ~4 km al nor-este del distrito minero Alhué (Figura 15), en el Cerro Altos de Cantillana, emplazada en una tonalita de edad Cretácico Superior (89 ± 2 Ma; K-Ar en biotita; Fuentealba, 2002) y cortada por una falla que corre según su rumbo. Esta veta es un cuerpo silíceo mineralizado de rumbo ~N45°E, con variaciones entre N30°E - N50°E; y manteo entre 70° - 80° al nor-oeste. Presenta una potencia media de 2 m, que varía entre 0,4 - 4,1 m (incluyendo una zona de stockwork), con una corrida de 600 m (Figura 18).

La litología de la veta fue descrita mediante análisis microscópicos por Fuentealba (2002), y describe tres pulsos de sílice distintos. El primer pulso deposita cuarzo de grano grueso (2 - 4 mm) de color lechoso a traslúcido, textura de crecimiento en peineta, asociado a pirita de tamaño fino (~0,5 mm) y escasa magnetita diseminada de ~1 mm alterada a hematita en los bordes. El segundo evento, que corta al anterior, deposita cuarzo de grano fino (0,05 - 0,1 mm) de color gris oscuro, asociado a sericita (< 0,1 mm), pirita (~0,1 mm) y calcopirita (0,05 mm). El tercer pulso corresponde a la depositación de cuarzo de color blanco lechoso microcristalino y hematita maciza, que se presenta formando parte del cemento de una brecha cataclástica que contiene fragmentos de pulsos anteriores. Finalmente, venillas de limonita, relacionadas a procesos supérgenos, cortan todos los eventos anteriores.

En este sector se reconocen alteración supérgena y alteración hipógena. La alteración supérgena se caracteriza por la presencia de abundantes óxidos de fierro, representando un 40% del volumen de la roca y otorga un color rojizo a la litología. Además se observan arcillas producto de la descomposición de feldespatos, boxwork de pirita en la roca de caja y cuarzo oqueroso en el cuerpo silíceo. Esta alteración disminuye en intensidad al alejarse de la veta, siendo imperceptible a ~12 m de distancia, y alcanza ~1,5 m de profundidad. La alteración hipógena consiste en la asociación cuarzo - sericita - clorita - esmectitas - epidota. La presencia de sericita se hace más fuerte en las cercanías de la veta, reemplazando en la zona de contacto entre veta y plutón, totalmente feldespatos, hornblenda y biotita. Una datación K-Ar en roca total de la alteración sericítica entregó una edad de 88 ± 4 Ma (Fuentealba, 2002), por lo tanto, se puede asignar una edad Cretácico Superior para el emplazamiento de esta veta.

Estudios de inclusiones fluidas primarias y secundarias fueron realizados por Fuentealba (2002) a una muestra de superficie (2060 m s.n.m). Las primarias, que son más escasas, presentan dos o tres fases: líquido, vapor y halita y/o silvita, y en muchos casos dentro de un mismo cristal coexisten inclusiones ricas en vapor (> 20%) y ricas en líquido. Las secundarias muestran una o dos fases: vapor y/o líquido y vapor. Los resultados permiten distinguir dos eventos bien diferenciados. El primero se produce a temperaturas superiores a 390°C, asociado a pulsos de sílice de grano grueso. El segundo se produce a temperaturas que varían entre 217°C y 295°C, asociado a la depositación de cuarzo de grano fino, sericita, y la mayor parte de los metales.

Los valores de las leyes promedio de la veta Cerro Cantillana son 0,7 ppm para el Au, variando entre 0,05 - 3,4 ppm, y 3 ppm para la Ag, variando entre 1 - 26 ppm (Fuentealba, 2002). No se aprecian variaciones en las leyes dependientes de la cota o del espesor de la veta.

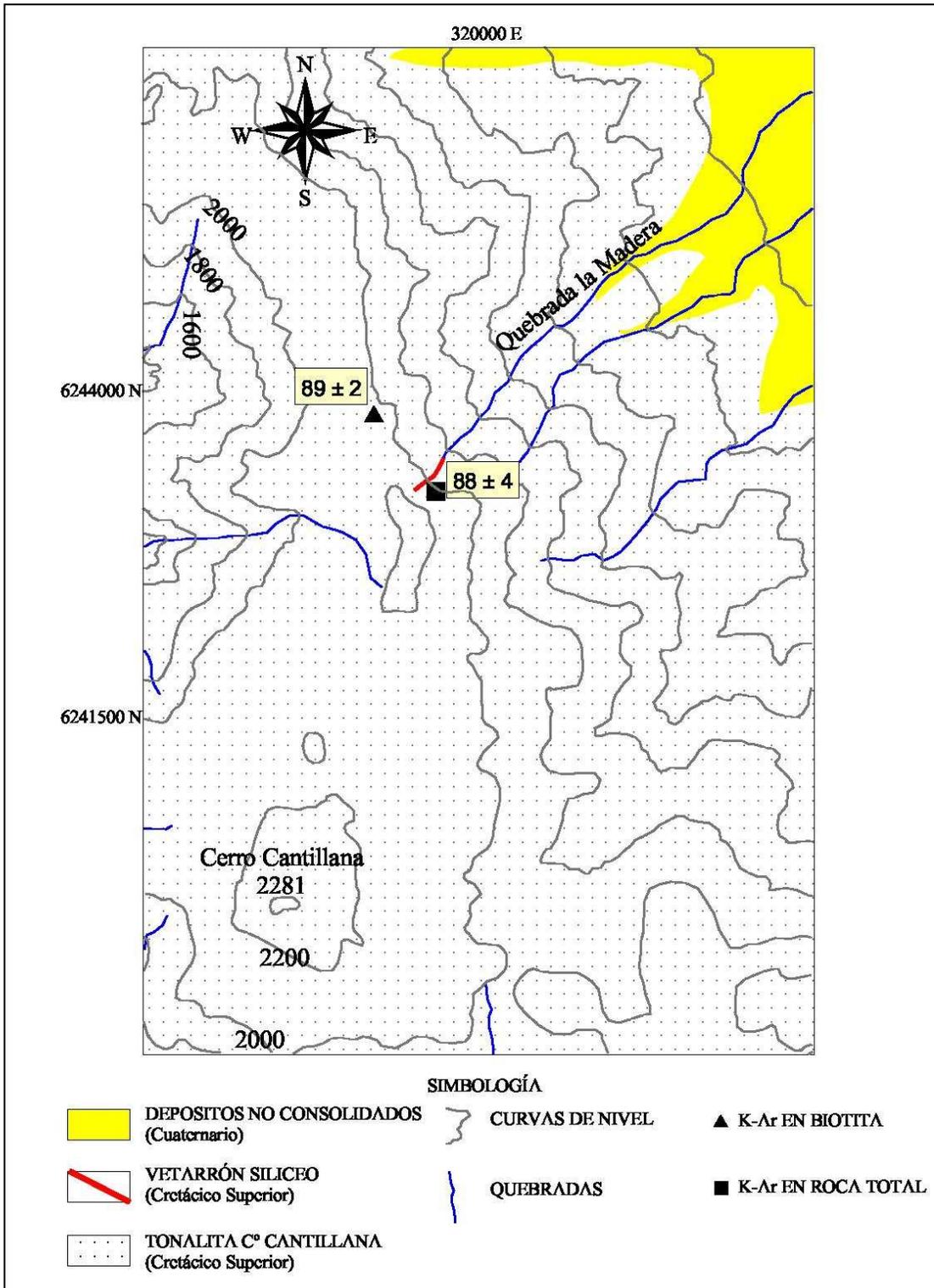


Figura 18.- Mapa geológico de la zona de la veta Cerro Cantillana. Incluye edades del cuerpo intrusivo y de la alteración sericitica asociada a la veta. Modificado de Fuentealba, 2002.

6.2.3) Prospectos Las Bellas y Don Bernardo

Estos dos prospectos, que se ubican 100 Km al sur-oeste de Santiago (Figura 15), presentan mineralización polimetálica rica en Au - Ag - Cu alojados en diques de pórfido félsico. La roca encajante de la mineralización corresponde a rocas volcánicas de composición dacítica, correlacionable con la Formación Lo Valle de edad Cretácico Superior (Nasi y Thiele, 1982); rocas intrusivas de dimensiones plutónicas de composición tonalítica; stocks, diques y sills, de composición monzogranítica de edad Cretácica Superior (Wall et al., 1996) (Figuras 21 y 22), íntimamente ligado a zonas con alteración hidrotermal, lo que permite deducir una edad Cretácico Superior para la mineralización (este trabajo).

Los diques de pórfido félsico, los cuales cortan a todas las unidades anteriores, se encuentran fracturados a brechizados y se asocian a fallas con orientaciones preferenciales norte - sur, NNE y NNW, y manteos de 80°W a 80°E (Figuras 19 y 20). Presentan potencias observadas entre 3 - 30 m, largos mínimos entre 100 - 2000 m y profundidades de hasta ~625 m (Figuras 21 y 22). Los estilos de mineralización corresponden a vetas, brechas hidrotermales, stockwork, sheeted-veins y disseminación.

La mineralogía en veta corresponde a cuarzo - pirita - calcopirita - covelina - galena - Au. Las brechas hidrotermales son matriz soportante, y la matriz presenta cuarzo, abundante óxidos e hidróxidos de fierro (magnetita, hematita, jarosita, limonitas) y boxwork regulares rellenos con jarosita, y los fragmentos de pórfido félsico presentan cuarzo y mineralización de pirita. La mineralogía de las sheeted-veins y stockwork corresponde a hematita, magnetita, limonitas, jarosita y relictos de pirita.

La alteración presente corresponde principalmente a cuarzo - sericita moderada a fuerte, observable en todos los estilos de mineralización antes mencionados como halos de estructuras. En las vetas es posible observar alteración propilítica débil a moderada (clorita + calcita ± epidota - adularia). Además se observa alteración supérgena débil a moderada representada por argilización, óxidos e hidróxidos de fierro, principalmente en estructuras. En la roca de caja es posible observar alteración propilítica moderada como halos de los pórfidos félsicos mineralizados.

Los valores de concentraciones de Au en superficie presentan un promedio de 408 ppb, la Ag de 7,7 ppm y el cobre 407 ppm. Para el plomo presenta un promedio de 1225 ppm, y para el zinc un promedio de 780 ppm.

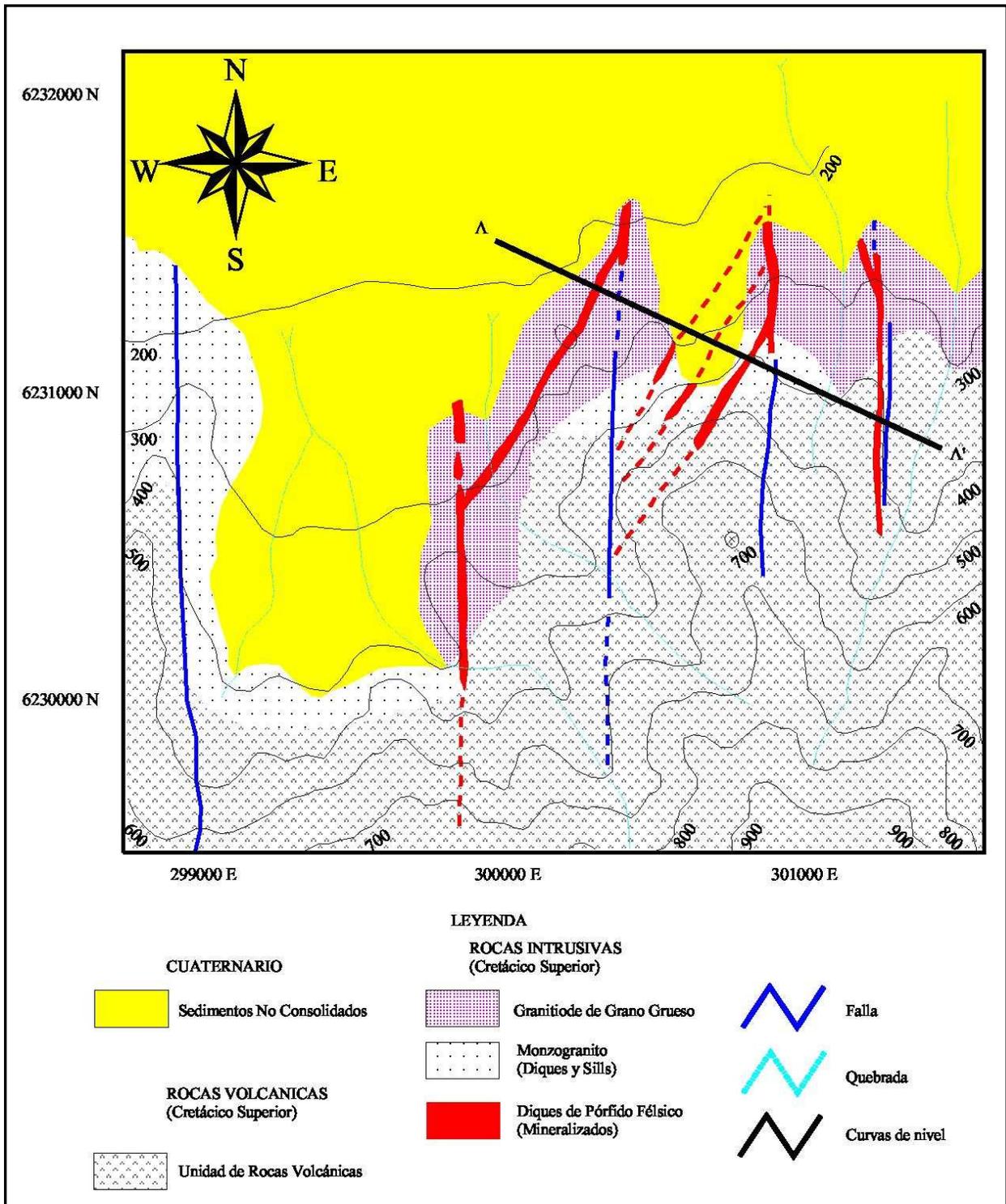


Figura 19.- Mapa geológico del prospecto Las Bellas.

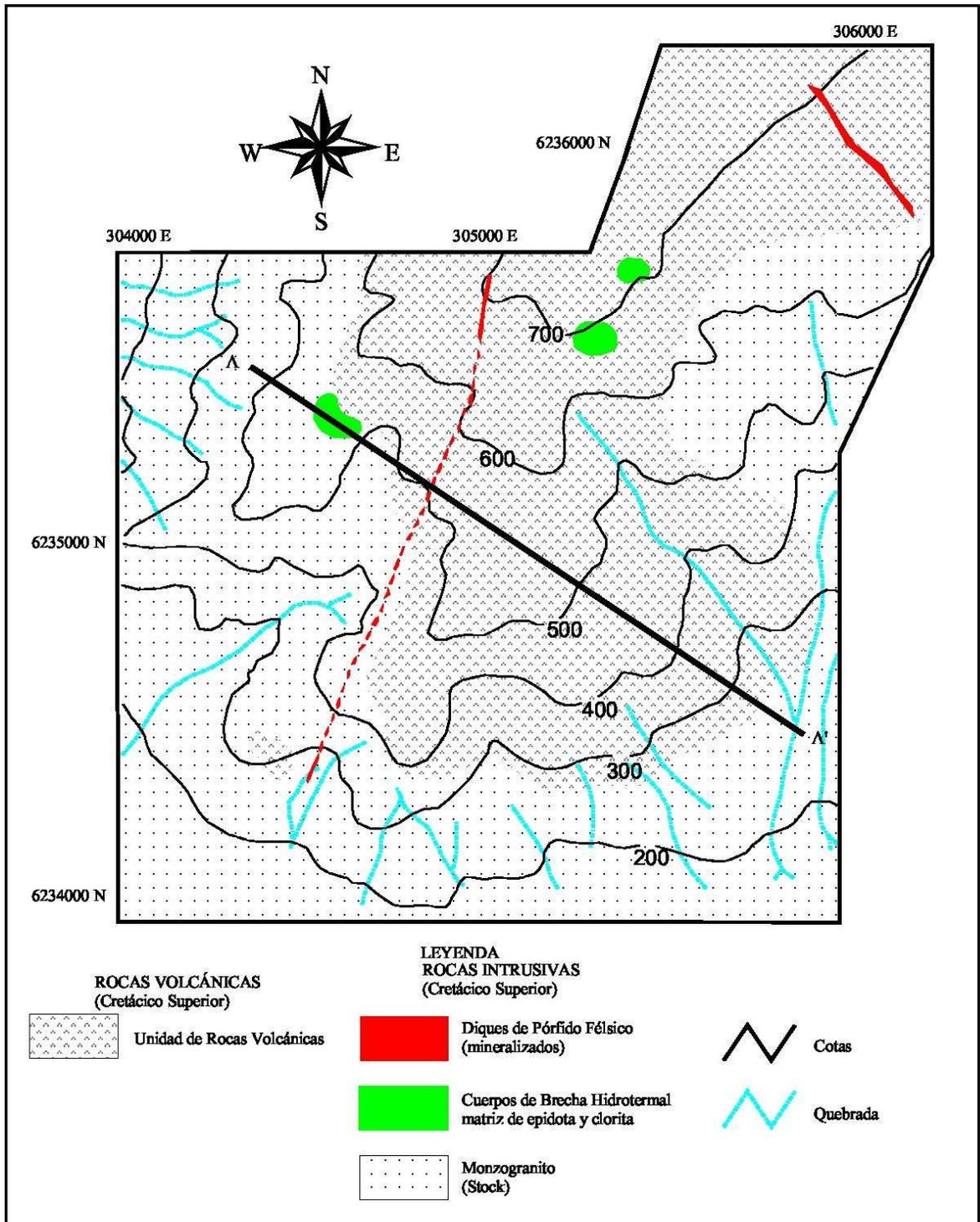


Figura 20.- Mapa geológico del prospecto Don Bernardo.

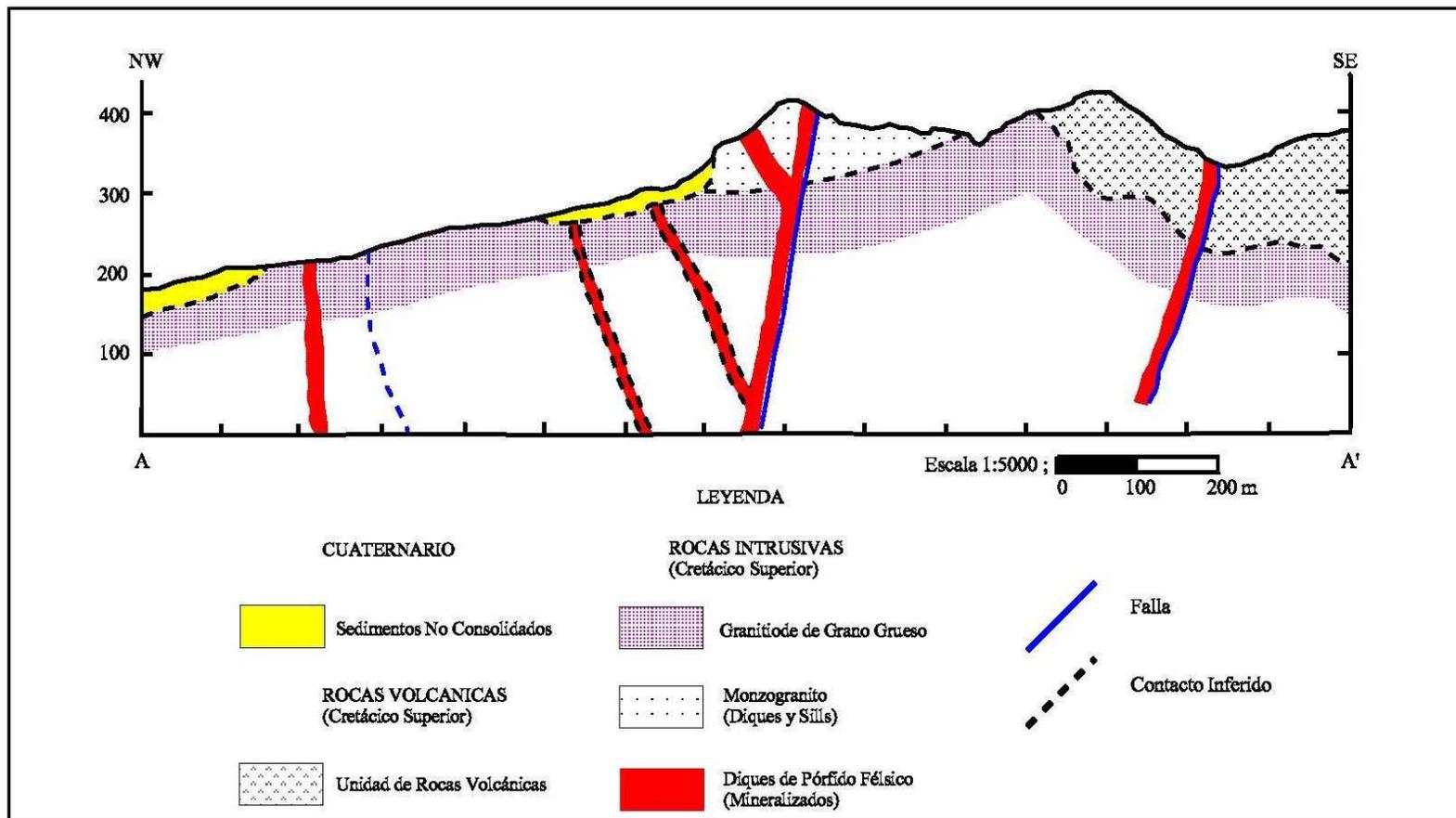


Figura 21.- Perfil esquemático del Prospecto Las Bellas.

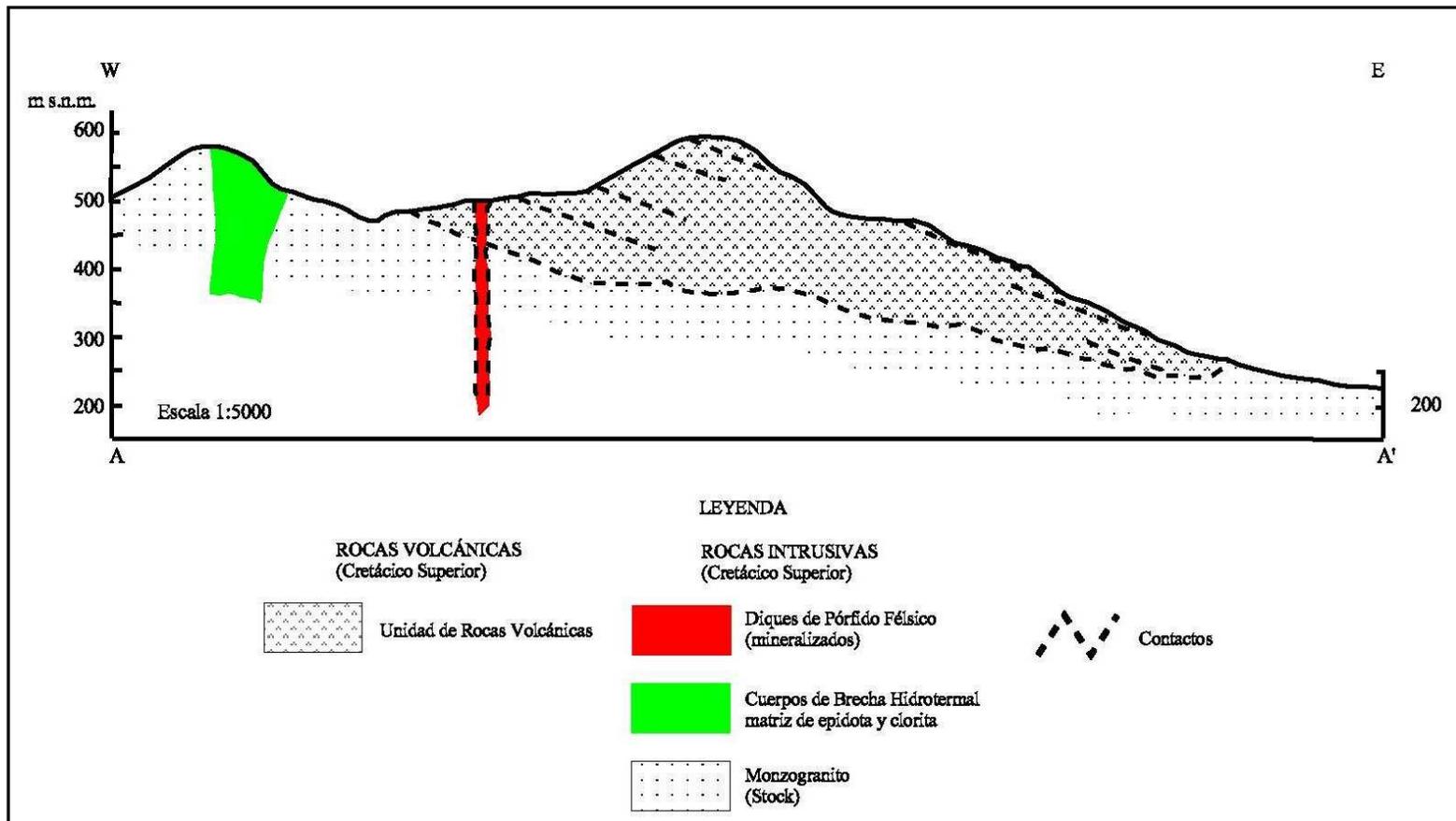


Figura 22.- Perfil esquemático del Prospecto Don Bernardo.

6.2.4) Distrito minero Alhué

El distrito minero Alhué se ubica a ~75 km al sur - oeste de Santiago, Región Metropolitana (Figura 15). La mineralización polimetálica está hospedada en vetas de cuarzo y stockwork, cuya roca de caja corresponde a tobas andesíticas y rocas volcanoclásticas de la Formación Lo Valle de edad Cretácico Superior (Nasi y Thiele, 1982) (Figura 23). La secuencia estratificada volcánica presenta una disposición homoclinal, con rumbos entre N30°E - N30°W, y manteos entre 20° - 30°E. La secuencia volcanoclástica está intruida por un granitoide de dimensión batolítica de composición monzogranítica y cuerpos subvolcánicos andesíticos, en forma de diques y sills con potencias de 1 - 10 m que cortan toda la litología anterior datados en 83 ± 4 Ma mediante K-Ar en hornblenda (Cotton, 1998 en Fuentealba, 2002). Dataciones radiométricas (K-Ar en biotita y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en hornblenda) efectuadas en el batolito entregaron un rango de edad entre 80 ± 1 y 92 ± 2 Ma (Wall et al., 1996). Localmente, ocurren remanentes de la Formación Lo Valle como 'roof - pendant' con metamorfismo de contacto (Araya, 2001).

La mineralización se encuentra en vetas, brechas hidrotermales, stockwork y diseminada. Presentan un fuerte control litológico y estructural, y este último se caracteriza por cuatro sistemas de fallas: norte-sur, oeste-este, nor-oeste y nor-este. Las vetas presentan potencias entre 0,8 - 30 m, corridas medias entre 160 - 1000 m y extensión vertical entre 200 - 400 m, con cotas entre 650 - 1100 m s.n.m. Dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en adularia efectuadas por Cotton et al. (1999) en la veta Maqui entregó que el rango de emplazamiento para esa veta se encuentra entre 86 - 82 Ma, lo que verifica que la mineralización ocurrió durante el Cretácico Superior.

Los estructura interna de los cuerpos mineralizados generalmente consiste en un vetarrón síliceo central, caracterizado por cuatro tipos de sílice que revelan el desarrollo en el tiempo del sistema hidrotermal (Araya, 2001), en donde primero se deposita una sílice fina de color gris, segundo una sílice verde, la tercera traslúcida y por último una sílice gruesa de color blanco. Estos vetarrones están flanqueados por brechas hidrotermales con fragmentos de roca de caja (30%) silicificados, cloritizados y epidotizados, y con una matriz sílicea. En algunos casos se observa un dique andesítico entre la brecha hidrotermal y la roca de caja sincrónico al emplazamiento de las vetas (Figura 24; Araya, 2001). Los stockwork se aprecian preferentemente en la roca de caja, aumentando su densidad en zonas cercanas a las vetas.

La mineralización de las vetas, además de Au y Ag, corresponde a pirita, magnetita, hematita, menor blenda, galena y óxidos de manganeso, y escasa calcopirita. La mineralización de Au ocurre como electrum, atrapado en cuarzo, libre y asociado a sulfuros. En el caso de la Ag se presenta en forma nativa, electrum, en argentita (escasa) y sulfosales de Ag (pirargirita), además asociada al sílice y sulfuros (Araya, 2001). Algunas vetas exhiben zonación de metales, en donde en las partes altas del sistema, hasta los 300 m de profundidad, están relativamente más enriquecidas en Au - Ag y las partes bajas del sistema enriquecidas en zinc (Agnerian y Pearson, 2006).

La minerales de alteración en las estructuras mineralizadas consiste en la asociación cuarzo - adularia - epidota - clorita - actinolita. A estos se sobreimpone esmectitas, calcita y abundante caolinita, y en algunos casos también se observan granates y vetillas de cuarzo, epidota, clorita y calcita (Araya, 2001). La roca de caja de las vetas presenta una débil a fuerte propilitización caracterizado por epidota y clorita diseminada o en cúmulos, además en las cercanías de las estructuras mineralizadas se observa silicificación moderada a abundante. La intensidad variable en la alteración es debida a la permeabilidad que presenta la roca de caja ante los fluidos hidrotermales. También se observan vetillas milimétricas de sílice, epidota, clorita, magnetita, calcita que se hacen más abundantes en las cercanías de las vetas, incluso llegando a la presencia de stockwork de cuarzo - hematita - pirita muy cercano a las vetas si la roca es menos permeable (andesitas). Estos halos de alteración alcanzan entre 15 - 30 m de las vetas, transformándose a la alteración propilítica regional que afecta a toda la zona.

Araya (2001) efectuó un estudio de inclusiones fluidas en dos vetas del distrito. Para la primera veta obtuvo un rango de temperatura de formación entre 218° - 322°C, con un promedio de 259°C, y para la segunda obtuvo un promedio de temperatura de 257°C. Para ambas vetas obtuvo salinidades promedio de 4 % en peso de NaCl equiv.

Las leyes de Au en las vetas del distrito varían entre 1,5 - 12 ppm con un promedio de 5 ppm, las de Ag varían entre 6 - 100 ppm con un promedio de 23 ppm, y el zinc varía entre 0,1 - 1,81 % con un promedio de 0,82 %. Las zonas con mayores leyes corresponden a las de vetarrón silíceo llegando a leyes medias de 14,7 ppm de Au y 278 ppm de Ag (Araya, 2001).

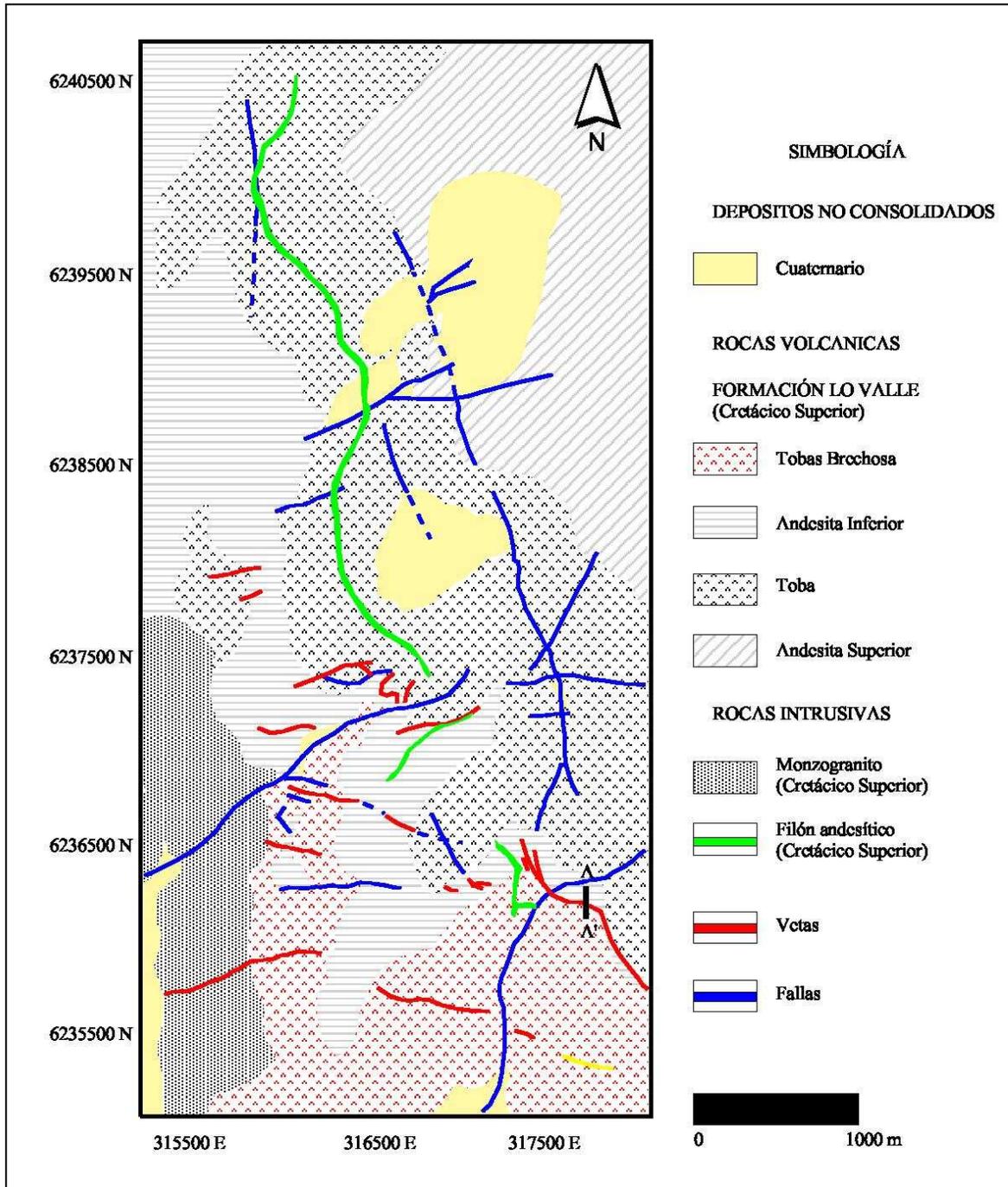


Figura 23.- Mapa geológico del distrito minero Alhué. Modificado de Araya (2001) y Fuentealba (2002).

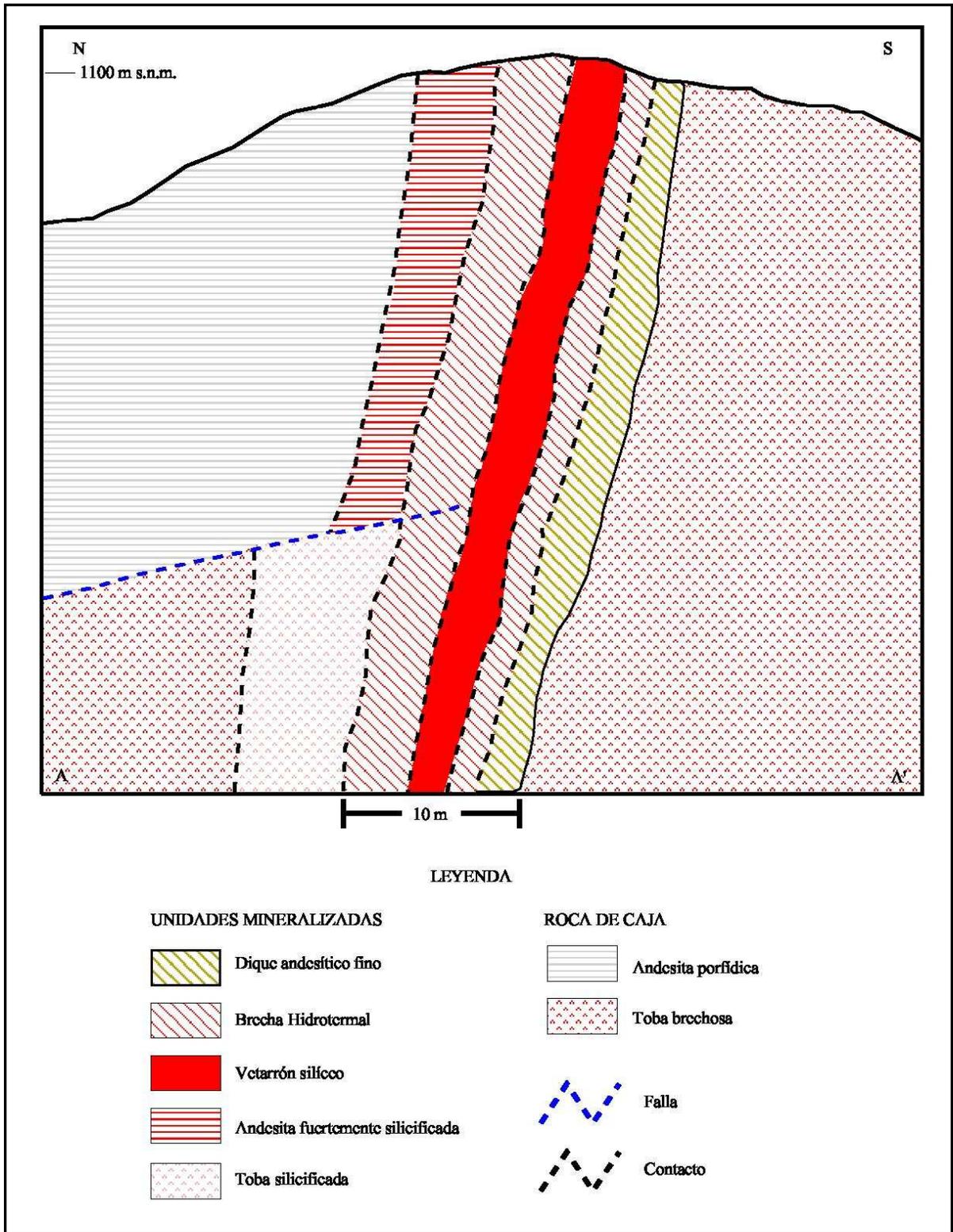


Figura 24.-Perfil esquemático de la estructura interna de una veta del distrito minero Alhué, en el sector sur - este del distrito (Figura 21). Modificado de Araya, 2001.

6.2.5) Distrito minero Chancón

El distrito minero Chancón está ubicado en la VI Región de Chile, a ~15 km al nOroeste de Rancagua y a 75 km al suroeste de Santiago (Figura 15), en el borde oriental de la Cordillera de la Costa en las coordenadas 34°04'S y 70°50'W.

En esta zona aflora una secuencia estratigráfica de origen volcánico y volcanoclástico, que corresponde a una alternancia de lavas y rocas piroclásticas andesíticas, con algunas intercalaciones de piroclastos dacíticos y, en menor proporción, lavas dacíticas (Figura 25), que se asignan a la Formación Lo Valle por Díaz (1986) de edad Cretácico Superior (Nasi y Thiele, 1982); y presentan una disposición con rumbo nor-este a oeste-este y manteos entre 15° - 35° al nor-oeste y norte. Esta secuencia está intruida por un plutón monzogranítico - tonalítico, además de numerosos stocks y diques de composiciones entre diorita y riolita. Una datación K-Ar en biotita del mencionado plutón, al sur-oeste de Chancón, entregó una edad de 83 ± 2 Ma (Díaz, 1986).

La mineralización ocurre en vetas de cuarzo, como relleno de fallas pre mineral, con orientaciones preferenciales entre N50°-60°W y manteos de 55°SW-vertical, pero las vetas principales no muestran orientaciones preferenciales (Leona Norte: N18°E/70°E; Leona suroeste: N45°E/65°SW; Resguardo: N35°W/70°SW; Figura 26). Presentan potencias entre 0,1 - 10 m, con un promedio de ~1,5 m; corridas entre 40 - 550 m, con un promedio de ~275 m. La profundidad máxima reconocida es de 186 m (Díaz, 1986). Estas vetas cortan a toda la litología antes descrita, por lo tanto, se le puede asignar una edad Cretácico Superior.

La estructura interna generalizada definida por Díaz (1986) corresponde a una masa de estructura brechosa constituida por cuarzo de color blanco lechoso, gris claro y rojo, que sostienen fragmentos silicificados de roca de caja. En los espacios entre los fragmentos y en fracturas a través de ellos se ubican los minerales de mena y de ganga. En zonas más profundas se observan bandas alternadas de sulfuros y cuarzo de 1 - 5 cm de espesor. Asociados a las vetas se observan diques andesíticos, que corren por el centro de éstas, dividiéndolas en dos ramas, y como no se observa mineralización ni alteración hidrotermal en estos diques, permite pensar en un evento post mineral.

La mineralización supérgena presenta una zonación vertical, que consiste en una zona superior lixiviada de profundidad desconocida consistente en cuarzo sacaroidal, presencia de porosidad, algunas rellenas con limonitas y hematita. Luego se observa una zona oxidada, hasta los 40 - 50 m de profundidad, que contiene cuarzo - hematita - limonita - Au nativo - carbonatos y sulfatos de cobre - relictos de sulfuros primarios. Posteriormente una zona de transición oxidada - primaria con profundidades entre 86 - 146 m, caracterizada por: cuarzo - calcita - hematita - limonita - sulfuros primarios y pequeñas concentraciones de sulfuros supérgenos y oxidados de cobre. Finalmente, una zona de sulfuros primarios bajo los 146 m de profundidad, cuya mineralogía consiste, en orden decreciente, a cuarzo, calcita, pirita, blenda, calcopirita, arsenopirita, galena. Au aparece como pequeñas inclusiones (3 - 10 μ) en calcopirita y arsenopirita. Ag solo se detectó en análisis químicos y es probable que esté asociada al Au (Díaz, 1986).

Díaz (1986) distinguió dos tipos de alteración. La primera corresponde a una asociación clorita-calcita-albita-epidota \pm cuarzo, sericita, esfeno y zeolitas, presente en todas las rocas del distrito. La segunda corresponde a una silicificación intensa, acompañada por la alteración de las plagioclasas a adularia y, localmente, alteración cuarzo-sericita. Debido a su estrecha relación espacial con los cuerpos mineralizados, el mencionado autor lo interpreta como producto de fluidos hidrotermales asociados a los procesos de mineralización (Figura 26).

Díaz (1986) analizó datos de inclusiones fluidas de muestras tomadas en superficie (600 - 736 m s.n.m). La temperatura promedio de los yacimientos del distrito es 240,6 °C, con un rango entre 95° - 380°C, y la salinidad promedio es 4,6 % NaCl eq. con un rango entre 4,1 - 5,8 % NaCl eq. Sobre la base de estos datos termométricos existentes de inclusiones fluidas, el mencionado autor calculó una profundidad aproximada para el emplazamiento de la mineralización, la que resultó estar comprendida entre 750 y 950 m bajo la paleosuperficie.

Las leyes de Au en el distrito varían entre 0,1 - 31 ppm, con un promedio de 2,84 ppm; las de Ag varían entre 0,3 - 83 ppm, con un promedio de 17,23 ppm; las de cobre varían entre 0,004 - 2,05 %, con un promedio de 0,31%; las de plomo varían entre 0,03 - 5,93 %, con un promedio de 0,58%; y las de zinc varían entre 0,004 - 13,2 %, con un promedio de 1,6%.

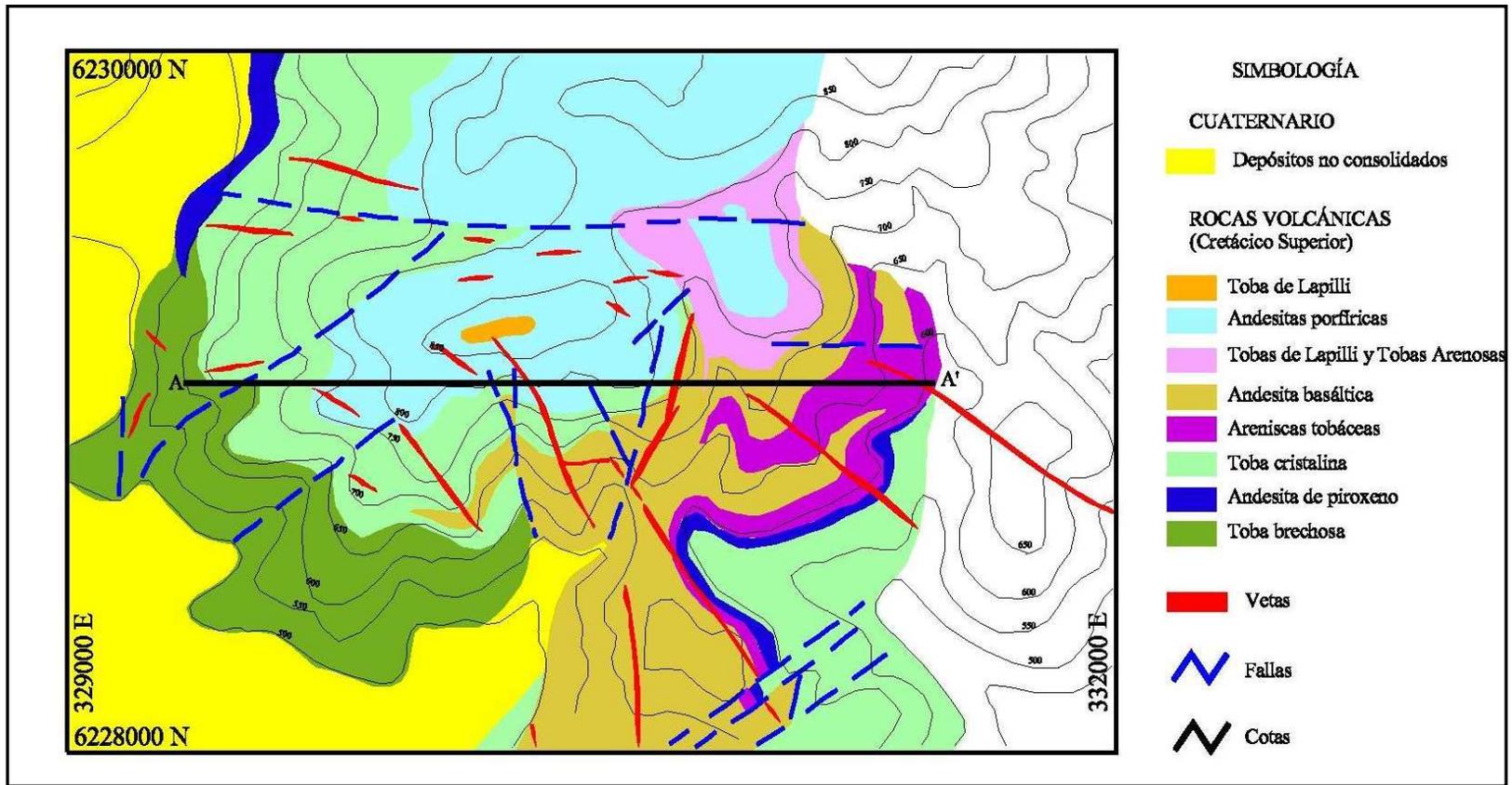


Figura 25.- Mapa geológico sector mina La Leona distrito Chancón. Modificado de Díaz (1986)

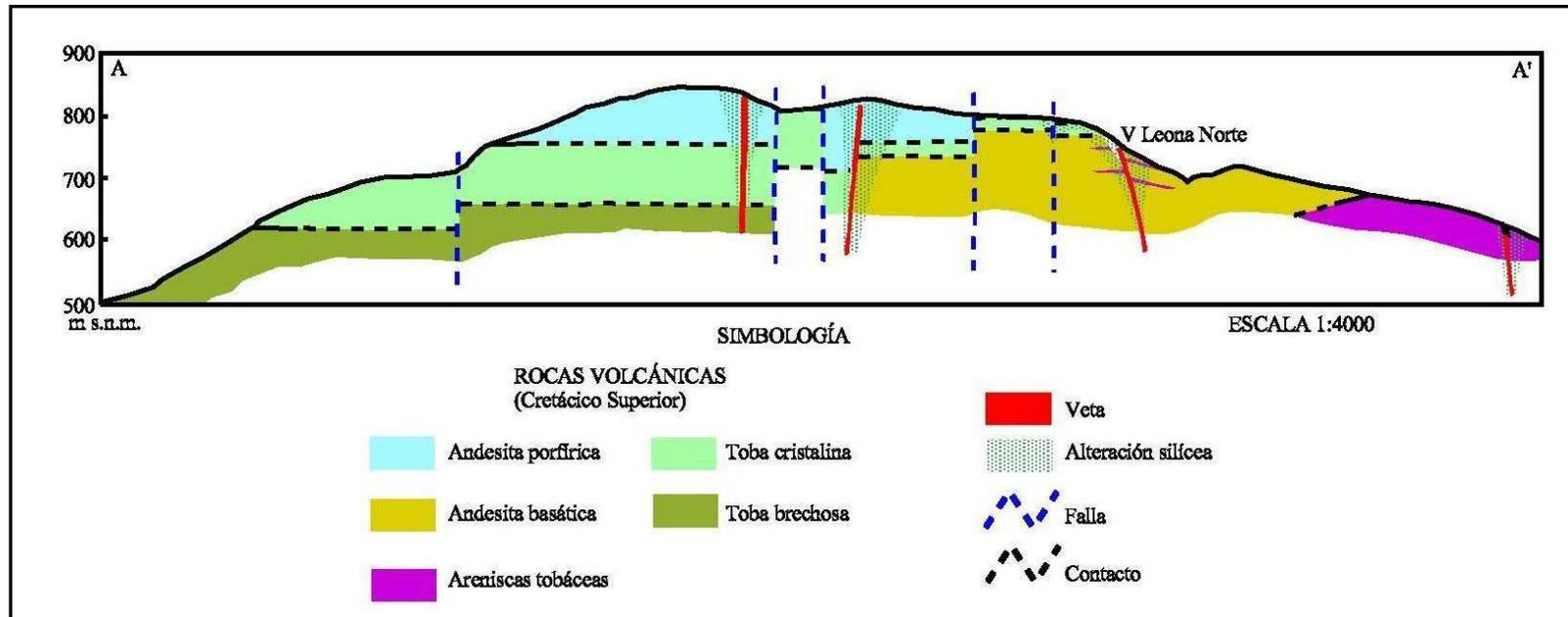


Figura 26.- Perfil esquemático del distrito minero Chancón. Modificado de Díaz, 1986..

6.2.6) Distrito aurífero Las Palmas

El distrito aurífero Las Palmas se ubica a 30 km al nor-oeste de la ciudad de Talca, VII Región (Figura 15), en el borde oriental de la Cordillera de la Costa. En este distrito afloran rocas volcánicas del Jurásico correspondientes a la Formación Alto de Hualmapu (Morel, 1981) que incluyen andesitas, brechas andesíticas y tobas; en disposición homoclinal de rumbo N10°E a N40°E y manteo de 15 ° a 35° al sur-este. Las rocas intrusivas corresponden a cuerpos granodioríticos y filones andesíticos de edad Cretácico Superior (Figura 27), que intruye a las rocas volcánicas generando una franja de alteración hidrotermal y mineralización (Candia, 1994). Con lo anterior, el mencionado autor, deduce una edad Cretácico Superior para la mineralización.

La mineralización se localiza, principalmente, en forma de tres vetas de cuarzo - Au: vetas Valencia, Quillay y Esperanza, las cuales se emplazan por fallas nor-oeste a oeste-este y subverticales (Figura 28), en andesitas, relacionadas al emplazamiento de cuerpos intrusivos del Cretácico Superior. La veta Valencia presenta una longitud de 1500 m, y en ella, intercalado, se observan al menos cinco clavos de mena con largos entre 80 - 150m, con potencias entre 1,5 - 5 m y presencia de bolsonadas de hasta 20 m (veta Quillay), y profundidades de ~250 m (Candia, 1994). La mencionada veta presenta una franja central de bandeamiento fino con mayor contenido de mineralización metálica, y otro más masivo en el margen consistente en cuarzo grueso. El estilo de mineralización corresponde, principalmente, a un relleno de espacios abiertos, y en menor medida brechas hidrotermales (veta Quillay) y diseminación. En niveles profundos la estructura consiste, además de la veta, en un filón andesítico afanítico post mineralización que divide a la veta en dos ramas (Candia, 1994). La veta Esperanza presenta, mayoritariamente, blancos de alta ley de plomo - zinc -cobre y menores leyes de Au.

La mineralogía de las vetas presenta una zona oxidada (zona supérgena alta), de ~35 m de profundidad, consiste en cuarzo bandeado, vetillas de oxidados de cobre, sulfatos de cobre y plomo, vetillas de limonitas.- hematita, pirita diseminada y ocasionalmente clorita, y una zona primaria (zona baja) consistente en cuatro variedades de cuarzo (blanco, translúcido, pardo rosado y rojizo), pirita, esfalerita, galena, calcopirita, especularita y Au nativo. Éste último se presenta muy fino, en forma libre, incluido en cuarzo y pirita: y asociado a pirita, esfalerita y

galena. Entre estas dos zonas existe una zona de transición con presencia de óxidos y sulfuros, por lo tanto, existe una leve zonación vertical (Candia, 1994)

La alteración de la veta Valencia en los niveles altos es silicificación moderada a intensa, sericitización y argilización moderada, y presencia de adularia, y en los niveles más profundos presenta un aumento de la silicificación y alteración propilítica. En la roca de caja es posible observar ampliamente alteración propilítica (clorita - epidota - calcita - pirita - hematita) moderada a intensa, epidotización muy localizada y silicificación moderada a fuerte en especial cercano a vetas. La alteración supérgena se manifiesta como argilización y vetilleo de cuarzo, que se hace más importante cercanos a las vetas (Figura 28; Candia, 1994).

Las leyes de Au de la veta Valencia (Candia, 1994) tienen valores de hasta 100 ppm en zonas de Au fino, con una ley media de 6 ppm y fluctuaciones entre 1 - 10 ppm, y las leyes de Ag fluctúan entre 24,3 - 31,2 ppm con una ley media de 26 ppm, ambos presentan disminución en las concentraciones hacia niveles más profundos. La mineralización de cobre es uniformemente baja, y localmente se encuentran bolsonadas de calcopirita. La ley media de (Cu + Pb + Zn) es de 1,5%

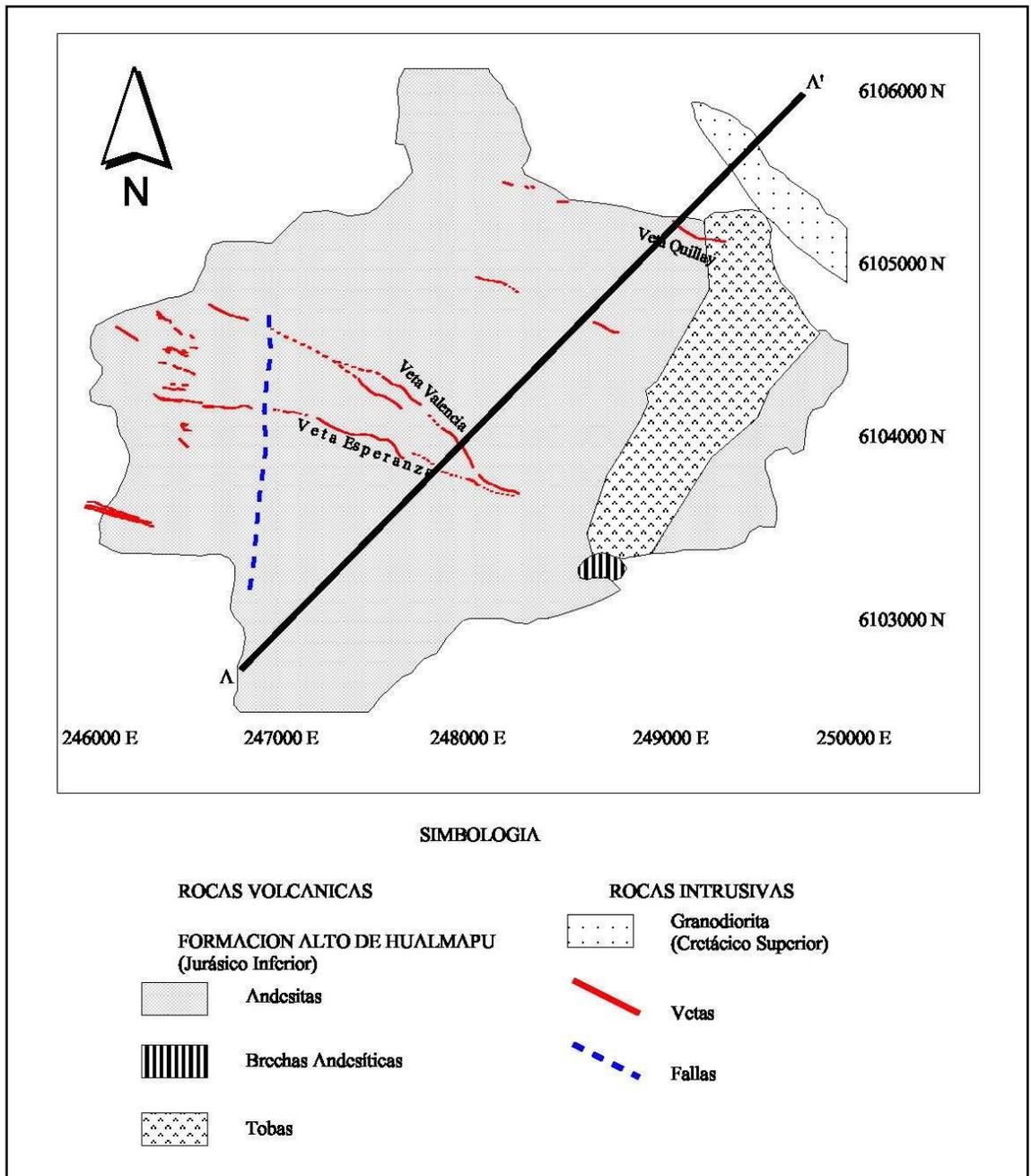


Figura 27.- Mapa geológico simplificado del distrito aurífero Las Palmas, modificado de Candia (1994).

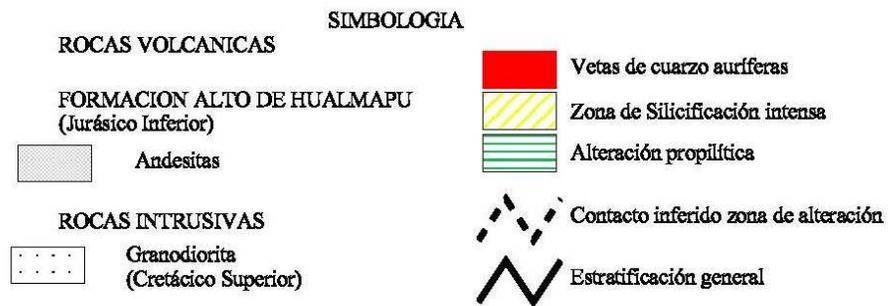
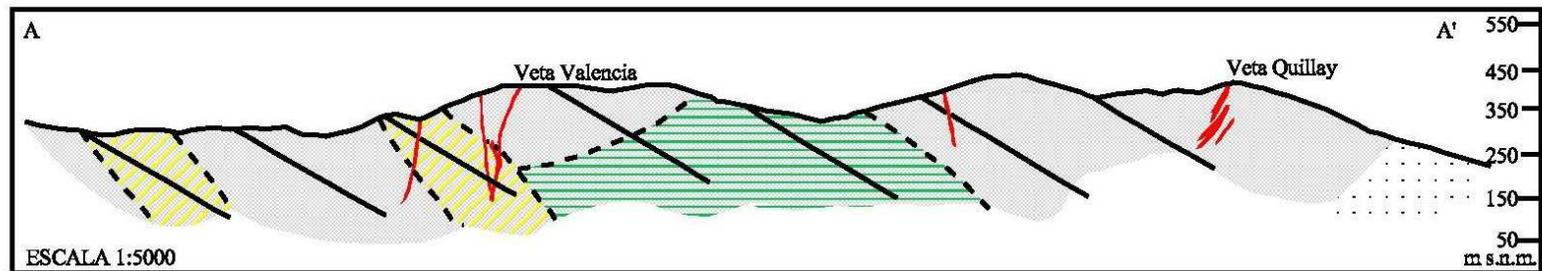


Figura 28.- Perfil generalizado del distrito aurífero Las Palmas. Modificado de Candia, 1994.

Tabla 12. Comparación de las principales características de los depósitos descritos pertenecientes a la Franja Metalogénica Au – Ag Cretácico Superior en Chile Central. (S/D: sin dato).

DEPÓSITO	UBICACIÓN	ESTILO DE MINERALIZACIÓN	ROCA DE CAJA	MINERALOGÍA METÁLICA	RANGOS DE LEYES	ALTERACIÓN HIDROTHERMAL HIPÓGENA	INCLUSIONES FLUIDAS	EDAD MINERLIZACIÓN	REFERENCIA PRINCIPAL
EL BRONCE DE PETORCA	150 km al sur de Santiago	Veta, brecha hidrotermal, stockwork, masiva y disseminación.	Tobas y lavas andesíticas; stocks y diques intermedios.	Pirita, esfalerita, calcopirita, galena, tetrahedrita-tenantita, menor baritina. Au y Ag.	Au: 1-20 ppm Ag: 2-20 ppm; Cu: ~0,3 %	Cuarzo + sericita ± argílica ± carbonatos - propilítica	T[°C]=235-270 %NaCl eq= 4-7 Ebullición	79 ± 3 Ma (K-Ar en sericita de andesita hospedante)	Camus et al.1991
CERRO CANTILLANA	45 km al sur de Melipilla	Veta silíceo	Tonalita	Pirita, calcopirita. Au y Ag.	Au:0,05-3,4 ppm; Ag: 1 - 26 ppm	Cuarzo + sericita ± clorita ± esmectitas ± epidota	T[°C]=217-295 %NaCl eq=S/D Ebullición	88 ± 4 Ma (K-Ar en roca total con alteración sericita)	Fuentealba, 2002
LAS BELLAS/DON BERNARDO	100 km al suroeste de Santiago	Vetas, brecha hidrotermal, sheeted-veins y stockwork en dique de pórfido félsico	Lavas dacíticas e Intrusivo de grano grueso	Pirita, calcopirita, covelina, bornita, calcosina, galena. Au y Ag.	Au 0,5-7823 ppb; Ag: 0,5-271 ppm; Cu: 5- 1432 ppm; Mo: 1 - 472ppm; Pb: 18-5827 ppm; Zn: 23-2050 ppm.	Cuarzo + sericita ± propilítica (clorita, epidota, calcita, albita) ± biotización	T[°C]=S/D %NaCl eq= S/D	Cretácico Superior por relaciones de contacto.	Esta memoria.
ALHUE	75 km al suroeste de Santiago.	Vetas, brecha hidrotermal, stockwork y disseminación.	Tobas, brechas y lavas andesíticas y Monzogranito	Pirita, blenda, galena, calcopirita. Au y Ag.	Au: 1,5 - 12 ppm; Ag: 6 - 100 ppm; Zn: 0,1 - 1,81%	Cuarzo + adularia + epidota ± clorita ± actinolita - esmectita - calcita - caolinita y silicificación.	T[°C]=258 %NaCl eq= 4	86 - 82 Ma (⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar en adularia de veta Maqui)	Cotton et al., 1999
CHANCÓN	15 km al noroeste de Rancagua.	Vetas cuarcíferas y rellenos de espacios abiertos.	Secuencia de lavas andesíticas y tobas	Pirita, blenda, calcopirita, arsenopirita, galena, Au y Ag.	Au: 0,1 - 31 ppm; Ag: 0,3 - 83 ppm; Cu:0,004-2,05 %; Pb: 0,03 - 5,93 %; Zn:0,004-13,2 %.	Clorita + calcita + albita ± epidota ± cuarzo ± sericita y silicificación.	T[°C]=240,6 NaCl eq= 4,6	83 ± 2 Ma (K-Ar en biotita de Monzogranito hospedante de vetas)	Díaz 1986
LAS PALMAS	30 al noroeste de Talca.	Vetas cuarcíferas.	Secuencia de andesitas, brechas andesíticas y tobas.	Pirita, esfalerita, galena, calcopirita, especularita. Au y Ag. Además en zonas altas: vetillas de oxidados de cobre y sulfatos de cobre y plomo.	Au: 1 - 10 ppm; Ag: 24,3 - 31,2 ppm; (Cu+Pb+Zn): 1,5%	Silicificación + propilítica + argílica ± sericita ± adularia.	T[°C]=S/D %NaCl eq= S/D	Cretácico Superior por relaciones de contacto.	Candia, 1994.

6.3) Modelo generalizado de depósito de la franja

Para verificar la profundidad bajo la paleotabla de agua a la cual ocurrió ebullición durante condiciones de presión hidrostática se utilizó el diagrama de Haas (1971) (Figura 29). Las temperaturas consideradas para cada yacimiento o distrito son las que se indican en la Tabla 12, y en el caso de la existencia de un rango de temperatura se tomó el valor medio entre los extremos del rango.

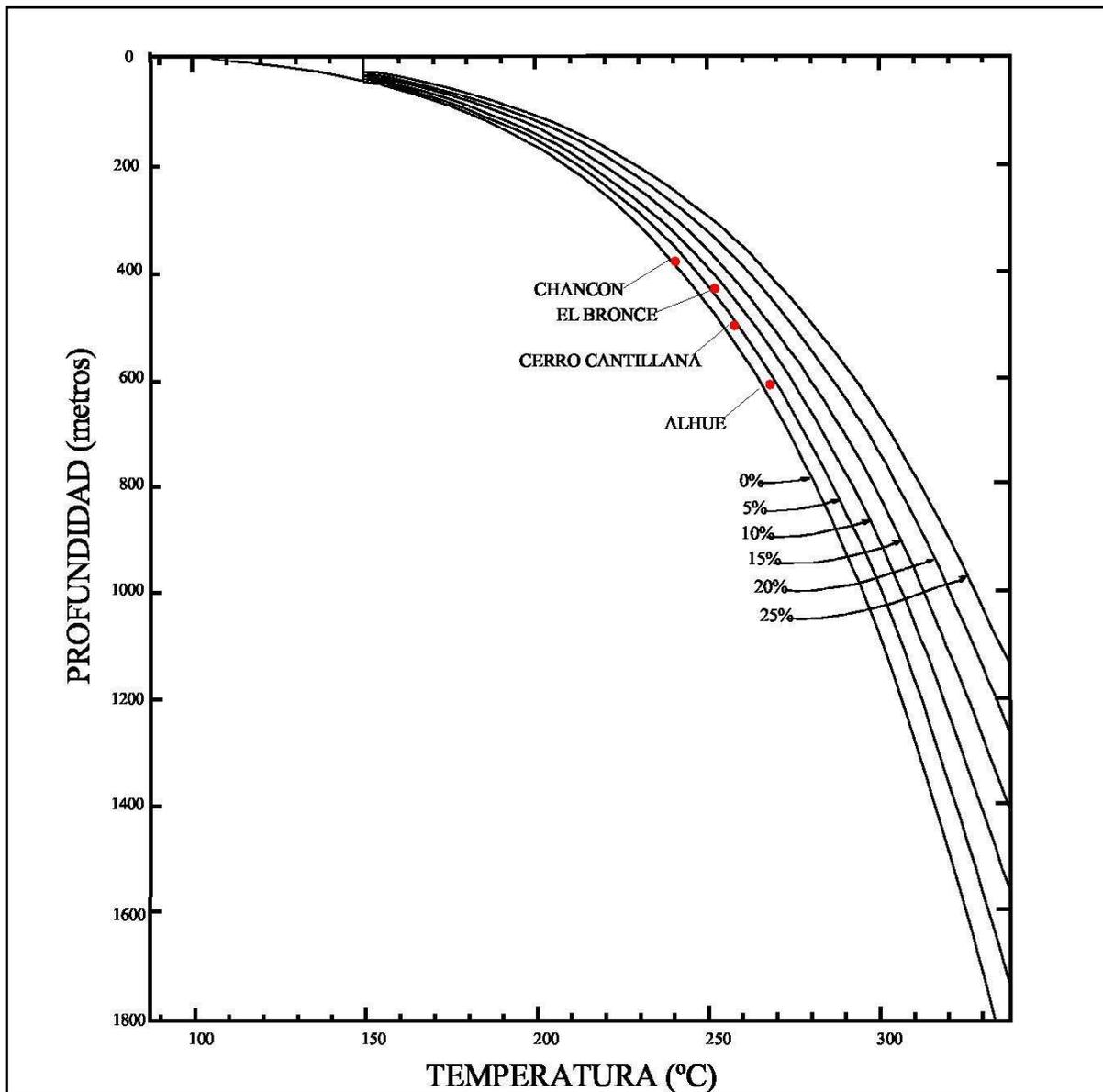


Figura 29.- Gráfico Temperatura v/s Profundidad para los depósitos del Cretácico Superior estudiados, en donde las curvas representan los puntos de ebullición para H₂O líquida (0 % en peso) y para salmueras de composición constante en % en peso de NaCl. La temperatura a los 0 metros de cada curva es el punto de ebullición para el líquido a 1.0 atm, que es equivalente a la presión atmosférica a nivel del mar. (Tomado y modificado de Haas, 1971).

De los datos ploteados en la Figura 29, entonces, se desprende que para el distrito minero Chancón ocurrió ebullición de los fluidos hidrotermales mineralizadores a una profundidad de ~330 m bajo la paleotabla de agua. A pesar que en el trabajo de Díaz (1986) no se indica si las inclusiones fluidas estudiadas presentan indicios de ebullición, en esta memoria supondremos que ocurre. En el distrito El Bronce de Petorca ocurre ebullición de los fluidos a una profundidad de ~420 m bajo la paleotabla de agua, esto a pesar que bajo este nivel es donde se encuentran las leyes económicas de Au, y las razones vapor/líquido son constantemente bajas (inferiores al 20%) y no se observan inclusiones ricas en vapor (Skewes y Camus, 1988). En el sector de la veta de Cerro Cantillana, las inclusiones presentan evidencias de ebullición y debido a la cercanía espacial con el distrito minero Alhué supondremos las mismas salinidades que para Alhué, entonces con esto, la profundidad a la cual ocurre ebullición en la veta de Cerro Cantillana se estima en ~500 m bajo la paleotabla de agua.. Finalmente, para el distrito minero Alhué se supondrá ebullición debido a la cercanía con la veta Cerro Cantillana, y la profundidad bajo la paleotabla estimada de ebullición ocurrió a ~620 m.

En los prospectos Las Bellas/Don Bernardo no se obtuvieron datos de inclusiones fluidas, por lo tanto para estimar la profundidad de ebullición se comparó con el distrito minero Alhué debido a sus similares características geológicas y geográficas, y posible correlación de edades. Además que la presencia de brecha hidrotermal, sobre todo observable en el prospecto Las Bellas, es un indicador de la ocurrencia de ebullición a estos niveles. Por lo tanto, se estimó una profundidad de ~1100 m bajo la paleotabla de agua, debido al criterio de diferencia de cota entre el prospecto Las Bellas y el distrito minero Alhué.

En la Figura 30 se observa un modelo de depósito generalizado para los yacimientos y prospectos pertenecientes a la Franja Polimetálica vetiforme polimetálica rica en Au y Ag del Cretácico Superior en Chile Central.

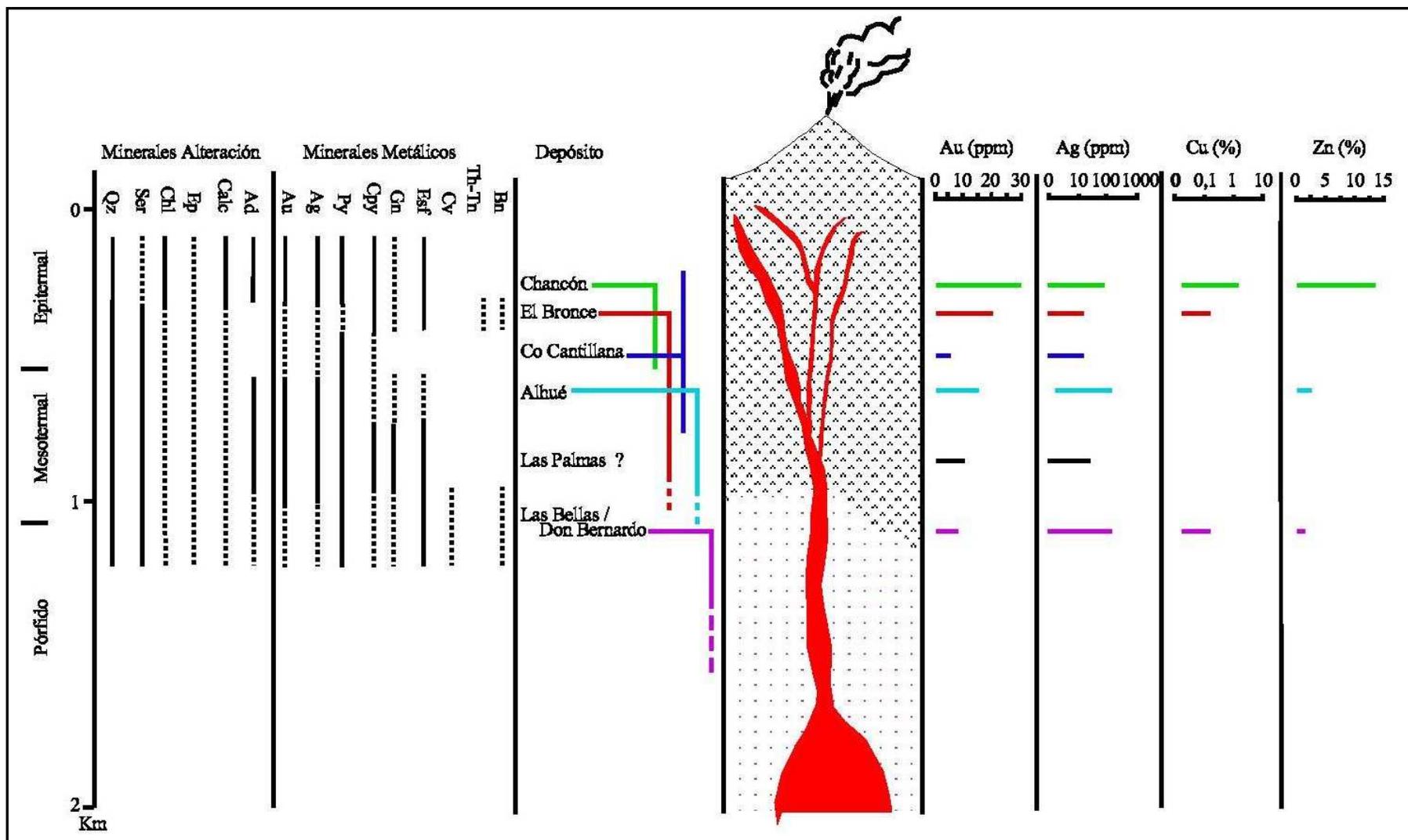


Figura 30.- Modelo generalizado de depósito para la franja vetiforme polimetálica rica en Au y Ag del Cretácico Superior, en donde se muestra la mineralogía de mena y alteración, el rango de profundidad que puede alcanzar el depósito y los rangos de leyes. Qz: Cuarzo; Ser: Sericita; Chl: Clorita; Ep: Epidota; Calc: Calcita; Ad: Adularia; Au: Oro; Ag: Plata; Py: Pirita; Cpy: Calcopirita; Gn: Galena; Esf: Esfalerita; Cv: Covelina; Th-Tn: Tetrahedrita - Tenantita; Bn: Bornita. Línea continua significa abundancia moderado a fuerte y línea segmentada significa abundancia leve a moderada.

7) CONCLUSIONES

Los prospectos Las Bellas y Don Bernardo presentan mineralización vetiforme polimetálica rica en Au y Ag, cuya mineralogía hipógena consiste en la asociación cuarzo - pirita - esfalerita - calcopirita - galena - Au y los minerales de alteración corresponden a cuarzo + sericita ± clorita ± calcita - epidota - adularia, que según la definición de Heald et al. (1987) correspondería a un depósito epitermal del tipo adularia-sericita.

Las muestras en superficie de roca tipo *chip sampling*, además de mostrar concentraciones anómalas de Au y Ag, muestran altas concentraciones de metales base (Cu - Mo - Pb - Zn), indicando que los prospectos Las Bellas y Don Bernardo corresponden a un depósito de mayor profundidad que un epitermal. Esto, sumado a los tipos y estilos de mineralización (vetas, brechas hidrotermales, stockwork, sheeted-veins y disseminación), la litología (contacto entre volcanitas e intrusivos) y la presencia de diques de pórfido mineralizados, confirman en estos dos prospectos un ambiente de transición mesotermal - pórfido en ambiente de ebullición (brechas hidrotermales).

Para las muestras tipo *stream sediments* tomadas en el prospecto Don Bernardo se definieron poblaciones de concentraciones anómalas positivas y *background*, de esto se deduce que en dicho prospecto dado que el 90,91% de las muestras entregan valores anómalos positivos y positivos altos, existirían diques de pórfido félsico 'ocultos' bajo la vegetación. Además se demuestra que este tipo de muestreo de exploración es útil para encontrar potenciales depósitos bajo cubierta.

La edad de la mineralización se asigna al Cretácico Superior, debido a que la Unidad de Rocas Volcánicas se correlaciona con la Formación Lo Valle de la misma edad, y la Unidad de Rocas Intrusivas se correlaciona con granitoides datados por Wall et al. (1996) y Fuentealba (2002) que entregaron edades correspondientes al Cretácico Superior. Además, las zonas de alteración hidrotermal están íntimamente ligadas a las intrusiones de la Unidad de Rocas Intrusivas en este sector.

La alteración supérgena presente en la zona, de al menos 4 m de profundidad, consistente en boxwork regulares algunos rellenos de jarosita y/o limonitas, hematita, goethita, provocan una extensa coloración rojiza a las rocas y regolito sobre sectores potencialmente mineralizados, que puede ser utilizado como una guía de exploración de mineralización en esta zona. Además este tipo de alteración está controlada por las estructuras presentes y la permeabilidad, ya que se observa la mineralogía antes mencionada y argilización preferentemente en estructuras (vetas, stockwork, sheeted-veins) y también en la matriz de la brecha hidrotermal.

La mineralización de Au en estos prospectos, al no ser observable fácilmente en cortes pulidos, se infiere asociado y/o encapsulado en sulfuros de metales base, principalmente en piritita y calcopiritita, y en menor medida en cuarzo. Esto se deduce debido a lo anteriormente mencionado y porque además en el distrito minero Alhué (Araya, 2001) y en Cerro Cantillana (Fuentealba, 2002) se encuentra de esta manera y dado la cercanía, lo más probable es que sea la manera de presentarse.

En los prospectos Las Bellas y Don Bernardo afloran un enjambre de estructuras mineralizadas, que están emplazadas en granitoides y rocas volcánicas del Cretácico Superior, éstas últimas comparables con aquellas presentes como rocas de caja en el distrito minero Alhué. Las estructuras mineralizadas afloran en Las Bellas y Don Bernardo entre las cotas 200 - 700 m s.n.m; y en Alhué entre los 700 - 1200 m s.n.m. En los prospectos en estudio, las estructuras mineralizadas consisten en diques de pórfido brechizado, vetas, brechas hidrotermales, sheeted-veins, stockwork y disseminación, relacionado a alteración cuarzo - sericita con mineralización polimetálica rica en metales preciosos (Au + Ag). La diferencia de cota y las características de las estructuras mineralizadas en ambas áreas indica que el nivel estructural expuesto en Las Bellas y Don Bernardo es más profundo que en los yacimientos de Alhué. Sin embargo, tanto los yacimientos de Alhué como los prospectos en estudio pertenecen a un similar metalotecto.

Al igual que los prospectos Las Bellas y Don Bernardo y el distrito minero Alhué existen otros depósitos vetiformes polimetálicos ricos en Au y Ag que se encuentran emplazados en rocas volcánicas de edad Jurásico - Cretácico y granitoides pertenecientes al Cretácico Superior, además con edad de mineralización Cretácica Superior. Dichos depósitos corresponden, de norte a sur, a: El Bronce de Petorca (V Región), veta Cerro Cantillana, prospectos Las Bellas / Don Bernardo, Distrito Minero Alhué (todos los anteriores en la Región Metropolitana), Distrito

Minero Chancón (VI Región) y Distrito Aurífero Las Palmas (VII Región). Todos estos depósitos debido a su similar marco geológico, es decir, rocas volcánicas del Jurásico - Cretácico intruida por granitoides del Cretácico Superior, edad Cretácico Superior para la mineralización, similar estilos de mineralización tales como vetas, brechas hidrotermales, stockwork, sheeted-veins, masivo, diseminado; con mineralización de pirita, calcopirita, esfalerita, galena, óxidos de manganeso y menor carbonatos, tenantita-tetrahedrita, baritina, además de Au y Ag, en donde el Au se presenta como electrum, libre y asociado y/o encapsulado en sulfuros. Todo lo anterior asociado a una alteración cuarzo - sericita - propilítica, definen una Franja Vetiforme Polimetálica en transición epitermal - mesotermal rica en Au y Ag del Cretácico Superior de Chile Central.

REFERENCIAS

Ahrens, L.H. 1954a. The lognormal distribution of the elements (A fundamental law of geochemistry). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 5, pp. 49-73.

Agnerian, H; Pearson, J.L. 2006. Technical Report on the Alhué Gold Project, Chile. Prepared for Meridian Gold. Scott Wilson Roscoe Postle Associates Inc. NI 43-101 Report.

Araya, M. 2001. Informe Geológico y Evaluación de Recursos. Distrito Minero Alhué. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile. 39 p.

Camus, F; Skewes, A.M; Boric, R. 1986. El distrito de oro El Bronce y su relación con la caldera Morro Hediondo, Region de Valparaiso, Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. 28-29, pp. 95-101.

Camus, F; Boric, R; Skewes, M.A; Castelli, J.C; Reichhard, E; Mestre, A. 1991. Geologic, Structural, and Fluid Inclusion Studies of El Bronce Epitermal Vein System, Petorca, Central Chile. *Economic Geology*. Vol. 86, pp. 1317-1345.

Candia, W. 1994. Estudio geológico del distrito aurífero Las Palmas, con énfasis en la veta Valencia, VII Región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile. 84 p.

Cotton, W. 1998. Geology and Ore Deposits of the Maqui Vein, Alhué Mining District, Coast Range of Central Chile. Master Thesis. University of Colorado and Duke University. Department of Geological Sciences, USA.

Cotton, W. B. III; Atkinson, W. W. Jr; Sharaky, A. M. 1999. Geology and ore deposits of the Maqui vein, Alhué mining district, Coast Range of Central Chile. Geological Society of America, Annual Meeting, Denver, Colorado, USA, Abstract 52241

Diaz, S. 1986. Geología Económica y Prospección Geoquímica del área de la Mina La Leona, distrito minero Chancón, VI Región. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile. 196 p.

Fuentealba C. 2002. Geología y Mineralización de Oro en el Distrito Minero de Alhué, Cordillera de la Costa de Chile Central. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile. 96 p.

Haas, J.L.Jr. 1971. The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hidrotermal System at Hydrostatic Pressure. Economic Geology. Vol. 66, pp.940-946.

Hauser, A. 1990. Carta Hidrogeológica de Chile, Hoja Rancagua, VI Región. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Heald, P; Foley, N.K; Hayba, D.O. 1987. Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted Epitermal Deposits: Acid-Sulfate and Adularia-Sericite Types. Economic Geology. Vol. 82, pp. 1-26.

Hervé, F; Munizaga, F; Parada, M.A; Brook, M; Pankhurst, R; Snelling, N; Drake, R. 1988. Granitoids of the Coast Range of Central Chile: Geochronology and geological setting. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 1, No 2, pp. 185-194.

Lepeltier, C. 1969. A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. Economic Geology. Vol 64, pp. 538-550.

MOP (Ministerio de Obras Públicas). 2006. Red vial nacional: dimensionamiento y características. Gobierno de Chile, Dirección de Vialidad, Subdirección de desarrollo, Departamento de Gestión Vial. 162 p.

Morel, R. 1981. Geología del sector norte de la Hoja Gualleco entre los 35°00' y 35°10' de latitud sur, provincia de Talca, VII región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile. 149 p.

Nasi, C; Thiele, R. 1982. Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sur del río Maipo, entre Melipilla y Laguna de Aculeo (Chile Central). Revista Geológica de Chile. N° 16, pp. 81-99.

Rivano, S; Sepúlveda, P; Hervé, M; Puig, A. 1985. Geocronología K-Ar entre los 31° - 32° latitud sur, Chile. Revista Geológica de Chile. No 24, pp. 63-74.

Rivano, S; Sepúlveda, P; Boris, R; Espiñeira, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo, V Región. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile No 73.

Sernageomin, 2003. Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Publicación Geológica Digital. No 4.

Skewes, M.A; Camus F. 1988. Inclusiones fluidas y mecanismos de precipitación de metales preciosos en el yacimiento epitermal El Bronce de Petorca. Revista Geológica de Chile. Vol. 15, pp. 31-39.

Townley, B.K; Maksaev, V; Palacios, C; Lahsen, A; Parada, M.A. 2000. Base and precious metals geochemistry of rock units of the mainland Aysén region, Chilean Patagonia. Journal of Geochemical Exploration. Vol 68, pp. 21-46.

Wall, R; Gana, P; Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del área de San Antonio-Melipilla. Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. Escala 1:100.000. Subdirección Nacional de Geología, Sernageomin.

ANEXO 1: DESCRIPCIONES DE CORTES TRANSPARENTES

Muestra II.A.5: Dacita. La roca presenta textura porfírica, hipocristalina, hipidiomórfica. Los fenocristales (50%) corresponden a: cuarzo (30%) anhedrales, tamaño fino a medio y fracturados; plagioclasa (60%) anhedrales a subhedrales, tamaño fino a medio; feldespato potásico (5%) anhedrales, tamaño fino a medio; clorita-epidota (5%) anhedrales, tamaño fino; y opacos de tamaño fino con halos oxidados de color rojizo. La masa fundamental está compuesta por microlitos de plagioclasa, cuarzo, y boxwork regulares (probablemente piritita). La alteración presente corresponde a propilítica y sericítica moderada principalmente afectando a plagioclasa, feldespato potásico y masa fundamental, y argílica moderada en plagioclasa y masa fundamental. Las estructuras corresponden a vetillas de ~0,1 mm de óxidos de hierro y de clorita-epidota rellenando fracturas de cuarzo.

Muestra I.A.2: Cuarzo-traquita. La roca presenta textura porfírica, hipocristalina, hipidiomórfica. Los fenocristales (40%) corresponden a: cuarzo (5%) anhedrales, tamaño fino y fracturados; plagioclasa (25%) anhedrales, tamaño fino a medio, fracturadas; feldespato potásico (50%) subhedrales a anhedrales, tamaño fino a medio; y opacos y boxwork regulares (probablemente de piritita) (20%). La masa fundamental está compuesta por microlitos de plagioclasa, cuarzo y boxwork regulares (probablemente de piritita). La alteración presente corresponde a cuarzo-sericítica ± propilítica moderada en plagioclasas y masa fundamental, e intensa en feldespatos potásico. Las estructuras corresponden a vetillas de cuarzo-sericita de 0,3-0,7 mm de espesor, y de clorita-epidota de 0,1 mm de espesor.

Muestra II.B.4.b: Tonalita. La roca presenta textura fanerítica de grano medio, holocristalina, alotromórfica, equigranular. Los cristales corresponden a: cuarzo (60%), anhedrales, fracturados; plagioclasa (40%) subhedrales. La alteración presente corresponde a cuarzo-sericita ± clorita moderada a intensa en plagioclasa y en fracturas de cuarzo y argílica incipiente en plagioclasa. No se observan estructuras.

Muestra A.I.1: Pórfido félsico. La roca presenta textura holocristalina, fanerítica de grano fino a medio, alotromórfica, inequigranular. Los cristales corresponden a cuarzo (80%) anhedral de 0,3-1,5 mm, fracturado; opacos y boxwork regulares (probablemente de piritita) (20%) de tamaño fino.

La alteración corresponde a cuarzo-sericita moderada a intensa y se presenta como halos de estructuras. Las estructuras corresponden a vetillas de hematita de 1,5-2 mm de espesor.

Muestra II.A.4: Brecha hidrotermal. La roca presenta textura holocristalina. Los fragmentos (60%) corresponden a pórfido félsico angulosos de ~1 mm. La matriz esta compuesta por: cuarzo (80%) anhedrales, de 0,5-2 mm, fracturados; opacos y boxwork regulares (probablemente pirita) (15%) de tamaño 1 mm; y hematita (5%) diseminada de tamaño <0,1 mm. Presenta alteración cuarzo-sericita moderada a intensa asociado a fragmentos y como halos de estructuras. Las estructuras corresponden a vetillas de cuarzo-hematita de 1,5-2 mm de espesor.

Muestra II.B.9: Brecha hidrotermal. La roca presenta textura holocristalina. Los fragmentos (40%) corresponden a pórfido félsico de 1,5 mm. La matriz está compuesta por: cuarzo (75%) subhedrales a euhedrales, grano grueso; hematita-jarosita (15%), 1-1,5 mm; y opacos y boxwork regulares (probable pirita) (10%) de tamaño ~0,5 mm. Presenta alteración cuarzo-sericita ± clorita moderada a intensa asociada a fragmentos y como halos de estructuras. Las estructuras corresponden a vetilla de cuarzo-hematita-jarosita-opacos-boxwork regulares (probable pirita) de 15 mm de espesor.

Muestra I.B.4: Brecha hidrotermal. La roca presenta textura holocristalina. Los fragmentos (80%) corresponden a pórfido félsico de 2 mm. La matriz esta compuesta por: cuarzo (80%) anhedrales a subhedrales, de 0,3-1,5 mm; hematita (10%) <0,3 mm; y opacos y boxwork regulares (probable pirita) (10%) <0,3 mm. Presenta alteración cuarzo-sericita moderada a inetensa en fragmentos de pórfido y como halos de estructuras. Las estructuras corresponden a stockwork de hematita-boxwork regulares (probable pirita) y vetillas de cuarzo-hematita-opacos-boxwork regulares (probable pirita) de ~2 mm de espesor.

Muestra B.II.8.a: Brecha hidrotermal. La roca presenta textura holocristalina. Los fragmentos (70%) corresponden a fragmentos de pórfido félsico de 2-3 mm y a masa fundamental de roca volcánica de 1 mm. La matriz está compuesta por: cuarzo (75%) anhedral a subhedral, de 0,3-1 mm; hematita (15%) <0,3 m; y opacos y boxwork regulares (probable pirita) (10%) de 0,3-1 mm. Presenta alteración cuarzo-sericita moderada a intensa en fragmentos y como halos de estructuras. Las estructuras corresponden a vetillas de cuarzo-hematita-opacos de 1,5-2 mm de espesor.