



Universidad
de Concepción



DETERMINACIÓN DE UNIDADES GEOMETALÚRGICAS EN UN PÓRFIDO CUPRÍFERO REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Defensa para optar al Título de Geólogo

JOSÉ LUIS MORGADO ZAMORA

Profesor Guía: McS. Abraham Elías González Martínez

Profesores Comisión: MsC. Liubow González Martínez

Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

Concepción, Diciembre 2021

Decreto U. DEC. N° 2017-085,
Geología

Estructura Defensa

1. Introducción
2. Marco Geológico
3. Definición del Problema
4. Metodología
5. Resultados y Discusión
6. Conclusiones



1. Introducción

- El yacimiento estudiado se encuentra emplazado en la precordillera de la Región de Antofagasta.
- El trabajo comienza cuando se observa una caída abrupta de la recuperación de cobre.
- A través de la planificación y ejecución de distintos trabajos se busca resolver las causas de este problema.



- Las unidades fundamentales para el trazado de las distintas curvas de recuperación son las zonas mineralógicas, las cuales agrupan la mineralogía de las distintas menas del yacimiento.
- Al observar la caída abrupta en la recuperación del cobre, se asumió por parte de Lixiviación un cambio mineralógico, que en las observaciones de Geología no estaba ocurriendo, lo que llevo a revisar otros parámetros geológicos que permitieran explicar mejor las causas de esta caída.

Objetivo General

- Encontrar las razones que producen las diferencias en la recuperación de cobre por lixiviación para una Unidad Mineralógica específica de sulfuros.



Objetivos Específicos

- Obtener la información adecuada, a partir de diferentes análisis, que permitan la identificación de las variables que producen las diferencias en recuperación, dentro de una misma Unidad Mineralógica.

2. Marco Geológico

- El yacimiento se aloja en un marco geológico regional compuesto por rocas intrusivas intermedias, hipabisales, afectadas por alteración hidrotermal, las que contienen la mayor parte de la mineralización.
- Se pueden diferenciar dos grandes unidades litológicas:
 - Diorita, situada al norte, y
 - Granodiorita, al sur.

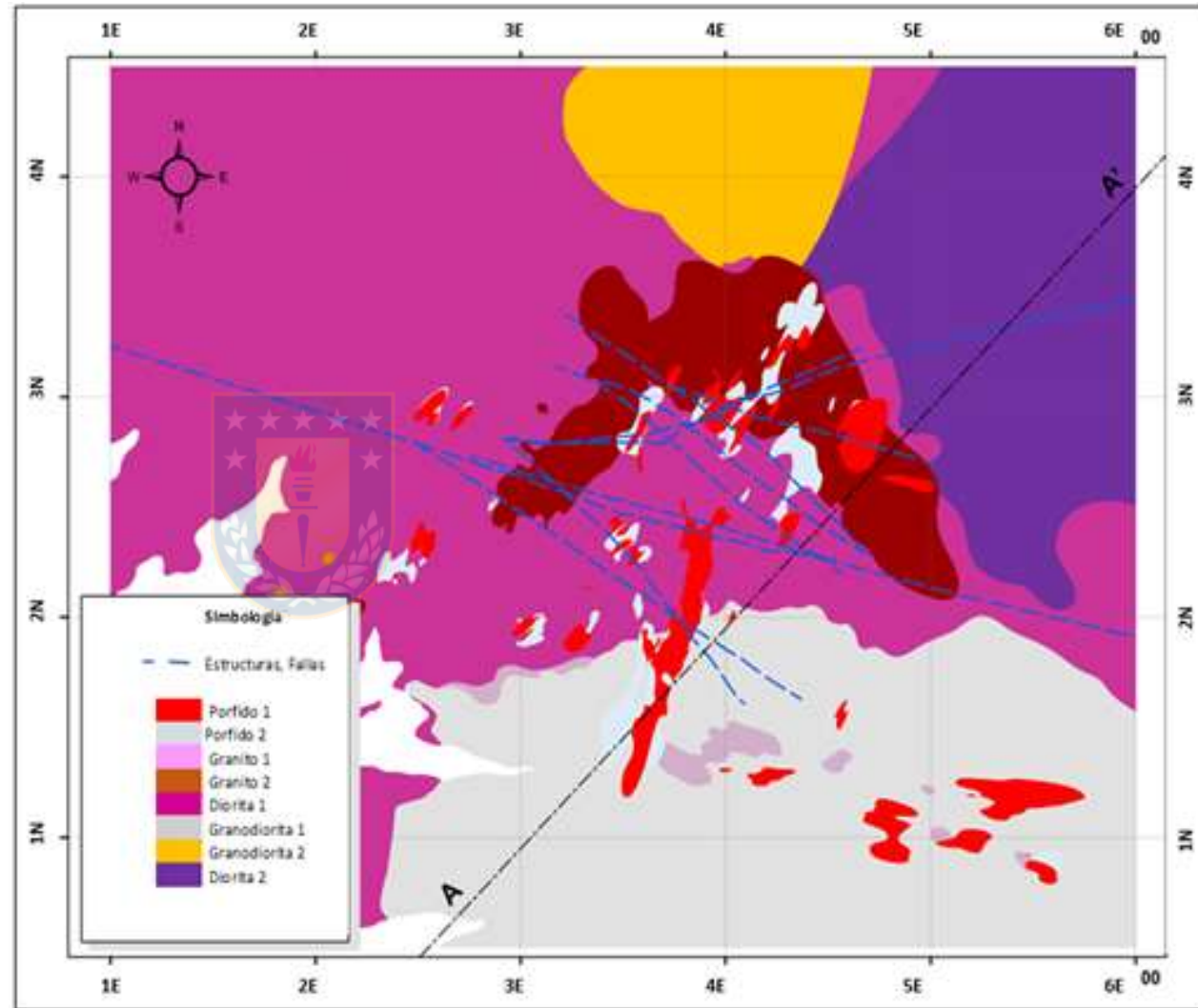


Planta, Tipos de Rocas

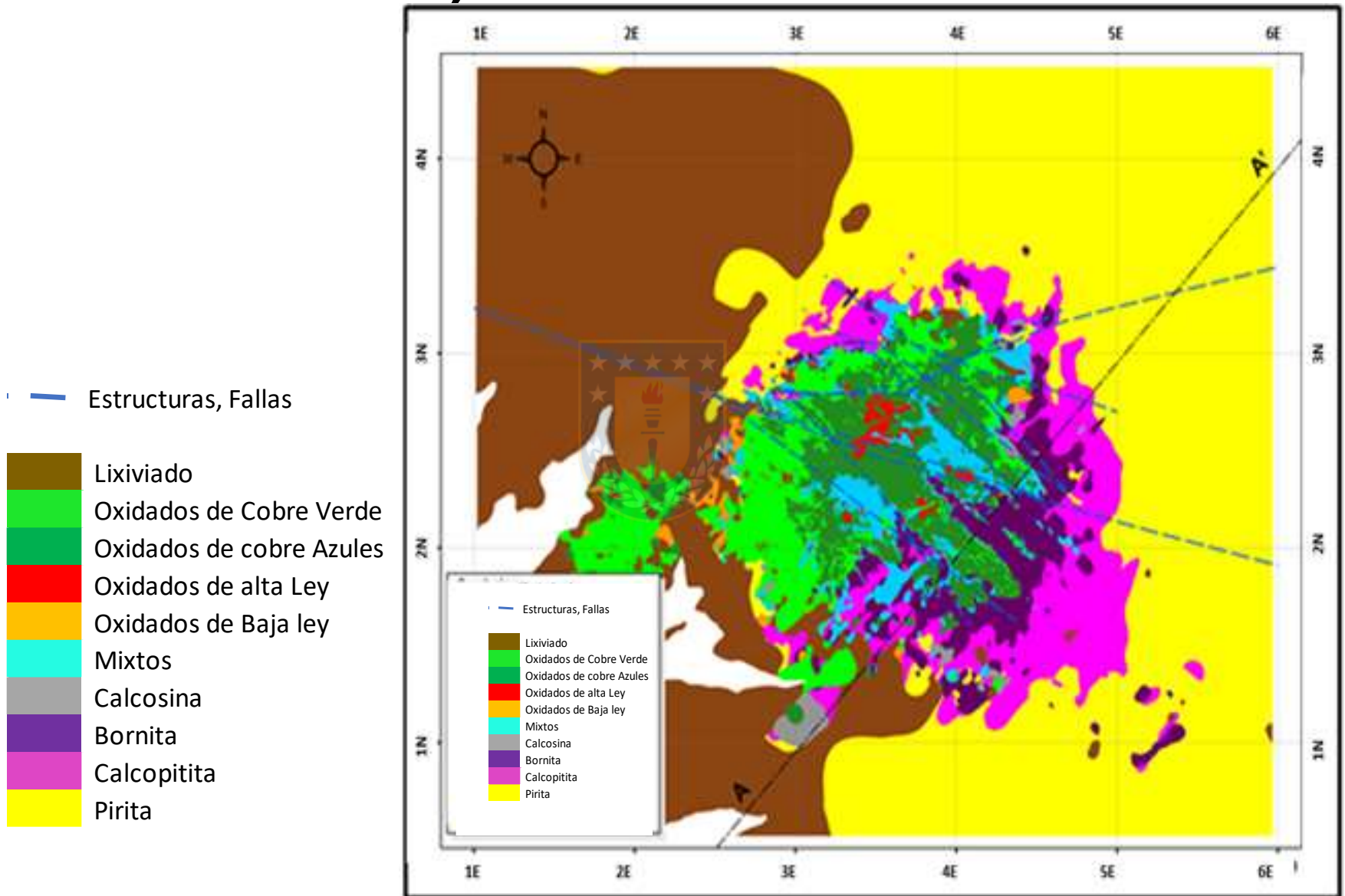
Simbología



 Estructuras, Fallas



Planta, Zonas Minerales



3. Descripción del Problema

- Dentro de los trabajos de balance que se realizan cada mes, entre la ley de cobre que llega desde la mina y lo que se concentra en solución en la planta, se encontró una baja sostenible de la producción, que no se explicaba sólo con las variables operacionales de la planta o por algún cambio mineralógico en el yacimiento.
- Para enfrentar el problema se realizaron distintas tareas:

4. Metodología

- Análisis de distintas bases de datos
- Realización de modelo 3D para QLT
- Muestreo de pozos de tronadura (84 muestras)
- Caracterización geológica completa
- Pruebas de IsopH
- Análisis Tescan
- Pruebas de columnas

5. Resultados y Discusión

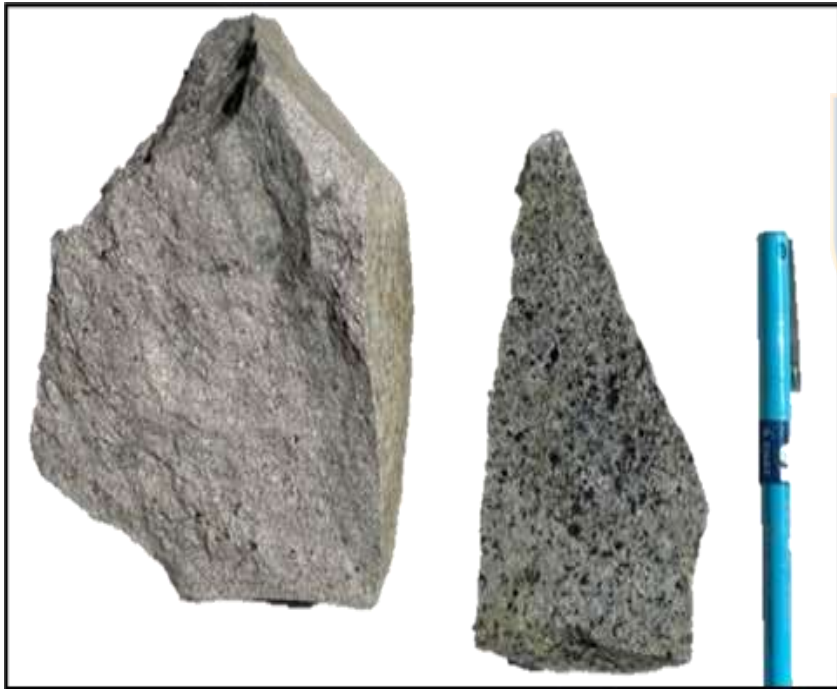
Datos de PQLT, QLT y CuS en periodo comprendido enero 2014 y abril 2020 .

Gráfico 1

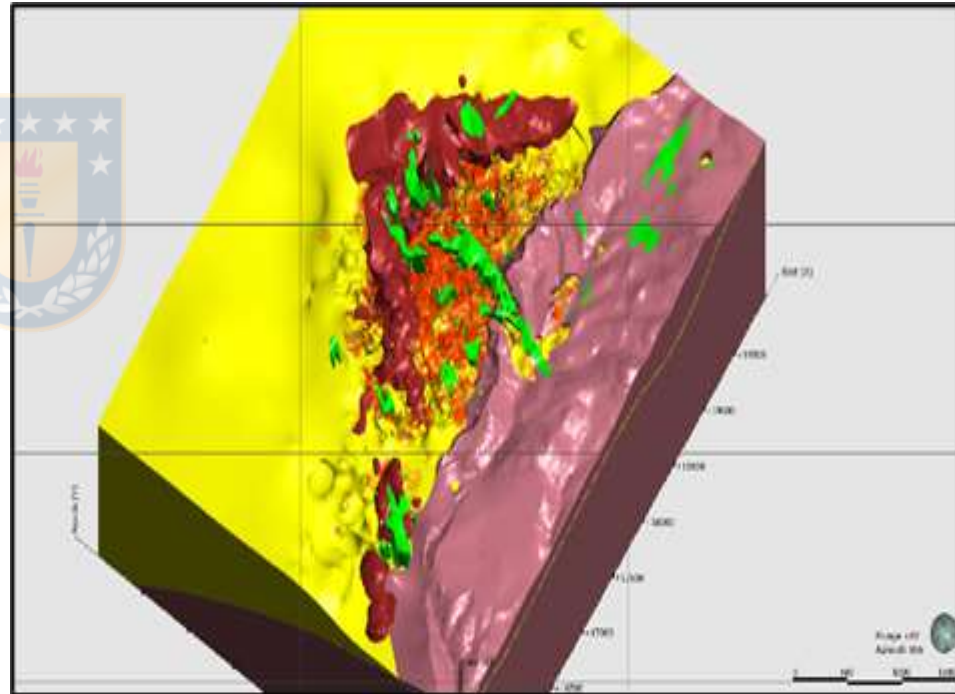


Muestra la caída de prácticamente 30% en ley de QLT.

Para evaluar la caída del QLT a través de las distintas variables geológicas se construyó un modelo tridimensional de la variable QLT considerando los tipos de Roca, el muestreo de pozos de tronadura (84 muestras) y análisis y pruebas de IsopH y Testcan.



Rocas de distinta composición dentro de caracterizaciones realizadas.



Modelo 3D. Cruce información Roca y QLT

Gráfico 1: Recuperación v/s Tipo de Roca

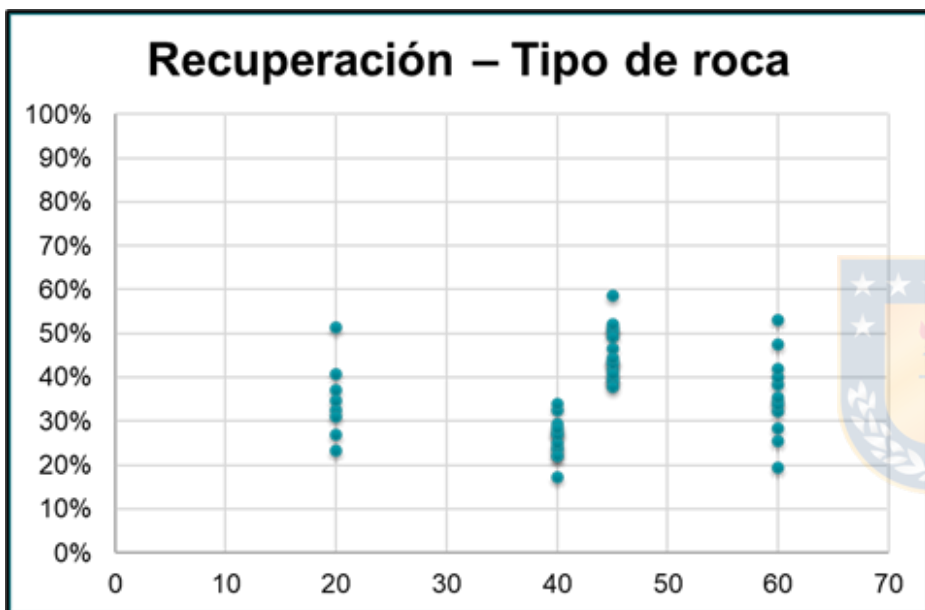
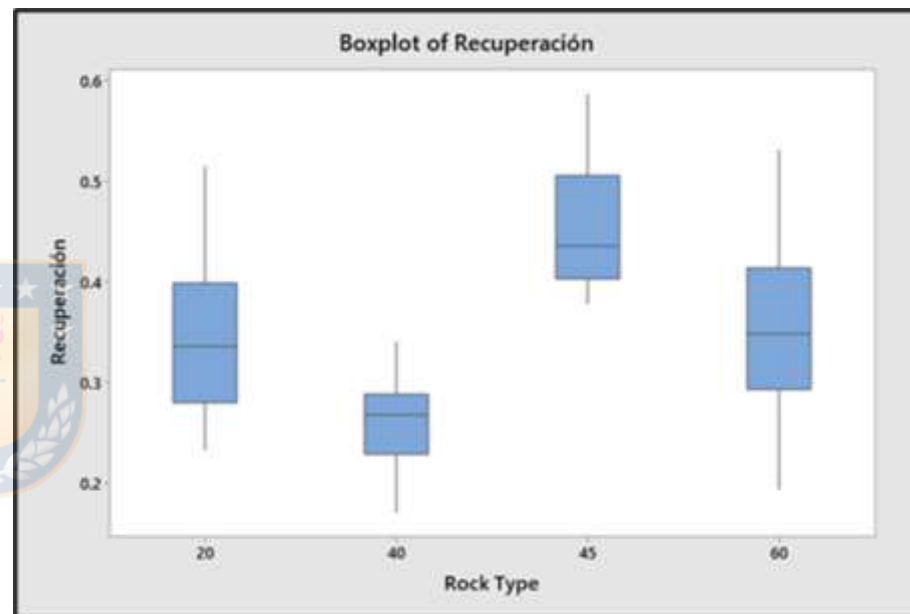


Gráfico 2 :Recuperación v/s Tipo de Roca



Comportamiento de la recuperación de cobre en pruebas de IsopH

Gráfico 4: Recuperación v/s Tipo de Roca separado por PQLT

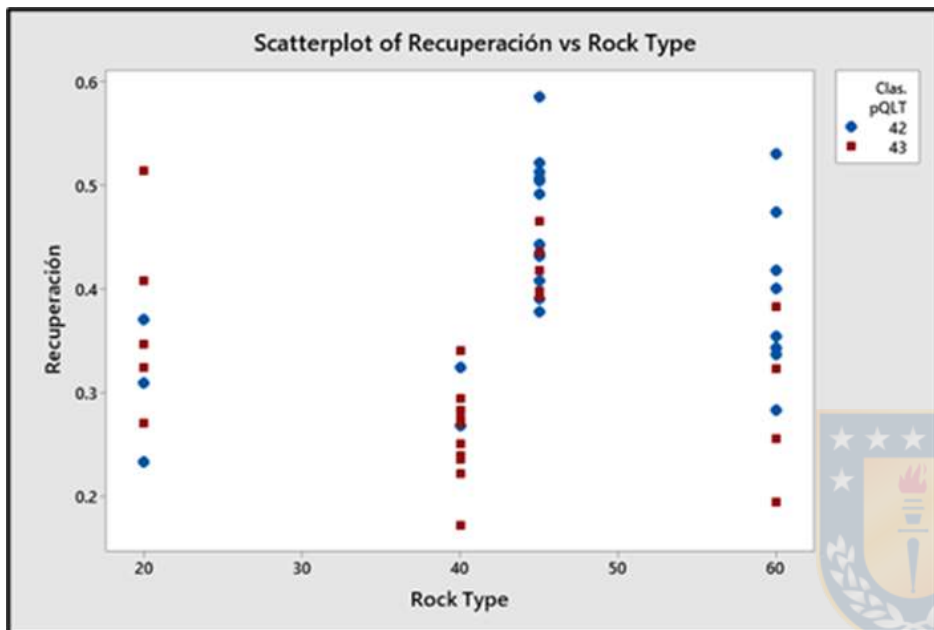
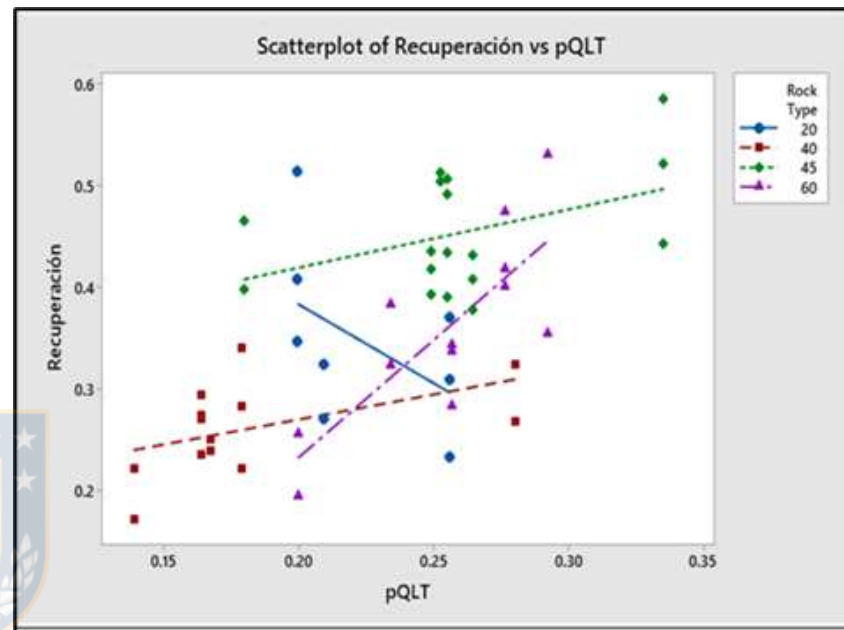


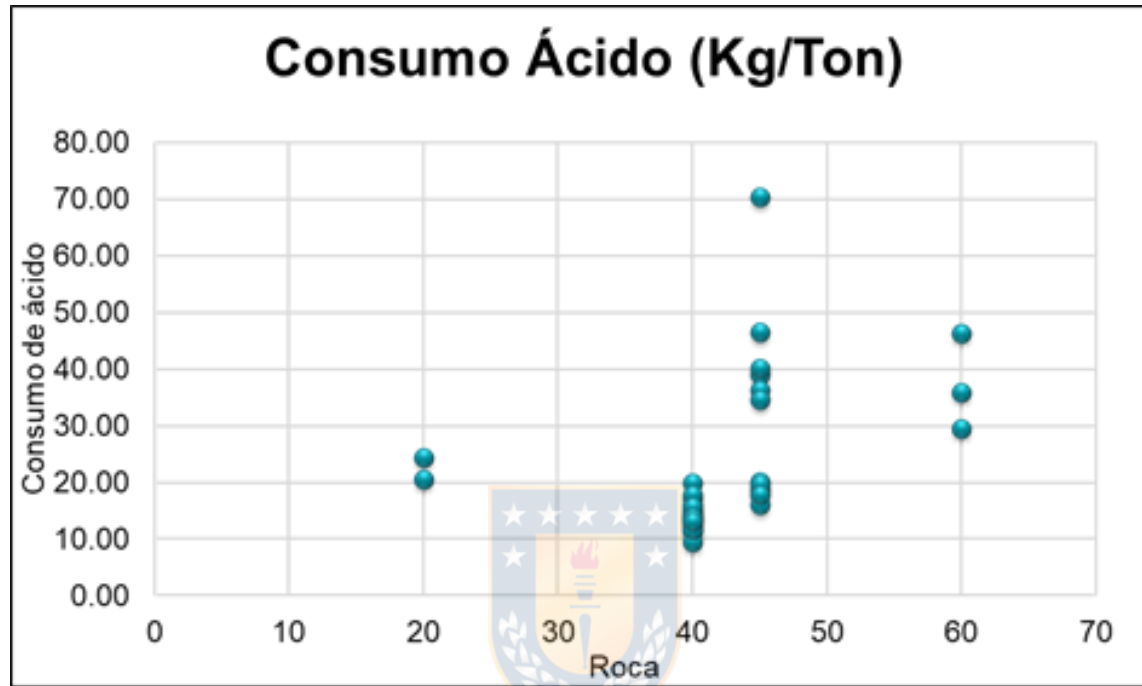
Gráfico 5: Recuperación v/s PQLT separado por tipo de Roca



- Muestra como se agrupan los resultados en intervalos distintivos, para dos rocas en particular Granito 1 y Diorita.
- Mientras que para la roca Pórfido y Granodiorita el intervalo de recuperación es más amplio para la última.

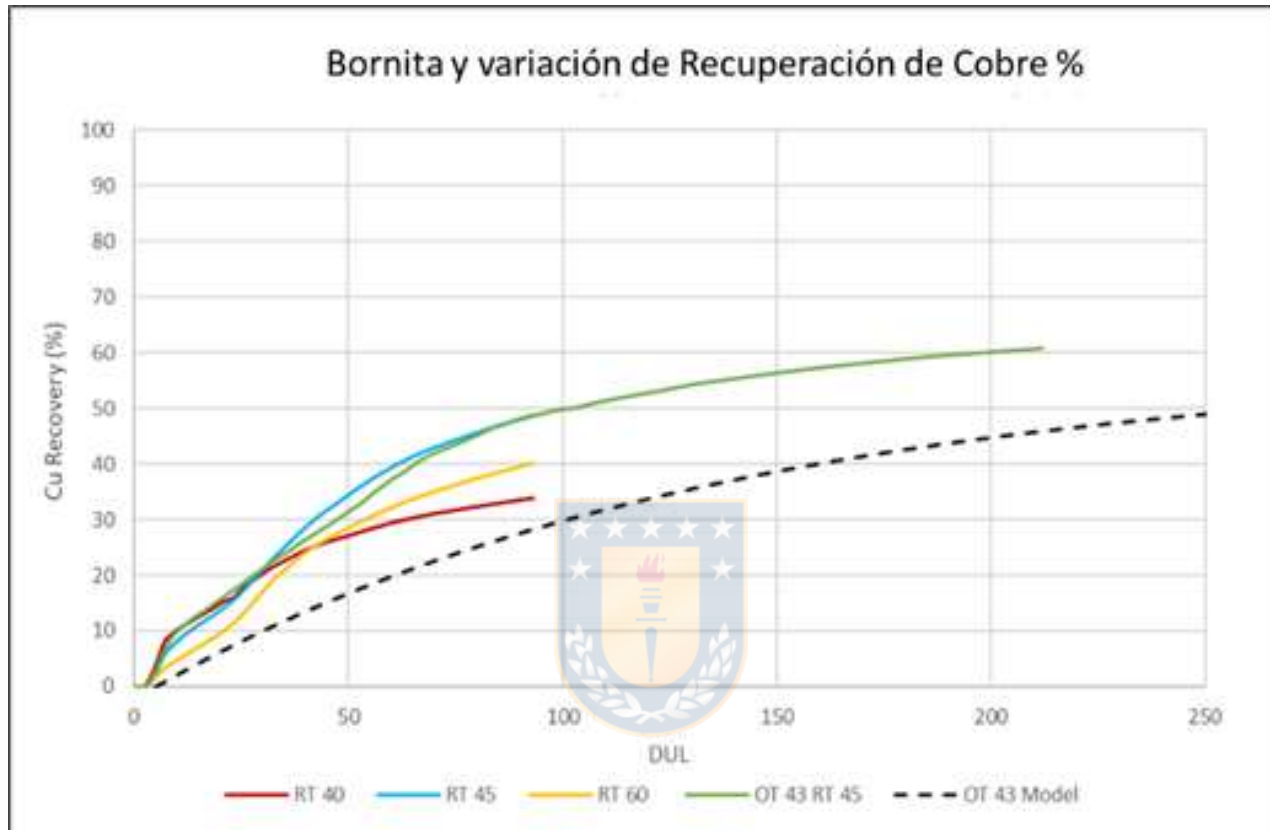
- El Gráfico 4 muestra PQLT, que define, en parte, el tipo de zona mineral donde se hizo el estudio
- En las zonas de bornita y bornita con enriquecimiento en calcosina, se observa que la recuperación no depende del límite en el PQLT y sólo es un indicador de alta o baja ley de cobre en esta unidad.
- El Gráfico 5 es un scatter plot entre PQLT y Recuperación para pruebas de IsopH, separado por unidades de Roca.
- Se observa claramente que las rocas 45 (verde) y 40 (rojo) se separan en bandas de alta y baja recuperación, respectivamente.

Gráfico 6: Consumo de Ácido v/s Roca



- En el Gráfico 6 se ve el comportamiento del consumo de ácido con respecto al del tipo de roca.
- En la roca Granito 1 (40) el consumo de ácido es bajo y está bastante acotado, mientras que para la Diorita 1 (45) el espectro es mucho más amplio.

Gráfico 7: Columnas con cinéticas de recuperación por Rocas



- El Gráfico 7 muestra el comportamiento de los resultados de los análisis de pruebas de columna, para la unidad de sulfuros Bornita.

- Se puede observar que para la Diorita 1 (45) la recuperación en el tiempo con respecto al cobre total supera el 60%, mientras que para el Granito 1 (40) esta curva se achata y su proyección en el tiempo (cinética) no superaría el 35%.
- También se aprecia que el comportamiento de la Granodiorita 1 (60) corresponde a una recuperación intermedia entre las dos unidades anteriores.
- Se ve claramente que las rocas 45 (verde) y 40 (rojo) se separan en bandas de alta y baja recuperación respectivamente.

Gráfico 8: Scatter Plot Titanita v/s Consumo de Ácido

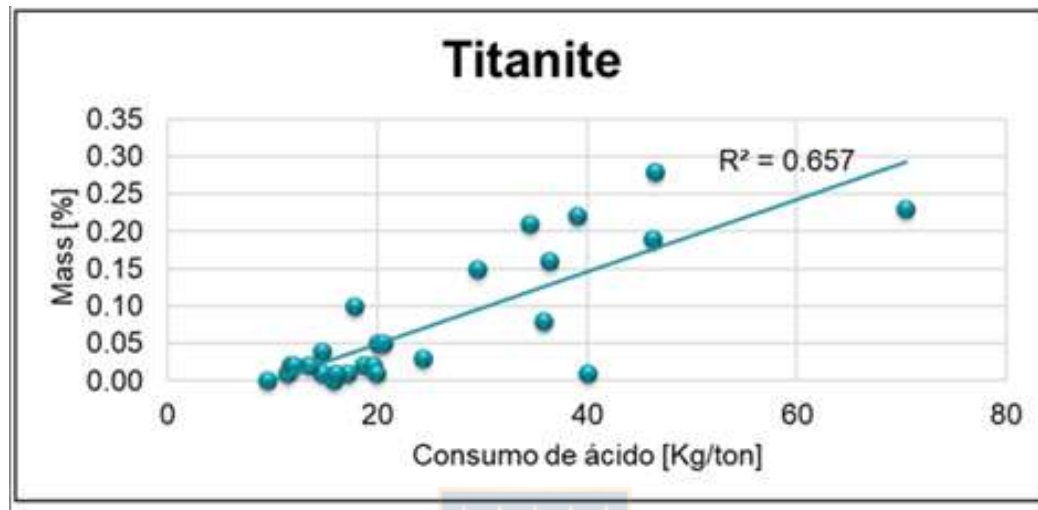
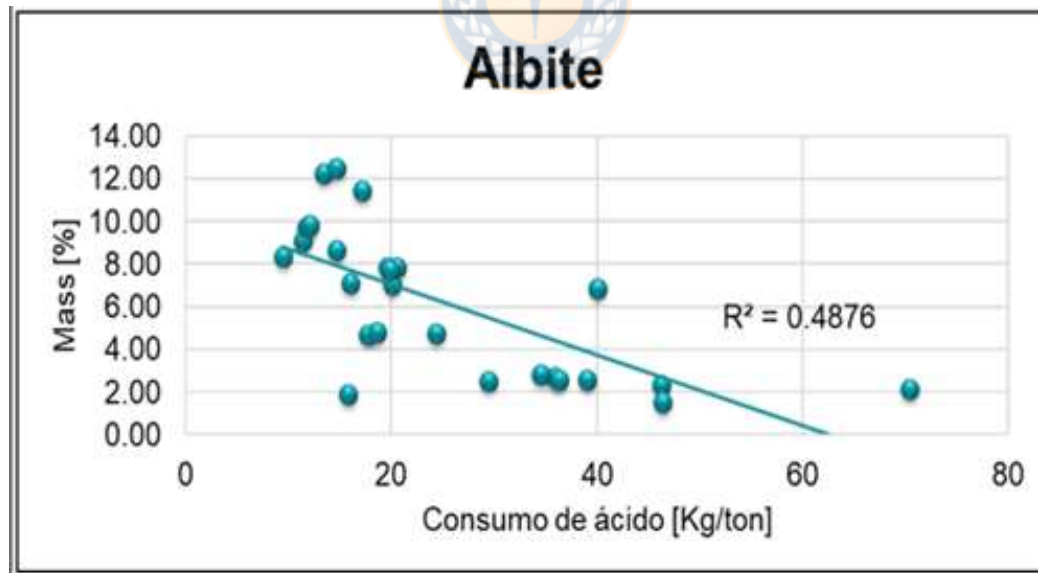


Gráfico 9: Scatter Plot Albite v/s Consumo de Ácido



- En los gráficos 8 y 9, se puede ver que a medida que aumenta el consumo de ácido, aumenta la Titanita y ocurre una relación inversa con el mineral de Albita
- Esto indicaría que la Titanita es un relicto, que va quedando a medida que avanza la lixiviación, y ocurre lo contrario con la Albita.
- El primero sería un indicador de un mayor consumo de ácido.



6. Conclusiones

- La principal conclusión de este trabajo muestra como responsable de la baja recuperación en la producción se debe a las distintas unidades de rocas que están inscritas en esta unidad de Bornita
- las correlaciones muestran la importancia de incluir la roca como unidad de estimación para las curvas de recuperaciones metalúrgicas.

6. Conclusiones

- A su vez el consumo de ácido también puede ser determinante en la recuperación ya que a niveles de consumo de ácido altos donde la ganga es el consumidor principal no permite la lixiviación de los minerales de cobre.
- Se incluyó la variable consumo de ácido a un número restringido de muestras.

6. Conclusiones

- Con respecto al esfeno y albita y el consumo de ácido muestra que los minerales son indicadores de esta variable y se explican por alteraciones dentro de la plagioclasa y relictos que puede quedar esta alteración a medida que ocurre la lixiviación.

6. Conclusiones

- Las recomendaciones de este estudio son:
 - Ampliar el espectro de muestras a las otras zonas minerales (Oxidados y Mixtos) con la variable roca como unidad determinante y ver cómo se comporta las otras dos variables estudiadas.
 - Como se implemento la variable consumo de ácido a un número restringido de muestras, se recomienda aumentar en el tiempo el análisis a todas las muestras de hoyos de tronadura, y llevarla al total del modelo de bloques.

6. Conclusiones

- Construir columnas de menor tamaño de forma sistemática que permitan modelar las condiciones de la pila en un menor tiempo y poder generar estimaciones con curvas de recuperación de corto y mediano plazo.
- Finalmente, estos parámetros donde se incluye la variable litología y se correlaciona con las variables metalúrgicas debe llevar a la construcción de un modelo de producción geometalúrgico.

Referencias

- Ambrus, J. 1977. Geology of the El Abra porphyry copper deposit, Chile. *Economic Geology*, Vol. **72**: 1.062-1.085.
- Ambrus, J. 1979. Emplazamiento y mineralización de los pórfidos cupríferos de Chile. Ph.D. Thesis (Inédito), Universidad de Salamanca, España: 314. Salamanca
- Campbell, I.; Ballard, J.; Palin, M.; Allen, C. & Alejandro, F. 2006. U-Pb Zircon Geochronology of Granitic Rocks from the Chuquicamata-El Abra Porphyry Copper Belt of Northern Chile: Excimer Laser Ablation ICP-MS Analysis. *Economic Geology*, Vol. **101**: 1.327-1.344.
- Cocker, H.; Valente, D.; Park, J.-W. & Campbell, I. 2016. Using Platinum Group Elements to Identify Sulfide Saturation in a Porphyry Cu System: the El Abra Porphyry Cu Deposit, Northern Chile. *Journal of Petrology*, Vol. **56**, N° 12: 2.491-2.514.

Referencias

- Correa, K.; Rabbia, O.; Hernández, L.; Selby, D. & Astengo, M. 2015. The Timing of Magmatism and Ore Formation in the El Abra Porphyry Copper Deposit, Northern Chile: Implications for Long-Lived Multiple-Event Magmatic-Hydrothermal Porphyry Systems. *Economic Geology*, Vol. **111**: 1-28.
- Cuadra, P.; Zentilli, M.; Puig, A. & Tidy, E. 1997. Dataciones radiométricas en Radomiro Tomic [abs.]. VIII Congreso Geológico Chileno, Abstracts, Vol. **3**: 1.899-1.902. Antofagasta
- Dilles, J. H. 1997. El Abra and Fortuna complexes: a porphyry copper batholith. (Informe inédito) Actualización del conocimiento geológico de Chuquicamata, 1, Publicaciones de Geología, CODELCO Chile, Division Chuquicamata: 11-15. Santiago

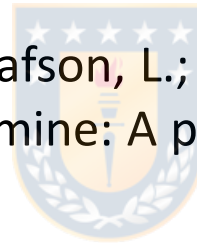


Referencias

- Duncan, R. & Hargraves, R. 1984. Plate evolution of the Caribbean region in the mantle reference frame in the Caribbean-South American plate boundary and regional tectonics. Geological Society of America, Memoir 162: 81-93.
- Lindsay, D.; Zentilli, M. & Rojas de la Rivera, J. 1995. Evolution of an active ductile to brittle shear system controlling mineralization at the Chuquicamata porphyry copper deposit, northern Chile. *International Geology Review*, Vol. **37**: 945-958.
- McInnes, B.; Farley, K.; Sillitoe, R. & Kohn, B. 1999. Application of apatite (U-Th)/He thermochronometry to the determination of the sense and amount of vertical displacement at the Chuquicamata porphyry copper deposit, Chile. *Economic Geology*, Vol. 94: 937-948.

Referencias

- Ossandón, C. & Zentilli, M. 1997. El Distrito de Chuquicamata: Una concentración de cobre de clase mundial. VIII Congreso Geológico Chileno, Proceedings, Vol. **3**: 1.888-1.893. Antofagasta
- Ossandón, C.; Freraut, C.; Gustafson, L.; Lindsay, D. & Zentilli, M. 2001. Geology of the Chuquicamata mine: A progress report. *Economic Geology*, Vol. **96**: 249-270.
- Pardo, R. & Rivera, S. 1999. Exploración básica de seguimiento distrito Chuquicamata, II Región, (Informe inédito), Calama Exploraciones, CODELCO Chile. API-9701-3: 35-39. Calama



Referencias

- Reutter, K.-J. & Chong, G. 1996. The Precordilleran fault system of Chuquicamata, northern Chile: Evidence for reversals along arcparallel strike-slip faults. *Tectonophysics*, Vol. **259**: 213-228.
- Santana, C. 2011. Estudio Geológico-Estructural y su aplicación a la exploración de cuerpos mineralizados en el distrito El Abra, II Región De Antofagasta, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. (Inedito), Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra: 130 pp. Concepción.
- Sillitoe, R.; Marquardt, J.; Ramírez, F.; Becerra, H. & Gómez, M. 1996. Geology of the concealed MM porphyry copper deposit, Chuquicamata district, northern Chile. Society of Economic Geologists Special Publication N° 5: 59-70.

Referencias

- Tomlinson, A.; Blanco, N.; Maksaev, V.; Dilles, J.; Grunder, A. & Ladino, M. 2001. Geología de la Precordillera Andina de Quebrada Blanca-Chuquicamata, Regiones I y II (20°30'-22°30'S). Servicio Nacional de Geología y Minería, OMIN, 448. Santiago

