

Transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel de Kupfertal. Distrito minero de Yanacocha, Cajamarca, Perú

TESIS Para optar el título profesional de: INGENIERO GEÓLOGICO

AUTOR:

Rita Magali Pinto Ames

LIMA – PERÚ 2002

DEDICATORIA :

Dedicado a las personas que más quiero

Mis padres

Águeda y Freddy

A ellos todo mi amor y gratitud

Por siempre

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la COMPAÑÍA MINERA YANACocha S.R.L. por haberme permitido desarrollar y presentar este trabajo de tesis para poder optar el título de Ingeniero Geólogo:

“TRANSICIÓN DE UN SISTEMA DE ALTA SULFURACION A UN SISTEMA PORFIRITICO DE ALTO NIVEL EN KUPFERTAL – DISTRITO MINERO DE YANACocha CAJAMARCA – PERU”

Asimismo quiero agradecer especialmente al Director del Departamento de Geología de Minera Yanacocha S.R.L. Bruce Harvey por brindarme las facilidades necesarias para llevar a cabo este trabajo. Asimismo expreso mi agradecimiento a Cindy Williams Gerente de Exploraciones de Minera Yanacocha S.R.L, y a Lewis Teal Jefe de Geólogos, a todos ellos les debo mi reconocimiento y gratitud por las enseñanzas y orientaciones en el trabajo geológico.

También quiero expresar mi agradecimiento a Stanley Myers quien fue Gerente de Exploraciones de Newmont – Yanacocha, por las enseñanzas brindadas.

Dejo mi reconocimiento a Thomas Klein, geólogo con quien trabaje durante el inicio de este proyecto, así como también a Mark Goldie, Percy Guerreros, Peter Mitchell, José Trujillo, Carl Schnell, Cecilia Ventocilla, Doris Dávalos, Miguel Rutti, Peter Rogowsky, Ricardo Pachas, Denis Chonon y a todo el personal de Geología de Exploraciones, quienes de alguna manera han contribuido en la realización de este trabajo de Tesis.

Un agradecimiento especial al Dr. Cesar Vidal, Gerente de Exploraciones de Buenaventura, por las enseñanzas y sugerencias durante el desarrollo de este trabajo.

En la Universidad agradecimientos especiales por las sugerencias a este trabajo a mi Asesor de Tesis, el Ing. Orlando Orbegoza, asimismo a los catedráticos: Dr. Nestor Chacon y Jaime Zegarra.

RESUMEN

El Distrito Minero de Yanacocha esta ubicado a 20 km al norte de la ciudad de Cajamarca. Este distrito constituye un gran conjunto de sistemas tipo ácido-sulfato, desarrollado dentro de un vulcanismo de composición andesítica a dacítica de edad Mioceno emplazadas en la Formación Porculla del Grupo Calipuy.

El prospecto Kupfertal está ubicado en la parte central del distrito minero, donde se presentan las típicas alteraciones de un sistema porfirítico Cu-Au, emplazado debajo de un sistema de ácido sulfato.

Aparentemente existe una relación genética entre el sistema porfirítico en Kupfertal con los depósitos epitermales que están sobreyaciendo a este pórfido Cu-Au, se ha reconocido texturas peculiares en la transición de un ambiente epitermal a uno porfirítico en el área de Kupfertal; aparentemente en el tope de este sistema se ha desarrollado la textura gusano "patchy" la cual esta presente dentro de una alteración argílica avanzada, y que luego tiene una aparente gradación a venillas tipo "pseudo A"(wormy), las cuales también gradan en profundidad a las típicas venillas tipo "A".

Este pórfido de Cu-Au se habría emplazado debajo de secuencias volcánicas, las cuales han sido afectadas por un fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork, esta relacionado a un fuerte control estructural N55°E y N60°W, lo cual hizo de esta una zona con debilidad estructural, ideal para el emplazamiento de cuerpos intrusivos.

Asimismo existe una clara gradación de alteración y mineralogía en profundidad típicos de un sistema porfirítico Cu-Au, el zoneamiento es vertical y se incrementa hacia el oeste de esta área, asimismo hay una fuerte sobreimposición de alteración de un ambiente típico de alta sulfuración sobre una temprana alteración potásica.

También cabe señalar que el área tiene patrones geofísicos como magnetismo moderado a alto, cargabilidad alta, que se correlacionan con altos contenidos de sulfuros principalmente pirita.

De otra manera existen patrones geoquímicos con buena distribución en superficie como lo demuestra principalmente el molibdeno, el cual está formando un aparente anillo que coincidentemente está limitado y rodeado por los depósitos de oro tipo ácido sulfatos conocidos en el distrito como: San José, Yanacocha, Carachugo, El Tapado.

V

**TRANSICIÓN DE UN SISTEMA DE ALTA SULFURACION A
UN SISTEMA PORFIRITICO DE ALTO NIVEL EN
KUPFERTAL
DISTRITO MINERO DE YANACOA , CAJAMARCA,
PERU**

INDICE

I- GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

1.2 OBJETIVOS

1.3 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

1.5 ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

1.6 ANTECEDENTES

1.6.1 Periodo pre-hispánico y Colonial

1.6.2 Exploración Moderna

II- GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

2.2 SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

2.2.1 Rocas Sedimentarias

Basamento Cretácico

2.2.2 Rocas Volcánicas del Terciario

Volcánicos Llama

Volcánicos Porculla- Volcánicos Yanacocha

Volcánicos Huambo

III- GEOLOGÍA DISTRITAL

- 3.1 AMBIENTE GEOLÓGICO**
- 3.2 TIPOS DE YACIMIENTOS**
- 3.3 CONTROLES DE MINERALIZACION**
- 3.4 ALTERACIONES HIDROTERMALES**

IV- PROSPECTO KUPFERTAL

4.1 ANTECEDENTES

- 4.1.1 Geofísica**
- 4.1.2 Geoquímica**
- 4.1.3 Perforación**

4.2 RASGOS GEOLÓGICOS DEL YACIMIENTO

4.3 LITOLOGIA

- 4.3.1 Volcánicos**
- 4.3.2 Intrusivos**
- 4.3.3 Brechas**
- 4.3.4 Rocas Sedimentarias**

4.4 RASGOS ESTRUCTURALES

4.5 ALTERACIONES HIDROTERMALES

- 4.5.1 Silicificación**
- 4.5.2 Argílica Avanzada**
- 4.5.3 Propilítica**
- 4.5.4 Argílica**
- 4.5.5 Filica**
- 4.5.6 Argílica Intermedia**
- 4.5.7 Potásica**

4.6 TEXTURA GUSANO Y SU RELACION CON UN SISTEMA

PORFIRITICO

4.7 TIPOS DE VENILLAS

4.7.1 Venillas “pseudo A”

4.7.2 Venillas “A” y “AF”

4.7.3 Venillas “KB”

4.7.4 Venillas “D”

4.8 GRADACION DE TEXTURA GUSANO – VENILLAS “PSEUDO A”(wormy) y VENILLAS TIPO “A”

4.9 MINERALIZACION

4.9.1 Mineralogía

4.9.2 Paragenesis

4.10 GEOFISICA

4.11 GEOQUIMICA

4.11.1 Superficie y Taladros

4.12 PERFORACION

4.13 SECCIONES GEOLÓGICAS

V- SÍNTESIS GEOECONÓMICA

5.1 MODELO GEOLÓGICO

5.2 EVOLUCION GEOLOGICA

VI- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

6.2 RECOMENDACIONES

VII- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Plano de ubicación del Distrito Minero de Yanacocha en el Perú.
Figura 2 Mapa de ubicación del Prospecto Kupfertal.
Figura 3 Plano Geológico Regional.
Figura 4 Secuencia Estratigráfica.
Figura 5 Mapa Geológico Generalizado de Yanacocha.
Figura 6 Mapa Geológico del Prospecto Kupfertal.
Figura 7 Mapa de Alteración en Superficie.
Figura 8 Gradación de textura gusano- venillas pseudo "A"- venillas tipo "A".
Figura 9 Sección generalizada de la gradación de la textura gusano-venillas pseudo "A"- venillas tipo "A".
Figura 10 Secuencia paragenética.
Figura 11 Plano Geofísico- Gradiente IP/Cargabilidad.
Figura 12 Plano Geofísico Magnético de Aire.
Figura 13 Plano de Isopacos de Oro de 1g/t.
Figura 14 Plano de Isovalores de Molibdeno en Superficie.
Figura 15 Mapa de taladros diamantinos.
Figura 16 Sección Geológica N – S.
Figura 17 Sección Geológica N 55° E.
Figura 18 Sección de Alteración N 55° E.
Figura 19 Modelo Geológico de Kupfertal.
Figura 20 Modelo Geológico de Kupfertal.
Figura 21 Evolución Geológica de Kupfertal.

APENDICES**A.- FOTOS**

- Foto 1 Vista Panorámica del Prospector Kupfertal (mirando hacia el Norte, Cerro Punto Negro).
- Foto 2 Vista Panorámica del Prospector Kupfertal (mirando hacia el NW).
- Foto 3 Vista Panorámica del Prospector Kupfertal (mirando hacia el SE, observándose la mina San José).
- Foto 4 Roca volcánica porfirítica (Tope de la secuencia), no presenta alteración..
- Foto 5 Roca piroclástica (tufo lítico), con alteración argílica.
- Foto 6 Roca piroclástica de textura fina, fuertemente silicificado (sílice vuggy).
- Foto 7 Roca volcánica porfirítica (Base de la secuencia).
- Foto 8 Brecha Freática, con alteración argílica avanzada.
- Foto 9 Brecha Hidrotermal con fuerte oxidación.
- Foto 10 Brecha Craquel, afectada por fluidos hidrotermales.
- Foto 11 Dique de composición andesítica de grano fino alterado a argílico avanzada.
- Foto 12 Textura gusano “patchy” intensidad solo trazas, con alteración argílica avanzada.
- Foto 13 Textura gusano “patchy” intensidad 1, con alteración argílica avanzada.
- Foto 14 Textura gusano “patchy” intensidad 2, con alteración argílica avanzada.
- Foto 15 Textura gusano “patchy” intensidad 3, con alteración argílica avanzada.
- Foto 16 Roca volcánica con venilleo de cuarzo tipo pseudo “A”.
- Foto 17 Roca volcánica con venilleo de cuarzo tipo “A”.
- Foto 18 Venilla tipo “D”.
- Foto 19 Roca volcánica con alteración potásica.
- Foto 20 Gradación de textura Gusano- Venillas pseudo “A”- Venillas tipo “A”.

B.- ANÁLISIS PETROGRAFICO

- Fotos 21 Relictos de biotita reemplazada por sericita, pirita, leucoxena y cuarzo, en nicoles cruzados. Estudiado por T. Thompson.
- Foto 22 Fuerte alteración cuarzo sericita pirita, no hay relictos de la textura original de la roca, en nicoles cruzados. Estudiado por T. Thompson.
- Foto 23 Sericita en forma de polvo y cuarzo en venillas con pirita en una roca ígnea finamente cristalina; maclas de albita y ortoclasa fina en la matriz, nicoles cruzados
- Foto 24 clorita reemplazando a la biotita, cuarzo subredondeado por sericita en forma de polvo, nicoles cruzados. Estudiado por T. Thompson.
- Foto 25 Venilla de biotita débilmente cloritizada, cortando a plagioclasa, en una matriz cristalina muy fina, conteniendo sulfuros diseminados, nicoles cruzados.
- Foto 26 clorita y leucoxena reemplazando a la biotita, luz plana.
- Foto 27 Imagen muestra partículas de calcopirita y pirita. Oro nativo es detectado en la calcopirita. Estudiado por J. Odekirk
- Foto 28 Imagen muestra la partícula de oro nativo de la foto anterior , en una ampliación.
- Foto 29 Partícula de oro nativo (5 micrones), que ocurre como una inclusión en calcopirita.
- Foto 30 Venilla tardía tipo "A" con 1 cm de ancho, localmente muestra una línea central en forma de drusas de cuarzo. Estudiado por L. Gustafson.

C.- ANEXOS

PLANO 1	Mapa de alteraciones en superficie, con la ubicación de los taladros diamantinos, escala 1:4000.
PLANO 2	Mapa de geoquímica de molibdeno en superficie con contorneo de isovalores, escala 1:4000.
PLANO 3	Sumario de Logueo del taladro diamantino KUP-003, escala 1:1000.
PLANO 4	Seccion N55°E mostrando taladros diamantinos con leyes de cobre y oro, escala 1:4000.

I- GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Como resultado de trabajos de campo, gabinete y bibliografía existente, resumo en este estudio las diferentes características del Prospecto Kupfertal típicas de un sistema porfirítico de Cu-Au, desarrollado directamente debajo de los típicos yacimientos epitermales tipo ácido-sulfato, y la transición entre estos dos sistemas con características muy peculiares.

Este estudio involucra las diferentes fases del trabajo de exploración, que en Kupfertal ha tenido dos involucradas principalmente a las etapas de perforación. Este trabajo siguió las siguientes etapas:

Revisión de toda la información existente antes del desarrollo del Prospecto y durante su evaluación.

Análisis y evaluación de los datos mencionados, como geoquímica de superficie, perforación, estudios petrográficos, mapeo, etc.

Elaboración de planos en planta interpretativos de alteración, litología, mineralogía, estructuras, etc.

Análisis geológicos en base a mapeos de superficie, logueos de testigo, estudios petrográficos para desarrollar un modelo geológico consistente.

Modelo de zoneamiento hidrotermal con asociaciones de minerales típicos, usando como herramientas principales el mapeo, estudios petrográficos, XRD, PIMA.

Estudio de geoquímica de elementos trazas para ubicar centros de mineralización y su relación con un sistema porfirítico.

Elaboración de secciones NE-SW, N-S, NW-SE, las cuales involucran interpretación de litología, alteración, mineralogía, geoquímica.

Determinación de los patrones geológicos que gobiernan la mineralización, tanto en un ambiente epitermal, como también de uno porfirítico de Cu-Au Kupfertal.

Estudios geofísicos e interpretaciones de estos, tanto en planta como en secciones.

Construcción del modelo geológico.

1.2 OBJETIVOS

El propósito de este estudio fue definir la geología, así como la gradación desde un ambiente epitermal hacia uno porfirítico de Cu-Au y conocer los parámetros que gobiernan la mineralización para la construcción del Modelo Geológico.

Asimismo entender la relación genética entre el sistema porfirítico en Kupfertal con los depósitos epitermales que están sobreyaciendo a este

porfido, ligados a la textura “patchy” y su posible relación con un sistema porfirítico Cu-Au en profundidad.

El propósito de este trabajo es definir la geología, así como la transición de un ambiente epitermal a un ambiente porfirítico, estudiando las características especiales ya conocidas como la textura patchy y su aparente gradación a venillas tipo “wormy” las cuales también están gradando a venillas tipo “A”, y así entender la gradación de alteración y mineralogía en profundidad .

1.3 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

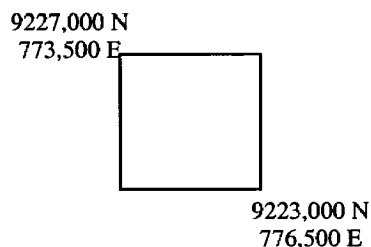
El distrito minero de Yanacocha está ubicado en la zona norte de la Cordillera de los Andes del Perú, a 20 km. Al norte de ciudad de Cajamarca y 700km al norte de Lima (Figura 1).

El acceso al distrito de Yanacocha se hace por un desvío de la carretera que va desde Cajamarca hacia el Distrito de Hualgayoc. Son aproximadamente 49 km. de carretera desde la ciudad de Cajamarca hasta las instalaciones de la mina.

El Prospecto Kupfertal se encuentra ubicado en la parte central del distrito minero de Yanacocha, al noreste de la mina San José y al sureste de la mina Yanacocha (Figura 2); comprende un área aproximada de 3 x 3 km. y ocurre entre las cotas 3800 y 4190 msnm.

Las coordenadas UTM son las siguientes:

9227000 N, 773500 E
9223000 N, 776500 E



1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

El distrito tiene un clima frío, con atmósfera seca, con rangos de temperatura de 3° a 21° C y con estaciones lluviosas principalmente entre los meses de noviembre a abril; no se registran zonas con nieve.

Las lluvias son las precipitaciones frecuentes, pocas veces granizo y raras veces nieve.

Entre los meses de mayo a octubre las lluvias son escasas, siendo típicas las heladas en esta temporada, asimismo los vientos son fuertes y arremolinados.

Ubicación de Minera Yanacocha



Figura 1

El distrito está cubierto en las partes más altas de la zona con vegetación típica de valles, las laderas están cubiertas con vegetación alpina de pradera (ichu).

1.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El distrito minero de Yanacocha se encuentra en la divisoria continental el altiplano, entre dos cuencas de drenaje, la amazónica hacia el este, y la costera hacia el oeste.

Las principales unidades geomorfológicas han sido diseñadas por los procesos de erosión, levantamiento y fallamiento de la Tectónica Andina (Mioceno – Plioceno), por los eventos volcánicos del Cenozoico y por la glaciación cuaternaria.

Las principales elevaciones son en todos los casos, afloramientos de rocas silicificadas de la Formación Volcánicos Porculla. La morfología de las cumbres es subredondeada como por ejemplo los Cerros de San José Norte, San José Sur, Cerro Negro Este, Yanacocha SW, Quecher; en otros casos se tornan muy pronunciadas tales como Carachugo Este, Yanacocha Norte, Yanacocha Sur, Cerro Negro Oeste, Baúl, Collotan, etc. En las laderas de los cerros es común encontrar abundante material coluvial.

Esta área es el límite norte de la glaciación ocurrida en los Andes, por lo cual su intensidad fue relativamente baja.

La actual geomorfología la dan superficies de erosión glacial, destacando algunas geoformas semicirculares de circos glaciares erosionados, prueba de esto son las estrías labradas en las rocas con silicificación. Las zonas modeladas por la glaciación son las lagunas Yanacocha, Chaupicocha y Plateros, la quebrada Encajón (Kupferta) y los depósitos fluvio-glaciales como La Quinua.

Las quebradas que bordean las altiplanicies de Yanacocha, forman un tipo de drenaje juvenil reticulado con cañones abruptos y tributarios principales en la dirección NNW y secundarios en la dirección NE – SW como la quebrada Encajón, los cuales aportan sus aguas tanto a la cuenca Pacífica como a la Atlántica.

Mapa de Ubicación - Kupfertal

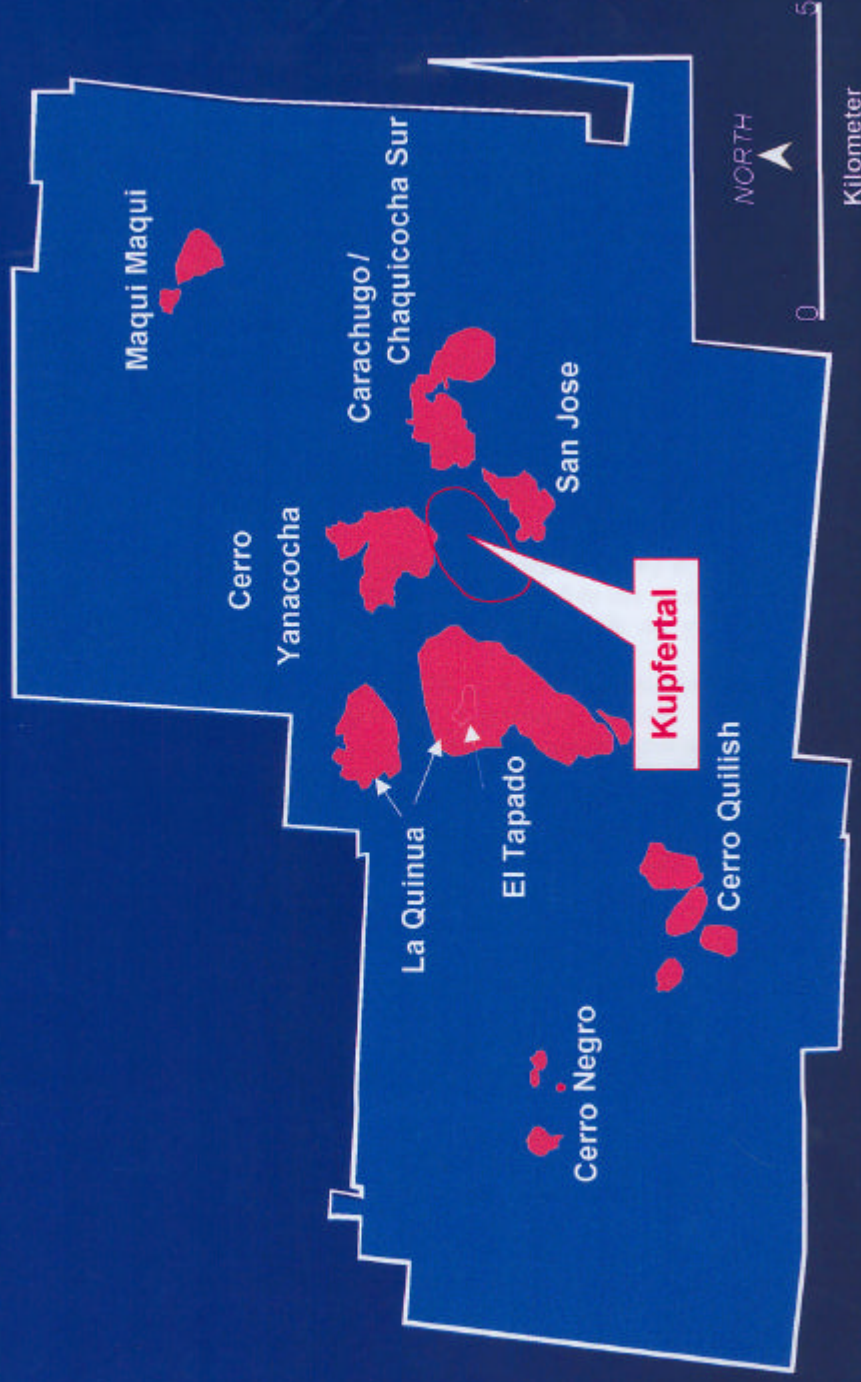


Figura 2

1.6 ANTECEDENTES DEL DISTRITO MINERO DE YANACocha

1.6.1 Periodo Pre-hispánico y Colonial

- Trabajos arqueológicos han descubierto labores mineras. Quizás el cinabrio fue trabajado por la Cultura Cajamarca (100-700 DC) con la finalidad de colorear su cerámica.
- A. Raimondi (1859) en su viaje a Hualgayoc mencionó en sus escritos, haber observado labores mineras en Cerro Carachugo con el objetivo de extraer oro; lo más probable es que trabajaban para extraer cinabrio.

1.6.2 Exploración Moderna

- 1968-70 La Nippon Mining Company explora cobre y perfora trece pozos diamantinos, en la quebrada Encajón. No existen datos.
- 1969-71 La British Geological Survey e INGEMMET hicieron un reconocimiento regional de stream sediment en el norte peruano. Hallándose anomalías de Ag y Pb cerca de Yanacocha.
- 1981-83 CEDIMIN inicia la exploración con mapeo geológico, fotogeología, geoquímica, geofísica.
- 1983 Newmont visita por vez primera Yanacocha. Se forma el Joint Venture entre Buenaventura (BVN), Newmont Perú Limited (NPL) y BRGM para explorar por plata.
- 1985 Newmont realiza un muestreo sistemático de afloramientos con malla de 50m x 100m. Halló anomalías de oro y plata en los Cerros Yanacocha Norte y Sur.
- 1986 Comienza el mapeo Distrital a una escala de 1: 25,000; llegando hasta Cerro Negro y Cerro Quilish. El muestreo geoquímico cubrió también Carachugo, San José y Maqui Maqui.
- 1988 Se perforan 5 taladros diamantinos en Carachugo; la geoquímica superficial de malla efectuada en Maqui Maqui tiene buenos resultados.
- 1992-93 Se constituye la Compañía Minera Yanacocha S.A. durante estos años con el objetivo de definir la mineralización en Carachugo, se efectúa un intenso programa de perforación.
- 1993 En agosto empieza la producción del primer yacimiento, denominado Carachugo, con reservas aproximadas de 1.3 millones de onzas Au. Otra campaña de perforación define el cuerpo mineralizado de Maqui Maqui.

- 1994 En octubre se inicia la producción del yacimiento Maqui Maqui con reservas estimadas de 2.5 millones de onzas Au.
- 1995 En Setiembre termina la campaña exploratoria en San José Sur.
- 1996 En enero entra en producción el tercer Yacimiento San José Sur. En febrero la Cia. Minera Yanacocha S.A. llega al millón de onzas de producción acumuladas. Concluye la campaña de exploraciones en Yanacocha Sur y Oeste.
- 1997 Finaliza la campaña de exploraciones en Encajón. En noviembre entra en producción Yanacocha Sur.
- 1997-98 Descubrimiento y desarrollo de campaña exploratoria de La Quinua, El Tapado y Chaquicocha Sur.
- 1998 En mayo finaliza la etapa de exploración de La Quinua. En noviembre finaliza la etapa de exploración de El Tapado.
- 1999 Se inicia un programa de exploración denominado La Quinua Basamento con el objetivo de descubrir depósitos cubiertos similares a El Tapado, con el descubrimiento de Corimayo.
- 2000 Se constituye la Compañía Minera Yanacocha S.R.L. y en febrero llega a los 6 millones de onzas de producción.
- 2001 Se construye la planta de chancado y aglomeración para el yacimiento La Quinua.

II- GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El distrito minero de Yanacocha forma un alineamiento norte-sur en el cinturón volcánico del Cretáceo a Cuaternario que se extiende a lo largo de los Andes Peruanos. El distrito está localizado cerca a la intersección de un cambio en la orientación del paralelo Andino caracterizado por una orientación NNW a WNW (y casi E-W) con una zona estructural trans-andina ENE (Turner, 1997). El alineamiento del paralelo andino está representado por un patrón de pliegues orientados, dentro de rocas Mesozoicas, y con un alineamiento de efusiones volcánicas terciarias en el área de Cajamarca (Wilson, 1985). El patrón trans-andino conocido como el corredor estructural Chicama-Yanacocha, se evidencia por el desplazamiento del litoral peruano, y el alineamiento ENE del distrito Yanacocha (Quiroz, 1997). Este corredor estructural, corresponde a una franja de 30 a 40 Km. de ancho, de por lo menos 200 Km. de largo, que se inicia en el Puerto de Chicama y se extiende en dirección N40°E, pasando por Guzmango y Contumazá, Cajamarca, La Encañada, Yanacocha, y Hualgáyoc, extendiéndose aún más hacia el este. En él se presentan fallas transversales al rumbo andino transandinas, eventos magmáticos alineados en la misma dirección, lo mismo que fenómenos de alteración hidrotermal y mineralización metálica (Quiroz, 1997). (Figura 3)

El distrito minero de Yanacocha es parte de un numeroso grupo de yacimientos ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes que se extienden subparalelamente a la costa sudamericana y su origen se relaciona a la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana. Yanacocha está situada en el sector septentrional de la Cordillera Occidental y al sur de varias secuencias volcánicas terciarias que llegan hasta el Ecuador. Según Soler et al. (1986), las provincias metalogenéticas subparalelas a la costa peruana pueden dividirse en cuatro segmentos principales, por tal motivo Yanacocha está situada dentro del denominado Segmento Norte que alberga gran cantidad de yacimientos tales como, Tambogrande (sulfuros masivos); Cerro Corona, La Granja, Michiquillay, Cañariaco, etc. (pórfidos de cobre) y también Tantauatay, Yanacocha, Sipán y otros. Las secuencias volcánicas terciarias conforman en conjunto el Grupo Calipuy (Wilson, 1985 a), el cual se divide en los Volcánicos Llama, Formación Porculla y Formación Huambo que descansan discordantemente sobre el Basamento Cretácico, que consiste de rocas sedimentarias intensamente plegadas y falladas. La Formación Porculla alberga al Distrito Minero de Yanacocha con más de 14 yacimientos de Au (Ag) relacionados a la alteración hidrotermal tipo ácido – sulfato.

Plano Geológico Regional

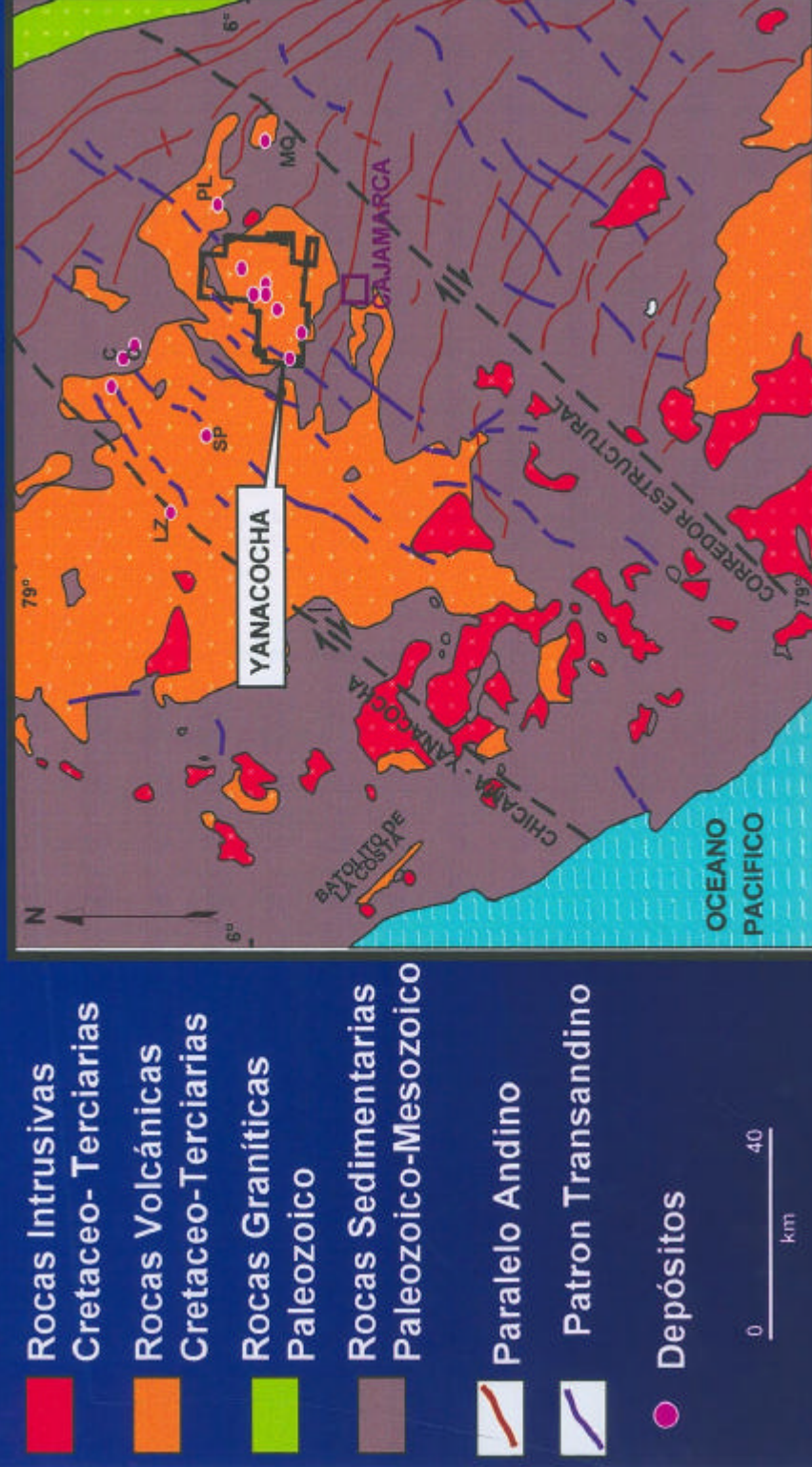


Figura 3

En el norte de nuestro país, existen algunas estructuras con dirección NW-SE. La falla de la Cordillera Blanca es la mas activa en donde el plano de falla buza hacia el oeste y tuvo mucho movimiento durante el Pleistoceno y Holoceno.

2.2 SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

La secuencia estratigráfica, ha sido subdividida en:

2.2.1 Rocas Sedimentarias Basamento Cretácico

De edad Jurásico-Cretácico (Benavides, 1956). Predominan las calizas con algo de lutitas y limonitas. También se observan cuarcitas a modo de fenolitos en las rocas porfiriticas, que parecen corresponder al grupo Gollarisquizga del Cretáceo inferior. Están intensamente plegadas y falladas (Wilson, 1985). Son cortadas por intrusiones volcánicas (Rivera 1980; Wilson 1985).

2.2.2 Rocas Volcánicas Terciarias

Volcánicos Llama

Descansan discordantemente sobre rocas del basamento Cretácico (Cobbing et al, 1981). Comprenden varias secuencias volcánicas, originadas en diferentes centros volcánicos, agrupados todos como Volcánicos Llama. En algunos taludes de la carretera entre Cajamarca y Yanacocha se observan depósitos de avalancha, de andesitas y sedimentos volcanoclásticos pseudo estratificados, con alteración propilitica y argílica, denominados Volcánicos Tembladera L. Reyes, (1980). Son equivalentes a la formación Llama de J. Wilson, (1984). Según Noble et al, (1980), la formación Llama consiste de flujos de cenizas tufáceas félsicas e intrusiones dacíticas con bandeamiento de flujo. Han sido datadas por Noble et al; para el Paleoceno.

Representan una fase de vulcanismo continental cuyo foco principal estuvo situado en la parte occidental de la región.

Volcánicos Porculla- Volcánicos Yanacocha

Suprayace en discordancia angular al basamento metamórfico Precámbrico, Paleozoico y a los Volcánicos Llama. Consiste de una potente secuencia de Volcánicos dacíticos a andesíticos en donde las rocas piroclásticas predominan sobre los flujos dómicos. El tope está erosionado o cubierto con piroclásticos del Volcánico Huambo, conjuntamente con los sills, stocks y diques, están relacionados con una fase extensa de mineralización.

Esta unidad alberga una secuencia volcánica denominada por S. Turner (1997), como “Yanacocha Volcanic Complex” (YVC), del Mioceno medio en donde se produjeron eventos de alteración hidrotermal y mineralización.

Otra unidad post YVC son los Volcánicos Regalado con débil alteración hidrotermal y sin mineralización. Corresponden a lavas andesíticas y rocas piroclásticas.

Volcánicos Huambo

Según L. Reyes (1980) y J. Wilson (1985) la formación Huambo consiste de tufos ignimbríticos que rellenan valles de edad Mio-Pliocénica. Según S. Turner (1997) al menos consta de dos centros eruptivos al Norte el Miembro Los Frailones (dacítico) y al Sur Miembro Otuzco (andesítico). Su morfología es muy característica, forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas donde se aprecia la pseudo-estratificación.

El Volcánico Huambo se desarrolló en una etapa posterior a los comienzos del levantamiento andino; posiblemente se inició en el Mioceno tardío ó Plioceno.

En la figura 4, se muestra la secuencia estratigráfica modificada de Stephen Turner (1997) efectuó una comparación de la secuencia estratigráfica de Yanacocha con las Hojas Geológicas de los Boletines de Chota y Cajamarca.

Secuencia Estratigráfica

COMPARACION DE LA ESTRATIGRAFIA DE YANACOCHA CON LA GEOLOGIA PUBLICADA DE CAJAMARCA				
DISTRITO DE YANACOCHA	HOJA DE CAJAMARCA	HOJA DE CHOTA	HOJA DE SAN MARCOS	HOJA DE CELENDIN
GRUPO CALIPUY FORMACION PORCULLA	Formación Huambos	Formación Huambos	Form. Cajabamba	Formación Huambos
	Volcánicos Regalado	Miembro Fraylones Miembro Otuzco	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla
	Complejo Yanacocha			
	Volcánicos Llama	Volcánicos Llama	Formación Chota	Formación Chota
Basamento Cretacico	Formación Cajamarca	Formación Chota		

Figura 4

III- GEOLOGÍA DISTRITAL

3.1 AMBIENTE GEOLOGICO

El distrito minero de Yanacocha forma un alineamiento estructural SW- NE, el cual tiene una extensión de 17 por 6 km. El distrito se puede dividir en dos áreas: Bloque Este y Bloque Oeste, las cuales están separadas por la cuenca de La Quinua. El bloque Este contiene varios depósitos, entre ellos Maqui Maqui, Carachugo, San José, Chaquicocha y los depósitos del Complejo Yanacocha (Yanacocha Norte, Yanacocha Sur, Yanacocha Oeste y Encajón); Kupfertal se encuentra en este bloque, en la parte central del Distrito. El bloque Oeste alberga dos depósitos, Cerro Negro y Cerro Quilish. Las dos áreas están separadas por la cuenca de La Quinua, un gran valle NW relleno con gravas. Los depósitos de La Quinua, El Tapado y Corimayo están ubicados en la cuenca de La Quinua.

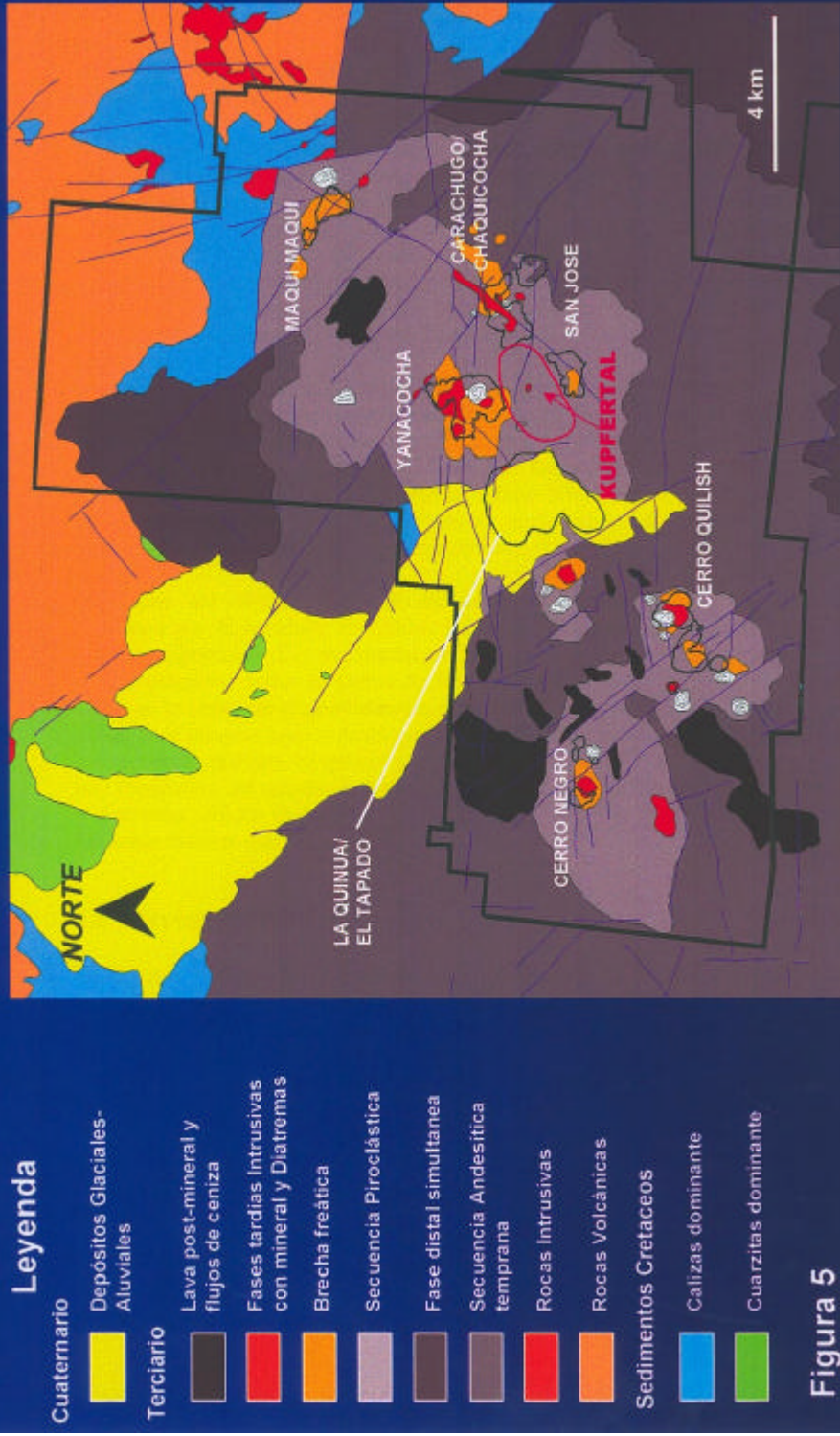
Unidades del Distrito

El YVC está fuertemente alterado, y la intensa alteración dificulta la determinación de los tipos de roca original (Figura 5). El paquete parece tener una gruesa secuencia basal de lavas andesíticas con aisladas intercalaciones de niveles piroclásticos (Figura 5). Estas infrayacen a una secuencia predominantemente fragmental, la cual incluye unidades piroclásticas y depósitos freáticos con algunas intercalaciones de flujos de lavas. Numerosos domos, diatremas, diques e intrusiones poco profundas también ocurren en esta parte de la sección (Figura 5). Estas rocas están debajo de flujos de lavas y tufos, los cuales están clasificados dentro de los volcánicos Regalado. La secuencia tiene por lo menos 1400 m. de espesor y ha sido datada en 11.8 a 12.5 millones de años por Turner, (1997).

El tipo de roca predominante es una roca andesítica a dacítica, feldespática y de textura porfirítica, la cual ocurre como flujos de lava y domos; esta roca contiene feldespatos y anfíboles con fenocristales de cuarzo en una matriz finamente cristalizada a afanítica.

Existen extensos depósitos de rocas piroclásticas y freáticas que son predominantemente la roca huésped para la mineralización. Las rocas piroclásticas son andesitas a dacitas con feldespatos y poco contenido de cristales de cuarzo. La textura eutaxítica está localmente preservada y los tufos están muy poco o nada soldados. Estas unidades varían desde tufos cristalolíticos a brechas piroclásticas, formando capas subhorizontales de hasta 150 m de espesor. Los depósitos freáticos contienen fragmentos en porcentajes variables que van de 10 hasta 50 %, en una matriz fina, de fragmentos de roca. Los fragmentos están alterados a sílice masiva y sílice porosa, que son los tipos de alteración más comunes. Estas rocas se

Mapa Geológico Generalizado de Yanacocha



encuentran en acumulaciones de hasta 300 m de potencia, aunque con una extensión areal limitada.

Las diatremas ocurren como brechas heterolíticas soportadas por su propia matriz, distinguidas por la presencia de clastos porfiríticos. Las brechas diatrémicas también contienen una amplia variedad de clastos alterados; comúnmente fragmentos de sílice masiva y sílice porosa, en una matriz de andesita porfirítica fina o polvo de roca. Las diatremas forman cuerpos verticales, circulares a elongados, desde unas cuantas decenas de metros hasta 500 m de ancho, y han sido identificadas en Cerro Yanacocha, Carachugo, Chaquicocha Norte y en Corimayo.

Diques andesíticos a dacíticos y pequeñas intrusiones tardías se observan en Carachugo, Chaquicocha, Cerro Yanacocha y en El Tapado. Estos cuerpos de roca feldespática porfirítica son verticales y en potencia varían desde menos que 1 m hasta más de 200 m de ancho. Domos riodacíticos y plugs ocurren a lo largo de la falla Plateros de rumbo NW, y corresponden a la última fase intrusiva. Estos cuerpos constan de cuarzo-hornablenda-biotita-feldespato en fenocristales, y no están alterados.

Alrededor del bloque Este, se encuentran depósitos fluvio-glaciares formados por el retrabajo de tillitas, las cuales están establecidas en los bajos topográficos. Las evidencias de la glaciación son la presencia de estrías glaciares, valles en forma de U, circos y morrenas. En el bloque Oeste no se observan estas evidencias. Los depósitos fluvio-glaciares varían desde unos cuantos metros hasta más de 250 m de potencia en La Quinua. La secuencia consiste en gravas pobremente clasificadas e inconsolidadas con fragmentos del tamaño de arenas hasta bloques en una matriz de arcillas y limonitas. En La Quinua las gravas gradan a limonitas y lodolitas hacia las zonas distales (Mallette, 1997).

3.2 TIPO DE DEPOSITO

El distrito minero de Yanacocha está compuesto de varios sistemas epitermales del tipo ácido-sulfato, desarrollados durante el Mioceno medio a superior. Según dataciones efectuadas por S. Turner (1997) entre 12 a 10.9 Ma. El vulcanismo se caracteriza por presentar rocas piroclásticas, rocas porfiríticas como flujos de lavas y/o domos de composición intermedia a ácida. Principalmente andesita, dacita y riodacita, plugs, diques y diatremas. El desarrollo del sistema Yanacocha es el resultado de un breve pero activo proceso magmático/volcánico/hidrotermal (Harvey, Myers y Klein, 1998). Este proceso se resume en los siguientes eventos:

- **Magmatismo y vulcanismo inicial:** Actividad magmática temprana con desarrollo de masas andesitas, flujo de lavas, domos y rocas piroclásticas.

- **Silicificación y débil mineralización de oro:** Actividad hidrotermal temprana caracterizada por la formación de sílice masiva densa, sílice porosa debajo del nivel freático, y sílice granular encima del nivel freático.
- **Erupciones freáticas:** Como el sistema continúa desarrollándose, la interacción de magma o fluidos magmáticos calientes con aguas subterráneas frías, producen múltiples explosiones y depósitos freáticos.
- **Evento con oro-hierro:** Los fluidos invaden el sistema y son canalizados a las zonas permeables. La permeabilidad y porosidad de los cuerpos silíceos se debe a las numerosas fracturas en la sílice masiva, fracturas y espacios abiertos en la sílice porosa, y la abundancia de poros y espacios en la sílice granular. El oro precipita con pirita y muy poco con enargita y covelita. En este evento se forman las brechas hidrotermales con oro y hierro.
- **Emplazamiento de diatremas:** A continuación del evento aurífero, ocurre otro pulso magmático con erupciones freatomagmáticas y el desarrollo de diatremas. Como es posterior al evento silíceo, encontramos abundantes fragmentos silíceos dentro de estas brechas.
- **Evento con alunita-oro:** Un evento de alunita aurífera ocurre posteriormente; en donde las brechas de sílice-alunita aurífera, cortan a las zonas silíceas mineralizadas previamente, y desarrollan alteración alunitica en los márgenes de algunas diatremas.
- **Emplazamiento de intrusiones y diques:** Inmediatamente después de la formación de las diatremas, se emplazan las intrusiones y diques. Estos están alterados a arcilla.
- **Vulcanismo tardío y emplazamiento de domos:** Se depositan flujos de lava y unidades piroclásticas.
- **Pulso hidrotermal final:** Un evento hidrotermal final desarrolla crestones de sílice, sílice-alunita y/o sílice-arcilla, a lo largo de estructuras. La mineralización de oro es débil en este evento, y está restringida a estructuras angostas.
- **Evento intrusivo final:** Se emplazan pequeños domos y plugs riódacíticos a lo largo de la falla Plateros, que marca el evento intrusivo final en el distrito.
- **Intemperización y oxidación:** Luego del evento intrusivo final, las rocas fueron meteorizadas; las partes superiores del sistema se

modificaron y se produjeron oxidaciones de hasta 300 m de profundidad a manera de encapes de lixiviación.

- **Glaciación:** La glaciación erosiona algunas zonas auríferas en la parte Este del distrito. Los glaciares transportan y depositan las rocas auríferas, formando morrenas y abanicos en los bajos topográficos.

3.3 CONTROLES DE MINERALIZACION

Diez centros de mineralización distintos se identificaron en los afloramientos, y siete de ellos contienen más de un millón de onzas de oro. El Complejo Cerro Yanacocha que es el sistema más grande, tiene un recurso/reserva de 9.3 millones de onzas. La Quinua, un depósito de oro en gravas, tiene 7.2 millones de onzas de oro. La mineralización está diseminada y el promedio de ley para los depósitos varía desde 0.8 a 1.6 g/t. Las concentraciones más altas ocurren en sílice brechada con óxidos de hierro, en fracturas rellenas con óxidos con baritina y jarosita, en sílice granular lixiviada y en zonas de sulfuros con pirita, sulfuros de cobre y venillas de cuarzo. El enriquecimiento con oro se extiende más allá de los límites del depósito definido por la ley de corte de 0.35 g/t.

Durante la evolución del sistema ocurrieron múltiples eventos de mineralización aurífera, desde un evento con débil contenido de oro+sílice, seguido por una fase principal de mineralización aurífera+hierro, hasta una etapa tardía de mineralización de oro+alunita. El evento temprano se caracterizó por tener bajos niveles de oro (50-200 ppb) con pirita diseminada en sílice masiva. El evento aurífero principal es posterior a la fase con fuerte contenido de sílice, y está asociado a pirita como finas diseminaciones, relleno de fracturas y cavidades pequeñas, y como matriz de brechas. El oro se presenta como partículas submicroscópicas en pirita y es poco común encontrarlo con enargita y covelita (Acar, 1997). La fase de alunita + oro aparece ligeramente posterior al evento aurífero principal, y ocurre con leyes altas de oro (1-5 g/t) con la brecha de sílice-alunita. La oxidación llega a profundidades de 300 m y los óxidos consisten de hematita, goetita y jarosita.

3.4 ALTERACIONES HIDROTERMALES

La alteración hidrotermal en el distrito de Yanacocha es típica de los sistemas ácido-sulfato y/o alta sulfuración. La alteración es intensa y los límites del distrito están definidos por la extensión de las rocas alteradas. Existe un patrón zonal cerca de cada centro, con sílice granular la cual está cubriendo una alteración de sílice porosa y sílice masiva en la parte central, que gradúa alejándose del centro, a sílice-alunita±pirofilita (argílica avanzada), arcilla-caolinita (argílica), arcilla montmorillonita (argílica), y propilítica. Volumétricamente el tipo de alteración más abundante es argílico, pero la alteración silíceo-alunita es la más importante para la mineralización de oro y plata. Se han determinado edades sobre 10.9 a 11.46 millones de años para el evento de alteración hidrotermal, indicando un corto lapso de tiempo para la evolución volcánica e hidrotermal del distrito (Turner, 1997).

IV- PROSPECTO KUPFERTAL

4.1 ANTECEDENTES

El Prospecto Kupfertal es un deposito cuyas características principales son las de un Sistema Porfirítico Cu-Au. Los factores fundamentales que nos están llevando a su estudio son: primero, el descubrimiento de un afloramiento muy pequeño de stockwork de cuarzo(2 x 1m), localizado en la quebrada Encajón (3813msnm), en agosto de 1999, luego las diferentes evidencias encontradas por las perforaciones diamantinas como son: un zoneamiento de alteración y mineralogía que evidencia una gradación de un sistema de Alta Sulfuración hacia un Sistema Porfirítico de Cu-Au, asimismo se detectan buenas anomalías geofísicas y geoquímicas, por lo que existe un gran potencial para encontrar sulfuros con alta ley de oro y cobre.

4.1.1 Geofísica

Las campañas de Geofísica pre-1999 fueron realizadas con el objetivo de cubrir áreas distritales y como fase inicial fue la zona oeste del área del proyecto Kupfertal.

Los mas importantes métodos de prospección fueron el levantamiento magnetométrico terrestre, la magnetometría aerotransportada.

Magnetometría aerotransportada

En 1994, Newmont realizo un estudio geofísico aerotransportado (Airborne Magnetic) que consistió en un magnetómetro y un espectrómetro en un helicóptero Lama SA 315. Los fondos regionales lo conformaron líneas con 500m de separación, se detallo la información de un área de 120 km.(sobre los depósitos de Yanacocha. Estos estudios se realizaron en líneas Oeste-Este, manteniendo una altura aproximada de 100m sobre la tierra(Wiles, 1994).

Los resultados muestran la relación directa con los controles estructurales en el distrito: N 60 E y NW. Asimismo, para el área de Kupfertal muestra una anomalía magnética moderada a alta con dirección E-W, las anomalías de 150 gammas son interpretadas como intrusivos hipabisales de alto nivel tardíos pero también podrían ser pórfidos tempranos con alteración potásica. La magnetometría aerotransportada genera datos geofísicos, los cuales son los más usados para delinear estilos de mineralización en sistemas porfiríticos.

Magnetic Survey

En mayo de 1996 se realizó como parte de la campaña geofísica del distrito minero de Yanacocha, un programa de prospección magnética sobre la superficie; cubriendo un área de 5 km. Este trabajo se realizó por el

Departamento Geofísico de Newmont - Yanacocha, por el cual Kupfertal es cubierto por parte del programa. A partir de los datos se realizó la interpretación según los valores y correlacionando grados de alteración de la roca.

Anomalías de bajo magnético < 0.0 gammas equivalen a rocas con alteración silíceas. Las anomalías de alto magnético > 0.0 gammas equivalen a rocas inalteradas o frescas, también muestra rocas con alteración potásica.

4.1.2 Geoquímica

El área de Kupfertal, anteriormente al año 1999, ha estado incluida en los límites de diferentes proyectos como San José, Carachugo, Encajón, Distrital Sur; los cuales tuvieron diferentes campañas de muestreo de superficie, por lo que, hasta el año 1999 se contaba con un muestreo del orden del 50% de los afloramientos, en el área de Kupfertal.

Se realizó diferentes tipos de muestreo geoquímico de superficie, como taludes, trincheras, selectivos y mallas, siendo éste último el más común y el que cubre más área. Este muestreo fue desarrollado mayormente usando una malla tipo diamante de 50 x 100m.

Los elementos analizados fueron oro, plata, arsénico, mercurio, antimonio y algunos otros elementos, fueron muy pocos los análisis por cobre, molibdeno, zinc o plomo, etc.

Como resultado de este muestreo se identificaron anomalías de oro y otros elementos trazas, con lo cual se desarrolló la exploración para algunos depósitos de alta sulfuración.

Las escasas muestras analizadas por cobre mostraron algunas anomalías restringidas a estructuras principales.

Debido a todo esto y a la importancia de tener un estudio geoquímico detallado, se programó un muestreo superficial sistemático.

4.1.3 Perforación

En los años de 1968 a 1970 La Nippon Mining Company realizaba exploraciones por cobre siendo su principal área de estudio la quebrada Encajón que ahora se encuentra dentro del proyecto de Kupfertal, ellos perforaron 13 pozos diamantinos. No existen datos de logueos ni de los resultados geoquímicos de estos taladros, pero se sabe que estos taladros fueron taladros con una profundidad de 200m aproximadamente (A. Benavides, com. pers. 2001)

Aparentemente los resultados fueron con leyes marginales de cobre y no se analizó por oro.

Todos los taladros que fueron perforados antes de septiembre de 1999 en la zona de Kupfertal por Minera Yanacocha, fueron para descubrir

yacimientos de Alta Sulfuración con mineralización de oro y plata. De todos los taladros perforados hasta esa fecha en el área de Kupfertal, los siguientes taladros tenían evidencias de mineralización cuprífera dentro de alteraciones aparentemente relacionadas a un sistema de alta sulfuración:

CHP-013 → 25m / 0.40%Cu / 190-215m

ENC-132 → 42.1m / 0.95%Cu / 369.3 - 411.4m

LQ-001 → 79.5m / 0.22%Cu / 177 – 256.5m

YS-113 → 200m / 0.29%Cu / 0 – 200m
30m / 0.55%Cu / 200 – 230m

4.2 RASGOS GEOLÓGICOS

Kupfertal es un complejo sistema hidrotermal, que se formó en respuesta al emplazamiento de un Sistema de Pórfidos Cu – Au con una posterior sobreimposición de un evento de Alta Sulfuración.

Podría tratarse de un mega pórfido de Cu – Au, aproximadamente de 3 x 2km de superficie.

Las zonas distales de Kupfertal coinciden con depósitos de oro de alta sulfuración como Yanacocha, San José, Carachugo y Tapado- Corimayo, los cuales se encuentran alrededor de un posible pórfido Cu-Au.

El pórfido de Cu-Au en Kupfertal estaría localizado debajo de secuencias volcánicas, las cuales han sido afectadas por un fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork, dentro de una alteración potásica y posteriormente sufrió una sobreimposición de alteración tipo ácido Sulfato.

Aparentemente el desarrollo de este pórfido, ha estado relacionado a un fuerte control estructural N55E y N60W lo cual hizo de esta una zona con debilidad estructural ideal para el emplazamiento de cuerpos intrusivos.

Kupfertal es un depósito cuya característica principal son los ensambles de alteración y mineralogía típicos de un Sistema Porfirítico Cu-Au, con un fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork, patrones geofísicos como magnetismo, cargabilidad alta y geoquímicos con buena distribución de elementos trazas y metales base.

4.3 LITOLOGÍA

En el área se han reconocido diferentes unidades volcánicas, de composición andesítica a dacítica. Estas unidades muestran diferentes texturas y orígenes, como parte de ambientes volcánicos explosivos y efusivos. La parte superior de la columna estratigráfica en Kupfertal tiene secuencias piroclásticas con fragmentos heterolíticos los cuales tienen una

previa alteración de alta sulfuración, inclusive puede tener fragmentos de stockwork de cuarzo.

La secuencia inferior aparentemente son lavas andesíticas (T. Thompson, 2001), esta secuencia fue intruída por un pórfido de Cu-Au temprano que le ocasionó un fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork, este pórfido no ha sido observado, por lo que podría estar ubicado a una profundidad de 800 a 1000m o distal de esta zona.

Todas estas secuencias volcánicas han sido cortadas por diques andesíticos a dacíticos, en diferentes épocas y con diferente textura. Asimismo, esta secuencia volcánica ha sido intruída por brechas freáticas a freatomagmáticas que se interpretan como secuencias subverticales que se encuentran bordeando el sistema (Figura 6).

4.3.1 Rocas Volcánicas

En el área del presente estudio se han identificado diferentes unidades volcánicas que se encuentran dentro de el Complejo Volcánico Yanacocha.

Rocas Porfiríticas

Tope de la Secuencia

Secuencia eruptiva de composición andesítica a dacítica, que se desarrolla como flujo de lavas y como tufo rico en cristales, caracterizado mineralógicamente por plagioclasas, hornblendas y biotitas y cuarzo generalmente ($\leq 1\%$). Esta unidad se encuentra expuesta en los bordes del área central de Kupfertal, como San José, El Tapado llegando a tener hasta 400m de espesor. Ha sufrido moderada a leve alteración hidrotermal por el efecto del emplazamiento de intrusivos y brechas freáticas e hidrotermales. Cuando la roca es fresca a débilmente alterada, presenta coloración gris verdosa. Esta unidad representa la secuencia volcánica mas tardía en el área de Kupfertal.

Base de la Secuencia

Asimismo se ha identificado otra secuencia de textura porfirítica, flujos de lavas andesíticos, esta otra unidad tiene hornblendas y biotitas gruesas de 2 a 4mm, los clastos heterolíticos son pequeños pero son muy raros ($< 1\%$). Esta secuencia se interpreta como la base de las secuencias volcánicas, el primer evento volcánico en el área de Kupfertal.

Flujos Piroclásticos

En el área de Kupfertal, los flujos piroclásticos se pueden dividir en dos unidades texturalmente diferentes:

Mapa Geológico de Superficie

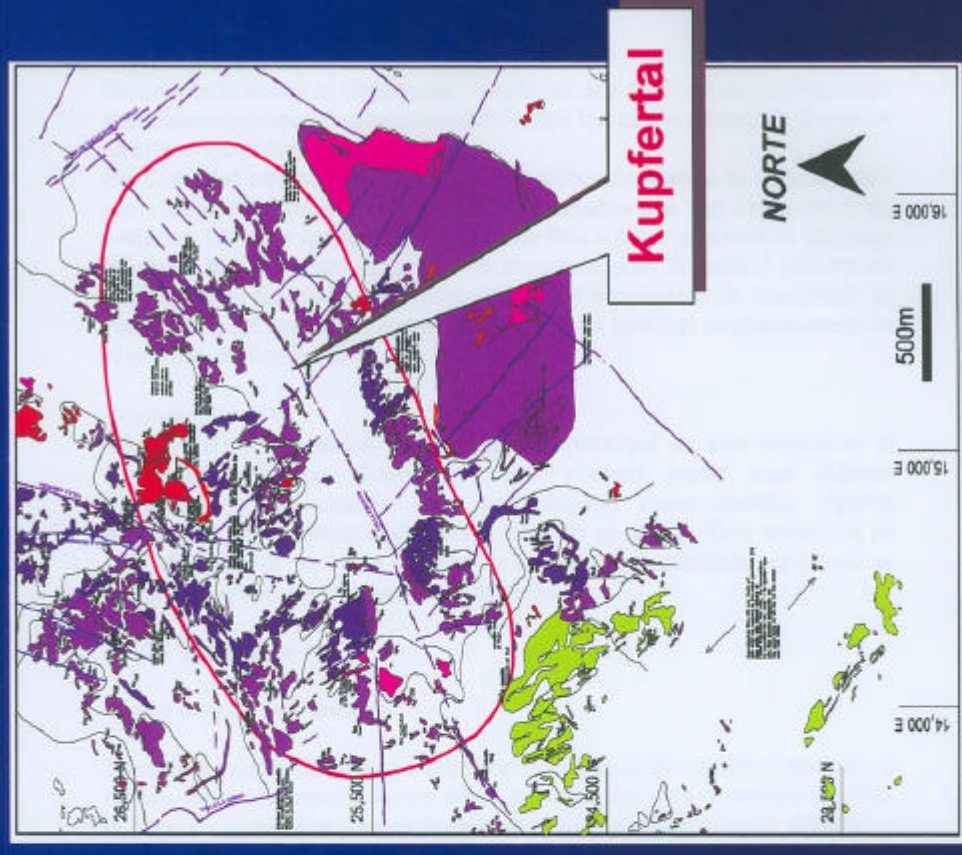


Figura 6

Textura gruesa:

Es característico en el distrito de Yanacocha que casi todos los piroclastos superiores contienen fragmentos silicificados indicando un evento precursor de alteración hidrotermal.

En Kupfertal esta secuencia tiene una distribución grande su característica son clastos previamente silicificados con tamaños que van desde los 5mm hasta los 10cm, la matriz grada de grano fino a moderada rica en cristales. Es obvio que la presencia de textura eutaxítica con “fiammes” grandes de hasta 20 cm. Asimismo, esta secuencia tiene fragmentos de stockwork de cuarzo, lo cual nos indica que esta secuencia es tardía al emplazamiento de el porfido en Kupfertal.

Textura fina:

Flujos ricos en cristales, la característica principal de esta unidad es el contenido de cuarzo (fragmentos rotos y ojos), puede tener algunos fragmentos de cuarcita muy redondeados, como también algunos fragmentos previamente silicificados, pero no es común. Esta secuencia ha sido afectada por un fuerte vetilleo de cuarzo tipo stockwork por lo que su textura ha sido casi completamente destruida.

4.3.2 Intrusivos

Diques andesíticos a dacíticos

En el área existen diferentes diques andesíticos a dacíticos; éstos son diques tardíos los cuales aprovecharon zonas estructurales para su emplazamiento, la mayoría de estos diques en Kupfertal tienen un fuerte control N60°W, y están cortando a las diferentes unidades volcánicas mencionadas anteriormente, los diques no han sido afectados por el vetilleo de cuarzo y son observados tanto en superficie como en taladros diamantinos, son estériles, pueden ser angostos de 10cm, o de mayor espesor de hasta 50m. Estos diques están mejor desarrollados hacia el Oeste en el área de Angelita y al Sur en parte del área de San José; mayormente están alterados a arcillas.

Intrusivo granodiorítico

Asimismo, se ha identificado un intrusivo granodiorítico, el cual sólo es evidente en 2 taladros diamantinos, en el nivel 3280msnm. Ocurre en la parte central del área y está cortando a la roca volcánica con alteración potásica.

Este intrusivo tiene plagioclasas perfectamente rectangulares, numerosas hornblendas de diferentes tamaños, puede tener ocasionalmente biotita primaria, todos estos minerales se encuentran dentro de una matriz granular de cuarzo (S. William, 2000). Tiene un débil vetilleo de cuarzo, un 2% aproximadamente del volumen de la roca, con vetillas tipo “A” y “B”, con esporádica presencia de calcopirita y molibdenita dentro de las venillas y en la matriz.

Esta roca tiene una débil alteración en la que las hornoblendas se encuentran reemplazadas débilmente por sericita y/o clorita. Aparentemente, tuvo una débil alteración potásica precursora.

4.3.3 Diques de Brecha

Ocurren en los bordes del área central, existiendo una mayor cantidad de estas brechas hacia el Oeste las que han sido observadas en superficie, como también en los taladros diamantinos, pueden o no tener mineralización.

Estas brechas son de diferente tipo:

- a- **Brechas freáticas:** en la mayoría de casos expuestas como diques de brechas muy angostos de 10cm a 10 m, son brechas compuestas por una matriz que está soportando fragmentos heterolíticos sub-angulares, pero es común tener algunos fragmentos redondeados, la matriz es muy fina texturalmente arenosa.
- b- **Diques de pebbles:** son diques de brechas, con abundantes fragmentos redondeados de cuarcitas y lutitas, estos diques están muy desarrollados al sur de Cerro Yanacocha localizado al noroeste de Kupfertal.
- c- **Brechas hidrotermales:** estas brechas pueden tener fragmentos monolíticos a heterolíticos. Generalmente están fuertemente silicificadas y se distinguen de otras por sus texturas fluidizadas con calcedonia y baritina a lo largo de fracturas.

4.3.4 Rocas sedimentarias

La roca sedimentaria en Kupfertal, sólo ha sido observada en dos taladros diamantinos aproximadamente debajo del nivel 3100msnm. Esta secuencia sedimentaria se encuentra inmediatamente debajo de las lavas andesíticas, el espesor es desconocido, teniendo un mínimo de 60m. de espesor.

El tipo de roca es una arenisca feldespática, con una textura casi deleznable. Tiene un 80% de contenido de cuarzo (observado macroscópicamente) y feldespatos alterados a arcillas. Estas rocas han sido afectadas por una débil alteración potásica; asimismo, por un stockwork de cuarzo, con vetillas tipo "A".

4.4 RASGOS ESTRUCTURALES

Kupfertal es un depósito cuyas características principales son típicas de un depósito con mineralización porfirítica de Cu - Au, por lo que es necesario comprender los rasgos estructurales y su implicancia en el emplazamiento de estos intrusivos. Las principales estructuras han sido reconocidas en el campo, taladros diamantinos y en fotos aéreas.

Existen dos fallas mayores en la dirección NW-SE, las fallas Baúl (N60°W) y La Quinoa (N 50°-60° W); asimismo, existen otras fallas menores con la misma dirección, todas estas fallas construyeron diferentes “horst” y “graben” en el área de Kupfertal siendo el bloque Este de la falla Baúl, el bloque mas levantado en toda el área y es donde se han perforado la mayor cantidad de taladros (Figura 6). Otras estructuras como extensiones NE, NS y EW son evidentes en el área, las cuales generalmente tienen diques y brechas a lo largo de ellas.

Otro sistema estructural importante es el NE-SW (N55°E), denominado falla Encajón. Este es una falla de aparente rumbo sinextral, está controlando las mejores anomalías de cobre en superficie en el área de Kupfertal. Asimismo, en la intersección de la Falla Baúl y la Falla Encajón es donde aflora un fuerte stockwork de venillas de cuarzo. Es importante recalcar que ambos sistemas NW-SE y NE-SW han sufrido procesos de reactivación:

- a- Fracturamiento paralelo NW-SE, asociado al lineamiento de la Cordillera de los Andes.
- b- Sistema estructural NE-SW, relacionado al trend estructural Chicama-Yanacocha(A. Quiroz, 1997). Los eventos de alteración hidrotermal y posterior mineralización están alineados según esta dirección.

4.5 ALTERACIONES HIDROTERMALES

En el área de Kupfertal se observa un zoneamiento de alteración hidrotermal típico de los yacimientos de Alta Sulfuración y asimismo una gradación en profundidad a un sistema de pórfido Cu - Au.

En la parte superior y en los bordes son típico los ensambles de alteración silíceas donde se encuentran los depósitos de alta sulfuración con oro gradando hacia abajo a una alteración cuarzo-alunita –caolín y cuarzo-caolín, a mas profundidad grada a una alteración cuarzo-sericita, entrando así a un ambiente más profundo. Una débil alteración potásica ha sido observada en profundidad con minerales típicos como biotita secundaria, magnetita y calcopirita; en partes esta alteración se encuentra cloritizada, hacia los bordes de la zona central de Kupfertal. En algunos taladros diamantinos se ha reconocido alteración propilítica, con epidota hasta 5%.

El zonamiento de alteración es vertical y es más fuerte hacia el Oeste. Pueden ocurrir algunas interrupciones de este zoneamiento, debido a controles estructurales que permiten el ascenso de fluidos hidrotermales ácidos y ocasionan alteraciones tardías y locales que se superponen a las originales, asimismo hay una fuerte superposición de alteración de un ambiente típico de alta sulfuración sobre lo que habría sido una alteración potásica. A continuación se describen las alteraciones:

4.5.1 Silicificación

En los bordes del área central de Kupfertal, existen sistema del tipo Ácidos Sulfato como son Cerro Yanacocha, San José, Carachugo, El Tapado y Corimayo que tienen grandes volúmenes de rocas silíceas, esta alteración se habría formado en diferentes eventos de alta sulfuración, uno de ellos podría ser el sistema porfirítico de Cu- Au en Kupfertal. Diferentes tipos de sílice se pueden observar en los diferentes depósitos que bordean Kupfertal, entre ellos: sílice granular, sílice vuggy, sílice masiva, sílice óxidos, esta última restringida a estructuras o zonas de falla. Asimismo la sílice en algunas zonas está limitada solo a crestones, este tipo de alteración se forma generalmente en flujos piroclásticos.

4.5.2 Argílica Avanzada

La alteración argílica avanzada es la alteración más extensa en el área de Kupfertal. En muchos casos esta superpuesta a una temprana alteración potásica y puede llegar a tener una extensión de 2x1 km. en superficie (Figura 7).

Mapa de Alteración (PYMA) en Superficie



Figura 7

Se presenta generalmente debajo de la alteración silíceá, y en el tope del área central. La matriz es silíceá y los fenos de cristales están alterados a alunita-pirofilita-caolinita-diáspora.

Los minerales de este ensamble casi siempre se presentan alterando a los feldespatos a alunita-pirofilita-caolinita-diaspora, la alunita también ocurre rellenando fracturas, y en algunos casos sólo circunscrita a brechas.

Este tipo de alteración destruye casi completamente la textura original de la roca, asimismo existiendo diferentes eventos de alteración, por lo que en algunos casos es imposible determinar la litología original.

El zoneamiento típico de los sistemas epitermales es formado como consecuencia de una progresiva neutralización y enfriamiento de los fluidos magmáticos ácidos por reacción con la roca caja (Steven & Rate, 1960; Stoffregen, 1987) y por mezcla de los fluidos hidrotermales con aguas de pH neutral.

4.5.3 Propilítica

Desarrollada en el borde SW del depósito, donde las rocas tienen una coloración verdosa por la presencia de epidotas y/o cloritas. Este tipo de alteración por lo general solo altera parcialmente a las rocas afectadas, sin obliterarlas completamente. Las plagioclasas están débilmente alterándose a arcillas, los minerales máficos aun conservan su forma original o están alterados a cloritas y carbonatos. Esta alteración puede tener espesores de hasta 250m observada en algunos taladros. En superficie ha sido observada en un área de 500 x 800m, esta alteración se presenta en las lavas andesíticas y también en algunos diques tardíos.

4.5.4 Argílica

Esta alteración es típica en los bordes externos, está muy bien desarrollada al NW y SW del depósito. Asimismo, es una alteración típica de diques tardíos, que se observan en profundidad en algunos taladros.

La matriz está compuesta de caolín, dickita y montmorillonita, en muchos casos es de color gris plomiza por efecto de contener sulfuros de grano muy fino (pirita fina). La textura porfírica está preservada en la mayoría de casos, y los fenos han sido alterados a caolín.

4.5.5 Fílica

Esta alteración tiene una distribución amplia en el área central de Kupfertal (1x 0.8km) no es reconocida en superficie y sólo se observa en taladros a partir de el nivel 3750m aproximadamente, esta alteración puede llegar a tener hasta 300 m de espesor y está sobreimpuesta a una temprana alteración potásica, en muestras al microscopio se observa relictos de biotitas reemplazados por sericita, pirita, leucoxeno y cuarzo.

Esta alteración se desarrolla en rocas volcánicas de grano fino (<2mm), la roca es aparentemente una andesita fina con relictos de plagioclasas y biotitas primarias. A diferencia de otros tipos de alteración, ésta destruye gran parte de la textura original de la roca, por lo que ha sido importante el estudio de secciones delgadas, como ayuda para determinar la roca original.

Mineralógicamente la zona fílica está caracterizada por un ensamble de cuarzo-sericita, con algo de arcillas como la caolinita que casi siempre está presente en este ensamble. En muchas muestras microscópicas se observa que la biotita está siendo reemplazada por sericita que casi siempre esta acompañada de leucoxeno o titanita. Algunos minerales accesorios como el rutilo y la anhidrita son observados pero no son comunes. Entre los minerales opacos destacan principalmente: pirita, covelita, calcopirita, molibdenita y digenita la cual es muy rara.

La sericita ocurre generalmente diseminada en la matriz de la roca; es un típico producto de alteración de los feldespatos, a los cuales generalmente seudomorfiza.

4.5.6 Argílica Intermedia

Esta alteración no es muy extensa y generalmente es una gradación entre la alteración fílica y la potásica. Se observa sólo en taladros, inmediatamente debajo de la alteración fílica.

El nivel más alto que alcanza esta alteración es 3400msnm, tiene un espesor de 200m aproximadamente, ha sido observada en un área de 600x400m.

Está compuesta por ensamble cuarzo-illita-clorita-caolinita; esta alteración se sobreimpone a la alteración potásica (T. Thompson, 2001) y es transicional entre la alteración potásica y fílica. Contiene mineralización similar a la alteración potásica a excepción de un mayor incremento de pirita; siendo los minerales principales: pirita, calcopirita y magnetita que en muchos casos ha sido alterada a hematita.

La alteración argílica intermedia también se encuentra desarrollada en la secuencia volcánica de composición andesítica. Es típica la coloración verdosa en este tipo de alteración.

4.5.7 Potásica

Este tipo de alteración no aflora en Kupfertal y sólo ha sido reconocida en los logueos de los taladros de perforación diamantina, en 3 taladros, que abarcan un área de 500 x 300m se ha reconocido la alteración potásica en diferentes grados de intensidad y sólo en un taladro esta bien desarrollada, lo que nos indica que hacia el lado Oeste de la zona perforada se incrementa la intensidad de la alteración potásica, evidenciada en un mayor porcentaje de biotita secundaria, dándole a la roca una coloración parda oscura.

El nivel más alto que alcanza esta alteración en Kupfertal es aproximadamente 3350m, unos 500m aproximadamente debajo de la topografía más baja en el área de Kupfertal, mostrándonos un sistema relativamente profundo.

La alteración potásica se ha desarrollado en las secuencias volcánicas andesíticas de grano fino y en la secuencia sedimentaria donde la biotita se encuentra diseminada y en venillas.

La alteración potásica, está caracterizada por la presencia de biotita secundaria finamente diseminada y en venillas. En muestras microscópicas se ha podido observar a estas venillas cortando a las plagioclasas (albita), la hornablenda como constituyente primario ha sido remplazado por este tipo de biotita (T. Thompson, 2001), la presencia de feldespato potásico es muy escasa.

Otros minerales secundarios reconocidos de la zona potásica son : sericita, vivianita y entre los opacos: pirita, calcopirita, magnetita y molibdenita.

4.6 TEXTURA “GUSANO” Y SU RELACION CON UN SISTEMA PORFIRITICO

En varios afloramientos y en taladros diamantinos aparece una textura de alteración muy peculiar, a la cual llamamos “patchy” o gusano.

Es una textura de formas o parches irregulares blanquecinos dentro de una matriz silíceo gris clara, estos parches lo conforman mayormente pirofilita, alunita, caolinita y diaspora. Aparentemente la sílice en la matriz de la textura “patchy” aparece como recristalizada en parte. (J. Oederkirk, 2000)

La textura patchy tiene características gradacionales y puede ser dividida en grados de intensidad, como “patchy” 1 cuando la textura de la roca está todavía preservada, y “patchy” 2,3 donde la textura de la roca está casi completamente destruida. En algunos casos se pueden observar “fantasmas de cristales”. En general la alteración “patchy” es texturalmente destructiva.

La textura “patchy” está asociada con una lixiviación ácida extrema, con alteraciones como alunita o pirofilita-diaspora, ocurre a cientos de metros arriba o lateralmente de algún pórfido Cu-Au. (L. Gustafson 2000).

Aparentemente una intensa alteración “patchy” se forma encima y periféricamente en el tope de posibles pórfidos en el distrito minero de Yanacocha. Posiblemente durante el emplazamiento de un pórfido no muy profundo la textura original de la roca volcánica fue destruida por una alteración de sílice “patchy”. Tempranos eventos de silicificación en la roca, parecen haber sido sobreimpuestos por la textura “patchy”.

Cerca de San José en los niveles topográficos altos la textura “patchy” está todavía limitada y restringida a estructuras, aparentemente proximal a centros intrusivos.

Posiblemente en el contacto de los volcánicos y un intrusivo hay una zona de transición de alteración donde se habría formado la textura “patchy”.

Asimismo, esta textura también puede indicar intrusiones tardías y esto no tendría relación con sistemas tipo pórfido. También se han observado este tipo de ejemplos en otros lugares en el distrito.

En un sentido genético la “patchy sílica” puede ser una conexión o transición entre la sobre imposición de un sistema de alta sulfuración y el ambiente porfirítico.

4.7 TIPOS DE VENILLAS

En Kupfertal se ha reconocido diferentes tipos de venillas, tanto en afloramiento como también en taladros, asimismo se ha podido identificar diferentes etapas de venilleo.

4.7.1 Venillas “pseudo A”

Estas venillas han sido reconocidas en superficie, en la topografía mas baja en Kupfertal, 3815msnm. En profundidad pueden llegar hasta el nivel 3700msnm.

Estas son venillas de cuarzo de formas muy irregulares, posiblemente se habrían formado en un ambiente muy dúctil, son mucho mas irregulares que las típicas venillas “A”, tienen una textura fina equigranular de cuarzo, no son planares y existe una aparente gradación entre la textura gusano(patchy) y estas venillas.

La secuencia volcánica inferior consistentemente en(lavas andesititas), ha sido fuertemente afectada por este tipo de venilleo. Fueron desarrolladas en una alteración potasica, la cual ha sufrido una fuerte sobreimposición de otras alteraciones. Es típica la alteración argílica avanzada con este tipo de venillas. Se ha podido observar microscópicamente calcopirita muy poca bornita y anhidrita(L. Gusftanson, 2000).

4.7.2 Venillas “A”

Estas venillas se presentan como una transición entre las venillas “pseudo A”(wormy), son observadas mas claramente a partir del nivel 3700msnm, y están afectando a las lavas andesíticas hasta en un % del volumen total de la roca. También han sido reconocidas en el intrusivo de granodiorita pero en un porcentaje muy bajo hasta 1%.

Son venillas de cuarzo, de textura fina equigranular. En Kupfertal estas venillas tienen diseminación de otros minerales eventualmente diseminados a través de la venilla, tales como calcopirita y bornita(L. Gusftanson, 2001). No son típicas las venillas simétricas, algunas venillas pueden tener una línea central porosa, pero esto no es común en Kupfertal, asimismo es imposible poder ver algún halo (feldespato-K) característico de estas venillas, como sabemos la roca caja que alberga estas venillas ha sufrido una fuerte sobreimposición de alteración argílica avanzada a filica.

4.7.3 Venillas “KB”

Estas venillas no son comunes en Kupfertal, solo se ha podido reconocer en algunos taladros diamantinos, aparentemente son mas tardías que las típicas venillas “A”, estas venillas cortan a las venillas “A”.

Son venillas de cuarzo de grano grueso de forma columnar, tienen una línea central la cual está siendo rellenada en algunos casos por pirita, a diferencia de las clásicas venillas “B” descritas en El Salvador por Lewis Gustafson las cuales siempre tienen molibdenita, las venillas “KB” en Kupfertal no tienen molibdenita (Lew Guftanson , 2001).

4.7.4 Venillas “D”

En Kupfertal estas venillas están mejor desarrolladas debajo del nivel 3350m en la zona de alteración argílica intermedia.

Son venillas mayormente de pirita, en algunos casos con calcopirita, tienen un halo de sericita o sericita-clorita y también pueden tener halos de caolinita. Estas venillas son tardías y casi siempre están cortando a las otras venillas tales como las de tipo “A”, “B” o wormy.

4.8 GRADACION DE TEXTURA GUSANO(patchy) – VENILLAS “PSEUDO A”(wormy) - VENILLAS “A”

En el área de Kupfertal se puede distinguir una gradación entre la textura “patchy” a venillas de cuarzo “pseudo A” las cuales tienen formas muy irregulares, para luego gradar aparentemente a un típico vetilleo de cuarzo del tipo “A” donde las vetillas son más rectas. En Kupfertal las venillas “wormy” se encuentran en una alteración argílica avanzada con sulfuros como piritita, covelita, calcosita, con menor contenido de enargita.

Existe una transición entre la textura “patchy” y las vetillas tipo “A” aparentemente en esta transición se habrían formado las venillas “pseudo A” (wormy), en Kupfertal esta zona de transición tiene unos 150 m. de espesor aproximadamente (Figura 8).

Es posible que las venillas “wormy” fueron formadas por silicificación selectiva de una matriz de textura “patchy” incompletamente silicificada. Asimismo las venillas “wormy” tienen una textura granular, muy parecidas a las venillas “A”, pero esto es sólo una hipótesis siendo necesario un estudio más detallado en este punto.

Las venillas wormy podrían ser una indicación de venillas “A” no muy profundas y que previamente tuvo una alteración “patchy”.

Asimismo, existe una superposición y truncamiento de las venillas “wormy” por las típicas venillas “A” las cuales son similares a las descritas en el Distrito de El Salvador por Lew Gustafson. Esta superposición se puede observar en varios taladros diamantinos en Kupfertal (Figura 9), posiblemente el vetilleo “wormy” se formó un poco antes y paralelamente a las venillas “A”, asimismo se ha observado vetillas “wormy” cortadas por vetillas del mismo tipo, lo raro ha sido observar a estas cortadas por las vetillas “A”.

Gradación Textura “patchy”- Venillas “wormy” - Venillas “A”

Taladro - CLL-5

Textura gusano(patchy)

@12m, 0.49%Cu,
0.13g/t Au

Venillas “Wormy”

@25m, 0.75%Cu, 0.22g/t
Au

Venillas “A”

@280m, 0.32%Cu,
0.19g/t Au

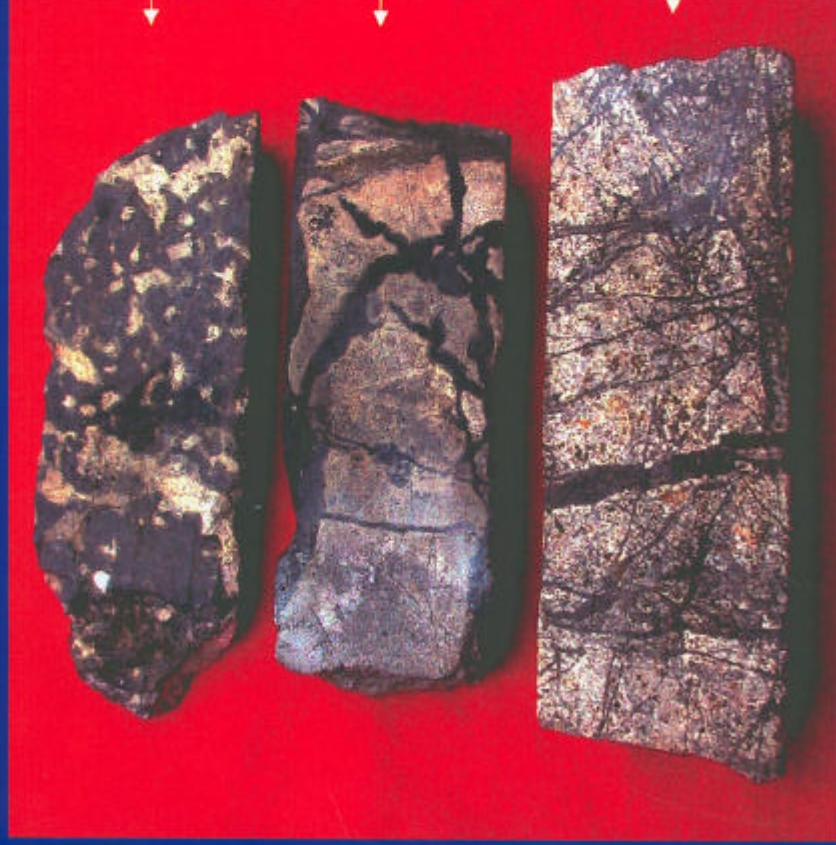


Figura 8

Gradación Textura "patchy" – Venillas "wormy" – Venilla "A"

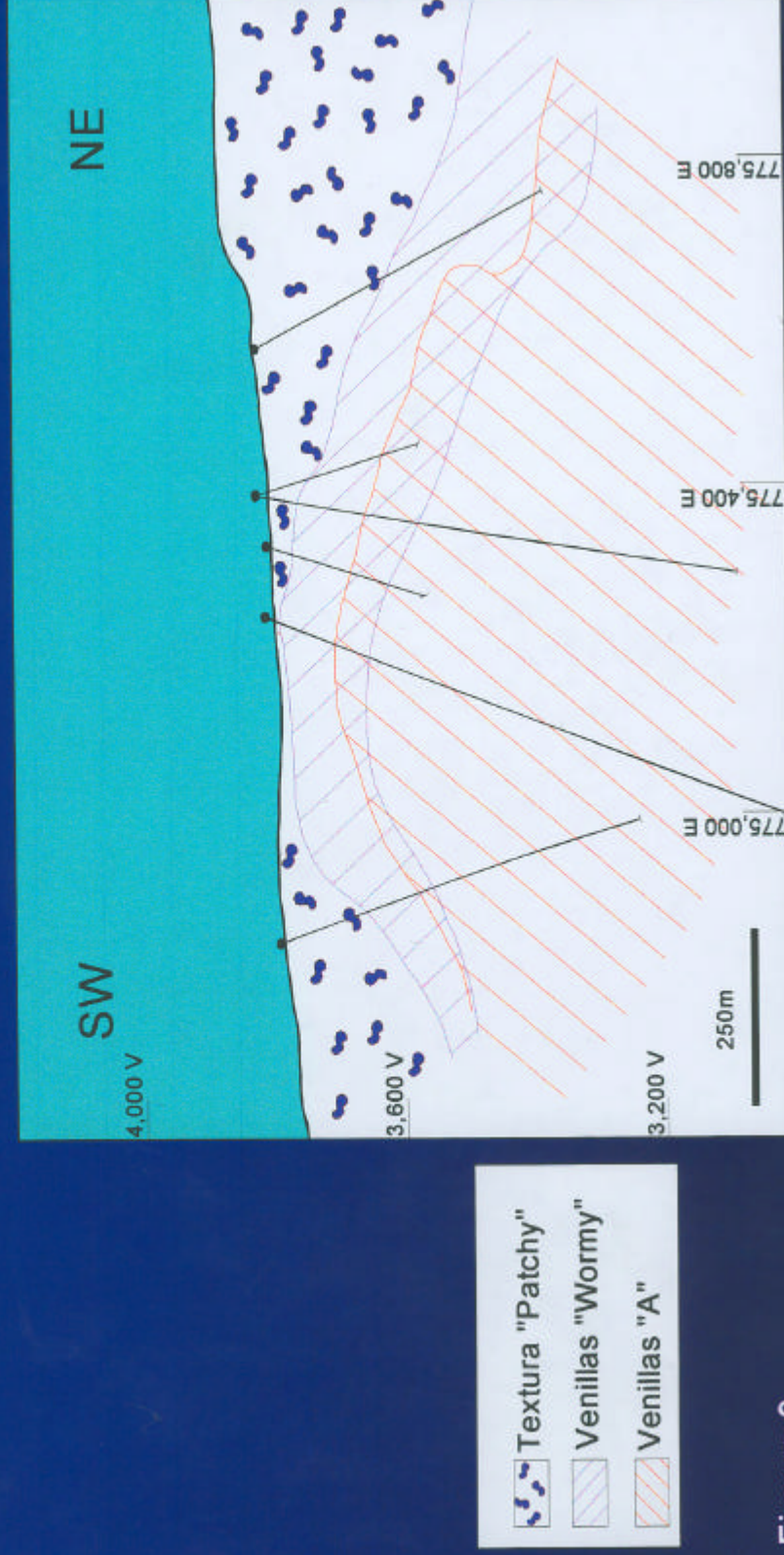


Figura 9

4.9 MINERALIZACIÓN

La mineralización en Kupfertal está constituida predominantemente por sulfuros primarios que se albergan en la roca volcánica y en menor proporción en la roca sedimentaria. Asimismo, es típica de los depósitos de cobre porfírico, descritos en el clásico trabajo de Lowell y Gilbert (1970), con una distribución zonal aparentemente concéntrica.

El modo de ocurrencia de la mineralización es diseminada y en vetillas, la cual se encuentra tanto en las vetillas de cuarzo como en la matriz de la roca; tiene una relación con la alteración hidrotermal.

La mineralización hipógena se ha emplazado en diferentes etapas, como en la alteración hidrotermal aquí también existe sobreimposición de mineralización.

El principal control de mineralización es la alteración potásica que alberga el mayor contenido de mineralización de Au- Cu, 0.3%-0.4% Cu y 0.6 g/t Au - el cual aun no es económico - seguido por la alteración filica donde el contenido de oro es mucho menor 0.2 g/t, asimismo también existe un fuerte control estructural.

El enriquecimiento secundario es muy restringido. Ocurre parcialmente en los primeros 100 m de profundidad, ocasionalmente profundiza de 100 a 350m a estas profundidades solo está confinado a zonas estructurales.

4.9.1 Mineralogía

En Kupfertal se ha podido reconocer diferentes minerales correspondientes a los del tipo metálicos y no metálicos, en base a su importancia se ha dado el siguiente orden:

Minerales Metálicos

Principales : covelita, calcopirita, magnetita, oro
Secundarios : pirita, enargita, calcosita, galena, esfalerita, molibdenita, bornita (muy rara).

Minerales No Metálicos

Principales : cuarzo, sericita, biotita, clorita, pirofilita, alunita
Secundarios : Caolín, leucoxeno, diáspora, monmorillonita
Accesorios : Rutilo, anhidrita, hornablenda, plagioclasa.

En Kupfertal la mineralización hipógena en sulfuros, al igual que la alteración, evidencian un zoneamiento en su distribución gradando desde

pirita con enargita y covelita en los niveles más altos hacia pirita y calcopirita a mas profundidad.

El nivel más alto perforado en Kupfertal a 3815 msnm, ha desarrollado una alteración argílica avanzada. Tiene como minerales de sulfuros de cobre característicos en esta alteración: pirita, covelita, enargita, +/-calcosita en orden de abundancia, estos minerales se han observado en las venillas de cuarzo como también en la matriz de la roca; esta zona tiene bajos contenidos de oro entre 0.1 y 0.2 g/t Au.

En la alteración Fílica los sulfuros típicos son la pirita, covelita y trazas de calcopirita.

En la alteración argílica intermedia y potásica es típica la presencia de calcopirita en mayor porcentaje que la pirita. Se ha observado trazas de bornita (L. Gustafson, 2000). Apparently el oro se encuentra asociado a la calcopirita (J. Odekirk, NMS; 2000).

4.9.2 Paragenesis

Ver figura número 10

A- Mineralización hipógena

Ambiente de porfido con bornita, calcopirita, oro, pirita y menos covelita.

B- Mineralización hipógena Tardía

Ambiente alta sulfuración
Removilización de oro y cobre
Covelita, enargita, tenantita y oro.

C- Mineralización supérgena

Lixiviación de cobre en un ambiente de oxidación. Redeposición de covelita y calcosita en un blanket formado claramente después de la enargita.

Secuencia Paragenética

	Kupfertil Baja Sulf	Baja Sulf	Alta Sulfuración	Lixiviación	Etapas de Mineraliz. Alta Sulfuración	Coding Alta Sulfura.	Enriquecim. Supergeno
Magnetita							
Calcopirita							
Bornita							
Biotita							
Silice							
Pirita							
Enargita							
Galena							
Esfalerita							
Covelita							
Molibdenita							
Oro							
Clorita							
Pirofilita							
Sericita							
Alunita							
Diaspora							
Caolinita							
Azufre Nativ.							
Digenita							
Calcocita							

Figura 10

4.10 GEOFISICA

Las campañas de geofísica realizadas después de 1999 fueron realizadas con el objetivo de determinar la presencia de anomalías geofísicas relacionadas a ambientes porfiríticos (resistividad, cargabilidad) . Se procedió a realizar una reinterpretación de las pruebas ya existentes (Airbone Magnetic Survey y Magnetic Survey) para determinar anomalías relacionadas a sistemas porfiríticos de Cu- Au, usando modelos conocidos como Minas Conga.

Gradient IP Survey Polarización inducida

Este método de polarización inducida, caracterizado por mediciones de resistividad y cargabilidad, presenta diferentes respuestas, dependiendo del ambiente geológico a analizar.

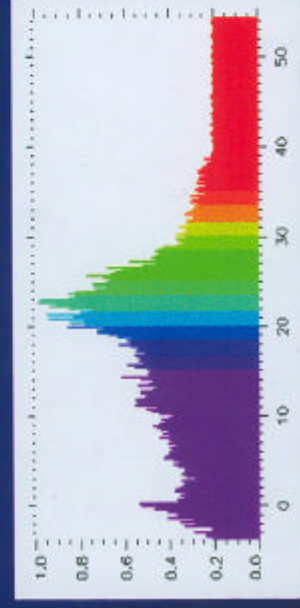
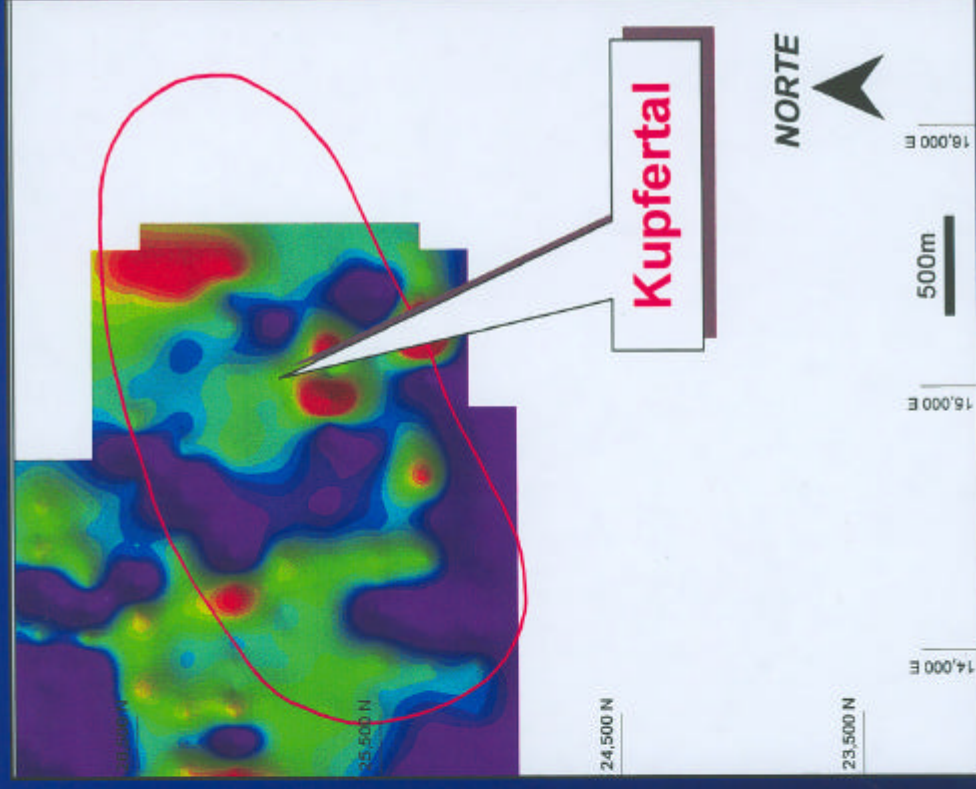
Por lo general las anomalías de baja resistividad y/o alta conductividad, son indicativas de zonas con alteración hidrotermal filica a argílica. Las anomalías de alta cargabilidad muestran zonas con mineralización de sulfuros, como piritita y sulfuros de cobre.

En Kupfertal, se procedió a realizar pruebas de polarización inducida, abarcando el área interesante ya sea por afloramientos típicos de sistemas porfiríticos (stockwork de cuarzo) y buenas anomalías geoquímicas de Cu-Au determinadas en superficie. En esta área se realizaron 4 líneas de las cuales 1 está localizada paralela a la Quebrada Encajón y tiene una distancia de 2 km. y 3 líneas transversales a esta, las cuales están partiendo de la parte central de la quebrada con 1 km. de longitud cada una y espaciadas cada 200m.

Este estudio dio como resultado una gran área con baja resistividad que correlaciona muy bien con los taladros diamantinos perforados en el área los cuales tienen alteraciones hidrotermales que van desde argílica a filica. Asimismo, se identificaron algunas zonas con alta resistividad localizadas en los bordes del área interesante, las cuales correlacionan muy bien con los afloramientos que tienen pequeños sistemas tipo ácido sulfato con fuerte silicificación.

Este estudio también evidenció varias zonas con cargabilidad alta >20 msec, (Figura 11), que podrían correlacionar muy bien con más de un halo pirítico, la mayoría de estas zonas de alta cargabilidad han sido perforadas, comprobándose con el contenido de piritita de 10% a 20%, el contenido de sulfuros de cobre es menor al 1%, por lo que se sugiere que el área perforada está localizada en los bordes de un Sistema Porfirítico de Cu – Au y las zonas con alta cargabilidad serían partes de un halo pirítico. Sin embargo todavía no han sido chequeadas algunas de estas anomalías de alta cargabilidad, por lo que no se descarta que algunas de estas anomalías puedan indicar zonas con altos contenidos de sulfuros de cobre.

Plano Geofísico – Gradiente IP/Cargabilidad



msec

Figura 11

Magnetometría aerotransportada

Este método geofísico define zonas anómalas asociadas a magnetita, principalmente con alteración potásica y propilítica, diferenciándola de zonas con alteración fílica a argílica donde la magnetita se encuentra destruida o alterada.

En Kupfertal existe una anomalía magnética moderada a alta (≥ 150 gammas) en un trend E-W abarcando un área de 2 km. x 1.5 km. en Kupfertal. Está abierta hacia el Oeste (Figura 12). Esta anomalía está siendo bordeada por la textura "patchy" mencionada anteriormente, como también por los depósitos de oro del tipo ácido sulfato San José, Yanacocha, Carachugo y El Tapado, se encuentran formando un aparente halo alrededor de esta anomalía indicando un posible pórfido en el centro de esta anomalía.

Plano Geofísico - Magnético de Aire

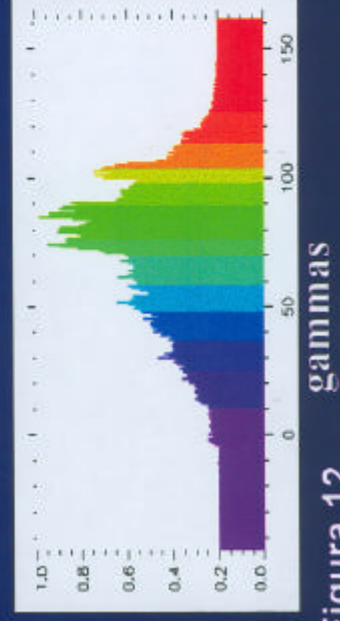
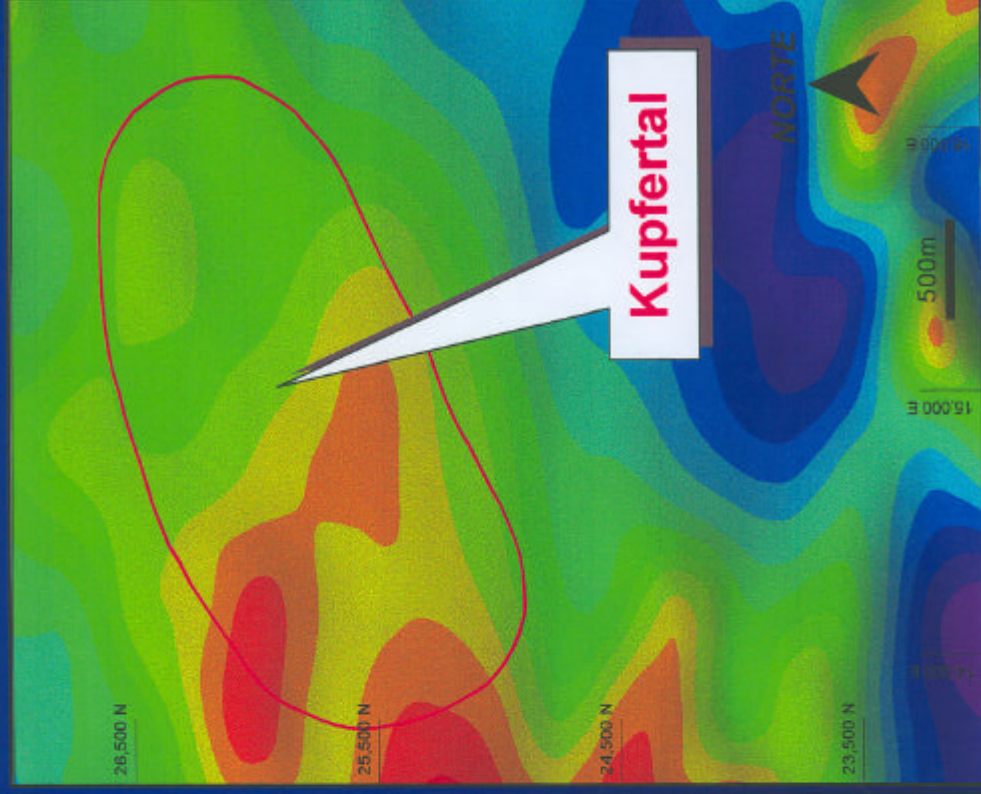


Figura 12

4.11 GEOQUIMICA

La geoquímica de rocas es considerada como una de las herramientas más importantes en la ubicación de anomalías metálicas de Au, Ag, Cu, etc.

Con la finalidad de definir blancos para descubrir un depósito económico tipo porfido de Cu-Au, se ha realizado un muestreo sistemático superficial, asimismo han sido analizados algunos taladros diamantinos ubicados en el área de Kupfertal pertenecientes a otros proyectos que se encuentran dentro del área, los cuales han sido analizados por diferentes multielementos, ya que en la mayoría de casos solo existían análisis por Au y Ag.

4.11.1 Superficie y Taladros Diamantinos

En el área de Kupfertal anterior al año 1999 existía un muestreo de superficie parcial, el cual solo abarcaba áreas de antiguos proyectos como San José, Yanacocha, Carachugo, etc. La zona con los mejores afloramientos, esto es en la Quebrada Encajón y el área circundante a esta, tenía un escaso muestreo superficial. Asimismo, la mayoría de los muestreos anteriores a 1999 estuvieron enfocados a localizar anomalías vinculadas a depósitos de alta sulfuración, por lo que en la mayoría de casos sólo se hicieron análisis por elementos correlacionables a este tipo de depósito como son Au, Ag, As y Hg.

Debido a todo esto y a la importancia de tener un estudio geoquímico detallado, se programó un muestreo superficial sistemático.

Estos muestreos fueron lineales y se han realizado en dos tipos de mallas, 100 x 50m en rombo y 100 x 100m en cuadrado.

Todos los datos obtenidos han permitido efectuar diferentes modelamientos de isovalores geoquímicos.

Paralelamente al muestreo superficial, se realizó un muestreo de los taladros diamantinos perforados anteriormente por otros proyectos, ubicados dentro de el área de Kupfertal. Asimismo, en el programa de perforación diamantina para este proyecto, todos los taladros diamantinos que fueron perforados, fueron analizados por diferentes multielementos.

Distribución del oro

La distribución del oro en superficie permite delinear los yacimientos de oro conocidos como son Yanacocha, Tapado, San José, Chaquicocha, Carachugo, formando un halo exterior hacia un posible sistema porfirítico Cu-Au en el centro (figura 13).

La geoquímica de superficie permite definir anomalías > 100ppb Au que correlacionan bien con estructuras NW y NS. Estas anomalías bordean el área perforada en Kupfertal. Asimismo, existe una fuerte anomalía de hasta 1g/t Au relacionada a una zona con fuerte concentración de venillas de sílice - alunita, de dirección N60°W relacionada a la falla Baúl.

Plano de Isópacos - Oro

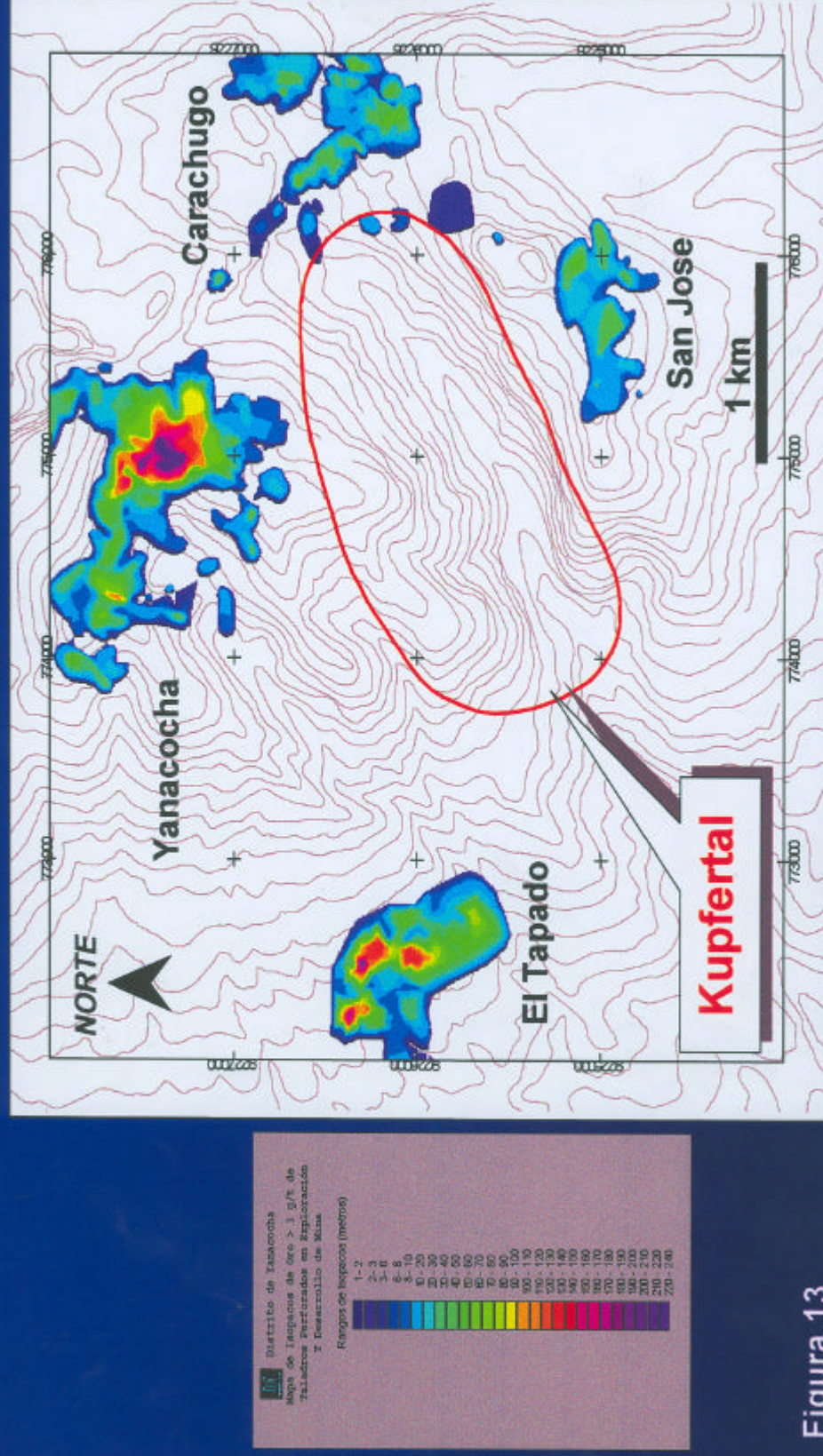


Figura 13

En los taladros el oro se incrementa en el nivel 3400 aproximadamente coincidiendo con las alteraciones argílica intermedia, potásica con leyes de 0.4– 0.8 g/t Au.

Distribución del cobre

La geoquímica del cobre está relacionada a la elevación, los altos valores de cobre están restringidos a bajos topográficos, en Kupfertal el área con mejor anomalía de cobre es la quebrada Encajón en la que se encuentra los afloramientos de stockwork de cuarzo con sulfuros de cobre; asimismo existen zonas estructurales con anomalías de cobre hasta 2% Cu.

El cobre en los taladros está mejor enriquecido en la alteración argílica avanzada con valores de 0.4 a 0.6%, disminuye considerablemente a partir del nivel 3550msnm con valores menores a 0.3% Cu.

Distribución del molibdeno

Las anomalías de molibdeno(10->1000 ppm) conforman un anillo de 2.5 x 1.5km , el cual coincidentemente está limitado por los depósitos de oro tipo ácido sulfato conocidos (Figura 14). Asimismo, coincide con el limite Este de un intrusivo definido por el estudio de magnetometría.

El molibdeno esta presente donde el cobre y el oro están enriquecidos y coincide con el área de textura “patchy”.

Distribución del arsénico

Las anomalías de arsénico (20 ->1000 ppm) ocurren en topografías altas y correlacionan muy bien con los depósitos tipo de ácido sulfato. Asimismo, en Kupfertal el arsénico ocurre dentro de la alteración argílica avanzada con presencia de enargita diseminada en la matriz.

En profundidad este elemento desaparece a partir del nivel 3550 msnm aproximadamente, coincidente con la aparición de la alteración argílica intermedia.

Distribución del manganeso

En Kupfertal el contenido de manganeso se incrementa en la zona potásica a argílica intermedia; en el nivel 3450 conjuntamente con el incremento del oro . No evidencia anomalías en superficie.

Geoquímica de Superficie - Molibdeno

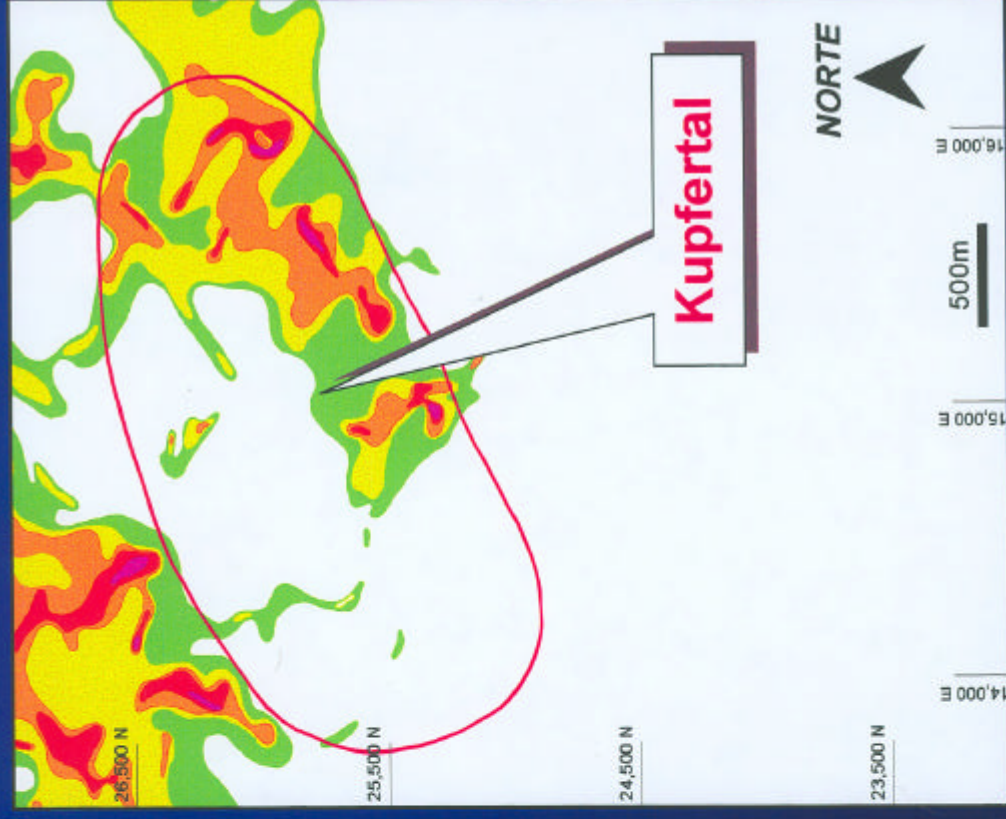


Figura 14

Distribución del vanadio

El vanadio se incrementa en profundidad en la zona parcialmente potásica, donde tiene un promedio de 50ppm, y coincide con el incremento de manganeso.

Asimismo, en superficie existe una anomalía muy clara >25 ppm, de dirección N60W(falla Baúl), mucho más clara en el área de San José, la cual se extiende a lo largo de la falla hasta el área de Kupfertal sobre la Quebrada Encajón.

Distribución del fósforo

Este elemento tiene anomalías en superficie , aparentemente similares a las de vanadio, a lo largo de la falla Baúl(N60W), con anomalías > 100ppm, que son mas evidentes en el área de San José , pero que se extienden hasta el área de Kupfertal.

En profundidad aparece a partir del nivel 3400 msnm, con una anomalía de 1000 ppm aproximadamente, y está localizada en una alteración parcialmente potásica.

4.12 PERFORACIÓN DIAMANTINA

En Kupfertal a la fecha se ha realizado dos campañas de perforación diamantina: totalizando 34 taladros diamantinos, los que están cubriendo un área de 2 x 1.8 Km.

4.12.1 Primera Campaña de Perforación Diamantina

Esta primera campaña exploratoria se realizó en los años de 1999 y 2000. En esta campaña se perforaron 4 taladros diamantinos profundos. Asimismo, se perforaron 21 taladros diamantinos cortos los cuales tienen un promedio de profundidad de 30m. Estos últimos tuvieron como objetivo conocer la extensión de la zona con venilleo de cuarzo, con venillas tipo “wormy” o venillas “A”.

La campaña de perforación diamantina de 4 taladros diamantinos profundos tuvo los siguientes objetivos:

- Localizar un sistema tipo pórfido Cu- Au, por las evidencias geológicas encontradas en superficie fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork.
- Definir la extensión, vertical y lateral de esta área.
- Comprender los patrones geológicos que controlan la mineralización.
- Entender la gradación entre un sistema de alta sulfuración y un sistema de Pórfido Cu-Au.
- Explorar algunos blancos de alta cargabilidad (posibles zonas con fuerte contenido de sulfuros de cobre).

Después de esta campaña de perforación diamantina, fue necesario continuar esta fase exploratoria, debido a que no se encontró un depósito económico de Cu-Au.

4.12.2 Segunda Campaña de Perforación Diamantina

La segunda campaña exploratoria del año 2001, consistió en 9 taladros diamantinos profundos y tuvo los siguientes objetivos:

- Localizar un sistema de Pórfido Cu- Au. económico y cerca de superficie.
- Identificar nuevas zonas potenciales (anomalías geofísicas) en los alrededores.
- Determinar patrones geológicos que estén relacionados con la mineralización.
- Localizar el centro de mineralización , ya que los taladros diamantinos perforados durante la primera campaña indicaban el borde de el sistema (alteración fílica a argílica intermedia), con leyes subeconómicas.

- Definir la zona con enriquecimiento secundario parcial (covelita-calcosita), cerca de superficie.

Resultados:

- Se confirmó la presencia de una gradación en alteración y mineralogía típica de un Sistema Porfido Cu- Au.
- Se confirmó la existencia de mineralización Au- Cu , pero en profundidad.
- Se reconoció un incremento de calcopirita hacia el suroeste del área perforada; por esto existe un blanco en dicha zona.
- Se identificó el basamento sedimentario a los 750m. de profundidad aproximadamente, con alteración potásica parcial.

La figura 15, es un mapa que muestra los taladros diamantinos con leyes de cobre (%) y oro (ppm). Se observa que la mineralización se incrementa hacia el SO y al Sur, siendo posible que continúe en estas direcciones, pudiendo tener en estas zonas leyes más altas en cobre como en oro.

Mapa de Taladros Diamantinos

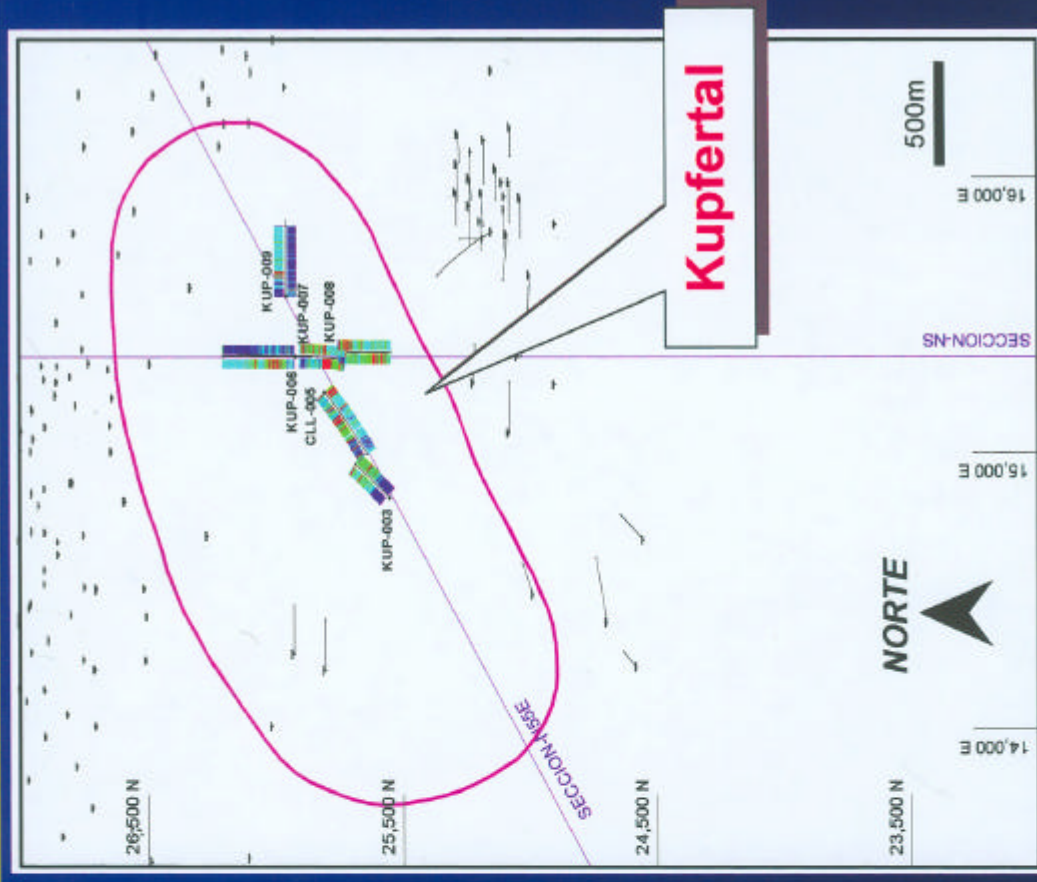


Figura 15

4.13 SECCIONES GEOLÓGICAS

La interpretación geológica se hizo teniendo como base el mapeo litológico, estructural y de alteraciones , pero principalmente con la información obtenida por los taladros diamantinos. Asimismo, se correlacionó con la interpretación geofísica. A continuación se describe dos secciones representativas en el área Kupfertal, que muestran el sistema de alta sulfuración con oro que se encuentra en los bordes y en el tope de un Sistema de porfido Cu-Au (Kupfertal).

Sección Geológica Este (N-S) (Figura 16)

Esta sección esta cruzando el área de San José, la Quebrada Encajón y finaliza al norte al sureste de la mina Yanacocha Sur. Esta sección tiene una dirección Norte- Sur.

La litología similar a la sección anterior está conformada por diferentes flujos volcánicos explosivos y efusivos, a diferencia de la sección anterior, esta sección muestra el área de San José con las típicas unidades piroclásticas con oro, y con alteraciones típicas de un sistema de alta sulfuración (sílice masiva, sílice granular, sílice vuggy). Debajo de este nivel y al sur de San José se observa una gradación en la alteración con la presencia de la textura “patchy” la cual ha sido reconocida en el nivel mas profundo del área de San José que se extiende hacia el área de Kupfertal.

En esta sección solo se han reconocido algunos diques tardíos que están cortando el sistema.

Asimismo, hacia el Norte de esta sección el sistema es mas débil con disminución del vetilleo de cuarzo y también no se evidencia la presencia de la alteración potásica. Sin embargo al sur de esta sección las leyes de cobre y oro se incrementan con la presencia de la alteración potásica que todavía es parcial.

Sección Geológica N-S



Figura 16

Sección Geológica Central (N 55° E) (Figura 17)

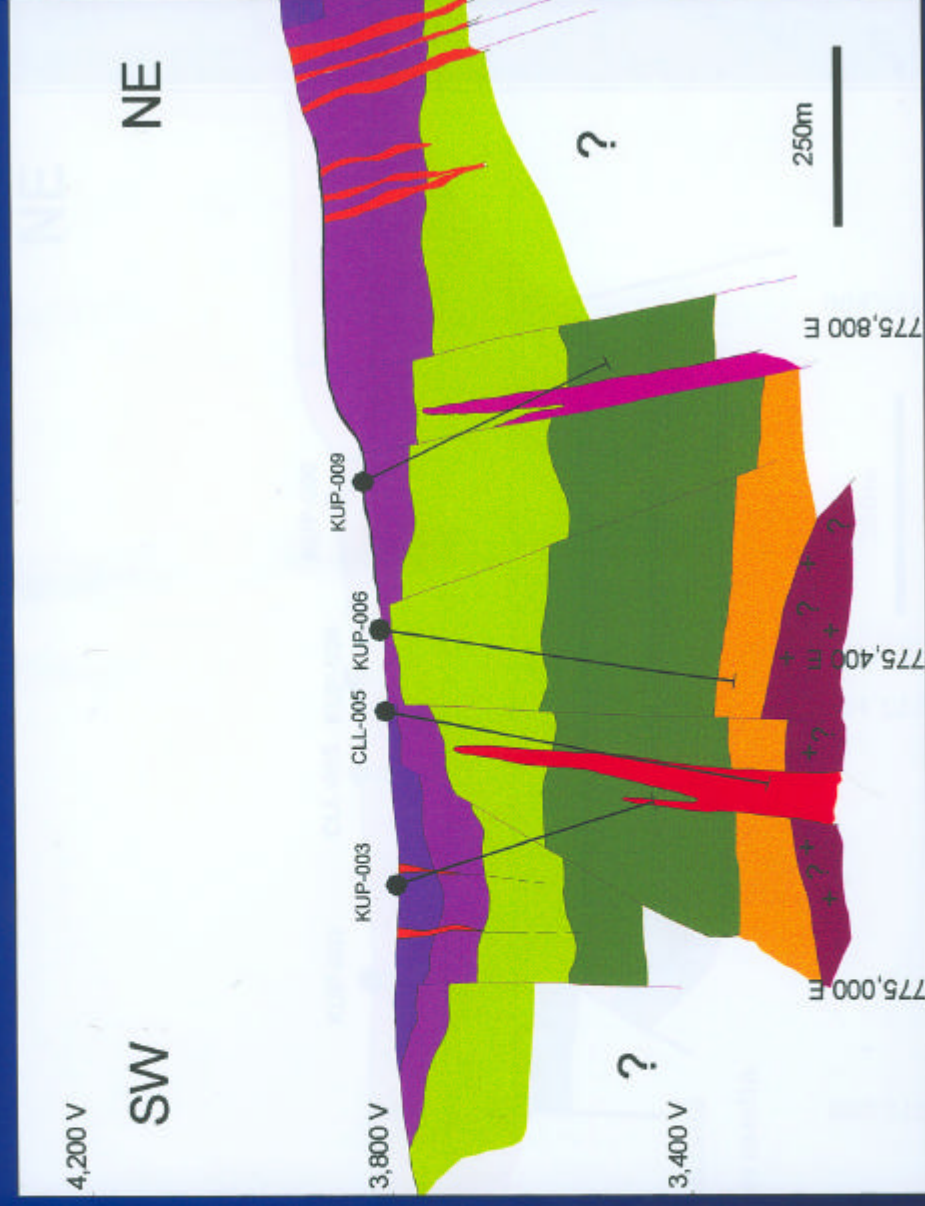
Esta sección está localizada a la largo de la quebrada donde está aflorando un fuerte stockwork de cuarzo. Se aprecian diferentes fallas normales, siendo la principal la falla Baúl(N60°W) y otras fallas que formaron horst y graben.

Como se muestra en la sección , Kupfertal está conformado por diferentes flujos volcánicos, teniendo en el tope y en los bordes rocas piroclásticas, afectadas por brechas hidrotermales que tuvieron un comportamiento subvertical y que posiblemente son conductores de la mineralización dentro del sistema de alta sulfuración. Debajo de estas rocas se encuentran flujos de lavas de composición andesítica, en el nivel más profundo conocido y debajo de estas lavas andesíticas se encuentra una secuencia sedimentaria arenosa. Estas secuencias tienen alteraciones típicas de un sistema Pórfido Cu-Au, originadas a partir de un intrusivo temprano , el cual todavía no ha sido reconocido y es muy probable que se encuentre en un nivel más profundo. Asimismo, hay intrusiones tardías estériles, que están cortando a las unidades anteriormente mencionadas.

Todas estas rocas han sufrido alteraciones hidrotermales tempranas como la típica alteración potásica (Figura 18) , la cual tiene una sobreimposición de alteración como argílica intermedia en el nivel más profundo, pero también fílica y hasta argílica avanzada dentro de la textura "patchy".

Podemos observar que en la zona Oeste está incrementando el contenido de calcopirita, y la alteración potásica es más fuerte, por lo que es posible que hacia esa dirección se encuentre la mejor zona mineralizada.

Sección Geológica N 55° E



Leyenda

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|--------------|
|  | Flujo Piroclástico |  | Dique |
|  | Tufo de Cristales |  | Andesítico |
|  | Flujo de Lava Andesítico Grueso |  | Brechas |
|  | Flujo de Lava Andesítico Fino |  | Granodiorita |
|  | Roca Sedimentaria |  | Falla |
| Intrusivos | | | |

Figura 17

Sección de Alteración N 55° E

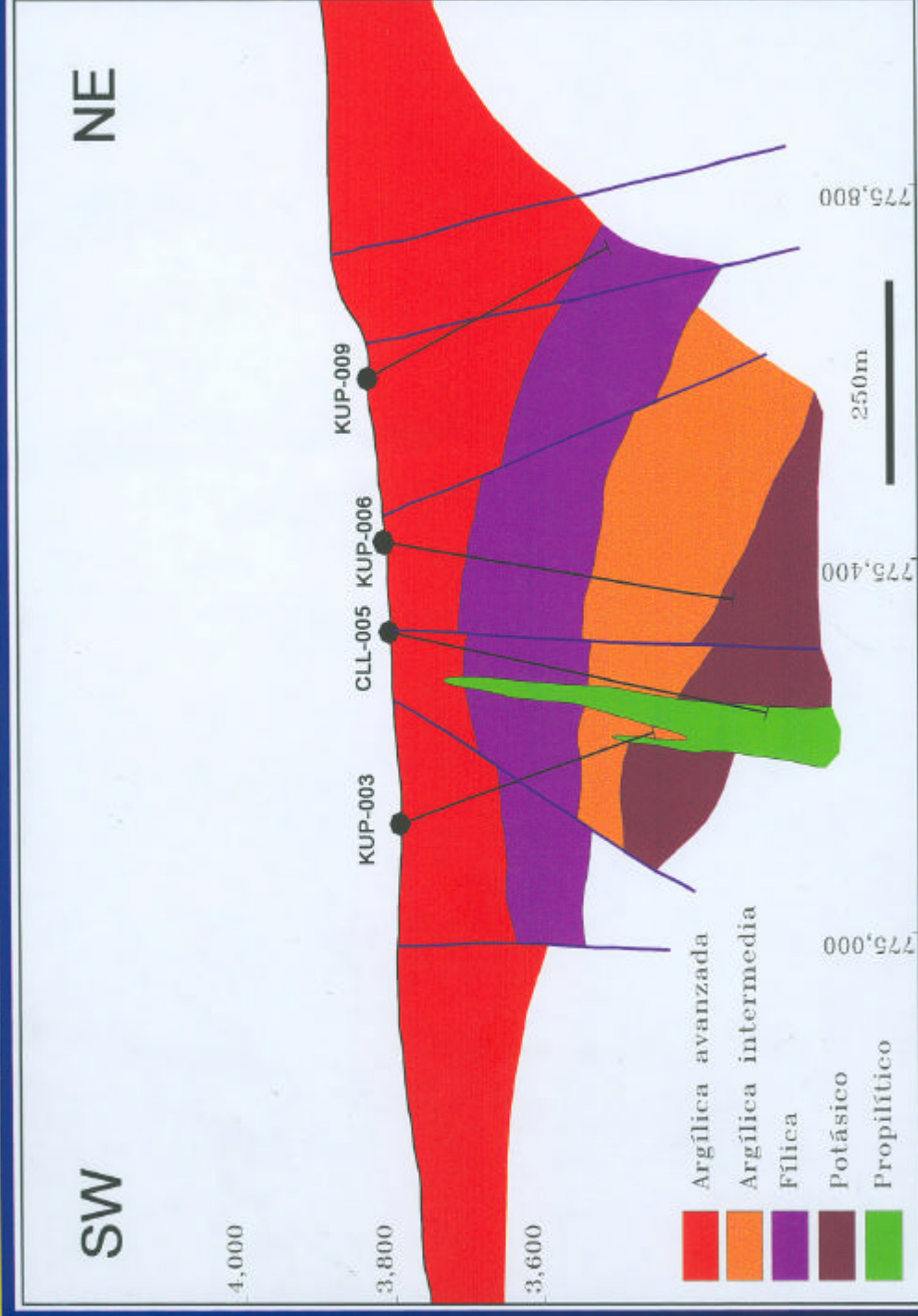


Figura 18

V- SÍNTESIS GEOECONÓMICA

5.1 MODELO GEOLÓGICO (Figura 19 y 20)

El modelo geológico ha sido definido en base a las características geológicas recopiladas en el proceso de exploración y complementadas con literatura existente.

a.-Vulcanismo inicial: Actividad magmática temprana con desarrollo de masas andesíticas, flujos de lavas, domos y rocas piroclásticas.

b.-Emplazamiento del pórfido: Originando una actividad hidrotermal temprana dando origen al vetilleo de cuarzo y la alteración potásica. Asimismo, en los niveles altos altera la roca piroclástica a una sílice masiva moderada con leyes de 0.1-0.6 g/t Au, sílice porosa debajo del nivel freático, y sílice granular encima del nivel freático.

c.-Continúa el emplazamiento del intrusivo en Kupfertal con el desarrollo de vetilleo "A", y la formación de venillas tipo "wormy" con mineralización diseminada de calcopirita y bornita. El oro y el cobre en el sistema están posiblemente relacionados a ensambles potásicos. Asimismo, este emplazamiento produce la alteración de la roca volcánica que está cubriendo el pórfido de Cu-Au dando como resultado la textura "patchy" en los niveles mas altos, sobreimponiendo a la silicificación temprana.

d.-Vulcanismo explosivo: Se produce un nuevo evento de vulcanismo explosivo, produciendo flujos piroclásticos heterolíticos, que contienen fragmentos silicificados y fragmentos de stockwork de cuarzo.

e.-Erupciones freáticas: Como el sistema continúa desarrollándose se da la interacción de magma o fluidos magmáticos calientes con aguas subterráneas frías y como consecuencia se producen múltiples explosiones y depósitos freáticos. También la zona con alteración potásica empieza a sufrir una sobreimposición de alteración argílica intermedia. Posiblemente por enfriamiento del sistema y el inicio de la introducción de el agua meteórica, posiblemente causando el desarrollo de la alteración argílica intermedia.

f.-Alteración y mineralización principal: Los fluidos invaden el sistema y son canalizados a las zonas permeables, el oro precipita con pirita, menos enargita y covelita. En este evento se

forman las brechas hidrotermales con mineralización de oro y hierro y se desarrolla mineralización diseminada en algunos horizontes permeables, originando mineralización como por ejemplo en San José. Continúa el telescopio de la ya formada alteración argílica intermedia formándose la alteración filica y luego argílica avanzada.

g.-Vulcanismo tardío: Se depositan flujos de lavas, estos flujos casi siempre no presentan alteración. Asimismo se produce el emplazamiento de cuerpos intrusivos como el Domo de Punto Negro.

h.-Emplazamientos de diques: Estos diques cortan a todas las unidades anteriormente mencionadas, tienen una débil alteración.

i.-Pulso hidrotermal final: Un evento hidrotermal final desarrolla crestones de sílice, sílice-alunita y/o sílice arcilla, a lo largo de estructuras definidas.

j.-Intemperismo y oxidación: Luego del pulso hidrotermal final, las rocas fueron meteorizadas, las partes superiores del sistema se modificaron y se produjeron oxidaciones hasta de 300m de profundidad.

k.-Glaciación: La glaciación erosiona partes del área de San José y Yanacocha; los glaciares transportan y depositan partes de estas rocas en algunas zonas del área de Kupfertal.

5.2 EVOLUCION GEOLÓGICA (Figura 21)

La evolución geológica en Kupfertal se detalla en la figura 21, y tiene una relación directa con el modelo geológico mencionado anteriormente.

Evolución Geológica de Kupfertal

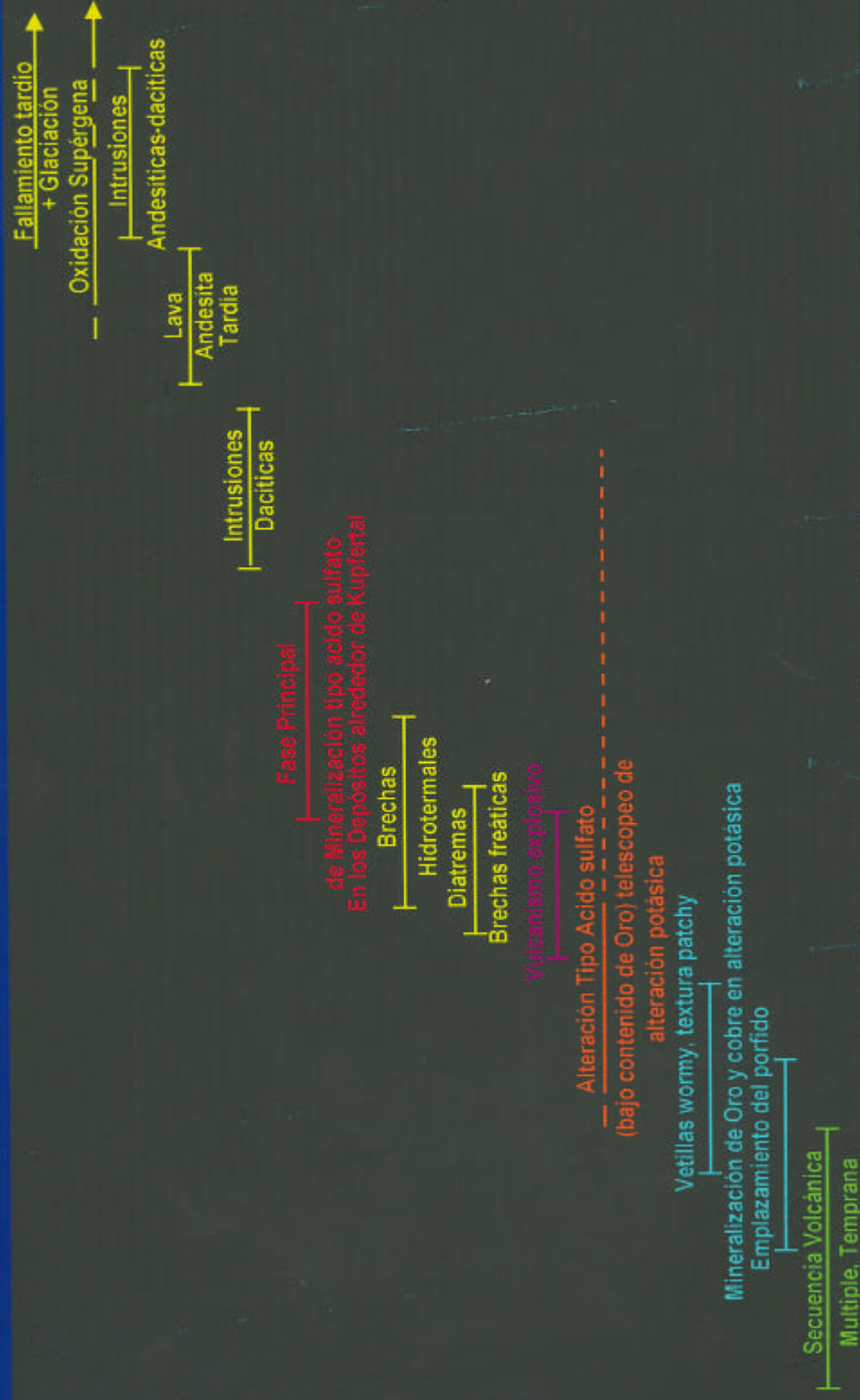


Figura 21

VI- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Kupfertal es un prospecto con características típicas de un sistema porfirítico de Cu-Au, desarrollado principalmente en rocas volcánicas las cuales han sido afectadas por este evento porfirítico Cu-Au, el cual todavía no ha sido reconocido, y es probable que esté muy profundo.

La mineralización de oro con promedio de 0.6 g/t. está controlada directamente por la alteración, argílica intermedia y potásica, sin embargo la mineralización de cobre es muy irregular e inconstante en la zona con alteración filica principalmente con leyes que pueden llegar hasta el 1%Cu, pero en promedio esta área es de 0.55%Cu, relacionada a una zona con enriquecimiento secundario del tipo hipogeo, en cambio en la zona con alteración argílica intermedia a potásica la mineralización de cobre es constante con leyes en promedio de 0.35% lo que hace de este todavía un sistema con leyes submarginales.

El pórfido de Cu- Au de Kupfertal estaría localizado debajo de las secuencias volcánicas, las cuales han sido afectadas por un fuerte venilleo de cuarzo tipo stockwork, dentro de una alteración potásica y posteriormente sufrió una sobreimposición de alteración tipo Ácido Sulfato.

Existe una clara gradación desde un sistema de alta sulfuración a otro porfirítico de Cu-Au, una gradación que es clara en la alteración y que va desde una fuerte silicificación en los niveles topográficos mas altos hacia una alteración argílica avanzada para luego gradar a una alteración filica, argílica intermedia para finalmente la típica alteración potásica , la cual solo ha sido reconocida en un taladro, similar gradación ocurre en la mineralogía, desde ensambles típicos de un sistema de alta sulfuración como pirita , covelita , enargita relacionadas a una alteración argílica avanzada a filica, y otra de minerales como clorita, calcopirita, pirita representando ensambles desarrollados dentro de una alteración argílica intermedia, para finalmente gradar a calcopirita, biotita, magnetita en la alteración potásica.

En Kupfertal los principales sistemas de fallamiento están en el trend N60°W, como la Falla Baul, la cual tiene un desplazamiento de hasta 100m del tipo normal. Asimismo existen otros sistemas paralelos a estas pero aparentemente de menos desplazamiento. Asimismo otro sistema de fallamiento de dirección N55°E, falla Encajón de movimiento sinextral. Este juego e intersección de estructuras aparentemente crearon una zona de debilidad por donde se emplazó un pórfido de Cu-Au desarrollando el Sistema en el área de Kupfertal, e hizo de esta una zona con muchos horts y grabens, el bloque mas levantado en el área es donde esta aflorando el stockwork de cuarzo.

Asimismo la geofísica ha sido una herramienta muy usada en esta área ya que existen patrones como el magnetismo alto y que estaría relacionado a la alteración potásica, de igual manera ciertas zonas en el área muestran una cargabilidad alta, de las cuales algunas ya fueron probadas y correlacionan con altos contenidos de sulfuros principalmente pirita.

6.2 RECOMENDACIONES

En los diferentes taladros perforados se evidencia el incremento hacia el oeste de una típica alteración potásica, como también el incremento de calcopirita en esa misma dirección, por lo que es necesario chequear esta zona, con la evidencia de que los taladros diamantinos perforados estarían en el borde del sistema.

En la interpretación de la geoquímica de molibdeno en superficie, se aprecia un aparente anillo de mas de 10 ppm de molibdeno, los taladros perforados están ubicados dentro de este anillo, por lo que seria necesario chequear el centro, el cual no presenta ninguna anomalía de Molibdeno, pudiendo ser el centro del Sistema Porfiritico Cu-Au.

Hacia el oeste del área perforada en Kupfertal, existe una anomalía de alto magnetismo, pero muy profunda quizás 1 km de profundidad, esta anomalía necesita ser probada.

En Kupfertal existen diferentes fallas las cuales han formado horts y grabens, hacia el oeste del graben formado por la falla Baul, existe un bloque levantado que coincide en la dirección con el incremento de alteración y mineralización, es necesario perforar en este bloque es probable poder encontrar el sistema mineralizado cerca de superficie.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAR, S., 1997 , Memorando interno para MYSRL: Report of department of gold in Maqui Maqui sulfide ore samples. Newmont Metallurgical Services.
- BENAVIDES, V. 1956. Geología de Cajamarca: Sociedad Geológica del Perú, Tomo 30.
- COBBING, J. , PITCHER , W., WILSON, J., BALDOCK, J. TAYLOR, W. MCCOURT, W. Y SNELLING, N. 1981, Estudio geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú: Instituto Geológico Minero M, Lima, Boletín 10.
- GOLDIE, Mark, 2000. A Geophysical case history of the Yanacocha gold District, Northern Peru. Newmont Mining Corporation.
- GUSTAFSON, Lewis, 2000. Memorandum Interno para MYSRL: Visit Yanacocha.
- GUSTAFSON, Lewis, 2001. Memorandum Interno para MYSRL: Yanacocha Petrography.
- HARVEY B.A., MYERS S.A., KLEIN T., 1999. Yanacocha gold district Northern Perú. PACRIM 99 Conference Proceedings.
- HEDENQUIST, Jeffrey. W., 2000. Styles of Epithermal Precious-metal Deposits and Relation to Porphyry Cu –Au Deposits.
- HEDENQUIST, Jeffrey. W., 2000. Observations from Yanacocha and Minas Conga properties, northern Perú: Relationships between epithermal and porphyry environments.
- KLEIN, T., BARREDA, J. y HARVEY, B., 1997. High Sulphidation Gold Deposits Yanacocha District Peru. Resúmenes Extendidos del IX Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú.
- KLEIN, Thomas, 2000. Yanacocha Lithology and Gold Deposits.

- LOWELL, J.D, y GUILBERT, J.M. 1970, Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper ore deposits. *Economic Geology*.
- NOBLE, D., MCKEE, E., MOURIER, T. Y MEGARD, F. 1990, Cenozoic stratigraphy magmatic activity compressive deformation and uplift in northern Peru, *Geological Society of America Bulletin*.
- ODERKIRK, J. 2000. Memorandum interno para MYSRL: Preliminary XRD Análisis of select samples of Drill core from YN-194, YS-330, YS-428, YS-353, YS-440, YS-484 and CLL-005
- PINTO, Rita y KLEIN, Thomas, 1999-2000. Reportes Mensuales Internos para Geología de Exploraciones - Yanacocha.
- QUIROZ, Andrés, 1997. El Corredor Estructural Chicama-Yanacocha y su importancia en la Metalogénia del Norte del Perú. IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial 1, 149-154.
- RIVERA, REYES L., 1980. Carta geológica nacional. Boletín N° 31. Sector Energía y Minas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. República del Perú.
- SILLITOE, Richard, 2001. Short Review of the sulfide Project, Yanacocha, Perú.
- STEVEN, T.A , y RATTE, J.C. 1960. Geology of ore deposits of the Summitville district, San Juan Mountains, Colorado: US. Geological Survey Professional paper 343.
- THOMPSON, Tommy, 2001. Petrographic Descriptions of the Kup- Series Samples, Yanacocha, Perú.
- TURNER, Stephen. J., 1997. The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Peru: High-sulfidation Mineralization in a Flow Dome Setting. Thesis submitted to the Faculty and Board of Trustees of the Colorado Scholl of Mines in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Geology). 341 p.

- WILES, 1994. Informe Interno para Newmont sobre Geofísica.
- WILLIAMS, S. 1999. Memorandum interno para MYSRL: Estudio petrográfico de Taladro CLL-05.
- WILLIAMS, S. 2000. Memorandum interno para MYSRL: Estudio petrográfico de Taladro CLL-05.
- WILSON, J., 1985. Carta geológica nacional. Boletín N° 38, Sector Energía y Minas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. República del Perú.