

Tabla de Contenido

1. Introducción	9
1.1 Objetivo General	10
1.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Hipótesis de trabajo.....	10
1.4 Zona de estudio: Ubicación y accesos	11
1.5 Alcances.....	12
1.6 Metodología general.....	12
1.6.1 Selección del tipo de depósito mineral a buscar	12
1.6.2 Colección de datos	14
1.6.3 Definición de las características del depósito mineral	14
1.6.4 Selección de criterios de exploración	15
1.6.5 Generación de mapas predictivos	16
1.6.6 Integración de mapas predictivos	16
1.6.7 Validación	17
2. Antecedentes de la zona de estudio	18
2.1 Unidades geológicas	18
2.1.1 Unidades estratificadas.....	20
2.1.2 Unidades intrusivas	27
2.2 Geología estructural	30
2.3 Marco metalogénico	33
2.4 Yacimientos de cobre en la zona de estudio	35
2.4.1 Cerro Colorado	35
2.4.2 Otros yacimientos de cobre en la zona de estudio	37
3. Características de pórfidos cupríferos en Chile y el mundo	40
4. Base de datos de exploración coleccionada	43
5. Selección de criterios de exploración y generación de mapas predictivos	45

5.1 Unidades geológicas como roca huésped de mineralización	45
5.2 Datos aeromagnéticos	47
5.3 Litogeoquímica regional	51
5.3.1 Sector franja Paleoceno – Eoceno Inferior	53
5.3.2 Sector franja Eoceno Medio – Oligoceno	56
5.3.3 Datos atípicos	57
5.4 Estructuras	59
5.4.1 Fallas	59
5.4.2 Pliegues	60
5.5 Alteración hidrotermal	63
5.6 Yacimiento exótico sin fuente reconocida de cobre	65
5.7 Cercanía a sondajes exploratorios y muestras geoquímicas	66
6. Integración de mapas predictivos y validación del modelo	68
6.1 Mapas predictivos a imágenes raster	68
6.2 Asignación de pesos a las clases de los mapas predictivos	68
6.3 Asignación de pesos relativos porcentuales a los mapas predictivos	71
6.4 Integración de mapas predictivos por superposición ponderada	71
6.5 Definición de valores de umbral para el mapa prospectivo	74
6.6 Validación con pórfidos cupríferos conocidos	76
7. Discusión	77
7.1 Metodología en general	77
7.2 Específicos del caso de estudio	77
7.3 Características zonas de alto potencial	78
7.3.1 Características zona alto potencial de exploración “Oeste”	80
7.3.2 Características zona alto potencial de exploración “Este”	80
8. Conclusiones	82
9. Recomendaciones y consideraciones	83
9.1 Sobre metodología en general	83
9.2 Específicos del caso de estudio	83
10. Bibliografía	84

Índice de Figuras

Figura 1.1: Distintos mapas predictivos de diferentes variables geocientíficas son analizados e integrados para crear un mapa prospectivo de potencial de hallazgo de un depósito mineral (Modificado de Barnett & Kowalczyk, 2007).....	9
Figura 1.2: Ubicación y accesos de la zona de estudio.....	11
Figura 1.3: Esquema generalizado de la metodología utilizada.	12
Figura 1.4: Tipos de contextos geotectónicos junto con metales, minerales o hidrocarburos asociados(Barra, 2016).	13
Figura 1.5: Ejemplo de metodología generalizada. Los datos geocientíficos son utilizados en conjunto con los criterios de exploración y el conocimiento experto para generar dos mapas predictivos (Distancia Fallas y Anomalías magnéticas). Luego, estos dos mapas predictivos son integrados para crear el mapa prospectivo (Modificado de Barnett & Kowalczyk, 2007).	14
Figura 1.6: Tres factores para definir un criterio de exploración.....	16
Figura 2.1: Mapa geológico de la zona de estudio junto a nombres geográficos y relieve DEM de Shaded Relief con inclinación 45° y azimuth 0°. Compilación de unidades y estructuras geológicas de Morandé et al., 2015; Gardeweg & Sellés, 2013; Tomlinson et al., 2015 y Selles et al., 2016. Perfiles geológicos de carta Guaviña (Morandé et al., 2015).	19
Figura 2.2: Depósitos minerales en puntos con sus respectivos colores representando las franjas metalogénicas del Norte de Chile. Zona de estudio enmarcada en rectángulo de borde negro (COCHILCO, 2016).....	34
Figura 2.3: Sección en planta del yacimiento Cerro Colorado del nivel 2400, indicando la distribución y los tipos de alteraciones presentes (Hoffmann, 2012).....	35
Figura 2.4: Sección en planta del yacimiento Cerro Colorado del nivel 2400, indicando la distribución y los tipos de mineralización presentes (Hoffmann, 2012). Verde (Óxidos): Minerales oxidados de cobre. Rojo (Sulfuros): Sulfuros secundarios de cobre. Rosado (Hipógeno): Sulfuros hipógenos de cobre.	36
Figura 5.1: Mapa geológico con unidades geológicas compiladas y reclasificadas junto a los yacimientos de pórfidos cupríferos más relevantes de la zona de estudio.	46
Figura 5.2: Anomalías magnéticas con reducción al polo de la zona de estudio.	47
Figura 5.3: Mapa de anomalías del campo magnético en el norte de Chile junto a los principales pórfidos cupríferos en puntos rojos. Se muestran dos dominios: morado = anomalías negativas superiores a -130 nT; amarillo = intensidades mayores a -130 nT. Las líneas negras muestran el sistema de falla Domeyko y los triángulos, los principales centros volcánicos (Behn et al., 2001).	48
Figura 5.4: Mapa magnético indicando la correlación entre anomalías magnéticas positivas en el sector oriental de la zona de estudio con el sector norte del Complejo Intrusivo Alantaya y a gran parte del Complejo Intrusivo Yabricoya.....	49
Figura 5.5: Mapa predictivo de magnetometría indicando zonas de anomalías magnéticas regionales negativas menores a -100nT, y anomalías magnéticas locales positivas mayores a 100nT relacionadas con los complejos intrusivos eocenos.	50
Figura 5.6: Distribución de las muestras litogeoquímicas en la zona de estudio con análisis de Cu, Mo, As, Pb y Zn, mediante absorción atómica.....	52
Figura 5.7: Valores de concentración de elementos sobre el umbral para cada franja	

metalogénica.....	55
Figura 5.8: Valores atípicos de litogeoquímica para las franjas metalogénicas del Paleoceno - Eoceno inferior y Eoceno Medio - Oligoceno. Los elementos analizados son Cu, Mo, As, Pb y Zn que se muestran junto a los minerales y alteraciones teledetectadas.	58
Figura 5.9: Distancias desde fallas* (fallas inversas, de orientación preferencial NS±20°).	60
Figura 5.10: Modelo conceptual que muestra el contexto estructural de emplazamiento de pórfidos cupríferos del Norte de Chile. Arriba, semi graben extensional desarrollado sobre basamento Paleozoico. Abajo, sistema de anticlinal de inversión y, en naranja, magmas del Eoceno-Oligoceno asociados a pórfidos cupríferos que se emplazaron como filones y diques tabulares(Amilibia & Skarmeta, 2003).	61
Figura 5.11: Distancias desde ejes de anticlinales* (pliegues anticlinales, de orientación preferencial NS±20° que afectan a unidades geológicas de edades jurásicas a eocenas).	62
Figura 5.12: Alteraciones y minerales teledetectados que afectan a unidades pre-miocenas en la zona de estudio.	64
Figura 5.13: Mapa predictivo de distancia a yacimiento exótico sin fuente (Sagasca)...	66
Figura 5.14: Distribución de sondajes dentro de la zona de estudio destacando aquellos que presentan leyes de cobre mayores a 0.1% de cobre.	67
Figura 6.1 Esquema indicando un ejemplo de integración de dos mapas predictivos para asignar el valor de una celda en el mapa prospectivo final mediante superposición ponderada. El proceso es el siguiente; los pesos de las clases de los mapas predictivos (grises) de cada celda son multiplicados por el peso relativo de cada mapa predictivo (x0.8 y x0.2), este resultado (rosado) luego es sumado con los demás resultados de los mapas predictivos para obtener el resultado final (naranja).	72
Figura 6.2: Mapa prospectivo indicando el potencial de exploración de pórfidos cupríferos en la zona de estudio. Colores rojos indican sectores favorables para la ocurrencia de pórfidos cupríferos, en cambio, sectores azules, indican sectores desfavorables para la ocurrencia de pórfidos cupríferos.	73
Figura 6.3: Mapa prospectivo reclasificado según valores de umbral.	75
Figura 7.1: Mapa prospectivo indicando zonas de alto potencial que se encuentren relativamente lejanos a los pórfidos cupríferos más relevantes de la zona de estudio.	79

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Resumen de características de los principales pórfidos cupríferos de la zona de estudio.....	38
Tabla 3.1: Características de pórfidos cupríferos andinos y mundiales.	40
Tabla 4.1: Base de datos de la zona de estudio.....	44
Tabla 5.1: Estadísticas básicas de litogeoquímica de la franja metalogénica del Paleoceno - Eoceno inferior.	53
Tabla 5.2: Matriz de correlación de elementos de la franja metalogénica del Paleoceno - Eoceno inferior dentro de la zona de estudio.	54
Tabla 5.3: Valores del umbral límite de concentración de elementos para considerarlos interesantes en términos prospectivos, dentro de la franja metalogénica del Paleoceno - Eoceno inferior en la zona de estudio.	54
Tabla 5.4: Estadísticas básicas de litogeoquímica de la franja metalogénica del Eoceno	

medio- Oligoceno.	56
Tabla 5.5: Matriz de correlación de elementos de la franja metalogénica del Eoceno medio – Oligoceno dentro de la zona de estudio.	56
Tabla 5.6: Valores del umbral límite de concentración de elementos para considerarlos interesantes en términos prospectivos, dentro de la franja metalogénica del Eoceno medio - Oligoceno en la zona de estudio.	57
Tabla 6.1: Mapas predictivos con sus respectivos pesos relativos entre ellos y pesos de sus clases.....	69
Tabla 6.2: Validación del mapa prospectivo de superposición ponderada en base a los pórfidos cupríferos conocidos de la zona de estudio.....	76

Índice de Gráficos

Gráfico 6.1: Histograma del potencial de ocurrencia de pórfidos cupríferos para cada celda de la zona de estudio.....	74
---	----