

Zonación mineralógica supérgena de la veta aurífera Anita en base a observaciones macroscópicas y el recurso explotado por la mina subterránea La Palmera en el Distrito Minero Chancón, VI Región, Chile.

Diego Onetto

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD). Universidad San Sebastián. Bellavista 7. 8420524 Santiago. Chile.

1. Resumen

En la Mina La Palmera, que explota subterráneamente un bloque de la Veta Anita en el Distrito Minero Chancón, se realizó un análisis mineralógico macroscópico de 30 muestras de los niveles Antiguo y Nuevo, así como del botadero. La mina tiene una ley promedio de 5 gramos por tonelada de Au y produce 400 toneladas mensuales de mineral, con leyes subordinadas de Ag, Cu, Pb y Zn.

Durante las visitas técnicas, se constató la existencia de un yacimiento vetiforme, con vetas paralelas a la Veta Anita, incluyendo las vetas Daniela y De Cobre. Se observó una zonación vertical con zonas de lixiviación, oxidación, enriquecimiento supérgeno o transición, y mineralización primaria desde la superficie hacia abajo. También se identificaron zonas de alta ley, denominadas "clavos", que son cruciales para la producción. El estudio propone ajustar los límites verticales de la zonación, sugiriendo que la zona de oxidación debe extenderse desde los 40 metros, previamente indicados, hasta profundidades entre 160 y 240 metros, o incluso más en las zonas de clavos.

En cuanto a las reservas, en 2004 se informaba una reserva de 22.457 Onzas Troy de Oro. Entre 2004 y 2023, la producción aproximada fue de 15.432 Onzas Troy, lo que sugiere que la reserva calculada sigue siendo adecuada. Esto es consistente con el hecho de que en el Nuevo Nivel de la Mina La Palmera aún no se ha alcanzado la zona más profunda de los clavos 3 y 4.

2. Agradecimientos

Expreso mi gratitud primeramente a mi profesor guía, Vlamir Muñoz, por ser quien me presento el tema y tuvo gran disposición y paciencia para poder llevar a cabo esta memoria, me gustara agradecer a su vez al profesor Víctor Fernández por ser el contacto con la mina, para poder lograr la salida a terreno, al profesor Marco Alfaro, por darme tips y consejo para mejorar mi memoria de título y que sea más atractiva. También me gustaría agradecer al profesor Andrés Soto, por depositar su confianza en mí. También me gustaría agradecer al profesor y amigo Roberto Acevedo, por su apoyo en todo el proceso.

Quisiera agradecer al ingeniero Joaquín Jiménez por abrirme las puertas de su mina, presentarme su faena completa, compartir información y permitirme recolectar muestras de los puntos de interés. También me gustaría agradecer a Manuel Olivares, si bien no tuve el privilegio de conocerlo en persona, su amabilidad fue recibida en forma de información y muestras obtenidas en las primeras visitas a terreno y que se integraron en este estudio.

Quiera agradecer al curso de Geología Aplicada, 2023, por ayudarme con la recolección de muestras, descripción preliminar y elaboración de tablas de clasificación, sin ellos habría sido un trabajo difícil de lograr en un segundo semestre. Dicha asignatura fue conducida por el docente Vlamir Muñoz y contó con la participación de los estudiantes Bruno Catalán, Felipe Cisternas, Matías del Río, Nicolás Flores, Juan Luis Olivares, Martín Paillalef, Pier Paredes, Thomas Pincheira, Tamara Roblero, Ignacio Sánchez, Nancy Urrutia y Lisset Vivanco.

Muchas gracias de corazón a todo los que hicieron posible esto.

Siempre los tendré en mi corazón Diego Ignacio Onetto Salazar.

3. Introducción

En base a los estudios previos realizados en “El distrito minero de Chancón, VI Región, aspectos geológicos y mineros, reservas y recursos minerales” (Portigliati, 2005).

Esta zona presenta la intervención en los niveles subterráneas de diferentes empresas de explotación, una de ellas es la empresa Mina La Palmera.

La carrera de Ingeniería Civil en Minas de la Universidad San Sebastián ha realizado visitas técnicas a las instalaciones mineras de la empresa anteriormente nombrada, las visitas se realizaron a uno de los niveles de La Palmera, lográndose la obtención de muestras representativas de gran interés para estudio de la zonación de la alteración supérgena.

Un análisis preliminar de las muestras (Muñoz, 2023), indica que la zona de enriquecimiento es sectorialmente más profunda que lo planteado por los informes públicos anteriores.

Actualmente la Mina La Palmera está desarrollando un túnel por debajo de la zona visitada por la Universidad San Sebastián, esto abre la posibilidad de estudiar la zona de alteración supérgena detectada en las visitas anteriores que no alcanzan a estar presentes en los niveles más profundos.

Todo lo anterior indica que es posible ajustar el modelo de zonación de enriquecimiento supergeno en la veta Anita, considerando los resultados de las muestras ya obtenida e incorporando nuevos muestreos, así como es posible revisar el impacto de dicho modelo actualizado en la estimación de Recursos y cálculo de Reservas mineras para la veta Anita.

4. Objetivos del estudio

4.1 Objetivo generales

Proponer un modelo actualizado de la zonación de enriquecimiento supergeno en la veta Anita del Distrito Minero Chancón considerando la descripción mineralógica macroscópica de muestras obtenidas en las labores de la Mina La Palmera, y adicionalmente revisar los antecedentes de reversa para compararlos con la producción efectiva de esta operación minera.

4.2 Objetivos específicos

- Recopilar los antecedentes generales del Distrito Minero Chancón y su contexto geológico.
- Recopilar e integrar los antecedentes del modelo de alteración supérgena publicado en estudios previos para la veta Anita y sus antecedentes de Recursos y Reservas.
- Recopilar antecedentes productivos de la Mina La Palmera para considerarlos en un recálculo de reservas de la Veta Anita.
- Rediseñar el modelo actual con los datos obtenidos por los análisis macroscópicos de muestras y de antecedentes productivos.
- Editar y/o crear las ilustraciones necesarias para explicar el modelo actualizado de zonación mineralógica para la veta Anita en base a los resultados obtenidos.

5. Metodología

En base a muestreos desarrollados en la Mina La Palmera, la cual explota de manera subterránea un bloque de la Veta Anita en el Distrito Minero Chancón, siendo este el bloque U1 (Portigliati, 2003), se realizó una descripción mineralógica macroscópica de 30 muestras provenientes de sus extracciones las cuales son: Niveles Antiguo y Nuevo, así como de su botadero. Posteriormente incorporando los datos obtenidos de las muestras con los datos en base a los estudios previos, analizando los minerales asociados a cada zona con los minerales obtenidos para poder editar la zonación con datos actualizados.

A partir de las visitas técnicas se reunió información respecto a los datos de leyes metálicas, las cuales se divide en las leyes inferidas aportadas por estudios previos del año 2000 hasta el 2005 y leyes aproximadas entre los años 2006 a 2023, las cuales corresponden actualmente a una ley promedio de 5 gramos por tonelada de Au, con una producción promedio de 400 toneladas mensuales de mineral que incluye leyes subordinadas de Ag, Cu, Pb y Zn.

6. Antecedentes

6.1 Marco Geológico

En el área regional, donde está el Distrito Minero Chancón, aflora principalmente una secuencia estratificada volcánica perteneciente a la Formación Las Chilcas (Barremiano-Albiano), que corresponde a una sucesión volcanoclástica de origen principalmente continental con gran predominio de facies piroclásticas.

El Distrito contiene una gran diversidad de rocas volcánicas con una columna general, partiendo por ignimbritas dacíticas, luego tobas dacíticas, tobas riolíticas, domos riodacíticos, andesitas que corresponden a lavas y filones mantos porfíricos, que contienen tobas y areniscas subordinadas.

La secuencia volcánica fue intruida por Rocas Intrusivas Hipabisales (Cretácico Superior), que corresponden a diques, filones y cuerpos irregulares de composición intermedias a ácidas con biotitas y/o anfíbola, algunas de las cuales corresponden

a diques de andesita negra, silicea portadoras de biotita y erráticos diques de andesita cloritizada y epidotizada. Un mapeo de detalle descubrió la presencia de diques de color negro andesíticos, básicos, microcristalinos con cristales mayoritariamente de piroxeno, y se reconocen también digitaciones aisladas de pórfido diorítico y porfido cuarcífero.

La geología distrital permite comprender los distintos cambios que presentan el Distrito Minero Chancón y a su vez la característica que presenta la Veta Anita, siendo esta su formación interna, la cual presenta fracturas en el macizo rocoso las cuales van desde la superficie hasta una profundidad no determinada hasta la fecha, estas fracturas reciben el nombre de “Clavos”. Siendo estas las zonas que presentan hundimientos y presentan un solape o unión entre las zonas presentes en el área superior a inferior, como se puede ver en la siguiente ilustración.

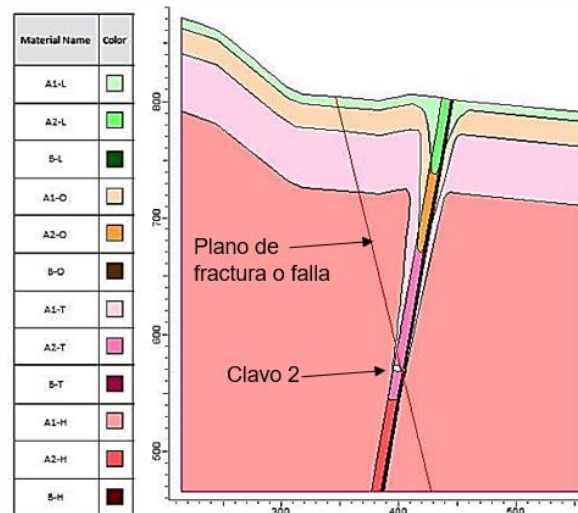


Ilustración 1, Vista transversal sobre sección 2 modelada en clavo 2.

Estos hundimientos están presentes en toda la faena subterránea donde opera la Mina La Palmera, esta faena se encuentran en el Bloque U1 del DM Chancón (Portigliati, 2003), el cual cuenta con 5 Clavos identificados, siendo Clavo 1, 2, 2.5, 3 y 4, como se aprecia en la siguiente ilustración.

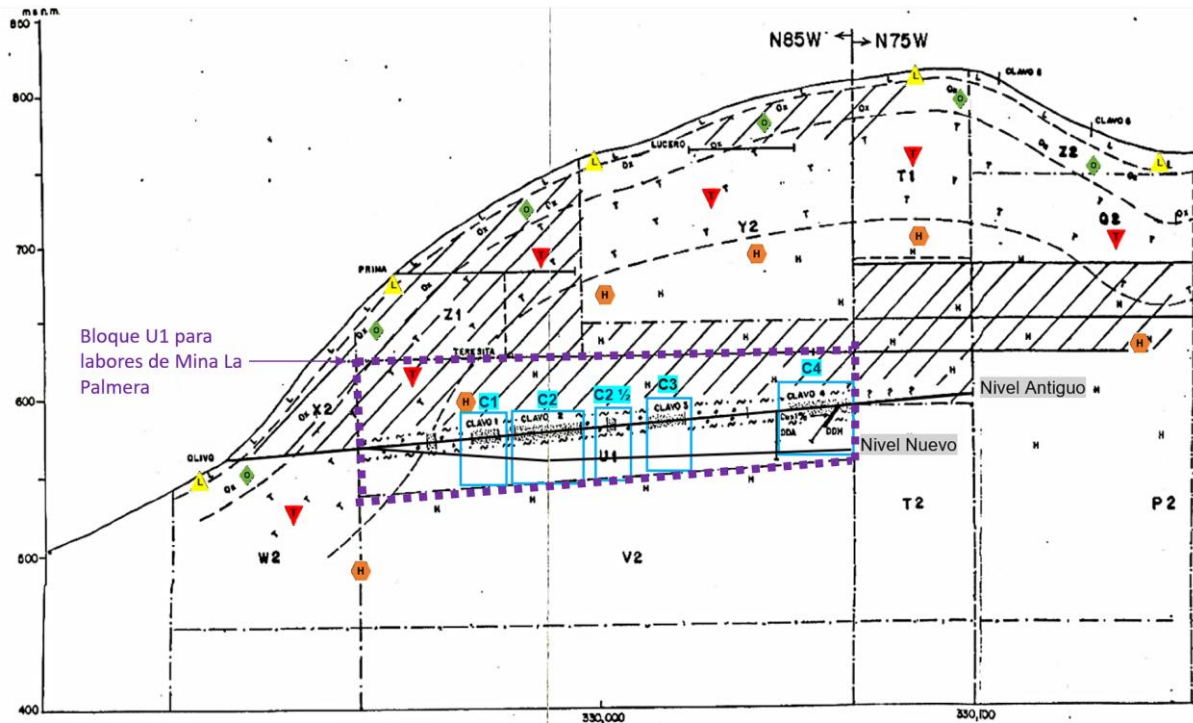


Ilustración 2, Perfil de alteración y litología. Extraído de perfil de alteración sistemas Anita-Flor a escala 1:2.500. Modificado.

6.2 Mineralogía

Las fracturas mineralizadas reconocidas en este Distrito están encajadas en la Formación Lo Valle, Los principales minerales de mena son: minerales de oro asociados a pirita aurífera, plata asociada a ernargita-tetraedrita (camus, 1982), calcopirita, arsenopirita y óxidos de cobre. Además, localmente hay bornita, calcosina, galena y blenda. El mineral de ganga principal es cuarzo, presente en todas las vetas; asimismo en las mayorías de las vetas existe presencia de hematita con algo de magnetita subordinada al cuarzo, también existe presencia de calcita (ejemplo en mina la leona) subordinada al cuarzo. La mayoría de las vetas presentan una zona lixiviada cercana a la superficie de unos 10 metros de espesor. (Munzenmayer, 2002).

En orden decreciente de abundancia los minerales presentes en la veta son pirita, calcopirita, esfalerita, galena, hematita, oro y covelina. Las leyes de oro según (Waisberg, 1942), fluctúan entre 5 y 10 gr/ton. El oro extraído se ve principalmente asociado a pirita aurífera (Molina, 2019).

La roca de caja de los cuerpos mineralizados, está compuesta principalmente por andesitas porfíricas, tobas andesíticas y localmente domos riódácíticos, y en gran parte de los casos fueron afectadas por alteración hidrotermal del tipo sílice penetrativa, que conjuga varios emplazamientos de soluciones hidrotermales, depositando en las estructuras, sílice en forma de cuarzo blanco como veneros, guías y vetillas, cuarzo gris fino bandeado y sílice criptocristalina como parte de las pseudobrechas y brechas hidrotermales. (Enami, 2018)

Los clavos con mayor potencia y riqueza, como los de Veta Anita, Flor Claudia y Leona posiblemente están ubicados en Andesitas Porfídicas y Afaníticas de la Unidad III del mapa geológico (Portigliati, 2005), pero a no estar completo dicho mapa esto requiere verificación en terreno.

6.3 Zonación de la Veta Anita

Desde el punto de vista mineralógico se encontraron evidencias que confirman una zonación vertical, ya propuesta en estudios previos (Portigliati, 2003), que de la superficie hacia abajo incluyen la presencia de zonas de lixiviación, oxidación, enriquecimiento supérgeno o transición y una zona inferior de mineralización primaria.

Las cuales para este trabajo tomaran las siguientes simbologías.





Zona	Lixiviada	Oxidada	Transición	Hipógena
Símbolo				

Tabla 1, Tabla de simbologías por zonas.

En base a estudios previos se tiene que estas zonas presentan una profundidad calculada e inferida de:

Profundidad máxima (Máx.) y mínima (Min.) obtenidas a partir de perfiles longitudinales de Portigliati (2005) de las zonas de mineralización en la zona de clavos						
Zona	Clavo 1 (metros)	Clavo 2 (metros)	Clavo 2 ½ (metros)	Clavo 3 (metros)	Clavo 4 (metros)	Entre clavos (metros)
Zona lixiviada	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0
	Máx.:10	Máx.:10	Máx.:10	Máx.:10	Máx.:10	Máx.:10
Zona oxidada	Min.:10	Min.:10	Min.:10	Min.:10	Min.:10.	Min.:10
	Máx.:40	Máx.:40	Máx.:40	Máx.:40	Máx.:40	Máx.:40
Zona de transición	Min.:40	Min.:40	Min.:40	Min.:40	Min.:40	Min.:40
	Máx.:120	Máx.:120	Máx.:120	Máx.:120	Máx.:120	Máx.:120
Zona hipógena	Min.:120	Min.:120	Min.:120	Min.:120	Min.:120	Min.:120
	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)

Tabla 2, Profundidad de las zonaciones de la mineralización en los sectores de clavos en base a Portigliati (2005).

7. Resultados

7.1 Mineralogía

En la siguiente tabla se presentan los minerales identificados en el análisis macroscópico, añadiendo su respectiva fórmula química, grupo y ambiente genético, que para fines de este análisis se ha dado una predominancia hacia el ambiente Hidrotermal, también se añadirá otros ambientes genéticos, cuando la muestra posea génesis diferentes.

Mineral	Fórmula Química	Grupo	Ambiente genético en las muestras de Veta Anita	Otros ambientes genéticos
Biotita	$K(Fe,Mg)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	Filosilicatos/micas	Hidrotermal	Metamórfico
Bornita	Cu_5FeS_4	Sulfuros	Hidrotermal	
Calcopirita	$CuFeS_2$	Sulfuros	Hidrotermal	
Calcopirita alterada	$CuFeS_2 + \text{Óxido de Hierro}$	Sulfuros	Supergeno sobreimpuesto al Hidrotermal	
Calcita	$CaCO_3$	Carbonatos	Hidrotermal	
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	Filosilicatos	Hidrotermal	
Chalcantita	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Sulfuros	Supergeno	
Clorita	$(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$	Filosilicatos	Hidrotermal	Metamórfico
Crisocola	$(Cu,Al)_4H_4(OH)_8Si_4O_{10} \cdot nH_2O$	Filosilicatos	Supergeno	
Cuarzo	SiO_2	Tectosilicatos	Hidrotermal	Magmático, Metamórfico y Sedimentario
Epidota	$Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$	Sorosilicatos	Hidrotermal	Metamórfico
Esfalerita	$(Zn,Fe)S$	Sulfuros	Hidrotermal	
Galena	PbS	Sulfuros	Hidrotermal	
Hematita	Fe_2O_3	Óxidos	Supergeno	
Jarosita	$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$	Sulfuros	Supergeno	
Jaspe	SiO_2	Tectosilicatos	Supergeno	
Limonita	$FeO(OH) \cdot nH_2O$	Óxidos	Supergeno	
Magnetita	Fe_3O_4	Óxidos	Hidrotermal	Sedimentaria
Pirita	FeS_2	Sulfuros	Hidrotermal	Sedimentaria
Siderita	$FeCO_3$	Carbonatos	Hidrotermal	
Turmalina	$(Na,Ca)(Al,Fe,Li)(Al,Mg,Mn)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})$	Silicatos	Hidrotermal	

Tabla 3, Minerales identificados en el análisis macroscópico.

7.2 Aspectos productivos

Para estimar la producción extractiva de la Mina La Palmera, se dispone de la información verbal proporcionada por Joaquín Alberto Jiménez Olivares, Gerente de Operaciones. Según él, la mina extrae un promedio de 400 toneladas mensuales, con una ley de oro de 5 gramos por tonelada, variando entre 2 y 8 gramos, y alcanzando hasta 15 gramos en sectores específicos. Aunque estos datos no están documentados, permiten una estimación aproximada. Comparativamente, en la veta Anita, durante el período 2000-2003, se extrajeron 47.091 toneladas con una ley promedio de 8,56 gramos de oro por tonelada, lo que equivale a una producción mensual de 981 toneladas, más del doble de la actual en La Palmera. Se calcula que la veta Anita producía 100.764 gramos de oro por año. Desde 2004 hasta 2023,

La Palmera ha extraído unas 96.000 toneladas, con una producción anual aproximada de 24.000 gramos de oro.

Periodo de tiempo (años)	Producción anual de mineral extraído (toneladas)	Gramos de Au por tonelada (promedio)	Extracción total de Au por año (gramos)	Años	Extracción de Au en el periodo de tiempo (gramos)	Onzas Troy de Au extraídas
2000-2003	11.772	8,56 (*)	100.764	4	403.056	12.958,55
2004-2023	4.800	5 (**)	24.000	20	480.000	15.432,36
2000-2023	16.572	7,8 (***)	124.764	24	883.056	28.390,91

Tabla 4, Resumen de datos de producción de Oro en los periodos 2000-2003 y 2004-2023 y el total en periodo 2000-2023.

Se considera la reserva de Oro para el bloque U1 publicada por Portigliati (2005), comparando con la producción realizada por la Mina La Palmera en el periodo 2004-2023, se obtiene una diferencia de 218.496 gramos de Oro que corresponderían a la reserva que faltaría por extraer, especialmente en el Nuevo Nivel de la Mina La Palmera donde aún no se ha llegado a las ubicaciones esperadas para el clavo 3 y clavo 4.

Periodo	Tonelaje De Mineral (tm)	Ley Promedio Au (g/tm)	Reserva (gramos de Au)	Producción (gramos de Au)	Comparación = reserva – producción (gramos de Au)	Comparación = reserva – producción (Onzas Troy de Au)
Reserva para 2004 en adelante	81.600	8,56	698.496		698.496	22.457,17
Producción 2004 - 2023	96.000	5		480.000	480.000	15.432,36
Total			698.496	480.000	218.496	7.024,81

Tabla 5, Comparativa entre reserva minera del año 2004 en adelante y extracción real periodo 2004-2023.

En este análisis se debe destacar que los valores de reserva y calculados por producción son cercanos en orden de magnitud, sin embargo, la reserva puede estar sobreestimada ya que se consideró una ley promedio igual a la ley de producción promedio del sistema de vetas Anita-Flor-Claudia-Julia-Maitén Mónica, la cual es probablemente mayor a la ley promedio del bloque U1 en explotación por la Mina La Palmera. Por otro lado, la ley promedio de producción para el periodo 2004-2023 puede estar subestimada ya que es la ley promedio informada

verbalmente para los últimos años, pudiendo ser mayor para el periodo de años inmediatamente posterior al 2004.

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Valor Onza	280,00	270,00	310,00	360,00	410,00	445,00	600,00	700,00	880,25	1.106,0	1.400,0	1.600,0	1.650,0
Valor Troy Au (USD)	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	0	0	0	0
										USD	USD	USD	USD
Año	2013	2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Valor Onza	1.350,0	1.200,0	1.100,0	1.050,0	1.150,0	1.220,0	1.250,0	1.450,0	1.800,0	1.780,0	1.810,0	2.000,0	//
Valor Troy Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	

Tabla 6, Precio promedio aproximado del Oro entre los años 2000-2023.

7.3 Zonación Mineralógica

En base a las muestras estudiadas en la Mina La Palmera se puede identificar dos ambientes de alteración, uno de los cuales es el ambiente de alteración hipógena o hidrotermal y otro es el ambiente supérgeno.

En el ambiente de alteración hipógena se observa los siguientes tipos de alteración hidrotermal: Silica; Argílica-Sericítica; Propilítica; Argílica-propilitica-sericitica, principalmente originadas por la acción de fluidos hidrotermales que dieron lugar a la formación de vetas mineralizadas. Se constata por lo tanto la presencia de los tipos de alteración hidrotermal informados en los trabajos previos, pero no se pudo corroborar la zonación transversal a la veta debido a que el muestreo se desarrolló a lo largo de la veta.

Respecto a la distribución vertical de la zonación desde la superficie hacia abajo se presentan las siguientes zonas por alteración supérgena: zona Lixiviada, zona de Oxidación y zona de Transición, seguidas en profundidad por la zona Hipógena. Estas zonas, en estudios anteriores, se le asignan profundidades aproximadas de:

Profundidad máxima (Máx.) y mínima (Min.) de la zonación supérgena e hipógena de la veta Anita, en base a las muestras estudiadas y a los datos de Portigliati						
Zona	Clavo 1 (metros)	Clavo 2 (metros)	Clavo 2 ½ (metros)	Clavo 3 (metros)	Clavo 4 (metros)	Entre clavos (metros)
Zona lixiviada	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0	Min.:0
	Máx.:>=10	Máx.:>=10	Máx.:>=10	Máx.:>=10	Máx.:>=10	Máx.:10
Zona oxidada	Min.: >=10	Min.: >=10	Min.: >=10	Min.: >=10	Min.: >=10	Min.:10
	Máx.:<=130	Máx.:<=190	Máx.:<=160	Máx.:<=180	Máx.:<=170	Máx.:40
Zona de transición	Min.: <=130	Min.: <=190	Min.: <=160	Min.: <=180	Min.: <=170	Min.:40
	Máx.:>=160	Máx.:>=190.	Máx.:>=160	Máx.:>=180	Máx.:>=170	Máx.:120
Zona hipógena	Min.: >=160	Min.: >=190	Min.: >=160	Min.: >=180	Min.: >=170	Min.:120
	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)	Máx.:595 (Reconocida: 370 m; Inferida: 225 m)

Tabla 7, Profundidad de la zonación de la mineralización en los sectores de clavos en base a este estudio.

En base a los estudios previos y a lo analizado en este estudio, se obtuvieron profundidades diferentes a las presentes en estudios, los cuales están incluidos en la tabla anteriormente mostrada, y a su vez ilustrado en la siguiente Figura.

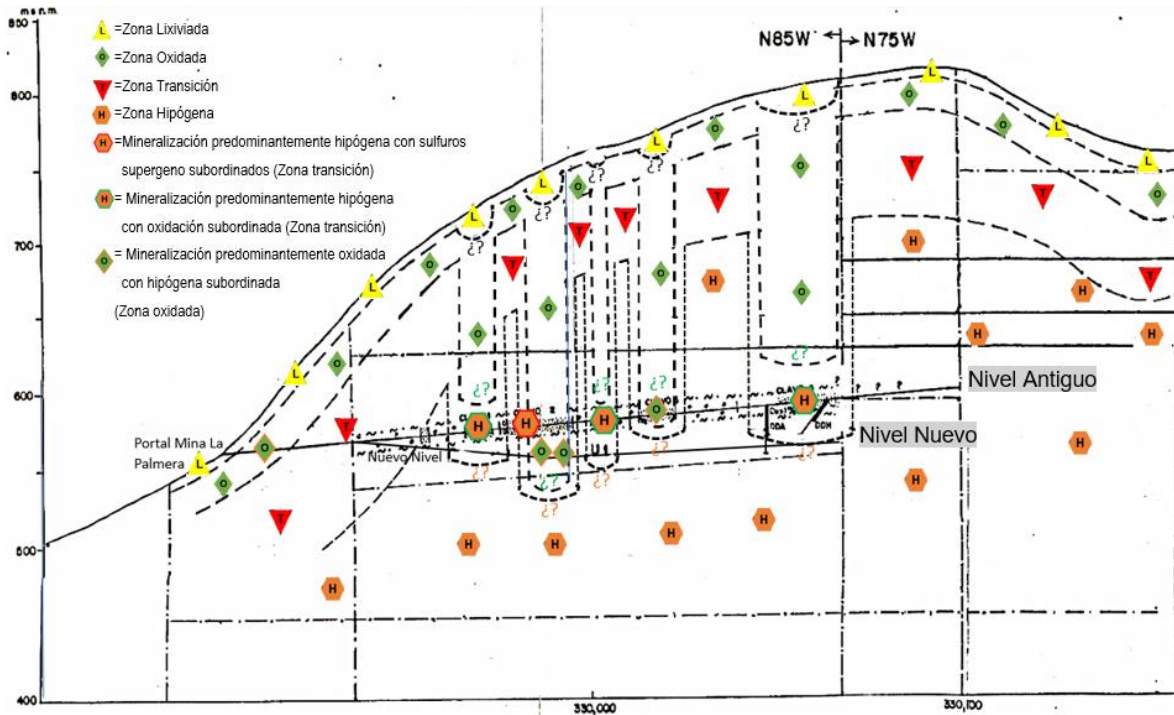


Ilustración 3, Zonación actualizada del sistema Anita-Flor-Claudia-Julia-Maitén Mónica aplicando simbología de este estudio.

8. Conclusiones

8.1 Conclusiones generales

En el Distrito Minero Chancón, con base en la documentación disponible, se presenta una conjunción de dos franjas que se superponen entre sí: la Franja del Cretácico Superior y la Franja del Cretácico. Se especifica que la Mina La Palmera se encuentra situada en la Formación Las Chilcas, con un acoplamiento a la Veta Negra. Sin embargo, se destaca la Formación Las Chilcas como la formación principal debido a su abarcamiento en las edades de Barremiano-Albiano con aproximadamente 129 millones de años y Albiano-Turoniano con aproximadamente 113 millones de años. Esta formación exhibe rocas volcánicas y piroclásticas de composición intermedia a ácida, con presencia de calizas subordinadas. Se identifican diversas asociaciones, tales como ignimbritas dacíticas a riodacíticas, tobas dacíticas líticas y de cristales, tobas riolíticas de cristales, domos riodacíticos y andesitas.

La morfología de yacimientos, según la clasificación de Camus (1982), que mejor se ajusta para la veta Anita es la morfología de Clavos asociados a zonas de cizalla. Esto se debe a que estas formaciones irregulares se generan por la intersección de estructuras de corte altamente desarrolladas. Desde una perspectiva estructural, estas formaciones constituyen zonas de stockwork rellenas de cuarzo, calcita y pirita, con presencia ocasional de turmalina y galena, como se pudo observar en las muestras obtenidas.

En cuanto a la condición genética, según Cabello (2021), para la veta Anita se identifica como un depósito de Oro Mesozoico la cual está vinculada principalmente al Cretácico Superior. Esta caracterización se basa en la equivalencia observada entre la cordillera de costa del norte de Chile y la cordillera de la costa del centro de Chile. A partir de lo anteriormente expuesto, se concluye que la Mina La Palmera exhibe un sistema vetiforme epitermal, haciendo referencia a un tipo de depósito mineral que se forma en la parte superior de sistemas geotérmicos. Estos depósitos se distinguen por la presencia de minerales metálicos, como oro y plata, que se acumulan en estructuras vetiformes, específicamente vetas o filones con disposición vertical. Este tipo de formación mineral está asociado con la actividad hidrotermal en la corteza terrestre y se encuentra en áreas geográficas con condiciones geotérmicas propicias para su desarrollo.

8.2 Características principales de las labores mineras extractivas de La Palmera

La Mina La Palmera corresponde a una faena minera de categoría D, dado que cuenta con 5 trabajadores. Correspondiendo su infraestructura a galpones e instalaciones para las maquinarias y personal, siendo estas instalaciones más bien pequeñas en dimensiones y producción, sin mucha aplicación tecnológica, no obstante, son efectivas para las necesidades de la operación minera y equipos tales como las maquinarias de operación de extracción y carguío, y la infraestructura de residencia de los trabajadores. En el interior de la mina, consistente en 2 niveles subterráneos de túneles de hasta 600 metros de longitud, uno Antiguo y uno Nuevo localizado a 40 metros bajo el Antiguo, se puede observar las distribuciones de las

zonas de extracción de mineral, siendo estos los clavos o cuerpos de mejor ley y los buzones ubicados en la pared del túnel, lo cual está dada por los recursos a extraer tanto en el túnel principal como en estocadas, piques y chimeneas.

Respecto del recurso minero éste se encuentra alojado en vetas semiparalelas de rumbo N53°W a N83°W según orientaciones de las labores mineras en Mina La Palmera, siendo estas vetas identificables por su cambio de tonalidad, la cual varía entre colores verde y café para la veta Anita y colores de tonalidades moradas para la veta Daniela hacia el Sur de Veta Anita. A su vez se identifican la veta de Cobre que se sitúa de manera semiparalela por el sector Norte a la veta Anita.

Parte importante de las labores subterráneas extractivas de la Mina la Palmera se encuentran en zonas de alta ley denominadas clavo 1, clavo 2, clavo 2 1/2, clavo 3 y clavo 4 a los cuales se accede desde los túneles principales por medio de galerías, estocadas, piques y chimeneas, movilizándolo el material hacia los niveles de extracción por medio de buzones, donde se presenta Limonita impregnada en las paredes de la roca caja, como oxidación impregnada en la roca y activa presente en equipos y maquinaria.

8.3 Zonación mineralógica de la alteración

En base a las muestras estudiadas en la Mina La Palmera se puede identificar dos ambientes de alteración, uno de los cuales es el ambiente de alteración hipógena o hidrotermal y otro es el ambiente supérgeno.

En el ambiente de alteración hipógena se observa los siguientes tipos de alteración hidrotermal: Silica; Argílica-Sericítica; Propilítica; Argílica-propilítica-sericítica, principalmente originadas por la acción de fluidos hidrotermales que dieron lugar a la formación de vetas mineralizadas. Se constata por lo tanto la presencia de los tipos de alteración hidrotermal informados en los trabajos previos, pero no se pudo corroborar la zonación transversal a la veta debido a que el muestreo se desarrolló a lo largo de la veta.

Respecto a la distribución vertical de la zonación desde la superficie hacia abajo se presentan las siguientes zonas por alteración supérgena: zona Lixiviada, zona de Oxidación y zona de Transición, seguidas en profundidad por la zona Hipógena.

Estas zonas, en estudios anteriores, se le asignan profundidades aproximadas de: 10 metros a la Zona Lixiviada, 40 metros de profundidad máxima para la zona Oxidada, 80 metros de profundidad máxima para la zona de Transición y finalmente la zona Hipógena que desciende hasta una profundidad 595 metros.

En base a la mineralogía macroscópica determinada para las muestras estudiadas, se encontró que tanto en el Nivel Antiguo como en el Nivel Nuevo de Mina La Palmera hay evidencias de que la oxidación alcanza a estar presente en dichos niveles: la Zona Lixiviada presenta una profundidad de aproximadamente 10 metros mínimo, por estudios previos, y según este estudio puede ser mayor en las zonas de clavos aunque no se puede en este estudio estimar dicho alcance; la Zona Oxidada comienza bajo la Zona Lixiviada y presenta una profundidad aproximada que alcanza hasta los 40 metros, según estudios previos, pero que puede alcanzar, según este estudio, profundidades de 160 metros en el clavo 1, 190 metros en el clavo 2, 160 metros en el clavo 2 ½, 180 metros en clavo 3, y 170 metros en el clavo 4; la Zona de Transición comienza bajo la Zona de Oxidación, es decir desde una profundidad aproximada de 40 metros, según estudios previos, pero según este estudio puede llegar hasta más de 190 m.

Finalmente, la zona Hipógena desciende desde la finalización de la zona de Transición continuando hacia abajo, según la información previa y según lo observado en este estudio.

Considerando las profundidades para la zonación supérgena, propuestas en este estudio, estas pueden variar si se desarrollan labores extractivas en niveles inferiores al Nuevo Nivel Mina o bien si desde el Nuevo Nivel Mina se desarrollan sondajes de exploración que permitan acotarlas hacia zonas inferiores al Nuevo Nivel Mina de La Palmera.

El material depositado en el botadero permite analizar de manera general los minerales presentes en la mina, permitiendo identificar esfalerita, mineral no identificado anteriormente en las muestras extraídas en el interior de la mina, dando un indicativo de un posible aumento de este mineral en zonas primarias ya que la muestra con esfalerita pertenece mineralógicamente a esta zona.

8.3 Comparación entre reserva minera y producción efectiva

Respecto de la producción, en base a lo publicado por Portigliati (2005), el sistema Anita-Flor-Claudia-Julia-Maitén Mónica, tiene una división total de 13 bloques, el cual se distribuye entre las faenas mineras que explotan el área, siendo el bloque U1 el bloque en el cual La Mina La Palmera realiza sus labores de extracción. Entre el periodo de 2000-2003, el bloque U1 explotado por La Palmera tuvo una producción de 47.091 toneladas de mineral a una ley ponderada de 8,56 gramos por tonelada de Oro, dando un resultado de 12.958 Onzas Troy de Oro, si a esta producción se le suma la producción del periodo de 2004-2023, da una extracción de 96.000 toneladas de mineral extraído a una ley de ponderada de 5 gramos por tonelada de Oro, dando como resultado una extracción total hasta diciembre de 2023, de 15.432 Onzas Troy de Oro, haciendo una suma total de 28.390 Onzas Troy de Oro.

Respecto de las Reservas con los datos obtenidos se puede analizar la estimación publicada, la cual da como resultado que presenta una cantidad reserva de 343.600 toneladas para el Sistema Anita-Flor-Claudia-Julia-Maitén-Mónica. Más específicamente una reserva de 81.600 toneladas para el bloque U1, en el cual está ubicado la veta Anita explotado por la Mina La Palmera, lo que, analizado bajo la estimación de ley actual mencionada por Joaquín, es de 22.457 Onzas Troy de Oro de reserva para el bloque U1.

Al comparar la Producción del 2004 a la fecha (Diciembre, 2023) con las reservas publicadas da como resultado que la reserva se ajusta a la estimación, siendo una extracción posible de 22.457 Onzas Troy de Oro y una extracción hasta la fecha (Diciembre, 2023) de 15.432 Onzas Troy de Oro, quedando a explotar una cantidad de 7.024 Onzas Troy de Oro, lo cual se dividirá entre los Clavo 3 y Clavo 4. No obstante, se debe tener en consideración que la ley trabajada entre los años de 2004-2023, no se ajusta a un modelo real de extracción, debido a su cambio repentino de ley y de toneladas extraídas. Esto es relevante ya que si se lograra ajustar a una extracción más precisa se podrá calcular cuánto es lo extraído y analizar si la reserva es infraestimada, sobreestimada o esta correcta su estimación.

9. Referencias Bibliográficas

Alarcón Muñoz, J., Soto Acuña, S., Rubilar Rogers, D., González, E., & Codorniú Domínguez, LS (2018). Nota sobre una nueva localidad con pterosaurios (Archosauria: Pterodactyloidea) de la Región de Atacama, Norte de Chile.

Albinson, T., Norman, D. I., Cole, D. & Chomiak, B. (2001). Control on formation of lowsulfidation epithermal deposits in Mexico: constraints from fluid inclusion and stable isotope data. Society of Economic Geologist Special Publication. Vol. 8: 1- 32p.

Alderton, D. H. & Fallick, A. E. (2000). The Nature and Genesis of Gold - Silver - Tellurium Mineralization in the Metaliferi Mountains of Western Romania. Economic Geology Vol. 95: 495-516p.

Beard, E.; Jowitt, S. 2019. Gold Resource Distribution in South America. SEG South American Conference: Sierra to Craton, Abstracts: 1 p.

Bertens, Alfredo, Katja Deckart, y A Gonzalez. «Geocronología U-Pb, Re-Os y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del pórfido Cu-Mo Los Pelambres, Chile central.» Concepción: X Congreso Geológico Chileno, 2003.

Bodnar, R. J., Lecumberri-Sanchez, P., Moncada, D. & Steele-MacInnis, M. (2014). Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits. H. Holland and K. Turekian, Treatise on Geochemistry. Vol 13: 119-142p.

Bravo, P. (2001). Geología del borde oriental de la Cordillera de la Costa entre los ríos Mataquito y Maule, VII Región. Thesis, Universidad de Chile, Santiago, 113p.

Buchanan, L. J. (1981). Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest. In Relations of tectonics to ore deposits in the southern Cordillera (Dickinson W. R.; et al.; eds.), Arizona Geol. Soco Digest, Vol. 14, p. 237- 262.

Cabello, J. (1986). Precious metals and cenozoic volcanism in the Chilean Andes. In Exploration for Ore Deposits of the North American Cordillera (Nichols, C.E.; editor), Journal of Geochemical Exploration 25: 1-19

Cabello, J. (1992). Metales Preciosos y Volcanismo Cenozoico en los Andes Chilenos: Revisión Actualizada. In Seminario Taller Procesos Formadores de Depósitos Epitermales de Metales Preciosos, SernageominBID: 83-90.

Cabello, J. (2021). Gold deposits in Chile. Andean geology, 48(1), 1-23. <https://dx.doi.org/10.5027/andgeov48n1-3294>.

Camus, F., Duhalde, M.A. (1982). Geología de los Yacimientos Hidrotermales en de Oro en Chile. Revista Geológica de Chile N°17, p. 47-70.

Camus, F. (2002), The Andean porphyry systems. Vol. 4, de Giant Ore Deposits: Characteristics, Genesis and Exploration, editado por David R. Cooke y June Pongratz, 5-21. Australia: Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania.

Castellón, R. 2017. Geología del yacimiento Panulcillo, Características Geoquímicas y Control Estructural de Cuerpos Mineralizados. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería (Unpublished), Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería: 190 p.

Charrier, R., Pinto, L. & Rodriguez, M. P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En T. Moreno, y W. Gibbons, The Geology of Chile. The Geological Society, London. 21-114p.

Clifton, c. g.; Buchanan, I j.; Durning, w. p. (1980). Exploration procedure and controls of mineralization in the Oatman mining district, Oatman, Arizona. AIME Ann. Meeting, 17 p.

COCHILCO. (2016). Franjas metalogénicas de los Andes Centrales: blancos clave para la exploración minera.

Comprubi, A., González, E., Levresse, G., Tririlla, J. & Carrillo, A. (2003). Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVI: 10-18p.

Cuadra, W.; Dunkerley, P.M. (1991). A History of Gold in Chile. Economic Geology 86: 1155-1173.

Davidson, J.; Mpodozis, C. (1991). Regional geologic setting of epithermal gold deposits, Chile: Economic Geology 86: 1174-1186.

Davies, A. G., Cooke, D. R., Gemmel, J. B., van Leeuwen, T., Cesare, P., & Hartshorn, G. (2008). Hydrothermal breccias and veins at the Kelian gold mine, Kalimantan, Indonesia: Genesis of a large epithermal gold deposit. Economic Geology. Vol. 103: 717-757p.

Deckart, Katja, y otros. (2005): «Magmatic and hydrothermal chronology of the giant Rio Blanco porphyry copper deposit, central Chile: implications of an integrated U-Pb and 40Ar/39Ar database.» Economic Geology 100, n° 5: 905-934.

Díaz, S. (1986). Geología Económica y Prospección Geoquímica de Suelos del área de la Mina la Leona, Distrito Minero de Chancón, VI Región. Memoria de Título, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 196p.

Drake, R., Curtiss, G. & Vergara, M. (1976). Potassium argon dating of igneous activity in the central Chilean latitude 33°S. *Journal of Volcanology and Geothermal*: Vol 1: 285-295p.

EIMON, P. (1911). Exploration for epithermal gold and silver deposits. In *The epithermal model*. Int. Symp. on Small Mines Economics and Exploration, No. 1, *World Mining*, Vol. 34, No. 8, p. 47-51.

Einaudi, M. T., Hedenquist, J. W. & Inan, E. (2003). Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: Transitions from porphyry to epithermal environments. *Society of Economic Geologist Special Publication*. Vol 10: 285-314p.

Emparan, C; Furukawa, Y. (1986), en prep: Noticia respecto a la edad radiométrica (K-Ar del Cretácico Inferior (Barr. Apt.) Determinada en secuencias dacíticas al SSW de San Fernando y datación de un Plutón que la instruye.

ENAMI. (2018). Informe final Chancón

ENAMI. (2023). Precio de venta Julio de 2023.

Flores, H. (1942). Geología de los yacimientos de Cu y Au de Chile. In *Congr. Panam. Ingeniería y Geol.*, No. 1, Actas, p. 1145-1185.

Flores, N. (2018). "caracterización geológica y geotécnica en la pequeña minería: mina La Palmera, distrito minero Chancón, ENAMI. "Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad Andrés Bello.

Gana, P. & Wall, R. (1997). Evidencias geocronológicas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y K-Ar de un hiatus Cretácico Superior-Eoceno en Chile Central (33°-33°30'S). *Revista Geológica de Chile*. Vol 24: 145-163p.

Gammel, B. & Simmons, S. (2007). A Group of Papers Devoted to Epithermal Au - Ag Deposits: Preface. *Economic Geology*. 783-783p.

Giggenbach, W. F. (1997). The origin and evolution of fluids in magmatic - hydrothermal systems. En *J. Wiley & Sons (Edits.)*. New York: Barnes, H. L. 737 - 796p.

Godoy, E.; Schilling, M.; Solari, M. & Fock, A. (2009). Geología del área Rancagua - San Vicente de Tagua Tagua, región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Escala 1:100.000. *Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*. Vol 118: 50p.

Goldfarb, R.; Hofstra, A. & Simmons, S. (2016). Critical Elements in Carlin, Epithermal, and Orogenic Gold Deposits. Society of Economic Geologist. Inc. 217- 244p.

Greiner, G. 1991. Características y Distribución de los Placeres Auríferos de Chile. In Gisements Alluviaux d'Or: 14 p. La Paz

Gröpper, J. 2011. Franjas Metalogénicas de Edad Jurásica y Cretácica en la Cordillera de la Costa de Chile Central, entre 32° y 35°20' de latitud Sur. Tesis (Unpublished), Departamento de Geología, Universidad de Chile: 132 p.

Hartley, A. J., May, G., Chong, G., Turner, P., Kape, S. J. & Jolley, E. J. (2000). Development of a continental forearc: A cenozoic example from the Central Andes, northern Chile. *Geology*. Vol 28: 331-334p.

Hervé, F.; Faundez, V.; Calderón, M.; Massonne, H. & Willner, A. (2007). Metamorphic and plutonic basement complexes. En *The Geology of Chile* (pp. 5-19). (Geological Society Special Publication).

Kojima, S.; Campos, E. (2011). An Overview of Chilean Economic Deposits. *SGA News* 29: 8 p

Kojima, S; Astudillo, J; Rojo, J; Trista, D; Hayashi, K. (2002). «Ore mineralogy, fluid inclusion, and stable isotopic characteristics of stratiform copper deposits in the coastal Cordillera of northern Chile.» *Mineralium Deposita* 38, nº 2: 208-216.

Llaumett, C. (1980). Antecedentes sobre producción, recursos, y expectativas de la minería del oro en Chile. *Revista Minerale* 35 (150): 9-20.

Maksaev, V. (2005). Skarns of Chile. In *World skarn deposits* (Meinert, L.D.; Dipple, G.M.; Nicolescu, S.; editors). *Economic Geology 100th Anniversary Volume 1905- 2005*: 299-336

Maksaev, V.; Townley, B.; Palacios, C. & Camus, F. (2007). Metallic ore deposits. En T. M. Gibbons, *the Geology of Chile*. The Geological Society, London. 179-201p.

Maksaev, V. (2004). «New chronology for El Teniente, Chilean Andes, from U/Pb, ⁴⁰Ar/³⁹Ar, Re/Os and fission-track dating: Implications for the evolution of a supergiant porphyry CuMo deposit.» En *Andean Metallogeny: New discoveries, Concepts, Update*, de R. H. Sillitoe, J. Perelló y C. E. Vidal, 15-54. Society of Economic Geologists, Special Publication.

Martínez-Pardo, R.; Gallego, A.; Martínez-Guzmán, R. (1994). Middle Albian marine planktonic microfossils from the Santiago basin, central Chile: their depositional and paleogeographic meaning. *Revista Geológica de Chile* 21 (2): 173-187.

Miller, J; Harris, N. (1989). Evolution of continental crust in the Central Andes: constraints from Nd isotope systematics. *Geology* 17: 615-617.

Molina, J. (2019). "Modelamiento geomecánico en mina subterránea la palmera." Memoria para optar al título de ingeniero civil en minas, Universidad San Sebastián.

Moncada, D. & Bodnar, R. J. (2012). Gangue mineral textures and fluid inclusion characteristics of the Santa Margarita Vein in the Guanajuato Mining District, Mexico. *Central European Journal of Geosciences*. Vol 4(2): 300-309p.

Moncada, D., Mutchler, S., Nieto, A., Reynolds, T. J., Rimstidt, J. D. & Bodnar, R. J. (2012). Mineral textures and fluid inclusions petrography of the epithermal Ag-Au deposits at Guanajuato, Mexico: Application to exploration. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol 114: 20-35p.

Mpodozis, C.; Kay, S. (1991). Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica de Gondwana: Andes Chilenos (28-33° S). *Revista Geológica de Chile* 17 (2): 153- 180. doi: 10.5027/andgeoV17n2-a03

Munzenmayer, M. (2002). Procesos de Mineralización y Alteración del Distrito Minero Chancón. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Concepción, Ciencias de la Tierra, Concepción. 133p

Muñoz, B. (2017). Documentos sobre inclusiones fluidas II: Caracterización de fluidos asociados a elementos críticos de la veta La Leona en el Distrito Minero de Chancón, VI Región, Chile. Universidad de Chile.

Narváez, P.; Aguirre, C. (2015). Distrito Minero San Antonio, un depósito skarn-IOCG de la Región de Coquimbo. In Congreso Geológico Chileno, No.14, Actas: 440- 443. La Serena.

Nasi, C. (1981). Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sureste de Melipilla (Chile Central). Memoria de Título (Inédito). Universidad de Chile. Departamento de Geología. 221p.

Nasi, C., & Thiele, R. (1982). Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sur del río Maipo, entre Melipilla y Laguna de Aculeo (Chile Central). *Revista Geológica de Chile*. Vol 16: 81-99p.

Oyarzún, R.; Ortega, L.; Sierra, J.; Lunar, R.; Oyarzún, J. (1996). The Manto-Type Gold Deposits of Andacollo (Chile) Revisited: A Model Based on Fluid Inclusion and Geologic Evidence, *Economic Geology* 9: 1298-1309.

Pardo-Casas, F.; Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farellón) and South American plates since late Cretaceous time. *Tectonics* 6: 233-248.

Piracés, R., MaksaeV, V. (1977). Geología de la Hoja Quillota, IV y V Región. Instituto de Investigaciones Geológicas, 135 p. (Inédito).

Portigliati, C. (2005). El distrito minero de Chancón, VI Región, aspectos geológicos y mineros, reservas y recursos minerales. Servicio Nacional de Geología y Minería. (Inédito).

Portigliati, C.; Emparan, C.; Vogel, S. (1988). Los agentes geológicos en la formación de placeres auríferos en el sur de Chile. In Congreso Geológico Chileno No. 5, Actas 1: A365-A383. Santiago.

Reutter, K. J. (2001). Le Ande centrali: elemento di un'orogenesi di margine continentale attivo. *Acta Naturalia de l' Ateneo Parmense*. Vol 37 (1/2): 5-37p

Reyes, M. (1991). The Andacollo strata-bound gold deposit, Chile and its position in a porphyry copper-gold system. *Economic Geology* 86: 1301-1316.

Rivera, M.; Montanares, Z.; Valenzuela, G. (2019). Visita técnica a Operación minera La Palmera (Ex minera El Piminetto y ex minera El Olivo), distrito minero Chancón.

Rojas, F.; Rojas, F. (2018). Visita Técnica a Mina La Palmera (Ex Pimiento y Ex Olivo) del Distrito Minero Chancón: Observaciones Geológicas y Mineras

Ruiz, C.; Peebles, F. (1988). Geología, Distribución y Génesis de los Yacimientos Metalíferos Chilenos. Editorial Universitaria: 334 p. Santiago

Sellés, D. (2000). La relación discordante entre las formaciones Abanico y Las Chilcas en la localidad de Angostura: implicancias regionales. In Congreso Geológico Chileno No. 9, Actas 1: 555-558. Puerto Varas.

Sellés, D. & Gana, P. (2001). Geología del área Talagante-San Francisco de Mostazal: Regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, N° 74.

Sernageomin & JICA/MMAJ. (1984). Informe de Estudios Básicos sobre la Exploración Geológica Minera, Informe Integral de las Tres Fases. Gobierno de Japón - Gobierno de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago - Tokyo. 83p.

SERNAGEOMIN. (2003). Mapa geologico de Chile: Version digital. 12 p.
<https://www.ipgp.fr/~dechabal/Geol-millon.pdf>

SERNAGEOMIN. (2020). Anuario de la Minería de Chile 2019, Servicio Nacional de Geología y Minería: 283 p. Santiago

SERNAGEOMIN. (2022). Anuario de la minería de Chile.

SERNAGEOMIN. (2023). (01 de Septiembre de 2023). Catastro de concesiones mineras. <https://catastro.sernageomin.cl/>

Sillitoe, R. & Hedenquist, J. (2003). Linkages between volcanotectonic settings, ore fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. *Society of Economic Geologist*. 315-343p.

Sillitoe, R. (1988). Epochs of intrusion-related copper mineralization in the Andes: *Journal of South American Earth Sciences* 1: 89-108.

Sillitoe, R.; McKee, E.; Vila, T. (1991). Reconnaissance K-Ar geochronology of the Maricunga gold-silver belt, northern Chile: *Economic Geology* 86: 1261-1270.

Sillitoe, R. (1981). «Regional aspects of the Andean porphyry copper belt in Chile and Argentina.» *Institution of Mining and Metallurgy Transactions* 90: 15-36.

Simmons, S. (1991). Hidrologic implications of alteration and fluid inclusion studies in the Fresnillo district: Evidence for a brine reservoir and a descending water table during the formation of hydrothermal Ag - Pb - Zn orebodies. *Economic Geology*. Vol 86: 1579-1602p.

Simmons, S.; White, N. & John, D. (2005). Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. *Society of Economic Geologist, Inc. 100th Anniversary Volume*: 485-522p.

So, C.; Dunchenko, V.; Yun, S.; Park, M.; Choi, S. & Shelton, K. (1995). Te - and Se - Bearing Epithermal Au - Ag Mineralization, Prasolovskoye, Kunashir Island, Kuril Island Arc. *Economic Geology*. Vol 90: 105-117p.

Stefánsson, A. & Seward, T. (2004). Gold (I) complexing in aqueous sulphide solutions to 500 C at 500 bar. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. Vol 68: 4121-4143p

Thomas, H. (1958). Geología de la Cordillera de la Costa, entre el valle de La Ligua y la cuesta Barriga. *Boletín N°2, Institución de Investigaciones Geológicas*. 86p.

Vergara, M. & Drake, R. (1979). Edades Potasio - Argón en Secuencias Volcánicas Continentales Postneocomianas de Chile Central; su Depositación en Cuencas Intermontanas Restringidas. *Asociación Geológica Argentina*. Vol 34: 42-52p.

Vicente, J.; Charrier, R.; Davidson, J.; Mpodozis, A. & Rivano, S. (1973). La Orogénesis Subhercínica: Fase mayor de la evolución paleogeográfica y 164 estructural de los Andes Argentino Chilenos centrales. 5th Congreso Geológico Argentino. Vol 5: 81-98p.

Wall, R., Gana, P. & Gutiérrez, A. (1996). Mapa geológico del área de San Antonio-Melipilla, regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos. Vol 2: 20p.

Wall, R., Sellés, D., & Gana, P. (1999). Área Tiltill-Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos, No. 11, 1 mapa escala 1:100.000, 1 anexo, Santiago.

White, D. (1981). Active geothermal systems and hydrothermal ore deposits. In 75th Anniv. Vol. (Skinner, B.S.; ed.), Econ. Geol. Publ. CO., p. 392-423.

White, N. & Hedenquist, J. (1995). Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. Society of Economic Geologist newsletter. Vol 23: 1-13p