



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

**EXPLORACIÓN MINERA DEL PROYECTO CHIMBEROS ESTE, DISTRITO
ESPERANZA, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

RODOLFO VALENTÍN LAGOS DURÁN

PROFESOR GUÍA:

BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

VICTOR MAKSAEV JURCHUC

FERNANDO BARRA PANTOJA

SANTIAGO – CHILE

2010

Resumen

El proyecto Chimberos Este, ubicado en el Distrito Esperanza, en la Precordillera de la Región de Atacama en el norte de Chile, a 7 km de las minas de Au–Ag Esperanza y Arqueros, es parte de la franja metalogénica conocida como Franja de Maricunga, provincia aurífera-argentífera en la cual se encuentran yacimientos tipo pórfidos de oro y epitermales de alta sulfuración de Au–Ag. Chimberos Este fue visitado por primera vez en Septiembre del año 2008, ocasión en la cual se muestrearon rodados con vetas cuyas concentraciones fueron de 171 g/t de Au y 11 kg/t de Ag. A fines de ese mismo año se llevó a cabo una primera campaña de exploración, en la que se obtuvieron concentraciones de hasta 27 g/t de Au en vetas de cuarzo con orientación EW en trincheras.

El objetivo de este trabajo es definir blancos de perforación para la prospección de mineralización de oro en Chimberos Este, a partir de la integración de información geológica, geoquímica y geofísica.

La metodología usada consistió en el levantamiento geológico en superficie escala 1:5.000, el análisis de magnetometría terrestre, de imágenes hiperespectrales y de geoquímica de talud y afloramientos.

Las unidades litológicas identificadas en Chimberos Este son areniscas Paleozoicas correspondientes a la Formación Chinchas, areniscas Triásicas de los Estratos El Mono, cuerpos intrusivos y volcánicos Cenozoicos del Complejo de Domos Esperanza, stocks y diques cuerpos intrusivos riolíticos, riodacíticos, andesíticos y dioríticos, y depósitos no consolidados que comprenden gravas Miocenas, ignimbritas Pliocenas y depósitos fluvio-aluviales recientes en el fondo de las quebradas.

La alteración hidrotermal es estructuralmente controlada, limitada al entorno de vetas y fallas o cuerpos intrusivos. Entre los tipos de alteración encontrados destaca una alteración argílica entorno a vetillas bandeadas de cuarzo y óxidos de hierro con orientación NW y una alteración propilítica rica en epidota en las areniscas Paleozoicas, ambas ubicadas en el sector suroeste del proyecto.

Fueron mapeadas tres fallas, todas con orientación NW, la cual es la misma orientación del sistema estructural que controla la mineralización en Esperanza. En las imágenes de magnetometría se observaron lineamientos NW y EW interpretados como posibles sistemas de fallas o vetas, y NE interpretadas como posibles fallas ciegas.

En la imagen hiperespectral se observan anomalías de contraste para la alunita. Sin embargo, todas corresponden a depósitos de material transportado en las gravas. No obstante, destaca una anomalía de contraste para illita rica en aluminio en el sector de afloramientos de vetillas bandeadas.

Se realizó un análisis de factores a los datos de la geoquímica de muestras de trinchera y talud cuyo resultado indica que las concentraciones de Au en Chimberos Este están relacionadas a las de Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn. El estudio de poblaciones para estos elementos permitió determinar que la distribución en planta de las anomalías de contraste de ellos muestra una orientación NW en el sector suroeste del proyecto.

Se definieron 5 blancos de perforación en base a la integración de los rasgos geológicos favorables para la mineralización de Au. Se propone realizar un sondaje de aire reverso por cada blanco probar la existencia de mineralización en profundidad.

Declaración de confidencialidad

Yo, el autor de esta memoria, estoy en conocimiento de que la restricción de acceso a ella no se extenderá por más de tres años a partir de la fecha de entrega a la Universidad de Chile.

Quisiera restringir el acceso a esta memoria como sigue:

Acceso restringido a Kinross Minera Chile Ltda.

Una vez que este periodo haya expirado estoy en conocimiento de que la Universidad de Chile hará disponible esta memoria para su uso presencial en la Biblioteca de la Universidad y virtual a través de su red computacional, permitiendo también el acceso a ella a otras bibliotecas asociadas. Todos los usuarios que consulten esta memoria deberán firmar la siguiente declaración:

“Al consultar esta memoria acepto no copiar o parafrasear su contenido, total o parcialmente, sin el consentimiento escrito del autor; y dejar por escrito en una cita cualquier beneficio o asistencia que haya obtenido de ella”

Rodolfo Lagos Durán

Julio 2010

Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivos generales	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
1.2	Metodología	5
1.3	Ubicación y acceso.....	6
1.4	Clima y vegetación.....	6
1.5	Historia de la propiedad y trabajos anteriores.....	8
2	Geología Regional	9
3	Geología Local	13
3.1	Generación de la base de datos de observaciones geológicas.....	13
3.2	Rocas sedimentarias	15
3.2.1	Formación Chinchas (<i>AQ, Lim y ACon</i>).....	15
3.2.2	Los Estratos El Mono (<i>TrAr</i>).....	16
3.3	Rocas volcánicas e intrusivas.....	16
3.3.1	Complejo de Domos de Esperanza (<i>PDac</i>)	16
3.3.2	Intrusivo Diorítico (<i>Dior</i>).....	17
3.3.3	Dique Riolítico (<i>DRiol</i>), Dique Riodacítico (<i>DFel</i>) y Dique Andesítico (<i>DAnd</i>)	17
3.4	Depósitos no consolidados.....	18
3.4.1	Gravas (<i>Gr</i>).....	18
3.4.2	Ignimbritas (<i>Ig</i>).....	18
3.4.3	Depósitos fluvio-aluviales (<i>Qa</i>)	18
3.5	Estructuras y lineamientos magnéticos	20

3.5.1	Falla Las Botellas	20
3.5.2	Falla Centrosur	20
3.5.3	Falla La Tubería	20
3.5.4	Zonas de cizalle	22
3.5.5	Lineamientos magnéticos	22
3.6	Minerales de alteración, vetillas y mineralización	25
	Método de interpolación.....	25
3.6.1	Alteración silíceo y vetillas asociadas	28
3.6.2	Alteración a clorita + sílice ± epidota ± hematita y vetillas asociadas.....	28
3.6.3	Alteración a clorita + magnetita + epidota + calcita ± escapolita ± albita ..	28
3.6.4	Alteración a arcillas y óxidos de hierro y vetillas asociadas	30
3.6.5	Alteración a epidota + clorita + óxidos de hierro y vetillas asociadas	30
3.6.6	Imagen hiperespectral.....	30
4	Geoquímica.....	32
4.1	Procedimiento de terreno	32
4.2	Ubicación de las muestras	33
4.3	Procedimiento de laboratorio	33
4.3.1	Protocolo de preparación de las muestras	33
4.3.2	Procedimiento analítico	35
4.4	Control de calidad	35
4.4.1	Duplicados de terreno y laboratorio	36
4.5	Muestras de reconocimiento	39
4.6	Análisis estadístico.....	39
4.6.1	Análisis multivariable.....	41
4.6.2	Estadística univariable.....	46
	Estadísticos básicos	46

	Estadística de poblaciones.....	49
5	Discusión.....	60
5.1	Temporalidad relativa de eventos de mineralización.....	60
5.2	Fallas	61
5.3	Lineamientos magnéticos.....	64
5.4	Alteración y vetillas	66
5.5	Imagen hiperespectral	69
5.6	Geoquímica	70
5.7	Comparación entre Chimberos Este y Esperanza	74
5.8	Modelo geológico de yacimiento	74
5.9	Blancos de perforación.....	77
6	Conclusiones.....	80
7	Recomendaciones	82
8	Referencias	84

Lista de figuras

Figura 1.1 Ubicación de los yacimientos La Coipa, Esperanza y Arqueros en torno al proyecto Chimberos Este.	4
Figura 2.1 Mapa de la geología regional del área de Chimberos Este (modificado de Cornejo et al., 1993).	12
Figura 3.1 Mapa de distribución de los puntos de control del mapeo geológico.	14
Figura 3.2 Mapa litológico del Proyecto Chimberos Este.	19
Figura 3.3 Mapa de estructuras observadas en superficie y lineamientos observados en la imagen satelital IKONOS.	21
Figura 3.4 Lineamientos magnéticos sobre imagen de magnetometría terrestre reducida al polo.	23
Figura 3.5 Lineamientos magnéticos sobre imagen de la derivada del campo total en el eje NS en Chimberos Este.	24
Figura 3.6 Mapa de distribución de minerales de alteración.	26
Figura 3.7 Mapa de distribución de minerales de alteración, rodados de vetas/vetillas y zonas de alta densidad de vetilleo.	27
Figura 3.8 Mapa de distribución de los tipos de relleno de vetas y vetillas.	29
Figura 3.9 Interpretación de la imagen hiperespectral de Chimberos Este.	31
Figura 4.1 Mapa de distribución de las muestras geoquímicas.	34

Figura 4.2 Control de precisión de los análisis de muestras de talud para Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Cd, Pb y As.	37
Figura 4.3 Control de precisión del muestreo de talud para Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Cd, Pb y As.	38
Figura 4.4 Mapa de distribución de concentración de Au en las muestras de reconocimiento.	40
Figura 4.5 Histogramas para Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en las trincheras.	42
Figura 4.6 Histogramas para Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en la malla de talud.	43
Figura 4.7 Mapa de distribución de los valores del F7 (Tabla 5) para las muestras de talud...	45
Figura 4.8 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Au, Ag, As e In mayores a los umbrales de exploración.....	56
Figura 4.9 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Cu, Mn, Mo y Pb mayores a los umbrales de exploración.	57
Figura 4.10 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Cd, Sb y Zn mayores a los umbrales de exploración.	58
Figura 5.1 Esquema de secuencia temporal de la formación de las unidades litológicas en Chimberos Este.	61
Figura 5.2 Mapa falla La Tubería, sector suroeste del proyecto Chimberos Este.	63
Figura 5.3 Altos y bajos magnéticos y lineamientos en imagen de magnetometría reducida al polo y en la derivada NS del campo total.	65
Figura 5.4 Mapa de alteración hidrotermal en el proyecto Chimberos Este.....	68

Figura 5.5 Imagen hiperespectral y estructuras en el sector suroeste del proyecto Chimberos Este.....	69
Figura 5.6 Distribución de los valores del F7 del análisis de factores de las muestras de talud.	71
Figura 5.7 Mapa de zonación de los elementos de interés (Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn) en la zona suroeste del proyecto Chimberos Este.....	73
Figura 5.8 Modelo de yacimientos epitermales (modificado de Corbett, 2009).	77
Figura 5.9 Blancos de perforación en el proyecto Chimberos Este.....	78

Lista de tablas

Tabla 1 Estandarización de las observaciones geológicas y su equivalencia numérica.	13
Tabla 2 Límites de detección mínimos de las concentraciones obtenidas en análisis de laboratorio.....	35
Tabla 3 Elementos con más de un 50% de concentraciones bajo su límite de detección.....	36
Tabla 4 Porcentaje de duplicados con error de precisión menor al 20%.....	36
Tabla 5 Factores obtenidos para las muestras de trinchera y talud.....	44
Tabla 6 Resumen de la estadística univariante para Au, Ag, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en trincheras.	46
Tabla 7 Resumen de la estadística univariante para Au, Ag, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en la malla de talud.	47
Tabla 8 Tabla de la estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad Arenisca Conglomerádica muestreada en las trincheras.....	50
Tabla 9 Tabla de la estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad de Arenisca Conglomerádica muestreada mediante la malla de talud.....	51
Tabla 10 Resumen de los umbrales de exploración para el Au, Ag, As e In (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.	56
Tabla 11 Resumen de los umbrales de exploración para el Cu, Mn, Mo y Pb (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.....	57
Tabla 12 Resumen de los umbrales de exploración para el Cd, Sb y Zn (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.....	58

Tabla 13 Factores obtenidos mediante Análisis de Factores para las muestras de trinchera y talud.	70
Tabla 14 Tabla de valoración de rasgos favorables a la mineralización de Au.....	79
Tabla 15 Blancos de perforación y sondajes propuestos asociados.....	82

Anexos

1. Anexo gráficos de probabilidad para análisis geoquímicos de trincheras
2. Anexo gráficos de probabilidad para análisis geoquímicos de talud

Fuera de texto

1. Mapa geológico del Proyecto Chimberos Este, escala 1:5.000.
2. Perfil AA' del proyecto Chimberos Este

1 Introducción

Este trabajo presenta un estudio geológico de exploración aurífera realizado en el Proyecto Chimberos Este, ubicado en el distrito Esperanza, III Región de Atacama, Chile. La información en él contenida se enmarca en los trabajos de geología de exploración de Kinross Minera Chile Limitada.

El distrito Esperanza está ubicado en la parte norte de la “Franja de Maricunga”, la cual es una provincia metalogénica elongada con orientación norte-sur que está comprendida entre los 26° y 28° de latitud sur, de aproximadamente 200×50 km² y entre 4000 y 6000 msnm (Vila y Sillitoe, 1991). La Franja de Maricunga está caracterizada por contener depósitos de Au-Ag de tipo epitermal de altas leyes, controlados estructuralmente y asociados a vetas, entre ellos La Coipa y Esperanza, y porfíricos de Au de baja ley y alto tonelaje, tales como Maricunga (ex Refugio) y Lobo Marte. Estos yacimientos están asociados a rocas volcánicas de edad Miocena que sobreyacen a rocas sedimentarias Mesozoicas y Paleozoicas (Vila y Sillitoe, 1991). La Franja de Maricunga ha sido una zona de interés prospectivo desde mediados de la década de 1980, constituyendo una importante provincia aurífera y argentífera.

En el distrito Esperanza (Figura 1.1) destaca el yacimiento Esperanza (600.000 oz Au equivalente) que corresponde a un depósito mineral de Ag oxidado, estructuralmente controlado y con enriquecimiento supérgeno (Callan, 2009, Kinross Informe interno). Chimberos Este se encuentra aproximadamente a unos 7 km de Esperanza y a una distancia similar de otro cuerpo mineralizado estratoligado de Au-Ag: Arqueros (250.000 oz Au equivalente). Ambos poseen minas actualmente inactivas, pero se están realizando trabajos de exploración por la Compañía Mantos de Oro (empresa Kinross, operadora de la mina La Coipa) y por Laguna Resources NL respectivamente. Además, Chimberos Este está ubicado a 25 km de la mina La Coipa, yacimiento de mineralización de Ag-Au que es estructuralmente controlado y está emplazado principalmente en rocas sedimentarias Triásicas y volcánicas Oligocenas (Oviedo et al., 1991).

En la Franja de Maricunga los blancos de exploración, trabajados hasta ahora, poseen anomalías de color que son asociadas con alteración hidrotermal y posible mineralización (Vila y Sillitoe, 1991). Esto no se cumple en el área del proyecto Chimberos Este, que abarca un área de unos 15 km² y no presenta anomalía de color (Figura 1.1). No obstante, Chimberos Este presenta dos características de interés que motivaron al personal de Kinross a explorar la zona en busca de oro. La primera, es una anomalía de alteración de alunita en la parte central, distinguible sólo en imágenes hiperespectrales regionales. Esto sugiere la existencia de actividad hidrotermal argílica en el pasado, actualmente aflorando en su nivel epidermal. La segunda, es que su topografía con bordes elevados y depresión central se asemeja a lo que podría haber sido una caldera volcánica que constituye un blanco de exploración debido a que involucraría actividad volcánica y probable hidrotermalismo en una franja rica en yacimientos de Au. Otros factores que motivaron su exploración geológica son el hecho de que no existen registros de trabajos previos en el sector por parte de otras compañías y la necesidad de nuevos recursos minerales para la mina La Coipa que se encuentren cerca a sus operaciones.

La primera visita por parte de personal de Kinross fue llevada a cabo en Septiembre de 2008. En ella se tomaron muestras cuyas concentraciones superaron los 100 ppm de Au, lo que motivó una primera campaña de exploración entre Septiembre y Diciembre de 2008 en la que se muestrearon trincheras y afloramientos. La obtención de muestras de vetillas de cuarzo con más de 20 ppm de Au en trincheras, con orientación preferente EW, confirmó la existencia de mineralización de Au en Chimberos Este. En base a estos resultados se determinó realizar los trabajos que se presentan en esta memoria y que constituyen la segunda campaña de exploración en el proyecto.

1.1 Objetivos

En base al trabajo realizado durante la primera campaña de exploración de Chimberos Este, en este trabajo se plantean objetivos generales y específicos, los cuales son:

1.1.1 Objetivos generales

Identificar blancos de perforación de mineralización de Au en el proyecto Chimberos Este, si los hay, a partir de un mapa de capas de información geológica de superficie, geofísica y geoquímica.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar las unidades litoestratigráficas, las estructuras y la alteración hidrotermal en la superficie del proyecto Chimberos Este para determinar si la geología es favorable para la existencia de mineralización (en el caso de litología y estructuras) y si existen evidencias de eventos hidrotermales pasados y posiblemente mineralizadores (en el caso de la alteración).
2. Interpretar los estudios de sensores remotos y geofísicos que se han realizado en el proyecto que incluyen una imagen hiperespectral y un estudio de magnetometría terrestre. En el primer caso, para definir zonas de alteraciones potencialmente asociadas a alteración, en el otro para trazar posibles estructuras en profundidad.
3. Establecer la distribución de la concentración de elementos químicos que sirven de guía en la exploración de yacimientos auríferos como los de la Franja de Maricunga para evaluar las zonas con mayor potencial de mineralización en profundidad.
4. Compilar la información en un mapa de capas digital para definir los blancos de perforación.

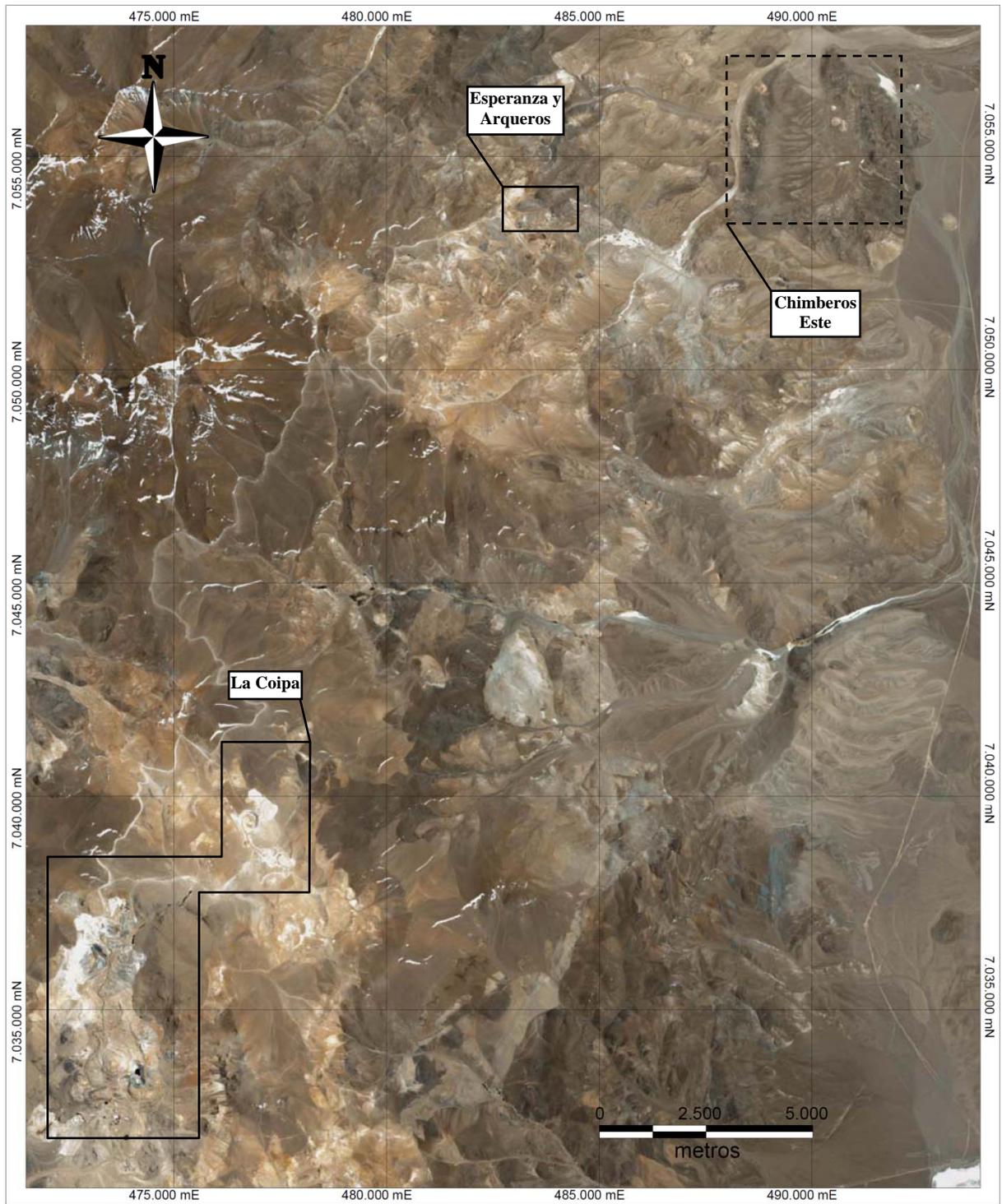


Figura 1.1 Ubicación de los yacimientos La Coipa, Esperanza y Arqueros en torno al proyecto Chimberos Este. Se puede ver que el área de Chimberos Este no presenta anomalía de color.

1.2 Metodología

Los objetivos planteados fueron logrados mediante:

1. Mapeo geológico de superficie a escala 1:5000 de las rocas, rodados de vetillas, alteración y estructuras, y mapeo 1:1000 de trincheras. La información fue recolectada en terreno por el autor. Esta fue tabulada a fin que las observaciones de intensidad de alteración, densidad de vetilleo y tamaño de grano o cristales sea luego cuantificable en todos los puntos de control. Esto permite asignar una equivalencia numérica y de esta forma integrar la información en un mapa digital. Los puntos de control fueron localizados en terreno sobre una imagen IKONOS, dibujando a la vez el contorno del afloramiento mapeado, logrando así un mapeo dinámico que ayudó a lograr un mejor producto. Se utilizó el sistema de coordenadas UTM y el sistema de proyección geográfico WGS 84. El equipamiento, alojamiento, alimentación, asistencia en terreno, conducción y toda la logística necesaria para realizar este trabajo fue organizado por el personal de Kinross capacitado para ello con la asistencia del autor.
2. Digitalización de la información en tablas Excel y mapeo en el software Mapinfo. El autor digitalizó la información de terreno, para que esta pueda ser ingresada al software Mapinfo, y así generar un mapa de capas digital. Kinross facilitó un computador personal y la licencia de Mapinfo para la realización de este trabajo de gabinete.
3. La interpretación de las imágenes de magnetometría terrestre e hiperespectral se realizó en base a la información del mapeo de superficie. Para una correcta interpretación de la información de estas imágenes debe considerarse el tipo de roca que cubren. Estas imágenes se encuentran en la base de datos de Kinross.
4. La realización de una campaña geoquímica, mediante el muestreo de reconocimiento en algunos puntos del mapeo geológico y el muestreo sistemático de taludes y trincheras. Las muestras fueron enviadas para análisis químico al laboratorio ALS Chemex ubicado en la ciudad de La Serena, IV Región, Chile. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis univariable (estadística básica y

análisis de poblaciones) y multivariable (análisis de factores) para identificar los elementos asociados a una la mineralización de Au y su distribución en el área del proyecto.

La metodología usada en el presente trabajo excluye los datos geoquímicos existentes de la primera campaña de exploración de los análisis estadísticos. No obstante, sí se tuvieron en cuenta como referencia los valores más altos de Au y las zonas de interés definidas por Frutos (2008).

1.3 Ubicación y acceso

El proyecto Chimberos Este se encuentra en la propiedad minera Huemul, en el distrito La Esperanza. Está en el borde oriental de la Cordillera de Domeyko, en la Provincia de Diego de Almagro, III Región de Atacama, Chile, limitado por las coordenadas UTM 488.100 E, 7.057.400 N y 492.000 E, 7.053.000 N, aproximadamente.

Al proyecto se accede desde la ciudad de Copiapó, a través de la ruta internacional CH-31 que llega al paso internacional San Francisco. Poco antes del paso, en la intersección con la ruta C-173 se debe virar por ella hacia el norte, camino a las localidades de La Ola y Diego de Almagro. Luego de unos 20 minutos de viaje, se llega al desvío hacia las faenas de la mina Esperanza, en él se debe virar a la en dirección al oeste. Después, a mitad de camino entre el desvío y Esperanza (aproximadamente 5 minutos en vehículo) se debe tomar un desvío al norte, por un camino terciario a través de la quebrada que limita al oeste el proyecto Chimberos Este, este camino permite acceder por el norte a la zona central del proyecto.

1.4 Clima y vegetación

El área del Proyecto se inserta en la provincia de Copiapó, en los cordones de cerros que forman parte de las cuencas pre altiplánicas de la Región de Atacama. Los cursos hídricos identificados corresponden en su totalidad a quebradas que fluyen en dirección WS - NE y que insertan en la Cuenca de Maricunga, sistema señalado como cerrado y de alta puna (Niemeyer

y Cereceda, 1984). En el área de estudio destacan las quebradas Pastos Largos, Carachitas, Carachapampa y Quebrada Potrero Grande.

Biogeográficamente el área de estudio se incluye a nivel continental en el Dominio Andino-Patagónico, Provincia Andina (Cabrera y Willins, 1973). A nivel nacional se incluye en la región de las Estepas Andinas, subregión de los Andes Meridionales, y cartográficamente coincide con la formación vegetacional de la Estepa Altoandina.

Los registros climáticos de la estación meteorológica más representativa del área indican que los meses más fríos corresponde a junio, julio y agosto, mientras que los más cálidos corresponden a diciembre, enero y febrero. Las temperaturas máximas mensuales oscilan entre 11°C y los 18°C, mientras las mínimas promedian valores de -2,7°C, alcanzando -20°C. En cuanto a las precipitaciones el sector de Esperanza se caracteriza por bajas precipitaciones, que anualmente no superan los 20 mm. Los eventos de precipitación se producen preferentemente en formas de nieve, durante los meses de abril a septiembre.

Vegetacionalmente, el sector estudiado se compone por un matorral de altura dominado por la especie *Adesmia hystrix* cuya altura y densidad resultan variables según distintas posiciones fisiográfica, acompañada de una estrata herbácea perenne de *Stipa crrysophylla*. Sin embargo, la formación de mayor importancia para el área alto andina e identificada en el área corresponde a dos sectores clasificados como pajonal hídrico – bofedal, dominados por las especies *Oxycloe andina* y *Deyeuxia eminenes*. Estas zonas presentan un mayor desarrollo biológico sostenedoras de la diversidad biológica del área.

En las mayores altitudes y afloramientos rocosos del lugar la vegetación desaparece conformándose zonas denudadas.

1.5 Historia de la propiedad y trabajos anteriores

La propiedad Huemul en la cual se desarrolla este trabajo es de Kinross Minera Chile Limitada y no existen registros conocidos de trabajos de exploración previos realizados por otra compañía en el sector de Chimberos Este. No obstante, la empresa Minera Anglo American Chile Limitada realizó una extensa campaña de exploración en la Franja de Maricunga a comienzos de 1980 (Vila y Sillitoe, 1991). Durante estos años se descubrió y desarrolló el prospecto Esperanza. Es probable, aunque desconocido, que durante esta campaña se hayan tomado muestras de reconocimiento en Chimberos Este.

El área de lo que luego pasó a ser Chimberos Este fue visitada por primera vez en Septiembre de 2008 por personal de exploración de Kinross. Las razones de esta visita fueron la existencia de un amplio sector con alunita visible en imágenes obtenidas de vuelos con sensores hiperespectrales, y la topografía del área que presenta serranías rodeando una depresión en el centro que asemeja una caldera volcánica. Ambos rasgos surgieron actividad volcánica e hidrotermal en el pasado en el lugar. Durante esta primera visita se encontraron rodados de vetas de cuarzo con altas leyes de oro y plata (171 g/t de Au, 11 kg/t de Ag; Frutos, 2008). Con estos resultados se programó una primera campaña de exploración que fue realizada entre Septiembre y Diciembre del año 2008 y encabezada por los geólogos Robert Mitchell (consultor) y Guillermo Peralta (Kinross). En ella, se realizó un mapeo de reconocimiento a escala 1:10000, 3,5 km de trincheras mapeadas y muestreadas para geoquímica, y muestreo de reconocimiento de superficie para geoquímica (Frutos, 2008). El resultado fue el descubrimiento de zonas de vetas de cuarzo en las trincheras, con alto contenido de oro y plata (el mejor valor es de 27 g/t de Au) y 1 m de potencia promedio con rumbos preferentemente EW en el sector sur del proyecto (Frutos, 2008). Luego de esta primera campaña, se encargó un servicio de magnetometría terrestre para identificar la continuidad de las zonas de vetas descubiertas (Frutos, 2008). Además, se adquirió una imagen IKONOS del área del proyecto. El estudio presentado en este trabajo es la segunda campaña de exploración en el área de Chimberos Este.

2 Geología Regional

El siguiente es un extracto del trabajo de Cornejo et al. (1993) realizado para CODELCO en el que se describe la evolución geológica del dominio de la Precordillera de Copiapó, y que incluye la zona de estudio de este trabajo (Figura 2.1). El texto ha sido parcialmente modificado en base a Charrier et al. (2007).

Las rocas más antiguas que afloran corresponden a secuencias sedimentarias del Devónico-Carbonífero (Formación Chinchas) cubiertas por unidades volcánicas ácidas del Carbonífero-Pérmico e intrusivos asociados que representan los productos magmáticos de las etapas finales del Ciclo Orogénico Gondwánico (Mpodozis y Kay, 1992). Cuencas de rift Triásicas, desarrolladas con posterioridad dieron paso, durante el Jurásico y Cretácico, al establecerse la subducción andina, a un dominio de tras arco, en el cual se desarrolló una cuenca marina, heredada en parte de las cuencas Triásicas con sedimentación calcárea y terrígena (formaciones Montandón y Asientos) interrumpida en el Jurásico Superior por un evento volcánico relacionado, probablemente, con la expansión hacia el este del dominio volcánico de la Cordillera de la Costa. Condiciones marinas predominaron nuevamente a principios del Cretácico (Formación Pedernales) retirándose el mar definitivamente en el Cretácico Inferior (Fase Peruana, Charrier et al., 2007). La regresión quedó registrada por la acumulación de potentes secuencias de areniscas eólicas de ambiente árido continental (formaciones Quebrada Monardes y Agua Helada; García, 1967; Mercado, 1982; Muñoz, 1984; 1986). Un nuevo episodio volcánico ocurrió más tarde en la zona central de la región de Atacama en el Cretácico "medio" (formaciones Llanta, Cerrillos y equivalentes).

Rocas del Terciario cubren discordantemente a las secuencias Mesozoicas, evidenciando probablemente una fase de deformación compresiva ocurrida en el Cretácico Superior (Fase Incaica I, Charrier et al., 2007), durante la cual se produjo la inversión tectónica de la depresión volcano-tectónica Cretácica. Las unidades volcánicas del Cretácico Superior - Eoceno Inferior alcanzan gran desarrollo en la Precordillera de Copiapó, mostrando una cierta tendencia a la bimodalidad, compatible con un régimen tectónico extensional. Una reorganización mayor en la paleogeografía ocurrió en el Eoceno. Dicho episodio, que coincide con un período de inusualmente alta velocidad de convergencia entre las placas Farallón y

Sudamérica (Pardo-Casas y Molnar, 1987), se asocia a un evento de deformación transcurrente sinistral centrada principalmente en el sistema de fallas de Sierra El Castillo-La Ternera, (Tobar, 1977; Müller y Perelló, 1982; Mpodozis y Allmendinger, 1992; Fig. 2) asociado al cual se desarrolló la gran Faja de sobreescurrecimientos de Quebrada Asientos-Potrерillos, en ambiente tectónico transpresional. Este sistema parece representar el extremo meridional del sistema de fallas de Domeyko (Maksaev y Zentilli, 1988) que se extiende en forma ininterrumpida hasta la zona de Chuquicamata (Falla Oeste, Reutter et al., 1991). Durante este período se produjo, en la región de Atacama, el emplazamiento de pórfidos cupríferos (El Salvador, Potrerillos; Gustafson y Hunt; 1975; Olson, 1983). En la región de Antofagasta, los pórfidos de cobre, ocurren como aislados complejos intrusivos de pequeñas dimensiones alineados a lo largo del Sistema de Fallas de Domeyko. En la zona de El Salvador-La Coipa, en cambio los intrusivos del Eoceno son especialmente abundantes. En esta zona se encuentran expuestos en forma conjunta niveles de intrusivos hipabisales, el ambiente subvolcánico (domos) y las facies intrusivas que acompañaron el evento de deformación transcurrente eocena ocurrido en el Norte Grande de Chile.

Después de una nueva fase de relativa "calma magmática" en el Oligoceno (que coincide con un período de extremadamente baja velocidad de convergencia de placas (Pilger, 1984; Pardo Casas y Molnar, 1987) el frente volcánico andino se desplazó nuevamente hacia el este, tal como lo había hecho progresivamente desde su posición original en la Cordillera de la Costa en el Jurásico (Farrar et al., 1970; Zentilli, 1974). Desde el Oligoceno Superior al Mioceno Medio se edificó a lo largo de la actual divisoria de aguas entre las cuencas cerradas del Altiplano y la zona central de la región de Atacama, una línea norte sur de centros volcánicos, caracterizada por el emplazamiento de domos riolítico-dacíticos asociados a depósitos de ignimbritas, tobas de caída de cenizas, "aprons" volcanoclásticos, y estrato volcanes compuestos. Representados por los complejos volcánicos La Coipa, Cerros Bravos, Cerros de La Sal y Doña Inés Ojos de Maricunga, configuran el frente volcánico andino del Oligoceno-Mioceno Medio, que permaneció estacionario en esa posición entre los 26 y 13 Ma (Davidson y Mpodozis, 1991). La cadena volcánica Oligo-Miocena de la Precordillera de Copiapó está asociada con y es roca huésped de numerosos yacimientos epitermales de metales preciosos, que han sido incluidos dentro de la llamada Franja de Maricunga (Vila y Sillitoe, 1991). Dos grupos de depósitos caracterizan a la franja: uno antiguo, con edades de

alteración-mineralización en el límite Oligoceno-Mioceno Inferior (Esperanza y La Coipa) y uno más joven con edades cercanas al Mioceno Medio-Superior (Marte y Lobo, Davidson y Mpodozis, 1991). La totalidad de los yacimientos epitermales de la Faja de Maricunga están ligados a la actividad hidrotermal asociada al cinturón magmático Oligo-Mioceno.

La actividad volcánica en el arco volcánico del Oligoceno Superior Mioceno Medio de la Precordillera de Copiapó se extinguió en el Mioceno Superior después de la erupción del "escudo" de ignimbritas del volcán Copiapó y el colapso volcánico del macizo del Jotabeche (Mpodozis et al., 1991).

Actualmente en los Andes Centrales, la "Franja de Maricunga" se ubica, en la región de suave transición entre subducción subhorizontal (al sur de los 28° S) a inclinada 30° (al norte de los 26°S; Cahill, 1990). En esta área, si bien se produjo una disminución en el ángulo de subducción durante el Mioceno, el proceso no avanzó lo suficiente para extinguir el volcanismo. El aplanamiento del ángulo de subducción estuvo acompañado, en la zona de Copiapó, de un desplazamiento de los focos magmáticos hacia el este hasta alcanzar, aproximadamente a los 2 Ma, su posición actual, bajo la cadena volcánica Holocena a lo largo de la frontera con Argentina.

Los yacimientos y zonas de alteración hidrotermal de la Franja de Maricunga, entre los cuales se incluyen Esperanza, La Coipa, Marte se ubican en la faja volcánica Oligo-Miocena. Fueron exhumadas y expuestas por la erosión, debido al desplazamiento hacia el este del frente volcánico en el Mioceno Superior, cuando se completó el proceso de segmentación de los Andes chilenos, en zonas con subducción inclinada y subducción subhorizontal. Más al sur, en la Franja de El Indio (Davidson y Mpodozis, 1991), los yacimientos y zonas de alteración también se asocian al cinturón volcánico Oligo-Mioceno del Norte Chico (formaciones Doña Ana y Cerro de Las Tórtolas, Kay et al. 1987). Sin embargo, éstos fueron "destapados" y expuestos, no por un desplazamiento al este del frente volcánico, como ocurrió en la Franja de Maricunga, sino por la erosión subsecuente a la extinción del magmatismo al disminuir hasta 15° la inclinación de la zona de Benioff entre los 27° y 31°S (Kay et al., 1991).

El mapa de la Figura 2.1 corresponde a la geología regional del área de estudio según Cornejo et al. (1993).

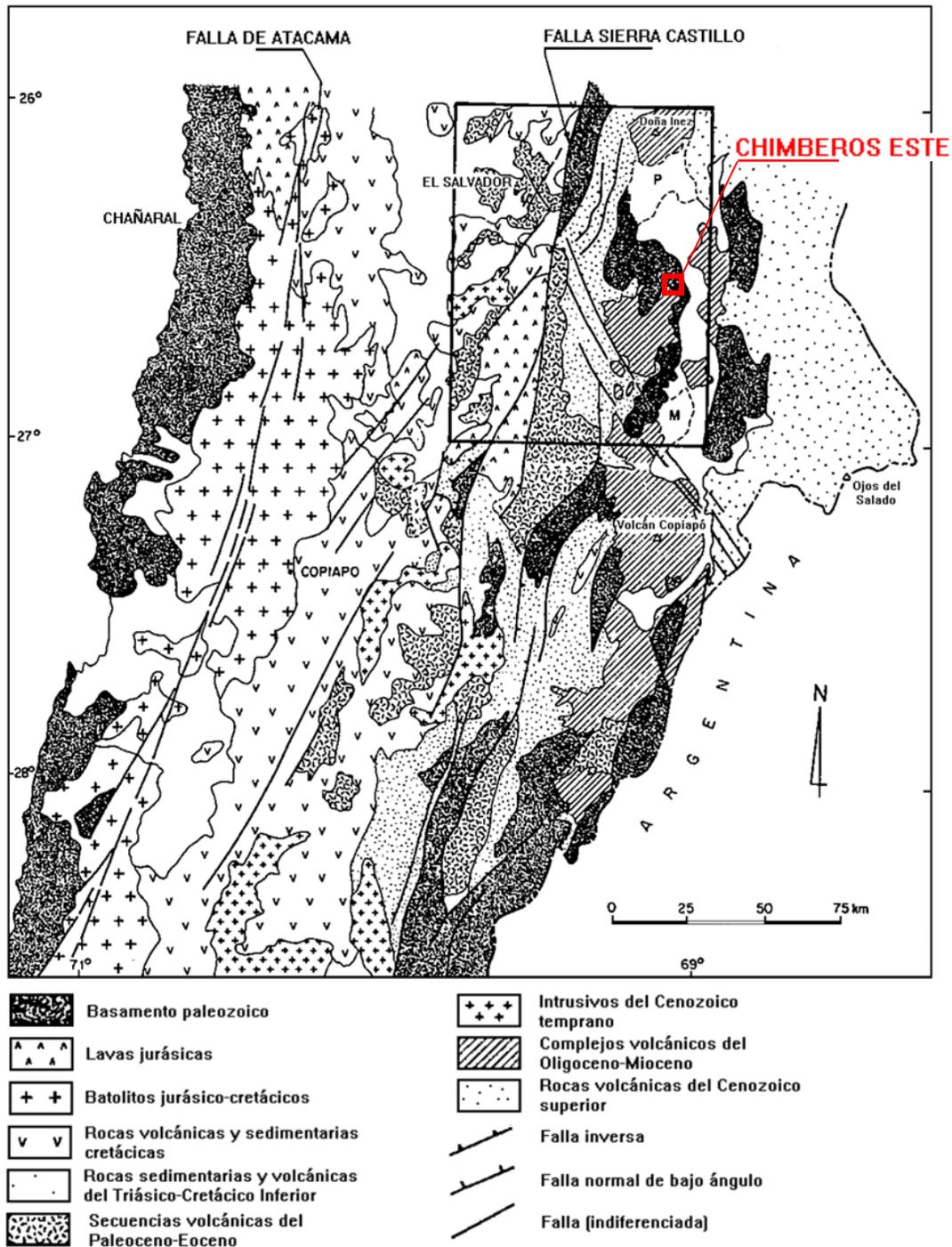


Figura 2.1 Mapa de la geología regional del área de Chimberos Este (modificado de Cornejo et al., 1993). La ubicación aproximada del proyecto está indicada por el cuadrángulo rojo.

3 Geología Local

El objetivo del mapeo geológico de superficie fue recolectar toda la información geológica que fuera útil para definir las zonas con mayor potencial de mineralización en profundidad para luego ser perforados mediante sondajes (Figura 3.1).

La identificación de las unidades descritas por el autor con las unidades geológicas formales fue hecha en base al trabajo de Cornejo et al. (1993). Las equivalencias de las edades absolutas citadas en este trabajo a subdivisiones del tiempo geológico se hicieron de acuerdo a la International Stratigraphic Chart (2010).

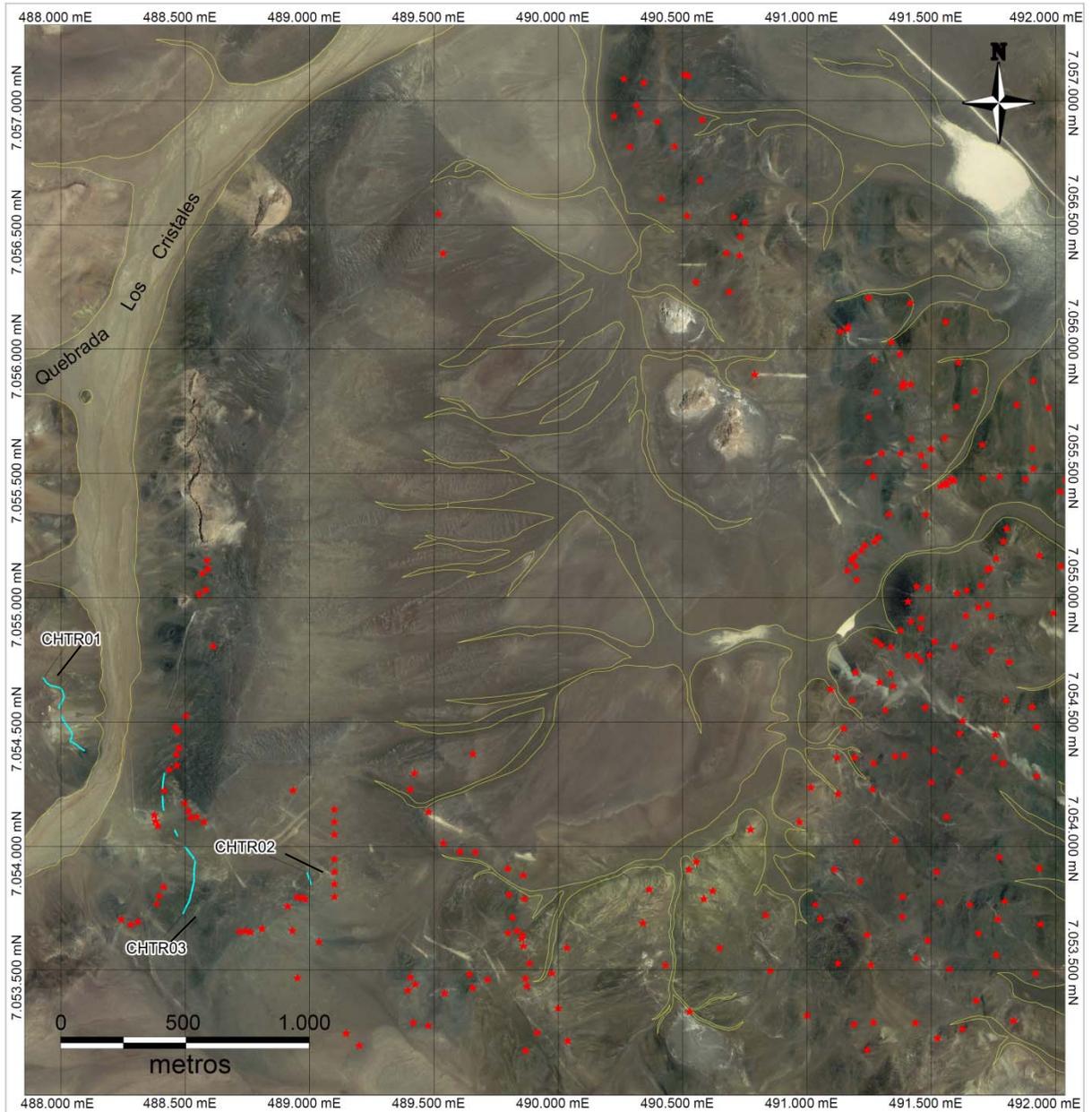
Se realizó un mapa a escala 1:5.000 y un perfil del mismo presentados fuera de texto.

3.1 Generación de la base de datos de observaciones geológicas

La información obtenida fue tabulada según se muestra a manera de ejemplo en la Tabla 1. De esta manera, las observaciones geológicas fueron estandarizadas, lo que permitió su cuantificación y las hizo comparables punto a punto. Se trabajó usando la proyección geográfica WGS84 y coordenadas UTM en la zona 19 sur.

Tabla 1 Estandarización de las observaciones geológicas y su equivalencia numérica. Esta última sirve para interpolar los valores y modelar la distribución espacial en Mapinfo de las distintas observaciones geológicas, o bien, facilitar las consultas que se hagan en las tablas digitales.

1. Tipo de punto de muestreo		2. Vetillas por metro lineal	
afloramiento	1	sin datos	0
subafloramiento	2	<1	1
regolito	3	1-5	2
coluvio	4	5-10	3
rodado	5	10-20	4
aluvio	6	20-50	5
		>50	6
3. Tipo de mineral de alteración		4. Intensidad de alteración	
marginal	1	sin datos	0
secundario	2	leve	1
principal	3	moderada	2
		fuerte	3
		intensa	4



Leyenda		KINROSS Kinross Minera Chile	
Puntos de mapeo de superficie	Depósitos no consolidados	Zona: Proyecto Chimberos Este	Mapa de distribución de los puntos de mapeo
★ Punto de control geológico	□ Depósitos fluvio-aluviales recientes	Fecha creación: 4/6/2010	
~ Trinchera		Autor: Rodolfo Lagos Durán	
		Área: Gerencia de Exploración Generativa	
		Proyección: UTM Zona 19S, WGS 84	

Figura 3.1 Mapa de distribución de los puntos de control del mapeo geológico. Se mapearon 286 puntos en superficie y 3 trincheras (CHTR1, CHTR2 y CHTR3, aproximadamente 1 km de trincheras). La zona central de Chimberos Este carece de puntos de control debido a que está cubierta por depósitos fluvio-aluviales, gravas e ignimbritas. La zona noroeste está mayormente cubierta por depósitos volcanoclásticos.

Los mapas de distribución de los rodados de vetillas, tipos de relleno de vetilla, estructuras y litología se obtuvieron incorporando en el mapa lo registrado en la tabla de mapeo.

3.2 Rocas sedimentarias

3.2.1 Formación Chinchas (*AQ*, *Lim* y *ACon*)¹

La Formación Chinchas (Mercado, 1982; Bell, 1985), fue definida como una secuencia sedimentaria, con predominio de areniscas y lutitas, cuya localidad tipo se ubica en Quebrada Chinchas, en la Hoja Laguna del Negro Francisco, inmediatamente al sur del área estudiada.

En Chimberos Este, la Formación Chinchas se distribuye abarcando prácticamente toda el área del proyecto (Figura 3.2). Presenta una disposición con rumbo N20°E y un manteo de 45°E (Figura 3.3). Al suroeste está en contacto por falla de rumbo NW con rocas sedimentarias triásicas y en diversos sectores del proyecto está cubierta por gravas y flujos ignimbríticos Miocenos y Pliocenos (Figura 3.2). Además, está intruida por todas las unidades de roca intrusiva descritas en este estudio. En este trabajo, La Formación Chinchas comprende tres unidades: unidad Limolita que comprende las limolitas en el sector sur (*Lim*); unidad Arenisca Conglomerádica que corresponde a la alternancia de arcosas y areniscas conglomerádicas ricas en volcanoclastos al oeste (*ACon*); y unidad Areniscas Cuarcíferas conformada por cuarcitas de grano fino (<3 mm), buena selección y matriz de micas detríticas al este (*AQ*; Figura 3.2).

La Formación Chinchas ha sido asignada tentativamente al Carbonífero inferior (Missisippiano) por Bell (1985), en base la ocurrencia de escamas de peces del género *Paleoniscoid* en su localidad tipo (Cornejo et al., 1993).

¹ Entre paréntesis y con letra cursiva los nombres de las tablas Mapinfo digitales. Disponibles en base de datos Kinross.

3.2.2 Los Estratos El Mono (*TrAr*)

En el sector suroeste de la zona de estudio (Figura 3.2), los afloramientos de rocas triásicas de los Estratos El Mono (Mercado, 1982) corresponden a conglomerados en contacto por falla con la Formación Chinchas. Definidos por Mercado (1982) en las nacientes de Quebrada Paipote donde se apoyan en discordancia sobre los niveles pelito-arenosos paleozoicos de la Formación Chinchas y están cubiertos en forma concordante por rocas de la Formación Lautaro (Mpodosis y Davidson, 1979; Mercado, 1982). La disposición estructural de esta unidad no fue determinada en el área de estudio.

3.3 Rocas volcánicas e intrusivas

3.3.1 Complejo de Domos de Esperanza (*PDac*)

En Chimberos Este se distinguen dos unidades de este complejo. La primera son rocas extrusivas observados en el suroeste del área de estudio (Figura 3.2) que corresponden a restos erodados de intrusivos y diques ubicados en la periferia del Complejo de Domos Esperanza (Cornejo et al., 1993). Los intrusivos muestran formas subcirculares y son de composición dacítica a riódacítica. Los diques tienen orientación preferente NNE (Figura 3.2). La segunda unidad corresponde a flujos piroclásticos de bloques y ceniza que se observan en el sector oeste de Chimberos Este probablemente asociados a domos. Los depósitos de este flujo no exceden 10 metros de espesor. Las rocas de ambas unidades son de composición dacítica, ricas en cristales, presentan textura porfídica con fenocristales de plagioclasa de grano grueso (>5 mm), ojos de cuarzo, abundante biotita y hornblenda de grano medio (1 a 5 mm). Los intrusivos presentan zonas de cizalle en las cuales se observa alteración a arcillas, jarosita, yeso y pátinas de limonita en fracturas.

El estudio de Cornejo et al. (1993) reportó una edad de $22,5 \pm 1,2$ (K-Ar en biotita) para los intrusivos ubicados en el suroeste del proyecto Chimberos Este, es decir, pertenecen al Mioceno temprano. El Complejo de Domos de Esperanza es clasificado como parte del complejo volcánico Cerros Bravos – Esperanza cuyo centro se encuentra en el cerro Cerros Bravos (Cornejo et al., 1993) a 16 Km al este de Chimberos Este.

3.3.2 Intrusivo Diorítico (*Dior*)

Esta unidad aflora en el sector este del área de estudio (Figura 3.2). Se caracteriza por presentar textura fanerítica con cristales de plagioclasa y piroxeno de grano medio a grueso (>1 mm). Además, se observan minerales de alteración hidrotermal como calcita, magnetita, y escapolita. Este intrusivo corta la Formación Chinchas, y a su vez es intruido por diques dacíticos del Complejo de Domos Esperanza (*PDac*).

3.3.3 Dique Riolítico (*DRiol*), Dique Riodacítico (*DFel*) y Dique Andesítico (*DAnd*)

Las rocas de la unidad Dique Riolítico (*DRiol*) se exponen en la zona este y noreste del proyecto (Figura 3.2). Son rocas de grano fino (<1 mm) compuesto por cristales de cuarzo y feldespato potásico. La potencia de estos diques es de 3 a 10 metros y su orientación es preferentemente NEE-SWW. Esta unidad corta a los diques del Complejo de Domos Esperanza.

Al suroeste del proyecto afloran las rocas de la unidad Dique Riodacítico (*DFel*) de textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa argilizada y ojos de cuarzo (Figura 3.2). La matriz es microcristalina de color gris verdoso. Además, presenta boxworks probablemente de plagioclasas. Estos diques tienen entre 3 y 5 metros de potencia y orientación similar a los diques riolíticos (*DRiol*).

Distribuidos de forma homogénea en el proyecto se presentan diques de composición andesítica de la unidad Dique Andesítico (*DAnd*). Su mineralogía está compuesta por plagioclasas y biotitas de tamaño de grano medio a fino (<3 mm). La potencia de estos cuerpos varía entre 1 y 3 metros y su orientación es de rumbo NE y NW y manteo subvertical (Figura 3.2).

3.4 Depósitos no consolidados

3.4.1 Gravas (*Gr*)

Las gravas presentes en la zona de estudio corresponden a las descritas por Cornejo et al. (1993) como “Gravas altas” y Gravas de Atacama. A estos depósitos no consolidados se le ha asignado una edad Miocena en base a intercalación de las gravas con ignimbritas de esa edad. En Chimberos Este se presentan cubriendo a todos los depósitos mapeados excepto a los fluvio-aluviales recientes y la unidad Ignimbritas (Figura 3.2).

3.4.2 Ignimbritas (*Ig*)

Corresponden a depósitos de flujos piroclásticos de tobas rosadas distribuidos en forma dispersa en el área del proyecto (Figura 3.2). Cubren la unidad de Gravas (*Gr*) y la Formación Chinchas (*ACon*, *AQ* y *Lim*). Representan los relictos de la actividad volcánica más reciente registrada en la zona de estudio. Los depósitos tienen potencias de más de 5 m y contienen fragmentos de cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita y, escasos fragmentos líticos. Una datación radiométrica K-Ar en biotita, realizada por Cornejo et al. (1993), indicó una edad de $3,6 \pm 0,8$ Ma correspondiente al Plioceno.

3.4.3 Depósitos fluvio-aluviales (*Qa*)

Corresponden a depósitos fluvio-aluviales recientes. Se ubican en el fondo de quebradas y cursos esporádicos de agua (Figura 3.2).

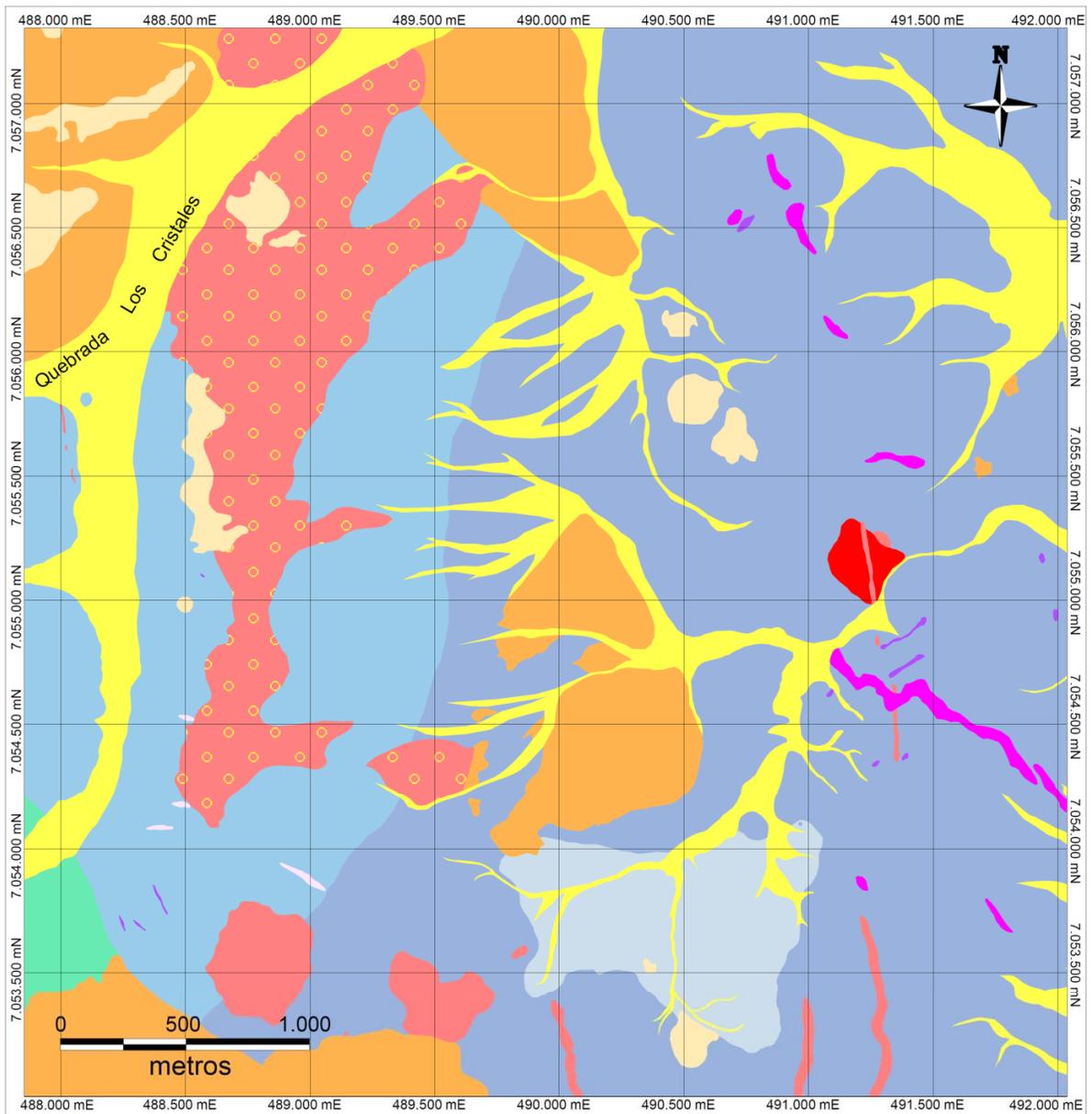


Figura 3.2 Mapa litológico del Proyecto Chimberos Este.

3.5 Estructuras y lineamientos magnéticos

En Chimberos Este se observaron 3 zonas de falla en superficie, una pequeña zona de falla en el sector centrosur, la falla Las Botellas al noreste y la falla La Tubería al suroeste (Figura 3.3). En ninguna de ellas se distinguió el sentido del movimiento relativo de los bloques.

3.5.1 Falla Las Botellas

Es la más nororiental, posee aproximadamente 5 metros de potencia en promedio y más de 1,5 Km de extensión en dirección NNW (Figura 3.3). Corresponde a una zona de falla en la que existen numerosas vetillas (>5 por metro) de cuarzo y óxidos de hierro (goetita y limonitas) y la roca fallada presenta alteración a goetita, limonitas, arcillas y menor jarosita. En superficie se observa que la falla Las Botellas solo corta a la unidad de Arenisca cuarcífera de la Formación Chinchés.

3.5.2 Falla Centrosur

Es una zona de falla de aproximadamente 350 m de longitud ubicada en la zona centrosur del proyecto, con una potencia variable en promedio de 3 metros y orientación NNW (Figura 3.3). En torno a esta falla existe una alta densidad de vetillas de cuarzo y clorita (>5 por metro). Corta a las unidades Arenisca Cuarcífera y Limolita de la Formación Chinchés.

3.5.3 Falla La Tubería

Llamada así en este trabajo, pone en contacto la Formación Chinchés (Carbonífero Superior) y los Estratos El Mono (Triásico) en la zona suroeste del área de estudio (Figura 3.3). En el trabajo de Cornejo et al. (1993) esta falla (sin nombre) tiene carácter regional. En el sector del proyecto Esperanza, las fallas tienen similar orientación para las cuales Moscoso et al. (1993) proponen un movimiento dextral.

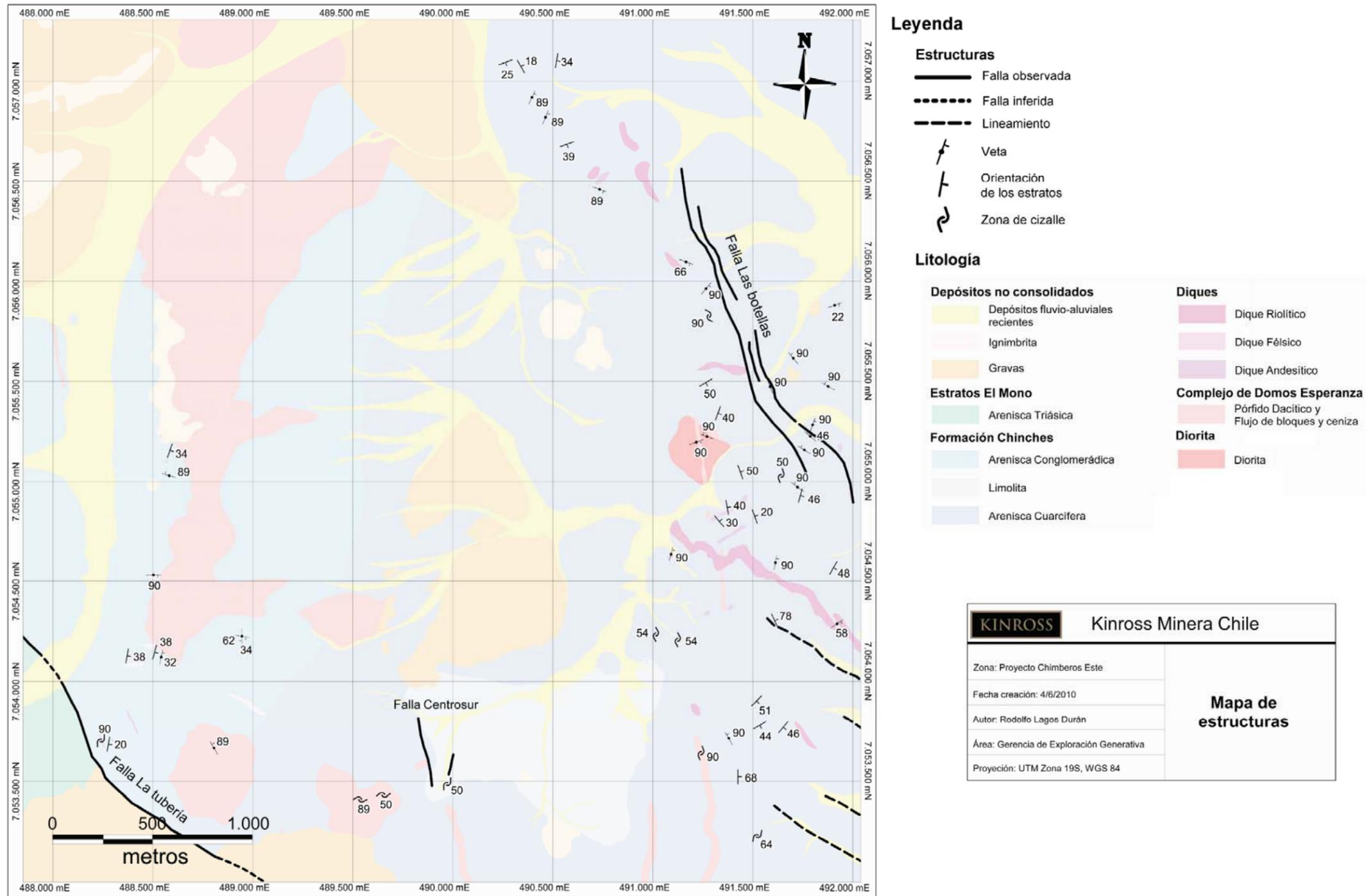


Figura 3.3 Mapa de estructuras observadas en superficie y lineamientos observados en la imagen satelital IKONOS. En superficie, las fallas (trazo grueso continuo o discontinuo) tienen orientación principal NW y NNW. Las zonas de cizalle tienen orientación preferente NS. La estratificación en general tiene rumbo NNE y miente al este con ángulos entre 20° y 60°.

3.5.4 Zonas de cizalle

Se observaron numerosas zonas de cizalle, entendidas como zonas de fracturamiento intenso de la roca sin desplazamiento aparente. En el área de estudio se distribuyen de forma heterogénea afectando a la Formación Chinchos y al Complejo de Domos Esperanza (Figura 3.3). No se observó evidencia del paso de fluidos por ellas.

3.5.5 Lineamientos magnéticos

Durante Enero de 2009 se realizó una campaña de magnetometría terrestre, la cual fue llevada a cabo por Argali Geofísica Chile E.I.R.L. a petición de Kinross Minera Chile Ltda. En ella se efectuaron mediciones, a una distancia de 0,5 a 1,5 m cada una, a lo largo de líneas NS separadas por 100 m aproximadamente. Estas mediciones se centraron en la zona de interés definida entonces, o sea, al suroeste del área de estudio del presente trabajo. Debido a esto, la imagen de magnetometría terrestre se extiende hacia el sur y al oeste de Chimberos Este. Las mediciones del magnetismo de las rocas, o campo total, fueron obtenidas usando el sistema de proyección geográfica PSAD 56 al igual que las imágenes generadas por Argali. En este trabajo, se han usado las imágenes reproyectadas al sistema WGS 84.

En la Figura 3.4 se muestra la imagen de magnetometría reducida al polo, esto significa que los valores de campo total han sido procesados para mostrar la respuesta magnética de las rocas como si el campo magnético inducido tuviese una inclinación de 90° , es decir, como si estuvieran sobre el polo magnético (Jordan, 2009).

En la Figura 3.5 se muestra la imagen de la derivada del campo total en el eje NS, o sea, la derivada parcial ∂y del campo total. Los puntos con valores altos no necesariamente corresponden a zonas magnéticas, sino a cambios en el gradiente del campo total (Jordan, 2009).

En ambas figuras, los lineamientos magnéticos presentan 3 orientaciones preferenciales: EW, NE y NW (Figura 3.4), de las cuales, solo la NW tiene expresión superficial en las fallas Las Botellas y La Tubería.

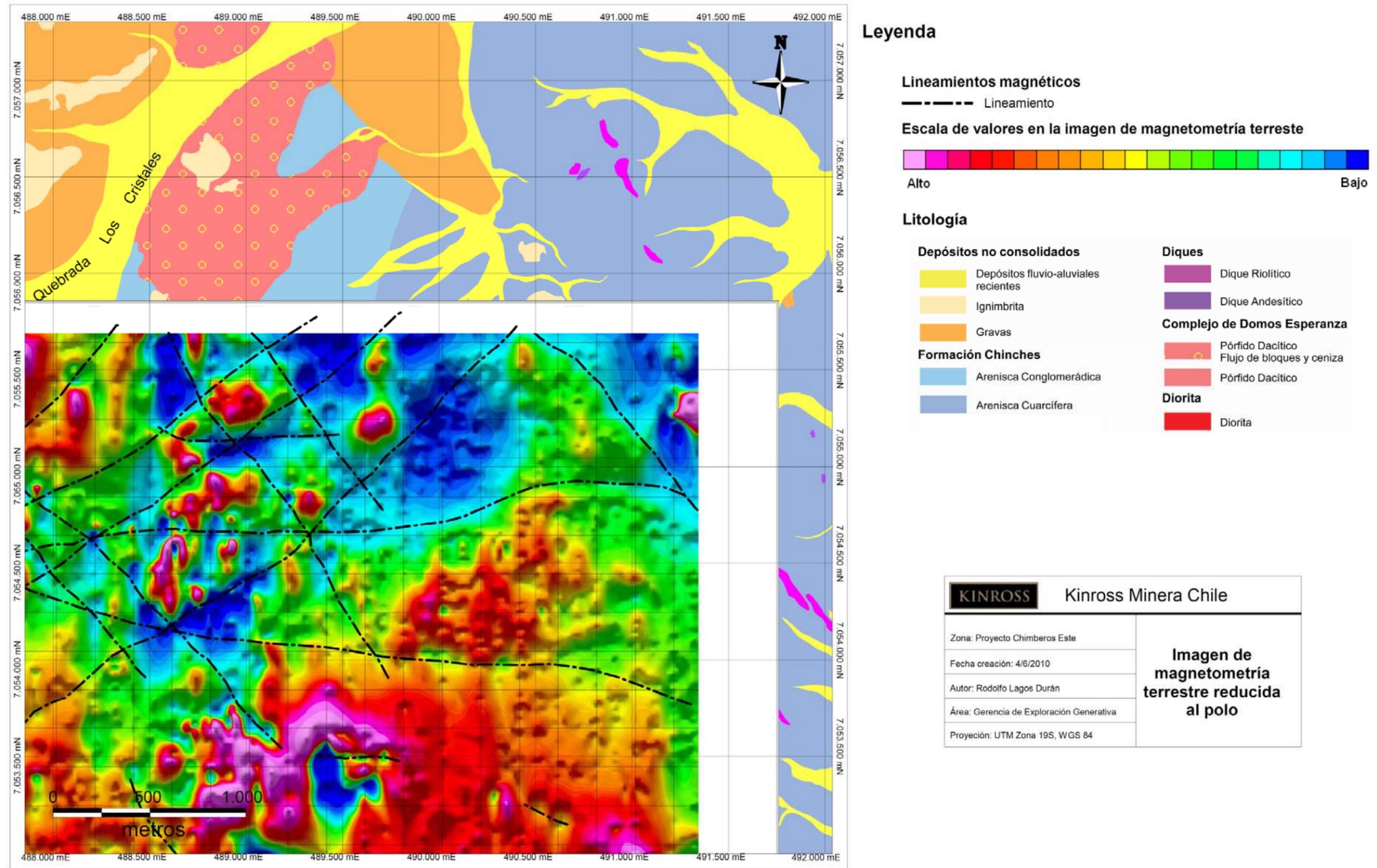


Figura 3.4 Lineamientos magnéticos sobre imagen de magnetometría terrestre reducida al polo. Existen tres orientaciones observadas en los lineamientos magnéticos: EW, NE y NW. Solo la de orientación NW tiene expresión observable en superficie en las fallas Las Botellas y La Tubería.

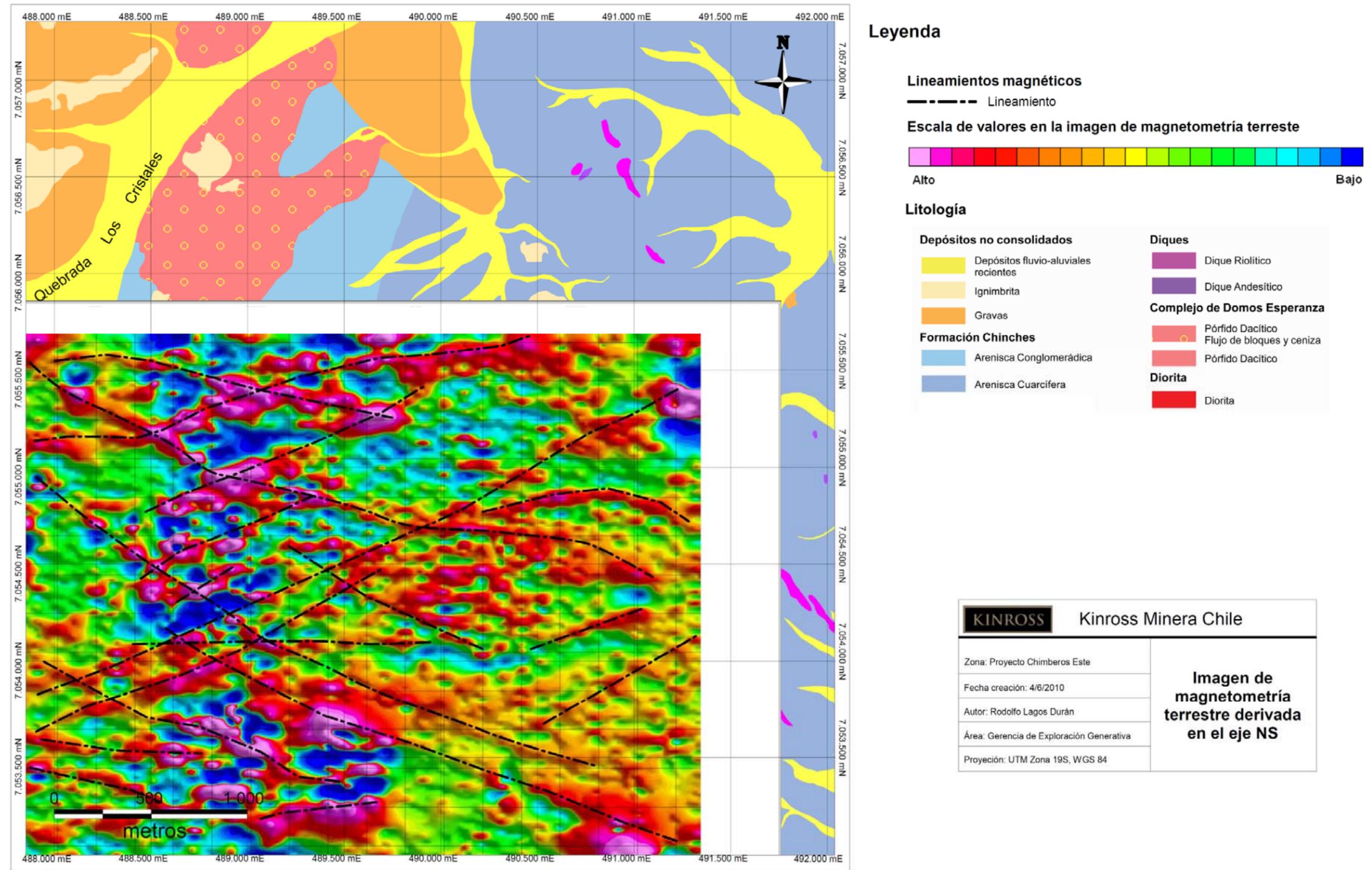


Figura 3.5 Lineamientos magnéticos sobre imagen de la derivada del campo total en el eje NS en Chimberos Este.

Existen tres orientaciones observadas en los lineamientos magnéticos: EW, NE y NW. Los valores altos representan una alta tasa de cambio en el gradiente del campo total en la componente NS. Zonas con valores altos pueden representar estructuras como vetas, fallas, diques, etc.

3.6 Minerales de alteración, vetillas y mineralización

La alteración hidrotermal en Chimberos Este, en general, está acotada a las proximidades de las paredes de estructuras, sean estas fallas o bien vetas y vetillas, o al entorno de cuerpos intrusivos (Pórfido dacítico y Diorita). Por otra parte, no ocurre mineralización de Au o Ag observable macroscópicamente en superficie.

Los datos de minerales de alteración mapeados fueron interpolados usando Mapinfo. Se interpoló lo que en este trabajo se denomina índice de alteración, que corresponde a la multiplicación del tipo de mineral de alteración y la intensidad de la misma (Tabla 1, puntos 3 y 4). Sobre las superficies generadas se contornearon polígonos para delimitar las zonas donde el valor del índice es mayor a 2 y 8. La distribución del índice de alteración mayor a 2 para cada mineral de alteración se muestra en la Figura 3.6. En la Figura 3.7 se muestran las zonas donde el índice de alteración es mayor a 8, donde la densidad por metro lineal de vetillas es mayor a 10 y las áreas con rodados de vetas.

Método de interpolación

El método de interpolación usado fue el de pesaje según el inverso de la distancia, con un radio de búsqueda de 550 m, con al menos un punto por cuadrante y un máximo de 10, y un factor de proporción según distancia (*power*) igual a 4. Esto quiere decir que el valor de un punto interpolado cualquiera es la sumatoria de la ponderación, para cada punto dentro del radio de búsqueda, del inverso multiplicativo de la distancia elevados a la 4^{ta} potencia y el valor en dicho punto. Esta configuración genera superficies que abarcan todos los puntos mapeados.

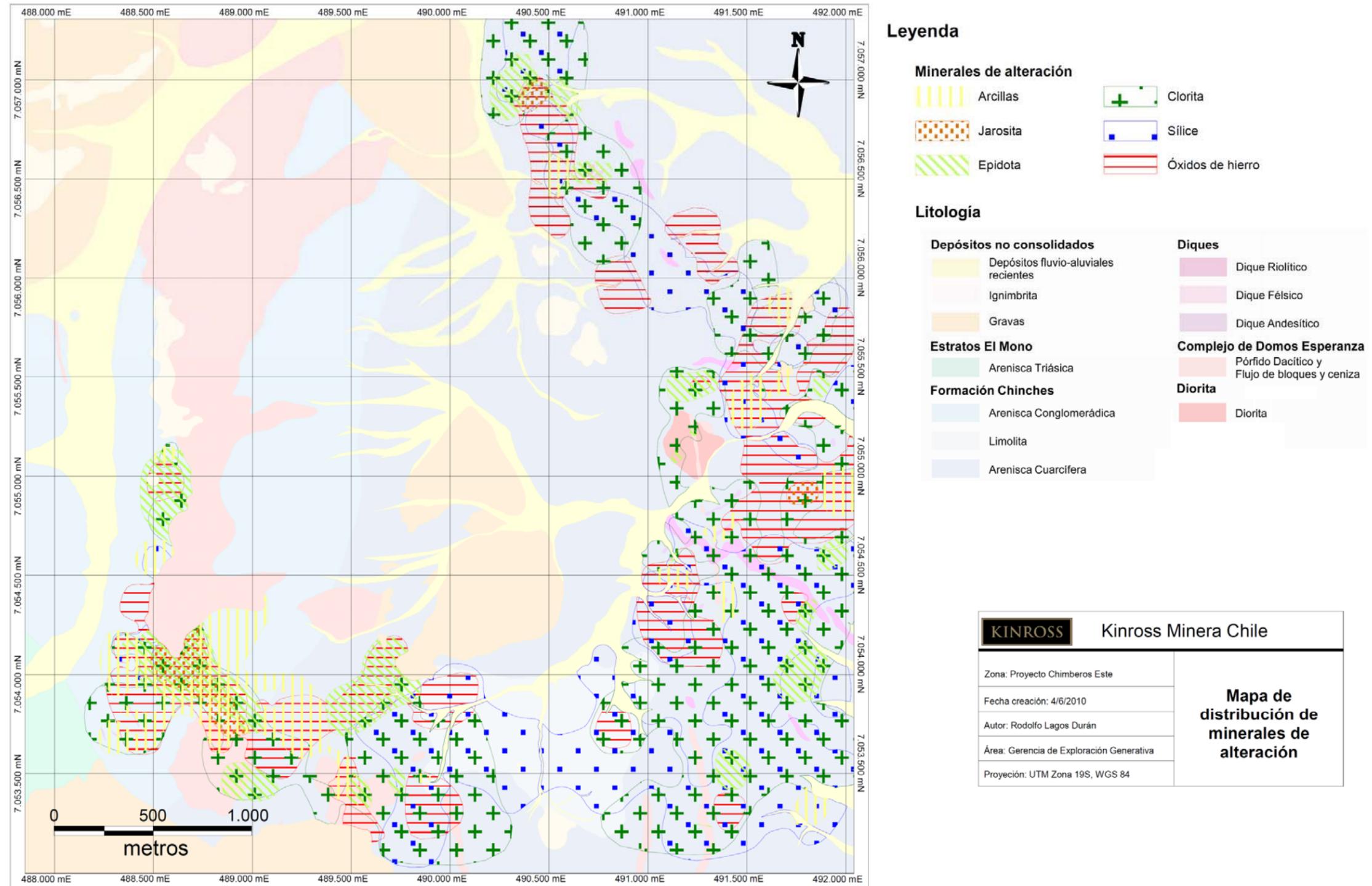
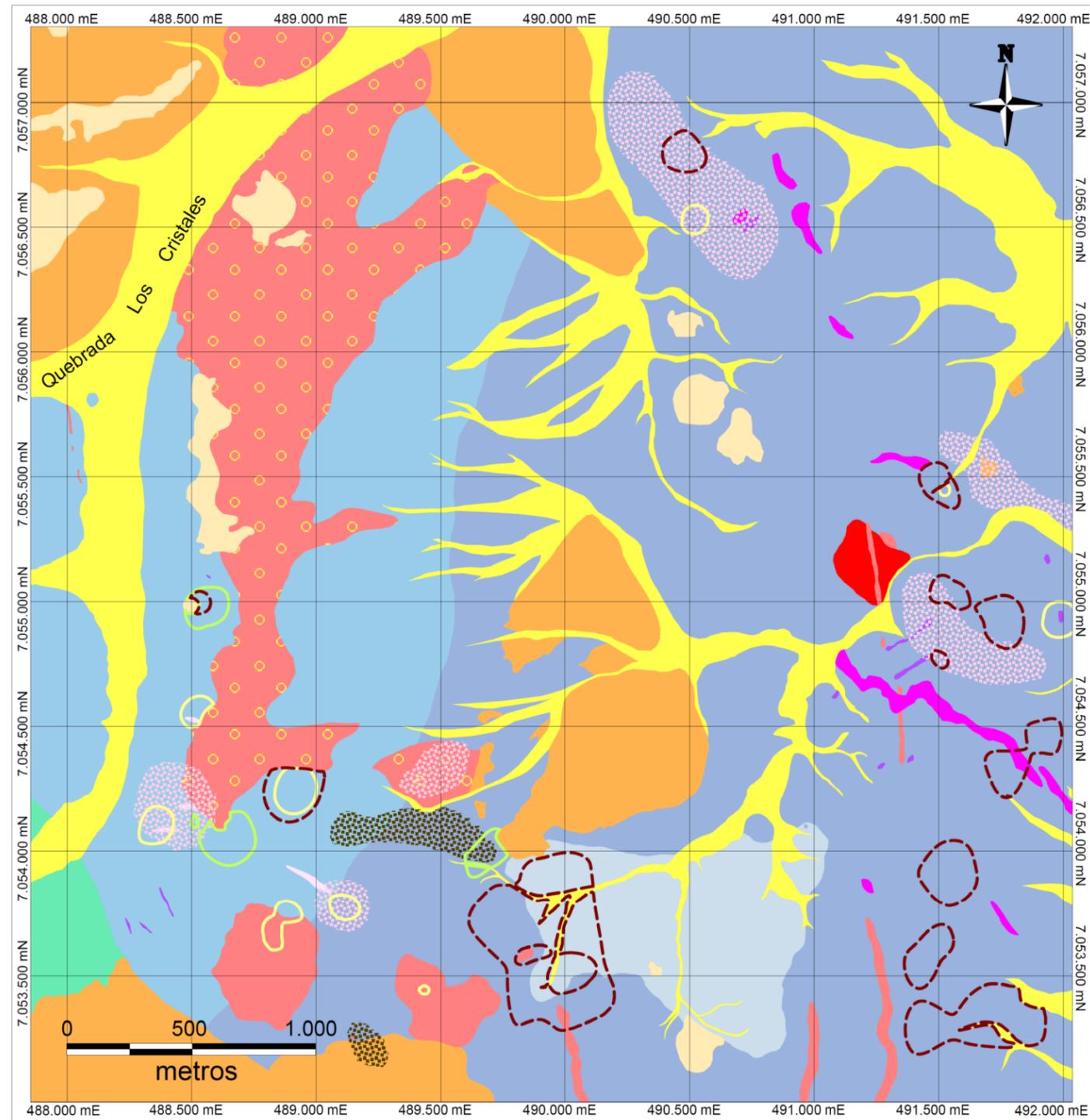


Figura 3.6 Mapa de distribución de minerales de alteración. Se muestran las zonas con índice de alteración >2 (multiplicación de intensidad de alteración por tipo de mineral de alteración: datos en Tabla 1, puntos 3 y 4).



Leyenda

Minerales de alteración

- Arcillas
- Epidota

Densidad de vetilleo

- Zonas con >10 vetillas por metro lineal

Rodados de vetas/vetillas

- Vetas/vetillas de cuarzo con óxidos de hierro rellenando oquedades o en suturas
- Vetas/vetillas con bandeamiento de cuarzo lechoso (no coloidal) y óxidos de hierro

Litología

Depósitos no consolidados

- Depósitos fluvio-aluviales recientes
- Ignimbrita
- Gravas

Estratos El Mono

- Arenisca Triásica

Formación Chinchés

- Arenisca Conglomerádica
- Limolita
- Arenisca Cuarcifera

Diques

- Dique Riolítico
- Dique Félsico
- Dique Andesítico

Complejo de Domos Esperanza

- Pórfido Dacítico
- Flujo de bloques y ceniza
- Pórfido Dacítico

Diorita

- Diorita

KINROSS Kinross Minera Chile	
Zona: Proyecto Chimberos Este	Mapa de distribución de minerales de alteración, densidad de vetilleo y rodados de vetas
Fecha creación: 4/6/2010	
Autor: Rodolfo Lagos Durán	
Área: Gerencia de Exploración Generativa	
Proyección: UTM Zona 19S, WGS 84	

Figura 3.7 Mapa de distribución de minerales de alteración, rodados de vetas/vetillas y zonas de alta densidad de vetilleo.

Para los minerales de alteración, se muestran las zonas con índice de alteración >8 (producto entre intensidad de alteración y tipo de mineral de alteración: datos en Tabla 1, puntos 3 y 4). Las áreas de alta densidad de vetilleo son aquellas con >10 vetas/vetillas por metro lineal. Los rodados con vetillas bandeadas se concentran al suroeste del proyecto.

A continuación se describen las asociaciones de minerales de alteración mapeados en superficie y las vetillas asociadas a las mismas.

3.6.1 Alteración silícea y vetillas asociadas

Esta alteración es de tipo penetrativa asociada a vetillas y afecta a rocas de la Formación Chinchos. En terreno, la presencia de esta alteración puede ser sutil, sobre todo cuando se trata de areniscas cuarcíferas. Sin embargo, las rocas que son afectadas por ella presentan cristales o pátinas de cuarzo con brillo nacarado y vetillas de cuarzo lechoso ó semitransparente. Las vetillas asociadas son de cuarzo, y son sinuosas o discontinuas (Figura 3.8).

3.6.2 Alteración a clorita + sílice ± epidota ± hematita y vetillas asociadas

Esta alteración se observa en diversos afloramientos de la Formación Chinchos. Es de tipo penetrativa con sílice y clorita y, al igual que la alteración silícea, también está asociada a vetas y vetillas que en este caso son rellenas con cuarzo lechoso y clorita en el centro, en algunos casos también epidota o hematita (especular y polvorienta; Figura 3.8). La zona con mayor intensidad de esta alteración se encuentra al sur de la Diorita al centro este de Chimberos Este donde existe un stockwork de las vetillas recién descritas.

3.6.3 Alteración a clorita + magnetita + epidota + calcita ± escapolita ± albita

Esta alteración, de carácter penetrativa, únicamente afecta al intrusivo diorítico (Diorita) que aflora en el centro este de Chimberos Este. La magnetita es cristalina de grano fino (<1 mm), la calcita se observa en cristales pequeños de alrededor de 1 mm, mientras que la escapolita se observa como cristales de >5 mm, en pátinas, con hábito tabular, translúcidos y de brillo vítreo. Finalmente también se observa una albitización de las plagioclasas.

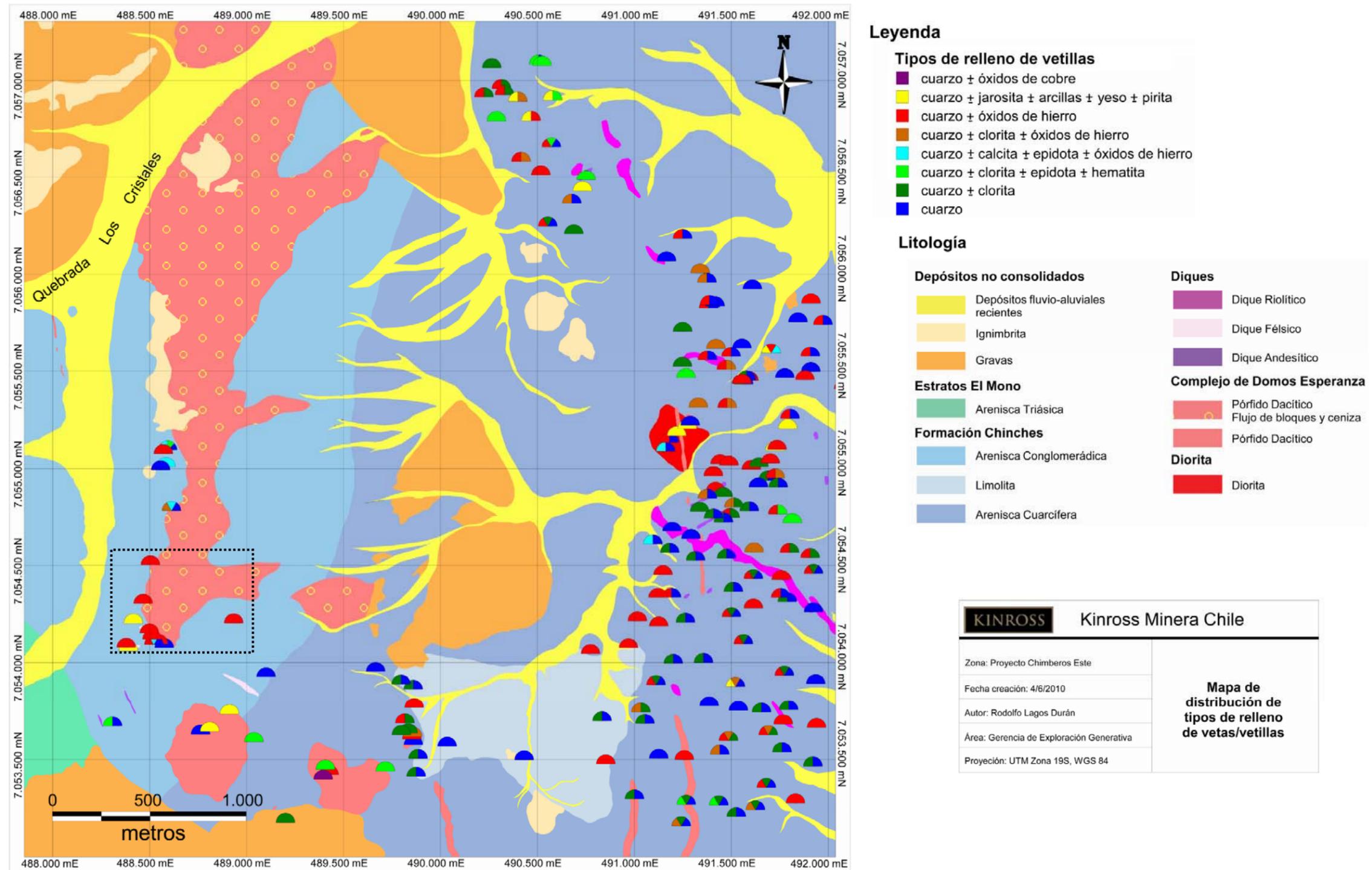


Figura 3.8 Mapa de distribución de los tipos de relleno de vetas y vetillas.

En el sector suroeste, delimitados por el cuadrángulo de línea punteada, se encuentran los afloramientos con vetillas de cuarzo y óxidos de hierro bandeado. Cuando existe más de un tipo de vetilla, los semicírculos se dividen entre los tipos de relleno existentes.

3.6.4 Alteración a arcillas y óxidos de hierro y vetillas asociadas

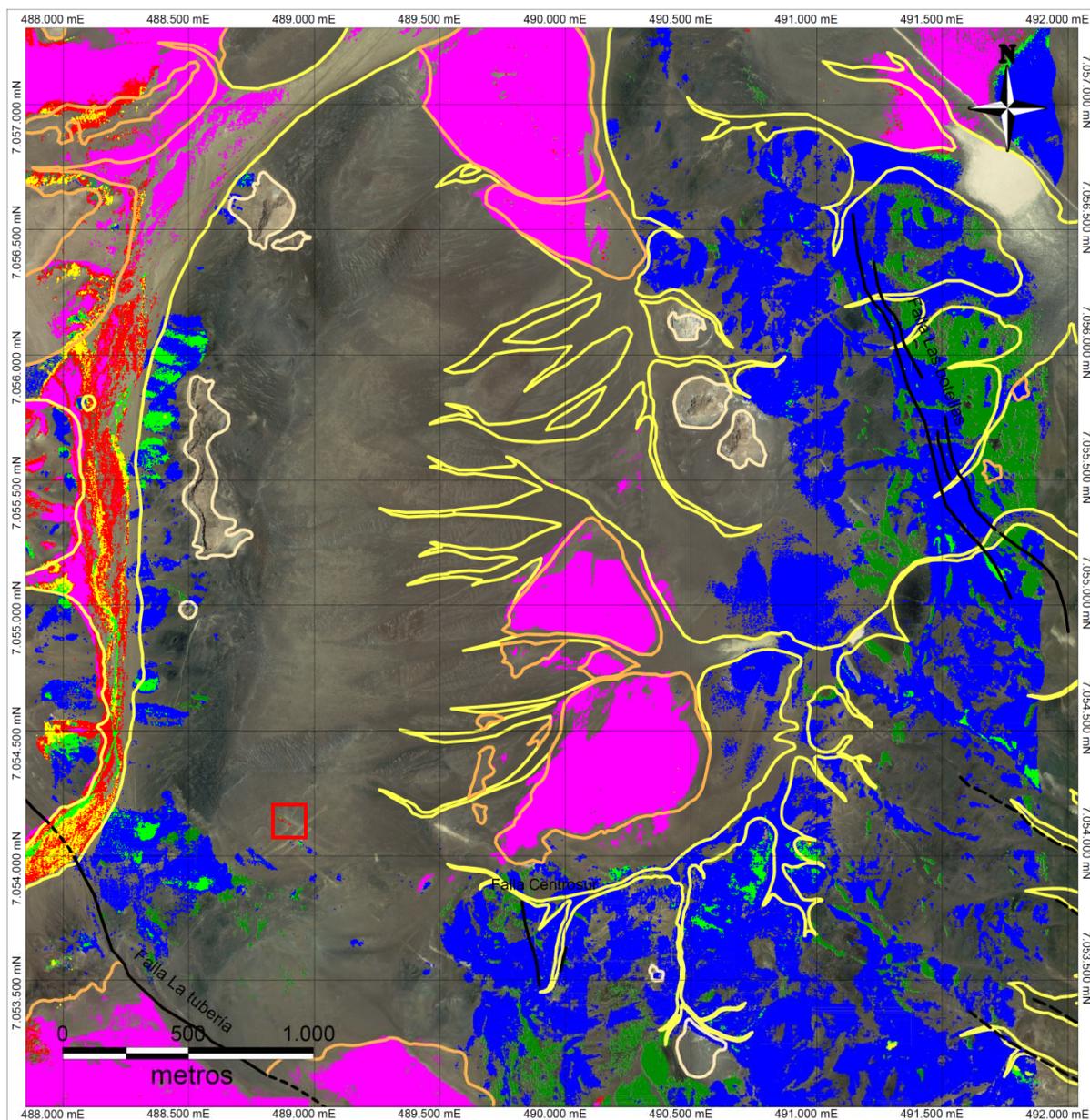
Esta alteración es penetrativa y se observa en las rocas afectadas por las falla Las Botellas y Centrosur (Figura 3.3) y en los afloramientos de vetillas bandeadas al suroeste del proyecto (Figura 3.8). Junto con ella se observan vetillas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro (goetita y jarosita), las que en algunos casos presentan bandeamiento (Figura 3.8). Este último consiste en alternancia entre cuarzo lechoso cristalino (no coloidal) y cuarzo de tono oscuro debido a la presencia de sulfuros microcristalinos? más goetita o hematita u óxidos de manganeso. La zona con vetillas bandeadas en el sector suroeste del proyecto tiene entre 2 y 3 metros de potencia, una alta densidad de vetilleo (>10 vetas/vetillas por metro lineal) y las vetillas son paralelas con orientaciones 110/34 y 180/62. Por otro lado, las vetillas no bandeadas se caracterizan por un bajo contenido de óxidos de hierro.

3.6.5 Alteración a epidota + clorita + óxidos de hierro y vetillas asociadas

Consiste en la presencia de epidota, clorita y óxidos de hierro de forma penetrativa. Se observa en las Areniscas conglomerádicas al suroeste y oeste del proyecto en la ladera este de la quebrada Los cristales. En la misma zona se pueden encontrar vetillas con calcita ± cuarzo (Figura 3.8).

3.6.6 Imagen hiperespectral

En 2008, y en el marco del programa de exploraciones de Kinross en el distrito La Coipa, se encargó un servicio de imagen hiperespectral de esa región a la empresa SpecTIR. La imagen obtenida, también cubre Chimberos Este, y muestra abundante alunita en superficie en él. Esta observación sirvió para definir el área de Chimberos Este como blanco de exploración. En la Figura 3.9 se aprecia que tanto la anomalía de alunita como de otros minerales de arcilla corresponden en general a depósitos de gravas, material de grava retransportado y fluvio-aluviales. Sin embargo, una zona en afloramiento de Arenisca Conglomerádica presenta anomalía de illita con alto contenido de aluminio. Esta zona es destacada por un cuadrángulo rojo en la Figura 3.9.



Leyenda	
Interpretación señal hiperespectral	
■	Illita con bajo contenido de Al
■	Illita con contenido intermedio de Al
■	Illita con alto contenido de Al
■	Kaolinita
■	Alunita
■	Alteración Propilitica
Depósitos no consolidados	
	Depósitos fluvio-aluviales recientes
	Ignimbritas
	Gravas
Estructuras	
	Falla inferida
	Falla observada
	Lineamiento

KINROSS Kinross Minera Chile	
Zona: Proyecto Chimberos Este	Imagen hiperespectral
Fecha creación: 4/6/2010	
Autor: Rodolfo Lagos Durán	
Área: Gerencia de Exploración Generativa	
Proyección: UTM Zona 19S, WGS 84	

Figura 3.9 Interpretación de la imagen hiperespectral de Chimberos Este. Se aprecia que las anomalías de alunite (en magenta) coinciden o están asociadas con los depósitos de gravas. Todas las anomalías de illita rica en aluminio de arcillas están asociadas a depósitos fluvio-aluviales recientes en quebradas o a ignimbritas, excepto en la zona encerrada en cuadrángulos rojo al suroeste del proyecto.

4 Geoquímica

Durante la segunda campaña de exploración de Chimberos Este se realizaron 3 campañas de muestreo para geoquímica: muestreo de reconocimiento en afloramientos (40 muestras), muestreo de trincheras (225 muestras) y muestreo de taludes (480 muestras). Todas se llevaron a cabo de manera simultánea entre Agosto de 2009 y Enero de 2010. El objetivo del muestreo de reconocimiento fue analizar muestras de los afloramientos que pudiesen dar indicios de mineralización de Au en el área este del proyecto, que no había sido explorada en detalle previamente. El muestreo de taludes tuvo como fin cubrir el sector suroeste para identificar blancos de perforación en el área de interés definida en la campaña de exploración de 2008. El objetivo del muestreo de trincheras fue estudiar la geoquímica de los afloramientos de esa misma área. El método de interpolación de valores geoquímicos usado en las figuras de esta sección es el descrito en la sección 3.6.

4.1 Procedimiento de terreno

Las muestras de reconocimiento fueron tomadas en roca, zonas de stockwork y vetas singulares. En los dos primeros casos, el muestreo fue en canaleta con el fin de tomar una muestra representativa del contenido de Au y Ag del afloramiento. En el caso de las muestras de vetas singulares solo se tuvo cuidado de tomar aproximadamente 2 Kg de ellas para enviar a laboratorio. El material obtenido fue guardado en bolsas plásticas de polietileno con su respectiva etiqueta de identificación en el sitio de muestreo. Tanto las muestras de canaletas como las muestras de afloramientos fueron tomadas con martillo geológico y cincel cuando fue necesario.

Las muestras de trinchera fueron tomadas de canaletas en tramos de 3 metros o 5 metros cubriendo todo el perfil de la misma. El material se guardó en bolsas de polietileno y etiquetado *in situ*. Las canaletas fueron hechas con martillo geológico y cincel.

Las muestras de talud fueron tomadas a más de 30 cm de profundidad siempre que fue posible. Entorno a cada punto de la malla, a aproximadamente 1 m, el material muestreado fue recolectado de 3 sitios espaciados de manera equidistante entre sí. El material extraído fue

tamizado en el mismo sitio obteniendo la fracción menor a 8 mm y guardado en bolsas de polietileno con sus etiquetas de identificación. El tamizado fue hecho con baldes de plástico especialmente adaptados para este propósito. Se usaron palas de acero para las excavaciones y martillo geológico cuando fue necesario.

4.2 Ubicación de las muestras

La ubicación de todas las muestras consideradas en la geoquímica se muestran en la Figura 4.1. Tanto el trazo de las trincheras como la malla de muestreo de talud fueron diseñados para identificar posibles indicios de vetas cuya orientación principal, en base a las conclusiones de la primera campaña de exploración, fue asumida EW. De este modo las trincheras se hicieron con orientación NS preferentemente y la malla de muestras de talud con espaciamientos de 50×100 , 50×200 o 100×200 metros, siendo la distancia más corta también en sentido NS. La malla más densa se hizo en el sector suroeste del proyecto y las menos densas en su entorno y en el sector noreste. Las muestras de reconocimiento se tomaron preferentemente en el sector este del proyecto.

4.3 Procedimiento de laboratorio

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de ALS Chemex para su análisis químico ubicado en La Serena, IV Región, Chile.

4.3.1 Protocolo de preparación de las muestras

Las muestras de reconocimiento y trinchera fueron molidas hasta que un 70% de los granos sea menor a 2 mm (malla 10). Luego, el material es pulverizado hasta que un 85% de los granos no exceda los 75 micrones en tamaño (malla 200). En este punto la muestra se divide usando un cuarteador obteniendo una muestra de 1 kg que es enviada a análisis químico. En cambio, las muestras de talud son tamizadas bajo la malla 80 (180μ), cuarteadas y 1 kg de ellas es enviado a análisis.

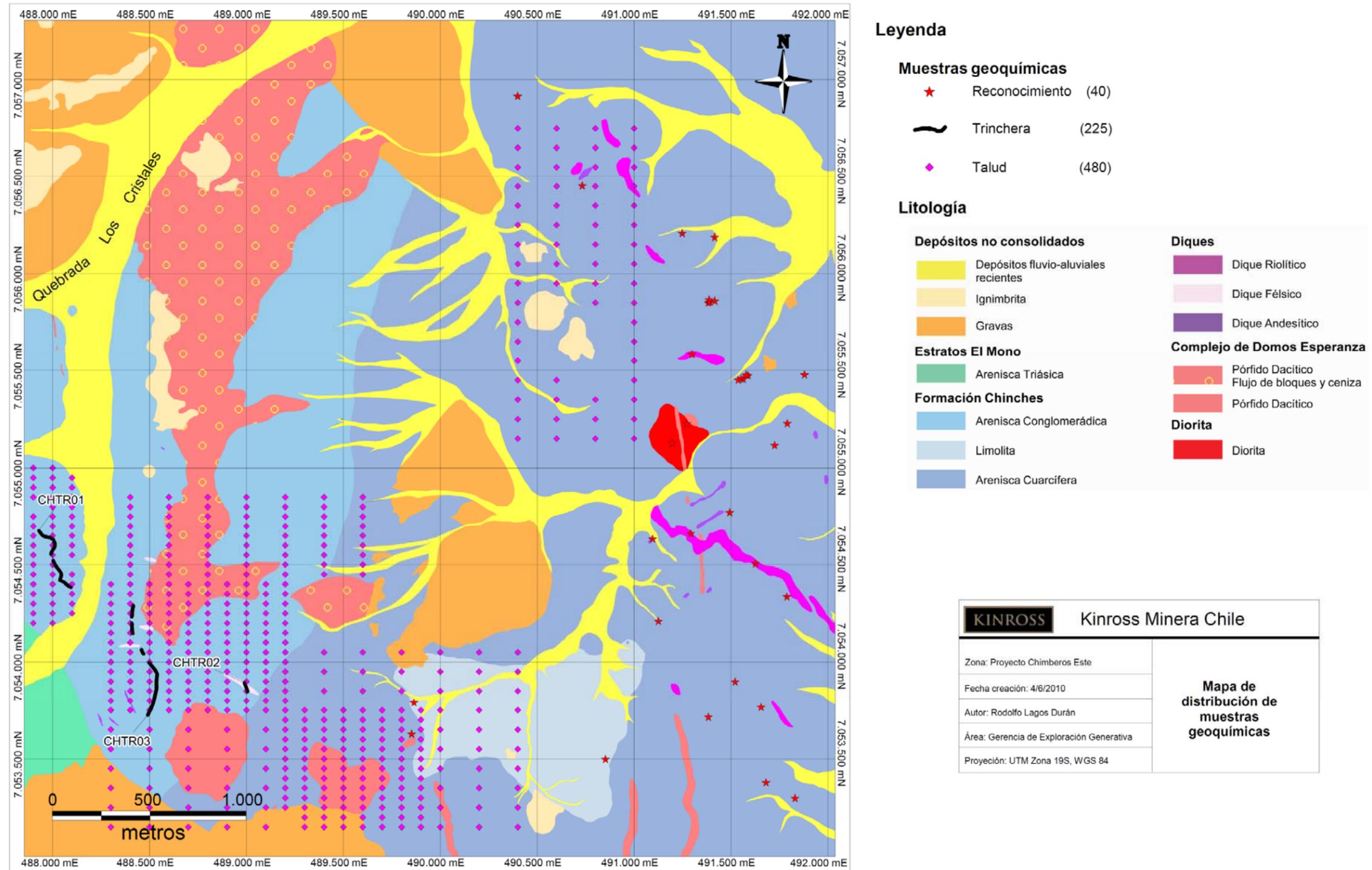


Figura 4.1 Mapa de distribución de las muestras geoquímicas.

Las muestras de reconocimiento (40) cubren el área este del proyecto, las muestras de trincheras (225) y la mayor parte de las de talud (420) cubren el sector de suroeste, el resto de muestras de talud (60) cubren el sector noreste.

4.3.2 Procedimiento analítico

El oro es cuantificado a partir de una muestra de 50 g sometida a un ensaye de fuego (FA) y analizado mediante espectrometría de absorción atómica (AA). Si la concentración de Au excede los 10 ppm se analiza su concentración con gravimetría. Las concentraciones de 51 elementos, entre ellos Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn, son cuantificadas mediante el uso de digestión en agua regia e ICPMS. Si la concentración de Ag excede los 100 ppm o si las concentraciones de Cu, Pb o Zn exceden los 10000 ppm sus concentraciones son analizadas mediante espectrometría de absorción atómica. Los límites de detección de los análisis efectuados están resumidos en la Tabla 2. Cabe decir que los procedimientos de análisis realizados estuvieron orientados a cuantificar los elementos de mineralización de mena en particular asociados con Au y secundariamente Ag. Por este motivo se empleó digestión parcial con agua regia.

Tabla 2 Límites de detección mínimos de las concentraciones obtenidas en análisis de laboratorio. La concentración de oro fue determinada mediante ensaye de fuego (FA) y espectrometría de absorción atómica (AA). El resto con digestión en agua regia e ICP MS.

Elemento	Límite de detección [ppm]						
Au (FA)	0,005	Cs	0,05	Mo	0,05	Sn	0,2
Ag	0,01	Cu	0,2	Na	100	Sr	0,2
Al	100	Fe	100	Nb	0,05	Ta	0,01
As	0,1	Ga	0,05	Ni	0,2	Te	0,01
B	10	Ge	0,05	P	10	Th	0,2
Ba	10	Hf	0,02	Pb	0,2	Ti	50
Be	0,05	Hg	0,01	Rb	0,1	Tl	0,02
Bi	0,01	In	0,005	Re	0,001	U	0,05
Ca	100	K	100	S	100	V	1
Cd	0,01	La	0,2	Sb	0,05	W	0,05
Ce	0,02	Li	0,1	Sc	0,1	Y	0,05
Co	0,1	Mg	100	Se	0,2	Zn	2
Cr	1	Mn	5				

4.4 Control de calidad

En primer lugar se excluyeron de todos los análisis los elementos con más de un 50% de concentraciones bajo su límite de detección (Tabla 3).

Tabla 3 Elementos con más de un 50% de concentraciones bajo su límite de detección

Tipo de muestreo	Elementos no válidos
Reconocimiento	Au (ICP), B, Na, Nb, Re, Ta y Ti
Trincheras	Au (ICP), Nb y Re
Talud	Au (ICP), Re y Ta

Luego, para controlar la precisión de los resultados del muestreo y de los análisis químicos se realizaron duplicados de terreno y duplicados analíticos. Se tomó un duplicado de terreno aproximadamente cada 20 muestras solo en el muestreo de taludes. Estas muestras de duplicado se obtuvieron en los mismos sitios en los cuales se obtuvo la muestra original. En el muestreo de reconocimiento y de trincheras no se tomaron duplicados de terreno. Los duplicados analíticos son parte del procedimiento estándar de análisis del laboratorio y se hicieron para los análisis de muestras de reconocimiento, trincheras y talud. El control de calidad se centró en los elementos significativos en la exploración de yacimientos de oro de la Franja de Maricunga: Au, Ag, As, Cu, Pb, Mo, Sb y Zn (Camprubí et al., 2003) además de Cd, In y Mn. Todos estos elementos resultarán estar asociados a la mineralización en los análisis estadísticos posteriores.

4.4.1 Duplicados de terreno y laboratorio

El porcentaje de duplicados con menos de un 20% de error de precisión para el conjunto de elementos estudiado está resumido en la Tabla 4 y el detalle en las Figura 4.3 y Figura 4.2.

Tabla 4 Porcentaje de duplicados con error de precisión menor al 20%.

Elemento	Duplicado Analítico	Duplicado Terreno
Au	65 %	42%
Ag	81 %	68%
Cu	97 %	68%
In	94 %	89%
Mn	97 %	100%
Mo	94 %	95%
As	100 %	89%
Cd	97 %	95%
Pb	100 %	100%
Sb	91 %	89%
Zn	89 %	89%

Control de precisión del análisis químico de talud

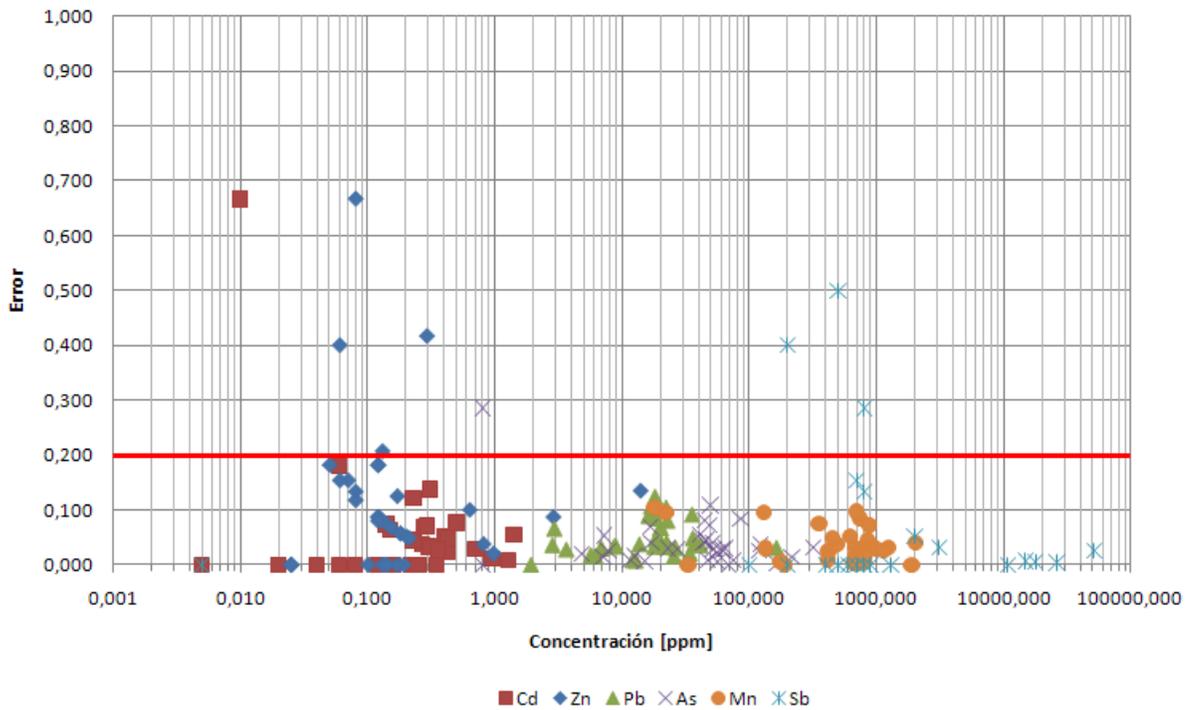
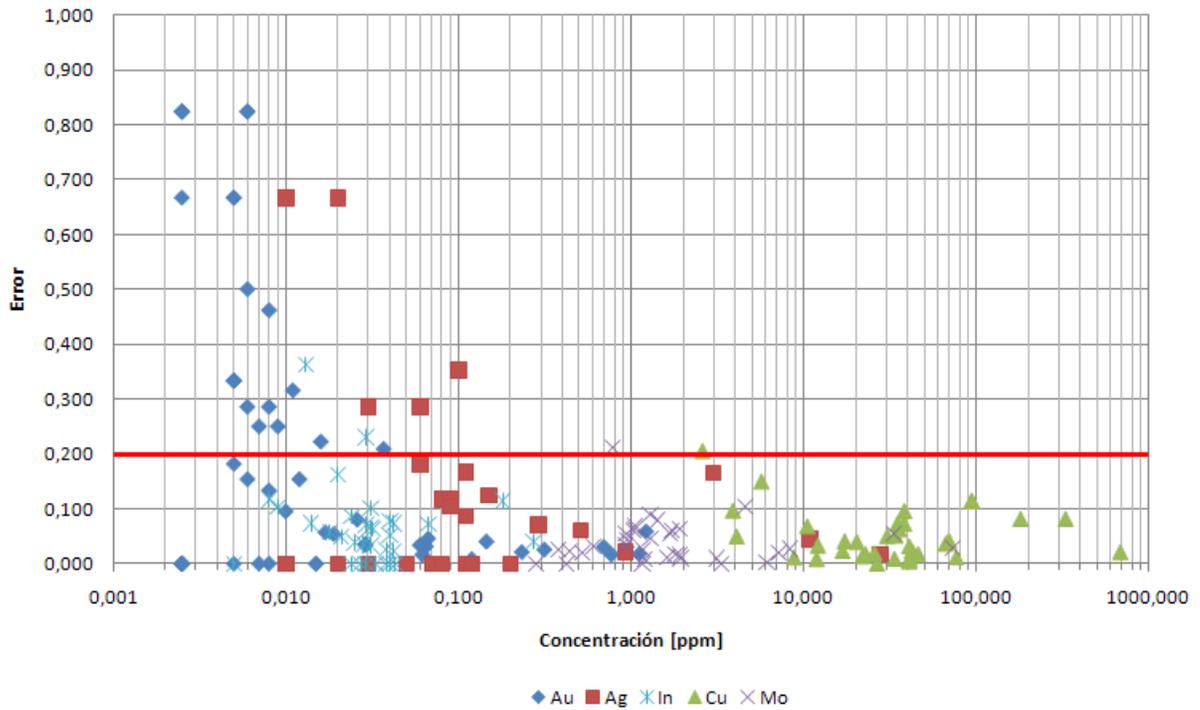


Figura 4.2 Control de precisión de los análisis de muestras de talud para Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Cd, Pb y As. Las líneas rojas horizontales indican un 20% de error en la precisión.

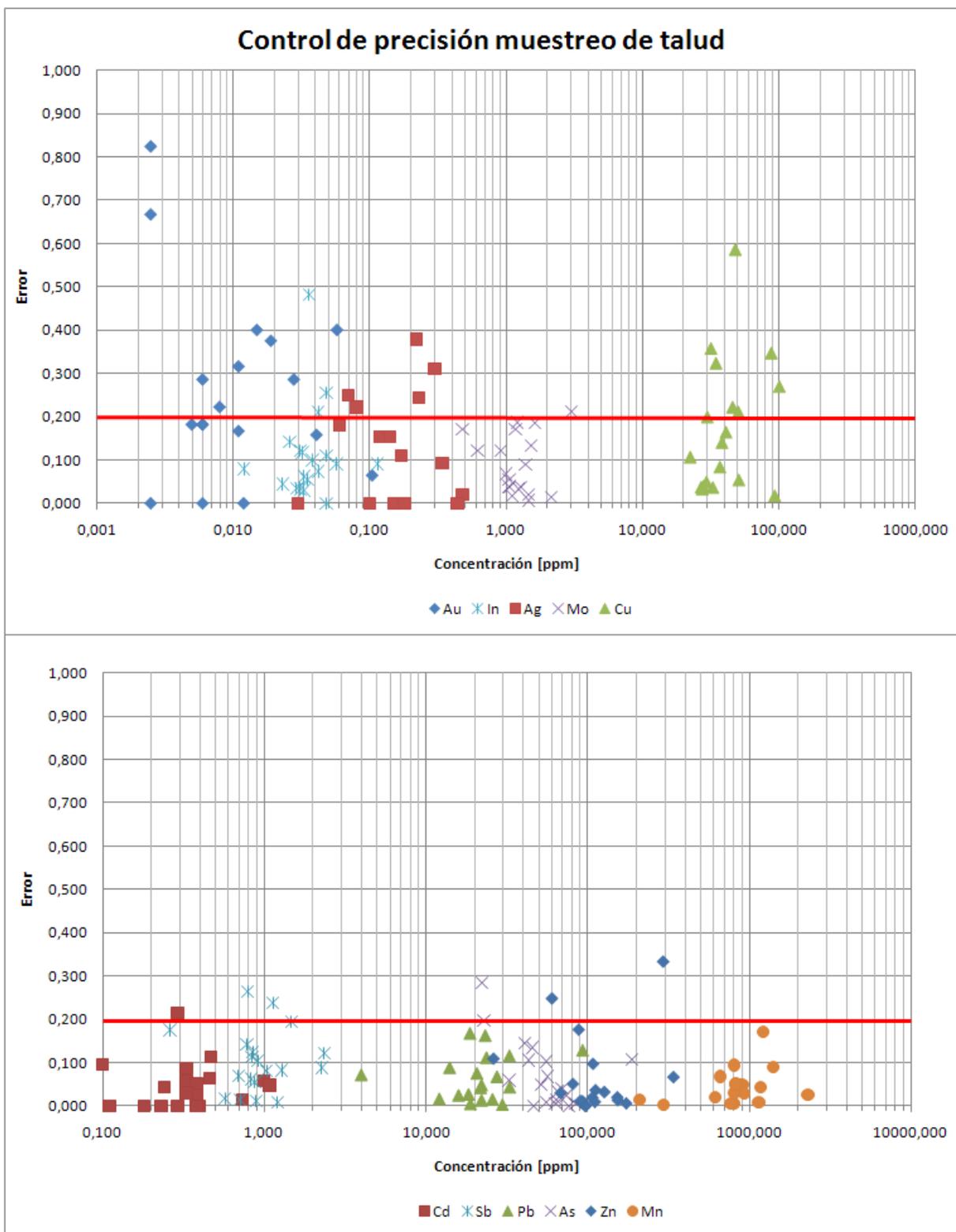


Figura 4.3 Control de precisión del muestreo de talud para Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Cd, Pb y As. Las líneas rojas horizontales indican un 20% de error en la precisión.

4.5 Muestras de reconocimiento

Las muestras de reconocimiento no arrojaron valores significativos de Au excepto dos: al noreste del proyecto, en rodados con vetillas de cuarzo lechoso con óxidos de hierro rellenando cavidades y en hilos, cuya concentración es de 1,125 ppm; la otra al suroeste, en rodados de vetillas bandeadas de cuarzo cristalino (no coloidal) y óxidos de hierro, que contiene 0,759 ppm. La ubicación de estas muestras se muestra en la Figura 4.4.

4.6 Análisis estadístico

Los análisis efectuados por ALS Chemex a un total de 745 entregan valores de concentraciones para 51 elementos. Debido a la gran cantidad de información química que esto significa se realizaron análisis estadísticos de ella. Solo se usaron las muestras que fueron obtenidas mediante un muestreo sistemático, es decir, las muestras de trincheras y talud. El objetivo que se busca es definir blancos de perforación de mineralización de Au, definiendo su distribución espacial y la de aquellos que pudiesen estar relacionados a él. Para lograrlo, se presume que los valores geoquímicos de muestras de terreno están condicionados por factores geológicos como:

1. Litología,
2. metamorfismo,
3. alteración hidrotermal,
4. alteración supérgena,
5. procesos meteóricos y
6. eventos de mineralización

De los cuales se pretende identificar este último.

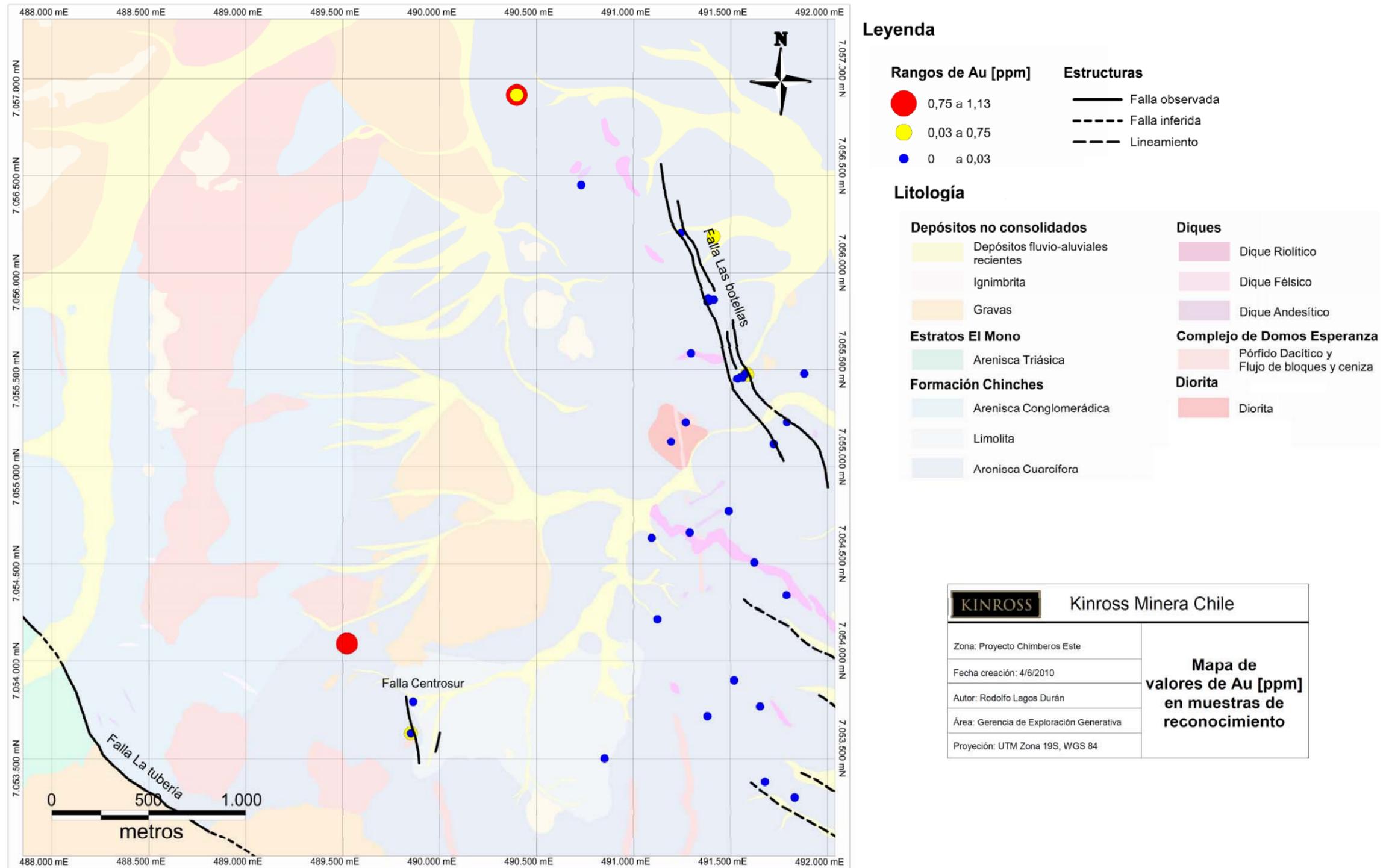


Figura 4.4 Mapa de distribución de concentración de Au en las muestras de reconocimiento.

Los rangos fueron calculados según los quiebres naturales de la población. Dos muestras resultaron en el rango más alto, una de vetillas de cuarzo lechoso con óxidos de hierro relleno de cavidades al noreste con 1,125 ppm y otra de vetillas bandeas de cuarzo cristalino y óxidos de hierro en el sector suroeste con 0,759 ppm.

4.6.1 Análisis multivariable

Se realizó un análisis de factores (AF) separadamente para las muestras de trincheras y de talud. Este procesamiento estadístico de los datos relaciona variables, en este caso concentraciones de elementos químicos, agrupándolas en factores que explican la varianza del conjunto de datos. Así, idealmente muchas variables se reducen a pocos factores estadísticos, los cuales pueden ser identificados con factores empíricos.

Para realizar el AF primero se requirió asegurar la distribución normal de los datos, encontrándose que estos tenían una distribución lognormal (Figura 4.5, Figura 4.6). En consecuencia, la base de datos se reescribió dejándose el logaritmo natural de las concentraciones en ppm. Luego, se configuró el programa de análisis estadístico (Winstat 3.1) para que agrupara los elementos en 8 factores. Se eligió usar la rotación de variación máxima, y así maximizar la variabilidad representada por cada factor. Además, se asumió una comunalidad inicial igual a 1, no obstante se configuró el programa para que repitiera los cálculos hasta que la comunalidad se ajustara a los datos. La comunalidad de una variable es la suma de las varianzas que ella tiene en cada factor.

Histograma de Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn Trincheras

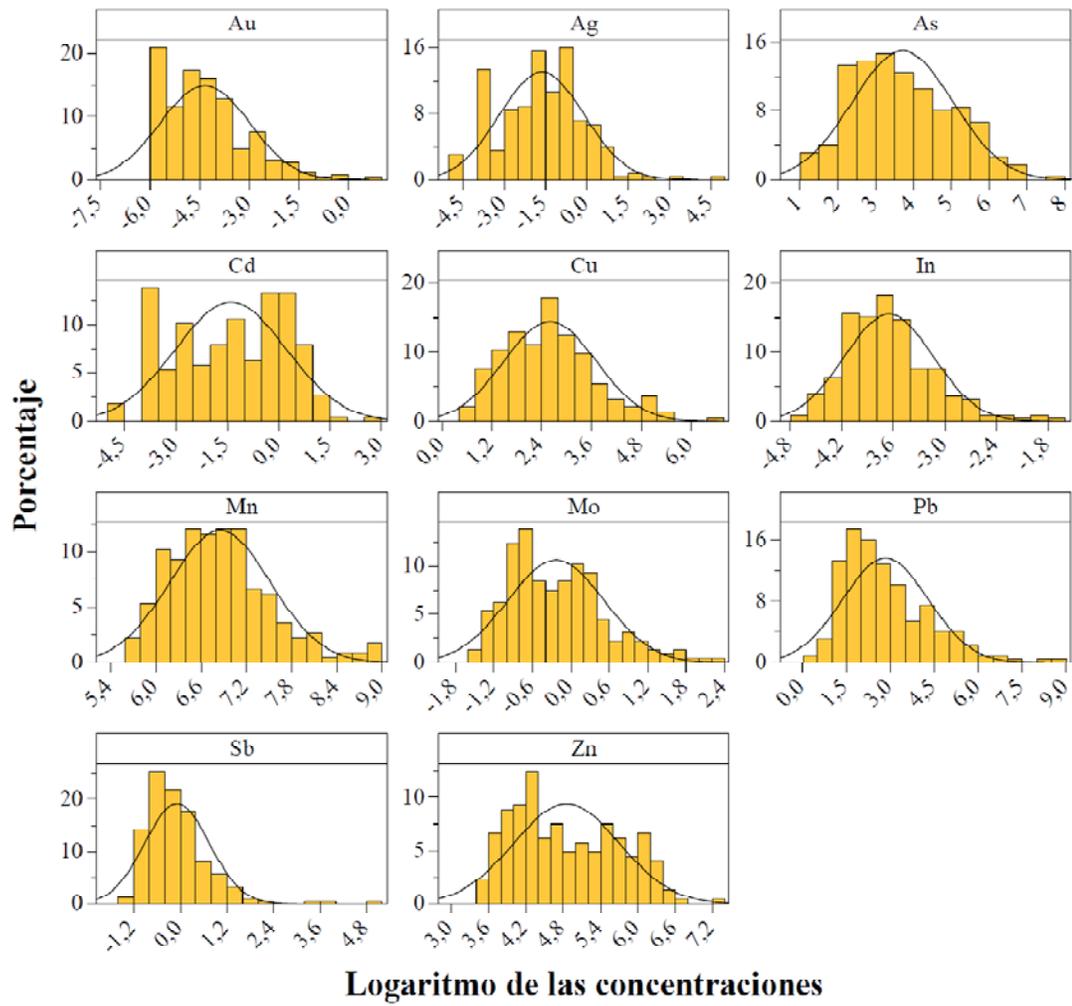


Figura 4.5 Histogramas para Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en las trincheras. La distribución de las concentraciones se asume como lognormal.

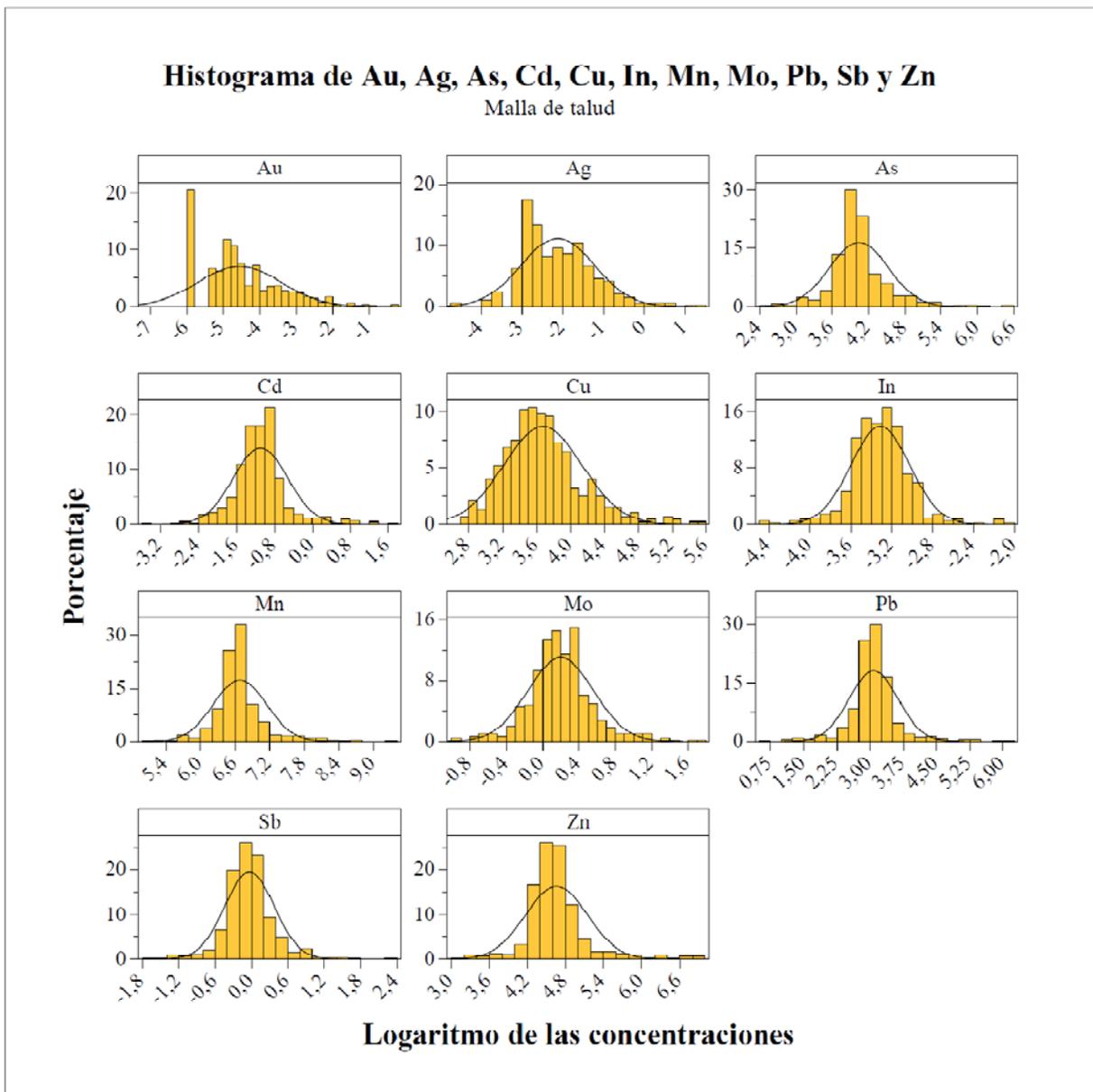


Figura 4.6 Histogramas para Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en la malla de talud. La distribución de las concentraciones se asume como lognormal.

El resultado del AF es una tabla con el peso de las variables u elementos químicos en cada factor. Para cada factor solo se eligen aquellos elementos químicos cuyo peso tenga valor absoluto mayor o igual a 0,5. Los factores obtenidos para las trincheras y de talud se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Factores obtenidos para las muestras de trinchera y talud.

La columna Varianza muestra el porcentaje de la varianza del conjunto de datos explicada por cada factor, mientras que la Varianza Acumulada es la suma acumulada de ellas. Se consideraron tantos factores como fue necesario para que la varianza acumulada fuese igual o superior a 60%. Los elementos con signo negativo presentan una correlación negativa respecto a la concentración de Au.

Factor	Varianza [%]	Varianza Acumulada [%]	Elementos químicos
<i>Trincheras</i>			
F1	16,843	16,843	Al, Ga, Sc, Mg, Li, V, Ni, Co, Cr, P, Fe, Ge, Na
F2	15,333	32,177	Ag, Cu, Au, Pb, Mo, In, Cd, As, Sb, Mn, Zn
F3	12,535	44,712	As, Be, Cs, Zn, Sr, Hg, U, Tl, Rb
F4	5,972	50,684	Zr, W, Hf
F5	5,954	56,639	Ce, La
F6	5,245	61,884	Sb, Te, Bi
<i>Talud</i>			
F1	13,759	13,759	Al, Mg, Sc, Ga, K, Li Rb, -Nb, B, In
F2	10,059	23,819	Co, Ce, Ni, Y, La, Ge, Mn
F3	9,326	33,145	S, Ca, -V, -Ba, B, -Ta
F4	6,963	40,109	Hf, Zr, Ti, Na
F5	6,046	46,156	Pb, Bi, Te, Sb
F6	5,485	51,641	Ce, As, Be, Rb
F7	5,231	56,872	Cd, Zn, Ag, Au
F8	4,554	61,426	V, P

En la Tabla 5 se puede ver que los factores F2 y F7 para trincheras y talud, respectivamente, contienen al Au entre sus variables. En el análisis de las trincheras, el factor F2 representa poco más del 15% de la varianza del conjunto de datos. Por otro lado, en las muestras de talud, el factor F7 representa aproximadamente el 5%. Del análisis estadístico de las muestras de trincheras y talud se obtuvo que los elementos asociados al Au son Ag, As, Cu, Cd, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn. Todos ellos presentan una correlación positiva respecto a la concentración de Au, es decir, sus concentraciones aumentan cuando la de Au aumenta.

En la Figura 4.7 se puede ver la distribución en planta del valor del factor F7 de la malla de talud. Se aprecia una tendencia NW de altos valores de F7, con zonas deprimidas asociadas a la existencia de depósitos de la unidad Ignimbritas (*Ig*) o de la unidad Pórfido Dacítico (*PDac*).

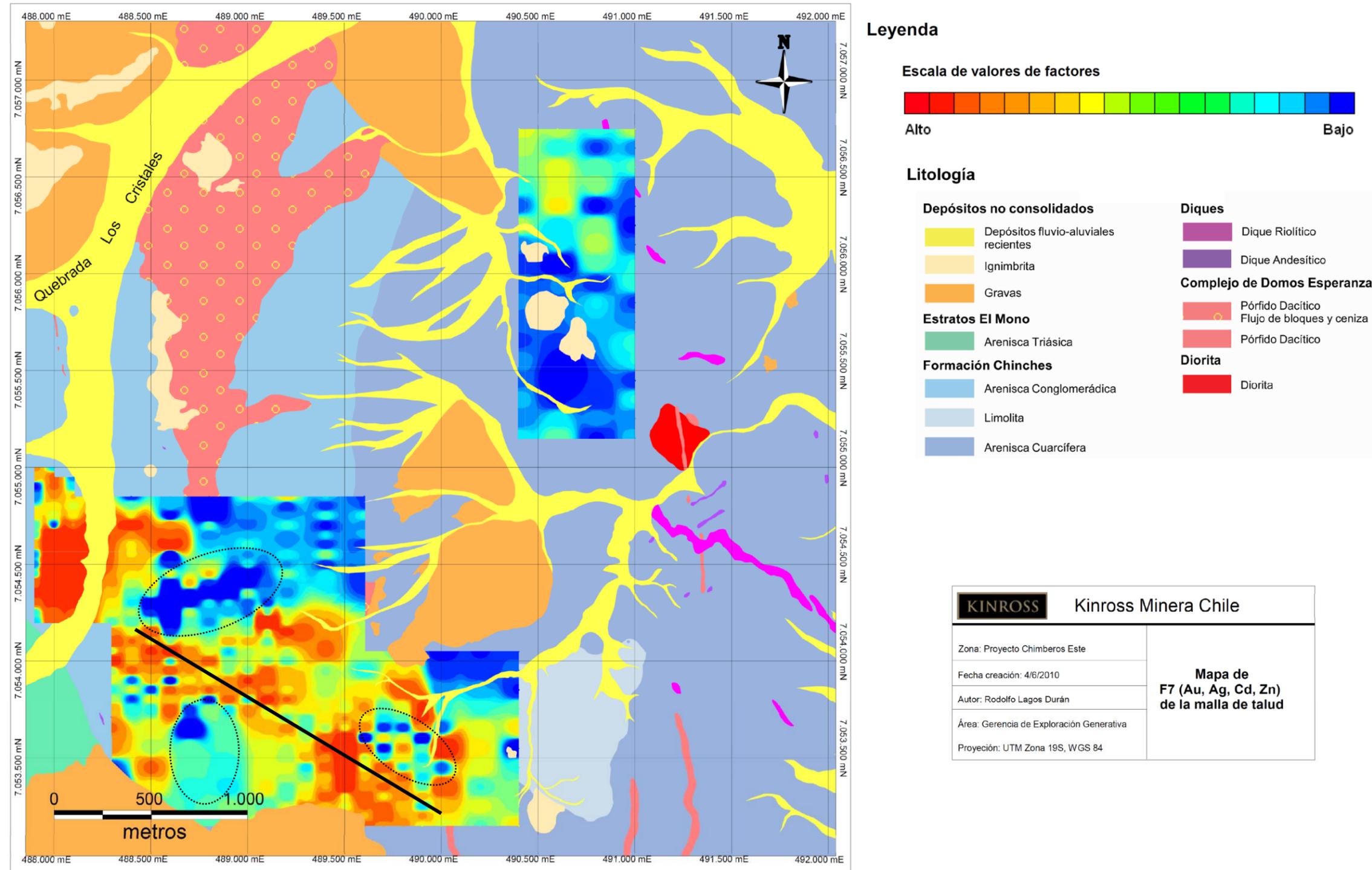


Figura 4.7 Mapa de distribución de los valores del F7 (Tabla 5) para las muestras de talud.

Se puede apreciar una tendencia NW de altos valores de F7 indicada con una línea negra en la imagen. Las zonas de valores bajos encerradas por círculos punteados, se asocian a la existencia de depósitos de la unidad Ignimbritas o de las unidades del Complejo de Domos Esperanza.

4.6.2 Estadística univariable

En el análisis de factores se pudo ver que el Au está relacionado con Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn. En adelante, estos 11 elementos serán referidos como *elementos de interés*.

Estadísticos básicos

Se realizó un estudio de estadística básica de los elementos de interés la cual se resume en las Tabla 6 y Tabla 7. Debido a la distribución lognormal de los datos geoquímicos el cálculo de los estadísticos básicos ha sido realizado usando los logaritmos naturales de las concentraciones en ppm. Los estadísticos calculados fueron media, desviación estándar, error estándar de la media y umbral superior. El error estándar de la media se define como s/\sqrt{N} , donde s es la desviación estándar y N el número de datos.

Tabla 6 Resumen de la estadística univariable para Au, Ag, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en trincheras. El número de muestras es N. los valores de Ln Media y Ln Desviación estándar son la media y la desviación estándar respectivamente de los logaritmos naturales de las concentraciones. El resto de los valores está en ppm. Los valores promedio para la litósfera fueron tomados de Levinson, 1974.

	N	Ln Media	Ln Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Umbral superior	Valores promedio litósfera
<i>Arenisca conglomerádica</i>								
Au	225	-4,338	1,334	0,013	3,795	0,253	0,519	0,004
Ag	225	-1,63	1,52	0,19	4,60	0,30	0,80	0,07
As	225	3,7	1,3	40,9	3,8	0,3	41,4	1,8
Cd	225	-1,40	1,62	0,25	5,03	0,34	0,92	0,20
Cu	225	2,6	1,1	13,4	3,0	0,2	13,8	55,0
In	225	-3,653	0,515	0,026	1,674	0,112	0,249	0,1
Mn	225	7	1	948	2	0	948	950
Mo	225	-0,23	0,75	0,79	2,12	0,14	1,08	1,50
Pb	225	2,8	1,5	16,9	4,3	0,3	17,4	12,7
Sb	225	-0,09	0,83	0,92	2,29	0,15	1,22	0,20
Zn	225	5	1	128	2	0	128	70

Tabla 7 Resumen de la estadística univariable para Au, Ag, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn en la malla de talud. La columna N es el número de muestras. Los valores de Ln Media y Ln Desviación estándar son la media y la desviación estándar, respectivamente, de los logaritmos naturales de las concentraciones. El resto de los valores está en ppm. Los valores promedio para la litósfera fueron tomados de Levinson, 1974.

	N	Ln Media	Ln Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Umbral superior	Valores promedio litósfera
<i>Arenisca conglomerádica</i>								
Au	197	-4,4	1,172	0,012	3,229	0,23	0,472	0,004
Ag	197	-2,10	0,95	0,12	2,59	0,19	0,49	0,07
As	197	4,2	0,5	69,0	1,7	0,1	69,2	1,8
Cd	197	-0,99	0,61	0,37	1,85	0,13	0,63	0,20
Cu	197	3,6	0,5	36,8	1,6	0,1	37,0	55,0
In	197	-3,324	0,271	0,036	1,312	0,093	0,223	0,1
Mn	197	7	1	879	2	0	880	950
Mo	197	0,19	0,39	1,21	1,48	0,11	1,42	1,50
Pb	197	3,1	0,5	21,9	1,6	0,1	22,1	12,7
Sb	197	0,01	0,38	1,01	1,47	0,11	1,22	0,20
Zn	197	5	1	120	2	0	121	70
<i>Arenisca cuarcífera</i>								
Au	186	-4,847	1,097	0,008	2,997	0,22	0,447	0,004
Ag	186	-2,13	0,82	0,12	2,26	0,17	0,45	0,07
As	186	3,9	0,3	48,2	1,4	0,1	48,4	1,8
Cd	186	-1,14	0,40	0,32	1,50	0,11	0,54	0,20
Cu	186	3,6	0,4	37,4	1,5	0,1	37,7	55,0
In	186	-3,289	0,237	0,037	1,267	0,093	0,223	0,1
Mn	186	7	0	792	1	0	792	950
Mo	186	0,22	0,29	1,24	1,33	0,10	1,44	1,50
Pb	186	3,1	0,4	22,1	1,4	0,1	22,3	12,7
Sb	186	-0,05	0,27	0,95	1,32	0,10	1,14	0,20
Zn	186	5	0	98	1	0	98	70

Continuación Tabla 7 Los valores de Ln Media y Ln Desviación estándar son la media y la desviación estándar, respectivamente, de los logaritmos naturales de las concentraciones. El resto de los valores está en ppm. Los valores promedio para la litósfera fueron tomados de Levinson, 1974.

	N	Ln Media	Ln Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Umbral superior	Valores promedio litósfera
<i>Limolita</i>								
Au	24	-4,435	0,865	0,012	2,375	0,485	0,981	0,004
Ag	24	-2,25	0,45	0,11	1,57	0,32	0,75	0,07
As	24	4,2	0,5	64,1	1,6	0,3	64,8	1,8
Cd	24	-1,41	0,40	0,25	1,50	0,31	0,86	0,20
Cu	24	3,7	0,3	38,5	1,4	0,3	39,0	55,0
In	24	-3,174	0,216	0,042	1,242	0,254	0,549	0,1
Mn	24	7	0	694	1	0	695	950
Mo	24	0,41	0,39	1,50	1,48	0,30	2,10	1,50
Pb	24	3,5	0,7	32,6	2,0	0,4	33,4	12,7
Sb	24	0,16	0,43	1,17	1,53	0,31	1,80	0,20
Zn	24	5	0	98	2	0	99	70
<i>Pórfido dacítico</i>								
Au	73	-4,23	1,018	0,015	2,768	0,324	0,662	0,004
Ag	73	-2,15	1,02	0,12	2,78	0,33	0,77	0,07
As	73	3,9	0,5	49,1	1,6	0,2	49,4	1,8
Cd	73	-1,16	0,76	0,31	2,15	0,25	0,82	0,20
Cu	73	4,0	0,5	54,2	1,6	0,2	54,6	55,0
In	73	-3,398	0,411	0,033	1,509	0,177	0,387	0,1
Mn	73	7	0	669	2	0	669	950
Mo	73	0,10	0,40	1,11	1,50	0,18	1,46	1,50
Pb	73	2,9	0,9	17,6	2,4	0,3	18,2	12,7
Sb	73	-0,18	0,65	0,84	1,92	0,23	1,29	0,20
Zn	73	5	1	90	2	0	91	70

Se puede apreciar que los valores medios de Au, Ag, As, Cd, Pb, Sb y Zn son mayores en Chimberos Este respecto al promedio en la litósfera. Mientras que los valores medios de Cu, In, Mo y Mn son en menores en Chimberos Este.

Estadística de poblaciones

Se efectuó un estudio de poblaciones de los datos por litología. En él, se identificó cuántas poblaciones de cada elemento de interés existen en las litologías muestreadas. Luego, comparando los rangos de concentración de las poblaciones con el valor umbral superior calculado en la sección anterior y el valor promedio de la litósfera, se definió la concentración elemental desde la cual se considera la existencia de una anomalía de los elementos de interés posiblemente asociada a mineralización de Au. Es decir, se definieron los umbrales de concentración desde los cuales se identificará una anomalía para la exploración minera de las rocas muestreadas de la Formación Chinchas y Complejo de Domo Esperanza. Cabe decir que estas anomalías son estadísticas, respecto a las mismas rocas muestreadas y no respecto a valores promedio de la corteza terrestre u otra unidad litológica.

La identificación de las poblaciones se realizó usando los gráficos de probabilidad de los elementos de interés en cada litología (Anexo 1 y 2). Además se usó el método de quiebres naturales incorporado en el módulo Mapa de Mapinfo. En los gráficos de probabilidad se identificaron quiebres en la curva. La concentración de los elementos en la que ocurre un quiebre de la curva se interpreta como la intersección de dos poblaciones. Una vez identificado cuántos quiebres hay, si es que los hay, se usa el método de quiebres naturales para calcular el valor de la concentración a la que ocurre. Las tablas resumen la estadística de las poblaciones identificadas. Cabe destacar que la columna derecha de cada tabla corresponde al valor de umbral de exploración definido para los elementos de interés en cada litología según el método de muestreo usado sea canaleta en trinchera o la fracción fina en una malla de talud. El valor umbral de exploración se definió usando el valor del límite inferior de la población de concentraciones más altas para cada elemento, o bien, el valor del umbral superior calculado en la sección de estadística univariable.

Tabla 8 Tabla de la estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad Arenisca Conglomerádica muestreada en las trincheras.

La columna Umbral de exploración indica los umbrales definidos para cada elemento. Las columnas Lim. Inf. y Lim. Sup. corresponden al límite inferior y superior respectivamente de cada población. En la columna % población se indica el porcentaje muestras que contiene cada población, mientras que el número total de muestras de la unidad es el número entre paréntesis al lado del nombre de la unidad.

Elemento	N° poblaciones	% población	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Promedio litósfera	Umbral superior	Umbral de exploración
<i>Arenisca Conglomerádica (225)</i>							
Au	2	94,67 5,33	0,002 0,180	0,180 2,130	0,004	0,519	0,18
Ag	2	98,22 1,78	0,01 4,71	4,71 192,00	0,07	0,8	4,71
As	2	2,67 97,33	3,6 4,4	4,4 2060,0	1,8	41,4	41,4
Cd	3	64,00 33,78 1,78	0,01 0,68 3,03	0,68 3,03 16,25	0,2	0,92	3,03
Cu	3	84,44 10,67 4,89	1,6 40,4 136,0	40,4 136,0 674,0	55	13,8	136
In	2	87,11 12,89	0,009 0,046	0,046 0,186	0,1	0,249	0,046
Mn	3	11,11 73,78 15,11	277 454 1800	454 1800 7820	950	948	1800
Mo	3	55,56 37,33 7,11	0,23 0,85 2,78	0,85 2,78 9,71	1,5	1,08	2,78
Pb	2	75,11 24,89	1,5 40,1	40,1 5620,0	12,7	17,4	40,1
Sb	2	95,11 4,89	0,24 3,79	3,79 141,00	0,2	1,22	3,79
Zn	2	66,22 33,78	31 209	209 1370	70	128	209

Tabla 9 Tabla de la estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad de Arenisca Conglomerádica muestreada mediante la malla de talud.

La columna Umbral de exploración indica los umbrales definidos para cada elemento. Las columnas Lim. Inf. y Lim. Sup. corresponden al límite inferior y superior respectivamente de cada población. En la columna % población se indica el porcentaje muestras que contiene cada población, mientras que el número total de muestras de la unidad es el número entre paréntesis al lado del nombre de la unidad.

Elemento	N° poblaciones	% población	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Promedio litósfera	Umbral superior	Umbral de exploración
<i>Arenisca conglomerádica (197)</i>							
Au	2	52,8	0,002	0,011	0,004	0,447	0,123
		42,1	0,011	0,123			
		5,1	0,123	0,726			
Ag	3	33,0	0,02	0,08	0,07	0,45	0,7
		56,3	0,08	0,70			
		5,6	0,70	3,58			
As	3	5,1	13,0	41,0	1,8	48,4	71
		62,9	41,0	71,0			
		32,0	71,0	656,0			
Cd	3	10,7	0,10	0,21	0,2	0,54	0,48
		70,6	0,21	0,48			
		18,8	0,48	5,54			
Cu	2	86,3	15,0	64,0	55	37,7	64
		13,7	64,0	263,0			
In	3	62,4	0,019	0,038	0,1	0,223	0,051
		29,4	0,038	0,051			
		8,1	0,051	0,121			
Mn	3	3,6	194	475	950	792	910
		69,0	475	910			
		27,4	910	10350			
Mo	3	22,8	0,37	0,95	1,5	1,44	1,44
		66,5	0,95	0,18			
		10,7	0,18	5,89			
Pb	2	90,4	6,6	33,7	12,7	22,3	33,7
		9,6	33,7	490,0			
Sb	2	90,9	0,37	1,57	0,2	1,14	1,57
		9,1	1,57	9,12			
Zn	2	84,8	44	163	70	98	163
		15,2	163	1080			

Continuación Tabla 9 Estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad de Arenisca Cuarcífera muestreada mediante la malla de talud. La columna Umbral de exploración indica los umbrales definidos para cada elemento. Las columnas Lim. Inf. y Lim. Sup. corresponden al límite inferior y superior respectivamente de cada población. la columna % población se indica el porcentaje muestras que contiene cada población, mientras que el número total de muestras de la unidad es el número entre paréntesis al lado del nombre de la unidad.

Elemento	N° poblaciones	% población	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Promedio litósfera	Umbral superior	Umbral de exploración
<i>Arenisca cuarcífera (186)</i>							
Au	2	91,94	0,002	0,040	0,004	0,472	0,04
		8,06	0,040	0,673			
Ag	3	60,75	0,02	0,15	0,07	0,49	0,57
		35,48	0,15	0,57			
		3,76	0,57	3,44			
As	3	11,83	12,0	37,0	1,8	69,2	64
		75,81	37,0	64,0			
		12,37	64,0	147,0			
Cd	3	50,54	0,03	0,33	0,2	0,63	0,52
		45,16	0,33	0,52			
		4,30	0,52	2,36			
Cu	2	87,10	16,7	53,3	55	37	53,3
		12,90	53,3	182,0			
In	3	5,38	0,013	0,027	0,1	0,223	0,052
		89,25	0,027	0,052			
		5,38	0,052	0,100			
Mn	3	2,69	170	490	950	880	1020
		82,80	490	1020			
		14,52	1020	3370			
Mo	2	83,33	0,69	1,59	1,5	1,42	1,59
		16,67	1,59	3,89			
Pb	2	94,09	7,0	39,0	12,7	22,1	39
		5,91	39,0	121,0			
Sb	2	89,78	0,48	1,30	0,2	1,22	1,3
		10,22	1,30	2,73			
Zn	2	91,40	43	138	70	121	138
		8,60	138	932			

Continuación Tabla 9 Estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad Limolita muestreada mediante la malla de talud. La columna Umbral de exploración indica los umbrales definidos para cada elemento. Las columnas Lim. Inf. y Lim. Sup. corresponden al límite inferior y superior respectivamente de cada población. la columna % población se indica el porcentaje muestras que contiene cada población, mientras que el número total de muestras de la unidad es el número entre paréntesis al lado del nombre de la unidad.

Elemento	N° poblaciones	% población	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Promedio litósfera	Umbral superior	Umbral de exploración
<i>Limolita (24)</i>							
Au	3	33,33 41,67 25,00	0,002 0,009 0,030	0,009 0,030 0,071	0,004	0,981	0,071
Ag	2	70,83 29,17	0,05 0,13	0,13 0,29	0,07	0,75	0,29
As	2	79,17 20,83	25,0 75,0	75,0 231,0	1,8	64,8	75
Cd	2	62,50 37,50	0,13 0,26	0,26 0,66	0,2	0,86	0,66
Cu	1	100,00	18,8	71,8	55	39	39
In	2	45,83 54,17	0,029 0,043	0,043 0,062	0,1	0,549	0,062
Mn	1	100,00	413	1100	950	695	1100
Mo	1	100,00	0,60	3,11	1,5	2,1	3,11
Pb	2	79,17 20,83	18,0 35,0	35,0 201,0	12,7	33,4	35
Sb	3	62,50 29,17 8,33	0,45 1,18 2,40	1,18 2,40 2,68	0,2	1,8	2,4
Zn	2	75,00 25,00	58 110	110 348	70	99	110

Continuación Tabla 9 Estadística de las poblaciones identificadas para cada elemento en la unidad Pórfido Dacítico muestreada mediante la malla de talud. La columna Umbral de exploración indica los umbrales definidos para cada elemento. Las columnas Lim. Inf. y Lim. Sup. corresponden al límite inferior y superior respectivamente de cada población. En la columna N° muestras se indica cuantas muestras contiene cada población, mientras que el número total de muestras de la unidad es el número entre paréntesis al lado del nombre de la unidad.

Elemento	N° poblaciones	% población	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Promedio litósfera	Umbral superior	Umbral de exploración
<i>Pórfido Dacítico (73)</i>							
Au	3	49,32	0,002	0,012	0,004	0,662	0,62
		41,10	0,012	0,062			
		9,59	0,062	0,340			
Ag	3	58,90	0,01	0,15	0,07	0,77	0,77
		26,03	0,15	0,38			
		15,07	0,38	1,94			
As	3	20,55	13,0	40,0	1,8	49,4	63
		47,95	40,0	63,0			
		31,51	63,0	128,0			
Cd	3	28,77	0,06	0,26	0,2	0,82	0,82
		53,42	0,26	0,54			
		17,81	0,54	2,39			
Cu	2	91,78	18,0	110,0	55	54,6	110
		8,22	110,0	237,0			
In	2	98,63	0,012	0,075	0,1	0,387	0,075
		1,37	0,075	0,130			
Mn	2	86,30	300	1140	950	669	1140
		13,70	1140	3130			
Mo	3	19,18	0,45	0,80	1,5	1,46	2,56
		50,68	0,80	1,42			
		30,14	1,42	2,56			
Pb	3	39,73	2,0	18,0	12,7	18,2	62
		52,05	18,0	62,0			
		8,22	62,0	211,0			
Sb	3	82,19	0,19	1,35	0,2	1,29	2,27
		12,33	1,35	2,27			
		9,59	2,27	5,22			
Zn	1	100,00	23	439	70	91	91

El valor de umbral de exploración en las muestras de talud de los elementos de interés fue usado para delimitar áreas con valores por sobre ella. En las Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 se muestran los umbrales de exploración para los elementos que están asociados al Au en la

mallas de talud según el análisis estadístico. La distribución de las zonas con muestras cuyas concentraciones exceden estos valores se muestran en las Fig.s 4.8, 4.9 y 4.10.

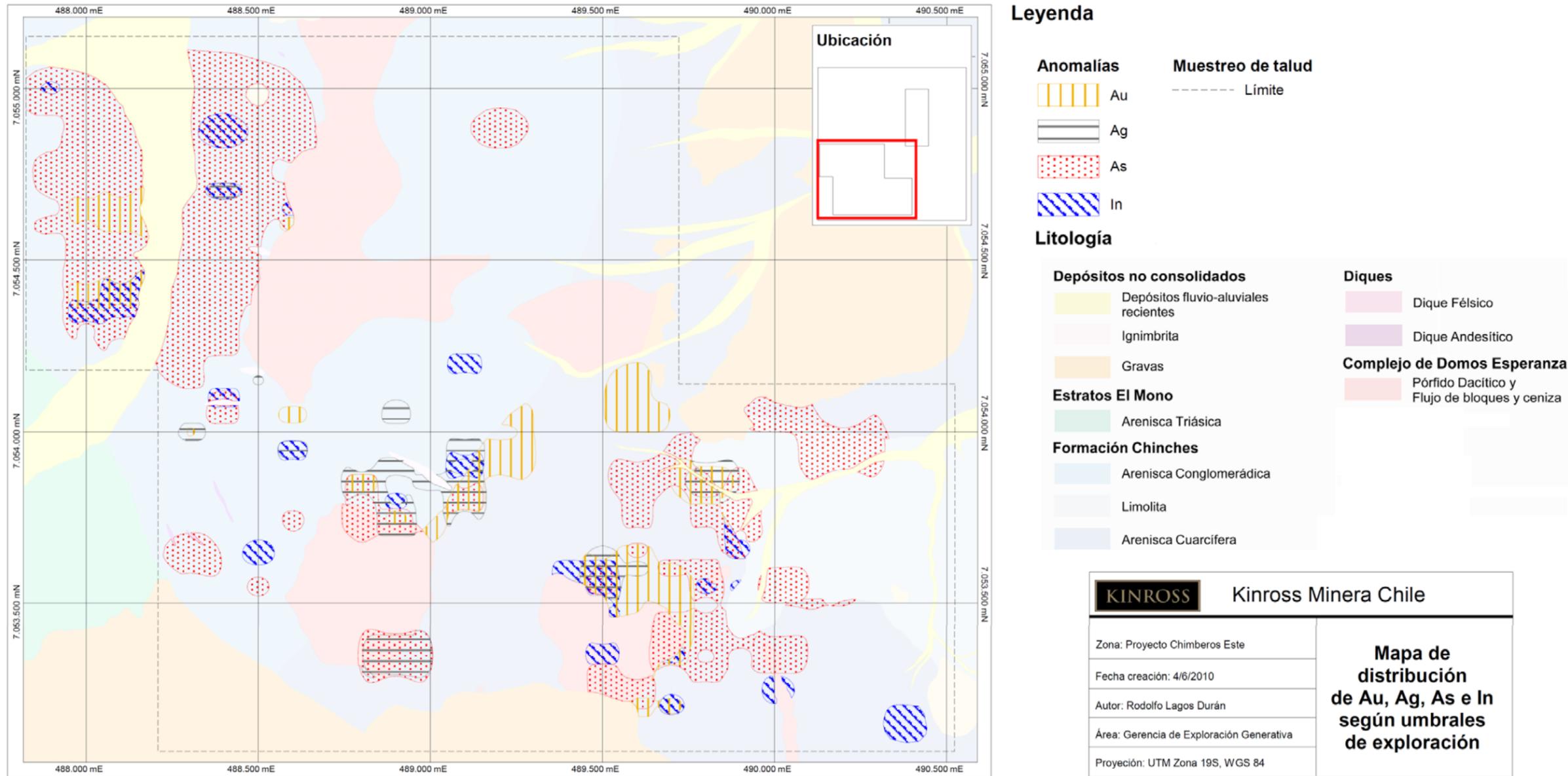


Figura 4.8 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Au, Ag, As e In mayores a los umbrales de exploración. La línea punteada corresponde al límite de la malla de muestreo de talud. Se ha excluido la zona noreste porque carece de anomalías de Au y Ag.

Tabla 10 Resumen de los umbrales de exploración para el Au, Ag, As e In (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.

Unidad	Au	Ag	As	In
Arenisca Conglomerádica	0,123	0,7	71	0,051
Arenisca Cuarcífera	0,04	0,57	64	0,052
Limolita	0,071	0,29	75	0,062
Pórfido Dacítico	0,62	0,77	63	0,075

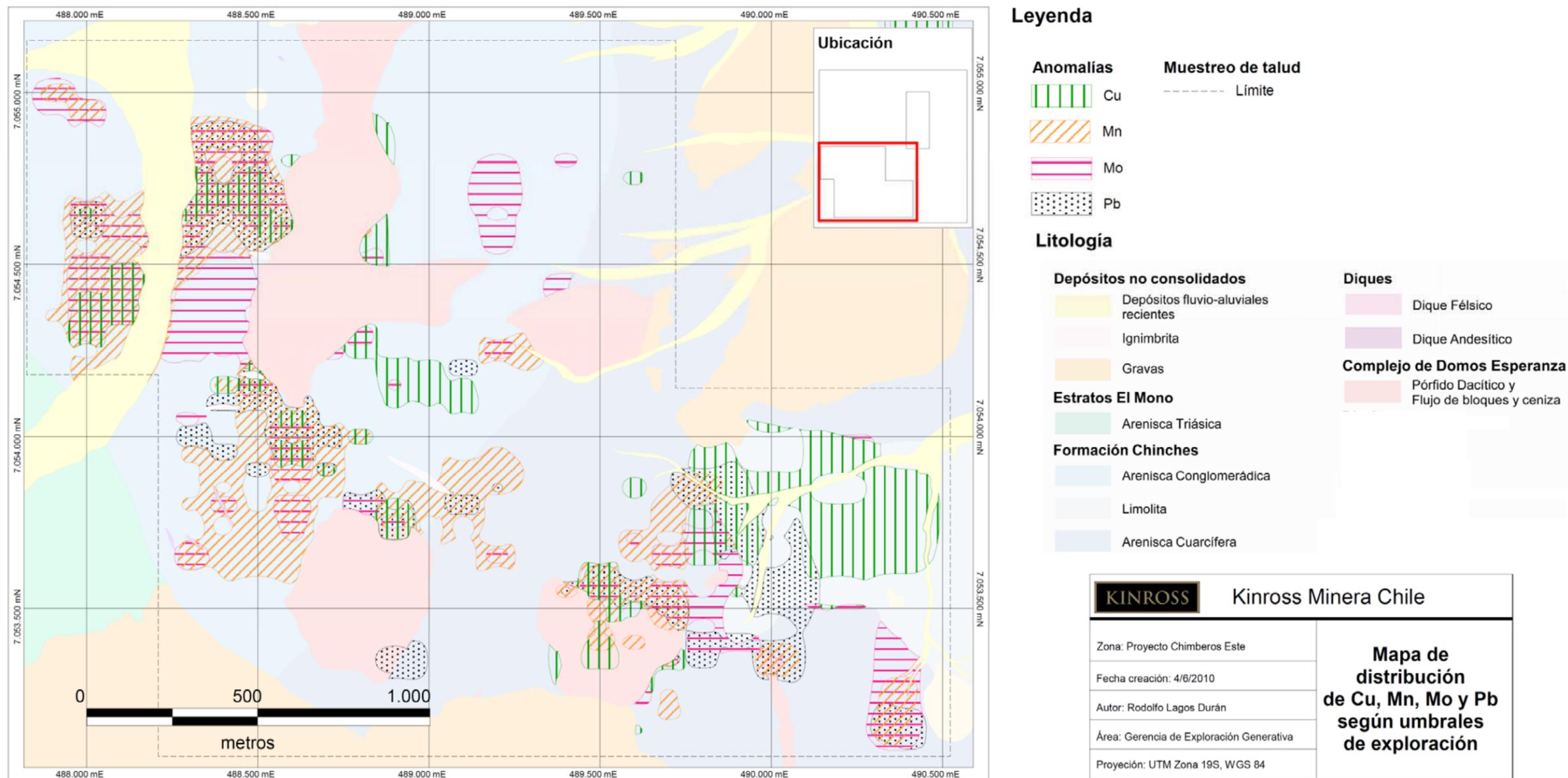


Figura 4.9 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Cu, Mn, Mo y Pb mayores a los umbrales de exploración. La línea punteada corresponde al límite de la malla de muestreo de talud. Se ha excluido la zona noreste porque carece de anomalías de Au y Ag.

Tabla 11 Resumen de los umbrales de exploración para el Cu, Mn, Mo y Pb (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.

Unidad	Cu	Mn	Mo	Pb
Arenisca Conglomerádica	64,0	910	1,44	33,7
Arenisca Cuarzófera	53,3	1020	1,59	39
Limolita	39,0	1100	3,11	35
Pórfido Dacítico	110,0	1140	2,56	62

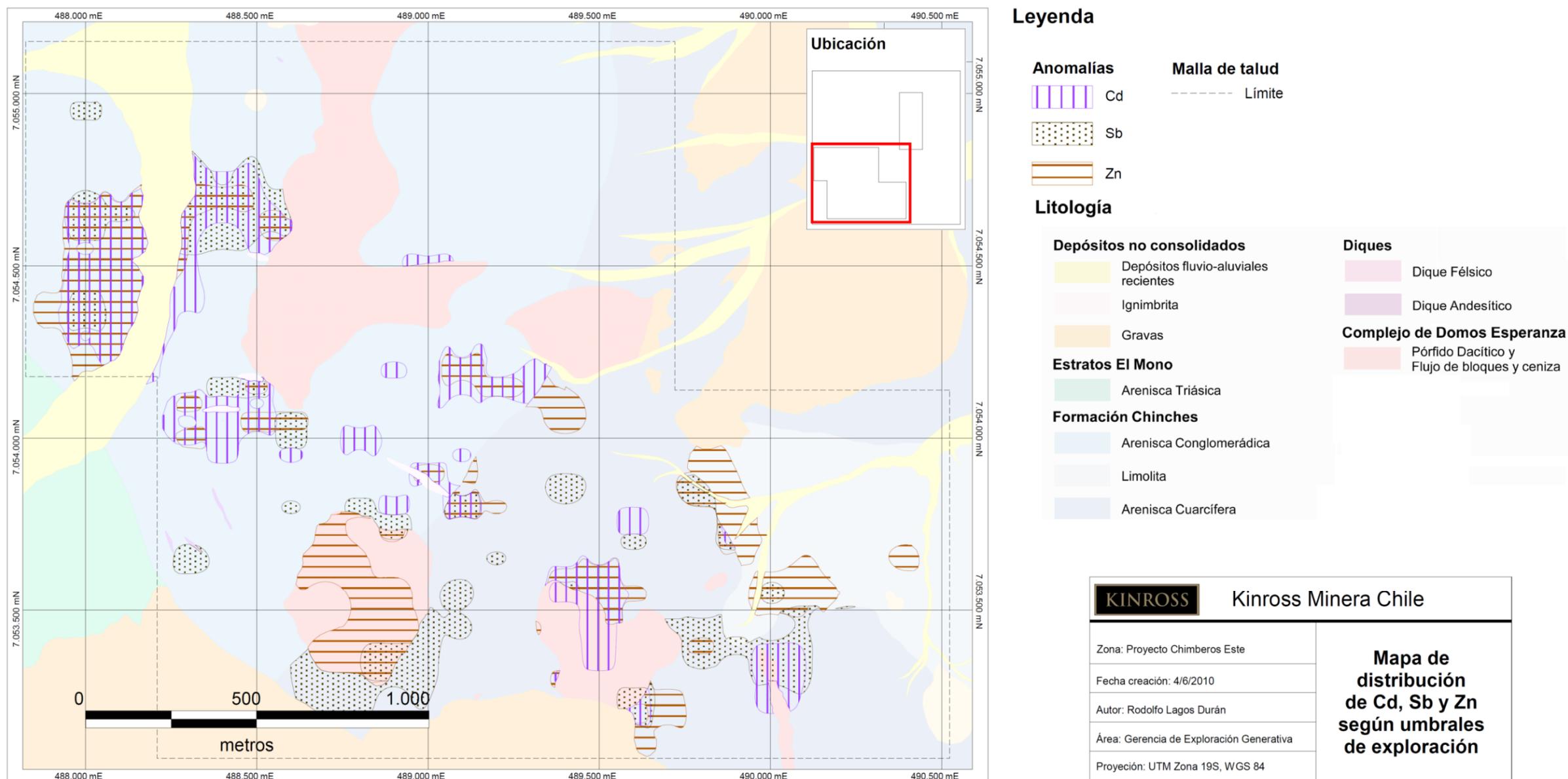


Figura 4.10 Mapa de distribución de las zonas con concentraciones de Cd, Sb y Zn mayores a los umbrales de exploración. La línea punteada corresponde al límite de la malla de muestreo de talud. Se ha excluido la zona noreste porque carece de anomalías de Au y Ag.

Tabla 12 Resumen de los umbrales de exploración para el Cd, Sb y Zn (valores en ppm) en las rocas de Chimberos Este.

Unidad	Cd	Sb	Zn
Arenisca Conglomerádica	0,48	1,57	163
Arenisca Cuarzófera	0,52	1,3	138
Limolita	0,66	2,4	110
Pórfido Dacítico	0,82	2,27	91

En las figuras anteriores (Fig. 4.8, Fig. 4.9 y Fig. 4.10) se observan anomalías de contraste para todos los elementos de interés en el sector suroeste del proyecto. No se detectaron anomalías de contraste para Au ni Ag en el sector noreste, solo de Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb y Sb. Por este motivo se excluyó ese sector de las figuras citadas. Las anomalías de contraste para todos los elementos tienen una orientación NW en el sector sur.

5 Discusión

Los resultados geoquímicos obtenidos de las muestras de trincheras en la primera campaña de exploración, realizada entre Septiembre y Diciembre de 2008, evidencian la existencia de vetillas mineralizadas en el área de Chimberos Este. La siguiente discusión se pretende en base a las características geológicas observadas en superficie evaluar la extensión espacial de la mineralización dentro del proyecto y definir cuáles son los mejores lugares para perforar la potencial mineralización encontrada.

5.1 Temporalidad relativa de eventos de mineralización

En Chimberos Este, las rocas más antiguas expuestas en superficie corresponden al Carbonífero Inferior (Bell, 1985). Mientras que la unidad más reciente, excluyendo los depósitos fluvio-aluviales recientes, es la unidad Ignimbritas cuya datación la ubica en el Plioceno (Cornejo et al., 1993). La secuencia de emplazamiento de las unidades descritas en Chimberos Este puede ser interpretada a partir de las relaciones de contacto entre ellas. De esta manera se interpreta que las unidades que conforman la Formación Chinchas debieron depositarse en el siguiente orden: Arenisca Conglomerádica, Limolita y Arenisca Cuarzifera. Esto en base a la disposición espacial con rumbo NNE y manteo en general al E (Figura 3.3). A su vez, la Formación Chinchas es intruida por todas las unidades intrusivas (ver sección 3.3) y está en contacto a lo largo de la Falla La Tubería con Los Estratos El Mono (Figura 3.2 y Figura 3.3). En su localidad tipo los Estratos El Mono, asignadas al Triásico por Mercado (1982), sobreyacen a la Formación Chinchas, no obstante esto no se observa en el área de estudio. Tampoco se observa que esta unidad sea intruida por las unidades intrusivas. Por otro lado, las rocas del Complejo de Domos Esperanza intruyen a la unidad Intrusivo Diorítico. A su vez, las rocas de la unidad Dique Riolítico cortan a la Formación Complejo de Domos Esperanza. Por otra parte, los diques de las unidades Dique Andesítico y Dique Riodacítico no presentan relación de contacto con las otras unidades intrusivas. Finalmente, las unidades no consolidadas cubren discordantemente a las rocas de la Formación Chinchas, siendo la unidad Gravas asignada al Mioceno y la unidad Ignimbritas al Plioceno como ya ha sido descrito en la sección 3.4. Con lo anterior es posible proponer un esquema de deposición de las unidades como el que se muestra en la Figura 5.1.

también La Coipa. Estas fallas habrían tenido un movimiento de rumbo dextral (Moscoso et al., 1993).

En Chimberos Este la unidad Gravas (Mioceno) tiene una discontinuidad en el sector suroeste coincidente con el trazo de la falla La Tubería (Figura 5.2). Sin embargo, esto no significa necesariamente que la falla estuvo activa posterior al emplazamiento de dicha unidad, porque las gravas pudieron adoptar su actual distribución si las rocas de la Formación Chinchas hubiesen tenido un paleorelieve adecuado para ello. Por otro lado, la unidad más antigua no afectada por el movimiento de las fallas mapeadas es la unidad Ignimbritas (Plioceno). De esta manera, en el caso de que discontinuidad en la unidad Gravas efectivamente estuviese dada por la actividad de la falla La Tubería, el sistema de fallas NW podría haber estado activo hasta el Plioceno. Mientras que si la discontinuidad de las gravas solo se debe al paleorelieve de las rocas de la Formación Chinchas, entonces el sistema de fallas solo estuvo activo hasta el Mioceno. La edad en que comienza la deformación controlado por este sistema de fallas es como máximo posterior a la deposición de la Formación Chinchas en el Carbonífero Inferior (Missisippiano). Además si la discontinuidad de las gravas a lo largo de la falla La Tubería se debe al movimiento de esta, la falla tendría un sentido de movimiento dextral con un desplazamiento de al menos 2 Km.

Las otras zonas de falla no presentan rasgos que permitan interpretar su sentido de movimiento, y de ellas solo se puede decir que sirvieron como canal para el ascenso de fluidos hidrotermales que argilizaron las rocas inmediatamente circundantes.

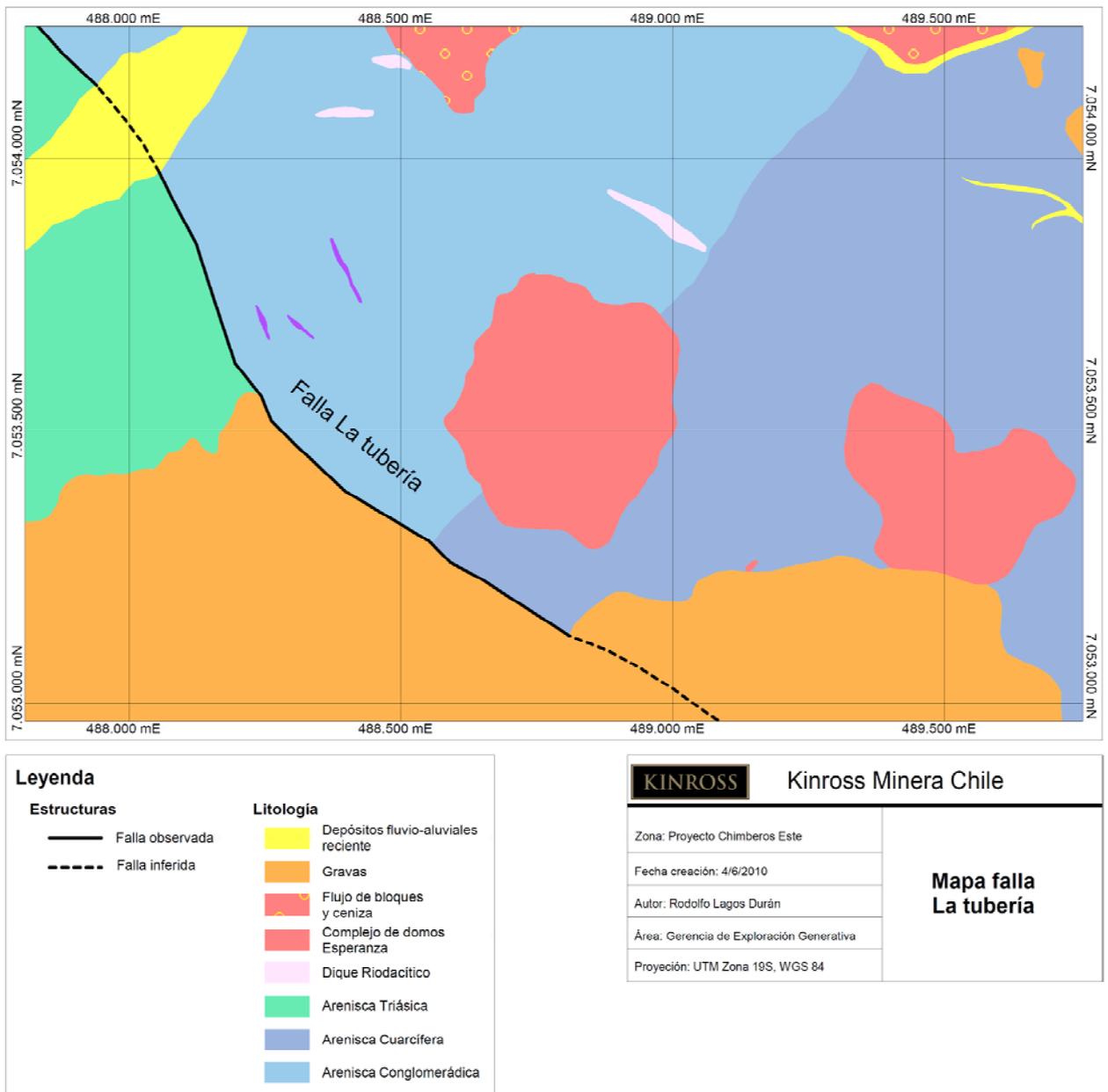


Figura 5.2 Mapa falla La Tubería, sector suroeste del proyecto Chimberos Este. Se puede apreciar que la unidad Gravass presenta una discontinuidad coincidente con la falla La Tubería.

5.3 Lineamientos magnéticos

La respuesta magnética de las rocas está determinada por el contenido de minerales ferrimagnéticos de las unidades geológicas, principalmente de magnetita (Gamonal, 2007). Los lineamientos mostrados en la imagen reducida al polo se han interpretado como posibles estructuras (vetas, fallas, diques, etc.) y los altos y bajos magnéticos como unidades geológicas de litología, alteración o mineralización. Los lineamientos observados en la imagen de la derivada NS del campo total pueden corresponder a estructuras (vetas, fallas, diques, etc.) o zonas de contacto entre unidades de litología, alteración o mineralización.

En la imagen de magnetometría reducida al polo mostrada en la Figura 5.3 se destacan múltiples zonas correspondientes a altos y bajos magnéticos. Al noroeste se aprecian múltiples altos magnéticos (A1) rodeados por al menos 3 zonas de bajos magnéticos (B1). En la zona centrosur de Chimberos Este se observan un alto (A2) y en su centro un bajo (B2). Finalmente, al noreste se aprecia un alto magnético (A3) rodeado por un bajo (B3). Las zonas B2 y A3 se interpretan como asociadas a intrusivos del Complejo de Domos Esperanza y a la unidad Diorita, respectivamente. Las zonas A1 y B1 están cubiertas en parte por el flujo de bloque y ceniza del Complejo de Domos Esperanza, sin embargo estas zonas se extienden más allá del área cubierta por dicha unidad. El resto de las zonas se ubican en rocas sedimentarias. Por lo anterior, exceptuando B2 y A3, las zonas magnéticas identificadas se asocian a unidades intrusivas en profundidad o bien a zonas de alteración o mineralización. En particular, A2 y B3 podrían corresponder a halos de alteración originados por fluidos canalizados o producidos por los intrusivos interpretados para B2 y A3. Los altos magnéticos agrupados en A1 se caracterizan por estar dispersos en un área no muy grande. Esta dispersión puede deberse a que en superficie se emplaza la unidad de flujo de bloques y cenizas antes mencionada, no obstante las anomalías no se interpretan como causadas por esa unidad debido a que carece de minerales magnéticos y a su reducido espesor. Los lineamientos magnéticos con orientación NW destacados en la Figura 5.3 han sido interpretados como zonas de falla, debido a que su orientación es la misma que la de las fallas observadas en superficie. Los lineamientos con orientación EW se interpretan como el posible trazo de las vetas descritas por Frutos (2008) y descubiertas en la primera campaña de exploración en el proyecto.

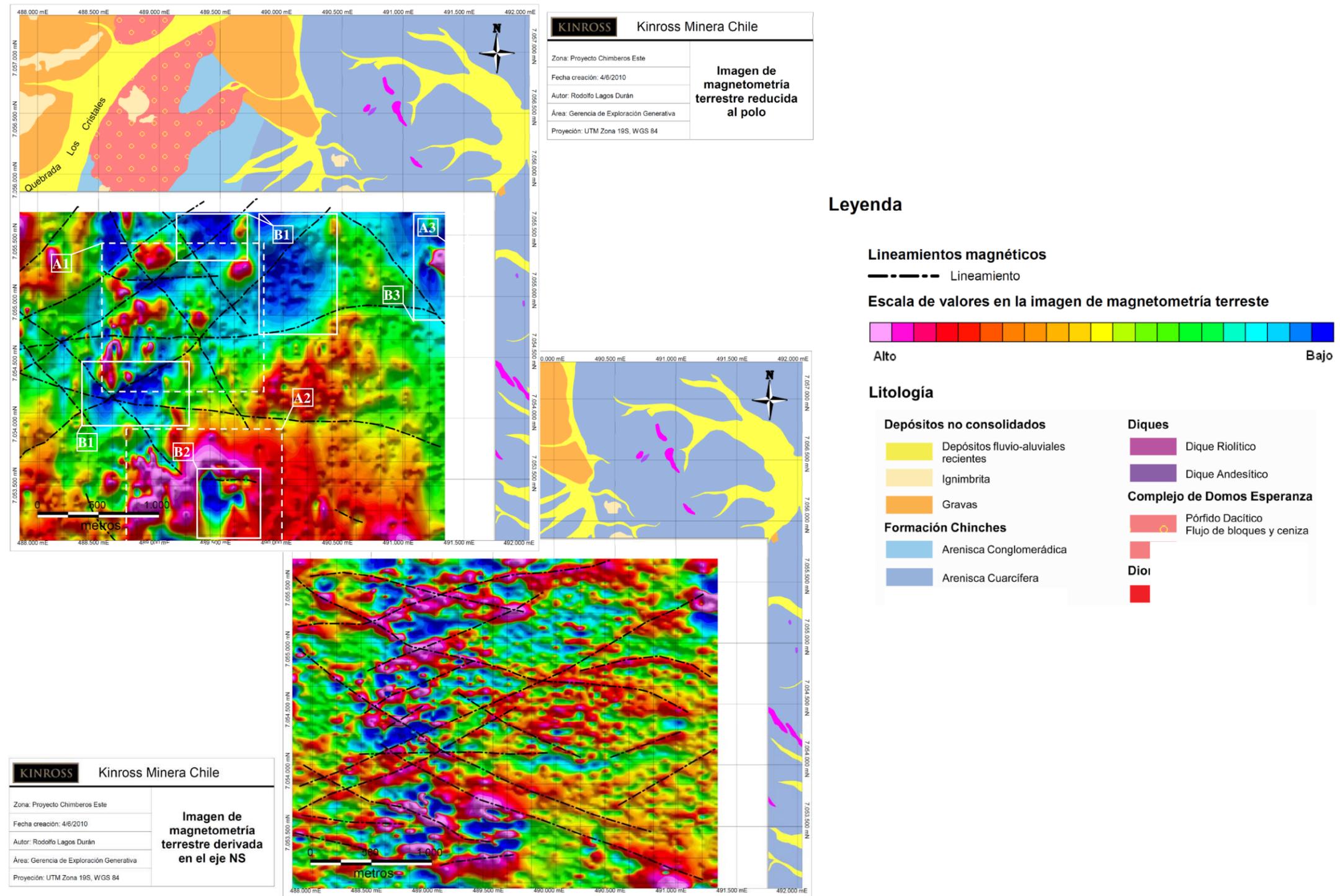


Figura 5.3 Altos y bajos magnéticos y lineamientos en imagen de magnetometría reducida al polo y en la derivada NS del campo total.

Los altos magnéticos están marcados con un cuadrángulo color línea discontinua, los bajos magnéticos están encerrados en cuadriláteros blancos con línea continua. El bajo magnético al centrosur (B2) coincide con uno de los cuerpos intrusivos del Complejo de Domos Esperanza, mientras que al noreste de la imagen el alto (A3) coincide con el entorno de la unidad Diorita. Los lineamientos tienen tres orientaciones preferentes: EW, NE y NW.

Los lineamientos observados en la imagen de la derivada NS del campo magnético total en Chimberos Este (Figura 5.3) tienen orientaciones EW, NE y NW, es decir, las mismas orientaciones que en la imagen reducida al polo. Sin embargo, en esta imagen, los lineamientos NE y NW tienen una menor componente N. En este caso, la orientación de los lineamientos NW (aproximadamente N60W) es similar a la orientación de las vetillas bandeadas de cuarzo con óxidos de hierro (110/34). Los lineamientos con orientación EW, al igual que las vetillas bandeadas, se asocian a las vetas descritas por Frutos (2008).

Tanto en la imagen de magnetometría reducida al polo como en la imagen de la derivada NS del campo total (Figura 5.3), los lineamientos NE se han interpretado como fallas ciegas debido a que no se observaron rasgos superficiales con esa orientación.

5.4 Alteración y vetillas

Dos factores que controlan los procesos de mineralización son la reactividad de las rocas al interactuar con fluidos hidrotermales y la permeabilidad de las mismas (Titley y Beane, 1981; Corbett and Leach, 1998; Sillitoe, 1999).

En Chimberos Este la alteración hidrotermal ocurre principalmente entorno de las vetillas, fallas o cuerpos intrusivos. Esto ocurre de manera más clara en las unidades Arenisca Cuarcífera y Limolita en las cuales la abundancia de cuarzo en las rocas las hace poco reactivas a los fluidos hidrotermales. Esto se suma a la baja permeabilidad primaria que presentan dichas unidades, dada por la buena selección y tamaño de grano pequeño de sus rocas, lo que dificulta la circulación de fluidos hidrotermales a través de ellas. No obstante, los conglomerados de las unidades Arenisca Conglomerádica y los Estratos El Mono presentan una permeabilidad primaria mayor debido a su mala selección. Por otro lado, las unidades intrusivas, presentan una composición con mayor porcentaje de feldespatos que las hace más reactivas a fluidos hidrotermales. De esta manera, una mala selección del tamaño de grano y una composición rica en feldespatos propicia una alteración diseminada en algunos sectores del proyecto, al contrario una buena selección del tamaño de grano y una composición rica en cuarzo restringe la alteración a estructuras. Finalmente, otro factor a considerar es la relación

agua/roca en el proceso de alteración hidrotermal que cuando es pequeña y la temperatura es baja, la alteración suele estar controlada estructuralmente.

En base a las asociaciones de minerales de alteración descritos en la sección 1.1 la alteración hidrotermal se interpreta como se muestra en la Figura 5.4. En ella se muestra la alteración argílica de las rocas de la unidad Arenisca Conglomerádica al suroeste del proyecto caracterizada por la presencia de arcillas entorno a las vetas de cuarzo bandeadas. A ella, se ha sobreimpuesto una alteración supérgena de óxidos de hierro y jarosita. De esto último se infiere la presencia de sulfuros en la alteración primaria. En el mismo sector, se puede apreciar una alteración propilítica rica en epidota, con menor clorita y óxidos de hierro, diseminados y en vetillas (Figura 5.4). Por otro lado, se observa la alteración argílica débil de las rocas entorno a las zonas de falla Centrosur y Las Botellas (Figura 5.4). Esta alteración consiste principalmente en óxidos de hierro y arcillas, más una débil silicificación. Al este, el intrusivo diorítico presenta una alteración propilítica fuerte, que ha sido interpretada como propilítica de alta temperatura (>300 °C) en base a la presencia de magnetita de alteración y posible escapolita (Figura 5.4). También en la zona este del proyecto, pero en una zona más amplia se observa una alteración propilítica evidenciada por la presencia de clorita, sílice y epidota (Figura 5.4). Esta alteración de las rocas ocurre asociada a vetas y vetillas con relleno de cuarzo + clorita \pm epidota \pm hematita. La menor abundancia de epidota en esta alteración respecto a la alteración propilítica rica en epidota descrita más arriba indica que ocurrió a una temperatura relativamente menor. La alteración silícea descrita en la sección 3.6.1 se ha interpretado como metamorfismo regional de las rocas sedimentarias, debido a la morfología de las vetillas de cuarzo asociadas que son sinuosas y discontinuas sumado al brillo nacarado del cuarzo observado.

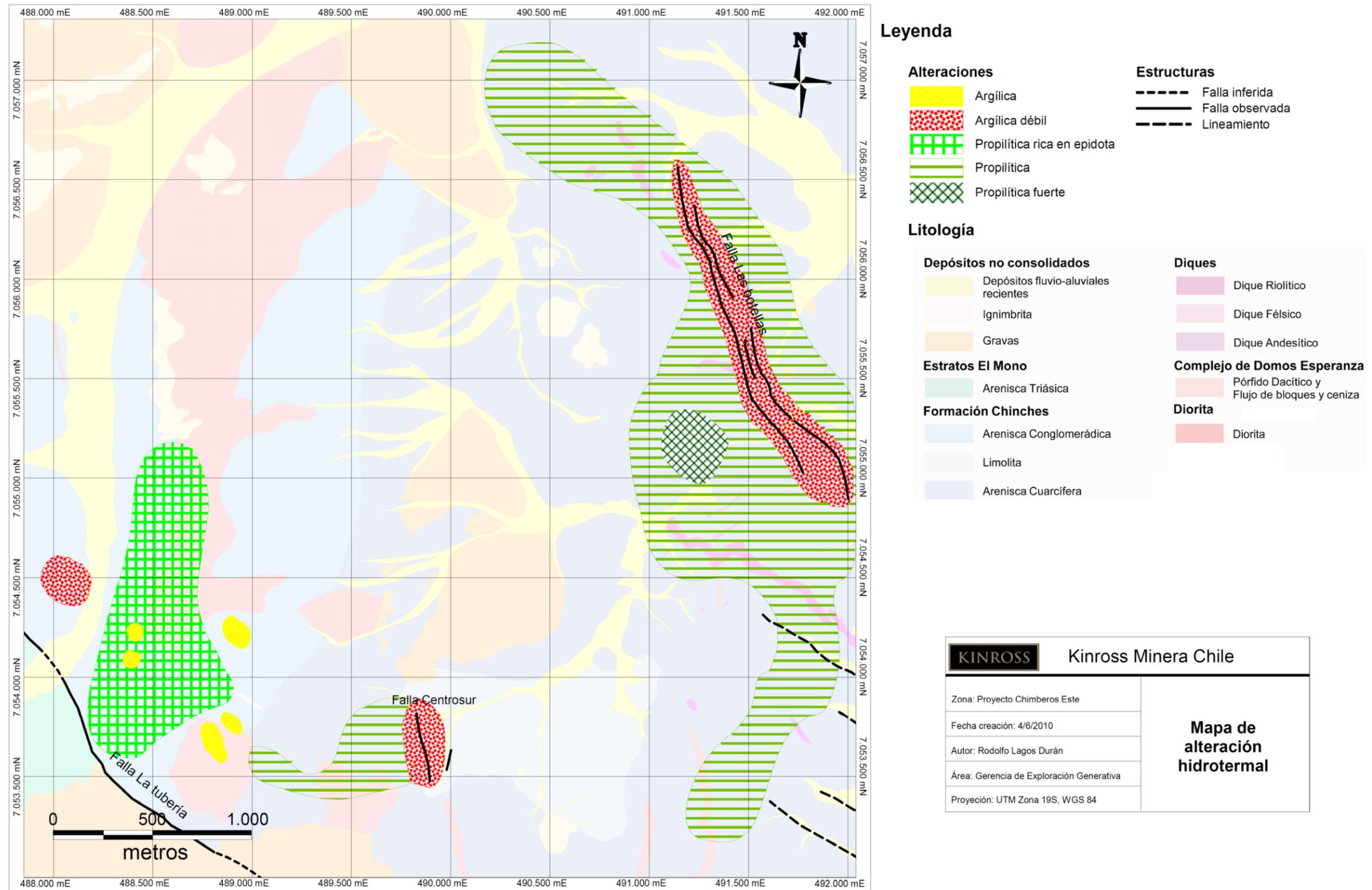


Figura 5.4 Mapa de alteración hidrotermal en el proyecto Chimberos Este.

5.5 Imagen hiperespectral

La anomalía de contraste para alunita, que fue una de las razones por las cuales se visitó por primera vez la zona, resultó ser una falsa anomalía de alteración hidrotermal. Esto en el sentido de que la alunita visible en la imagen hiperespectral está contenida en el material transportado por gravas miocenas y depósitos fluvio-aluviales recientes. No obstante, existe un rasgo de illita rica en aluminio cercano a un pequeño afloramiento de la unidad Arenisca Conglomerádica en el que fueron mapeadas vetillas bandeadas de cuarzo con óxidos de hierro (Figura 5.5).

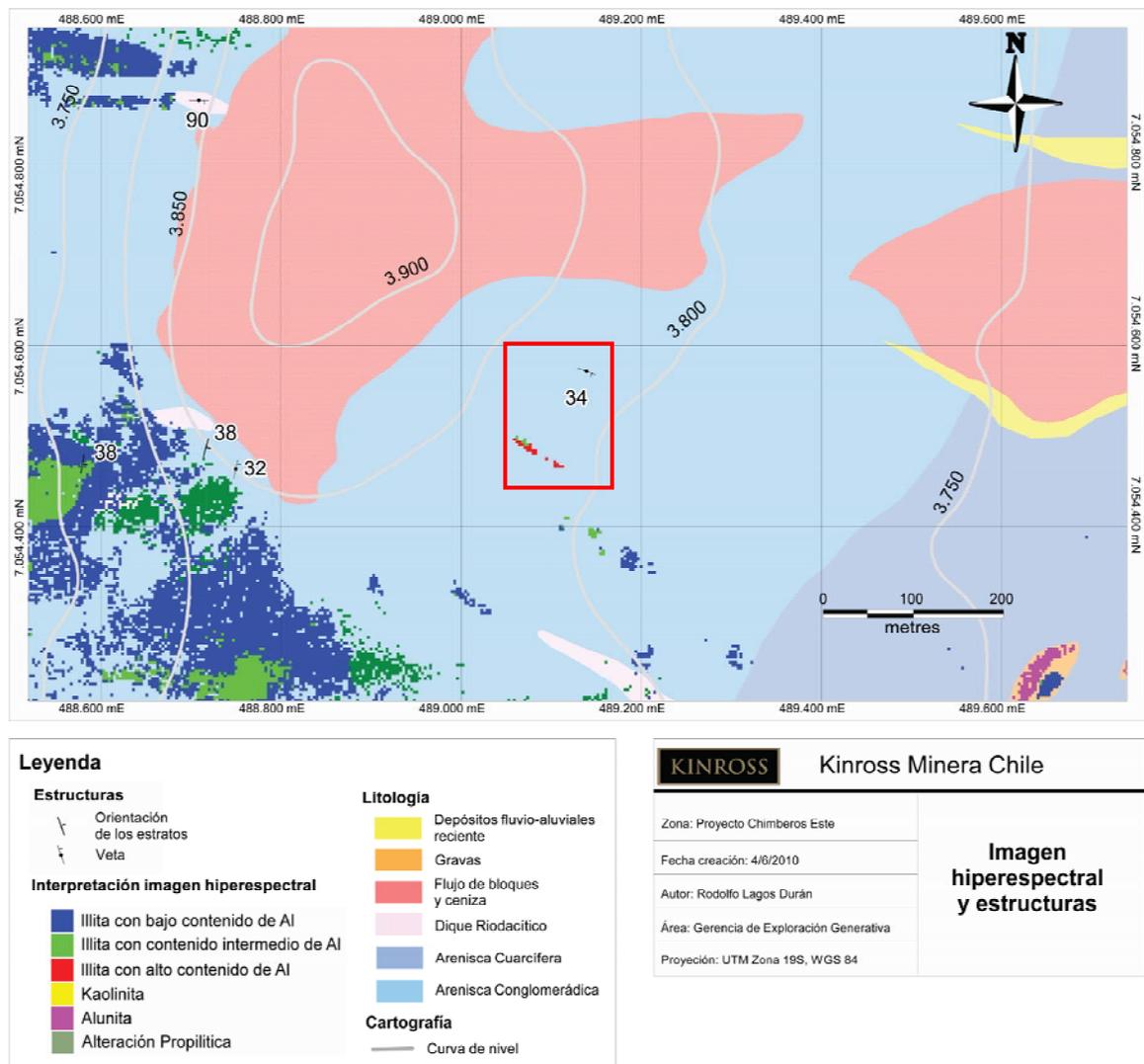


Figura 5.5 Imagen hiperespectral y estructuras en el sector suroeste del proyecto Chimberos Este. Se observa un rasgo de illita rica en aluminio cercana a un afloramiento de vetillas bandeadas inmediatamente al norte, ambos destacados en un cuadrángulo rojo.

5.6 Geoquímica

Las muestras de reconocimiento no mostraron nuevas zonas de interés en el sector este del proyecto. Esto a pesar de que el valor de Au más alto obtenido fue en esa área, con 1,125 ppm en rodados con vetillas de cuarzo lechoso con óxidos de hierro rellenando cavidades y en hilos. Se descartó la zona este, puesto que la mayoría de los resultados geoquímicos da valores bajos o en límite de detección. En el sector suroeste el valor más alto obtenido fue de 0,759 ppm en rodados de vetillas bandeadas de cuarzo cristalino (no coloidal) y óxidos de hierro.

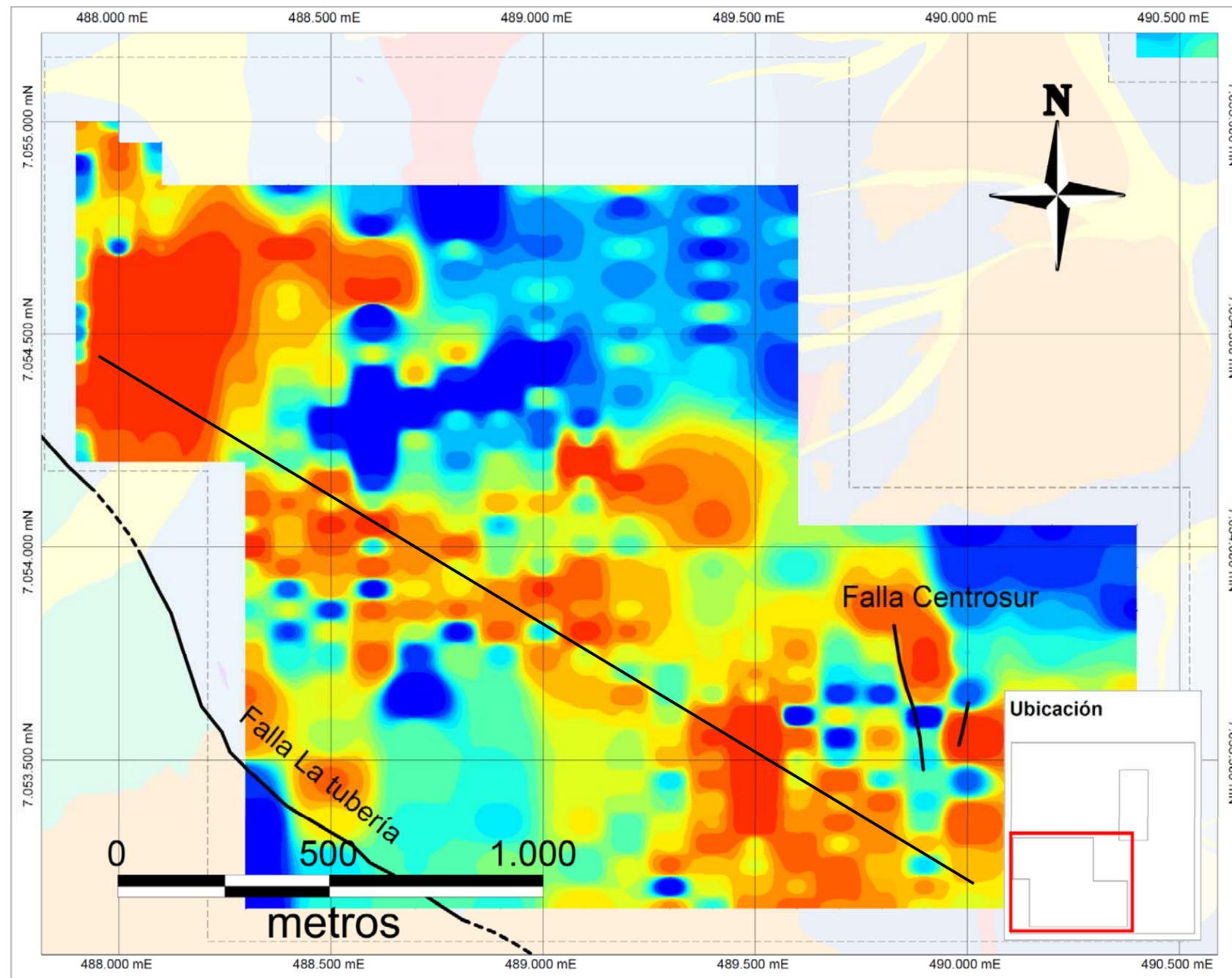
En la literatura se pueden encontrar varios conjuntos de elementos químicos de los que se han observado anomalías asociadas a mineralización de Au (Corbett, 2002; Hedenquist, 2000). Sin embargo, no es posible definir un grupo de elementos que siempre serán anómalos cuando ésta (Hedenquist, 2000). Por ello, es recomendable definir los elementos químicos a analizar en cada proceso de mineralización estudiado mediante métodos como el Análisis de Factores (AF).

El AF realizado a los resultados de los análisis químicos de las muestras de trinchera y de talud dio como resultado que los elementos de interés, o sea, aquellos asociados al Au en el proyecto Chimberos Este son:

Tabla 13 Factores obtenidos mediante Análisis de Factores para las muestras de trinchera y talud. F2 y F7 corresponden a los factores que contienen al Au entre sus elementos en las muestras de trincheras y de talud respectivamente.

Factor	Elementos químicos
<i>Trincheras</i>	
F2	Ag, Cu, Au, Pb, Mo, In, Cd, As, Sb, Mn, Zn
<i>Talud</i>	
F7	Cd, Zn, Ag, Au

Los valores más altos del factor F7 de las muestras de talud muestran una tendencia con orientación aproximada N60W (Figura 5.6), la cual coincide con la orientación de los lineamientos NW en las imágenes de la derivada NS del campo magnético total. También coincide con los afloramientos de la unidad Dique Riodacítico.



Leyenda

Escala de valores de factores



Estructuras

- Falla observada
- - - Falla

Litología

Depósitos no consolidados

- Depósitos fluvio-aluviales recientes
- Ignimbrita
- Gravas

Estratos El Mono

- Arenisca Triásica

Formación Chinchos

- Arenisca Conglomerádica
- Limolita
- Arenisca Cuarcífera

Diques

- Dique Andesítico

Complejo de Domos Esperanza

- Pórfido Dacítico y Flujo de bloques y ceniza

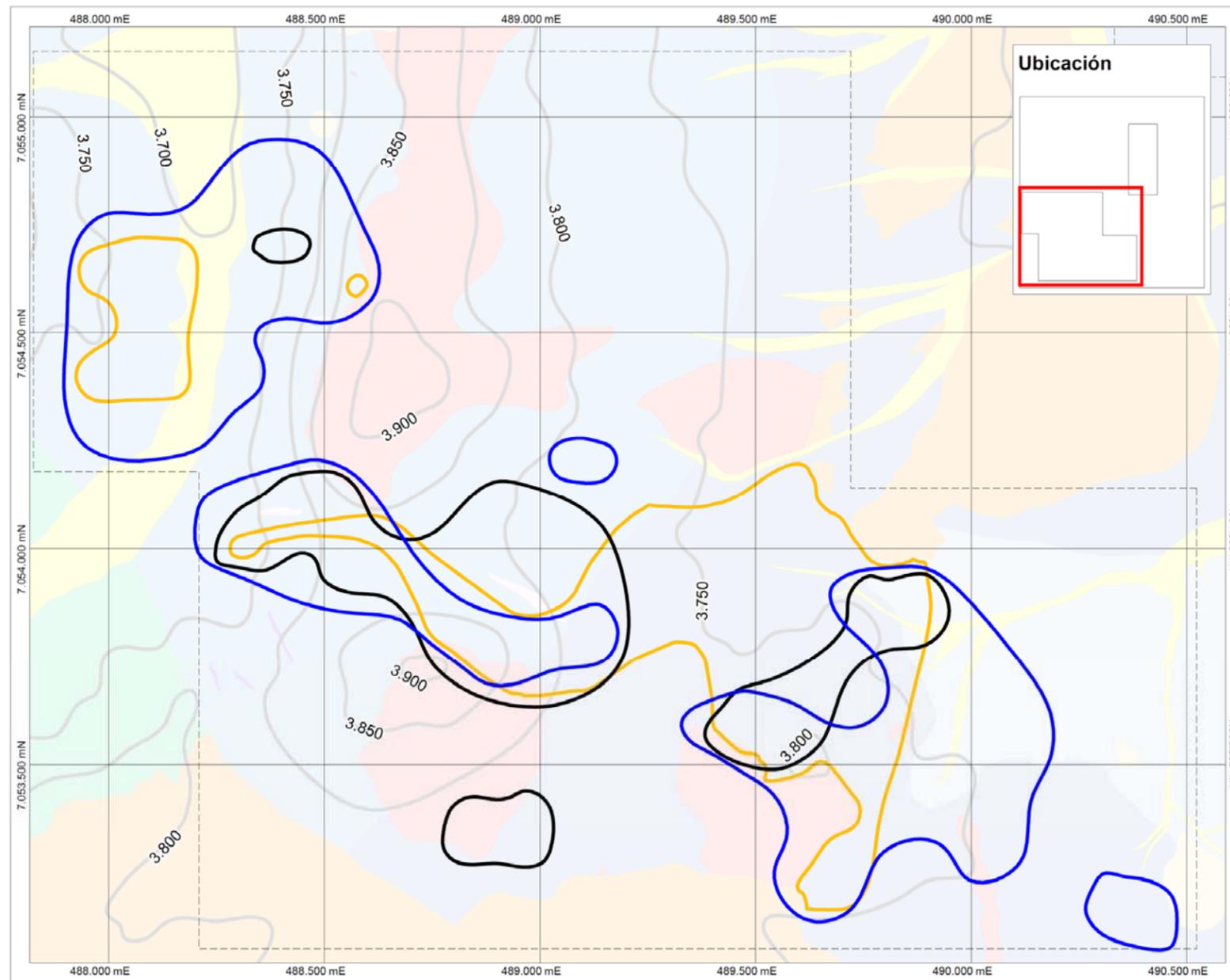
KINROSS Kinross Minera Chile	
Zona: Proyecto Chimberos Este	Mapa de F7 (Au, Ag, Cd, Zn) de la malla de talud
Fecha creación: 4/6/2010	
Autor: Rodolfo Lagos Durán	
Área: Gerencia de Exploración Generativa	
Proyección: UTM Zona 19S, WGS 84	

Figura 5.6 Distribución de los valores del F7 del análisis de factores de las muestras de talud. Se interpreta que existe una tendencia con orientación NW marcada por una línea negra.

Se consideró que los elementos asociados al Au son aquellos obtenidos para las muestras de trinchera, puesto que la calidad de ellas (*chips*) entrega una mayor confianza que el registro en la roca del proceso de mineralización de Au está mejor preservado que en las muestras de talud.

El estudio de estadística básica de los elementos de interés mostró que el Au, Ag, As, Cd, Pb, Sb y Zn tienen concentraciones promedio mayores en Chimberos Este que en la corteza terrestre, mientras que el Cu, In, Mo y Mn tienen concentraciones promedio menores. Se puede ver que a pesar de que estos últimos cuatro elementos tienen un comportamiento geoquímico similar al Au, no constituyen anomalías de contraste respecto a las concentraciones promedio de la corteza.

Mediante el estudio de poblaciones en los elementos de interés para la malla de talud se determinaron las concentraciones anómalas para cada uno de ellos según la litología en la que fue tomada la muestra. En la Figura 5.7 se puede observar la zonación de las muestras con valores anómalos respecto a los valores umbrales locales en el sector suroeste del área de estudio. En la imagen se puede apreciar que las zonas anómalas de oro, plata y el conjunto del resto de los elementos de interés tienen una distribución controlada por el movimiento del talud en el sentido de máxima pendiente de la topografía. Se excluyó la zona noreste puesto que no se observó ninguna anomalía de Au o Ag. Estos resultados sugieren que la única zona de interés es el sector suroeste del proyecto.



Leyenda

Zonación de los elementos

- Au
- Ag
- As+Cd+Cu+In+Mn+Mo+Pb+Sb+Zn

Cartografía

- Curva de nivel
- Límite

Litología

Depósitos no consolidados

- Depósitos fluvio-aluviales recientes
- Ignimbrita
- Gravas

Estratos El Mono

- Arenisca Triásica

Formación Chinchis

- Arenisca Conglomerádica
- Limolita
- Arenisca Cuarfifera

Diques

- Dique Andesítico

Complejo de Domo Esperanza

- Pórfido Dacítico y Flujo de bloques y ceniza

KINROSS Kinross Minera Chile	
Zona: Proyecto Chimberos Este	Mapa de la zonación de los elementos de interés
Fecha creación: 4/6/2010	
Autor: Rodolfo Lagos Durán	
Área: Gerencia de Exploración Generativa	
Proyección: UTM Zona 19S, WGS 84	

Figura 5.7 Mapa de zonación de los elementos de interés (Au, Ag, As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn) en la zona suroeste del proyecto Chimberos Este.

Se observa que la dispersión espacial de los elementos está controlada por el movimiento del talud desde mayor a menor altitud geográfica. Cabe mencionar que las zonas destacadas para el As, Cd, Cu, In, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn son aquellas en que al menos tres de estos elementos presentan anomalías en sus concentraciones. Las anomalías de contraste varían entre unidades litológicas y sus valores están detallados en la sección de estadística de poblaciones del capítulo 4 "Geoquímica".

5.7 Comparación entre Chimberos Este y Esperanza

En Chimberos Este no se observan las rocas Triásicas que cubren a las rocas sedimentarias Paleozoicas en Esperanza, lo que se interpreta como una evidencia de mayor erosión en el área de estudio respecto a Esperanza. Además, Chimberos Este se encuentra a una mayor distancia del centro del Complejo Volcánico Cerros Bravos que Esperanza. Si el desarrollo de este complejo volcánico fue el responsable de la mineralización en el Distrito Esperanza, entonces Chimberos Este está ubicado en la periferia de sistema que habría causado la mineralización.

Tanto los lineamientos magnéticos, las fallas observadas en superficie, las anomalías de los elementos de interés y las vetillas bandeadas de cuarzo y óxidos de hierro presentan una orientación NW. Esta orientación es similar a la de las estructuras que controlan la mineralización en Esperanza, ubicado a 7 Km al oeste en el sector del ex prospecto Esperanza. También comparten el hecho de que las rocas que hospedan la mineralización son cuarcitas y metasedimentitas Paleozoicas (Cuitiño et al. 1994). Sin embargo, la alteración hidrotermal es totalmente distinta en ambos. Esperanza presenta una notable anomalía de color, producto de una intensa silicificación, presencia de alunita, jarosita y limonitas (Cuitiño et al. 1994), a diferencia de Chimberos Este, donde la alteración está limitada al entorno de estructuras e intrusivos. Según Cuitiño et al. (1994), el sector de Esperanza presenta características similares a la de los sistemas epitermales de alta sulfuración.

5.8 Modelo geológico de yacimiento

Entre las vetillas mapeadas destacan tres tipos, de cuarzo lechoso con óxidos de hierro rellenando cavidades, bandeadas de cuarzo con óxidos de hierro y de cuarzo con oxidados de cobre. El ambiente de mineralización sugerido por el primer tipo de vetillas puede interpretarse de dos formas. La primera, es que se trate de un ambiente de baja sulfuración interpretado en base al escaso contenido de óxidos de hierro (parte del cual fue originalmente sulfuros) en las vetillas (<20%, Camprubí et al., 2003). La segunda, también basada en el escaso contenido de óxidos de hierro/sulfuros, es que se trate de la parte profunda de un sistema epitermal. El segundo de vetillas son aquellas bandeadas, que aunque no son

coloidales como las típicas vetillas bandeadas de los pórfidos auríferos de la Franja de Maricunga, sugieren un ambiente de formación de ese tipo. El bandeamiento de las vetillas muestra que estas fueron formadas en varios eventos de liberación de fluidos hidrotermales. Por último, solo se encontró un afloramiento con una vetilla de óxido de cobre y cuarzo, lo que sugiere que probablemente la mineralización de Cu solo corresponde a una fase dentro del proceso de mineralización de Au de Chimberos Este.

La alteración restringida a las estructuras sugiere una baja razón agua/roca propia de los depósitos epitermales de baja sulfuración (Camprubí et al., 2003), aunque también se reconoce la influencia de la litología en la distribución de la alteración. Otra posibilidad es que se trate de un ambiente de pórfido donde la fuente magmática de mineralización es pobre en fluidos hidrotermales.

De los once elementos identificados en el análisis de factores el Au, Ag, As, Cu, Mo, Pb, Sb, Zn se asocian tanto a depósitos epitermales de baja como de alta sulfuración (Camprubí et al., 2003), mientras que el As, Cu, Mo, Pb, Sb, y Zn también son característicos de yacimientos tipo pórfido de Cu-Mo. Por otra parte, el In es el principal elemento de mena en el proyecto polimetálico Pingüino ubicado en el Macizo del Deseado en Argentina (Hicks et al., 2008) y la mina Toyoha en Japón (Ohta, 2000). En el proyecto Pingüino el grupo de elementos químicos asociados a la mineralización es Au, Ag, Cu, In, Pb y Zn (Hicks et al., 2008), la cual es similar a la encontrada en Chimberos Este. Sin embargo, las concentraciones de In en estos proyectos son uno o más órdenes de magnitud superiores a las encontradas en Chimberos Este.

En la Franja de Maricunga, en general se distinguen dos tipos de yacimientos de Au: pórfidos de oro y cobre como Maricunga o Lobo Marte, y epitermales de alta sulfuración como La Coipa y Esperanza. Finalmente, se puede decir que las características descritas para Chimberos Este dan la posibilidad a dos modelos geológicos hipotéticos para la mineralización encontrada en él:

1. Zona profunda de un sistema epidermal de baja sulfuración en base a una baja razón agua/roca en el proceso de alteración hidrotermal; control estructural de la alteración

hidrotermal; vetillas de cuarzo lechoso con bajo contenido de óxidos/sulfuros de hierro; elementos de interés característicos de depósitos epitermales; mayor erosión de las unidades litológicas que en Esperanza; mayor distancia al centro volcánico del Complejo Cerros Bravos.

2. Ambiente de pórfido aurífero en la zona de la roca de caja de un intrusivo que no aflora en base a la existencia de vetillas bandeadas de cuarzo con óxidos de hierro y elementos químicos anómalos afines a los yacimientos de este tipo. En este caso se trataría de un ambiente porfídico pobre en fluidos hidrotermales debido a la escasa alteración hidrotermal.

En la Franja de Maricunga no se han encontrado depósitos de baja sulfuración hasta ahora. Sin embargo, dadas las características mencionadas en el punto 1 no es posible descartar esa posibilidad.

Un modelo propuesto para los yacimientos de oro es el publicado por Corbett (2009), el cual se muestra en la Figura 5.8. En este modelo, la mineralización encontrada en Chimberos Este se ubicaría en la parte profunda de la zona epitermal o cerca del contacto de un pórfido aurífero.

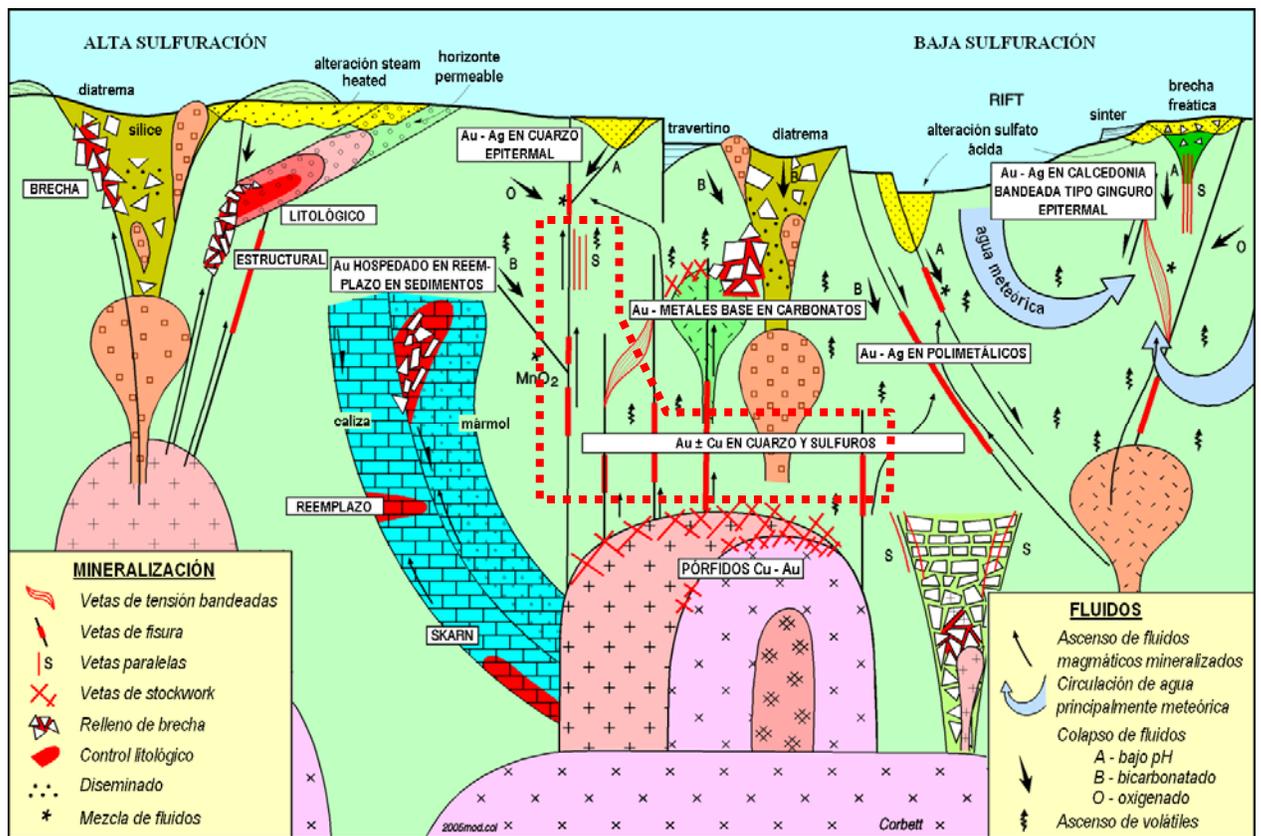


Figura 5.8 Modelo de yacimientos epitermales (modificado de Corbett, 2009).

La mineralización encontrada en Chimberos Este se interpreta como formada en la zona indicada por la línea punteada roja.

5.9 Blancos de perforación

Finalmente, los blancos de perforación que se proponen en la Figura 5.9 se han determinado en función de rasgos geológicos favorables a la mineralización de Au como alteración, zonas de anomalías en las muestras de la malla de talud, lineamientos magnéticos en la imagen de derivada NS, tipo de relleno y densidad de vetillas y rodados de vetillas.

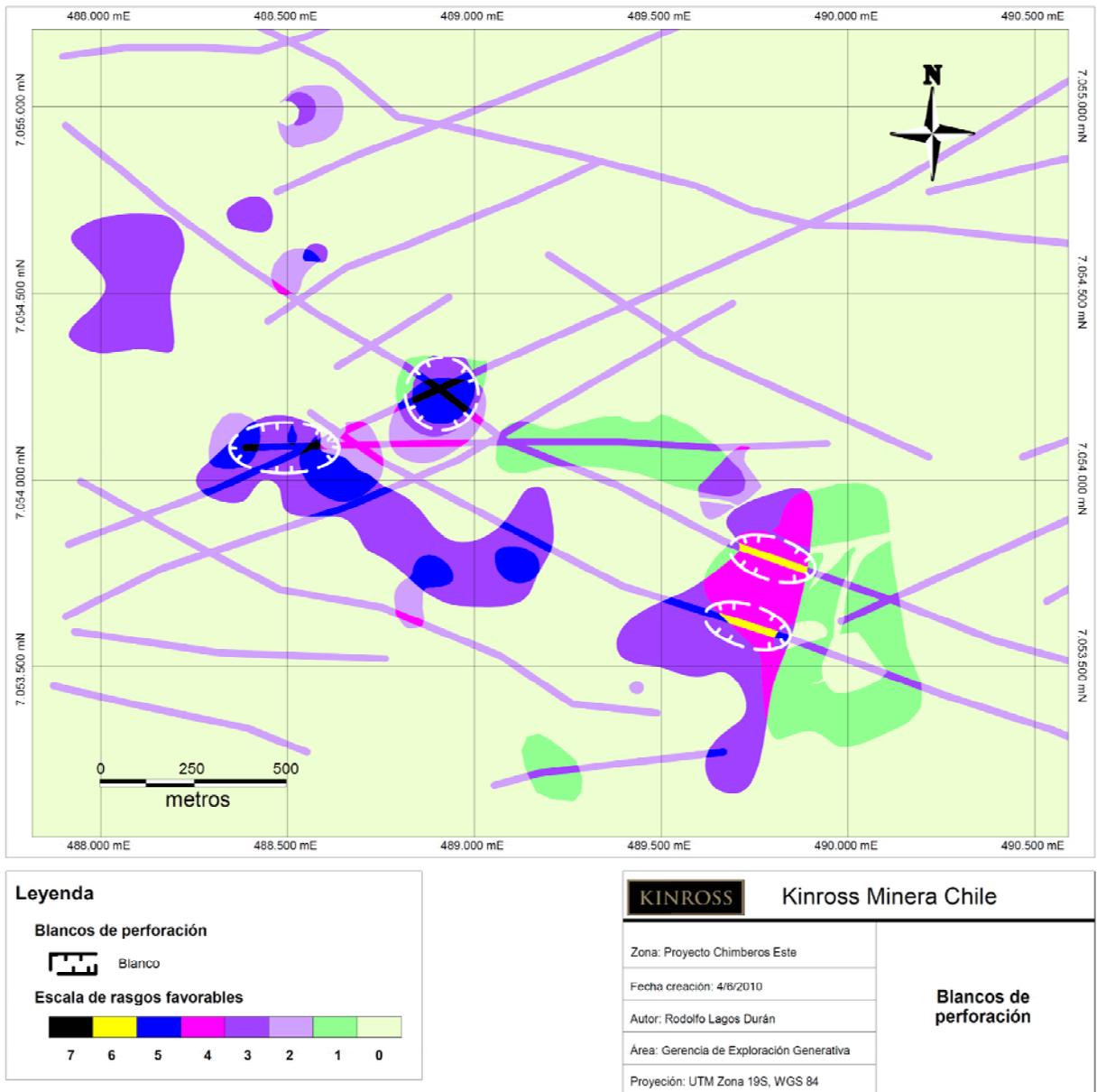


Figura 5.9 Blancos de perforación en el proyecto Chimberos Este.

Los blancos de perforación se han definido en base a rasgos geológicos favorables a la mineralización de Au como alteración, zonas de anomalías en las muestras de la malla de talud, lineamientos magnéticos en la imagen de derivada NS, tipo de relleno de vetillas, densidad de vetilleo y rodados de vetillas.

Entre los rasgos geológicos favorables se discriminó la importancia de la información que cada uno de ellos entrega asignando distinto valor a la hora de ponerlos en el mapa (Tabla 14). Por ejemplo, se consideró que la información de las anomalías en la malla de talud es más

valiosa que la de los rodados de vetillas. Cada polígono mostrado en la Figura 5.9 es la intersección de los rasgos favorables en el área que cubren y representa la suma de los valores de los mismos.

Tabla 14 Tabla de valoración de rasgos favorables a la mineralización de Au.

Rasgo	Valor
Malla de talud	3
Alteración	2
Lineamientos magnéticos	2
Relleno de vetillas	2
Densidad de vetilleo	1
Rodados de vetillas	1

La Figura 5.9 muestra solo el área suroeste del proyecto porque es la zona del proyecto donde se concentran los rasgos considerados como favorables para la mineralización de Au.

Las zonas de alteración consideradas son aquellas que presentan arcillas y epidota en las alteraciones argílica y propilítica rica en epidota, respectivamente. Las zonas de anomalías en la malla de talud son aquellas con al menos dos de las tres zonas anómalas definidas (Au, Ag y el resto de los elementos de interés). Los lineamientos magnéticos usados son los identificados en la imagen de la derivada NS del campo total. El tipo de relleno considerado favorable es el de cuarzo con óxidos de hierro bandeados. Las zonas con alta densidad de vetilleo son aquellas con más de 10 vetillas por metro lineal. Finalmente, los rodados de vetillas son los de vetillas bandeadas de cuarzo con óxidos de hierro.

6 Conclusiones

Debido a las edades absolutas de los intrusivos mapeados en Chimberos Este, se concluye que la mineralización de Au observada en él pudo haber sido generada durante un amplio rango de tiempo geológico comprendido entre el Carbonífero Superior y el Plioceno.

Las fallas y los lineamientos magnéticos de las rocas en Chimberos Este presentan una orientación preferente NW similar a la propuesta como controladora de la mineralización en Esperanza. Solo en la falla Las Botellas se observa el sentido de movimiento relativo de los bloques, el cual es de rumbo en sentido posiblemente dextral y con un desplazamiento de aproximadamente 2 Km debido a la distribución espacial de la unidad Gravas.

La alteración hidrotermal está limitada a las estructuras y los cuerpos intrusivos, lo que se interpreta como un evento de alteración caracterizado por una baja razón agua/roca y baja temperatura. Además, se reconoce una baja permeabilidad primaria de las rocas debido a una buena selección del tamaño de grano, y una baja reactividad de los fluidos con las mismas debido a un alto contenido de cuarzo en ellas. Este tipo de alteración, estructuralmente controlado, con baja razón agua/roca y temperatura es propio de los sistemas de baja sulfuración. Por otro lado, la existencia de afloramientos y rodados con vetillas bandeadas de cuarzo y óxidos de hierro sugiere que el sistema hidrotermal es de tipo pórfido, similar a los sistemas de los pórfidos auríferos como Lobo Marte o Maricunga. La existencia de rasgos de un sistema de epitermal de baja sulfuración y de un ambiente tipo pórfido deja abierto dos modelos para el proyecto Chimberos Este: que se trate de la superposición de dos eventos de alteración hidrotermal/mineralización de distintas edades o que el nivel de exposición del sistema de alteración hidrotermal/mineralización sea el de transición entre un ambiente tipo pórfido y otro de epitermal de baja sulfuración. El modelo geológico que se defina determinará el volumen mineralizado que se pretenda encontrar, y por consiguiente influirá en la evaluación económica del proyecto.

La anomalía de alunita observada en el área del proyecto Chimberos Este resultó ser falsa, en el sentido a que no corresponde a alteración en afloramientos de roca, sino a alteración en fragmentos de roca transportados de la unidad Gravas.

Del Análisis de Factores se interpreta que las concentraciones de Au tienen una variación similar a las de Ag, As, Cd, Cu, In, Mo, Mn, Pb, Sb y Zn en el proyecto, tanto en las muestras de la malla de talud como en las muestras de trinchera. Todos estos elementos se asocian al/a los evento/eventos de mineralización aurífera en Chimberos Este y son considerados de interés en la prospección de oro en el proyecto.

En base a la distribución en planta de las anomalías de contraste local de los elementos de interés, los lineamientos magnéticos en la imagen de la derivada NS del campo total, la alteración hidrotermal de las rocas, los tipos de relleno de vetillas en afloramiento y rodados, y la densidad de vetillas por metro lineal se definen 4 blancos de perforación para mineralización de Au (Figura 5.9). Todos ellos se ubican en el sector suroeste del proyecto. En estos blancos se es

7 Recomendaciones

Se recomienda realizar trincheras por sobre los blancos que no tengan alguna de las campañas anteriores, y muestrearlas sistemáticamente para geoquímica. Los valores de las concentraciones que se obtengan deberían corroborar las anomalías que se han interpretado.

Si la geoquímica de de las nuevas trincheras sobre los blancos de perforación confirman el interés económico de los mismos, se recomienda realizar los sondajes que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15 Blancos de perforación y sondajes propuestos asociados.
Los blancos y sondajes están ordenados de oeste a este.

Sondaje	Blanco		Collar sondaje				
	Este	Norte	Este	Norte	Azimut	Inclinación	Largo
CHRC001	488605,26	7054431,12	488630,26	7054474,42	210	60	300
CHRC002	488776,86	7054433,65	488801,86	7054476,95	210	60	300
CHRC003	489112,49	7054585,06	489137,49	7054628,36	210	60	300
CHRC004	489940,23	7053949,12	489965,23	7053992,42	210	60	300
CHRC005	490005,84	7054130,82	490030,84	7054174,12	210	60	300

Se recomienda efectuar sondajes del tipo aire reverso, debido a que se pretende realizar una evaluación temprana de recursos. La ubicación de los collares de los sondajes propuestos fue calculada para interceptar cada blanco a los 100 m de perforación. El largo de los sondajes propuestos es de 300 m con el fin de atravesar completamente los blancos identificados. El azimut e inclinación propuestos permite interceptar la mayor parte de las estructuras identificadas en terreno y en los datos geofísicos.

Para definir con mayor exactitud el modelo geológico de yacimiento se recomienda realizar un estudio de inclusiones fluidas en las vetas mineralizadas de cuarzo con óxidos de hierro, con y sin bandeamiento. Los resultados de este estudio permitirían establecer la temperatura de formación de las inclusiones y determinar si estas se formaron en el ambiente cercano a un pórfido por consiguiente de alta temperatura, o si bien a un ambiente somero de menor temperatura que el primero como podría ser el de un epitermal de baja sulfuración. Esta

definición a su vez entregaría una mejor idea del volumen de mineralización potencial del proyecto Chimberos Este, puesto que si se trata de un epitermal de baja sulfuración se esperaría encontrar mineralización de menor volumen a la de un pórfido. En el primer caso la mineralización estaría limitada a estructuras, mientras que si se trata de un ambiente de pórfido el volumen potencial mineralizado es mayor y corresponde a la roca de caja mineralizada y los pórfidos tempranos e intraminerales que puedan existir.

8 Referencias

- Bell, C., 1985, The Chinchas Formation, an early Carboniferous lacustrine succession in the Andes of Northern Chile: *Revista Geológica de Chile*, v. 24, pp. 29-48.
- Cabrera, A. y Willink, A., 1973, Biogeografía de América Latina. Monografía N°13, Serie Biología, O.E.A. 120 pp.
- Cahill, T., 1990, Earthquakes and tectonics of the Central Andean Subduction Zone: PhD. Thesis, pp. 1-225, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Callan, N., 2009, Memorandum interno de Kinross Minera Chile Limitada. Nick Callan es geólogo consultor que durante años ha realizado trabajos para Kinross.
- Camprubí, A., González-Partida, E., Levresse, G., Tritlla, J., Carrillo-Chávez, A., 2003, Yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo LVI, núm. 1, pp. 10-18.
- Charrier, R., Pinto, L. y Rodríguez, M., 2007, Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile: In: Moreno, T. & Gibbons, W. (eds), *The Geology of Chile*. The Geological Society, London, pp. 21–114.
- Corbett, G., 2002, Epithermal gold for explorationists: *Australian Institute of Geoscientist Journal*, 26 pp.
- Corbett, G., 2009, Geological models on epithermals-porphyry exploration: Terry Leach legacy: *Geological Society of Australia, Economic Geology Specialist Group Newsletter*.

- Corbett, G.J., and Leach, T.M., 1998, Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralisation: *Economic Geology*, Special Publication 6, 238 pp.
- Cornejo, P., Mpodozis, C., Ramirez, C. y Tomilson, A., 1993, Estudio geológico de la región de Potrerillos y El Salvador: Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN, v. 1. Informe Registrado IR-93-01.
- Cuitiño, L., Moscoso, R., Maksaev, V., 1994, Aspectos mineralógicos y termométricos del prospecto Espezanza – Cerros Bravos, Maricunga, III Región, Chile: 7° Congreso Geológico Chileno, actas vol. II, pp. 771–775.
- Davidson, J., Mpodozis, C., 1991, Regional geologic setting of epithermal gold deposits, Chile: *Economic Geology*, v. 86 (6), pp. 1174-1186.
- Farrar, E., Clark, A., Haynes, S., Quirt, G., Zentelli, M., 1970, K-Ar evidence for the migration of granitic intrusion foci in the Andes of Northern Chile: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 10, pp. 60-66.
- Frutos, P., 2008, Proyecto Chimberos Este, Kinross Informe interno.
- Gamonal, S., 2007, Exploración minera del distrito Pantanillo, Franja de Maricunga, Región de Atacama, Memoria de título, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 119 pp.
- García, F., 1967, Geología del Norte Grande de Chile: Sociedad Geológica de Chile: Symposium sobre Geosinclinal Andino: p. 1-138.
- Gustafson, L., Hunt, J., 1975, The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile: *Economic Geology*, v. 70, pp. 857-912.
- Hedenquist, J., 2000, Exploration for Epithermal Gold Deposits: *Economic Geology Review*, c. 13, pp. 245-277.

- Hicks, K., Guido, D., Jovic, S., 2008, Proyecto polimetálico de Indio Pingüino [en línea], Macizo del Deseado, Argentina, <http://www.argentexmining.com/files/Argentex%20Pinguino%20Project%20Abstract_Roundup%202008%20%20ESPANOL%20WEB%20FINAL.pdf>, [consulta 23 de junio de 2010].
- Jordan, J., 2009, Ground Magnetic Surveys conducted at the Chimberos Project Region III, Chile, Argali Geofísica E.I.R.L: Reporte interno de Kinross Minera Chile Ltda.
- Kay, S., Maksaev, V., Mpodozis, C., Moscoso, R., Nasi, C., 1987, Probing the Andean Lithosphere: Mid-Late Tertiary magmatism in Chile (29°-30,5°S) over the zone of subhorizontal subduction: *Journal of Geophysical Research*, v. 92, p. 6173-6189.
- Kay, S., Mpodozis, C., Ramos, V., Munizaga, F., 1991, Magma source variations for Mid-Tertiary magmatic rocks associated with a shallowing subduction zone and a thickening crust in the Central Andes (28°-33°S): *Geological Society of America, Special Paper 265*, pp. 113-137.
- Levinson, A., 1974, *Introduction to exploration geochemistry*: Applied Publishing Ltd., Calgary, 611 pp.
- Maksaev, V., Zentilli, M., 1988, Marco metalogénico regional de los mega depósitos de tipo pórfido cuprífero del Norte Grande de Chile: V Congreso Geológico Chileno, Actas: pp. B181-212.
- Mercado, M., 1982, Hoja Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama: Servicio de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile N° 56 (1:250.000), pp. 1-24.
- Mpodozis, C., Allmendinger, R., 1992, Extensión cretácica a gran escala y napas extensionales en la Precordillera de Copiapó, la región de Puquios-Sierra Fraga, región de Atacama, Chile: VI Congreso Geológico Chileno, Actas, pp. 208-212.

- Mpodozis, C., Allmendinger, R., Jordan, R., 1991, La zona del Nevado de Jotabeche y Laguna del Negro Francisco: evolución tectónica y volcánica de la extremidad meridional del Altiplano Chileno: VI Congreso Geológico Chileno, Actas, pp. 91-95.
- Mpodozis, C., Davidson, J., 1979, Observaciones tectónicas en la Precordillera de Copiapó: El sector de Puquios, Sierras La Ternera y Varillar: II Congreso Geológico Chileno, actas, v. I, pp. B111-B145.
- Mpodozis, C., Kay, S., 1992, Late Paleozoic to Triassic evolution of the Pacific Gondwana margin: evidence from Chilean Frontal Cordillera batholiths: Geological Society of America Bulletin, v. 104, p. 999 - 1014 .
- Müller, G., Perelló, L., 1982, Geología regional y bioestratigrafía del Jurásico marino al occidente del Salar de Pedernales (26°15'-26°24' S, 69°15'-69°30'W). Región de Atacama, Chile, Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Memora para Optar al título de geólogo, pp. 1-316.
- Muñoz, J., 1984, Geología de la Hoja Potrerillos (1:100.000): Informe de Avance de la Hoja el Salvador (1:250.000) Región de Atacama, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe inédito, pp 1-64.
- Muñoz, J., 1986, Geología de la Hoja Potrerillos (1:100.000): Informe de Avance de la Hoja el Salvador (1:250.000) Región de Atacama, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe inédito, pp 1-30.
- Niemeyer y Cereceda, 1984, Hidrografía: Colección de Geografía de Chile, Tomo VIII. Instituto de Geográfico Militar, 319 pp.
- Ohta, E., 2000, Toyoha mine the largest indium producer in the world [en línea], < <http://staff.aist.go.jp/ohta-e/toyoha.htm> >, [consulta 23 de junio de 2010].

- Olson, S., 1983, Geology of the Potrerillos district, Atacama, Chile: PhD Thesis, pp 1-190, Stanford University, California.
- Oviedo, L., Fuster, N., Tschischow, N., Ribba, L., Zuccone, A., Grez, E. y Aguilar, A., General geology of La Copia precious metal deposit, Atacama, Chile: *Economic Geology*, v. 86, pp 1287-1300.
- Pardo-Casas, F., Molnar, P., 1987, Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since Late Cretaceous time: *Tectonics*, v. 6, pp. 233-248.
- Pilger, R., 1984, Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: Southplate reconstruction: American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 9, pp. 113-125.
- Reutter, K., Scheuber, E., Helmcke, D., 1991, Structural evidence of orogen-parallel strike slip displacements in the Precordillera of northern Chile: *Geologische Rundschau*, v. 80(1), pp. 135-153.
- Sillitoe, R.H. 1999, Styles of High-Sulphidation Gold, Silver and Copper Mineralisation in Porphyry and Epithermal Environments in Pacrim '99 Proceedings, Bali, Indonesia; The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, pp. 29-45.
- Titley, S., Beane, R., 1981, Porphyry Copper Deposits: Part I. Geologic Settings, Petrology, and Tectogenesis: *Economic Geology*, 75th Anniversary Volume, pp. 214-269.
- Tobar, A., 1977, Stratigraphy and structure of the El Salvador-Potreriillos region, Atacama, Chile, PhD Thesis, p. 1-153, University of California, Berkeley.
- Vila, T., Sillitoe, R., 1991, Gold-rich porphyry systems in the Maricunga Belt, northern Chile: *Economic Geology*, v. 86, pp. 1238-1260.
- Vila, T., Sillitoe, R., 1991, Gold-rich porphyry systems in the Maricunga Belt, Northern Chile: *Economic Geology*, v. 86 (6), pp. 1238-1260.

Zentili, M., 1974, Geological evolution and metallogenetic relationships in the Andes of Northern Chile between 26° and 29° south: PhD Thesis, pp 1-460, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.