



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

**EXPLORACION CON SONDAJES
PROYECTO PULUCKTUR
DISTRITO CODELCO NORTE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE GEÓLOGO

JORGE PIZARRO ARRIAGADA

PROFESOR GUIA:
VICTOR MAKSAEV JURCHUC

MIEMBROS DE LA COMISION:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS
FERNANDO BARRA PANTOJA

SANTIAGO DE CHILE
2011

RESUMEN

El blanco Pulucktur corresponde a un sector cubierto por calizas y sedimentos continentales sub horizontales del Mioceno al Pleistoceno. Se sitúa a 7 km. al suroeste de Calama, en la II Región. En este blanco, entre julio de 2007 y mayo de 2010, se han perforado 3522 m de sondajes diamantinos en 10 pozos con profundidades variables entre 276 y 570 m.

El objetivo fue probar el potencial de exploración por un cuerpo mineralizado similar a los pórfidos cupríferos del cercano Cluster Toki [1] en un llano con evidencias, en sondajes previos, de mineralización enriquecida de cobre asociada a pórfidos de composición tonalítica a granodiorítica, en un alineamiento mineralizado de orientación noreste, a unos 3 km. al oeste del cuerpo mineralizado Opache descubierto en 1996.

Los resultados más relevantes corresponden a la identificación de un alineamiento de pórfidos mineralizados de unos 300 a 400 m de ancho que se extendería a lo largo de más de 3 km. en dirección NNE y que es interceptado por la mayor parte de los sondajes realizados.

Este sector mineralizado se correlaciona espacial y temporalmente con el corredor de pórfidos del "Cluster Toki", de acuerdo a datación Re-Os en molibdenita de 36.3 ± 0.2 ma. Presenta potencial para mineralización enriquecida en el sector central y potencial para mineralización oxidada e hipógena en el sector sur. El sector norte, sin estar descartado, registra una prioridad menor de exploración, ya que se ha detectado mineralización menos intensa en los pórfidos perforados.

La mineralización exótica más relevante corresponde al pozo DDH-2978 que registra 42 m con 0,21% Cu consistente en crisocola y óxidos negros en limos, gravas y primeros metros del sustrato rocoso, por tanto se infiere un aumento de la relevancia de esta mineralización hacia el oeste del sector central del área.

El estilo de mineralización de mayor interés económico detectado en el Prospecto corresponde a mineralización enriquecida de calcosina, en el sector centro - occidental de la faja mineralizada (pozos DDH-2978, 2979 y 2990), incluyendo una intersección mineralizada de 52.5 m con 0,41% Cu.

El modelo de mineralización más concordante con los resultados obtenidos a la fecha y que es coherente a los antecedentes distritales, corresponde a la presencia de conductos de orientación NNE que controlaron el emplazamiento de pórfidos con mineralización cuprífera asociada y un sistema estructural NW postmineral, que produciría desplazamientos dextrales, exponiendo bloques con distintos niveles de alteración.

[1] El Cluster Toki corresponde a una familia de 5 depósitos minerales constituidos por pórfidos cupríferos mineralizados (Genoveva, Quetena, Toki, Miranda y Opache), que se ubican al oeste de la Falla Oeste y a unos 15 km. al sur de Chuquicamata, inscritos en un área de 20 km^2 y que en conjunto contienen un potencial del orden de 20 MT de cobre fino en recursos.

A la Monita, mi compañera, a mis hijos y a mis padres con mucho cariño. También a la memoria de Rodolfo Hein (QEPD), a quién se dedicó el nombre del prospecto.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Equipo de Exploraciones del Distrito Codelco Norte de Exploraciones Mineras por su colaboración, que permitió llevar a buen término el presente estudio. Se agradece especialmente a Luis Miranda, Alan Flores, Yerko Pizarro y Cenel López por el apoyo prestado durante las operaciones de sondajes, a Juan Rojo y Denis Perez por su participación en la operación de sondajes y el mapeo de testigos, a Jaime Araya por la revisión de la geofísica existente y análisis post campaña de sondajes, a Carolina Fontecilla por su aporte en la construcción de strips logs y análisis de mineralización exótica, a Hugo Alcota por sus aportes en la interpretación de la geología distrital y datación Re-Os en molibdenita, a Rubén Pardo por su aporte al modelamiento de los resultados, a Juan C. Marquardt, Patricia Anguita, Luis Baeza y Sergio Rivera por sus aportes en el análisis de antecedentes y participación en la formulación de recomendaciones en distintas etapas del Proyecto, al Sr. Carlos Huete, Gerente de Exploraciones de Codelco por autorizar la presentación de este trabajo y a mi profesor guía Sr. Victor Maksaev por la revisión crítica de la memoria.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 01 |
| 1.- INTRODUCCIÓN | 09 |
| 1.1.- Ubicación y accesos | 09 |
| 1.2.- Objetivos | 09 |
| 1.3.- Trabajos anteriores | 10 |
| 1.4.- Trabajos realizados | 11 |
| 1.5.- Propiedad minera | 15 |
| 1.6.- Singularidades Ambientales | 16 |
| 2.- GEOLOGÍA DEL ÁREA | 17 |
| 2.1.- Marco Geológico Distrital | 17 |
| 2.2.- Geología de Pulucktur | 19 |
| 2.2.1 Litología | 19 |
| 2.2.1 Alteración | 21 |
| 2.2.1 Mineralización | 24 |
| 3.- OPERACIONES | 26 |
| 3.1.- Perforación DDH | 26 |
| 3.2.- Fotografía | 27 |
| 3.3.- Corte de testigos | 27 |
| 3.4.- Envíos a Laboratorio | 27 |
| 3.5.- Determinación de Minerales de Alteración Mediante POSAM | 28 |
| 3.6.- Medición de Susceptibilidad Magnética | 28 |
| 3.7.- Medición de Carbonatos | 28 |
| 3.8.- Fluorescencia de Rayos X (FRX) | 28 |
| 3.9.- Mapeo de Vetillas | 30 |
| 3.10.- Estudios Especiales | 30 |
| 4.- RESULTADOS CAMPAÑA SONDAJES | 31 |
| 4.1.- Geología | 31 |
| 4.1.1.- Descripción de Sondajes | 31 |
| 4.1.2.- Análisis de sobrecarga | 37 |
| 4.1.2.1 Techo de Rocas | 37 |
| 4.1.2.2 Potencial de exóticos | 39 |
| 4.1.3.- Techo de Sulfuros | 46 |
| 4.1.4.- Litología | 47 |
| 4.1.5.- Alteración | 53 |
| 4.1.6.- Mineralización | 56 |
| 4.1.6.1 Distribución de minerales de mena y gangas | 56 |
| 4.1.6.2 Zonación de Vetillas | 58 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.- Geoquímica | 62 |
| 4.3.- Geofísica | 64 |
| 5.- DISCUSION | 66 |
| 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 70 |
| 7.- REFERENCIAS | 73 |

ÍNDICE DE FIGURAS (EN TEXTO)

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación del blanco Pulucktur y sondajes realizados. | 09 |
| Figura 2. Ubicación de recomendaciones sobre mapa Propiedad Superficial | 12 |
| Figura 3. Ubicación de Sondajes realizados | 14 |
| Figura 4. Mapa de Propiedades Mineras, Codelco y terceros | 15 |
| Figura 5. Ubicación de sectores presentados a COREMA de la II Región | 16 |
| Figura 6. Marco geológico Distrital Proyecto Pulucktur (Alcota et. al. 2009). | 17 |
| Figura 7. Blanco Pulucktur, Litología Interpretada Sin Sobrecarga | 20 |
| Figura 8. Distribución de Alteración al Techo de Rocas, Proyecto Pulucktur | 23 |
| Figura 9. Mineralización al Techo de Rocas, Proyecto Pulucktur | 25 |
| Figura 10. Zonación de susceptibilidad Magnética | 29 |
| Figura 11. DDH-2978 mostrando: Ley Cu, Litología, Alteración y Zona Mineral | 33 |
| Figura 12. DDH-2979 mostrando: Ley Cu, Litología, Alteración y Zona Mineral | 34 |
| Figura 13. DDH-2990 mostrando: Ley Cu, Litología, Alteración y Zona Mineral | 36 |
| Figura 14. Isocurvas Techo de Rocas | 37 |
| Figura 15. Espesor de Sobrecarga | 38 |
| Figura 16. Interpolación Espesor Exótico | 42 |
| Figura 17. Interpolación Techo Exótico | 43 |
| Figura 18. Detalle superficies del techo de roca y del techo del exótico | 44 |
| Figura 19. Zoom Exóticos Pulucktur y Opache | 45 |
| Figura 20. Techo de Sulfuros | 46 |
| Figura 21. Diagramas circulares con distribución de Litología en Sondajes | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. Diagramas circulares con distribución de Alteración en Sondajes | 54 |
| Figura 23. Zonación de minerales de alteración obtenidos con POSAM | 55 |
| Figura 24. Mineralización en Prospecto Pulucktur | 58 |
| Figura 25. Distribución de vetillas A | 59 |
| Figura 26. Distribución de vetillas B | 60 |
| Figura 27. Distribución de vetillas C | 60 |
| Figura 28. Distribución de vetillas D | 60 |
| Figura 29. Distribución de vetillas de Alunita | 61 |
| Figura 30. Distribución de vetillas de sulfuros y limonitas | 61 |
| Figura 31. Distribución de vetillas de turmalina | 61 |
| Figura 32. Distribución Geoquímica en roca de Cu, Mo y Zn en Sondajes | 63 |
| Figura 33. Ubicación de Estudios Geofísicos | 64 |
| Figura 34. Sección SSW-NNE con modelo de Susceptibilidad Magnética | 65 |
| Figura 35. Resultados de perfil MT D-3 y su relación con el cuerpo mineralizado | 65 |
| Figura 36. Distribución de Limonitas en sondajes e interpretación tectónica | 66 |
| Figura 37.- Sección esquemática de Pulucktur. | 69 |
| Figura 38. Sección N-7.514.500 mostrando pozos recomendados. | 70 |
| Figura 39. Mapa simplificado de Exploración de Pulucktur. | 71 |
| Figura 40. Ubicación de Sección IP Mindas Propuesta | 72 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

| | |
|--|----|
| Foto 1. Microfotografía DDH-2978, 289,7 m: Tufita arenosa | 49 |
| Foto 2. Microfotografía DDH-2991, 343 m: Andesita. | 49 |
| Foto 3. Microfotografía DDH-2990, 409,6 m: Pórfido Tonalítico | 50 |
| Foto 4. Microfotografía DDH-2991, 410,3 m: Pórfido Granodiorítico | 51 |
| Foto 5. Microfotografía DDH-2979, 261,2 m: Brecha Hidrotermal | 52 |
| Foto 6. DDH-2990, 470,3 m: Pebble Dike con abundantes sulfuros en matriz | 52 |
| Foto 7. DDH-2990, 355 m: Intensa alteración sericita-pirofilita-caolinita | 53 |
| Foto 8. DDH-2990, 333,2 m: Pirita con micro fracturas rellenas de calcosina | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Cuadro resumen con mejores tramos mineralizados, Campaña 2009 | 11 |
| Tabla 2. Coordenadas de Recomendaciones de sondajes DDH 2010 | 12 |
| Tabla 3. Características de sondajes realizados en Proyecto Pulucktur | 13 |
| Tabla 4. Cuadro resumen de los pozos perforados en el blanco Pulucktur | 26 |
| Tabla 5. Cuadro resumen de los metros cortados de los testigos de sondajes, campañas 2007, 2009. y 2010 | 27 |
| Tabla 6. Estudios especiales realizados | 30 |
| Tabla 7. Estadística básica de las gravas de sondajes de Opache con presencia de Cu Exótico (>0,1% CuT) | 40 |
| Tabla 8. Estadística básica de las gravas de sondajes de Pulucktur con presencia de Cu Exótico (>0,1% CuT) | 41 |
| Tabla 9. Intersectos mineralizados en zonas oxidadas y mixtas | 57 |
| Tabla 10. Intersectos mineralizados en zona enriquecida | 57 |
| Tabla 11. Promedios en la porción de roca en sondajes para Cu, Mo, Zn, As,... | 62 |
| Tabla 12. Sondajes Recomendados | 72 |

ÍNDICE DE MAPAS Escala 1 : 5.000 (EN CD FUERA DE TEXTO)

| | |
|------------------|--|
| Plano 01. | Imagen Satelital Área de Trabajo con curvas de nivel, sondajes, secciones y áreas D.I.A. 2007. |
| Plano 02. | Planta de Litología Afloramientos y Subsuperficie Área de Estudio. |
| Plano 03. | Planta de Alteración Afloramientos y Subsuperficie Área de Estudio. |

- Plano 04.** Planta de Mineralización Afloramientos y Subsuperficie Área de Estudio.
- Plano 05.** Sección N – 7.513.500: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 06.** Sección N – 7.514.500: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 07.** Sección N – 7.515.000: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 08.** Sección N – 7.515.500: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 09.** Sección N – 7.516.000: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 10.** Sección N – 7.516.500: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 11.** Sección N – 7.517.000: Litología Alteración y Mineralización.
- Plano 12.** Interpretación Isocurvas de Nivel al Techo de Rocas.
- Plano 13.** Interpretación Espesor de Sobrecarga en Área de Estudio.
- Plano 14.** Interpretación Isocurvas de Nivel al Techo de Sulfuros.
- Plano 15.** Distribución Geoquímica de Cu en Sondajes.
- Plano 16.** Distribución Geoquímica de Mo en Sondajes.
- Plano 17.** Distribución Geoquímica de Zn en Sondajes.
- Plano 18.** Distribución Geoquímica de As en Sondajes.
- Plano 19.** Distribución Geoquímica de Pb en Sondajes.
- Plano 20.** Distribución Geoquímica de Co en Sondajes.
- Plano 21.** Distribución Geoquímica de Fe en Sondajes.
- Plano 22.** Distribución Geoquímica de Hg en Sondajes.
- Plano 23.** Distribución Geoquímica de Mn en Sondajes.
- Plano 24.** Mapa de Exploración y Recomendaciones.

ANEXOS (EN CD FUERA DE TEXTO)

ANEXO A: Base de Datos Collares de Sondajes Pulucktur

ANEXO B: Base Datos Litología

ANEXO C: Base Datos Estructuras

ANEXO D: Base Datos Alteración

ANEXO E: Base Datos Mineralización

ANEXO F: Base Datos Vetas y Vetillas

ANEXO G: Base Datos Leyes Laboratorio y FRX

ANEXO H: StripLogs

ANEXO I: Base Datos Techos de Sulfuros Sondajes

ANEXO J: Medición Carbonatos

ANEXO K: Medición POSAM

ANEXO L: Medición Susceptibilidad Magnética

ANEXO M: Análisis Geofísico de Resultados de Campaña DDH 2010

ANEXO N: Base Datos Estudios Especiales

1.- INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados obtenidos en las campañas de sondajes diamantinos de los años 2007, 2009 y 2010 en el blanco Pulucktur y que concluyeron con una intersección mineralizada, abriendo expectativas favorables de generar un descubrimiento de interés económico.

1.1.- UBICACION

El proyecto Pulucktur se localiza en el Distrito de Chuquicamata, aproximadamente a unos 7 km. al suroeste de la ciudad de Calama. Comprende un área de 20 km² y está delimitado por las coordenadas 7.517.500N - 7.512.500N y 499.000E – 503.000E.

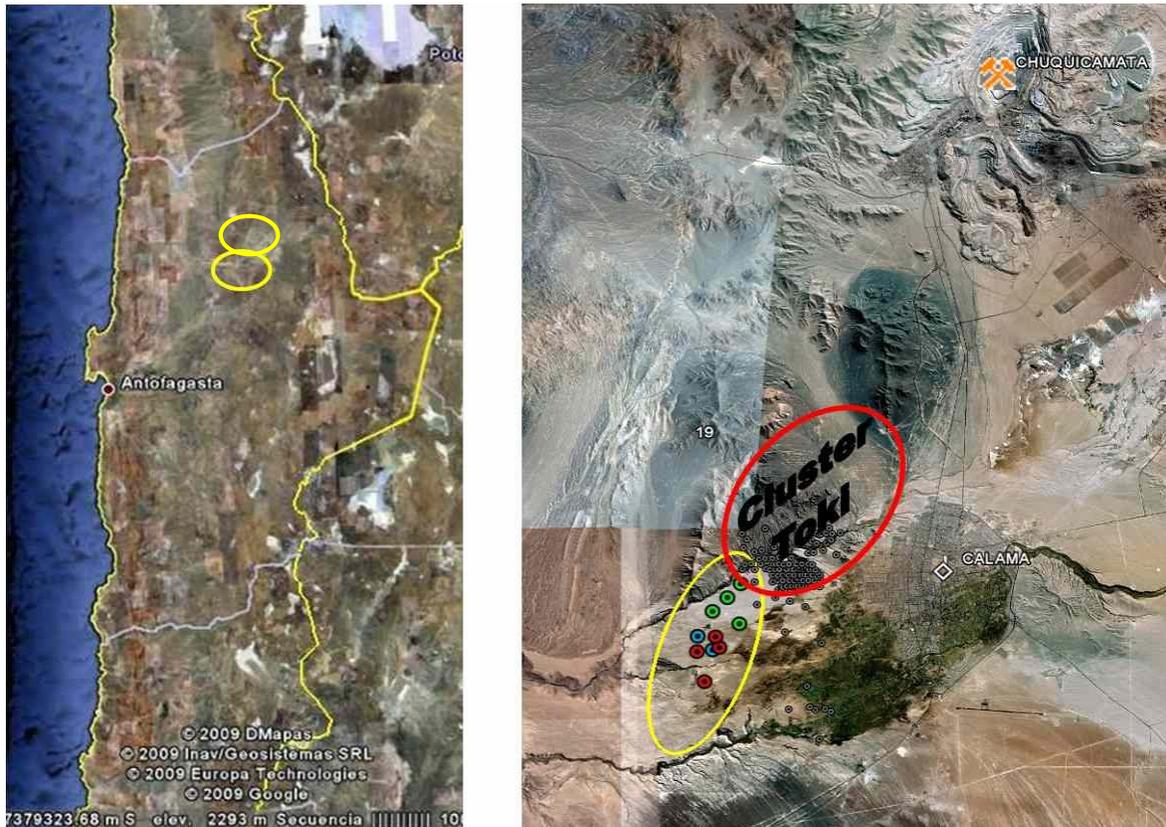


Figura 1. Ubicación del blanco Pulucktur (amarillo) con respecto al Cluster Toki (Rojo) y sondajes perforados en el proyecto: campaña 2007 (verde), campaña 2009 (azul) y campaña 2010 (rojo).

1.2.- OBJETIVOS

El objetivo de la campaña de sondajes DDH desarrollada en el área del blanco Pulucktur, fue probar el potencial de exploración por un cuerpo mineralizado similar a los pórfidos cupríferos del Cluster Toki, situado inmediatamente al NE del prospecto. Corresponde a un llano con evidencias en los bordes de afloramientos y sondajes previos, de mineralización enriquecida de cobre asociada a pórfidos alterados del tipo San Lorenzo del Complejo Fortuna, situados en una faja mineralizada de orientación NE, a unos 3 km. al oeste del cuerpo mineralizado Opache descubierto

en 1996. Con estos antecedentes se podría abrir el potencial económico de Opache y la exploración hacia el SW.

1.3.- TRABAJOS ANTERIORES

Los primeros trabajos en el área del marco geológico del prospecto fueron realizados por la Cía. Minera Doña Inés, entre los años 1980 y 1983 en el prospecto Ricardo. Consistieron en una malla de sondajes ubicados inmediatamente al sur de Calama, orientados a encontrar “la otra mitad” de Chuquicamata. Esta malla dejaba amplios espacios sin explorar y por otra parte el muestreo para análisis geoquímico no se realizó en forma sistemática a lo largo de los sondajes, sino puntualmente con un soporte que varió desde centímetros a decenas de metros.

Entre 1995 y 1996, mediante el programa “Exploración Intermedia Cerro Olivino”, se revisó, entre otros, una amplia zona cubierta con gravas donde estaba incluido el antiguo proyecto Ricardo. Como resultado de este programa, en abril de 1996, se descubrió el pórfido cuprífero Opache, constituyendo el primer hallazgo de interés económico en el Clúster Toki. Los trabajos de perforación en Opache, continuaron durante el año 1997, definiendo un cuerpo mineralizado de 500 MTM con ley de 0,5% Cu.

Entre los años 1999 y 2006 se descubren cuatro nuevos sistemas de pórfidos mineralizados en llano al norte de Opache (Genoveva [1999], Toki [2000], Quetena [2003] y Miranda [2006]), todos ellos bajo cubiertas de gravas que varían entre 70 y 300 m de espesor. Estos cuerpos mineralizados se relacionan a una fase póstuma del emplazamiento del complejo Fortuna correspondiente a parte de una familia de pórfidos tonalíticos, en una faja de orientación NNE, que intruyen principalmente rocas volcanosedimentarias triásicas y cretácicas.

Posteriormente, en el año 2007 se realiza programa de seguimiento con sondajes “Exploración Distrital Codelco Norte”. Mediante este programa se efectuaron 2274 m de sondajes diamantinos distribuidos en 7 pozos, de los cuales 4 pozos (1005 metros), se ejecutaron al SW de Opache, en el sector de Pulucktur. Los resultados de estos 4 pozos diamantinos (DDH-2578, 2579, 2580 y 2581), indicaron un vector de exploración favorable hacia el SW del alineamiento mineralizado de Opache –Toki. El mejor pozo, DDH-2580, cortó pórfido con evidencias de enriquecimiento en los tramos 174-177 m (0,49% CuT), 190,5-204 m (0,24% CuT) y 225-232,5 m (0,13% CuT) e inmediatamente bajo el techo de rocas, entre los 91,6-102 m interceptó un tramo mineralizado con arcillas con cobre (0,22% CuT).

Finalmente, el año 2009, se perforaron 801 m correspondientes a dos sondajes diamantinos, DDH-2978 y DDH-2979, ubicados al sur de los realizados previamente. Se evidenció mediante los sondajes perforados un sistema muy alterado en rocas volcansedimentarias con brechas y pórfido hacia el SE, donde predomina mineralización de pirita, con calcosina en pátinas, trazas de covelina y relictos de bornita en fracturas con presencia de molibdenita y turmalina. Se reconoce un desarrollo de vetillas D sobre impuestas a vetillas B y vetillas A tempranas, en profundidad. Entre los resultados obtenidos, destaca la presencia

de un pórfido tonalítico con enriquecimiento secundario débil obtenido en el pozo DDH-2979, desde los 297 m hasta el fondo del pozo a los 483 m con un promedio de 0,23% Cu. En la tabla 1 se indican los mejores tramos mineralizados obtenidos el año 2009:

| SONDAJE | PROYECTO | DESDE | HASTA | METROS | CuT(%) | CuS(%) | Mo (ppm) | Zn (ppm) | As (ppm) | Zona Mineral | Zona Alteración | Litología |
|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|--------------|-----------------|-----------|
| DDH-2978 | PULUCKTUR | 162,00 | 169,50 | 7,50 | 0,3150 | 0,1198 | 6 | 440 | 65 | EXO/FER | S/A | LIM |
| DDH-2978 | PULUCKTUR | 195,00 | 204,00 | 9,00 | 0,5234 | 0,0877 | 21 | 376 | 329 | FER/OXI/LOX | S/A-ARG | LIM/TAR |
| DDH-2978 | PULUCKTUR | 234,00 | 244,50 | 10,50 | 0,3153 | 0,0823 | 30 | 129 | 159 | LOX/OXI | ARG | TAR |
| DDH-2978 | PULUCKTUR | 258,00 | 267,00 | 9,00 | 0,3430 | 0,0910 | 10 | 13 | 10 | ESED | BSE | TAR |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 148,50 | 156,00 | 7,50 | 0,2446 | 0,1788 | 14 | 742 | 134 | EXO | S/A | LIM/GRR |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 372,00 | 390,00 | 18,00 | 0,3631 | 0,0774 | 33 | 12 | 73 | ESED | SER-ARG | PTT |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 406,50 | 426,00 | 19,50 | 0,5606 | 0,1080 | 408 | 5 | 26 | ESED | SER-ARG | PTT |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 429,00 | 436,50 | 7,50 | 0,3160 | 0,0758 | 7 | 9 | 56 | ESED | SER-ARG | PTT |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 441,00 | 448,50 | 7,50 | 0,2412 | 0,0584 | 10 | 14 | 23 | ESED | SER-ARG | PTT |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 406,50 | 448,50 | 42,00 | 0,3870 | 0,0808 | 195 | 8 | 31 | ESED | SER-ARG | PTT |
| DDH-2979 | PULUCKTUR | 472,50 | 481,50 | 9,00 | 0,3023 | 0,0355 | 52 | 8 | 10 | ESED | SER-ARG | PTT |

Tabla 1. Cuadro resumen con los mejores tramos mineralizados obtenidos en campaña 2009

1.4.- TRABAJOS REALIZADOS

Los resultados obtenidos en la campañas de sondajes de los años 2007 y 2009, permitieron inferir la presencia de un sistema tipo pórfido cuprífero, con la ocurrencia de un pórfido tonalítico con fuerte alteración argílica y/o sericitica, afectando rocas de caja volcano-sedimentarias asignadas a la Formación Collahuasi, y mineralización de pirita diseminada y en vetillas, calcosina en pátinas sobre pirita, trazas de covelina y molibdenita. Esta mineralización quedaba abierta hacia el S, SE y SW del área perforada.

En enero 2010 se efectúa una revisión preliminar de la geología y geofísica disponibles, que señalan la posible existencia de un cuerpo conductor abierto hacia el sur este, coincidente con los resultados de los dos sondajes diamantinos efectuados el año 2009, que indicaron una vectorización de alteración y mineralización en esa dirección, y abierta aún para una posible continuidad de exploración hacia el posible cuerpo mineralizado oculto. En la oportunidad se interpretó que estos resultados ameritaban una exploración de detalle con geofísica de polarización inducida (IP) areal y/o un programa de sondajes diamantinos profundos para detectar el pórfido productivo.

Producto del análisis realizado, se recomendó un programa de sondajes diamantinos profundos al este y sur este de la zona explorada el año 2009 (Fig. 2) con el fin de reconocer y detectar el pórfido productivo tipo Cluster Toki que se evidencia con los sondajes previos (“Recomendación Sondajes Diamantinos Blanco Pulucktur”, Pérez et al, Enero 2010). Para esta campaña se propuso realizar cinco sondajes, tres en primera prioridad (1400 m).

| Recomendación | Norte | Este | Cota | Azimut | Inclinación |
|---------------|------------|-----------|---------|--------|-------------|
| PLK-5 | 7514689,85 | 500727,68 | 2178,71 | 90° | -70° |
| PLK-6 | 7513902,00 | 500651,10 | 2176,15 | 90° | -70° |
| PLK-7 | 7513467,93 | 501255,15 | 2180,42 | 90° | -70° |
| PLK-8 | 7513455,24 | 500227,71 | 2166,93 | 90° | -70° |
| PLK-9 | 7515080,00 | 500600,00 | 2178,13 | 90° | -70° |

Tabla 2.- Coordenadas de Recomendaciones de sondajes 2010 Replanteadas

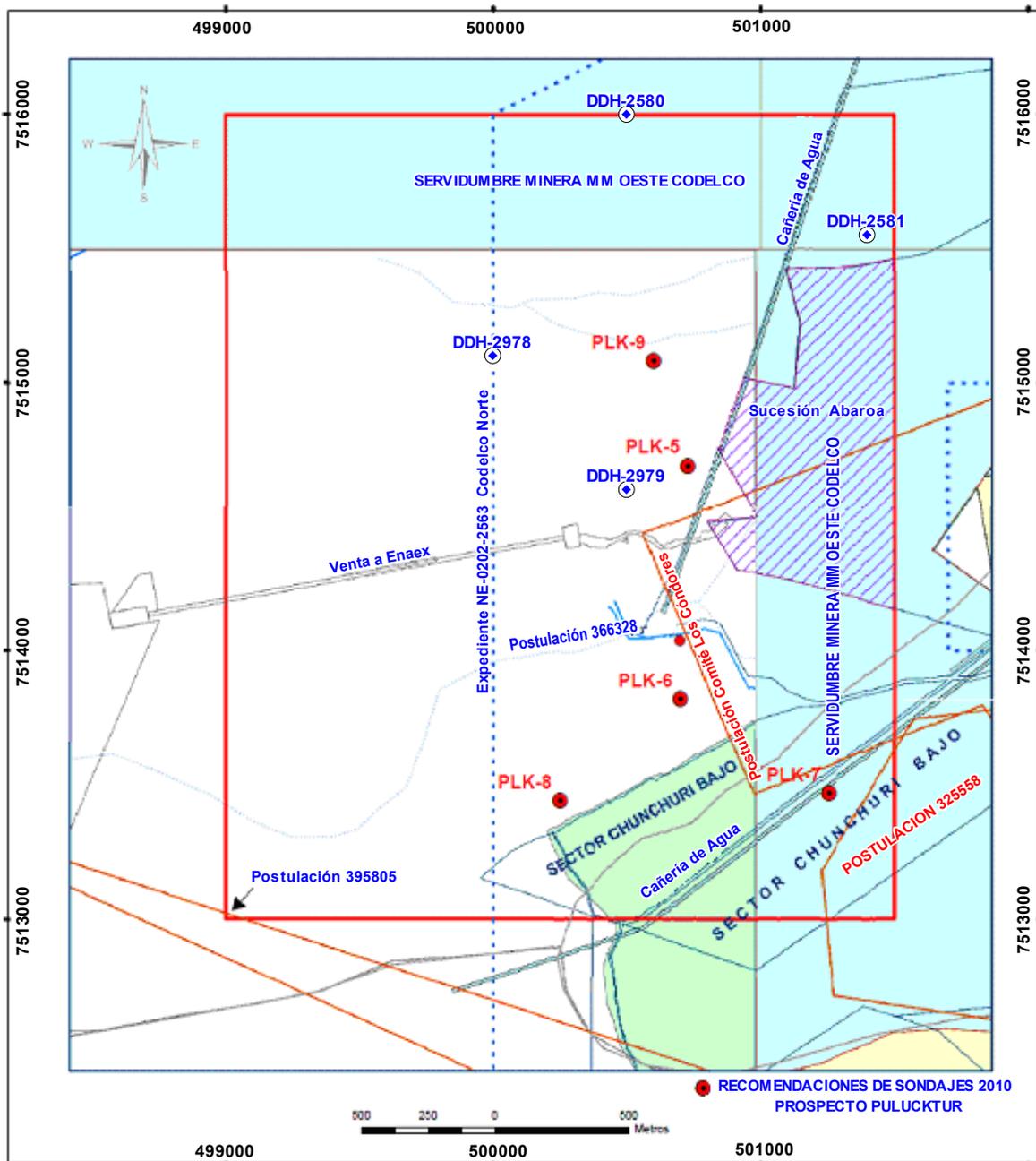


Fig. 2.- Ubicación de recomendaciones originales de sondajes diamantinos a efectuarse el año 2010, sobre mapa de situación de Propiedad Superficial.

Durante febrero, se materializan las recomendaciones en terreno y se replantean aquellas que presentan dificultades tales como quedar en predios agrícolas o próximas a cañerías de agua. Son reubicadas las recomendaciones PLK-05, PLK-06 y PLK-07, quedando su posición definitiva de acuerdo a la Tabla 2 y Fig. 2. Además se envía carta de inicio de actividades al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y carta compromiso sobre regadío de caminos, dirigida a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

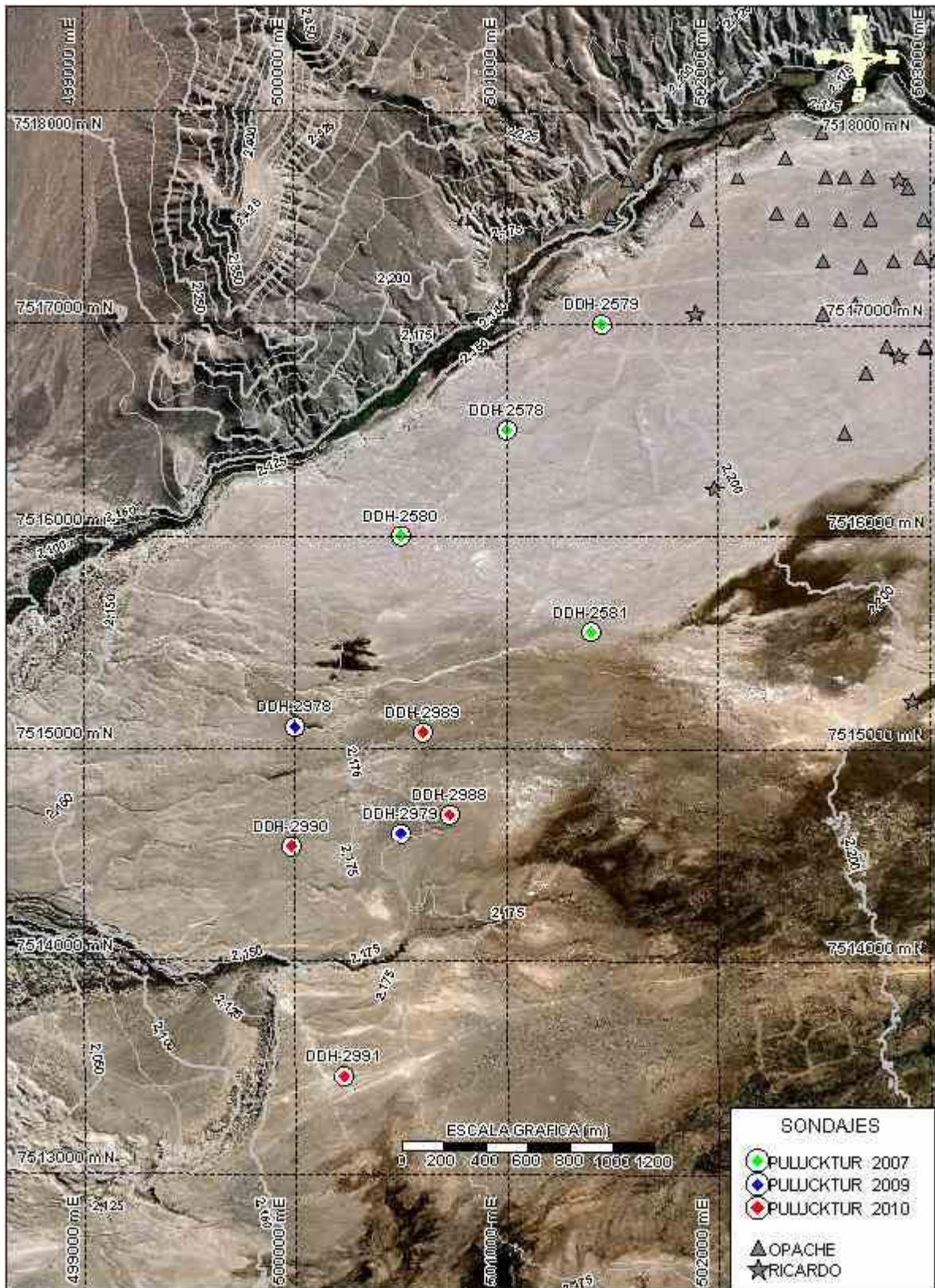
Posteriormente, entre el 12 de marzo y el 29 de abril de 2010, se llevó a cabo una campaña de perforación en que se realizaron 4 pozos inclinados. Los pozos perforados incluyeron las recomendaciones PLK-5, 8 y 9, además de una nueva recomendación PLK-10 (DDH-2990) agregada en marzo y situada 500 m al oeste del pozo DDH-2979. En total se perforaron 1716 m, con longitudes que varían entre 309 m y 570 m. En la tabla 3 se pueden apreciar las características de los pozos perforados en las distintas campañas realizadas y en la figura 3, la ubicación de todos los sondajes realizados en el área, incluyendo los sondajes históricos del Prospecto Ricardo y del Proyecto Opache, situados en la porción nororiental del área.

Entre mayo y junio de 2010 se completa el mapeo de los 1.716 m de sondajes perforados, se efectúa una captura de datos complementarios al mapeo, de todos los sondajes perforados en el sector, que incluyen 4 pozos perforados el año 2007, 2 pozos perforados el año 2009 y los 4 pozos perforados el año 2010 (Tabla 3). Las actividades corresponden a determinación de minerales de alteración mediante POSAM [2], medición de susceptibilidad magnética, medición de carbonatos, lectura de leyes mediante fluorescencia de Rayos X de sondajes realizados el año 2007 y mapeo de vetillas de la totalidad de los sondajes. Entre julio y agosto se efectuó la revisión ex - post de geofísica, se realiza la interpretación de resultados en plantas - secciones y entre agosto y septiembre el autor elaboró el informe de resultados que sirvió de base para la presente memoria.

| IDENTIFICACION | | COORD. COLLAR | | | AZIM | INCLIN | LARGO | TECHOS (m) | |
|----------------|--------|---------------|---------|------|--------|--------|--------|------------|--------|
| SONDAJE | Rec | ESTE | NORTE | COTA | GRAD | GRAD | POZO | ROCA | SULF. |
| DDH-2578 | S4-06 | 500999 | 7516500 | 2186 | 267.61 | -63.57 | 270.00 | 77.40 | 159.80 |
| DDH-2579 | GQ-6A | 501449 | 7517000 | 2194 | 270.00 | -64.72 | 250.50 | 46.50 | 135.75 |
| DDH-2580 | S4-02 | 500499 | 7516000 | 2180 | 272.33 | -64.51 | 258.00 | 90.00 | 172.35 |
| DDH-2581 | S4-01 | 501399 | 7515550 | 2185 | 270.71 | -64.32 | 226.50 | 136.56 | 203.60 |
| DDH-2978 | PLK-02 | 500000 | 7515100 | 2172 | 270.00 | -70.00 | 318.00 | 197.60 | 236.40 |
| DDH-2979 | PLK-04 | 500500 | 7514600 | 2173 | 270.00 | -70.00 | 483.00 | 156.05 | 226.20 |
| DDH-2988 | PLK-05 | 500727 | 7514690 | 2179 | 90.00 | -70.00 | 330.00 | 169.81 | 246.80 |
| DDH-2989 | PLK-09 | 500600 | 7515080 | 2178 | 90.00 | -70.00 | 309.30 | 150.50 | 262.20 |
| DDH-2990 | PLK-10 | 499978 | 7514543 | 2168 | 90.00 | -70.00 | 507.00 | 145.10 | 277.00 |
| DDH-2991 | PLK-08 | 500228 | 7513455 | 2167 | 270.00 | -70.00 | 570.40 | 216.26 | 336.00 |

Tabla 3.- Coordenadas y características de sondajes realizados en Proyecto Pulucktur.

[2] POSAM es un acrónimo de "Portable Spectroradiometer for Mineral Identification" que consiste en un espectrómetro que mide la reflectancia en el espectro infrarrojo de onda corta (1300-2500 nm) desarrollado por la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ).



1.5.- PROPIEDAD MINERA

Los trabajos realizados en el sector de Pulucktur se encuentran dentro de concesiones de explotación de Codelco Norte. El sector está colindando hacia el este con varias hectáreas que presentan tomas de terrenos ilegales por terceros.

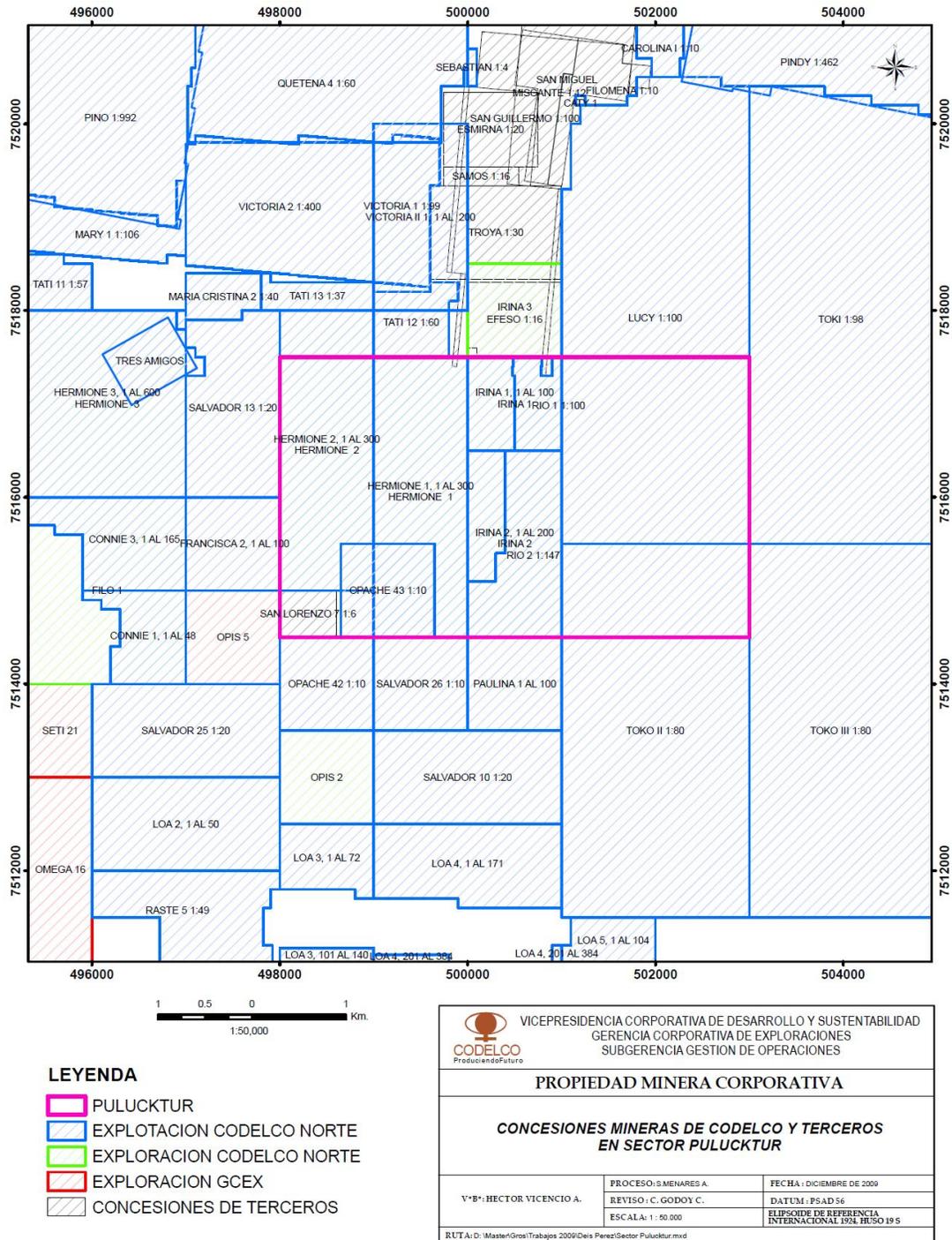


Figura 4 Mapa de Propiedades Mineras, concesiones mineras de Codelco y terceros en sector Pulucktur.

1.6 SINGULARIDADES AMBIENTALES

La unidad de Exploraciones Mineras de CODELCO cuenta con certificación ISO 14.001 y un sistema de gestión integrado que regula el cumplimiento de los compromisos de cuidados con el medio ambiente establecidos en su misión; en este caso, el blanco se encuentra en un sector que ha sido declarado por la CONAMA como zona de alimentación de vegas y bofedales de la Cuenca Calama, y como tal ha quedado sujeto a Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para actividades de Exploración. Al respecto, en octubre de 2006 se presentó DIA "Toki Este y Otros Blancos", que incluye 5 sectores en que se solicita autorización para realizar trabajos de exploración mediante sondajes (Fig. 5). El blanco Pulucktur cubre los sectores 4 y 5. En marzo de 2007, la DIA fue favorablemente acogida por la COREMA, con autorización para explorar por 2 años. Posteriormente se solicitó ampliación en el plazo de la DIA para efectuar trabajos adicionales, entre los que se incluye el programa de perforación diamantina en Pulucktur.

La DIA establece los siguientes compromisos específicos:

- Regadío diario de accesos y plataformas con camión aljibe, que minimice la polución producida por el polvo incorporado a la atmósfera como producto de la operación.
- Uso de aditivos biodegradables y riguroso control de aceites y otros desechos industriales. También se establece control de disposición de residuos domésticos.
- Control diario de extracción de aguas para perforación desde proveedor autorizado, Aguas Antofagasta.
- Sellado de Pozos, para asegurar que no se mezclen aguas de las napas superior e inferior. Monitoreo de composición de aguas mediante pozos de control preestablecidos.

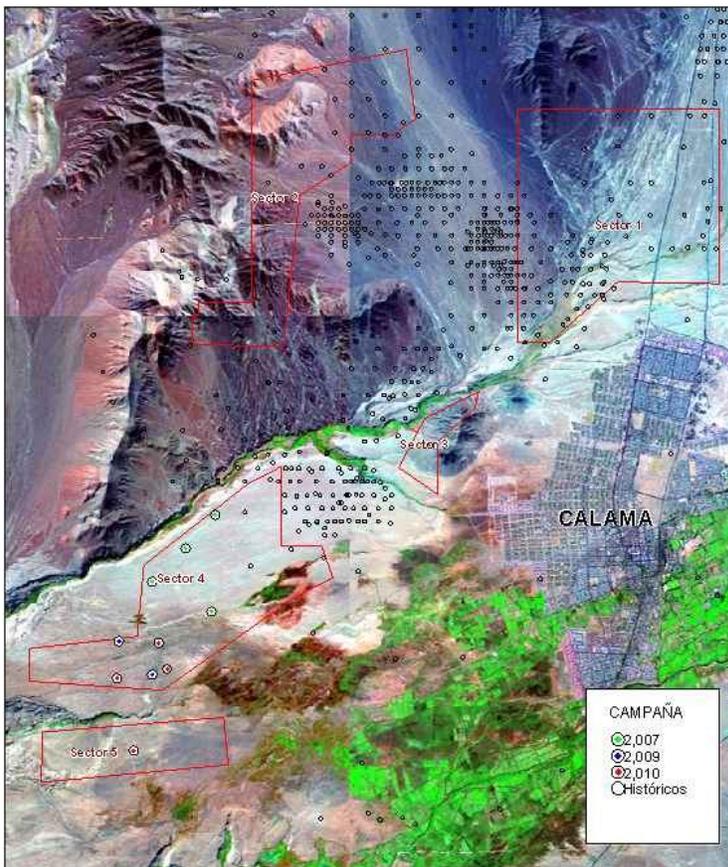


Figura 5. Ubicación de sectores 1 al 5 presentados a COREMA de la II Región en la Declaración de Impacto Ambiental Toki Este y Otros Blancos (en color rojo). El blanco Pulucktur cubre los sectores 4 y 5, en el sector suroccidental del área.

2.- GEOLOGIA

2.1.- MARCO GEOLOGICO DISTRITAL DEL AREA

La característica geológica más relevante del Distrito Chuquicamata la constituye la Falla Oeste de orientación NS y situada aproximadamente en la coordenada UTM E-509.500. Esta falla presenta una compleja historia de desplazamientos, con importantes movimientos posteriores a los eventos de mineralización en el Distrito y desplazamiento neto sinistral estimado del orden de 35 km (Tomlinson et al, 2008).

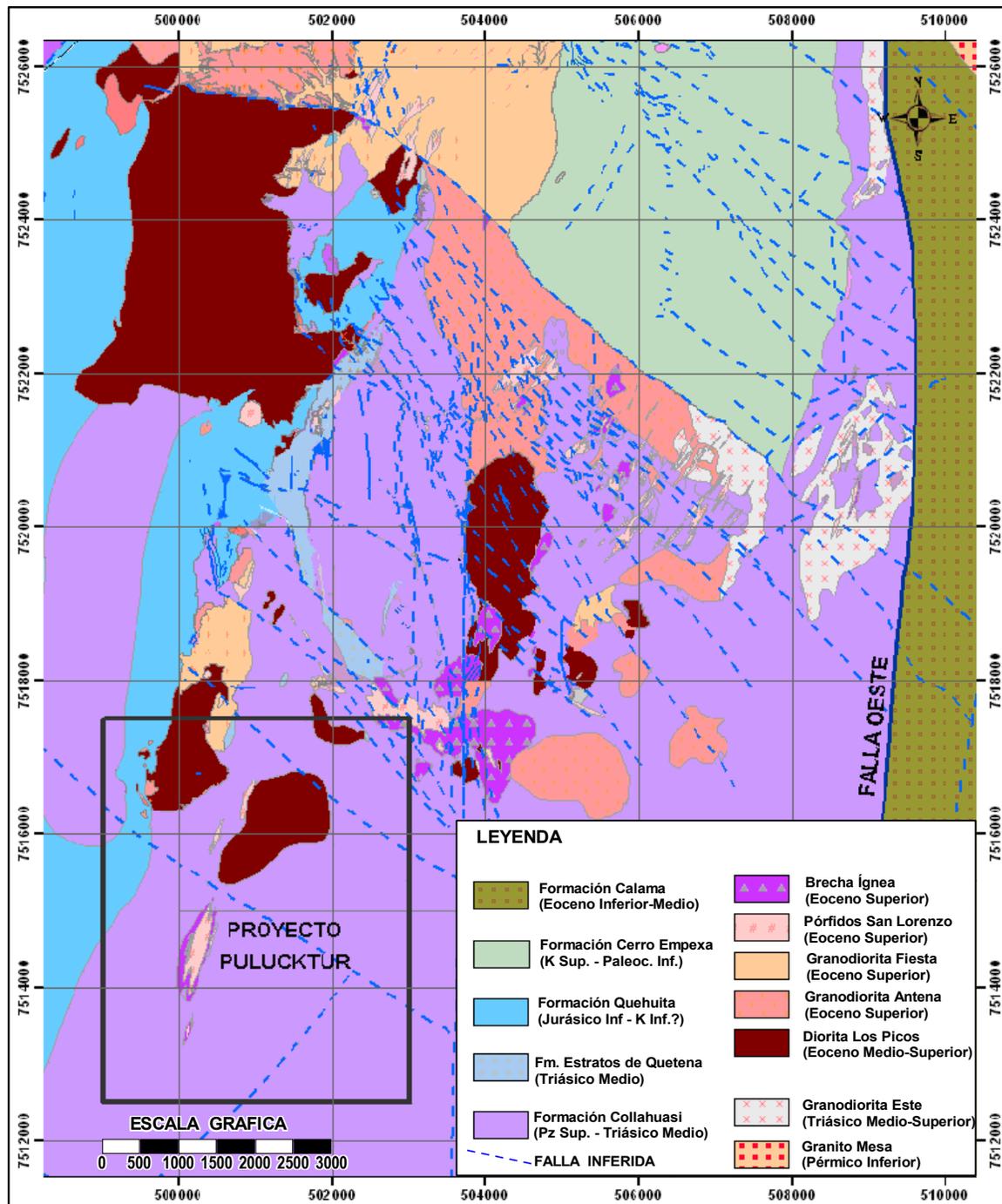


Fig. 6: Marco geológico distrital sin sobrecarga (Simplificado de Alcota et. al. 2009)

La Falla Oeste divide el marco geológico en dos grandes bloques: oriental y occidental. Como se puede apreciar en la figura 6, el bloque occidental registra un importante set de estructuras de orientación NW que se ha interpretado como el producto de un acortamiento cortical en la cola sur de este bloque.

2.1.1.- BLOQUE ORIENTAL

En el bloque oriental afloran en la parte norte y central del Distrito una serie de intrusivos paleozoicos a triásicos, con composiciones variables entre granitos (Granito Mesa, Carbonífero superior), granodioritas (Granodiorita Elena, Triásico medio) y dioritas (Dioritas del Cerro Chuquicamata, Pérmico inferior). A la altura del Proyecto, ocurren Calizas de El Loa y bajo éstas o aflorando localmente, conglomerados con algunas intercalaciones volcánicas menores de la Formación Calama. Hacia el sur, en parte aflorando y en parte bajo una cubierta de gravas, ocurren andesitas y riolitas asignadas a la Formación Collahuasi, cortadas por un complejo intrusivo del Paleozoico Superior compuesto por granitos, monzonitas y dioritas, que se distribuyen ampliamente en el Macizo Limón Verde. Finalmente, en la parte norte de este bloque, se han reconocido pórfidos gruesos mineralizados, de composición granodiorítica, asignados al Complejo Intrusivo Chuquicamata de edad Eoceno Superior-Oligoceno Inferior, que se disponen en una franja de unos 12 km de largo por 1 km de ancho, adosados a la Falla Oeste, entre Mina Sur y un par de kilómetros al norte de RT.

2.1.2.- BLOQUE OCCIDENTAL:

Hacia el oeste de la Falla Oeste, los terrenos están mayoritariamente cubiertos por sobrecarga post mineralización, con predominio a la altura del proyecto de calizas de la Formación el Loa sobreyaciendo limos de la Formación Jalquinche, mientras que hacia el norte y sur la sobrecarga predominante corresponde a gravas aluvionales.

En parte bajo esta sobrecarga y en parte aflorando en los altos topográficos, ocurren un conjunto de rocas volcánicas e intrusivos subvolcánicos con intercalaciones sedimentarias y andesíticas, asignadas a la Formación Collahuasi, que a la altura del proyecto incluye principalmente andesitas, tobas, tufitas arenosas, aglomerados y brechas piroclásticas, brechas volcánicas, latitas y lutitas. En contacto por falla o en discordancia angular, en la parte sur de este bloque se encuentran pequeños “parches” de brechas sedimentarias con clastos de cuarzo subredondeados y areniscas gruesas que han sido asignadas a la unidad informal “Estratos de Quetena” (Triásico Medio, Sernageomin, 2007). Apoyándose en discordancia de erosión sobre la Formación Collahuasi, localmente sobre la unidad anterior y en parte sobre el basamento paleozoico, se presentan una secuencia de rocas sedimentarias marinas estratificadas que han sido asignadas a la Formación Quehuita del Jurásico, compuestas principalmente por calizas, limolitas y lutitas. Sobreyaciendo en forma concordante a la unidad anterior, a la altura del “Cerro Negro” al noroeste de Calama, ocurren rocas volcanosedimentarias cretácicas asignadas a la formación Cerro Empexa y que consisten en un miembro inferior de

rocas sedimentarias (tufitas, conglomerados y conglomerados finos) y un miembro superior volcánico, compuesto principalmente por andesitas y tobas.

Las rocas intrusivas más antiguas presentes en el bloque occidental corresponden al Complejo Intrusivo Limón Verde del Paleozoico Superior, compuesto de granitos, monzogranitos, granodioritas y dioritas; el que se ha reconocido al oeste y sur del Proyecto. Posteriormente en este bloque ocurren rocas intrusivas triásicas de composición granodiorítica (Granodiorita Este) que se han reconocido al norte del proyecto, cercanas o adosadas a la falla Oeste. Cortando a las unidades intrusivas anteriores se reconoce en el flanco occidental de la falla Oeste, una franja de rocas dioríticas a monzodioríticas, holocristalinas asignadas a la unidad Diorita Los Picos del Eoceno Medio; esta franja se extiende desde la Quebrada Honda por el norte hasta los afloramientos al suroeste del Proyecto por el sur, con unos 8 km. de ancho. Posteriormente y con una estrecha relación con la mineralización presente en el área, ocurre el Complejo Intrusivo Fortuna del Eoceno Superior, que se dispone en una franja de unos 6 km. de ancho al este de la Diorita Los Picos y en parte cortándola; se compone de granodioritas (Antena y Fiesta), pórfidos tonalíticos a granodioríticos (San Lorenzo), pórfidos graníticos de textura aplítica (Tetera), pórfidos monzodioríticos a dioríticos (Máficos San Lorenzo) y algunos cuerpos de brechas ígneas e hidrotermales.

2.2.- GEOLOGÍA DE PULUCKTUR

2.2.1 Litología

El blanco Pulucktur, es un sector mayoritariamente cubierto por unidades sedimentarias subhorizontales del Mioceno medio hasta el Pleistoceno. Bajo esta cubierta se encuentran unidades volcánicas, sedimentarias e intrusivas que localmente afloran en el extremo nor-occidental del sector y que datan desde el Perno-triásico hasta el Oligoceno.

Las rocas más antiguas corresponden a secuencias volcánicas y sedimentarias de la Formación Collahuasi (Paleozoico Superior – Triásico Medio), que en el sector se expresan principalmente como rocas volcánicas de composición andesítica y en menor proporción de composición dacítica, correspondientes a flujos lávicos, tobas, aglomerados volcánicos, brechas volcánicas y piroclásticas. De menor relevancia ocurren algunas unidades sedimentarias de afinidad volcánica tales como tufitas y puntualmente lutitas. Esta unidad se presenta ampliamente extendida en el sector estudiado, tanto en los afloramientos en quebradas de la parte septentrional del área, como en sondajes de la parte central y meridional.

En contacto por falla o en discordancia angular, levemente erosional con la unidad anterior, se han identificado en el sector secuencias de brechas sedimentarias a conglomerados líticos gruesos y areniscas sobreyacentes, dominados por clastos de rocas metamórficas, especialmente clastos sub redondeados de cuarzo, que han sido asignados a la Formación Estratos de Quetena. Esta unidad fue identificada en

pequeños afloramientos en quebradas de la parte norte, como en los sondajes DDH:2979, 2988 y 2989 en el sector central del área de estudio.

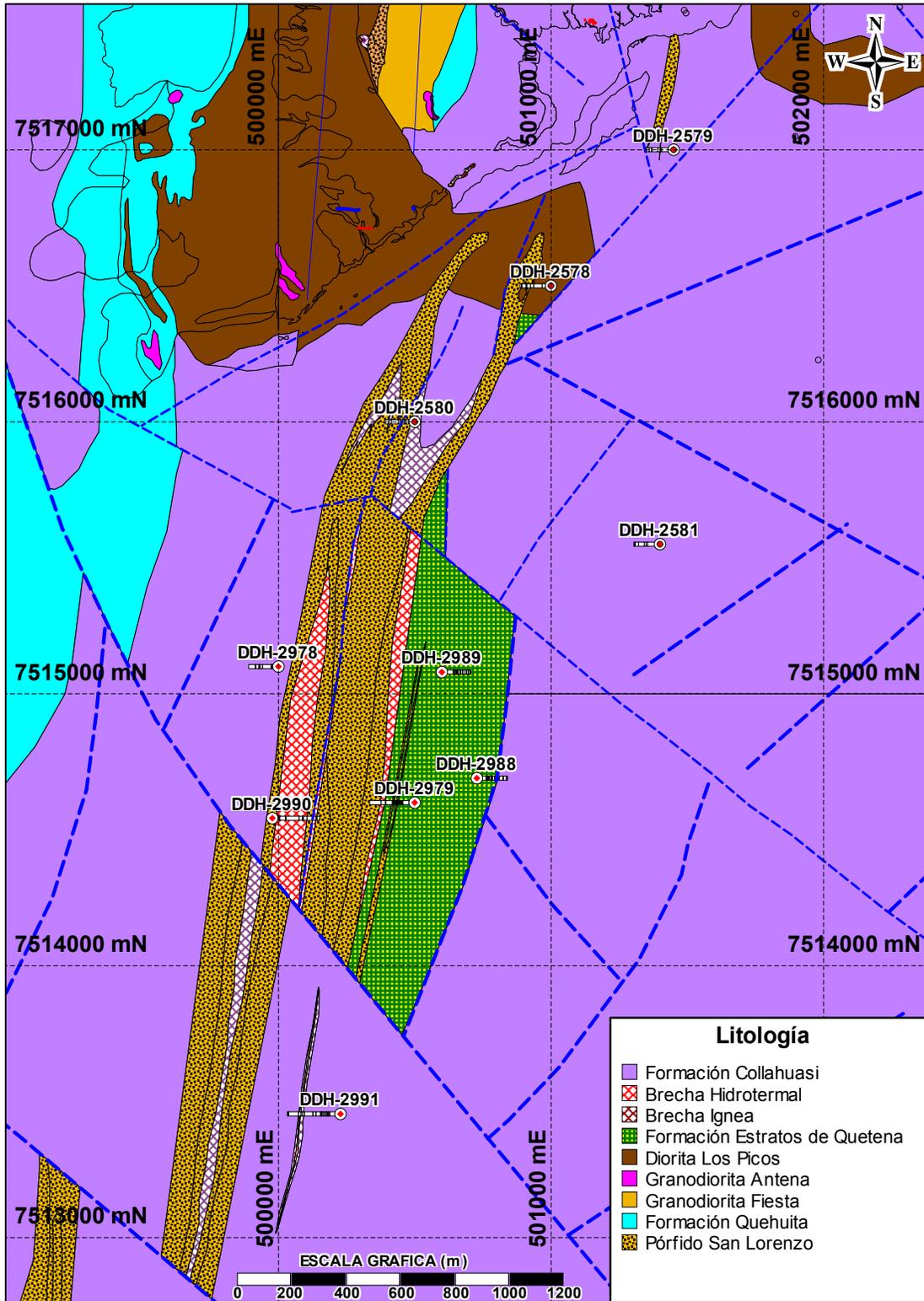


Fig. 7. Litología Interpretada Sin Sobrecarga, Prospecto Pulucktur.

Sobre la unidad anterior y en contacto por discordancia de erosión, se dispone una secuencia sedimentaria calcárea marina, asignada a la Formación Quehuita (Jurásico), conformada en el sector por calizas, lutitas, limolitas y areniscas finas, frecuentemente afectadas por metasomatismo o metamorfismo. Esta unidad aflora en el extremo nor-occidental del área y no fue interceptada por los sondajes realizados.

La unidad intrusiva más antigua identificada en el área de estudio, corresponde al complejo intrusivo Diorita los Picos, de composición monzonítica cuarcífera a diorítica, con dataciones K-AR en biotita que fluctúan entre 46.3 ± 1.2 ma y 39.9 ± 0.5 ma (Sernageomín 2008), por tanto corta todas las unidades anteriores. Se dispone en afloramientos en el sector noroccidental del área e interceptado solamente por el pozo DDH-2578, ubicado en la porción nor-central del área.

Cortando a la Diorita Los Picos ocurren rocas intrusivas de composición granodiorítica asignadas al Complejo Fortuna (Granodioritas Antena y Fiesta), que afloran o han sido cortadas por sondajes históricos en la porción norte del área. En estrecha relación con el Complejo Fortuna, se encuentra un conjunto de pórfidos granodioríticos a tonalíticos que en el Distrito se han identificado como “Pórfidos San Lorenzo”, correlacionables con los pórfidos del Clúster Toki del Eoceno Superior. Estos pórfidos se han identificado cortando las unidades anteriores en afloramientos en la porción norte del área, en sondajes en el extremo nororiental (Prospecto Opache) y en los sondajes DDH: 2578, 2579, 2580, 2979, 2990 y 2991, mostrando un alineamiento NNE que se extiende hacia el sur del Río Loa, por lo menos hasta la coordenada N-7.513.000.

Finalmente sobre las unidades anteriores, se disponen las unidades de sobrecarga post mineralización. De más joven a más antigua, corresponden a las calizas de Formación Opache, posteriormente se reconoce una secuencia de limos, arcillolitas y localmente areniscas asignadas a la Formación Jalquinche (Mioceno Inferior a Mioceno Superior) y antes de llegar a roca, gravas semi-consolidadas y angulosas del Mioceno Medio. Estas unidades se disponen concordantemente entre sí y en discordancia de erosión a las unidades anteriores.

2.2.2 Alteración

La interpretación de la distribución de la alteración en planta al techo de rocas, se puede apreciar en la figura 8. Los principales tipos de alteración corresponden a biotitización, cloritización, alteración sericítica, argílica y combinaciones de las anteriores. Localmente se identifica silicificación en la parte central norte del área y no se detectó alteración potásica, sin perjuicio que se interpreta su presencia en el extremo sur-occidental del área.

En forma consistente con los fenómenos de alteración distrital se ha identificado una **biotitización** ampliamente difundida en el sector, conocida distritalmente como “Alteración Potásica de Fondo” consistente en un reemplazo pervasivo y selectivo,

parcial o total, de anfíboles y/o piroxenos por biotita y que afecta principalmente a andesitas de la Formación Collahuasi y a las rocas del complejo intrusivo Diorita Los Picos. Es precisamente a éste complejo al que se le atribuye el origen de este tipo de alteración, la que es difícil de diferenciar de una alteración potásica asociada a la zona central de un sistema de pórfidos. En el prospecto se ha identificado esta alteración en los afloramientos del sector nor-occidental del área, al sur del Pórfido Opache (AD-267, AD-427, AD-407, AR-307, AR-324) y en el sector de Pulucktur, en los sondajes DDH: 2978, 2988, 2989 y 2991. Además se pronostica presencia de biotitización y/o enriquecimiento en potasio de feldspatos, en el extremo sur oeste del área de estudio, de acuerdo al modelo de alteración planteado en base a la tendencia mostrada por los sondajes perforados.

En partes coexistiendo con la alteración biotítica o formando un “halo” en torno a esta, se presenta **cloritización**, ampliamente distribuida en el sector de estudio. La clorita generalmente ocurre como reemplazo parcial de minerales máficos y se presenta asociada con la biotitización o como alteración remanente en las zonas mineralizadas, o asociada con epidota, ya sea como parte del halo propilítico o como producto de metamorfismo de bajo grado, hacia los bordes de éstas zonas mineralizadas, frecuentemente con sericita parcialmente sobreimpuesta. En el prospecto, la alteración clorítica se presenta prácticamente en la totalidad de los sondajes perforados, pero con mayor intensidad en la parte norte del área, en el sondaje DDH-2579 que corta andesitas de la Formación Collahuasi y en afloramientos afectando a la Diorita Los Picos.

La alteración **sericítica** es la más ampliamente difundida en toda el área de estudio, con intensidades variables y frecuentemente sobreimpuesta a las alteraciones anteriores. En los casos de mayor intensidad, ocurre en forma pervasiva destruyendo la textura original de las rocas y en el otro extremo solo reemplaza parcialmente a las biotitas y/o plagioclasas. En los sectores en que se ha observado con mayor intensidad es en el Proyecto Opache y en el bloque central de Pulucktur.

Sobreimpuesta a todas las alteraciones anteriores ocurre **argilización** en forma pervasiva, con distintos grados de intensidad y frecuentemente con sericita asociada. Mediante POSAM se pueden diferenciar 3 tipos de argilización:

- a) Argilización supérgena constituida por montmorillonita, que afecta a las sedimentitas de la Formación Quehuira en el sector nor occidental del área de estudio o inmediatamente bajo el techo de rocas en la mayor parte de los sondajes perforados.
- b) Argilización Intermedia, difícil de diferenciar de la argilización supérgena; consiste principalmente en montmorillonita, nontronita y caolín, es el tipo de argilización dominante en los sondajes perforados del bloque central y de ocurrencia frecuente en fallas o zonas de falla.
- c) De mayor importancia para la exploración es una tercera ocurrencia de argilización, como una asociación argílica avanzada dominante sobre la sericita, compuesta por pirofilita - alunita que ocurre en la parte superior del bloque central de Pulucktur (DDHs: 2978, 2979, 2988, 2989 y 2990).

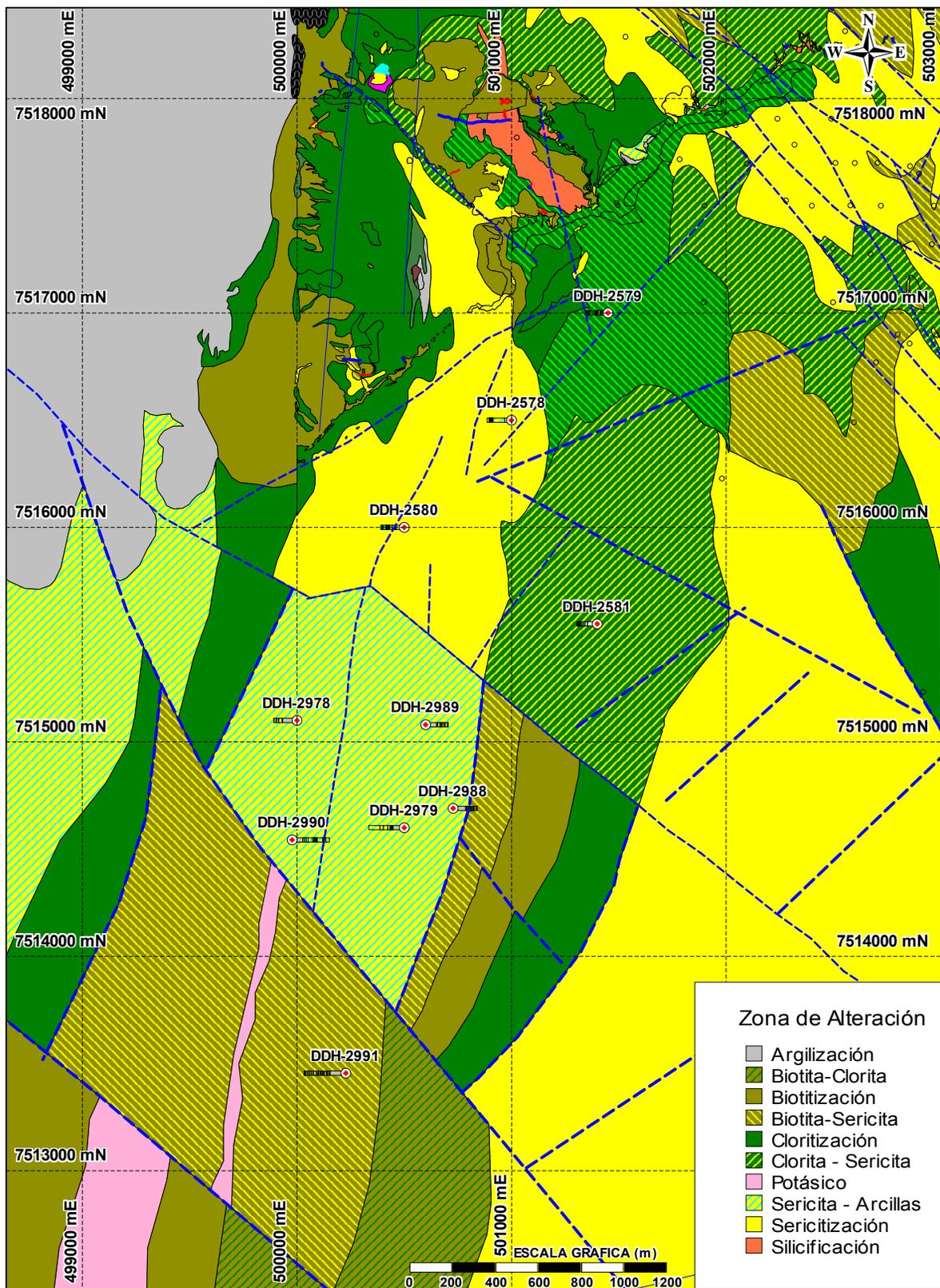


Fig. 8.- Distribución de Alteración al Techo de Rocas, Proyecto Pulucktur.

2.2.3 Mineralización:

Los estilos de mineralización presentes en el área de estudio corresponden a mineralización exótica, minerales oxidados de cobre, sulfuros supérgenos y sulfuros hipógenos, así como ferricretas y limonitas producto de la oxidación y lixiviación / migración de la mineralización preexistente. La intensidad de los fenómenos de mineralización cuprífera detectados a la fecha, son variables, desde ausentes a intensidad moderada, no superando un 1% en volumen de minerales de mena de cobre en tramos significativos de 30 o más metros. No obstante lo anterior, considerando que el área se encuentra cubierta por sobrecarga y los sondajes se encuentran en secciones espaciadas a 500 o más metros, existen expectativas favorables de descubrir un depósito de rendimiento económico.

El modelo de mineralización más concordante con los resultados obtenidos a la fecha y que es coherente a los antecedentes distritales, corresponde a la presencia de conductos mineralizadores de orientación NNE que controlaron el emplazamiento de pórfidos, los que posteriormente fueron desplazados por un sistema estructural NW, que habría producido movimientos dextrales que se interpretan como antitéticos al último movimiento sinistral de la Falla Oeste.

De acuerdo a este modelo se ha interpretado la presencia de una faja de pórfidos de unos 300 a 400 m de ancho en dirección NNE y que pasa por el espacio entre los sondajes DDH-2989 y DDH-2978 y que es cortado parcialmente por los demás sondajes, a excepción del pozo DDH-2581. Esta faja mineralizada presenta potencial para mineralización enriquecida en el sector central y potencial para mineralización oxidada e hipógena en el sector sur. El sector norte, presenta mineralización de menor intensidad en los pórfidos perforados. En la figura 9 se puede apreciar la interpretación de la distribución de la mineralización al techo de rocas y fuera de texto en los planos números 4 al 11 (Planta Mineralización y secciones).

Todos los sondajes perforados al oeste de la coordenada E-500.700 presentan evidencias de mineralización exótica en distinto grado de intensidad. La más relevante corresponde al pozo DDH-2978 que registra 42 m con 0,21% Cu consistente en crisocola y óxidos negros en limos, gravas y primeros metros de roca, por tanto se infiere un vector de aumento de la relevancia de la mineralización exótica hacia el oeste de la parte central del área, que se ha interpretado como una lente de mineralización que cubre gran parte del sector sur occidental del área de estudio.

De acuerdo a los antecedentes de profundidad de emplazamiento y ambiente geológico, se ha interpretado potencial para mineralización oxidada de cobre en la parte sur occidental del área de estudio, que de confirmarse, además se obtendrían sulfuros enriquecidos e hipógenos en profundidad.

El estilo de mineralización de mayor interés económico detectado en el Proyecto corresponde a mineralización enriquecida de calcosina, en el sector centro -

occidental del sector mineralizado (pozos DDH-2978, 2979 y 2990), incluyendo una intersección mineralizada de 52.5 m con 0,41% Cu en el pozo DDH-2990.

Finalmente, las expectativas de mineralización hipógena se presentan en profundidad a lo largo del alineamiento de pórfidos, con una mayor probabilidad de encontrarse mas somera hacia la parte sur de este alineamiento, ya que en la parte central, si bien los estudios de cortes pulidos revelan presencia de calcopirita – bornita, la expectativa de alcanzar la zona potásica de mejor ley esperada, es menor que hacia el sector sur, ya que en los niveles cercanos al techo de rocas, la presencia de alteración argílica avanzada (alunita – pirofilita) yuxtapuesta sobre alteración sericitica, estaría indicando que este bloque se encontraría hundido respecto a los bloques contiguos hacia el norte (sericita dominante) y sur (biotita-sericita dominante).

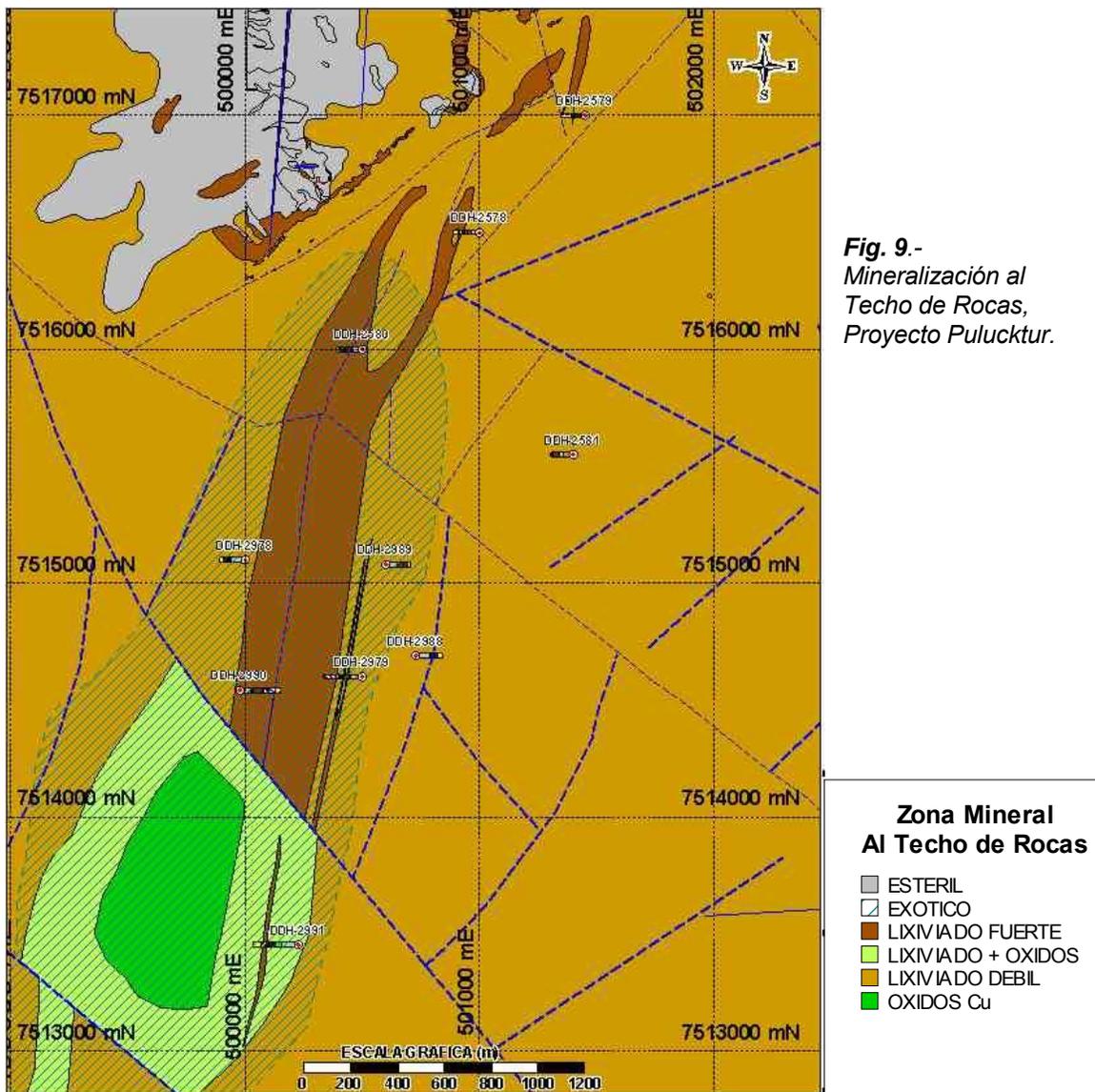


Fig. 9.-
Mineralización al
Techo de Rocas,
Proyecto Pulucktur.

3.- OPERACIONES

3.1.- Perforación DDH

La primera campaña de sondajes realizada en el Prospecto Pulucktur, fue parte del programa de perforación diamantina realizado entre el 19 de julio y el 17 de agosto 2007, “Exploración Básica de Seguimiento Cluster Toki” y para Pulucktur consistió en la ejecución de 1005 m en 4 pozos diamantinos, en la parte norte del actual blanco, correspondiente a los sondajes DDH-2578 a 2581, con largos entre 226.5 y 270 m. Posteriormente se realizó una nueva campaña de sondajes diamantinos el año 2009, entre el 28 de octubre y el 13 de noviembre, con un total perforado de 801,0 m. en dos pozos: 318 m en el pozo DDH-2978 y 483 m en el pozo DDH-2979. En el año 2010, entre el 12 de marzo y el 29 de abril, se perforaron 1716,7 m en 4 pozos con profundidades variables entre 309 y 570 m. En la tabla 4 se pueden apreciar las características de los pozos perforados. En total suman 3522.7 m en 10 pozos para el sector. La perforación del año 2007 se realizó con tricono hasta el techo de roca estimado, para continuar con diamantina en diámetro HQ al menos hasta la mitad de la profundidad objetivo y finalmente continuar con diámetro NQ. En los años 2009 y 2010 la perforación se realizó con diamantina desde un comienzo, con diámetro inicial PQ y posterior HQ, manteniendo las barras PQ como encamisado. En todos los casos, una vez terminado cada sondaje se procedió a realizar el sellado de pozo, según lo exigido por la CONAMA y comprometido en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

| PROYECTO TOKI ESTE | | | PROSPECTO PULUCKTUR | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|-------------------------|-----------|--------|---------|-------------|---------------|------------|---------|-------------|
| INFORMACIÓN GENERAL DE SONDAJES | | | COLLARES | | | | | | | | |
| ANTECEDENTES SONDAJES | | | COORDENADAS DEFINITIVAS | | | AZIMUTH | INCLINACIÓN | LARGO | TECHOS (m) | | OBJETIVO |
| SONDAJE | CAMPAÑA | Nº REC. | ESTE | NORTE | COTA | GRAD | GRAD | POZO | ROCA | SULFURO | |
| DDH-2578 | 2007 | S4-06 | 500999.7 | 7516500.0 | 2186.3 | 267.61 | -63.57 | 270.00 | 77.40 | 159.80 | Exploración |
| DDH-2579 | 2007 | GQ-6A | 501449.6 | 7517000.4 | 2194.2 | 270.00 | -64.72 | 250.50 | 46.50 | 135.75 | Exploración |
| DDH-2580 | 2007 | S4-02 | 500499.9 | 7516000.1 | 2180.1 | 272.33 | -64.51 | 258.00 | 90.00 | 172.35 | Exploración |
| DDH-2581 | 2007 | S4-01 | 501399.6 | 7515550.1 | 2185.5 | 270.71 | -64.32 | 226.50 | 136.56 | 203.60 | Exploración |
| TOTAL AÑO 2007 | | | | | | | | 1005 m | | | |
| DDH-2978 | 2009 | PLK-02 | 500000.0 | 7515100.0 | 2171.8 | 270.00 | -70.00 | 318.00 | 197.60 | 236.40 | Exploración |
| DDH-2979 | 2009 | PLK-04 | 500500.0 | 7514600.0 | 2172.6 | 270.00 | -70.00 | 483.00 | 156.05 | 226.20 | Exploración |
| TOTAL AÑO 2009 | | | | | | | | 801 m | | | |
| DDH-2988 | 2010 | PLK-05 | 500727.0 | 7514689.9 | 2178.9 | 90.00 | -70.00 | 330.00 | 169.81 | 246.80 | Exploración |
| DDH-2989 | 2010 | PLK-09 | 500599.5 | 7515079.9 | 2178.2 | 90.00 | -70.00 | 309.30 | 150.50 | 262.20 | Exploración |
| DDH-2990 | 2010 | PLK-10 | 499977.5 | 7514542.7 | 2167.9 | 90.00 | -70.00 | 507.00 | 145.10 | 277.00 | Exploración |
| DDH-2991 | 2010 | PLK-08 | 500227.5 | 7513455.2 | 2167.1 | 270.00 | -70.00 | 570.40 | 216.26 | 336.00 | Exploración |
| TOTAL A SEPTIEMBRE 2010 | | | | | | | | 1717 m | | | |
| 3522.7 m | | | | | | | | | | | |

Tabla 4. Cuadro resumen de los pozos perforados en el blanco Pulucktur.

3.2.- Fotografía

Con la finalidad de mantener un respaldo real de las condiciones del testigo una vez extraído de la perforación y de acuerdo a protocolos de la filial de Codelco Exploraciones Mineras S.A. (EMSA), se fotografiaron las bandejas con muestra tomando en consideración las siguientes medidas:

- 1.-Posicionar bandejas en atril confeccionado para 4 de éstas.
- 2.-chequeo ubicación de tacos y marcado de estos en bandeja.
- 3.-Tacos no pueden tapar muestra.
- 4.-Mojado de la muestra antes de toma de fotografía, esto para destacar las estructuras y alteraciones contenidas en la roca.
- 5.-Usar cámara fotográfica sin aplicar zoom, solo considerar la distancia real de la bandeja a la ubicación de la cámara.
- 6.-No cortar bandejas en sus bordes, para evitar durante la toma de fotografías la pérdida de información referente a N° de bandeja, metraje y proyecto.

Una vez finalizado este proceso, las fotografías fueron validadas tomando en consideración lo antes descrito. Validada la fotografía se autorizó el inicio de corte de testigo.

3.3.- Corte de testigos

Los testigos de sondaje, fueron cortados con sistema guillotina.

| Sondaje | Campaña | Desde | Hasta | Metros | Sistema |
|----------|---------|-------|-------|--------|------------|
| DDH-2578 | 2007 | 70.5 | 270 | 199.5 | Guillotina |
| DDH-2579 | 2007 | 60 | 250.5 | 190.5 | Guillotina |
| DDH-2580 | 2007 | 91.65 | 258 | 166.35 | Guillotina |
| DDH-2581 | 2007 | 106.5 | 226.5 | 120 | Guillotina |
| DDH-2978 | 2009 | 150 | 318 | 168 | Guillotina |
| DDH-2979 | 2009 | 135 | 483 | 348 | Guillotina |
| DDH-2988 | 2010 | 157.5 | 330 | 172.5 | Guillotina |
| DDH-2989 | 2010 | 135 | 309.3 | 174.3 | Guillotina |
| DDH-2990 | 2010 | 229.5 | 507 | 277.5 | Guillotina |
| DDH-2991 | 2010 | 201 | 570.4 | 369.4 | Guillotina |

Tabla 5. Cuadro resumen de los metros cortados de los testigos de sondajes blanco Pulucktur, campañas 2007, 2009. y 2010

3.4.- Envíos a Laboratorio

Los análisis se solicitaron en el caso de los sondajes realizados el año 2007 por cobre total, cobre soluble para los valores sobre 0,1%Cu y molibdeno y en el resto de los pozos se analizaron por una batería de 4 elementos, Cu-Mo-Zn-As, analizados con un soporte de 1,5 m en todos los casos. En la campaña 2007 se analizaron las muestras desde el techo de rocas hasta el fondo del pozo, mientras que en las campañas 2009 y 2010, se analizó desde 6 muestras antes del techo de rocas (9 m) y en algunos casos, cuando se observó mineralización exótica o las mediciones de leyes con fluorescencia de rayos X indicaba anomalías de cobre, las

mediciones se realizaron al menos 3 m antes del inicio de las anomalías, para obtener un contraste. En el Anexo G se encuentran los resultados de leyes obtenidos.

3.5.- Determinación de Minerales de Alteración Mediante POSAM :

Para identificar los minerales de alteración presentes, se procedió a medir los testigos de todos los pozos realizados en el área, desde el techo de roca hasta el fondo, efectuando mediciones aproximadamente cada 30 m en forma sistemática y adicionalmente mediciones orientadas a aclarar dudas específicas. En total se efectuaron 210 mediciones en 75 muestras, generalmente con 3 mediciones por muestra, donde por lo menos una era en la roca (bulk) y de acuerdo a las características de la muestra otras podían ser en vetillas específicas o planos de fractura, lo que se dejó debidamente registrado. Los resultados obtenidos permiten efectuar zonaciones de sectores con presencia dominante de zeolitas, montmorillonita, caolín, sericita, alunita, pirofilita, clorita, epidota y otros minerales de alteración menos comunes como nontronita y natroalunita. Los resultados se encuentran disponibles en el Anexo K.

3.6.- Medición de Susceptibilidad Magnética:

Con el objetivo de tener toda la información del Proyecto bajo un mismo estándar, se midió susceptibilidad magnética de los pozos realizados el año 2007 con el mismo protocolo de las mediciones realizadas en los sondajes perforados los años 2009 y 2010; es decir 5 mediciones en cada tramo de 1,5 m realizadas directamente sobre fragmentos de testigo, las que posteriormente se promediaron para obtener la susceptibilidad magnética del tramo (Anexo L). Para el análisis de los datos resultantes, se utilizó la Formula de Sturges ($K = 1 + 3.322 * \text{Log}[N]$) para la obtención del número de clases a compositar los datos, obteniéndose una distribución (fig. 10) que indica susceptibilidades altas hacia los extremos Norte y Sur del área sondeada.

3.7.- Medición de Carbonatos:

Se realizó test de efervescencia en la totalidad de los sondajes realizados en el Proyecto, con registro cada 1,5 m de la presencia o no de carbonatos y la intensidad del fenómeno en las categorías: débil, moderado y fuerte. Las mayores intensidades se registran en el sondaje DDH-2988, el pozo DDH-2580 no presenta carbonatos. El resto de los pozos presenta localmente carbonatos en intensidad débil a moderado.

3.8.- Fluorescencia de Rayos X (FRX):

Se efectuó lectura mediante fluorescencia de rayos X a la totalidad de los testigos de sondajes obtenidos y además se realizó una nueva medición de los sondajes históricos, detectándose diferencias relevantes en relación a los resultados previos. Antiguamente se realizaba la lectura a cierta distancia de los testigos, mientras que actualmente se hace la lectura con un plástico de protección e inmediatamente sobre los testigos. Con el nuevo método se logra una mejor correlación con las leyes de laboratorio y se evita una sobreestimación del Zn (“efecto bandejas”).

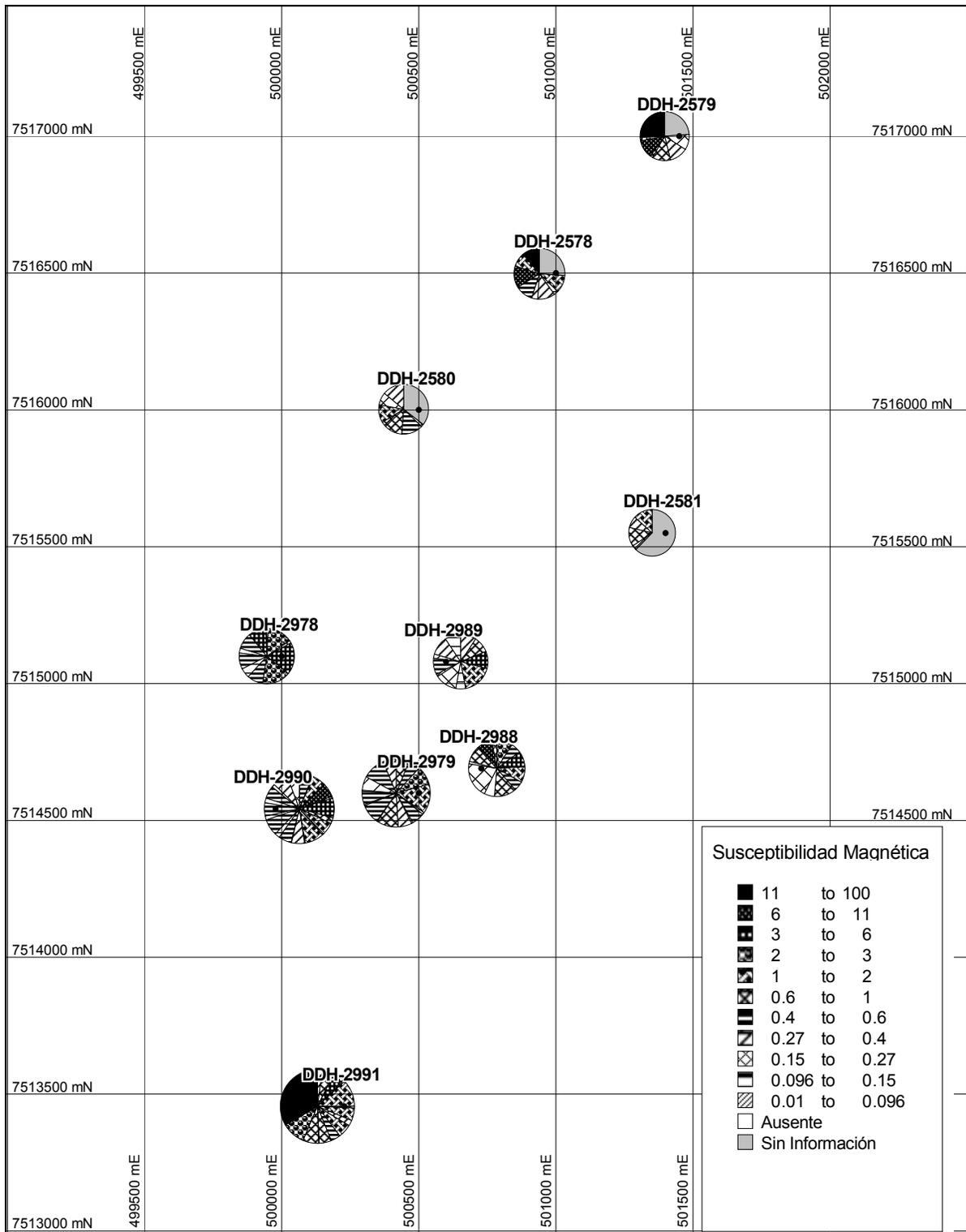


Fig. 10. Zonación de Susceptibilidad Magnética

3.9.- Mapeo de Vetillas:

Se efectuó un mapeo de vetillas de la totalidad de los pozos del Proyecto, identificando el tipo de vetilla, tipo de relleno, asociación mineral, rango de espesor y cantidad de vetillas por metro para cada dominio. La tabulación de los resultados obtenidos se encuentra en el Anexo F de Vetetas y Vetillas.

3.10.- Estudios Especiales

Se enviaron a estudios especiales un total de 13 muestras, varias de ellas por más de un estudio como se puede apreciar en la tabla 6. En el Anexo N se encuentran las descripciones realizadas de los estudios especiales efectuados, incluyendo una datación radiométrica (Re/Os) realizada en molibdenita obtenida del pozo DDH-2979 a los 422 m, de la cual se obtuvo una edad de 36.3 ± 0.2 ma mediante dilución isotópica y TIMS (Thermal Ionization Mass Spectrometry).

| IDENTIFICACION | | DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | | | ESTUDIOS REALIZADOS | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------|----------|----------|
| SONDAJE | Prof.(m) | LITOLOGÍA | ALTERAC | MINERALIZ | PETRO | DIF. RX | PULID/SR | DAT |
| DDH-2978 | 252.30 | Tufita Arenosa | Biotita-Sericita | Lixiviada | X | X | | |
| DDH-2978 | 289.70 | Tufita Arenosa | Biotita-Sericita | Hipógena | X | X | | |
| DDH-2979 | 261.20 | Brecha Hidrotermal | Argílico | Hipógena | X | X | | |
| DDH-2979 | 340.80 | Brecha Ignea | Sericita | Enriquecimiento | X | X | | |
| DDH-2979 | 318.60 | Brecha Hidrotermal | Sericita | Enriquecimiento | X | | | |
| DDH-2979 | 422.00 | Pórfido tonalítico | Sericita-Arcillas | Enriquecimiento | | | | X |
| DDH-2990 | 333.25 | Brecha Hidrotermal | Argílico | Enriquecimiento | | | X | |
| DDH-2990 | 355.30 | Brecha Hidrotermal | Sericita-Arcillas | Enriquecimiento | X | | X | |
| DDH-2990 | 409.60 | Pórfido tonalítico | Sericita-Arcillas | Enriquecimiento | X | | X | |
| DDH-2990 | 445.90 | Pórfido Granodiorítico | Clorita-Sericita | Enriquecimiento | | | X | |
| DDH-2990 | 454.30 | Pórfido Granodiorítico | Clorita-Sericita | Hipógena | X | | X | |
| DDH-2991 | 343.00 | Andesita | Biotita-Sericita | Parcial Lixiviada | X | | X | |
| DDH-2991 | 410.30 | Pórfido Granodiorítico | Biotita-Sericita | Parcial Lixiviada | X | | X | |
| TOTAL ESTUDIOS | | | | | 10 | 4 | 7 | 1 |

Tabla 6: Estudios especiales realizados.

4.- RESULTADOS DE SONDAJES PULUCKTUR

4.1 GEOLOGIA

4.1.1 Resumen de descripción de sondajes

En primer lugar se presentan antecedentes considerados en la recomendación, luego características generales y finalmente una breve descripción de la litología, alteración y mineralización. Una descripción más detallada se puede encontrar en los strip logs, en el Anexo H.

DDH-2578 (S4-06): *Pozo exploratorio en sector N de Pulucktur, con antecedentes de alineamiento de pórfidos NW, vetillas de Qz, brechas en entorno y anomalía geoquímica de 300 ppm abierta y en borde de anomalía geofísica favorable.* Largo 270 m; Techo de Roca (inicio del sustrato rocoso compactado): 77.40 m; Techo de sulfuros (primera aparición de sulfuros): 159.8m. Las rocas corresponden a monzodioritas cortadas por apófisis de pórfido tonalítico tardío en varios tramos, entre 151m y 256m. La alteración corresponde a sericita y arcillas hasta los 143,5m, sericita-clorita a sericita entre 143,5 a 177,2m y clorita a clorita-sericita hasta el fondo (con epidota hasta 204m). La mineralización corresponde entre 118,5-121m y 155,4-155,7m a zonas limonitizadas con presencia puntual y débil de óxidos de cobre negros (LOX). Desde los 159,8m hasta el fondo, pirita débil y patinas de calcosina, con zonas intercaladas de parcial lixiviado y mineralización hipógena con pirita débil a moderada, magnetita moderada, trazas puntuales de calcopirita, trazas de calcosina en patina y trazas de goethita. Las leyes obtenidas son menores de 0,1%Cu, tanto para las zonas de limonitas con trazas de óxidos de cobre, zonas de enriquecimiento secundario con trazas de calcosina y zonas de mineralización hipógena con trazas de calcopirita.

DDH-2579 (GQ-6A): *Pozo exploratorio en sector N de Pulucktur, con antecedentes favorables de geoquímica.* Largo 250,5m. Techo de roca: 46,5m, Techo de sulfuros: 135,75m y Piso de oxidación:143,4m. La sobrecarga es de calizas hasta 22,5m y luego limolitas hasta el techo de roca. Desde el techo de roca y hasta 212,6m predominan dacitas con intercalaciones menores de andesitas y localmente brecha hidrotermal (189,3 a 192m). Desde 212,6m hasta el fondo se presentan tufitas e intercalaciones menores de andesitas, con alteración dominante consistente en argilización fuerte y menor sericita hasta 110,65 m; luego continua alteración sericítica a clorita-sericita hasta 141,45m y posteriormente alteración propilítica con clorita y epidota hasta el fondo. La mineralización consiste en lixiviación, abundante hematita, desde el techo de roca hasta 122,4m; entre 122,4 y 135,75m zona lixiviada de hematita-goethita con trazas de óxidos negros y arcillas con cobre. Posteriormente, hasta 139,25 m zona mixta que presenta localmente óxidos verdes y arcillas con cobre coexistiendo con trazas de calcosina (730 ppm Cu) Bajo 139,25m y hasta el fondo del pozo, ocurre mineralización hipógena de pirita, con intensidad moderada, a excepción de tramo con brecha hidrotermal que presenta pirita abundante en matriz. Localmente, asociada a brecha de falla entre 236,3 y 236,7m, ocurre un apófisis de pórfido tonalítico con trazas de calcosina y galena (0.13% Cu).

DDH-2580 (S4-02): *Pozo exploratorio en sector N de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología, vetillas de cuarzo y pórfidos cercanos.* Largo 258m; Techo de roca: 90m, Techo Sulfuros: 172,4m, Piso Oxidación: 177,5m. La sobrecarga es de calizas hasta 22,5m, luego limos calcáreos hasta 49,5m, posteriormente 3m de arena, 25m de calizas y 12m de limos arcillosos hasta el techo de roca. Desde el techo de roca hasta 122,5m ocurren dacitas, seguidas de pórfido tonalítico tardío hasta 203,8m, luego brecha ígnea con matriz de pórfido hasta 224,6m y finalmente, entre 224,6m y el fondo ocurre nuevamente pórfido tonalítico tardío. La alteración dominante es argílica hasta 104m, luego sericítica hasta 172,4m y posteriormente clorítica hasta 192m; entre 192 y 233m la alteración dominante es sericítica moderada; entre 233m y 240m se presenta alteración argílica, asociada a zona de falla y luego alteración clorita-sericita débil hasta el fondo del pozo. Inmediatamente bajo el techo de roca ocurre mineralización exótica que consiste en arcillas con cobre coexistiendo con hematita hasta los 103,8m (13,8 m con 0,2%Cu), seguida de fuerte lixiviación con abundante hematita hasta 172,35m, con algunas ocurrencias menores de arcillas con cobre. Entre 172,4 y 177,5m se presenta una zona enriquecida en calcosina sobre pirita y trazas de arcillas con cobre (4.5m con 0,34%Cu). Entre 177,5 y 190.5 m ocurre mineralización hipógena de pirita moderada. Entre 190.5 y 203,8 m se encuentra una zona de enriquecimiento donde coexiste pirita y calcosina como pátinas (13.5m con 0,24%Cu). Posteriormente, asociada a brecha, se presenta una zona lixiviada hasta 220m con hematita abundante. Entre 220 y 233m se presenta nuevamente una zona de enriquecimiento con calcosina sobre pirita (12 m con 0,1% Cu). Entre 233 m y el fondo del pozo, ocurre mineralización hipógena de pirita con trazas de calcosina y ley menor que 0,1% Cu.

DDH-2581 (S4-01): *Pozo exploratorio en sector central-este de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica.* Largo 224,50m; Techo de roca: 136,55m; Techo de sulfuros: 203.6m. La sobrecarga es de calizas hasta 30m, luego sigue un tramo sin recuperación hasta los 106,5m; continúan limos arcillosos con intercalaciones de yeso hasta 119,5 m, seguido de gravas negras hasta el techo de roca. Desde el techo de roca hasta 185,7 m ocurren andesitas levemente cloritizadas y argilización supérgena sobreimpuesta que presentan lixiviación débil, con mineralización de goethita y óxidos de manganeso en planos de fracturas. Luego se presentan tobas de lapilli, con alteración de clorita y, en tramos, epidota (propilítico); sericita local (débil a moderada) asociada a estructuras. La mineralización se desarrolla entre un lixiviado débil a moderado, para pasar a un parcial lixiviado con trazas de calcosina entre 203,6 y 220,65m, sin anomalías geoquímicas; sigue mineralización hipógena de pirita hasta el fondo.

DDH-2978 (PLK-02): *Pozo exploratorio en sector central-oeste de Pulucktur con antecedentes favorables de geofísica y pórfidos cercanos.* Largo 318m; Techo de roca: 197.6m; Techo de sulfuros: 236.4m. Presenta una sobrecarga bastante superior a los pozos cercanos al N y NE (el pozo más cercano es el DDH-2581, situado a 750 m al NNE, tiene 90 m de sobrecarga). La sobrecarga corresponde a una capa superior de 75 m de calizas con intercalaciones menores de areniscas, seguida de una secuencia de casi 90 m de espesor entre limos y arcillas. Los últimos metros de esta secuencia arcillosa presentan mineralización exótica

compuesta de óxidos negros diseminados en limos arenosos y cúmulos de crisocola (165 m/4.5 m con 0.44%Cu). Bajo los limos ocurre un pequeño espesor de gravas rojas, de alrededor de 25m cementadas con limonitas (ferricretas). El techo de rocas se presenta a los 197.6 m y corresponde a una secuencia volcano-sedimentaria de tobas y tufitas asignadas a la Fm. Collahuasi, la que se mantiene hasta el fondo del pozo. La alteración corresponde a un fondo biotítico de intensidad moderada, al que se sobre-impone alteración argílica en la parte superior, hasta los 250 m, pasando gradualmente a alteración biotita-sericita hasta los 280 m, desde donde domina una zona biotita-clorita hasta el fondo. Los primeros metros bajo el techo de roca presentan mineralización exótica bien desarrollada, correspondiente a óxidos negros que rellenan un intenso fracturamiento de la roca (196.5 m/7.5 m con 0.58%Cu). Luego, la mineralización exótica va decreciendo gradualmente, dando paso a una zona lixiviada con presencia local de óxidos negros y arcillas con cobre, que se extiende hasta los 254 m, exceptuando el tramo entre 237 y 244 m, donde ocurren sulfuros parcialmente preservados en una veta piritosa, con contenidos hasta 10% de pirita y trazas de calcosina en pátinas (234 m/10,5 m con 0.31% Cu). Bajo los 254 m y hasta los 276 m se presenta una zona de enriquecimiento débil con calcosina en fracturas y vetillas (255 m/21 m con 0.23% Cu), la que grada a una zona hipógena con 2 a 4% de pirita y trazas de calcopirita. Destaca en toda la secuencia bajo el techo de rocas, un penetrativo stockwork de vetillas de sulfuros (Py) y cuarzo tipo “D” (Figura 11).

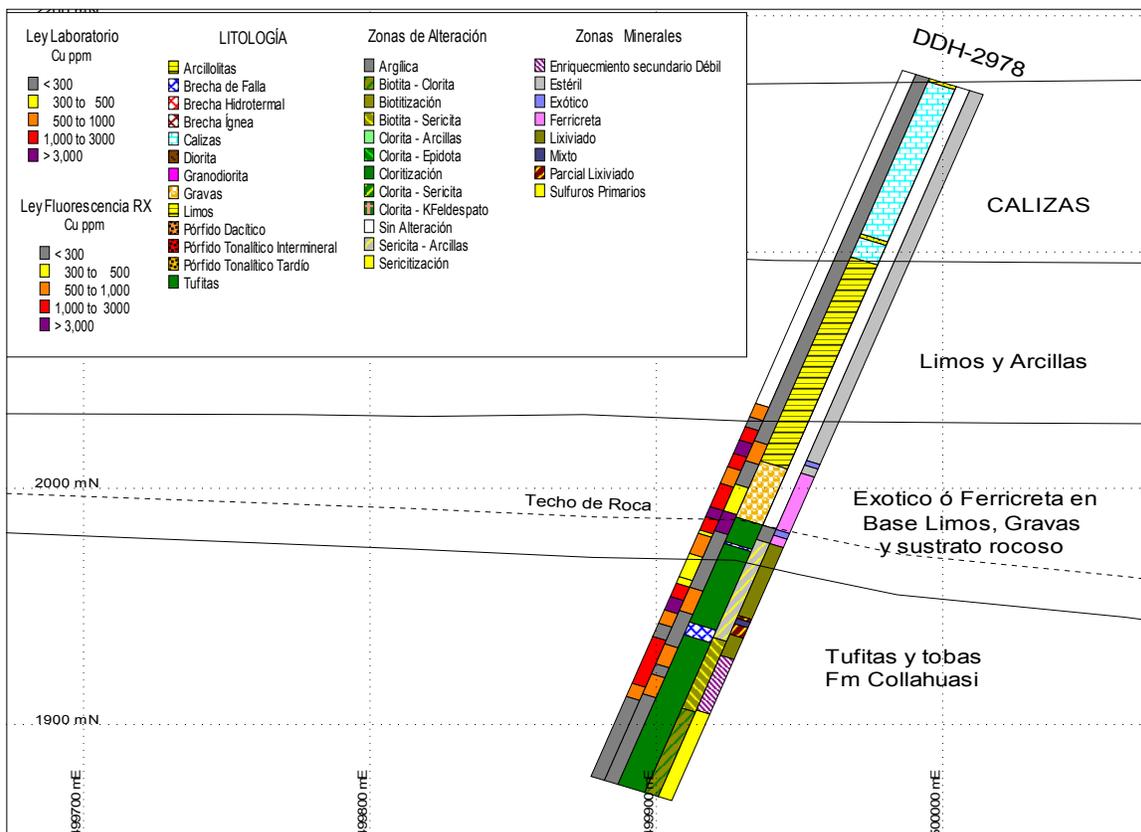


Figura 11: DDH-2978 mostrando de izquierda a derecha: Ley de laboratorio, Ley FRX, Litología, Alteración y Zona Mineral

DDH-2979 (PLK-04): Pozo exploratorio en sector central de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica. Largo 483m; Techo de roca: 156m; Techo de sulfuros: 226.2m. La sobrecarga consiste en una capa superior de 6,85 m de arena, seguida de calizas oquerosas hasta los 56m y luego limos con intercalaciones menores de calizas hasta los 153.5m, desde donde ocurren gravas rojas hasta el techo de roca (Fig. 12). En torno al techo de roca se presenta mineralización exótica débil (148.5-157.5 m, 9 m con 0.23%Cu) de óxidos negros diseminados en el limo o en el cemento de las gravas y en fracturas bajo el techo de rocas. Desde el techo de rocas hasta los 242m la litología dominante corresponde a tobas y areniscas lixiviadas con digitaciones de pórfido tonalítico y alteración sericita-arcillas. Localmente ocurren sulfuros colgados, entre 226 y 227m en apófisis de 1m de brecha hidrotermal que corta a las tobas. El techo de sulfuros se presenta a los 245.1m en cuerpo de brecha hidrotermal. Entre 242 y 363 m ocurre una zona de brechas hidrotermales e ígneas con intercalaciones de tufitas con alteración sericita-arcillas y en zona mineral hipógena a parcialmente lixiviada hasta los 297m, seguida de una zona de enriquecimiento débil con pátinas de calcosina sobre pirita. Desde los 363m y hasta el fondo del pozo a los 483m, ocurre únicamente pórfido tonalítico tardío con vetillas de cuarzo tipo “D” sobreimpuestas sobre vetillas “B” preexistentes y hacia el fondo hay mayor ocurrencia de vetillas tempranas. Este tramo presenta alteración sericita-arcillas y enriquecimiento secundario débil de calcosina sobre pirita hasta el fondo del pozo con leyes de 0,26% Cu y localmente (408-425 m) 0,61% Cu.

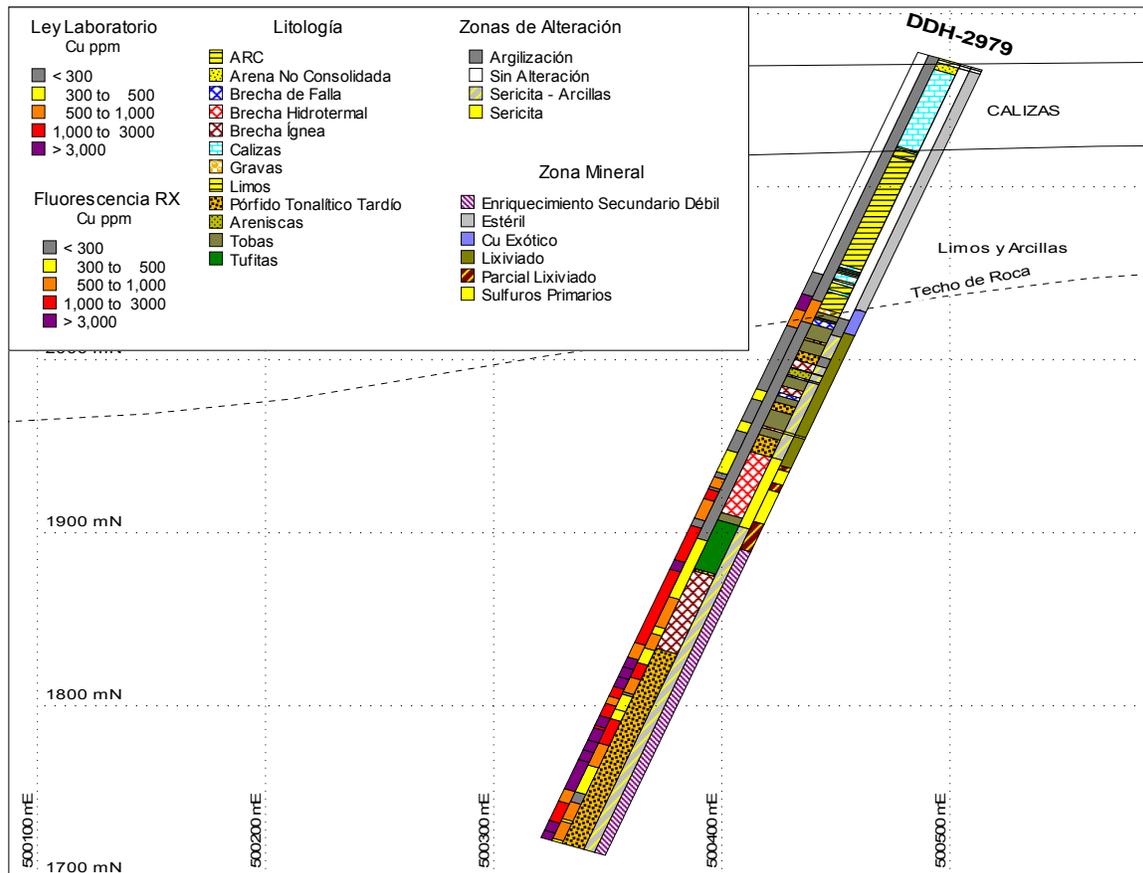


Figura 12: DDH-2979 mostrando de izquierda a derecha: Ley Laboratorio, Ley FRX, Litología, Alteración y Zona Mineral

DDH-2988 (PLK-05): *Pozo exploratorio en sector central de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica.* Largo 330m; Techo de roca: 169.81m; Techo de sulfuros: 246.8. Bajo la sobrecarga, se encuentra una secuencia de rocas sedimentarias compuesta de Brechas sedimentarias, arcillolitas y menor lutitas, que se asignan a la Formación estratos de Quetena y se extienden hasta los 245.4 m. Esta secuencia sedimentaria se encuentra lixiviada con algunos tramos con minerales oxidados de cobre remanentes, consistentes en óxidos negros (Cu-Mn), arcillas con Cu y puntualmente crisocola, cuya mejor expresión la constituye el tramo 200 -239 m con un promedio de 0,19% Cu y un máximo de 0,6% Cu a los 204 m. Presenta una alteración dominante de sericita arcillas y menor cloritización, con presencia local de silicificación. En contacto por falla, desde los 245.4 m hasta el fondo del pozo ocurren rocas volcanosedimentarias asignadas a la Fm. Collahuasi, con variaciones entre tobas, tufitas y andesitas. Estas litologías gradan de un inicio argílico-sericítico a clorita-sericita/biotita-sericita, con epidota desde los 280 m. Desde los 246,8 m, ocurre pirita en vetillas parcialmente lixiviadas, fracturas y diseminada, sin mineralización de interés económico.

DDH-2989 (PLK-09): *Pozo exploratorio en sector central de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica.* Largo 309.3m; Techo de roca: 150.5m; Techo de sulfuros: 262.2. La sobrecarga presenta mineralización exótica entre 142.5 y 147 m (4.5 m con 0.67% Cu), bajo la que se encuentra una secuencia de rocas sedimentarias asignadas a la Formación Estratos de Quetena, que consisten en brechas sedimentarias con fragmentos de cuarzo subredondeados e intercalaciones de areniscas finas. Estas litologías se presentan sericitizadas con tramos biotita-sericita y en zonas de falla aumento de arcillas (argílico). La mineralización consiste en una lixiviación fuerte con hematita dominante sobre goethita y prácticamente sin jarosita hasta los 265 m, con anomalías del orden de 300 ppm Cu y el tramo 162.5-202.5 m, anómalo en molibdeno (39 m con 72ppm Mo). Bajo el techo de sulfuros a los 262.2 m ocurre pirita moderada en vetillas y diseminada, con trazas de calcosina muy sutil en patinas sobre pirita. Desde los 297 m hasta el fondo del pozo a los 309 m, se registra un leve aumento del contenido de cobre, con un promedio de 0,1% Cu y un máximo de 0,22% Cu en el último tramo perforado.

DDH-2990 (PLK-10): *Pozo exploratorio en sector central de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica.* Largo 507m; Techo de roca: 145.1m; Techo de sulfuros: 277m. Sobre el techo de rocas, en los últimos metros de limos y la delgada cubierta de gravas, presenta mineralización exótica poco intensa, de óxidos negros, con una ley de 0,14% Cu para un tramo de 10,5 m. Bajo el techo de rocas interceptó una alternancia entre pórfidos tonalíticos, granodioríticos y brechas hidrotermales. La zona superior, desde el techo de rocas hasta los 277 m se encuentra fuertemente lixiviada con dominio hematítico y alteración sericita-arcillas afectando brechas hidrotermales anómalas en Mo. Desde los 277 hasta los 447 m se encuentra un pórfido tonalítico flanqueado por brechas hidrotermales con enriquecimiento secundario y trazas de calcopirita y bornita que alberga una intersección mineralizada desde los 319,5m de 52,5 m con 0,41% CuT, incluyendo 10,5 m con 0,835% Cu. Bajo la zona enriquecida y

hasta los 478 m, ocurre un pórfido granodiorítico con clorita remanente y local epidota que presenta un aumento en el contenido de arcillas y un menor contenido de cobre, desde donde continua pórfido tonalítico hasta el fondo del pozo.

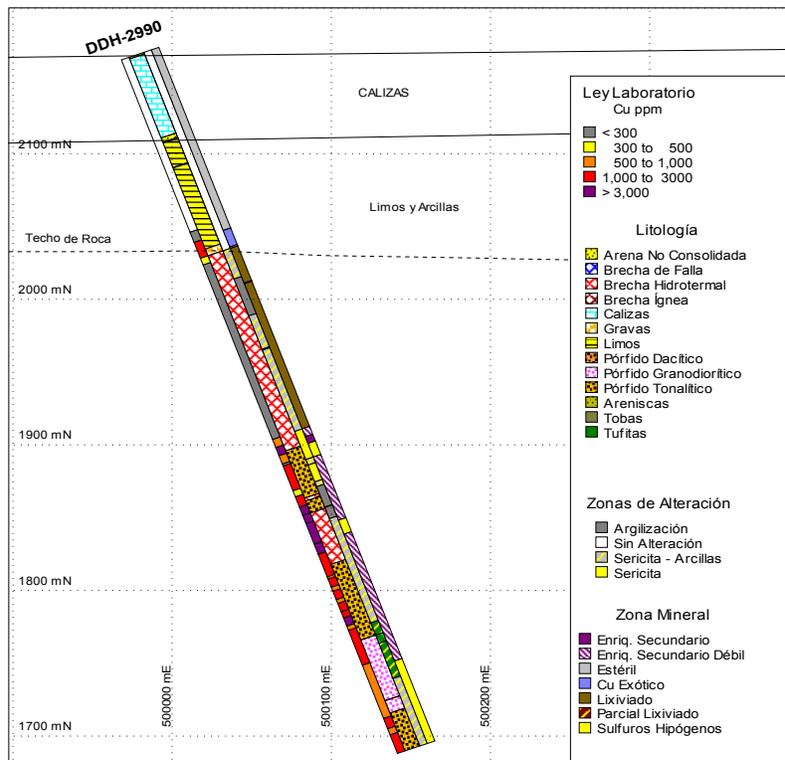
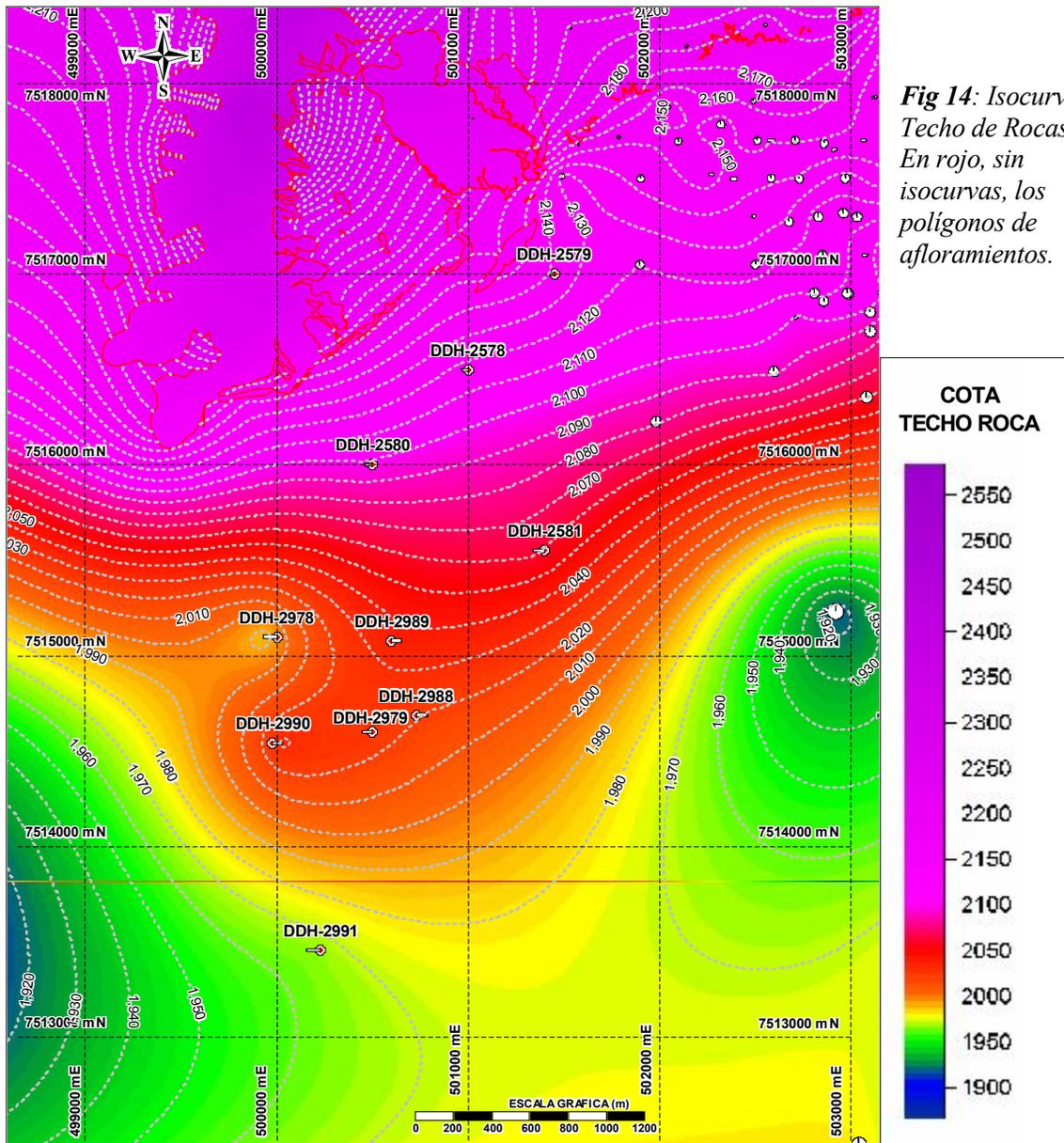


Figura 13: DDH-2990 mostrando de izquierda a derecha: Ley Laboratorio, Litología, Alteración y Zona Mineral

DDH-2991 (PLK-08): Pozo exploratorio en sector sur este de Pulucktur, con antecedentes favorables de geología y geofísica. Largo 570.4m; Techo de roca: 216.26m; Techo de sulfuros: 336m. Bajo la sobrecarga exhibe una secuencia volcánica andesítica interceptada por 20m de un pórfido tardío estéril que generó brechas ígneas en sus contactos y en zonas estructurales. La alteración observada corresponde a biotita de fondo con variaciones a biotita-sericita, biotita-clorita. Presenta mineralización exótica de óxidos verdes en las gravas y óxidos negros en los primeros metros de la andesita, bajo el techo de roca, con una ley de 0,18% Cu para 9m de gravas y 0,16% Cu para 25,5m de roca. Bajo la mineralización exótica ocurre lixiviación moderada, con presencia parcial de arcillas con cobre que registran un promedio de 870 ppm Cu y 45 ppm Mo, para un tramo de 100 m, hasta el techo de sulfuros. Bajo el techo de sulfuros, la mineralización consiste en un fondo pirítico diseminado en andesitas, parcialmente lixiviadas hasta los 465 m. Se exceptúa el tramo entre 385 y 451 m que corresponde a una apófisis de pórfido granodiorítico con desarrollo de brecha ígnea en ambos flancos. La parte superior de la brecha ígnea presenta un tramo mixto entre 385 y 405 m mineralizada con atacamita y calcopirita, que arroja leyes en torno a 0,1%. Bajo el piso de limonitas, la mineralización hipógena consiste en pirita con menor calcopirita en vetillas principalmente y diseminado, abundante magnetita y trazas de molibdenita. Este sondaje presenta un stockwork de vetillas de cuarzo con halos de sericita - clorita y otras sin halos, además presenta una zona de falla y fracturas a partir de los 556m hasta el fondo del pozo.

4.1.2.- Análisis de Sobrecarga

4.1.2.1 Distribución de Espesor de Sobrecarga



Para determinar el espesor de la sobrecarga se efectuaron dos grillas con el mismo espaciamento (10 m) entre las coordenadas E-499.000 a E-503.000 y N-7.512.000 a N-7.518.000, construidas con el software Surfer, mediante Krigeage con modelo de variograma esférico (método insesgado, que minimiza la varianza del error). En la primera de ellas el valor de los nodos representa la cota de la superficie topográfica actual y fue obtenida de una base topográfica de alta precisión, con curvas de nivel cada 2 m (Top-Eye), complementada con la topografía IGM 1:50.000 en el tercio sur, donde se carecía de información más precisa. La segunda grilla representa la cota actual del techo de rocas y fue construida utilizando la información de sondajes

disponibles en el área de interés, incluido un entorno de 2 km alrededor (131 sondajes), mas los puntos resultantes de la intersección de los polígonos de afloramientos de mapeos 1:5.000 – 1:25.000 con las curvas de nivel Top-Eye e IGM 1:50.000 en la misma área.

La matriz que representa el Espesor de Sobrecarga (ES) en el área de interés, fue obtenida mediante la resta de la Grilla de Superficie (GS) menos la Grilla de Techo de Rocas (GT) mediante la relación: $ES(i,j) = GS(i,j) - GT(i,j)$. Donde (i,j) representan cada nodo de la grilla.

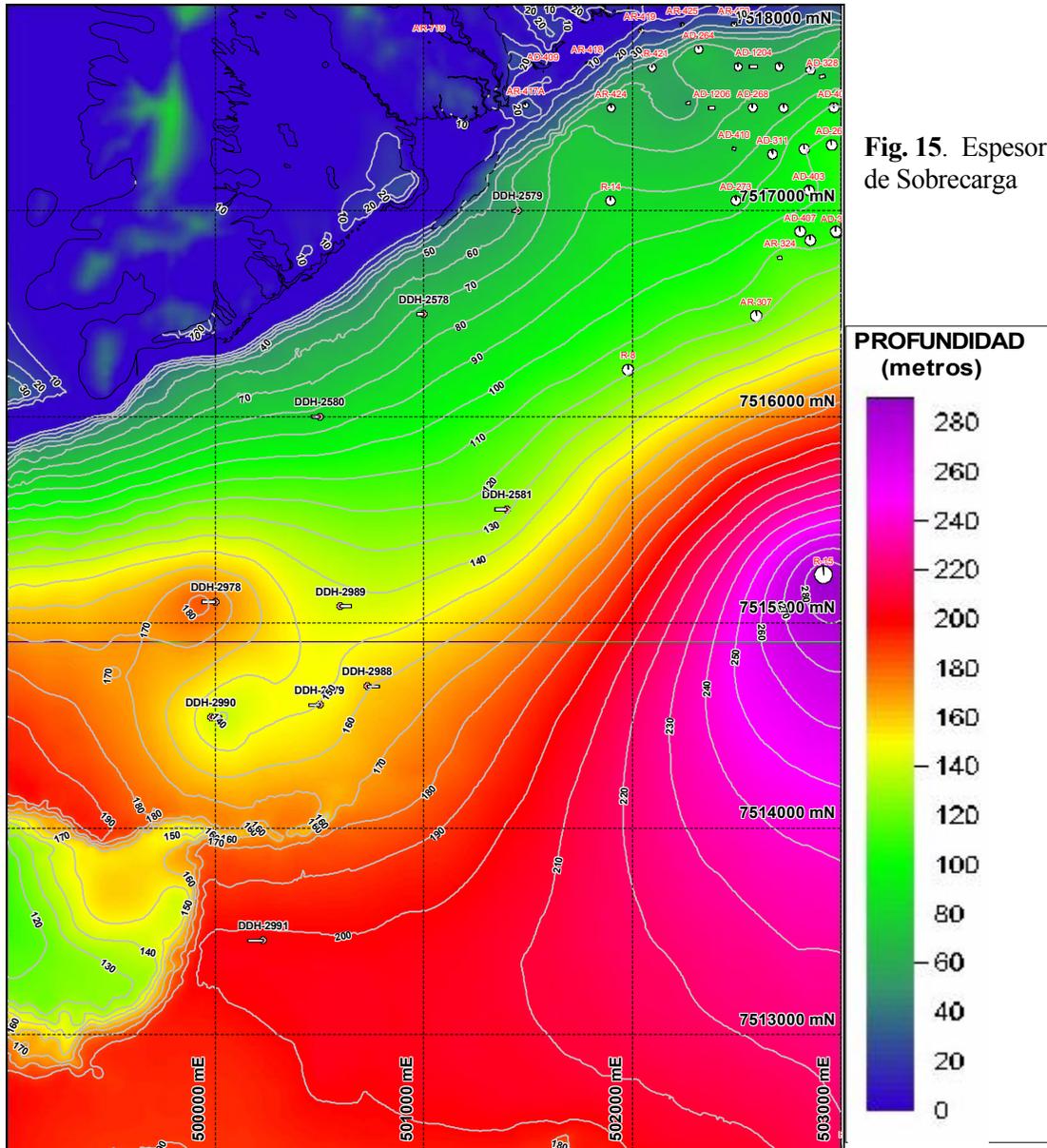


Fig. 15. Espesor de Sobrecarga

Como se puede apreciar en la figura 15, la matriz resultante de espesor de sobrecarga indica una gradiente de engrosamiento del espesor en dirección SE, alcanzando un máximo de 290 m en el pozo R-15 en el extremo centro oriental del

área de estudio. Respecto a las zonas prospectables, este estudio señala un espesor para las zonas de interés entre 70 y 200 m de espesor, con una irregularidad hacia la vertiente “Ojo de Opache” en sector sur occidental del área, debido a un bajo topográfico, que provoca disminución del espesor, de unos 70 m con respecto a su entorno.

4.1.2.2 Potencial de Depósitos Exóticos

Los análisis químicos realizados a muestras de algunos sondajes del sector Opache-Pulucktur indican la presencia de Cu exótico en gravas, por lo que se ha considerado de interés caracterizar la distribución de este elemento en el área, con el fin de identificar algún vector de interés para la exploración de este sector.

Para efectuar el análisis de la distribución de la mineralización exótica en el Proyecto y su entorno inmediato, se preparó una base de datos con información de litología, mineralización y leyes de sondajes, que incluyó el Prospecto Opache y compilación de información del Proyecto Ricardo. Se consideraron 58 sondajes, ubicados entre las coordenadas N7.513.450-N7.519.000 y E499.950-E504.500. Sobre esta base se modeló el techo de Rocas y espesor de exóticos, como se puede apreciar en las figuras 16 a 19.

Para este análisis se identificaron aquellos sondajes con muestras que contienen CuT mayor o igual a 0,1% en gravas, clasificando estos tramos como “exótico”. Según este criterio, 24 sondajes contienen Cu exótico en gravas, de los cuales 12 poseen un espesor de 3 m o más, mientras que el resto corresponden a tramos de una muestra (aprox. 1,5 m) inmediatamente sobre el techo de roca.

Los sondajes con Cu exótico se distribuyen principalmente en dos sectores: en el área sur-este de Opache (Exótico Opache) y en la parte sur-oeste del sector Pulucktur (Exótico Pulucktur). La Figura 16 muestra la distribución de los sondajes que contienen Cu exótico en estos sectores y la interpolación de su espesor. Adicionalmente se determinó la cota del techo del Cu Exótico en cada sondaje, con lo que se construyó una interpretación de la superficie del techo del exótico (Figura 17), la que al ser interceptada con la superficie del techo de roca (Figura 18) muestra la posible distribución del exótico en cada sector. En el sector de Pulucktur, los resultados obtenidos insinúan una faja con orientación del aporte desde el noreste hacia el oeste, con un mayor aporte hacia el NW que hacia el SW, lo que explica el aumento de espesor hacia el NW.

Exótico Opache:

El exótico Opache queda determinado por 19 sondajes, de los cuales 12 poseen menos de 3 m de gravas con Cu exótico, correspondiente a la muestra de sobrecarga ubicada inmediatamente por sobre el techo de roca. En estos casos no existe la certeza de que este Cu sea exótico o si corresponde a una mezcla entre la grava y la roca mineralizada del yacimiento Opache.

La estadística básica de las gravas asociadas a estos sondajes se muestra en la Tabla 7, donde se observa que el promedio de Cu para la sobrecarga es de 0,071%, mientras que el promedio para las muestras con exótico es de 0.268%.

La distribución del exótico y su espesor muestra una dirección de aporte desde en yacimiento Opache hacia el sur-este (Figura 19A), con un espesor máximo de 15 m (sondaje AD-428), pudiéndose considerar un exótico en su mayoría in-situ, con un bajo grado de transporte de soluciones en el área reconocida con sondajes, aunque no se descarta la existencia de algún paleocanal que pudiese haber favorecido la migración de Cu exótico ya que los sondajes al sur de Opache son escasos y espaciados.

| | | Cu (%) | Mo (%) | As (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
|--|-----------------|----------|---------|----------|----------|----------|
| GRAVAS OPACHE | Valid cases | 1410 | 1409 | 31 | 31 | 31 |
| | Mean | 0.0713 | 0.0035 | 79.0 | 46.5 | 268.4 |
| | Std. Deviation | 0.1460 | 0.0093 | 67.4 | 22.3 | 172.3 |
| | Minimum | 0.0006 | -0.001 | -10 | 5 | 66 |
| | Maximum | 2.1 | 0.11 | 400 | 104 | 886 |
| | Median | 0.028 | 0.0006 | 80 | 44 | 206 |
| | 75th percentile | 0.06805 | 0.0017 | 80 | 58 | 252 |
| | UMBRAL | 0.0791 | 0.0040 | 103.2 | 54.5 | 330.3 |
| GRAVAS CON EXOTICO (>0,1%CuT) OPACHE | Valid cases | 251 | 251 | 1 | 1 | 1 |
| | Mean | 0.2680 | 0.0091 | 400.0 | 34.0 | 224.0 |
| | Std. Deviation | 0.2655 | 0.0145 | ---- | ---- | ---- |
| | Minimum | 0.1 | -0.001 | 400 | 34 | 224 |
| | Maximum | 2.1 | 0.11 | 400 | 34 | 224 |
| | Median | 0.183 | 0.0042 | 400 | 34 | 224 |
| | 75th percentile | 0.285 | 0.0108 | ---- | ---- | ---- |
| | UMBRAL | 0.3016 | 0.0109 | ---- | ---- | ---- |
| GRAVAS ESTÉRILES (<0,1%CuT) OPACHE | Valid cases | 1159 | 1158 | 30 | 30 | 30 |
| | Mean | 0.0287 | 0.0025 | 68.8 | 47.0 | 269.9 |
| | Std. Deviation | 0.0226 | 0.0071 | 30.9 | 22.5 | 175.0 |
| | Minimum | 0.0006 | 0.00005 | 5 | 5 | 66 |
| | Maximum | 0.099554 | 0.0965 | 170 | 104 | 886 |
| | Median | 0.021 | 0.0005 | 75 | 44.5 | 205 |
| | 75th percentile | 0.039 | 0.001 | 80 | 59 | 269 |
| | UMBRAL | 0.0301 | 0.0029 | 80.1 | 55.2 | 333.8 |

Tabla 7: Estadística básica de las gravas de sondajes de Opache con presencia de Cu Exótico (>0,1% Cu)

Exótico Pulucktur:

El exótico Pulucktur está definido por 5 sondajes del extremo SW del Sector Pulucktur, los cuales poseen entre 4,5 y 19 m de gravas con Cu exótico, siendo el sondaje DDH-2978 ubicado en el extremo NW del área el que registra el mayor espesor.

La estadística básica de las gravas de estos sondajes se indica en la Tabla 8, donde se muestra que el promedio de Cu para el total de la grava analizada es de 0,118%, en tanto que para las muestras con exótico el promedio es de 0.242% CuT.

La información de sondajes de este sector no es suficiente para establecer con claridad la dirección de migración de las soluciones enriquecidas en Cu, no obstante, la distribución del techo del exótico sugiere una dirección general de aporte desde el noreste hacia el oeste, con una mayor aporte hacia el NW que hacia el SW, lo que explica el aumento de espesor hacia el NW.

| | | CuT (%) | Mo (%) | As (ppm) | Zn (ppm) |
|--|-----------------|---------|---------|----------|----------|
| GRAVAS PULUCKTUR | Valid cases | 88 | 88 | 88 | 88 |
| | Mean | 0.1188 | 0.0012 | 98.5 | 291.9 |
| | Std. Deviation | 0.1978 | 0.0014 | 72.7 | 240.8 |
| | Minimum | 0.003 | -0.0005 | -10 | 27 |
| | Maximum | 1.666 | 0.0074 | 473 | 1054 |
| | Median | 0.079 | 0.0008 | 80.5 | 231.5 |
| | 75th percentile | 0.14525 | 0.0017 | 123.25 | 372.5 |
| | UMBRAL | 0.1610 | 0.0015 | 114.0 | 343.2 |
| GRAVAS CON EXOTICO (>0,1%CuT) PULUCKTUR | Valid cases | 34 | 34 | 34 | 34 |
| | Mean | 0.2423 | 0.0019 | 137.4 | 320.6 |
| | Std. Deviation | 0.2757 | 0.0015 | 93.6 | 255.7 |
| | Minimum | 0.101 | -0.0005 | -10 | 38 |
| | Maximum | 1.666 | 0.0074 | 473 | 1054 |
| | Median | 0.1615 | 0.00155 | 117 | 254.5 |
| | 75th percentile | 0.21675 | 0.0026 | 171.75 | 400.75 |
| | UMBRAL | 0.3369 | 0.0024 | 169.5 | 408.3 |
| GRAVAS ESTÉRILES (<0,1%CuT) PULUCKTUR | Valid cases | 54 | 54 | 54 | 54 |
| | Mean | 0.0411 | 0.0010 | 74.8 | 273.8 |
| | Std. Deviation | 0.0307 | 0.0009 | 38.7 | 231.5 |
| | Minimum | 0.003 | 0.00025 | 5 | 27 |
| | Maximum | 0.096 | 0.0041 | 190 | 1053 |
| | Median | 0.0265 | 0.0007 | 70.5 | 204.5 |
| | 75th percentile | 0.077 | 0.0013 | 97 | 328.5 |
| | UMBRAL | 0.0495 | 0.0012 | 85.4 | 336.8 |

Tabla 8: Estadística básica de las gravas de sondajes de Pulucktur con presencia de Cu Exótico (>0,1% Cu)

Finalmente, analizando la distribución general del techo del exótico de los sectores Opache y Pulucktur con una visión general, considerando además la distancia entre ambos sectores (aproximadamente 3 km.) y la interpolación del techo de roca, se puede interpretar que la probabilidad de que la fuente del exótico de Pulucktur fuese el yacimiento Opache es baja, sin embargo, lo espaciado de los sondajes existentes entre ambos sectores hace que la información disponible en esta área sea escasa y por tanto las conclusiones que se pueden obtener de una posible conexión tienen un alto nivel de incertidumbre.

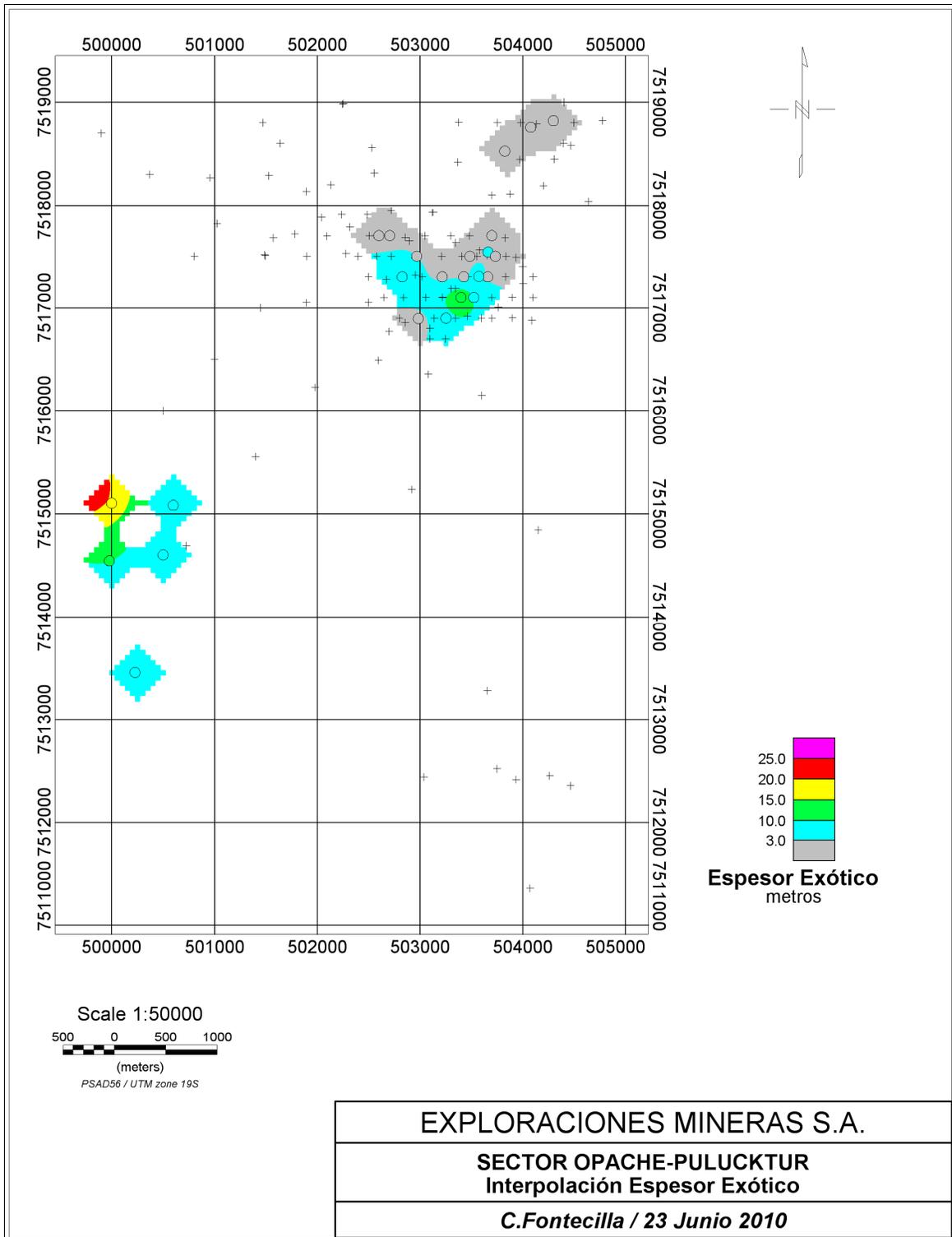


Fig. 16: Espesores de tramos con mineralización exótica interceptados en sondajes.

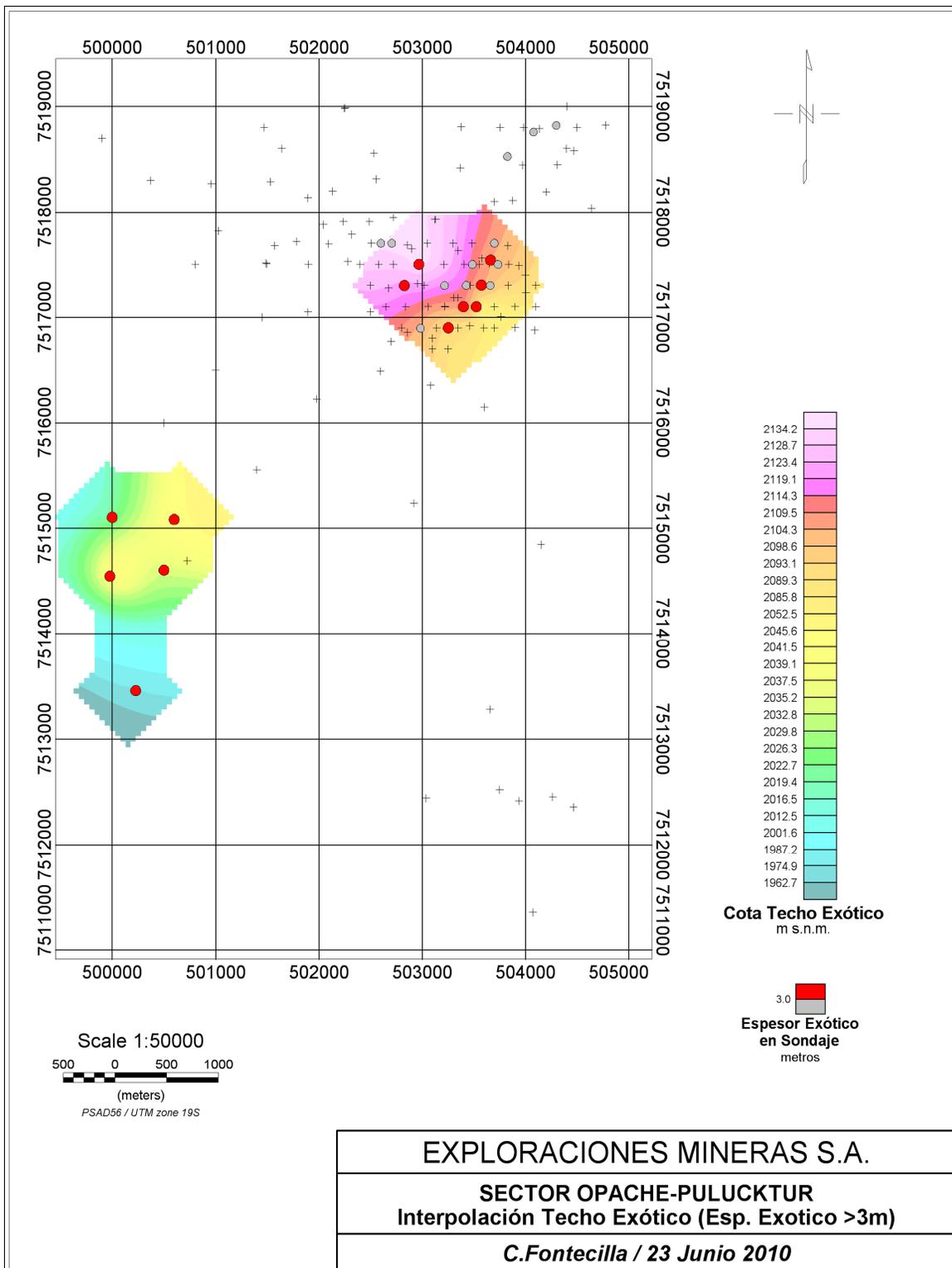


Fig. 17: Cota del techo de mineralización exótica.

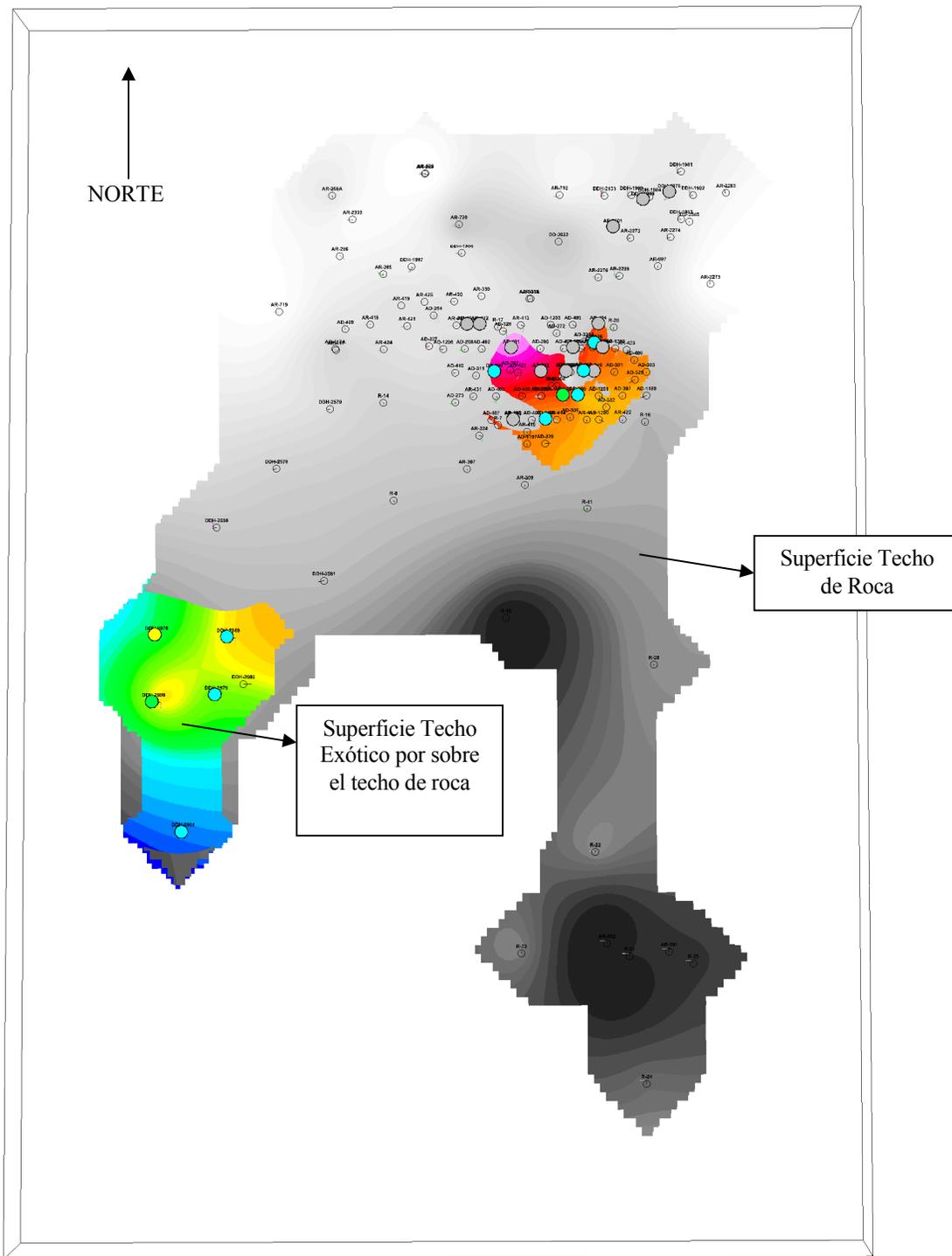


Fig. 18: Vista 3D (desde arriba) de la intersección entre la superficie del techo de roca (gris) y la superficie del techo del exótico (colores). Donde se visualizan los colores significa que la superficie del techo del exótico se encuentra por sobre el techo de roca.

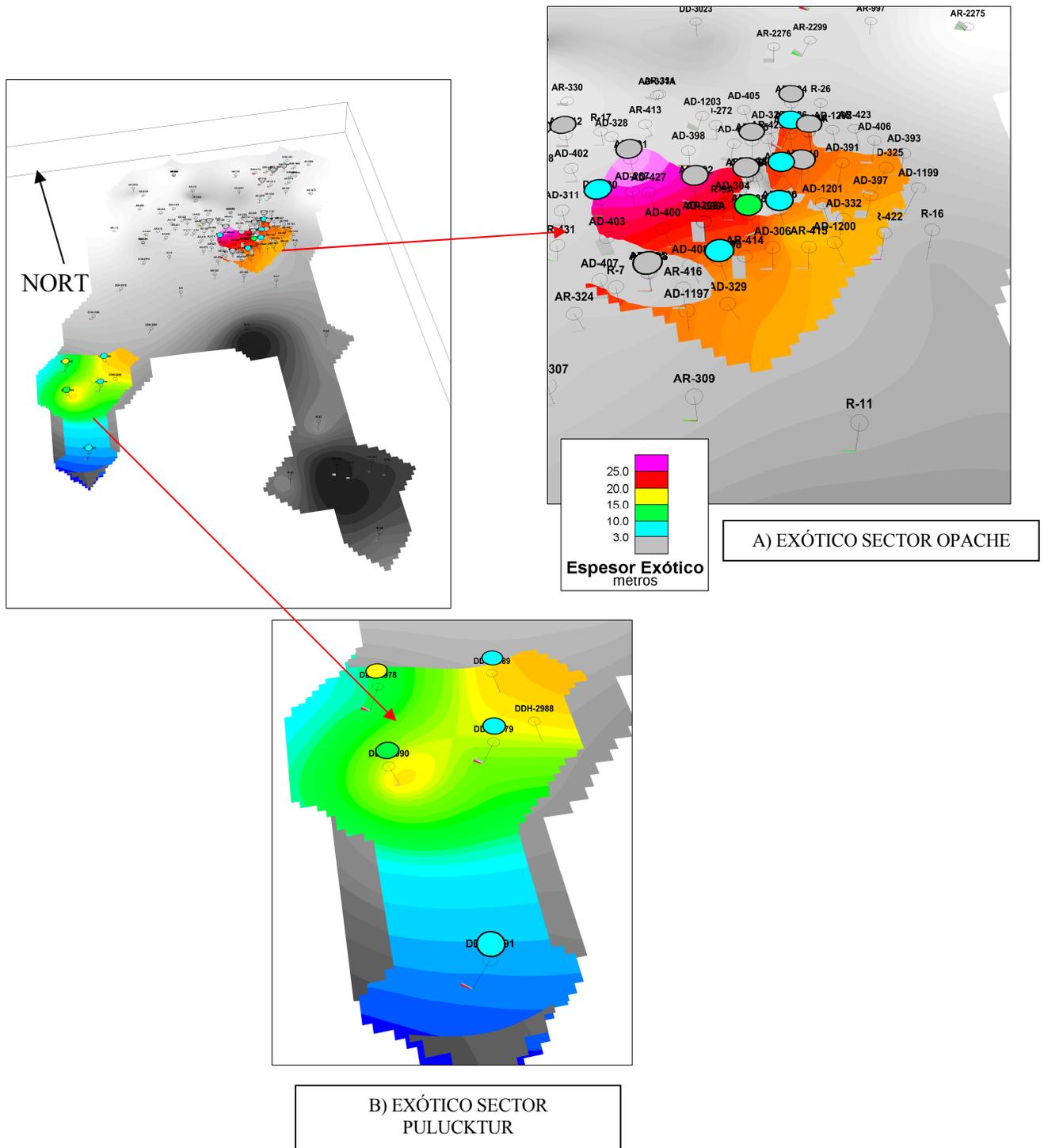
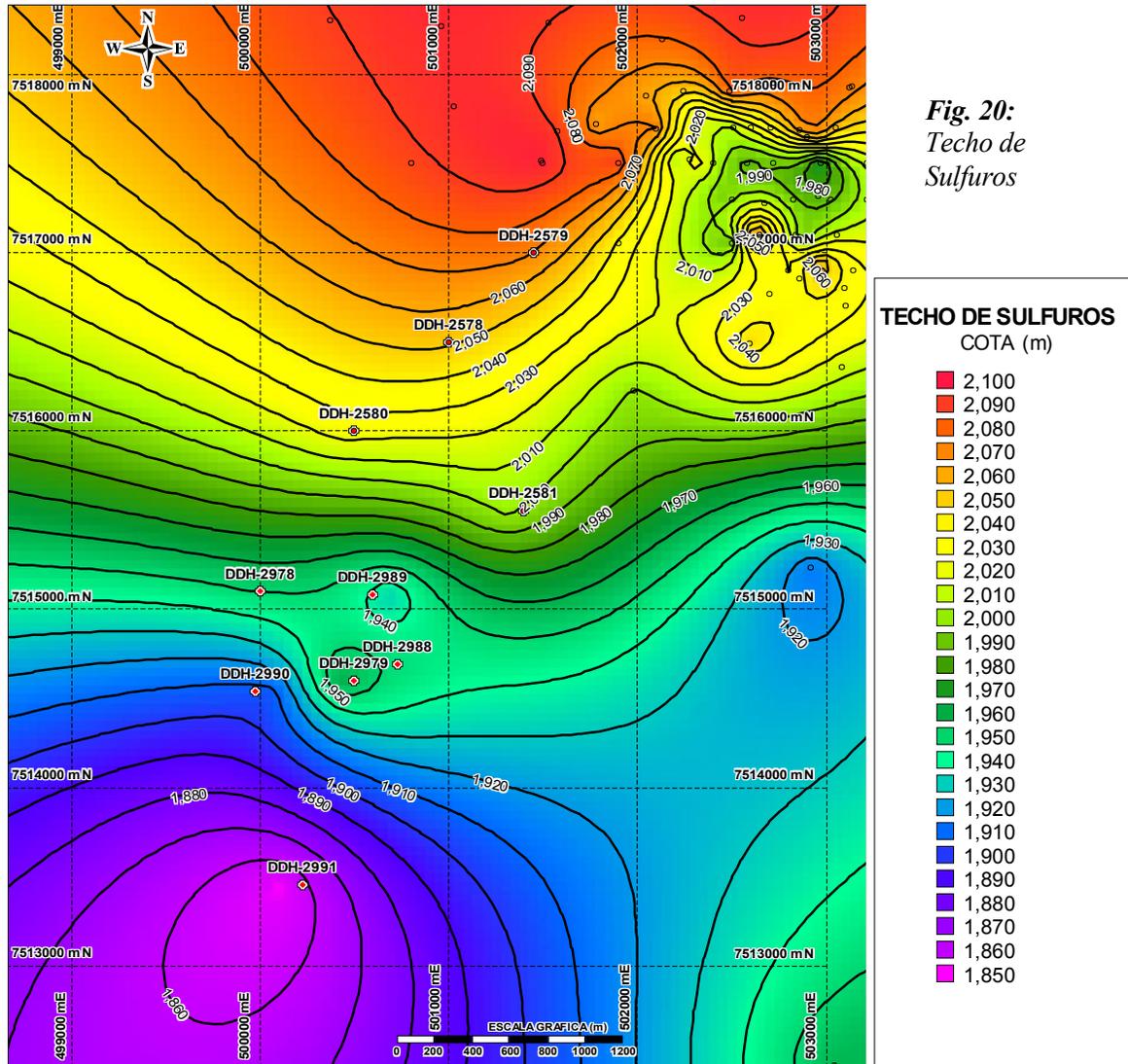


Fig. 19: Detalle de la intersección de las superficies del techo de roca y del techo del exótico.

4.1.3.- Techo de Sulfuros

Para determinar la envolvente del techo de sulfuros, se consideró la ubicación de la primera aparición de sulfuros en sondajes realizados en el área del Proyecto y su entorno inmediato. Se obtuvo información de 46 sondajes del sistema de información de Proyectos de EM (Anexo I), la mayor parte ubicados en la parte NE del sector de estudio. Con los puntos obtenidos se efectuó una grilla con un espaciamiento de 50 m entre las coordenadas E-499.000 a E-503.000 y N-7.512.000 a N-7.518.000, construidas con el software Surfer, mediante Krigeage con modelo de variograma esférico. El valor de los nodos obtenidos representa la cota del techo de sulfuros.



Como se puede observar en la figura 20 (detalles en Plano N° 14 fuera de texto), la envolvente resultante indica una profundización del techo de sulfuros en dirección SW, alcanzando una cota mínima de 1850 m en torno al pozo DDH-2991 en el extremo sur occidental del área de estudio. En las secciones de mineralización (Planos 6 a 17) se pueden apreciar los espesores de sobrecarga y roca esperados para interceptar el techo de sulfuros.

4.1.4.- Litología

En la figura 21 se pueden apreciar diagramas de círculos [3] con la distribución de las litologías identificadas en los sondajes. Las principales unidades mapeadas son:

UNIDADES DE SOBRECARGA:

Calizas de El Loa: En la totalidad de los sondajes perforados se ha reconocido esta unidad, inmediatamente al inicio de la perforación o bajo unos pocos metros de arena, que consiste en calizas blancas con espesores entre 22 y 80 m. En el sector norte (Sondajes DDH-2578, 2579, 2580 y 2581) las calizas se presentan bien consolidadas, con espesores entre 22 y 30 m. En la parte central tienen espesores sobre 40 m con un máximo de 80 m en el pozo DDH-2978. Los pozos más orientales del sector central (DDH-2989, 2988) las calizas son frecuentemente oquerosas, mientras que en los pozos más occidentales y sur (DDH-2978, 2979, 2990 y 2991) las calizas son más impuras, frecuentemente presentan intercalaciones de areniscas, limos y fragmentos detríticos. También se han identificado calizas a mayor profundidad, en los pozos DDH-2580 (52.5-78 m, 25.5 m) y DDH-2979 (126.7-143.4 m, 16.7 m), las que han sido asignadas a la formación Jalquinche.

Limos de Formación Jalquinche: Inmediatamente bajo las Calizas de El Loa, con la única excepción del pozo DDH-2578, ocurre una secuencia de limos, limos arenosos y arcillolitas con intercalaciones de yeso y ocasionalmente de calizas que han sido asignados a la Formación Jalquinche. Correspondiente a esta unidad se han interceptado espesores variables entre 24 m en el extremo norte (DDH-2579, hasta 223 m en el pozo DDH-2988. El contacto con la unidad superior es concordante, en parte gradacional, frecuentemente con lentes delgadas de arenas y en el caso del pozo DDH-2990, separada por una capa de cenizas retrabajadas.

Gravas Inferiores de la Formación Calama: En la parte norte, los sondajes DDH-2579 y 2580 no presentan gravas, mientras que el pozo DDH-2578 intercepta un tramo de 52 m de gravas negras inmediatamente bajo las calizas de El Loa y hasta el techo de rocas, con la mayor parte de los clastos de proveniencia volcánica. El resto de los pozos perforados en el blanco presentan una delgada cubierta de gravas grises a rojas entre el techo de rocas y los limos de la Formación Jalquinche. Estas gravas exhiben interceptos entre 2,5 m para el caso del pozo DDH-2979 hasta un máximo de 25,3 m para el caso del pozo DDH-2978; son angulosas y polimícticas, frecuentemente con ferricretas y/o mineralización exótica.

[3] La representación en diagramas de círculos consiste en ubicar el centro del círculo en la proyección horizontal del punto medio del sondaje y efectuar un barrido angular en sentido horario, partiendo en 0° en el punto superior del círculo. En este caso se optó por representación con radio fijo, donde los 360° representan la profundidad del sondaje más largo, DDH-2991 con 570,4 m. El punto rojo con pequeño contorno negro representa la ubicación del collar del sondaje, con lo que se obtiene una representación gráfica de la orientación de este y cuán inclinado se encuentra.

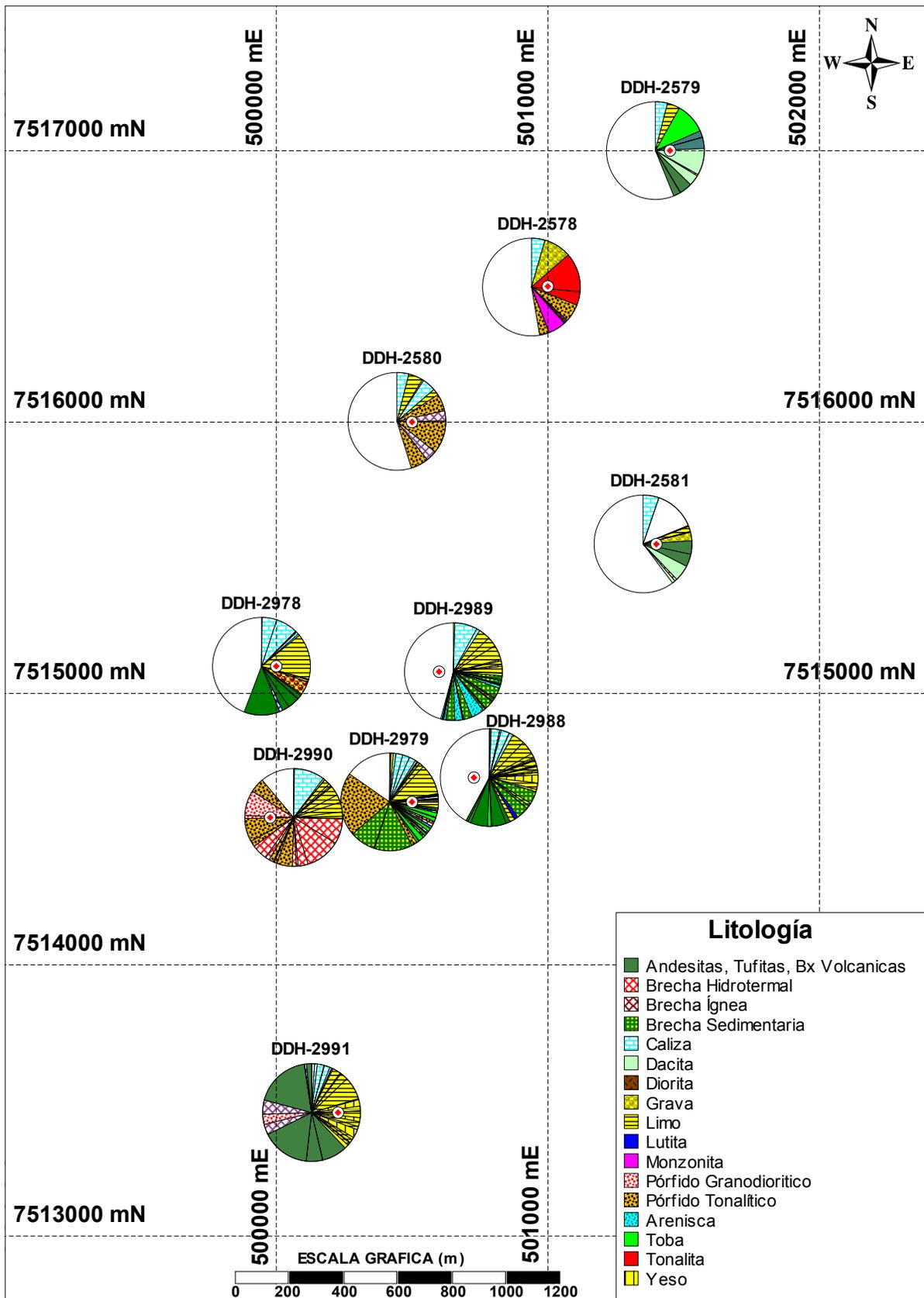


Fig. 21.- Diagramas circulares mostrando distribución de Litología en Sondajes Pulucktur.

UNIDADES ESTRATIFICADAS

Formación Collahuasi (Pérmico-Triásico): Se han asignado a esta formación rocas volcánicas de composición andesítica y dacítica, correspondientes a andesitas, dacitas, brechas volcánicas, tobas lapilíticas y tufitas de afinidad andesítica. Se han identificado en los pozos DDH-2579, 2581, 2978, 2988 y 2991; con interceptos de espesor hasta 354 m (DDH-2991), sin estar reconocido el piso.

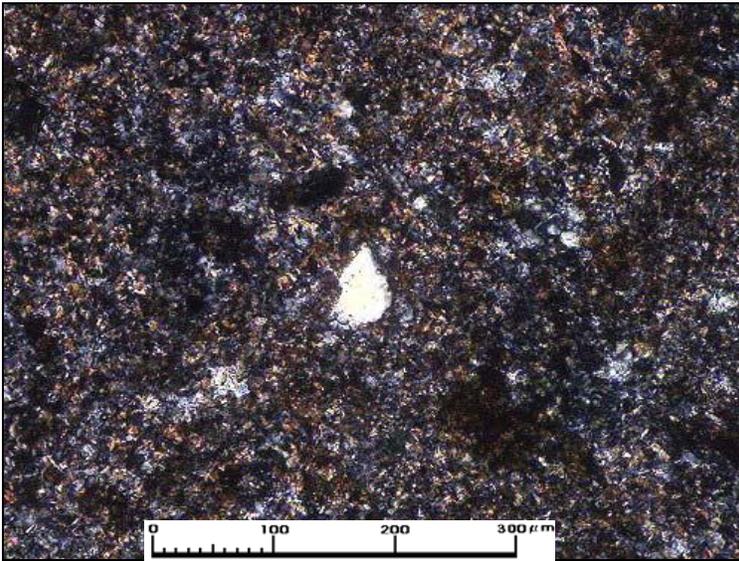


Foto 1: Muestra 983446, DDH-2978, 289.7 m, asignada a la Formación Collahuasi.

En la microfotografía se observa parte de la muestra con fragmento de cristal de cuarzo con matriz de biotita muy fina. Aum.: 20X10; Nic. Cruzados.

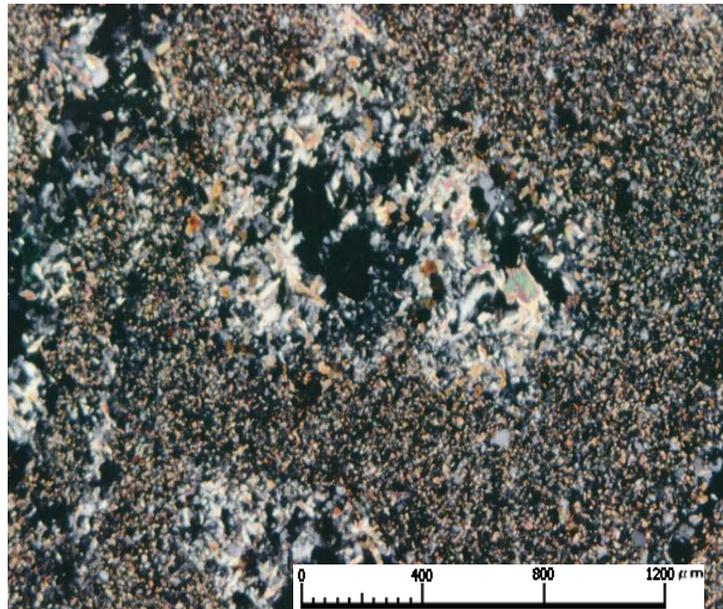
Clasificación macroscópica: Tufita arenosa con alteración Biotita-sericita en zona con mineralización hipógena.

Clasificación microscópica: Arenita laminada muy fina con fuerte biotitización con textura clástica o detrítica, con fina laminación e intensa sericitización.

Foto 2: Muestra 983465, DDH-2991, 343 m, asignada a la Formación Collahuasi.

Clasificación macroscópica: Andesita con alteración biotítica y sericita sobreimpuesta en halos de vetillas, en zona mineral parcialmente lixiviada. Clasif. Microscópica: Andesita cornea biotitizada.

Protolito andesítico intensamente biotitizado. Los fenocristales (20%), han sido totalmente lixiviados y reemplazados por cuarzo, biotita secundaria, clorita y ocasionalmente, anhidrita. Dado el alto grado de alteración, no es posible identificar la mineralogía primaria. La masa fundamental (80%) está constituida por biotita secundaria muy fina, con menor cuarzo y feldespato potásico.



Formación Estratos de Quetena (Triásico medio): En Pulucktur se ha asignado a esta unidad una secuencia sedimentaria compuesta por brechas sedimentarias con fragmentos de cuarzo subredondeados a redondeados con intercalaciones de areniscas y ocasionalmente margas y calcilitas, con interceptos hasta 160 m

(DDH-2989). Esta unidad se ha identificado en los pozos DDH-2979, 2988 y 2989. También se ha asignado a esta unidad una secuencia de tobas con intercalaciones de areniscas mapeadas en el pozo DDH-2979, entre 156 y 231 m, pero también podrían corresponder a la unidad Cerro Empexa, reconocida más al norte, en el sector Cerro Negro.

UNIDADES INTRUSIVAS

Complejo Intrusivo Diorita Los Picos: Se ha asignado a esta unidad las rocas tonalíticas y monzoníticas cortadas por el sondaje DDH-2578, en la parte norte del área. En el resto de los pozos no se reconoció intrusivos profundos.

UNIDADES HIPABISALES

Pórfidos Tonalíticos: Corresponde a una familia de pórfidos de composición tonalítica a monzodiorítica con matriz microcristalina y un proporción de fenocristales (plagioclasas y máficos) que varía entre 40% y 70%. Se ha interceptado en los pozos DDH-2578, 2579, 2580, 2979 y 2990.

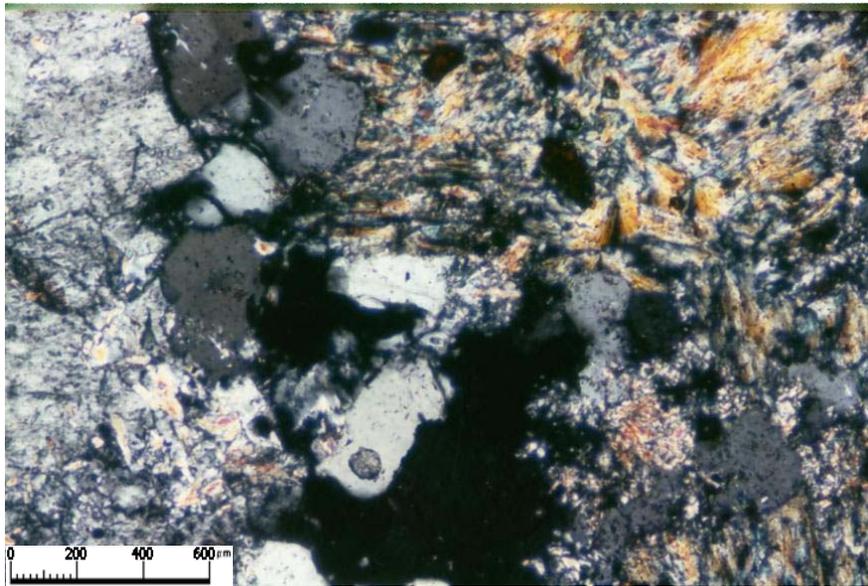


Foto 3: DDH-2990, 409,6 m. Muestra 983462.

Clasificación macroscópica: Pórfido tonalítico con alteración sericita-arcillas en zona de enriquecimiento secundario.

Clasificación microscópica: Roca hipabisal de textura holocristalina porfídica gruesa, constituida por fenocristales de plagioclasa (>60%) de hasta 5 mm, con intensa alteración a sericita y caolinita. Se visualiza algo de alteración a Kfeld en márgenes de algunos cristales.

Los máficos se encuentran lixiviados y reemplazados por turmalina, cuarzo, opacos. Masa fundamental (30%) microaplítica, está constituida por cuarzo, feldespato potásico y opacos, además de pequeños cúmulos radiales de turmalina. Se reconocen vetillas con espesores de hasta 5 mm, constituida por cuarzo microcristalino, feldespato potásico y turmalina tipo chorlito.

Pórfido Granodiorítico (PGR): Se han interceptado en los pozos DDH-2990 y 2991, son de grano grueso y contienen grandes fenocristales de hornblenda, con frecuentes xenolitos de andesita. Por su composición y apariencia se asimilan a la Granodiorita Fiesta.

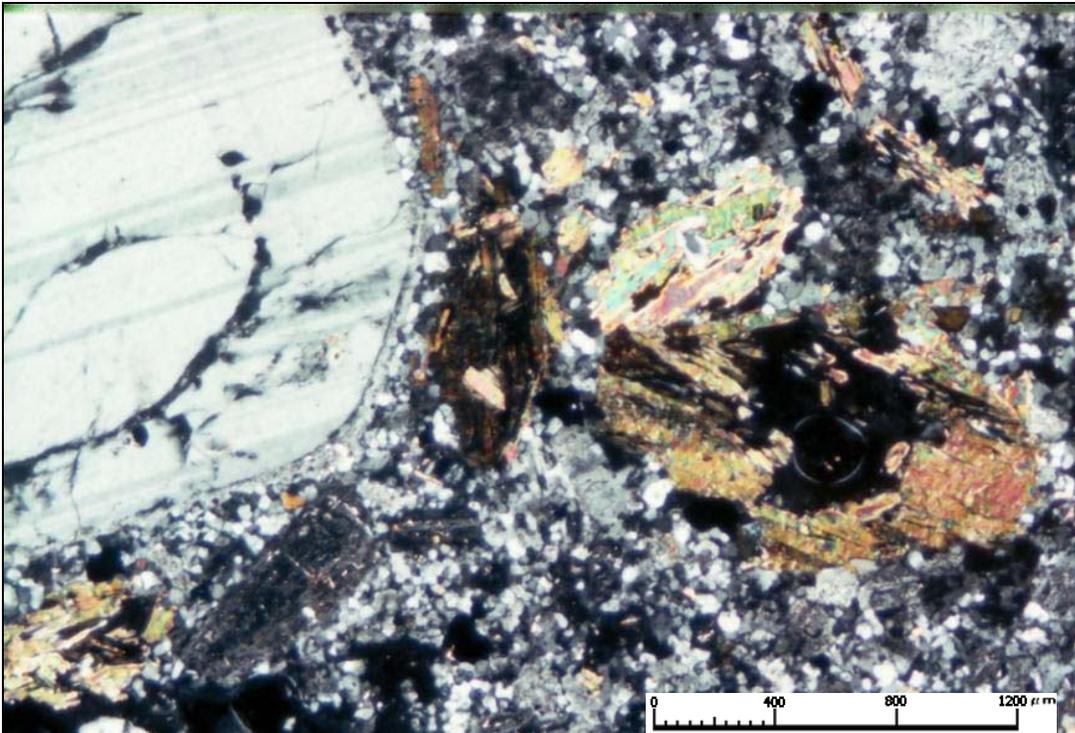


Foto 4: DDH-2991. 410,3 m, Muestra 983466

Descripción Macroscópica: Pórfido Granodiorítico con alteración biotítica y sobre imposición de sericita. Parcialmente lixiviado.

Descripción Microscópica: Roca intrusiva de textura porfídica con masa fundamental microaplítica de color gris marrón por la alteración a feldespato potásico. Los fenocristales de plagioclasa (50%), poseen hábito tabular, alcanzando hasta 3.8 mm, en ocasiones con bordes alterados a feldespato potásico. Biotita (2-3%), en cristales laminares de hasta 1.6 mm, parcial o totalmente recristalizados. Anfíbolos (1%) en cristales prismáticos de hasta 3 mm, alteradas a biotita secundaria y clorita. Masa fundamental microaplítica, constituida por feldespato potásico y cuarzo con laminillas de biotita secundaria y granos de opacos intersticiales. Sericita (5%) en laminillas, formando cúmulos en fenocristales de plagioclasa.

Brechas Ígneas: Se han interceptado brechas ígneas en los pozos DDH-2580, 2581, 2979 y 2991. El mayor desarrollo de brechas ígneas se presenta en los pozos DDH-2580 y DDH-2991, donde las brechas ígneas se asocian a pórfidos con interceptos del orden de 20 m en cada flanco y matriz de pórfidos. Por otro lado, en el caso del pozo DDH-2979, la brecha ígnea presenta fragmentos de pórfido.

Brechas Hidrotermales: La mejores expresiones de brechas hidrotermales fueron interceptadas en los pozos DDH-2979 y DDH-2990, en el sector central del área de estudio; precisamente se trata de los sondajes donde se obtuvieron los mejores interceptos mineralizados con cobre y molibdeno. Generalmente presentan turmalina asociada, lixiviación fuerte y/o abundante pirita con alteración sericítica y en las zonas de enriquecimiento, presentan las mejores leyes. Las características de la brechización hidrotermal son variables, incluso en un mismo sondaje, en algunos casos son clasto sostén y en otros matriz sostén. Respecto a la composición de los clastos predominan las brechas polimícticas, pero en sectores son monomícticas con clastos de pórfido tonalítico (ejemplo DDH-2990, 333-370 m). La matriz está constituida por polvo de roca, con alta proporción de fragmentos de

cristales de cuarzo. También se han clasificado como brechas hidrotermales algunos interceptos menores de brechas de turmalina.

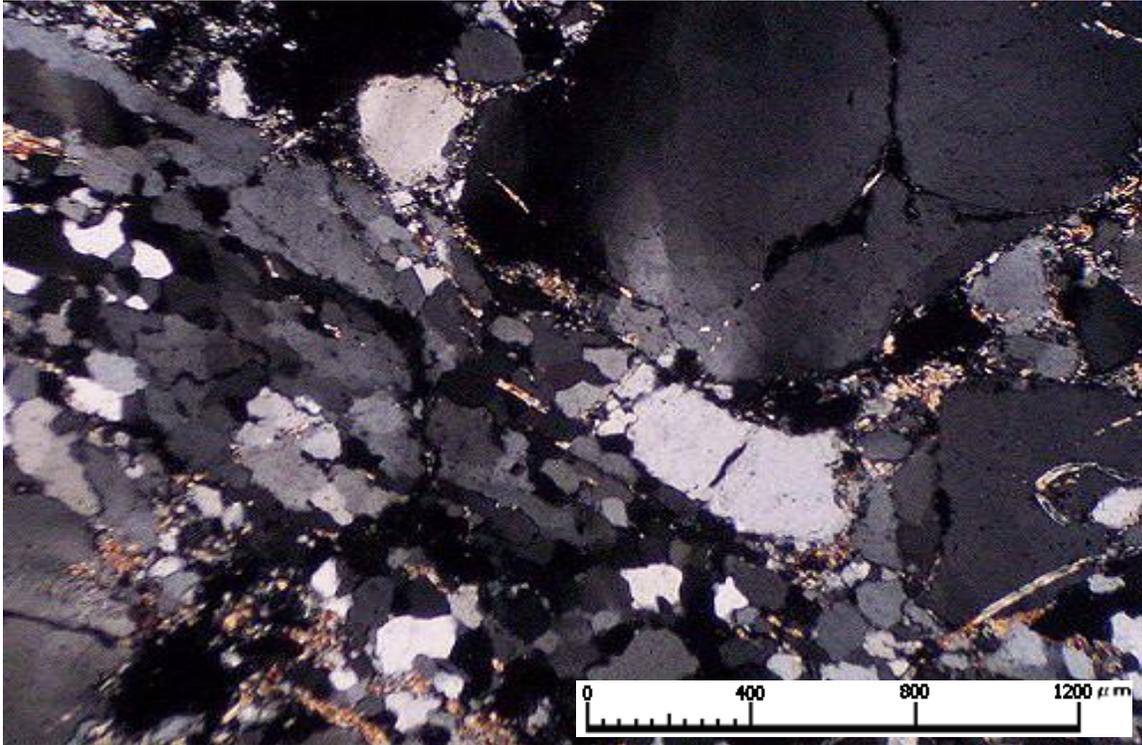


Foto 5: DDH-2979, 261.2 m, Brecha Hidrotermal en que se observan fragmentos de cristales de cuarzo y de agregados de cristales de cuarzo. Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

Pebble Dike (PDK): En los pozos DDH-2578 y 2990 se interceptaron pequeños diques de guijarros, con mineralización de pirita, que no superan los 20 cm de espesor y son indicativos de las etapas póstumas del sistema hidrotermal.



Foto 6: DDH-2990, pequeño dique de guijarros a los 470.3 m (10 cm), con abundantes sulfuros en matriz.

4.1.5.- Alteración

La interpretación de la distribución de la alteración en el área del prospecto fue efectuada en base a los antecedentes de mapeo de superficie 1:5.000 - 1:25.000, los mapeos de sondajes (Fig. 22) y las mediciones de minerales de alteración efectuadas con POSAM (Fig. 23) en los sondajes del Proyecto.

Los resultados obtenidos mediante medición con POSAM, permiten efectuar zonaciones de sectores con presencia dominante de zeolitas, montmorillonita, caolín, sericita, alunita, pirofilita, clorita, epidota nontronita y natroalunita. Los análisis indican para los pozos del sector central del área, un dominio de alteración sericítica con sobre imposición de alteración argílica intermedia, y en las partes superiores, yuxtaposición de alteración argílica avanzada.

Además se realizó test de efervescencia con ácido clorhídrico diluido al 10%, para detectar la presencia de carbonatos en la totalidad de los sondajes realizados en el Proyecto, con registro cada 1,5 m de la presencia o no de carbonatos y la intensidad del fenómeno, en las categorías débil, moderado y fuerte. Las mayores intensidades se registran en el sondaje DDH-2988. Por otro lado el estudio de vetillas indica introducción de carbonatos mediante vetillas en los pozos DDH- 2988, 2991 y en menor proporción en el pozo DDH-2581.

De esta manera se ha identificado en la parte central un bloque hundido en que se encuentran los sondajes DDH: 2978, 2979, 2988, 2989 y 2990, que se caracteriza por la presencia de pirofilita, arcillas y alunita mayor que sericita en las partes superiores del bloque, para pasar a una zona filica a mayor profundidad.

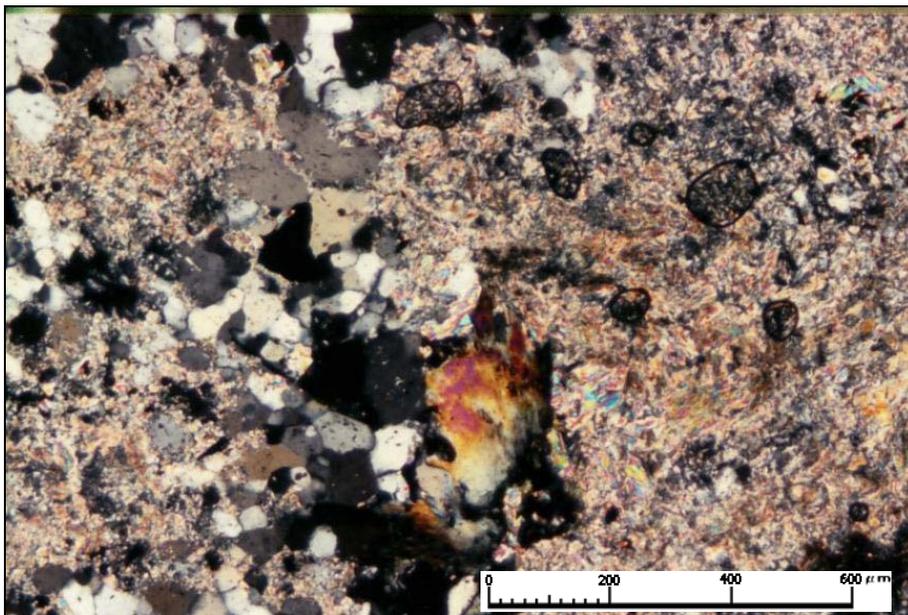


Foto 7:
DDH-2990, 355 m
(Bloque Central),
Corte transparente
mostrando
fragmentos de
protolito con
intensa alteración a
sericita-pirofilita,
alunite y caolinite.
Al centro turmalina.
Nícoles cruzados,
aumento 10X10

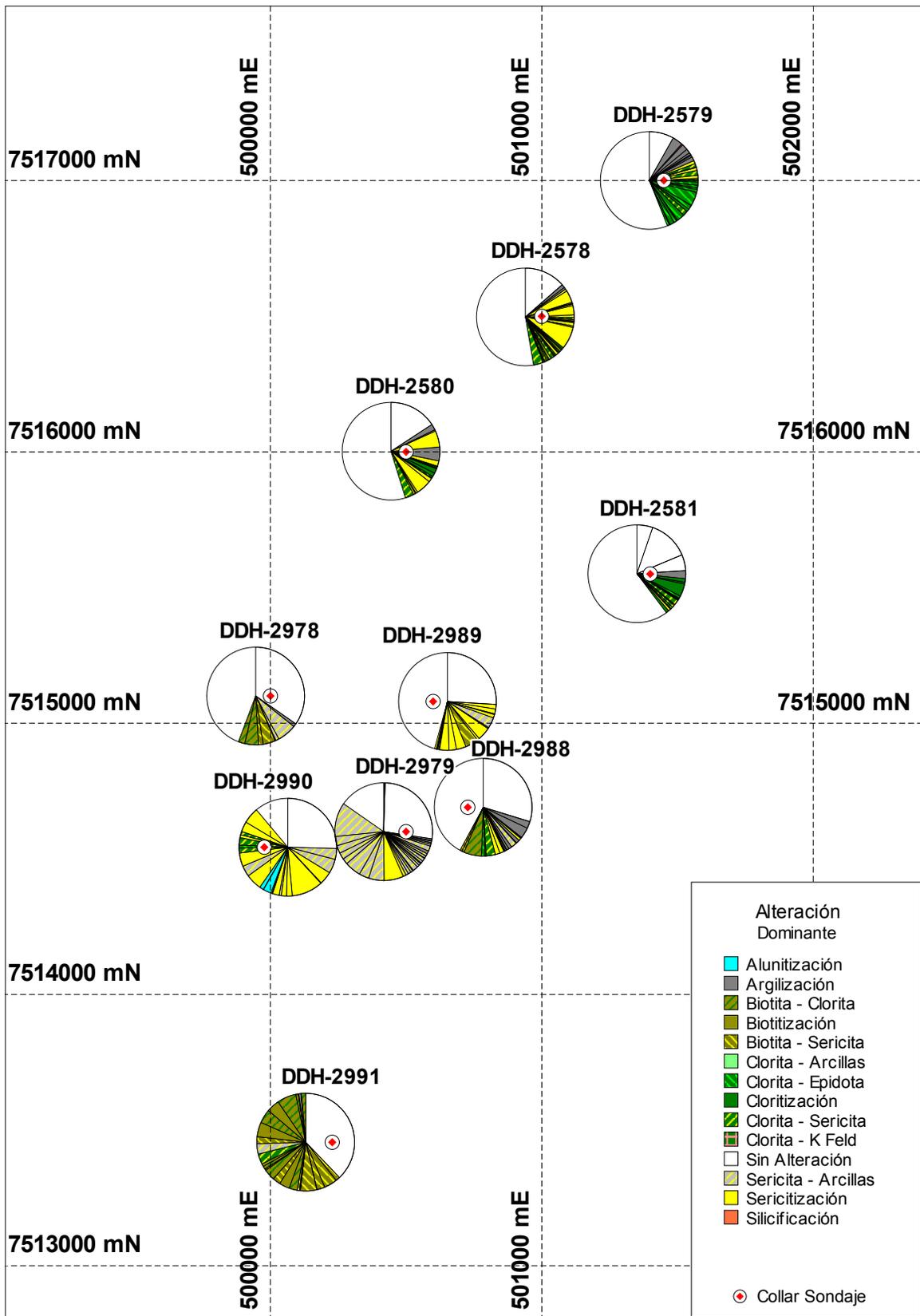


Fig. 22.- Diagramas circulares mostrando Alteración en Sondajes Pulucktur

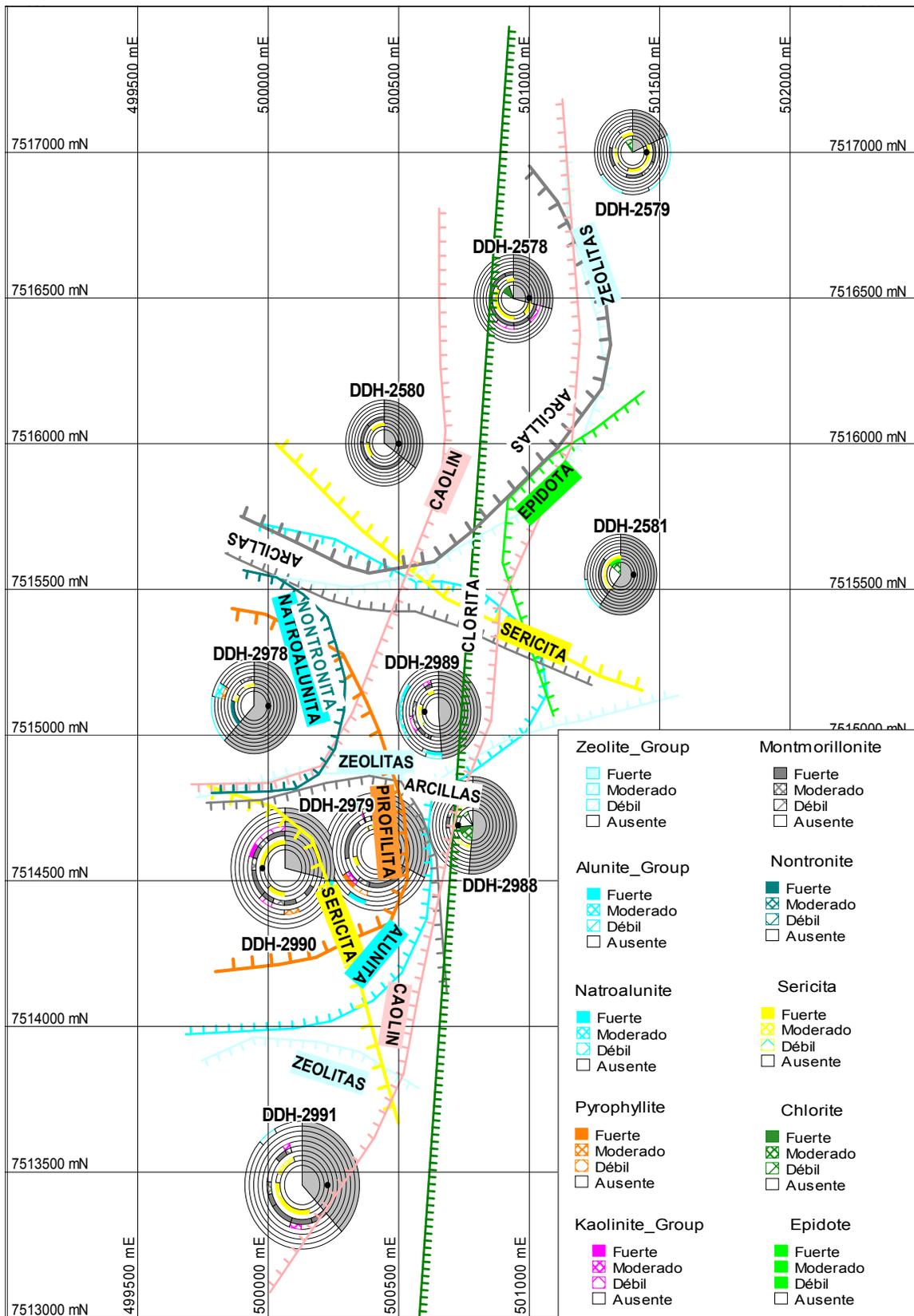


Fig. 23. Zonación de minerales de alteración obtenidos con POSAM

Al norte del bloque central y en la dirección de la faja de pórfidos, se ha detectado alteración sericítica dominante en los pozos DDH: 2578 y 2580 con contenidos variables de arcillas. También en la parte norte, al este de esta faja, los sondajes DDH 2581 y 2579 muestran alteración clorítica dominante, con contenidos variables de sericita y epidota.

Al sur de este bloque hundido central, la alteración dominante interceptada por el pozo DDH-2991, es Biotita-Sericita hasta los 440 m de profundidad, pasando a Biotita-Clorita Dominante hacia el fondo (Fig. 22).

Estos cambios de estilo de alteración que reflejan distintos niveles de exposición, (Fig.37 y Planos fuera de texto N° 02, 03 y 24), se han interpretado como producto de una tectónica de bloques separados por fallas de orientaciones preferenciales NNE y NW, donde las fallas NNE serían singenéticas a los procesos mineralizadores y representarían los planos de deslizamiento asociados al derrumbe del edificio volcánico (“telescoping”), mientras que las fallas de orientación NW se asumen posteriores a la mineralización y relacionadas al último desplazamiento de 35 km registrado por la Falla Oeste (Tomlinson, 2008), debido al acortamiento cortical de la cola sur del bloque situado al oeste de la Falla.

4.1.6.- Mineralización

4.1.6.1 Distribución de minerales de mena y ganga

Como se puede apreciar en la figura 24, en la mayor parte de los pozos realizados en el sector central – oeste y sur del área se registraron entre 3 y 42 m con mineralización exótica (DDH: 2580, 2978, 2979, 2989,2990 y 2991). La ocurrencia más relevante corresponde al pozo DDH-2978 que registra 42 m con 0,21% Cu consistente en crisocola y óxidos negros en limos, gravas y primeros metros de roca, por tanto se infiere un vector de aumento de la relevancia de la mineralización exótica hacia el oeste de la parte central del área. En el sector norte del área, no se ha detectado mineralización exótica, salvo la relacionada al Depósito Opache.

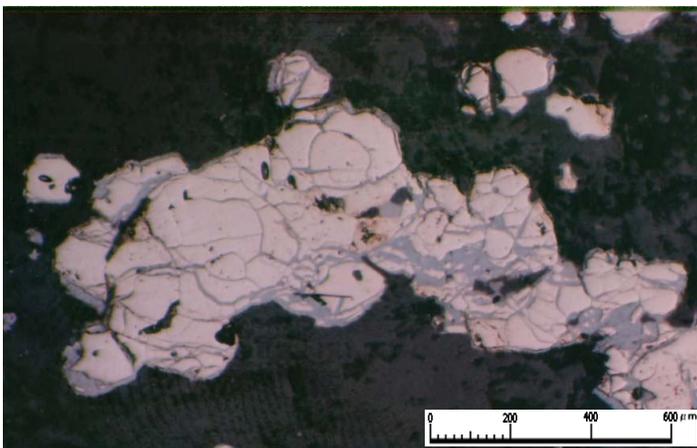


Foto 8: DDH-2990, 333.25 m:
Pirita (blanco) con múltiples micro fracturas rellenas por calcosina. Nx paralelos, 10X10.

El tramo posee una ley de 1,52% Cu; presenta abundante pirita diseminada y fracturada, con hematita y calcosina gris con trazas de calcosina azul y relictos de calcopirita. Bornita como relicto en calcosina, molibdenita en cristales tabulares aislados de hasta 0.1 mm.

La mineralización oxidada no relacionada a exóticos que se ha detectado a la fecha (Tabla 9) es escasa, principalmente asociada a estructuras, a excepción de la parte sur del área (DDH-2991, 78 m con 0.13% Cu) y en el borde oriental – central del sector mineralizado (DDH-2988, 34.5 m con 0.27% Cu).

| Sondaje | ZMin | Cu% | Mts | OBS |
|----------|------|-------|------|---------|
| DDH-2579 | MIX | 0.082 | 4.5 | |
| DDH-2580 | LOX | 0.201 | 12 | Exótico |
| DDH-2978 | LOX | 0.166 | 6 | |
| | MIX | 0.674 | 3 | |
| | OXI | 0.462 | 6 | Exótico |
| DDH-2979 | LOX | 0.099 | 4.5 | |
| DDH-2988 | LOX | 0.151 | 27 | |
| | OXI | 0.394 | 7.5 | |
| DDH-2991 | LOX | 0.13 | 78 | |
| | MIX | 0.089 | 19.5 | |

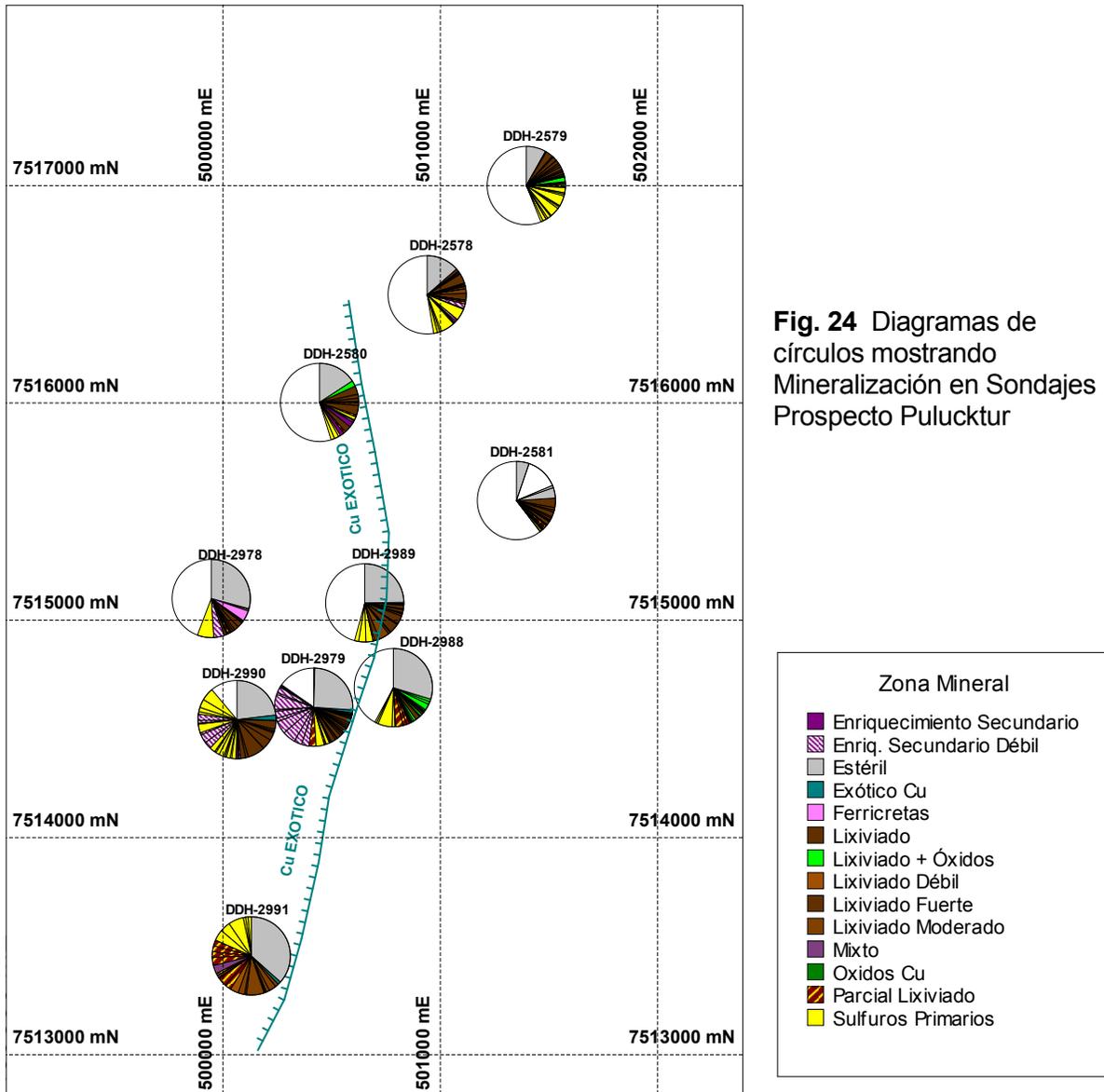
Tabla 9: Intersectos mineralizados en zonas oxidadas y mixtas

El estilo de mineralización de mayor interés económico corresponde a mineralización enriquecida de calcosina supérgena, que reemplaza total o parcialmente a calcopirita o bornita y se deposita como pátinas sobre pirita. En la tabla 10 y figura 24 se puede observar que la principal mineralización enriquecida detectada, se encuentra en el sector centro - occidental del sector mineralizado, correspondiente a los pozos DDH-2978, 2979 y 2990.

| Sondaje | Zona Mineral | Cu% | Mts | OBS |
|----------|----------------------------------|--------|-------|---|
| DDH-2578 | Enriquecimiento Secundario Débil | 0.0240 | 21.0 | |
| DDH-2580 | Enriquecimiento Secundario | 0.2129 | 25.5 | |
| | Enriquecimiento Secundario Débil | 0.1363 | 4.5 | |
| DDH-2978 | Enriquecimiento Secundario Débil | 0.2161 | 24.0 | |
| | Mixto Óxidos + Sulfuros | 0.6740 | 3.0 | |
| DDH-2979 | Enriquecimiento Secundario Débil | 0.2270 | 189.0 | |
| DDH-2990 | Enriquecimiento Secundario | 0.3377 | 4.5 | Incluye Intersección de 52 m con 0.41% Cu |
| | Enriquecimiento Secundario Débil | 0.2271 | 145.5 | |

Tabla 10: Intersectos mineralizados en zona enriquecida.

A la fecha, no se ha detectado mineralización hipógena relevante en Pulucktur, pero se estima que existe una buena probabilidad de encontrar un centro potásico con calcopirita-bornita a profundidades accesibles en el sector sur del Prospecto.



4.1.6.2 Zonación de Vetillas:

Se mapearon las vetillas de cuarzo y sulfuros de la totalidad de los pozos del Proyecto, identificando el tipo de vetilla según la nomenclatura estándar del equipo de Exploraciones Mineras que están basadas en la clasificación realizada por Gustafson y Hunt (1975), con la salvedad que además de las vetillas “C” clásicas, se han diferenciado para efectos del estudio del proyecto, 2 subtipos de vetillas “C”. Corresponden a vetillas con pequeño halo sericítico y clorita-sulfuros en sutura. Se distinguen los subtipos “BC” con “alma de cuarzo” mayor de 1 mm de espesor y las tipo “CD”, prácticamente sin cuarzo en sutura y halo mejor desarrollado. La tabulación de los resultados obtenidos se encuentra en el Anexo F de Vetas y Vetillas.

En el plano 24 (fuera de texto) y en las figuras 25 a 31, se muestran diagramas de círculos con la distribución de los distintos tipos de vetillas mapeados. En estos diagramas, los 360° representan el largo del sondaje, variando el radio de acuerdo al largo de éste, de modo tal que el área circular es proporcional al largo del sondaje.

En las figuras se puede apreciar que existen distintos dominios de vetillas, así en el sector central del proyecto hay un dominio de vetillas “D” mientras que hacia el extremo norte, el dominio es de vetillas tipo “CD” correspondiente a un incipiente centro de cuarzo-clorita-sulfuros y halo sericítico. Hacia el sector sur, el pozo DDH-2991, muestra un dominio de vetillas “BC” y “B”.

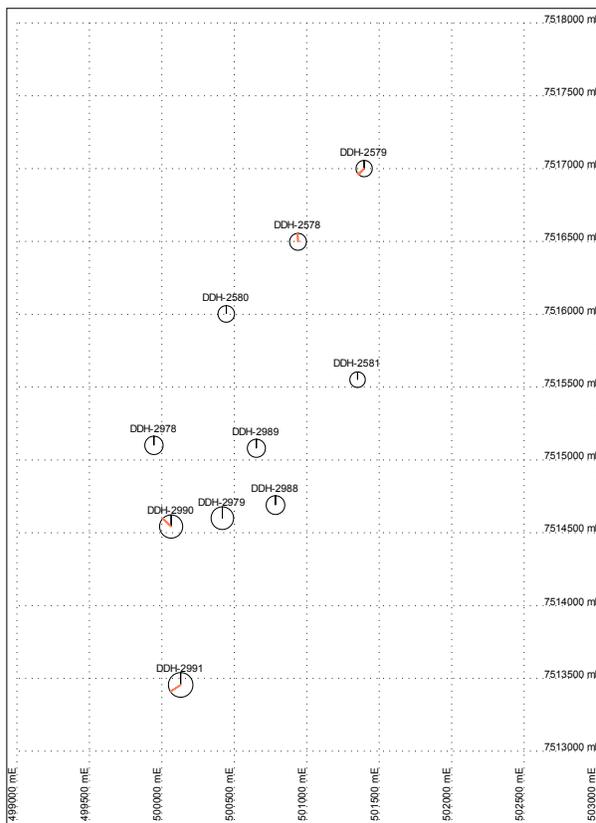


Fig. 25: Distribución de Vetillas A: Como se puede apreciar en la figura la presencia de vetillas A, destacadas en naranja, se restringen a ocurrencias puntuales en los sondajes DDH-2578, 2579, 2990 y 2991.

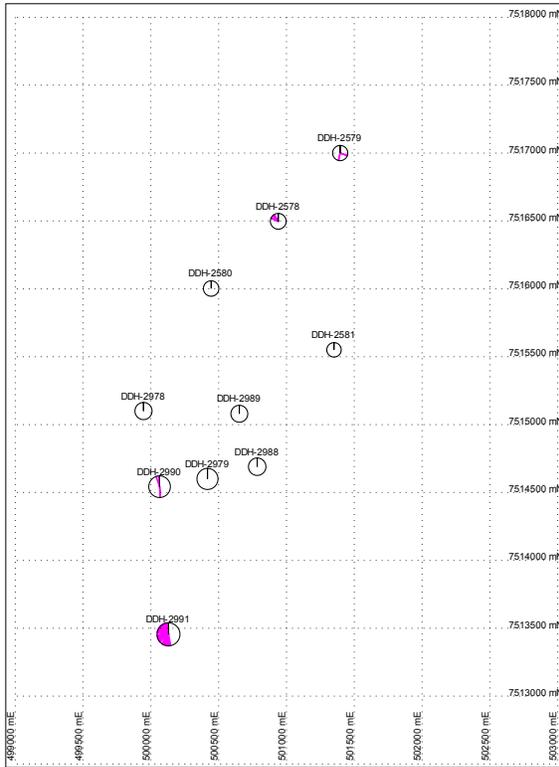


Fig. 26: Distribución de Vetillas B: Las Vetillas B, destacadas en magenta, se concentran preferentemente en el pozo DDH-2991.



Fig. 27: Distribución de Vetillas C: Vetillas BC (color morado), ocurren principalmente en sector sur del Proyecto, mientras que las vetillas “CD” (color mostaza) se encuentran ampliamente distribuidas.

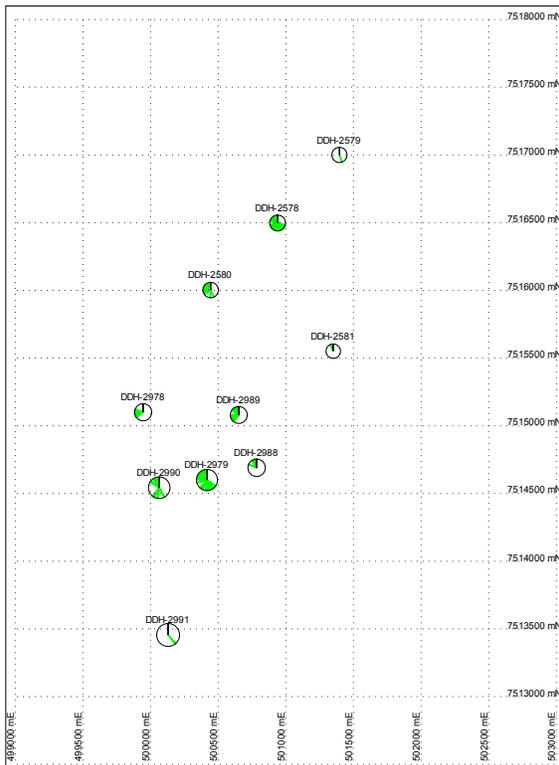


Fig. 28: Distribución de Vetillas D: Como se puede apreciar en los diagramas de círculos que representan la presencia de Vetillas D, destacadas en Verde, éstas se distribuyen ampliamente en el sector central y norte del Proyecto, pero con mayor abundancia en la porción centro occidental.

Fig. 29: *Distribución de Vetillas de Alunita:* Como se puede apreciar en la figura la presencia de Vetillas de Alunita, destacadas en Celeste, se distribuyen en el sector centro occidental del Proyecto.

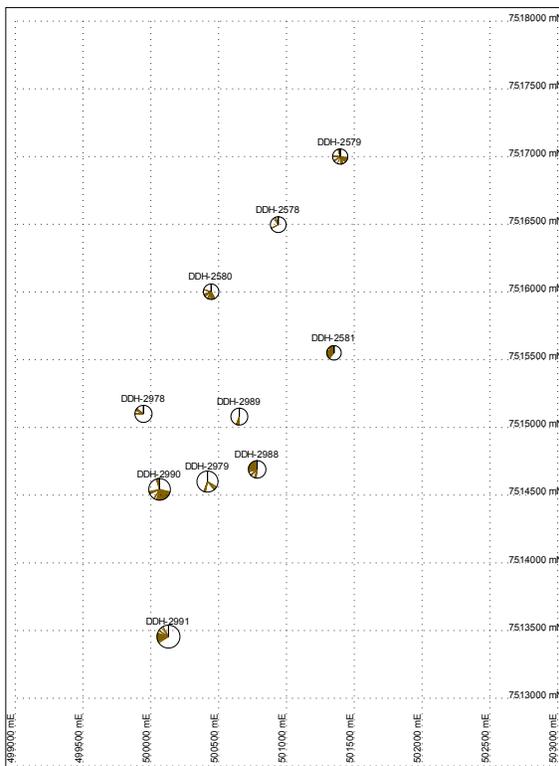
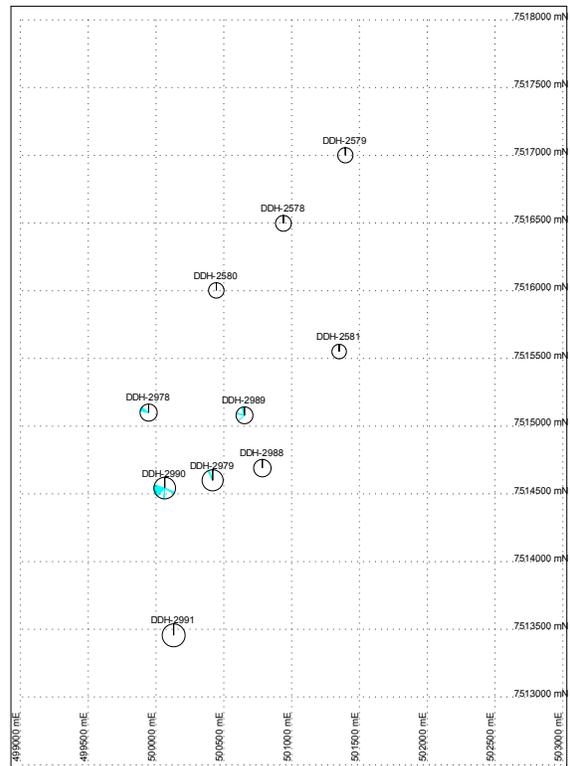


Fig.30: *Distribución de guías de limonitas-sulfuros:* Corresponde a la distribución de limonitas en planos de fractura en la parte oxidada de los pozos y guías finas de sulfuros en zona hipogena.

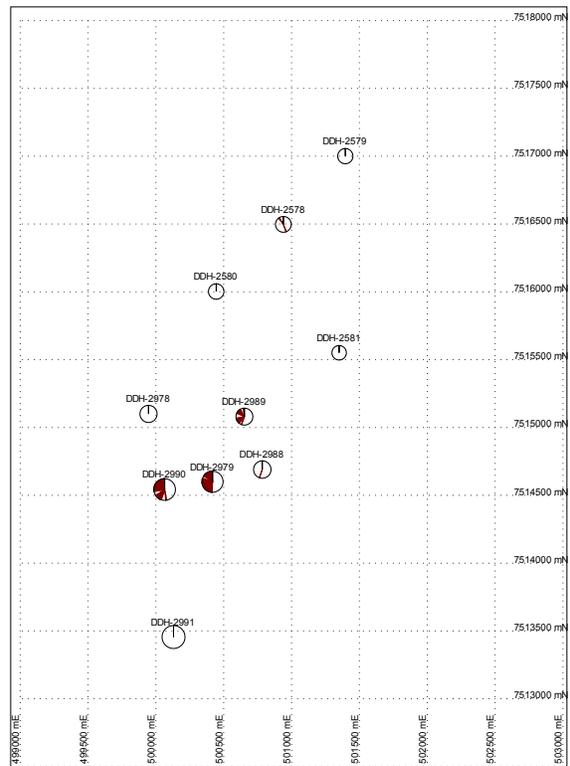


Fig. 31: *Distribución de Vetillas de Turmalina:* Las Vetillas de Turmalina, en color café, se distribuyen en la porción central del Proyecto, similar a la distribución de Vetillas de Alunita.

4.2.- Geoquímica

Los resultados obtenidos de las leyes de laboratorio, así como su relación con las características geológicas se presentan en Strip Logs a escala 1:2.000 en el Anexo H. En los planos 15 a 23 (fuera de texto) se puede apreciar la distribución geoquímica de los elementos en los sondajes. De ellos se cuenta con análisis de laboratorio de Cu, Mo, Zn y As, mientras que para el Pb, Co, Fe, Hg y Mn la distribución sólo tiene carácter orientativo, por cuanto está basada en lectura con fluorescencia de rayos X.

Como se puede ver en la tabla 11, el cobre y el molibdeno se correlacionan fuertemente como promedios en la porción de roca de los sondajes, a excepción del pozo DDH-2978, donde se interpreta que gran parte del contenido anómalo de cobre es exótico. En la figura 32 se puede apreciar, en forma orientativa, la distribución espacial del cobre, molibdeno y zinc correspondientes a los valores promedio, promedio más desviación estándar y promedio menos desviación estándar, cuyos valores se indican en la tabla 11.

| SONDAJE | CuT_ppm | Mo_ppm | Zn_ppm | As_ppm | Pb_ppm | Co_ppm | Fe_% | Hg_ppm | Mn_ppm |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|
| DDH-2578 | 281 | 15 | 407 | 59 | 6 | 186 | 1.04 | 6.52 | 141 |
| DDH-2579 | 216 | 8 | 438 | 60 | 17 | 151 | 1.00 | 5.66 | 306 |
| DDH-2580 | 677 | 25 | 279 | 88 | 11 | 308 | 1.26 | 7.77 | 222 |
| DDH-2581 | 61 | 22 | 451 | 195 | 46 | 203 | 2.08 | 8.03 | 1688 |
| DDH-2978 | 1294 | 11 | 83 | 64 | 4 | 1022 | 1.16 | 12.19 | 1059 |
| DDH-2979 | 1473 | 63 | 27 | 49 | 11 | 393 | 0.75 | 9.03 | 360 |
| DDH-2988 | 584 | 14 | 1000 | 143 | 33 | 598 | 1.76 | 14.04 | 630 |
| DDH-2989 | 283 | 25 | 24 | 74 | 15 | 206 | 1.18 | 6.93 | 188 |
| DDH-2990 | 1234 | 61 | 18 | 118 | 16 | 162 | 1.13 | 6.34 | 144 |
| DDH-2991 | 881 | 42 | 126 | 17 | 8 | 324 | 1.44 | 6.44 | 215 |
| xm (pond) | 825 | 36 | 227 | 76 | 14 | 324 | 1.21 | 7.87 | 367 |
| ds | 503 | 20 | 307 | 52 | 13 | 271 | 0.39 | 2.75 | 507 |
| xm+ds | 1201 | 49 | 593 | 139 | 30 | 626 | 1.67 | 11.05 | 1002 |
| xm | 698 | 29 | 285 | 87 | 17 | 355 | 1.28 | 8.29 | 495 |
| xm-ds | 196 | 9 | 22 | 35 | 4 | 84 | 0.89 | 5.54 | -11 |

Tabla. 11: Promedios de elementos, obtenidos en la porción de roca en sondajes.

Las mayores concentraciones de cobre se localizan principalmente en pórfido tonalítico y brechas asociadas, en la zona de enriquecimiento con calcosina, tanto en pátinas sobre la pirita, como reemplazando calcopirita y/o bornita en vetillas y diseminada en la matriz.

El molibdeno se presenta asociado a turmalina en los cuerpos de brecha y en vetillas tipo B dentro del pórfido tonalítico, frecuentemente estas mismas vetillas son después reutilizadas por vetillas D, con sulfuros (pirita-calcosina).

Las anomalías más relevantes de zinc se concentran en el pozo DDH-2988 y el pozo mejor mineralizado (DDH-2990) presenta una anomalía negativa como se puede apreciar en la figura 32.

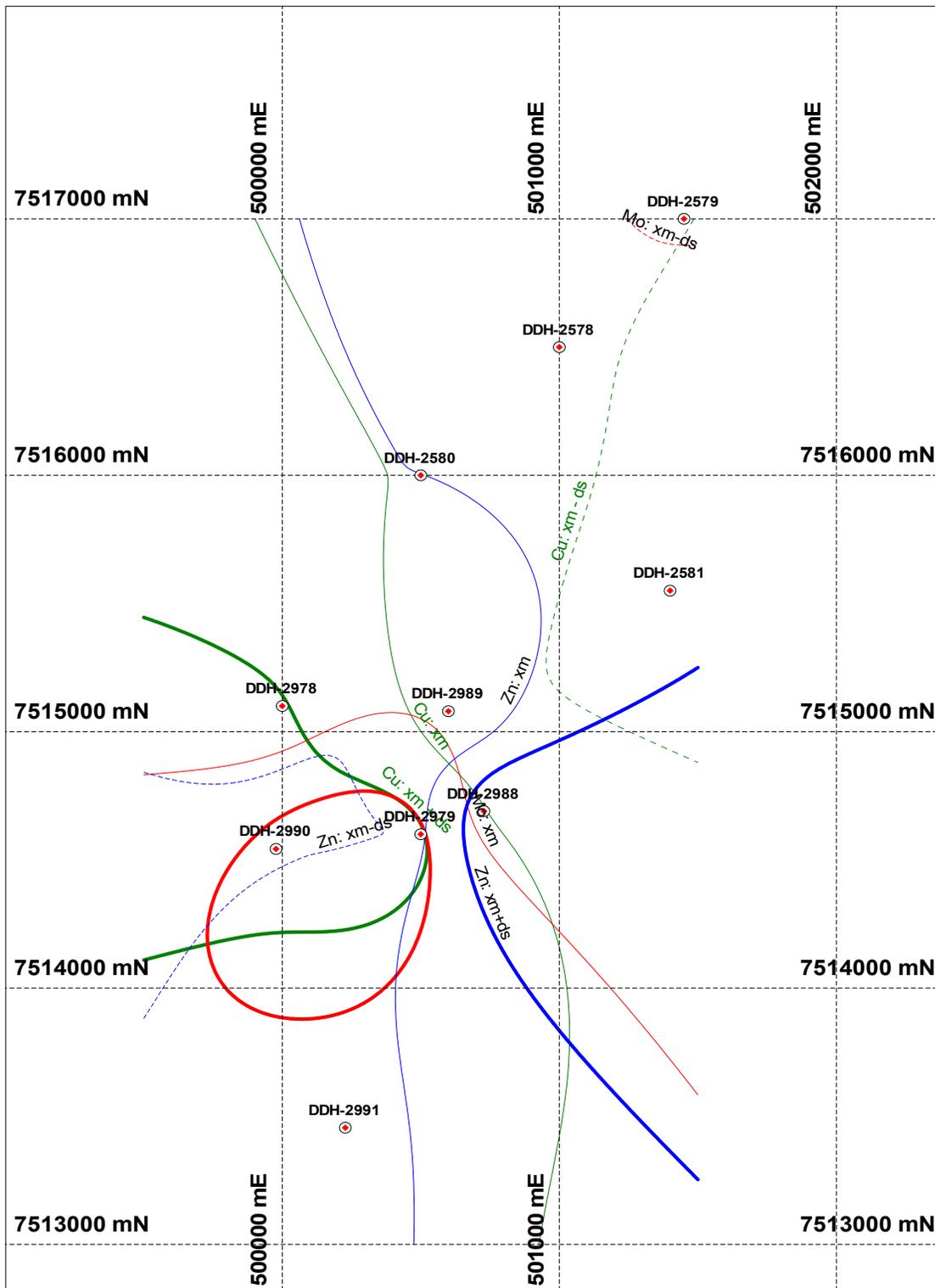


Fig. 32 Distribución Geoquímica promedio bajo el techo de roca en sondajes: Cu (verde), Mo (rojo) y Zn (azul). La línea segmentada representa el promedio menos una desviación estándar, la línea normal representa el promedio y la línea resaltada representa el promedio más una desviación estándar. Dado el espaciamiento de los datos, esta figura sólo es orientativa de tendencias.

4.3.- Geofísica

Se solicitó a Jaime Araya, Geofísico de EMSA, la revisión de la información geofísica existente, ex – post campaña de sondajes 2010 y un análisis considerando los resultados obtenidos, con el objetivo de aportar antecedentes para posteriores campañas. Los resultados del estudio se presentan en el Anexo M: “Análisis Geofísico de resultados de Campaña de Sondajes 2010”, Jaime Araya, Julio 2010.

El análisis realizado consideró la información geofísica disponible en el área que consiste en magnetometría aérea (Cyprus 1998 y Helimag 2005), 5 perfiles realizados mediante Perfilaje Eléctrico Continuo (PEC; Geodatos, 1992 -1996) y 3 perfiles magneto telúricos (MT; Zonge, 2002 - 2003). Además se analizaron las mediciones de susceptibilidad magnética realizadas directamente en los testigos obtenidos.

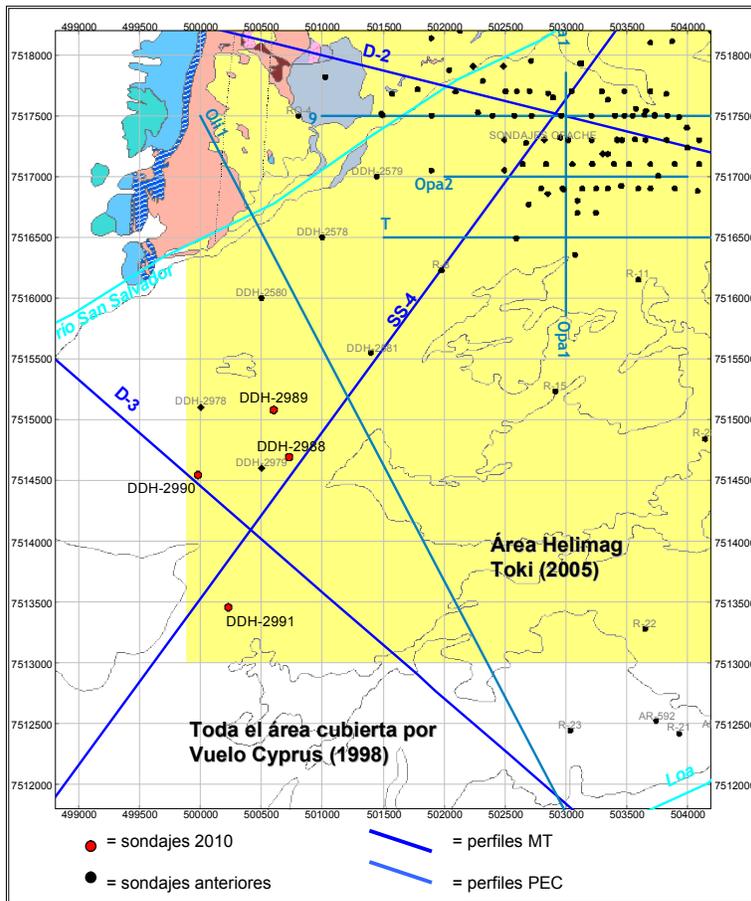


Fig. 33. Mapa con geología 1:25.000 (García *et al.*, 2009) para el área de Pulucktur - Opache. Se indica la ubicación de los estudios geofísicos y de los sondajes realizados.

La magnetometría aérea y los resultados de las mediciones de susceptibilidad magnética en testigos indican rangos esperables dentro del contexto de la cordillera de Domeyko y consistentes con sistemas mineralizados tipo pórfido cuprífero. El modelamiento de la magnetometría aérea muestra un sector de baja susceptibilidad disminuyendo en profundidad, en el sector central con alteración alunita-pirofilita-sericita-arcillas e interceptos mineralizados, como se puede observar en la figura 34.

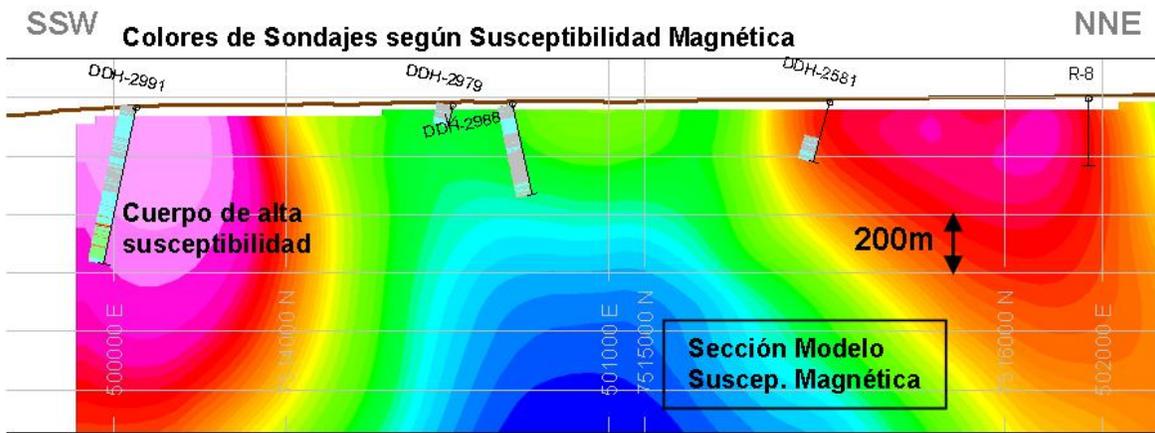


Fig.34: sección con modelo de Susceptibilidad Magnética obtenido de inversión de datos del vuelo Helimag 2005.

En el análisis de los perfiles MT, un primer análisis de coherencia y consistencia reveló problemas en los perfiles PEC (distribución de resistividades eléctricas no coherentes entre sí y con los perfiles MT), por tanto no fueron utilizados. El perfil MT D-3 (y en menor medida SS-4) revela una zona resistiva coincidente con el área de los sondajes mejor mineralizados de Pulucktur.

En base a estos resultados se recomienda la ejecución de una sección de polarización inducida (IP) de alta penetración (MINDAS) de orientación EW en la coordenada N-7.515.000 y entre las coordenadas este 496.000 y 504.000 (Fig. 39), que incluya a los sectores al oeste de Pulucktur, Pulucktur y 23 de Marzo, con el objetivo de identificar otros eventuales sectores mineralizados, utilizando conocimientos de sondajes de Pulucktur para calibración. Además el perfil de polarización inducida profundo, puede contribuir en caracterizar de mejor forma el sistema mineralizado de Pulucktur. En relación a esto último, nótese que el cuerpo resistivo del MT D-3, que se correlaciona con la ubicación del alineamiento de pórfidos, se ensancha en profundidad (Fig. 35).

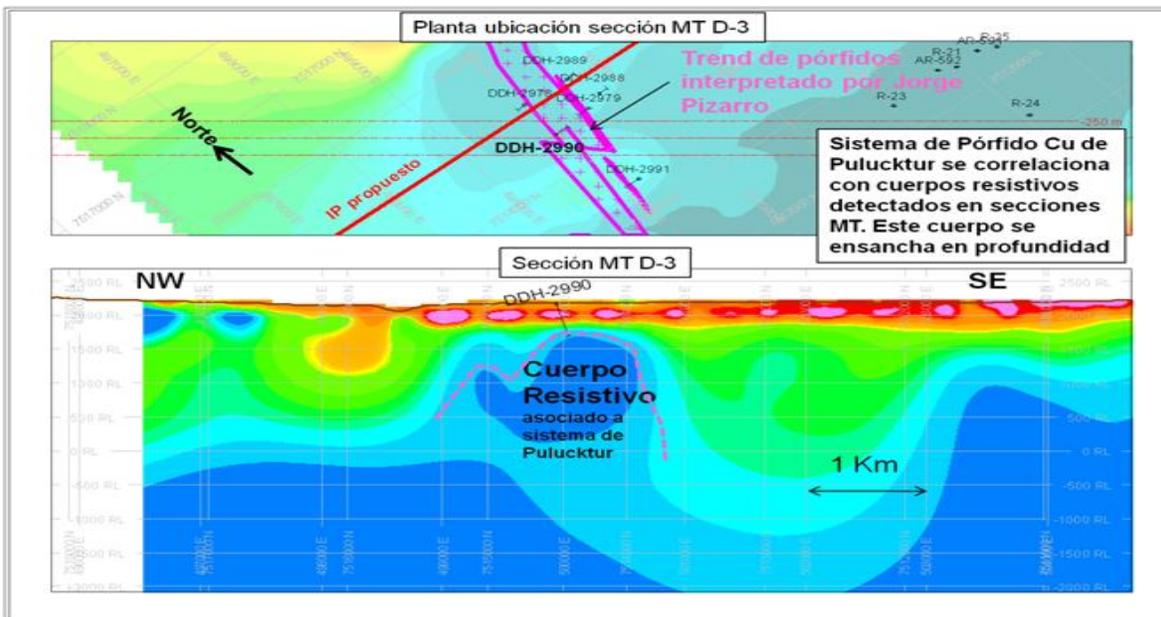
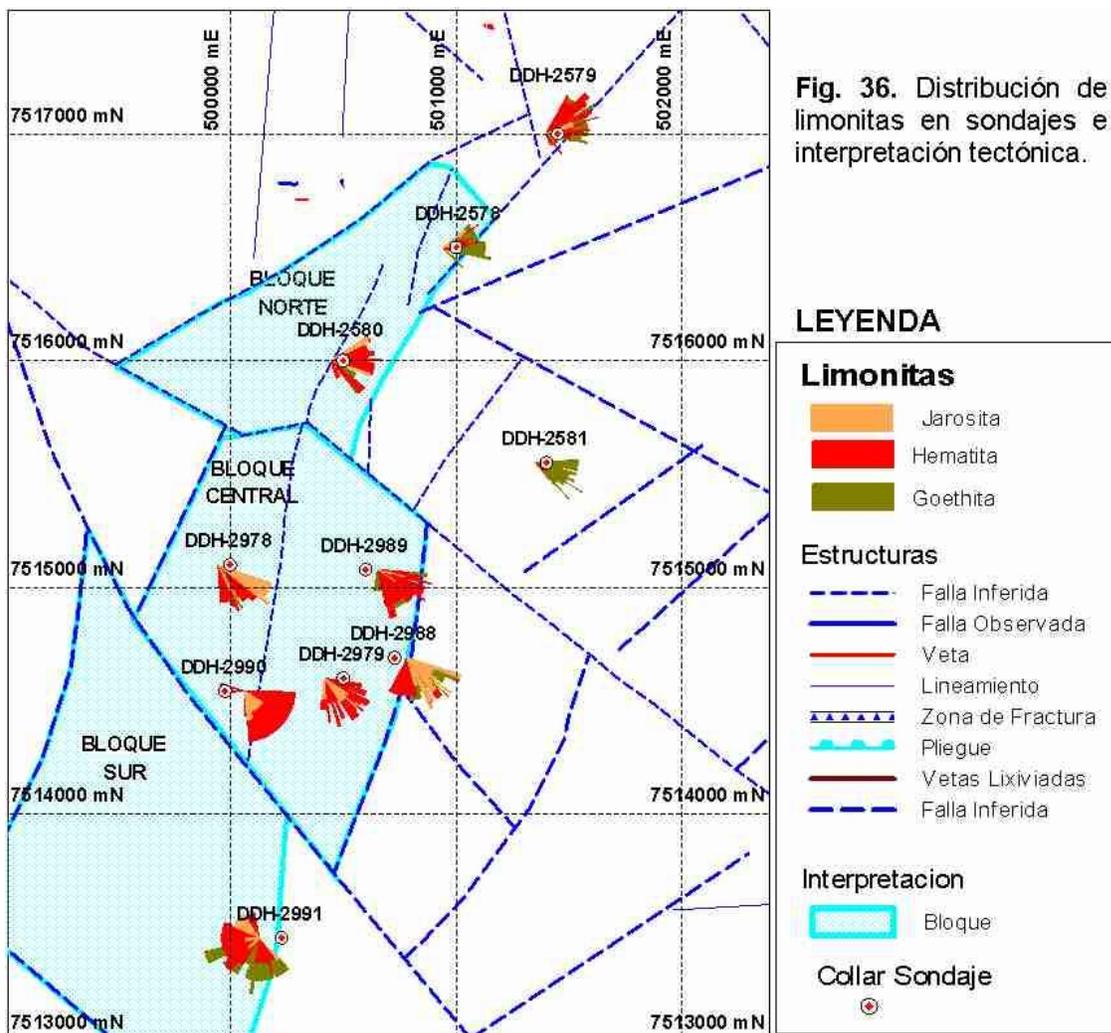


Fig. 35 mostrando resultados de perfil MT D-3 y su relación con el cuerpo mineralizado detectado por los sondajes DDH-2990 y DDH-2979.

5.- DISCUSION

La zona de interés se ubica en la franja de los sistemas de Pórfidos de Toki y Opache, en un corredor de dirección NE-SW. En lo particular, el sistema de Pulucktur se diferencia de Toki y Opache en las características de alteración, con presencia de alteración argílica avanzada en las partes altas del sector central, ausencia de siderita, presencia de alunita, anhidrita y jarosita, esta última, prácticamente no se observa en los depósitos minerales conocidos del Cluster Toki; además presenta frecuentemente vetillas “C” con centro de cuarzo-clorita-sulfuros y halo sericítico, especialmente en el sector Sur, siendo una característica distintiva respecto a los depósitos del Cluster. Por otra parte, las características de los pórfidos es muy similar a los pórfidos conocidos del Cluster y la edad de la mineralización datada en el Eoceno Superior (36.3 ± 0.2 ma obtenida en la datación Re-Os en molibdenita) es coincidente con las edades conocidas de los procesos mineralizadores del Cluster Toki, lo que significaría que Pulucktur es parte del mismo proceso mineralizador de esta agrupación de cuerpos mineralizados, pero con algunas características distintivas.



Como se puede observar en la figura 36, la ocurrencia de jarosita especialmente en el sector central, estarían indicando episodios supérgenos ácidos, que pueden haber dado origen a importantes cuencas de enriquecimiento; esto es consistente con la amplia distribución areal del enriquecimiento supérgeno identificado a lo largo de al menos 3 km en sondajes, con dominio de calcosina mucho mayor que covelina en pátinas sobre pirita que se podrían haber formado contemporáneamente a la depositación de las gravas de la formación Calama (Oligoceno-Mioceno inferior). Posteriormente habrían predominado soluciones mas carbonatadas (aunque también se han observado importantes lentes de yeso intercalados en los limos de la Formación Jalquinche), con la correspondiente lixiviación con PH neutro a alcalino (formación de hematita o goethita). Estas últimas soluciones podrían haber oxidado parcialmente las zonas previamente enriquecidas, dando origen a cuerpos de óxidos de interés económico, especialmente en el sector sur, donde la presencia de mayor biotita podría constituir una barrera geoquímica para la precipitación de soluciones. En el sector sur, la zona lixiviada está caracterizada por dominios de hematita y goethita con contenidos variables de montmorillonita y/o nontronita. En el sector norte la lixiviación es menos intensa con dominio de hematita-goethita en la faja de pórfidos y mayor goethita hacia el este.

Como se puede observar en la sección esquemática generalizada (Fig. 37), las unidades de rocas (caja), corresponden a andesita y metasedimentos de Estratos de Quetena, edades permo-triásicas. Estas unidades se encuentran cortadas por una serie de cuerpos intrusivos y brechas hidrotermales. Las andesitas presentan un metasomatismo potásico (biotita) generado por el emplazamiento del stock Diorita Los Picos (?). Este tipo de alteración no representa a la clásica alteración potásica de un sistema de Pórfido. Por otra parte, existe una serie de pórfidos tonalíticos de carácter intermineral a intermineral tardío. Se especula que las facies de pórfido temprano estarían a mayor profundidad utilizando los mismos conductos de los pórfidos interminerales detectados.

Otra unidad que requiere mayor revisión corresponde a un cuerpo de brecha hidrotermal con intensa argilización y matriz de cuarzo, turmalina y sulfuros. El protolito se encuentra obliterado por la alteración pervasiva, pero localmente se reconocen fragmentos de andesita, Estratos de Quetena y pórfidos tonalíticos. Los fragmentos contienen vetillas de cuarzo del tipo B y C truncadas. Su gran contenido de sulfuros (pirita) pueden dar paso un amplio desarrollo de enriquecimiento secundario. Esta unidad en profundidad podría contener mineralización hipógena de interés económico.

La sección de alteración muestra una yuxtaposición de una zona argílica avanzada (pirofilita, caolín, alunita) sobre una zona fílica (sericita, caolín) y flanqueando la conjunción de ambas una zona argílica intermedia (montmorillonita-nontronita-hematita). La alteración potásica aún no ha sido testeada. La cercanía de un centro potásico lo puede marcar la estabilidad de la magnetita o la transición de hematita (argílica intermedia) a magnetita. La yuxtaposición de alteración argílica avanzada sobre alteración fílica que aún contiene relictos de bornita –mas propios de la zona

potásica- estaría indicando un importante grado de “telescoping”, que permite albergar expectativas de lograr alcanzar a una profundidad asequible, la zona hipógena con alteración potásica y mineralización de calcopirita-bornita-magnetita de mejor calidad.

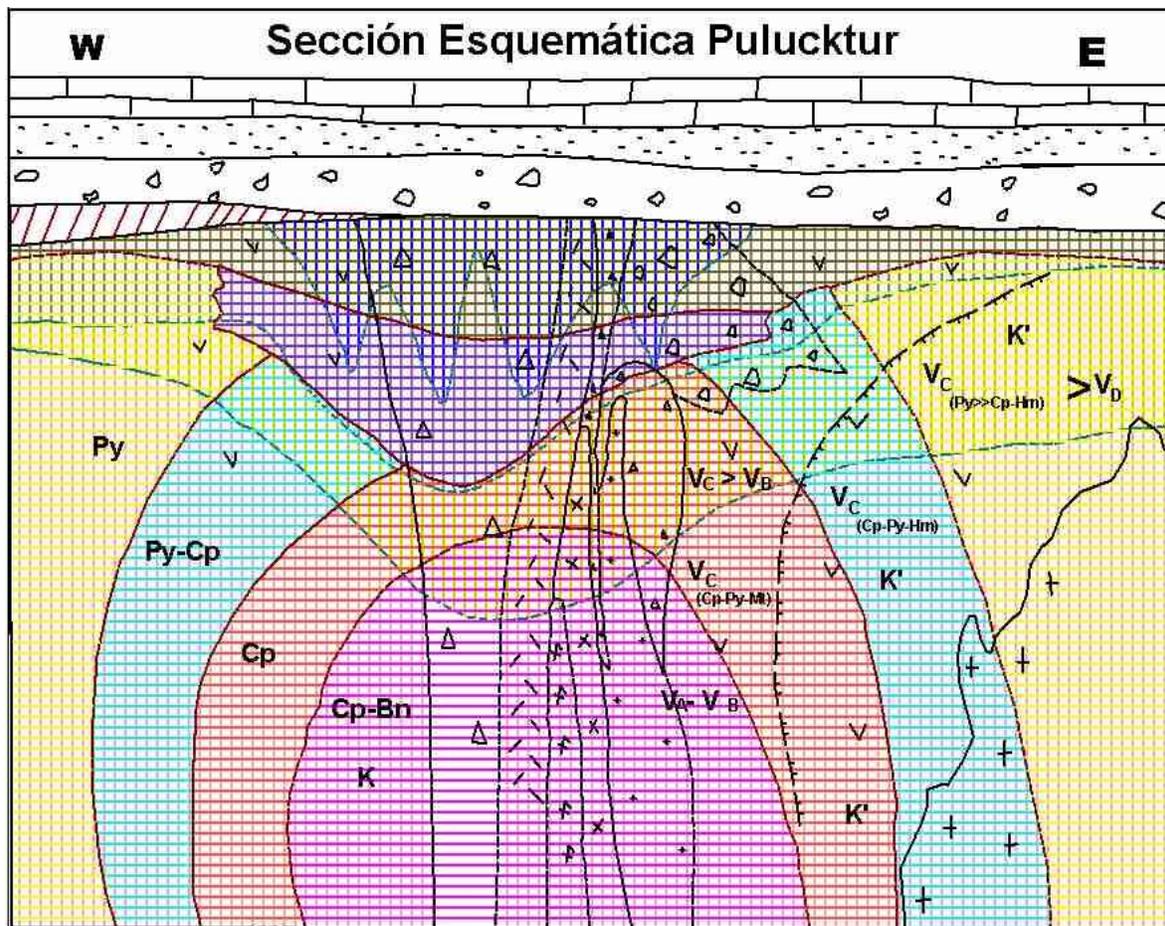
La zonación y distribución de vetillas de cuarzo es un factor clave, se destaca una expresión y amplio desarrollo de vetillas de cuarzo del tipo C. En la sección esquemática (figura 37) se ilustra dicha zonación y su composición. Desde pirita sobre calcopirita y hematita en los márgenes hasta la presencia de calcopirita – bornita - magnetita y molibdenita en el centro del sistema. También se destacan dos generaciones de vetillas C, una finas con halos de sericita-clorita y otras gruesas con cuarzo y halo de sericita-clorita. Existen vetillas de tipo B y D de menor expresión. Las vetillas C dominan sobre las D en el margen NE del sistema.

La presencia de las vetillas C fue fundamental para el desarrollo de enriquecimiento secundario, donde se observa calcosina sobre pirita y en vetillas de cuarzo que pueden ser confundidas con las del tipo D. Este blanket de calcosina está en la base de la zona argílica avanzada y en la zona fílica, de amplio desarrollo y expresión, que supera los 100 m de potencia.

El proyecto Pulucktur contiene características litológicas (presencia de pórfidos), de alteración (zonación clásica de la parte mas alta de un sistema de pórfidos) y mineralización (vetillas de cuarzo típicas de sistemas de pórfido cuprífero con contenidos metálicos de Cu-Mo), que permiten afirmar que se trata de un sistema de pórfido cuprífero, con una alta probabilidad de contener “blankets” de enriquecimiento supérgeno y mineralización hipógena de rendimiento económico. Se postula que las mejores expectativas de encontrar mineralización económica a profundidades asequibles es en el bloque sur, al oeste del pozo DDH-2991.

Los fundamentos para el modelamiento realizado que indica que dicho bloque se encuentra levantado, con respecto a los situados más al norte, y con un desplazamiento dextral de la faja de pórfidos y brechas asociadas se basa en:

- a) La zonación de alteración que indica argílica avanzada en sondajes del sector central y biotita-sericita en el pozo realizado en el sector sur.
- b) La orientación NNE del emplazamiento de los pórfidos es una característica observada y documentada en el Cluster Toki (ej. Marquardt et al, 2009) y se asume que los pórfidos observados corresponden a la prolongación hacia el sur de esta misma familia de pórfidos, dadas sus características petrográficas y la edad de la mineralización datada en Re-Os en molibdenita, que estaría confirmando que se trata del mismo evento.
- c) El desplazamiento dextral de la faja de pórfido a lo largo de fallas de orientación NW, es una característica observada en el Cluster Toki y en afloramientos al NW del yacimiento MMH, que se puede apreciar en los mapeos 1:5.000 del Distrito. El modelamiento de las fallas se efectuó en base a la señal analítica de la magnetometría helitransportada (Fig. 40), que para el caso del Cluster Toki, en general discrimina adecuadamente los contactos verticales entre unidades.



LEYENDA

LITOLOGÍA

- Calizas
- Limos - Arcillas
- Gravas
- Ferricretas con Ox. Cu
- Brecha Freatomagmática
- Brecha de Turmalina
- Pórfido Granodiorítico Intermíneral
- Pórfido Tonalítico Tardío
- Brecha Ignea
- Pórfido Tonalítico Intermíneral
- Pórfido Tonalítico Temprano
- Diorita Los Picos
- Estratos de Quetena
- Andesita

ALTERACIÓN

- Argilica Avanzada (Alunita, Pirofilita > Sericita)
- Argilica Intermedia (Montronilita, Nontronita > Sericita)
- Filica (Sericita, Caolín)
- Metasomatismo Potásico (Biotita, FK, Magnetita)

MINERALIZACIÓN

- Lixiviado (Limonitas)
- Enriquecimiento Secundario (Calcosina sobre Py)
- Pirita (Py)
- Pirita-Calcopirita (Py-Cp)
- Calcopirita (Cp)
- Calcopirita-Bornita (Cp-Bn)

Vetillas de Cuarzo

- V_A Vetillas "A"
- V_B Vetillas "B"
- V_C Vetillas "C"
- V_D Vetillas "D"

Figura 37. Sección esquemática de Pulucktur (Basado en Pardo, R., 2010, no publicado).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones más relevantes corresponden a la identificación de un alineamiento de pórfidos de unos 300 a 400 m de ancho que representan la extensión al sur del Cluster Toki, con la misma edad de la mineralización y que se extendería a lo largo de más de 3 km en dirección NNE, pasando entre los sondeos DDH-2989 y 2978, cortado parcialmente por los demás sondeos, a excepción del pozo DDH-2581. El modelo de mineralización que se consideró más concordante con los resultados obtenidos a la fecha y que es coherente a los antecedentes distritales, corresponde a la presencia de conductos de orientación NNE que controlan el emplazamiento de pórfidos y un sistema estructural NW que produciría desplazamientos dextrales (Fig. 2) controlando distintas profundidades de emplazamiento de la faja de pórfidos y brechas asociadas, que ha permitido dividirla en 3 bloques de interés, sur, central y norte, abierto hacia el sur.

El bloque sur contiene al pozo DDH-2991 y se caracteriza por presentar alteración biotítica, pasando de biotita-sericita a biotita-clorita en profundidad. Para este bloque se postula un desplazamiento dextral, hacia el oeste, del tren mineralizado y presenta expectativas de mineralización oxidada de cobre en la parte superior, pasando a sulfuros enriquecidos y primarios en profundidad. Para este bloque se recomiendan 3 pozos de 500 m, orientados a comprobar la validez del modelo propuesto.

El bloque central de esta faja de pórfidos (pozos DDH: 2978, 2979, 2988, 2989 y 2990), estaría hundido, con una alteración dominante de pirofilita-arcillas mayor que sericita y presenta buenas expectativas de contener cuerpos de sulfuros enriquecidos e hipógenos de interés económico desde profundidades estimadas en torno a 500 m desde la superficie (Fig. 37). En este bloque se recomienda la ejecución de 3 sondeos profundos espaciados a 500 m entre sí y orientados a comprobar la validez, continuidad y calidad del modelo propuesto.

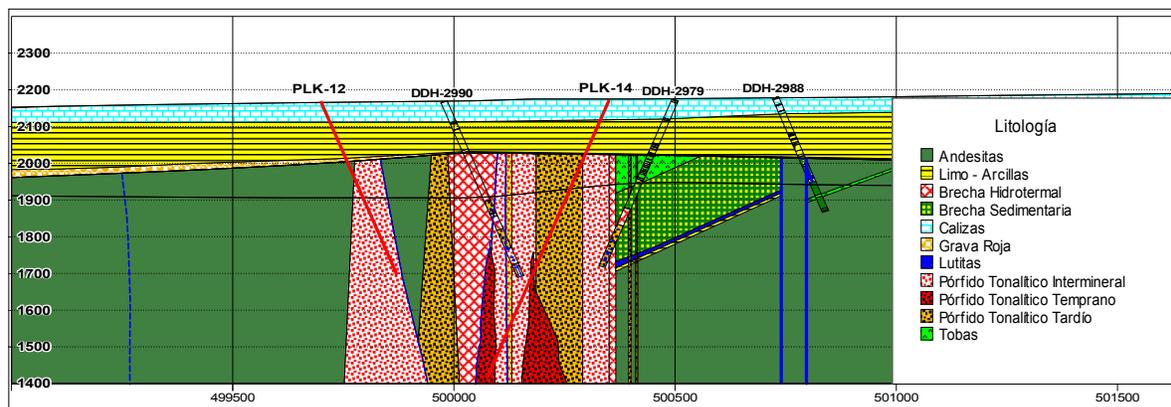


Fig. 38 Sección N-7.514.500 mostrando pozos recomendados en rojo sobre litología.

El bloque norte (pozos DDH-2578 y 2580) presenta alteración sericítica dominante, lo que representaría un grado intermedio de levantamiento del sistema con respecto a los dos bloques anteriores. Este bloque presenta expectativas moderadas de mineralización de sulfuros enriquecidos, para el que se propone 1 pozo (PLK-17) orientado a comprobar la calidad de la mineralización.

Además, para explorar la posibilidad de otros sectores mineralizados se proponen dos sondajes adicionales en los extremos de la sección N-7514.500. El resumen de las recomendaciones se indica en la tabla 12.

Finalmente se recomienda la ejecución de una sección de polarización inducida de alta penetración (IP MINDAS) de orientación EW en la coordenada N-7.515.000 y entre las coordenadas este 496.000 y 504.000 (Fig. 39), que incluya a los sectores al oeste de Pulucktur, con el objetivo de identificar otras eventuales fajas mineralizadas, utilizando conocimientos de sondajes de Pulucktur para calibración.

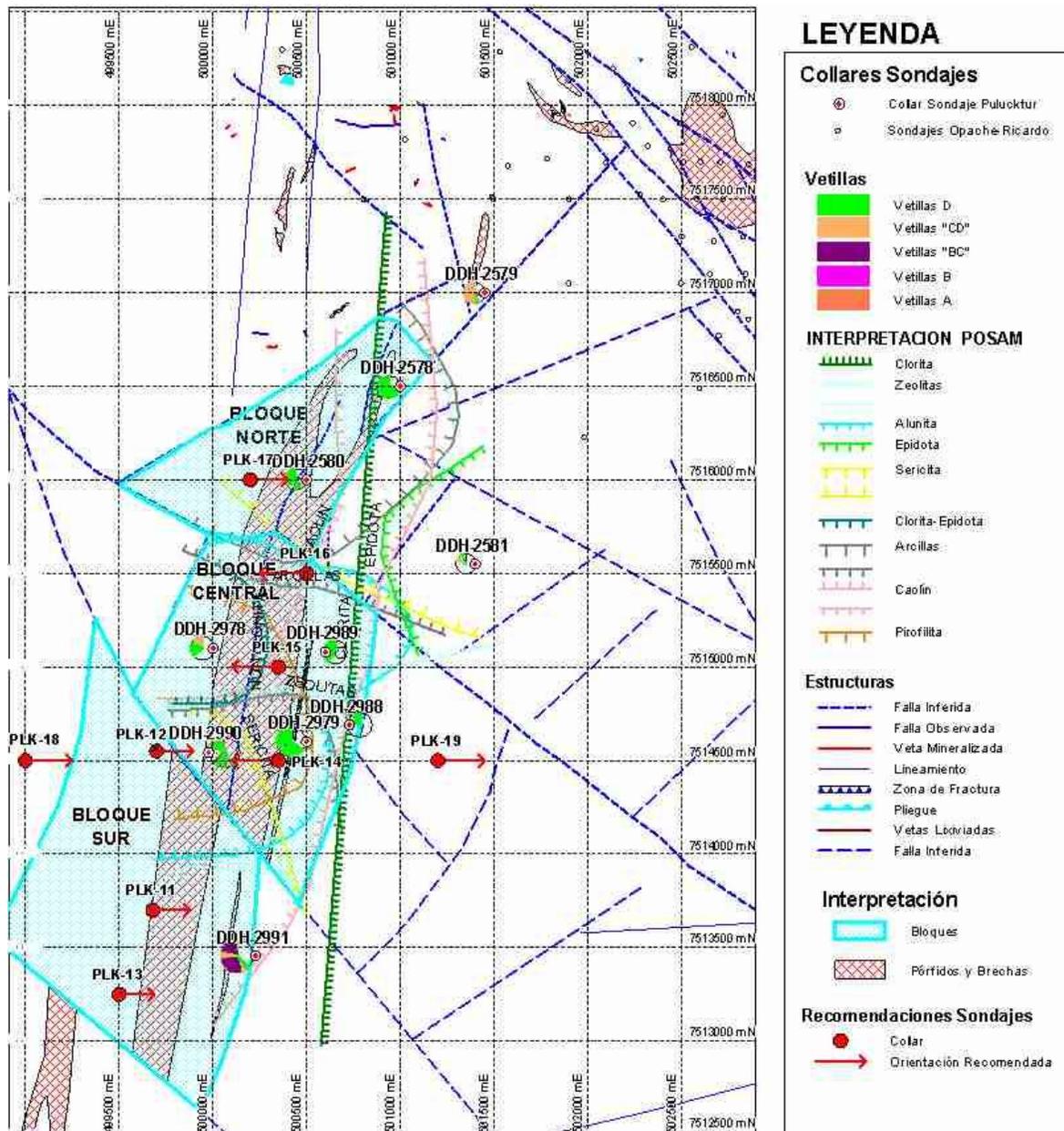


Fig. 39 Mapa simplificado de Exploración de Pulucktur, indicando en rojo sondajes propuestos para verificar la validez del modelo y calidad de la mineralización

| SONDAJE | ESTE | NORTE | AZIMUT | INCLINACIO | LARGO | Tipo Sondaje |
|---------|--------|---------|--------|------------|-------|--------------|
| PLK-11 | 499680 | 7513700 | 90 | -70 | 500 | AR |
| PLK-12 | 499700 | 7514550 | 90 | -70 | 500 | AR |
| PLK-13 | 499500 | 7513250 | 90 | -70 | 500 | AR |
| PLK-14 | 500350 | 7514500 | 270 | -70 | 800 | DDH |
| PLK-15 | 500350 | 7515000 | 270 | -70 | 800 | DDH |
| PLK-16 | 500500 | 7515500 | 270 | -70 | 800 | DDH |
| PLK-17 | 500200 | 7516000 | 90 | -70 | 800 | DDH |
| PLK-18 | 499000 | 7514500 | 90 | -70 | 500 | AR |
| PLK-19 | 501200 | 7514500 | 90 | -70 | 500 | AR |

Tabla 12 Sondajes Recomendados

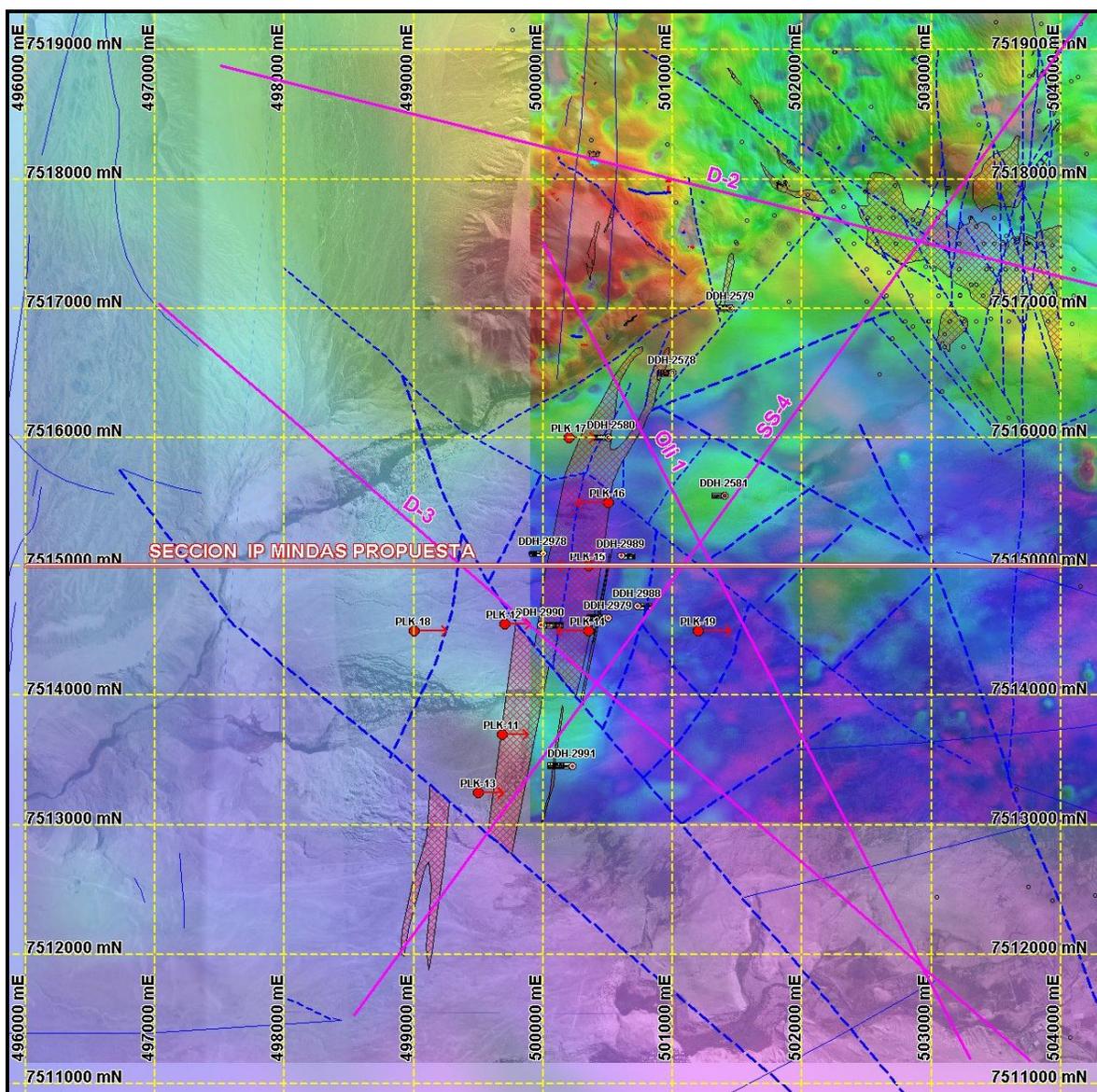


Fig. 40 Ubicación de Sección IP Mindas Propuesta en imagen de vuelo aeromagnético con proceso RTP superpuesta a Señal Analítica Helimag en Sector NE y sobre imagen satelital en falso color natural.

7. REFERENCIAS

Alcota, H. 2008. Mapas Geológicos 1:5.000 del Sector Complejo Fortuna. Distrito Chuquicamata, SIG de Exploraciones Mineras S.A. Mapas internos de trabajo en Arc View.

Alcota, H., Anguita, P., Vargas, J., 2009 Marco geológico 1: 5.000, geoquímica, geofísica y potencial de exploración del área Distrito Chuquicamata del Distrito Codelco Norte, Región de Antofagasta, informe de resultados del programa de mapeo y exploración escala 1:5.000. Informe, mapas y secciones Internas EMSA, 45pp.

Baeza, L.; Ossandón, G. 2007. Métrica Pulucktur diciembre 2007. Planillas Excel, Interno EMSA.

Banchero, L., Yañez, G. y Castelli, J.C., Mayo 2005, Interpretación Integrada Geología y Geofísica Distrito Codelco Norte, Fase II: Inf. Int. EMSA, 50pp., mapas-secciones anexas.

Gustafson, L.B. and Hunt, J.P., 1975. The Copper Porphyry deposit at El Salvador, Chile. Economic Geology, Vol.70, pp-857-912.

Marquardt, J., Rojo, J., Pizarro, J y Rivera, S., 2009. Geología y Evolución del Pórfido Miranda, Cluster Toki. Resumen expandido, XII Congreso Geológico Chileno, 4pp., 22-26 Noviembre 2009.

Pérez, D.; Pizarro, J. 2009. Informes mensuales octubre (14pp), noviembre (20pp) y diciembre (17pp). Reportes Internos EMSA.

Pizarro J., Rojo J., Marquardt J., Alcota H., Anguita P., Banchero L., 2007. Resultados del Programa de Exploración y Seguimiento con Sondajes Cluster Toki 2007. Informe Interno EMSA, 30pp. Informe, Mapa de exploración y anexos de operaciones y data sondajes.

Pizarro, J., Pérez, D., Alcota, H., Fontecilla C., Enero 2010. Informe de Cierre Campaña de Sondajes 2009, Blanco Don Felipe Sur. Informe interno EMSA, 51pp. Informe y anexos de Data Sondajes, Operaciones y Control de Calidad.

Rojo, J., Marquardt, J., Pizarro, J., 2008. Proyecto Miranda, Distrito Codelco Norte, API-M07G009-1.1 Resultados de la Exploración a Diciembre 2007. Informe Interno EMSA. 75pp. Informe, mapas y secciones Internas EMSA.

Tomlinson, A., Blanco, N., MaksaeV, V., Dilles, J., Grunder, A., Ladino, M., 2001. Geología de la Precordillera Andina de Quebrada Blanca - Chuquicamata, Regiones I y II (20°30'-22°30' S). Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Informe Registrado IR-01-20, 444 pp., 20 mapas escala 1:50.000. Santiago.

Tomlinson, A.; Blanco, N.; 2008a. Geología de la Franja El Abra-Chuquicamata, II Región (21°45'-22°30' S). Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Informe registrado IR-08-35, 196 pp., 5 mapas escala 1:50:000. Santiago, Chile.

Tomlinson, A.; Blanco, N.; 2008b. Estratigrafía, geocronología y estructura de unidades de las sierras San Lorenzo y Las Rabonas: Correlaciones a través de la Falla Oeste. Una guía a terreno, preparada para Exploraciones Mineras S.A., como parte del convenio Codelco-Sernageomin, Agosto 2008. 27pp.