



Universidad
de Concepción



“MODELO NUMÉRICO COMBINADO DE ALTERACIÓN COMO GUÍA DE EXPLORACIÓN EN MINA ESTATUAS, DISTRITO MINERO EL TOQUI, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE”

Defensa para optar al Título de Geólogo
OLGA GISSELA VELOSO AGUILERA

Profesor Guía: Msc. Abraham González Martínez
Profesores Comisión: Msc. Liubow González Martínez
Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

Concepción, Diciembre 2019

Decreto U. DEC. N° 2017-085,
Geología

Estructura Defensa

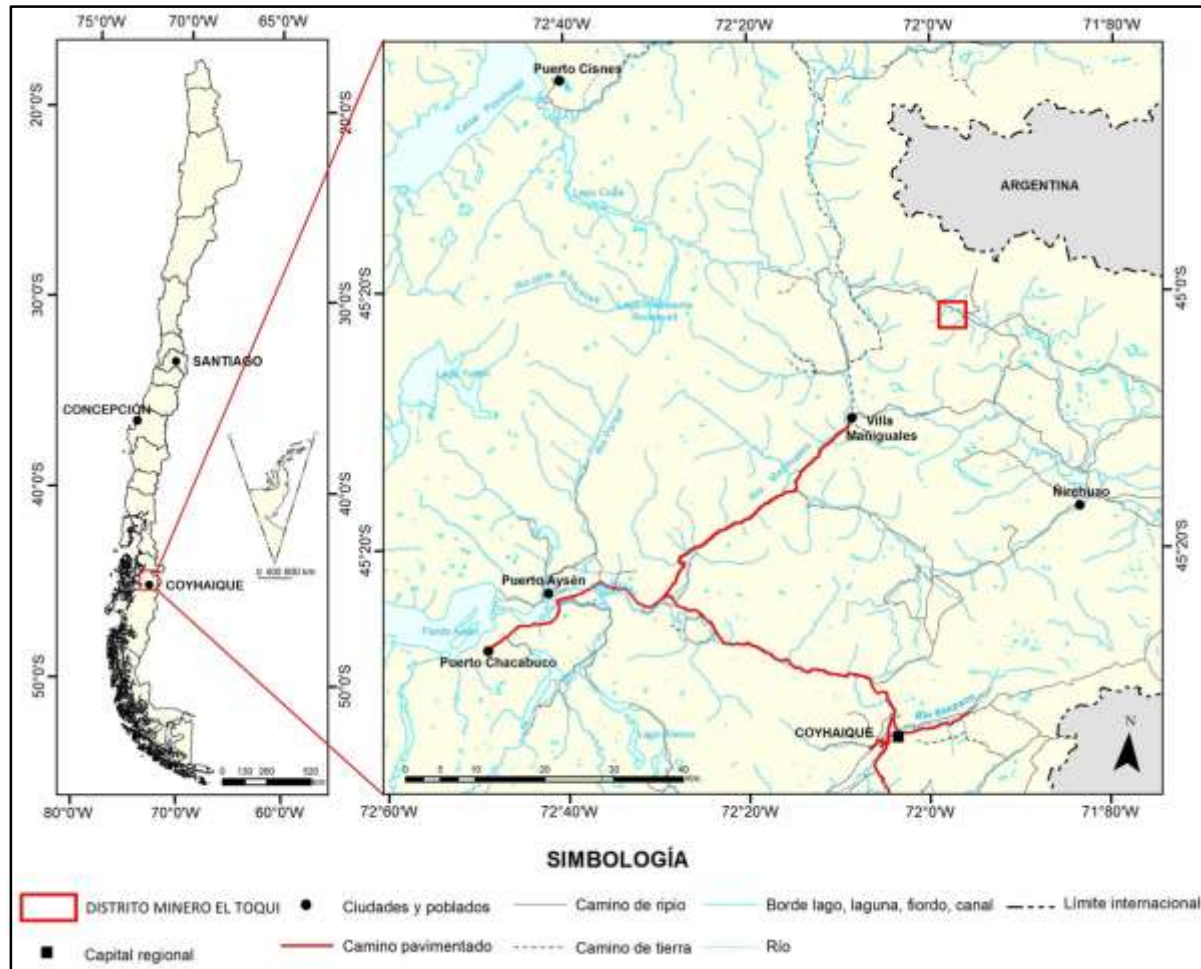
1. Introducción
2. Marco Geológico
3. Metodología
4. Resultados
5. Discusión
6. Conclusiones

1. Introducción

- En este trabajo se busca elaborar un modelo exploración para Mina Estatuas ubicada en el Distrito Minero El Toqui, a partir de la información del mapeo de los minerales de alteración y de mineralización metálica de los sondajes de diamantina.
- El Distrito Minero El Toqui contiene cuerpos mineralizados de Zn-Pb-Au-Ag y corresponde a un depósito tipo Skarn.
- La mineralización del yacimiento se encuentra alojada en un horizonte calcáreo denominado “Manto Principal” y se originó en dos eventos que generaron dos fases distintas de alteración.
- Metasomatismo implicó reemplazo de los minerales primarios de la roca carbonatada por silicatos como granate, piroxeno, feldespato y cuarzo, además de sulfuros como esfalerita y galena.
- Alteración retrógrada originó una superposición de anfíboles y clorita en la roca original ya alterada por el metasomatismo; mineralización de Au también acompañó a este evento.

1. Introducción

El Distrito Minero El Toqui se ubica 1.350 km al sur de Santiago, en la Región de Aysén, entre las coordenadas 45°03'-45°01' Latitud Sur y 71°59'-71°56' Longitud Oeste.



Sáez, 2016.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

1. Introducción

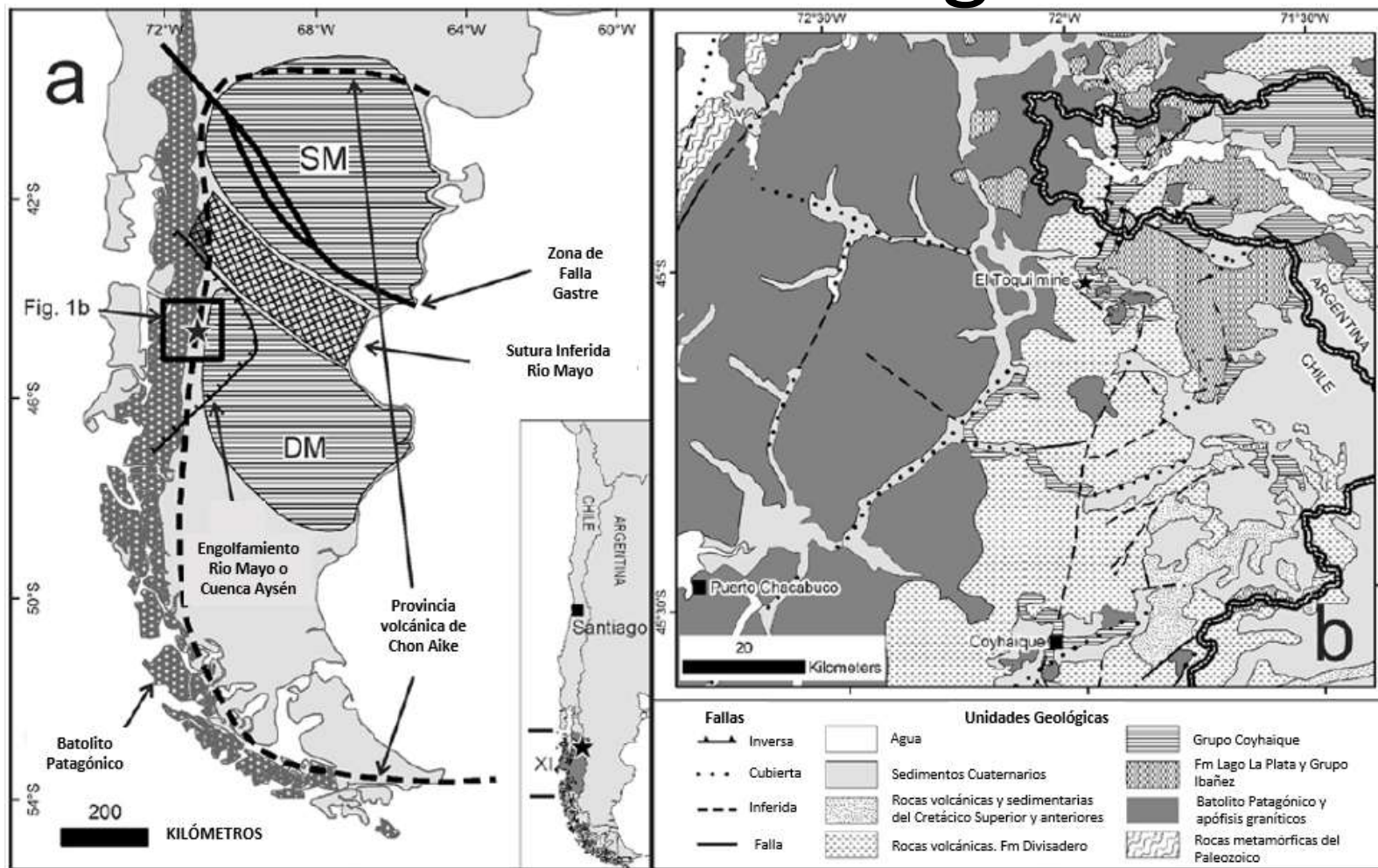
Objetivo General

- Elaborar un modelo de exploración para Mina Estatuas utilizando los datos existentes en las DB de alteración y mineralización de los DDH, en conjunto con los antecedentes obtenidos de estudios mineralógicos realizados anteriormente acerca de las asociaciones de minerales de alteración relacionadas a la mineralización de mena.

Objetivos Específicos

- Construir un modelo de exploración para el Zn.
- Desarrollar un modelo de exploración para el Au.

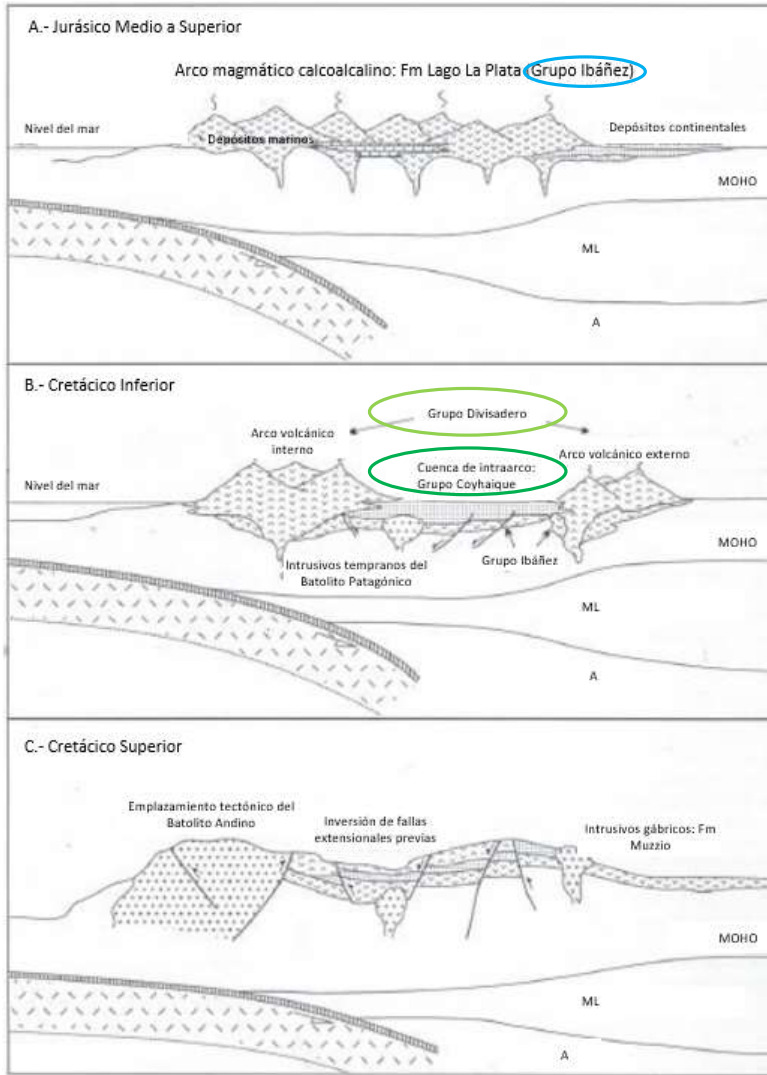
2. Marco Geológico



- Mapa geológico Regional y Distrital.

Bussey *et al*, 2010a.

2. Marco Geológico

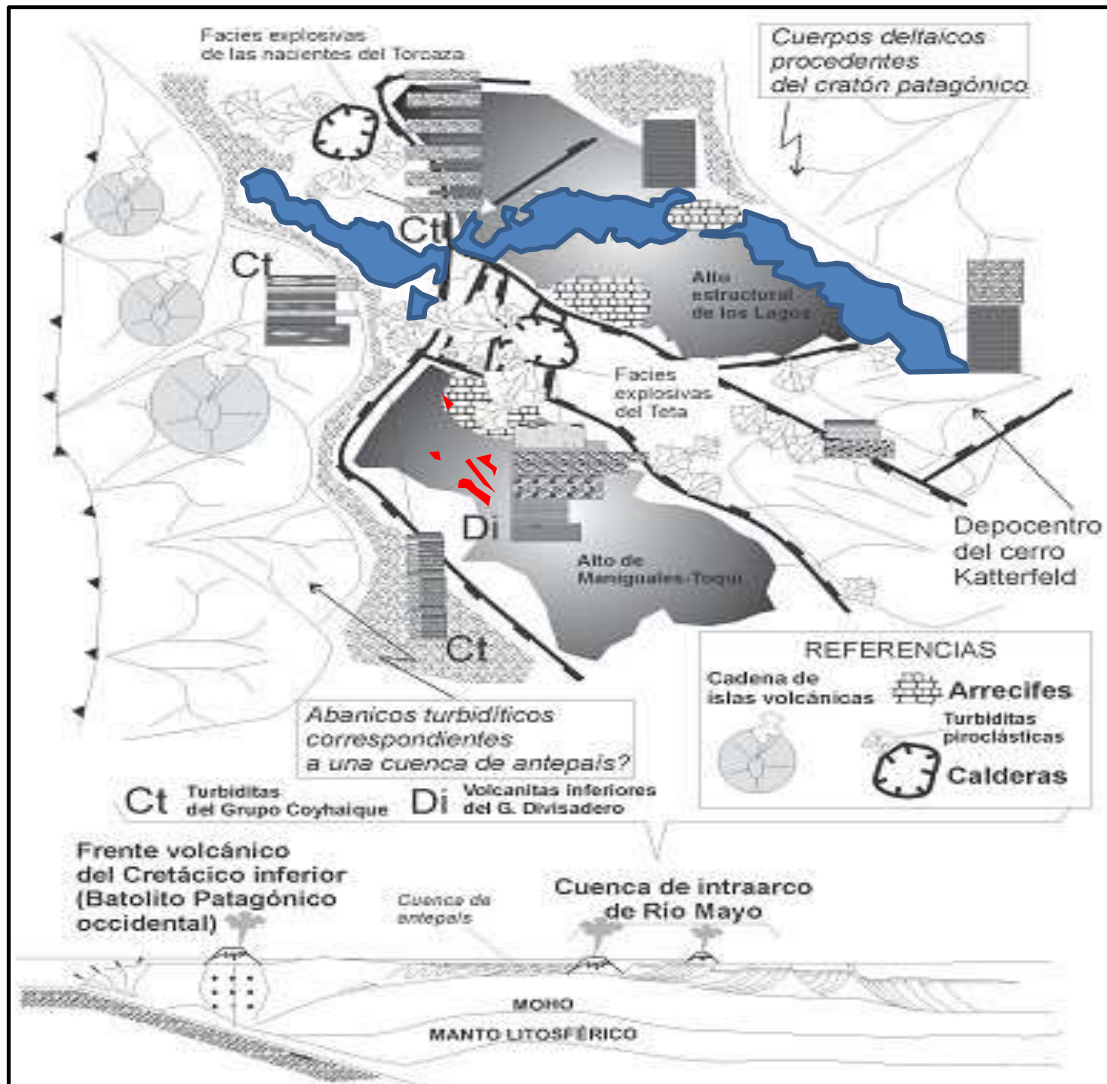


Periodo (Ma)	Estratigrafía	Litología (espesor)
Cretácico Temprano	Grupo Divisadero	Grupo Divisadero: lavas, ignimbritas y flujos piroclásticos (200-600 m); domos subvolcánicos, sills y diques.
	Fm Apeleg	Grupo Coyhaique: Formación Apeleg: areniscas y conglomerados subordinados (600-1200 m)
	Fm Katterfeld	Formación Katterfeld: lutitas negras y areniscas subordinadas (250-350 m)
	Fm El Toqui	Formación Toqui: areniscas volcánicas, conglomerados, limolitas tobáceas, calizas (40-160 m); correlación con Formación Tres Lagunas (Argentina).
Jurásico Tardío	Grupo Ibáñez	Grupo Ibáñez: tobas, ignimbritas, brechas, conglomerados, lutitas negras, calizas; correlación con Formación Lago La Plata (Argentina).
Paleozoico	Complejo Metamórfico de los Andes Orientales	Complejo Metamórfico de los Andes Orientales: turbiditas del Paleozoico Temprano y carbonatos de plataforma metamorizados a facies de esquistos verde en el Paleozoico Tardío.

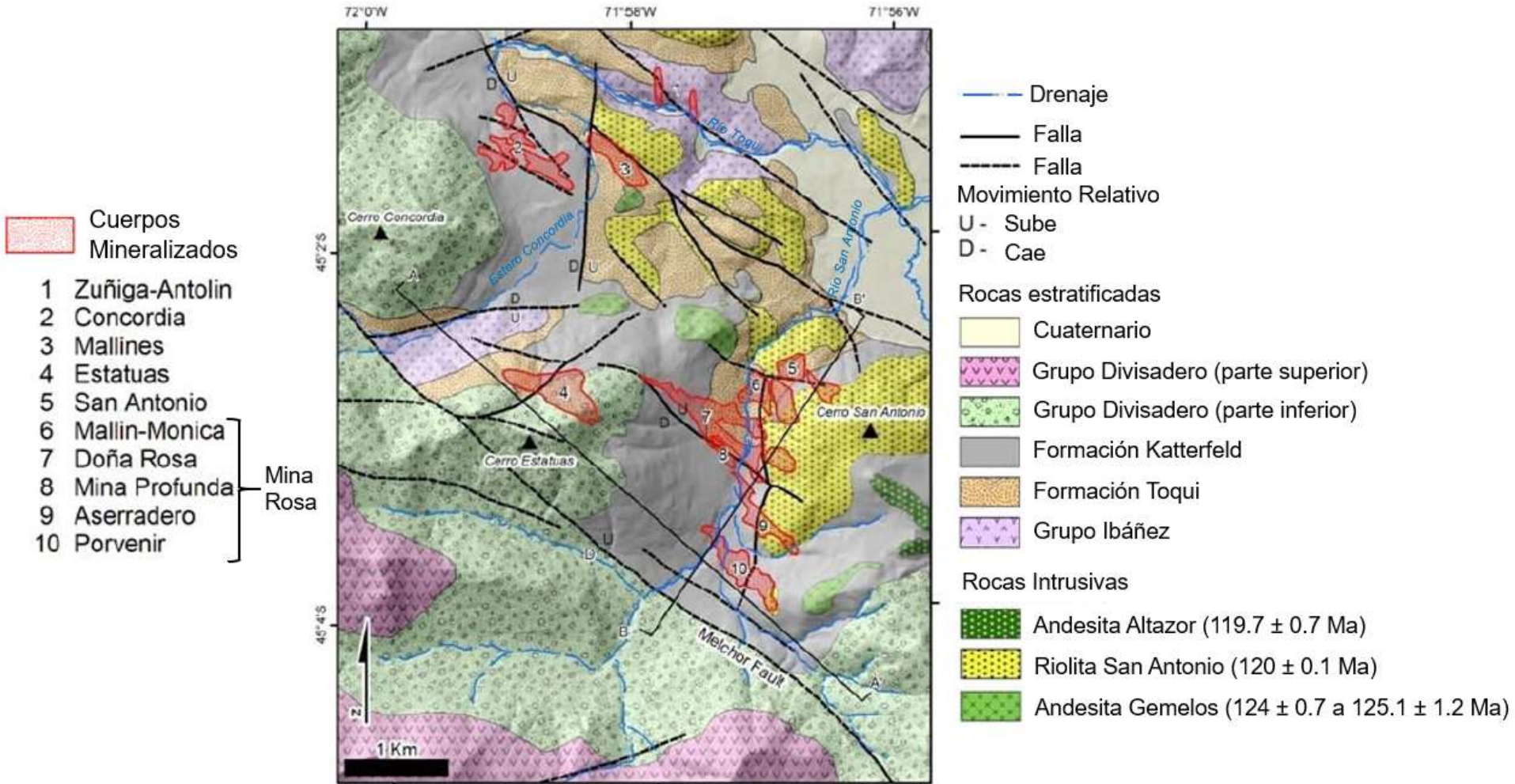
Bussey *et al*, 2010a.

2. Marco Geológico

Paleogeografía del Cretácico Temprano.



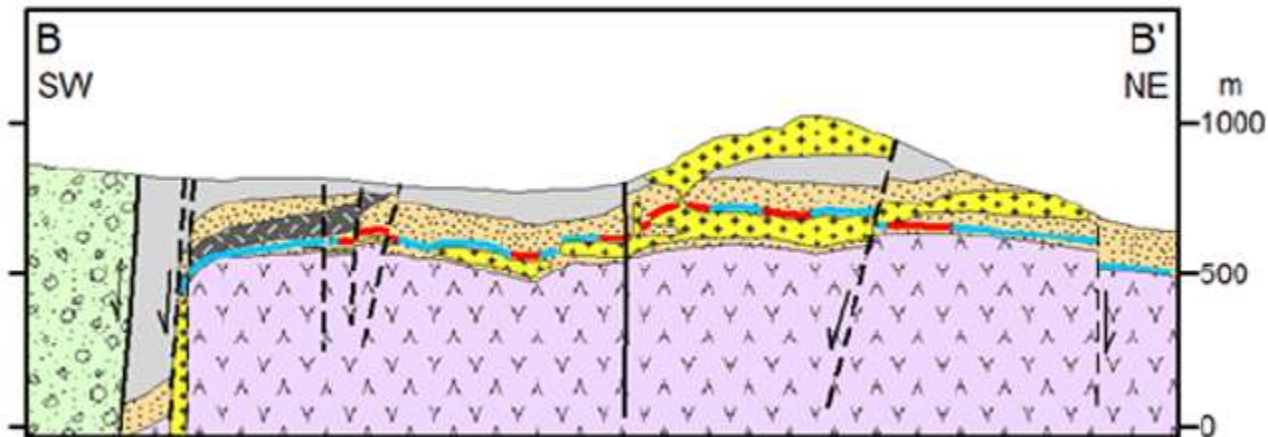
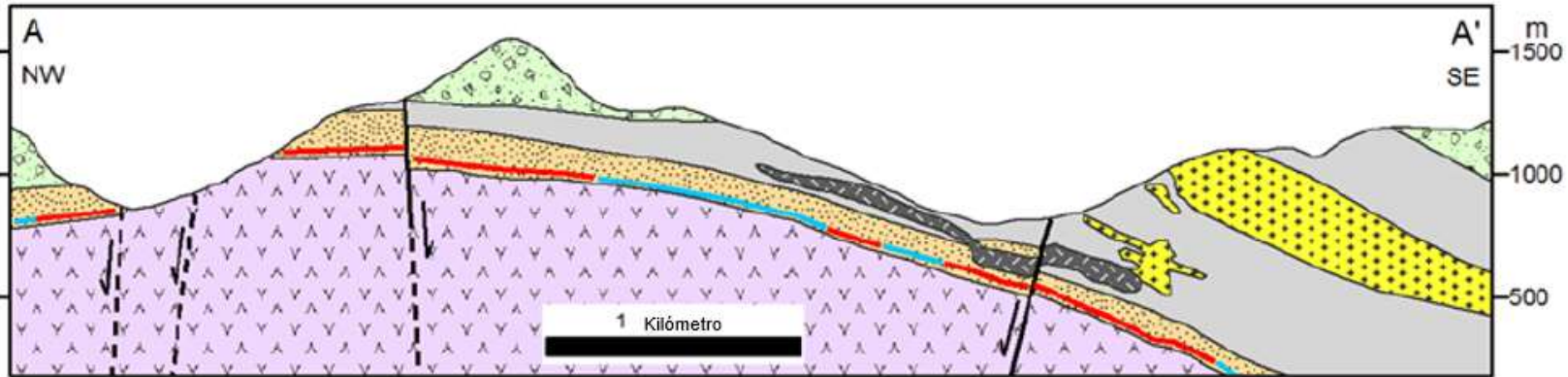
2. Marco Geológico



Bussey *et al*, 2010b.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico



Traza del Manto Principal

- Mineralizado
- No Mineralizado
- - - Inferido

Rocas Estratificadas

- Grupo Divisadero (parte inferior)
- Formación Katterfeld
- Formación Toqui
- Grupo Ibáñez

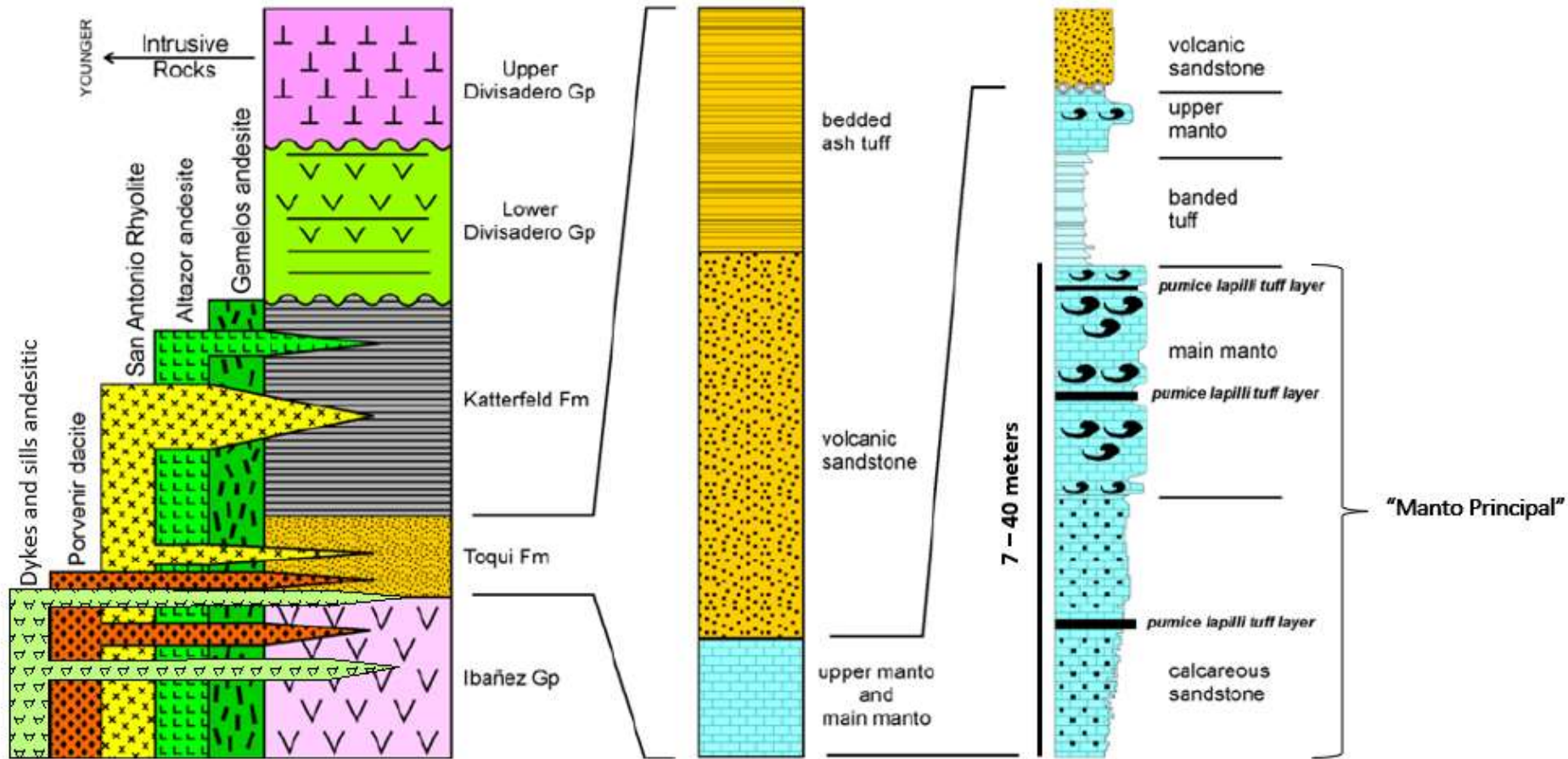
Rocas Intrusivas

- Dacita Porvenir (113.2 ± 0.5 Ma)
- Riolita San Antonio (120 ± 0.1 Ma)

Bussey *et al*, 2010b.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico



Bussey *et al*, 2010b.

2. Marco Geológico



Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico



SCM El Toqui, 2018.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de
Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico



Bussey *et al*, 2010b.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de
Exploración en Mina Estatuas

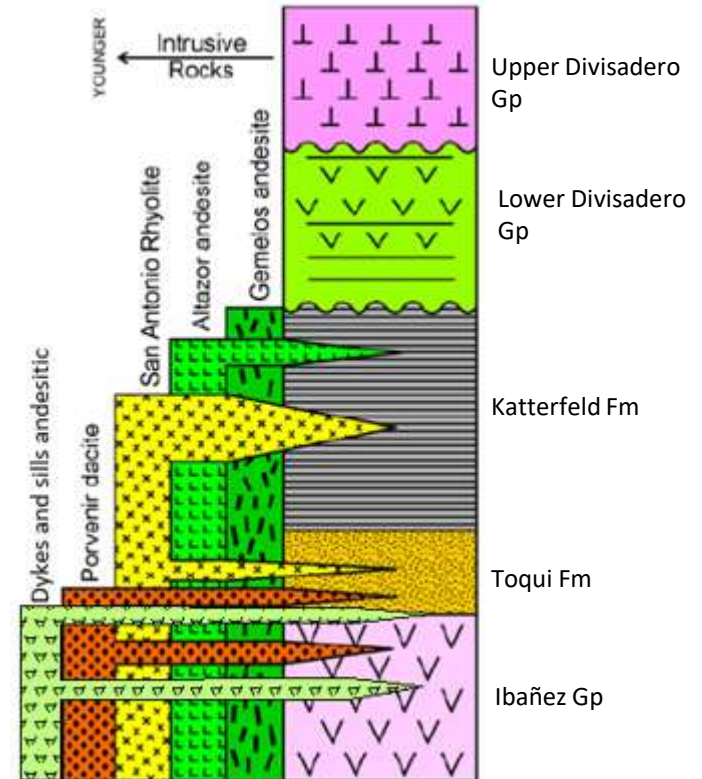
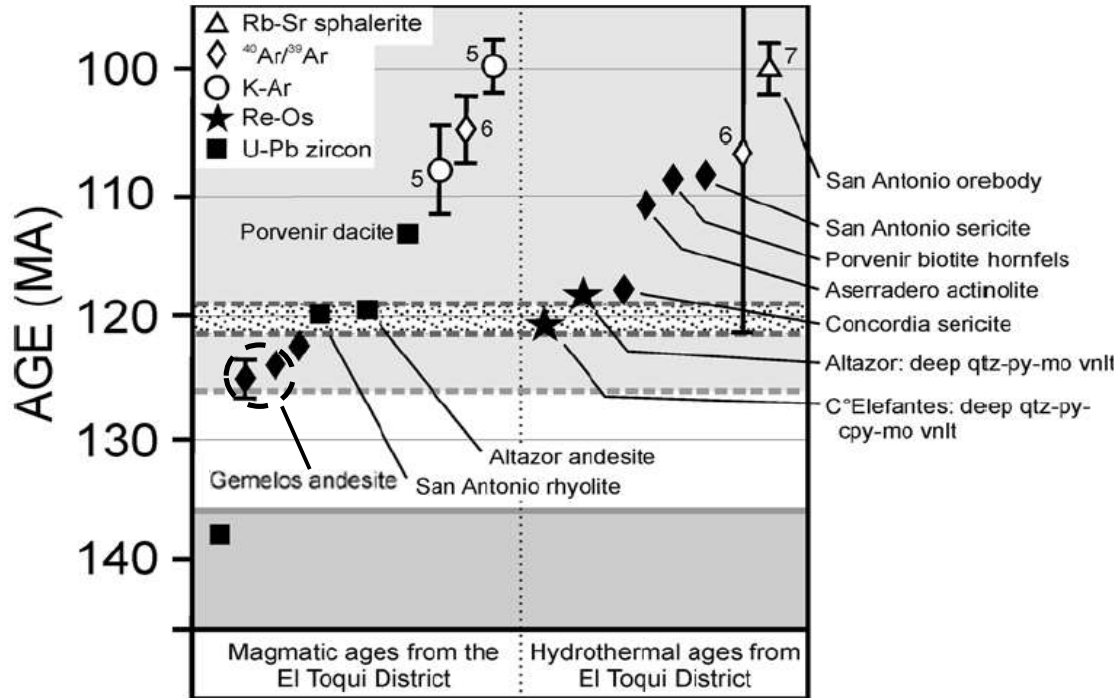
2. Marco Geológico



Laguna Gold, 2017.

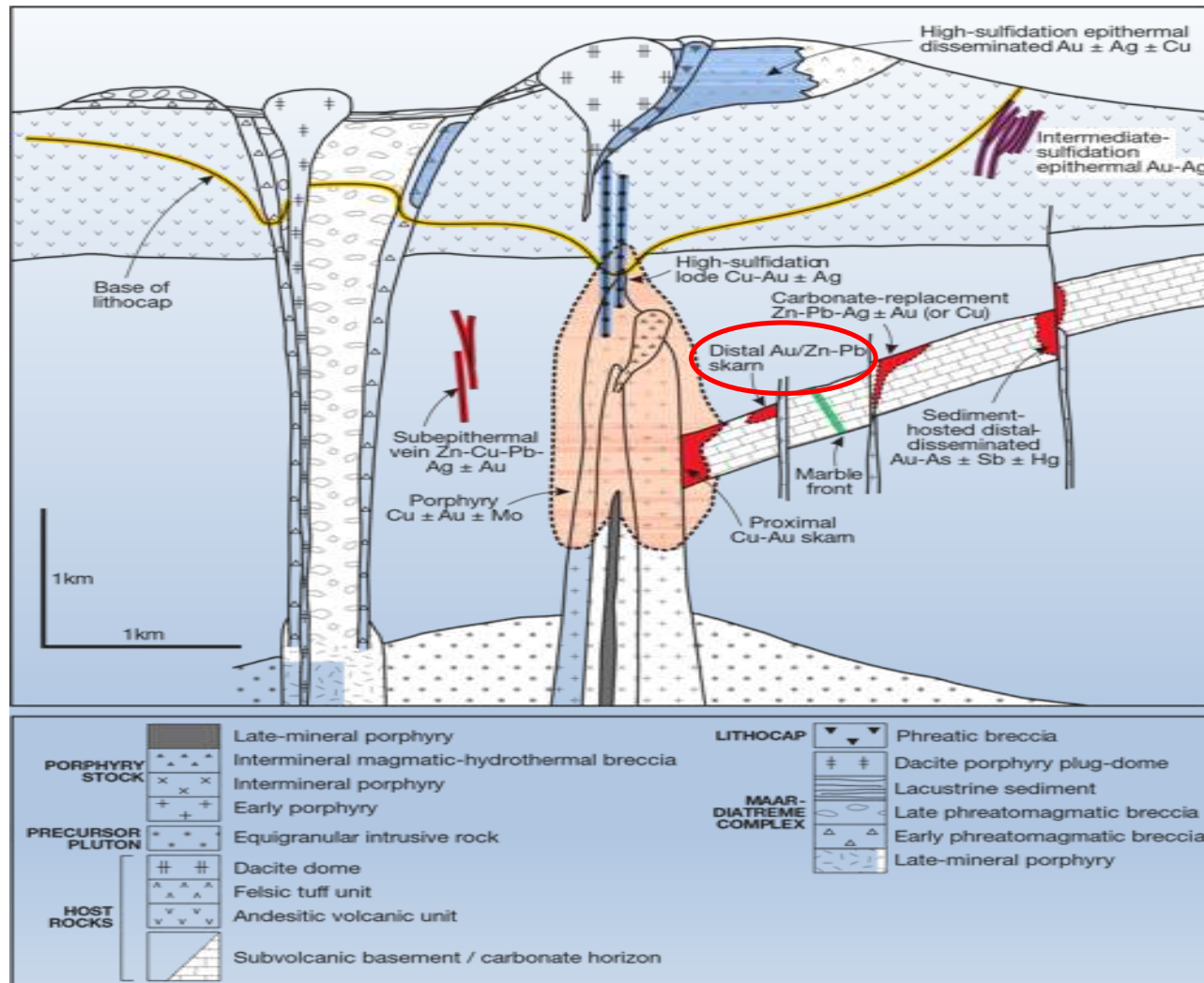
Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico



Bussey *et al*, 2010b.

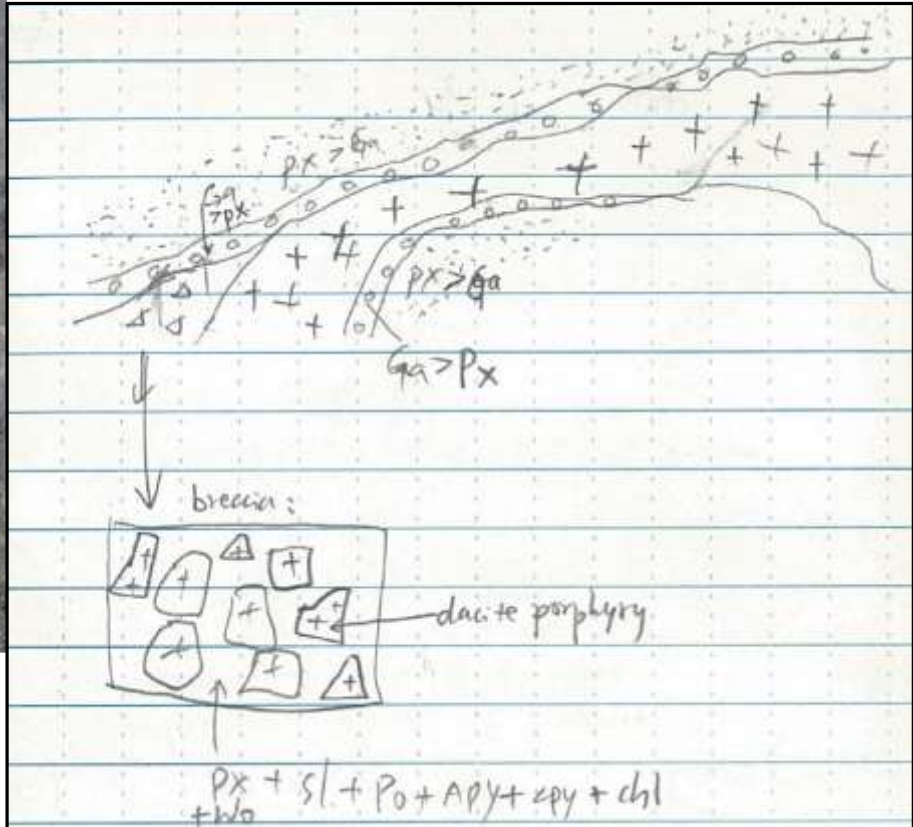
2. Marco Geológico



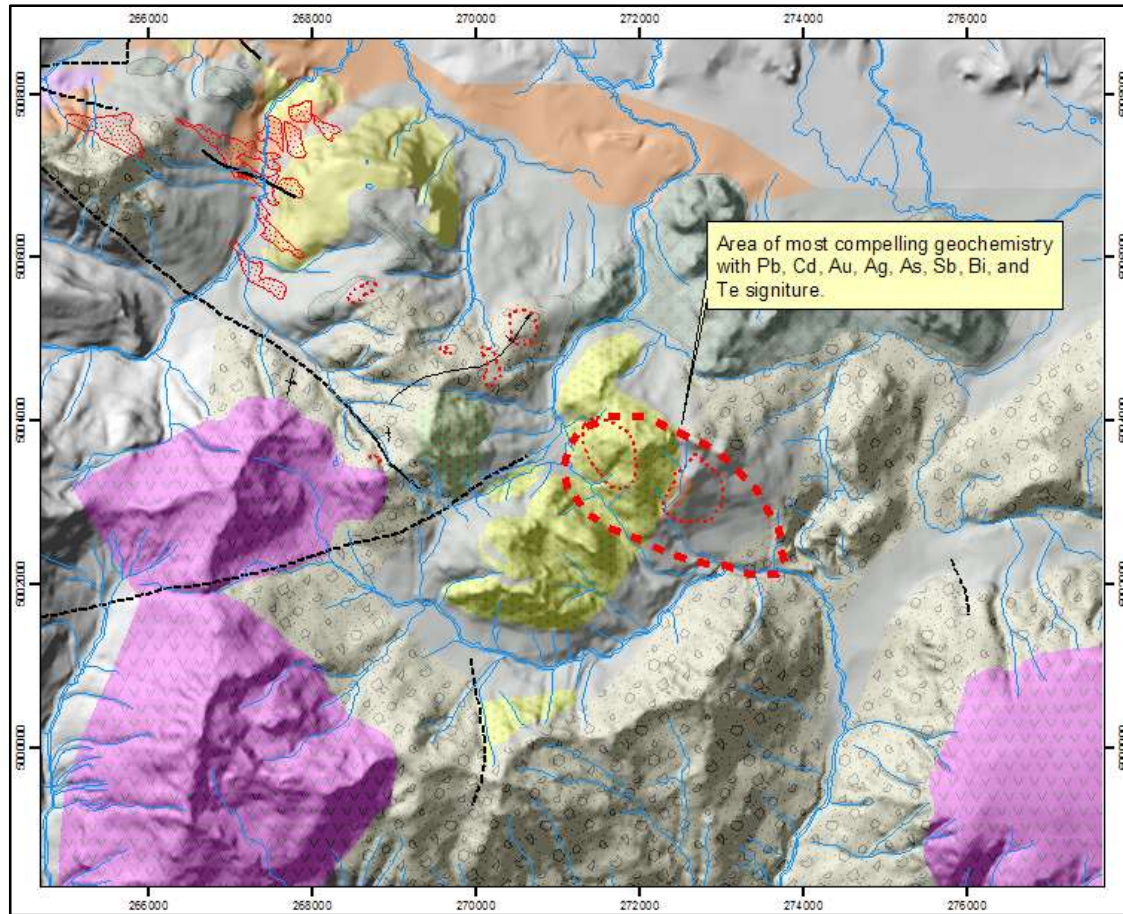
Sillitoe, 2010.

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

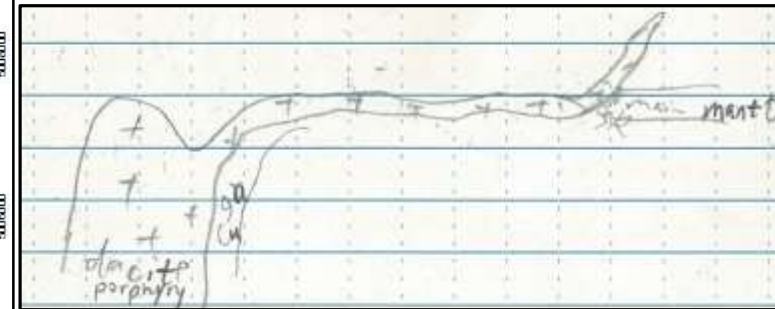
2. Marco Geológico



2. Marco Geológico



Rocas Estratificadas	Rocas Intrusivas	Structures
Tobas rhyolita soldada, Fm Divisadero	Plagioclase-augite-porphyry	alteration & veining
Andesitas y tobas brechoasus, Fm Divisadero	Porfido riolitico	fold
Lutitas Y areniscas laminadas, Fm Katterfeld	Porfido dacito	fault
Tobas cineriticas, areniscas, calizas, Fm Toqui	Diques o sills Andesitico	inferred fault
		toqui_ore_zones



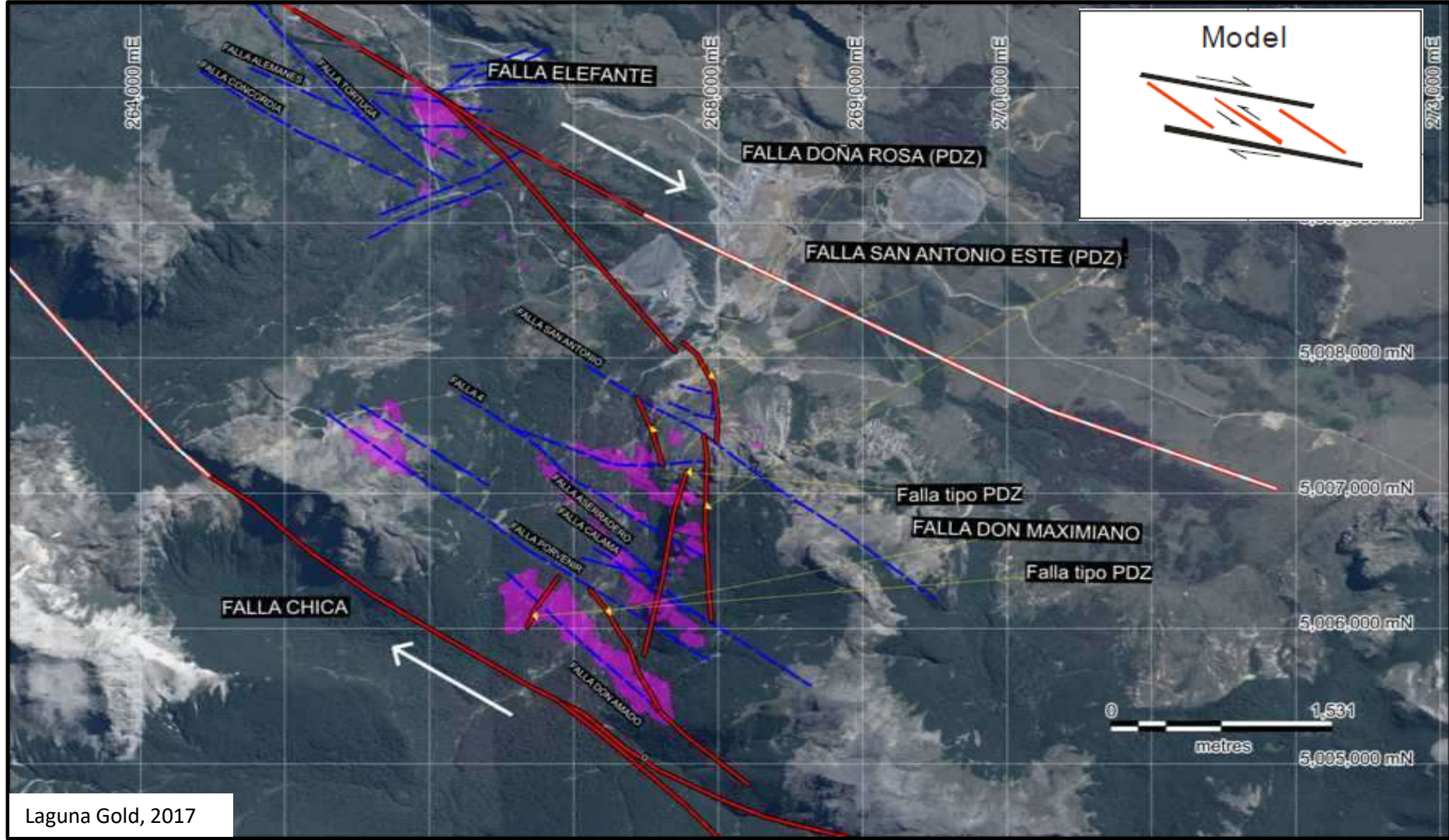
Chang, 2017.



SCM El Toqui, 2017.

SCM El Toqui, 2009.

2. Marco Geológico

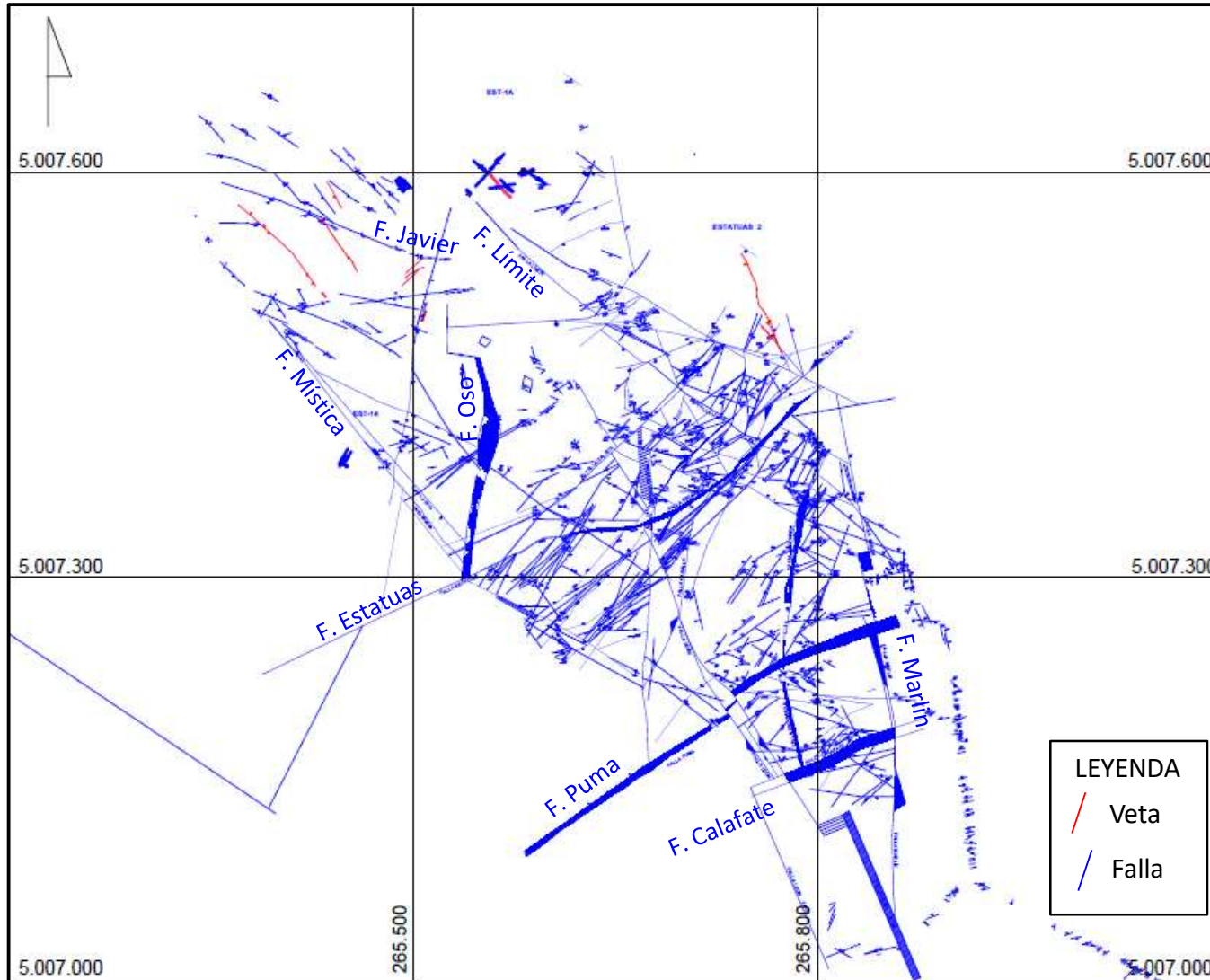


Geología Estructural y modelo estructural distrital

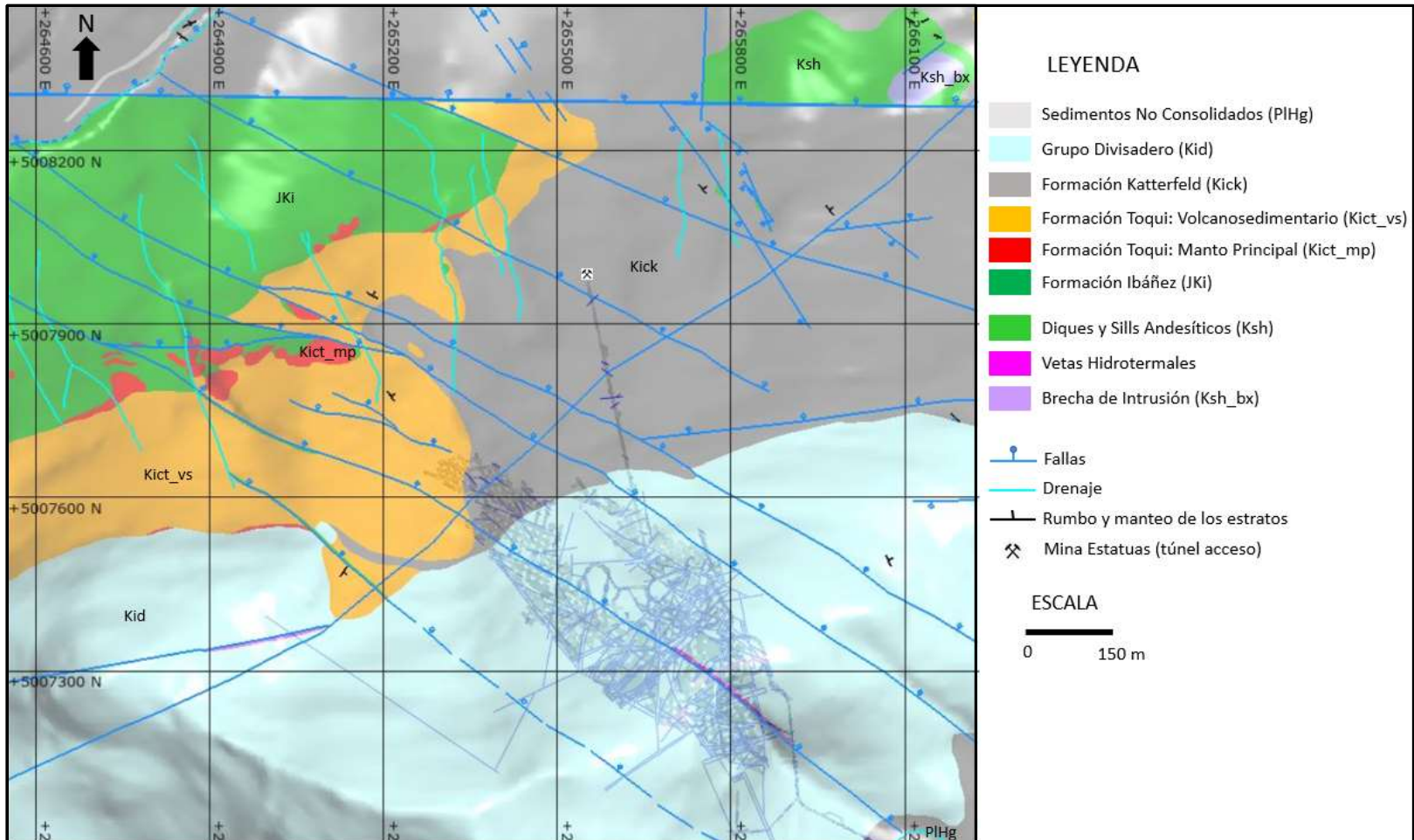
Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

2. Marco Geológico

Geología Estructural
Mina Estatuas



2. Marco Geológico



SCM El Toqui, 2017.

Mapa Geológico Mina Estatuas

Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

3. Metodología

- Normalización de nomenclaturas porcentajes de estimación visual de minerales metálicos y de alteración de la BD DDH para el sector Mina Estatuas.

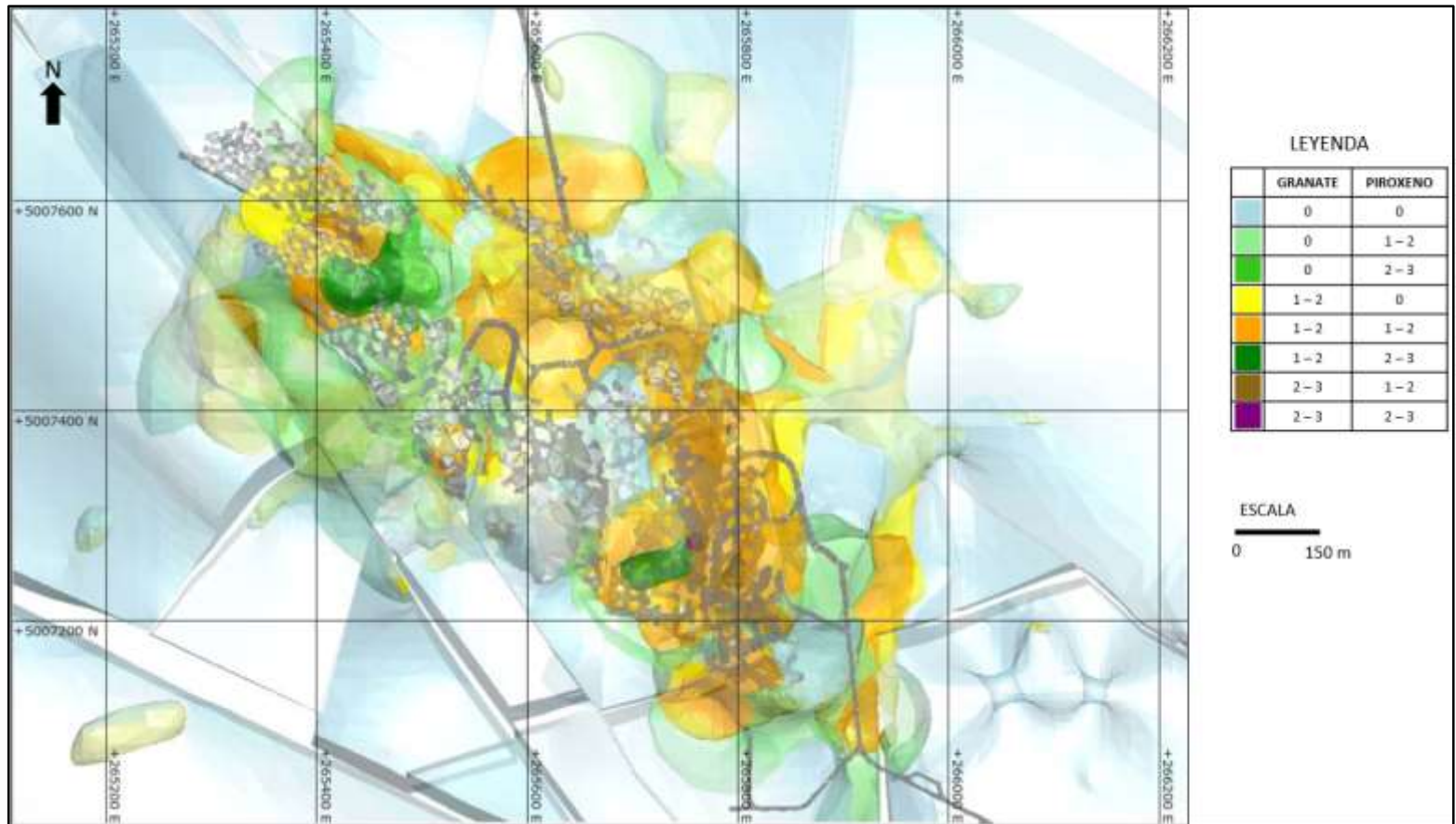
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
0	Sin Presencia	$1 < X$
1	Leve	$1 \leq X < 10$
2	Moderado	$10 \leq X < 20$
3	Alto	$20 \leq X < 30$
4	Muy Alto	$30 \leq X$

3. Metodología

- Construcción de modelos numéricos RBF de los minerales de alteración mapeados al interior de la unidad Manto Principal.
- Confección de modelos numéricos RBF en Leapfrog para las asociaciones de minerales de alteración relacionados al mismo evento alteración – mineralización.

4. Resultados

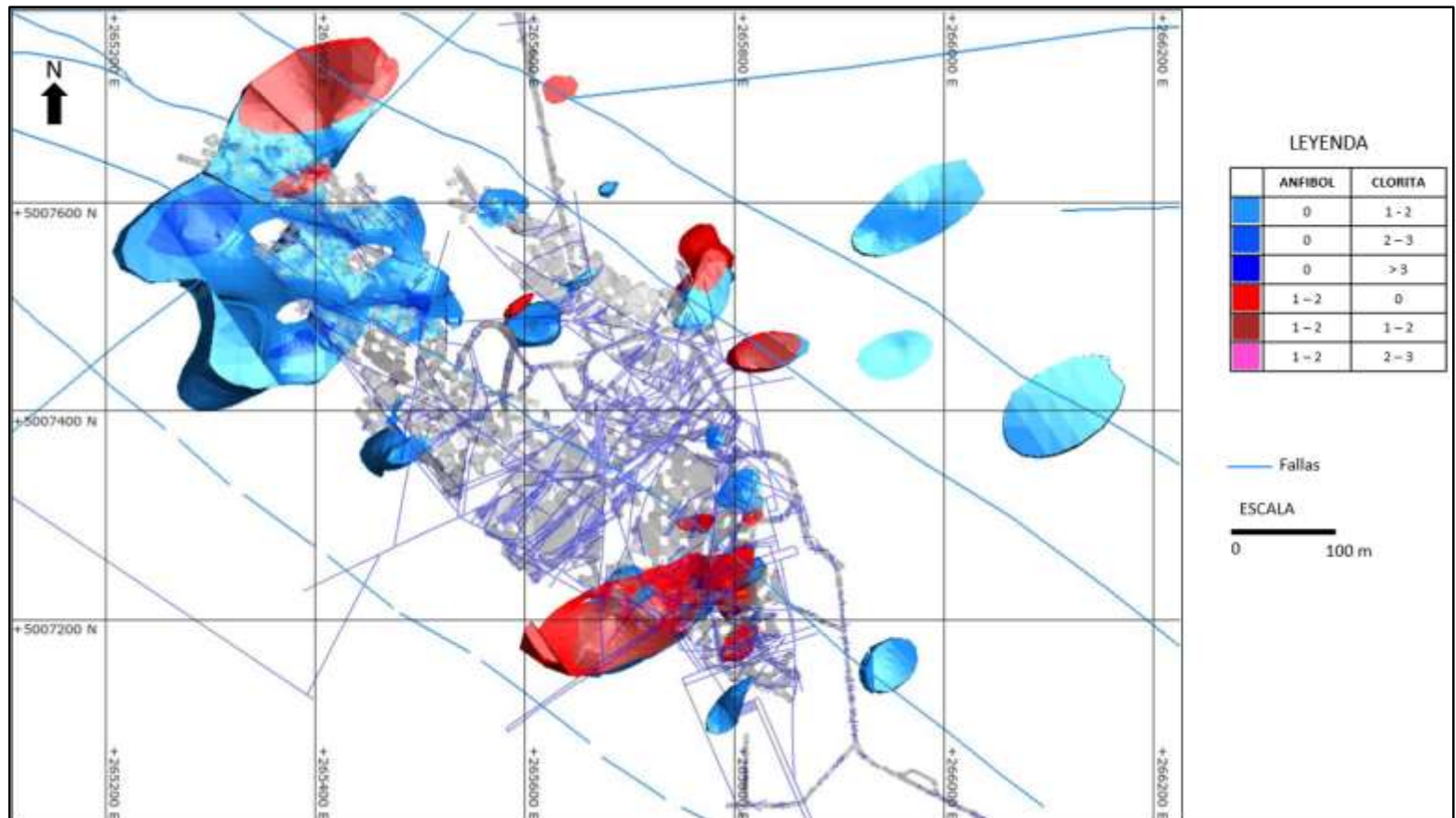
- Modelo numérico combinado RBF de Gt-Px.



Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

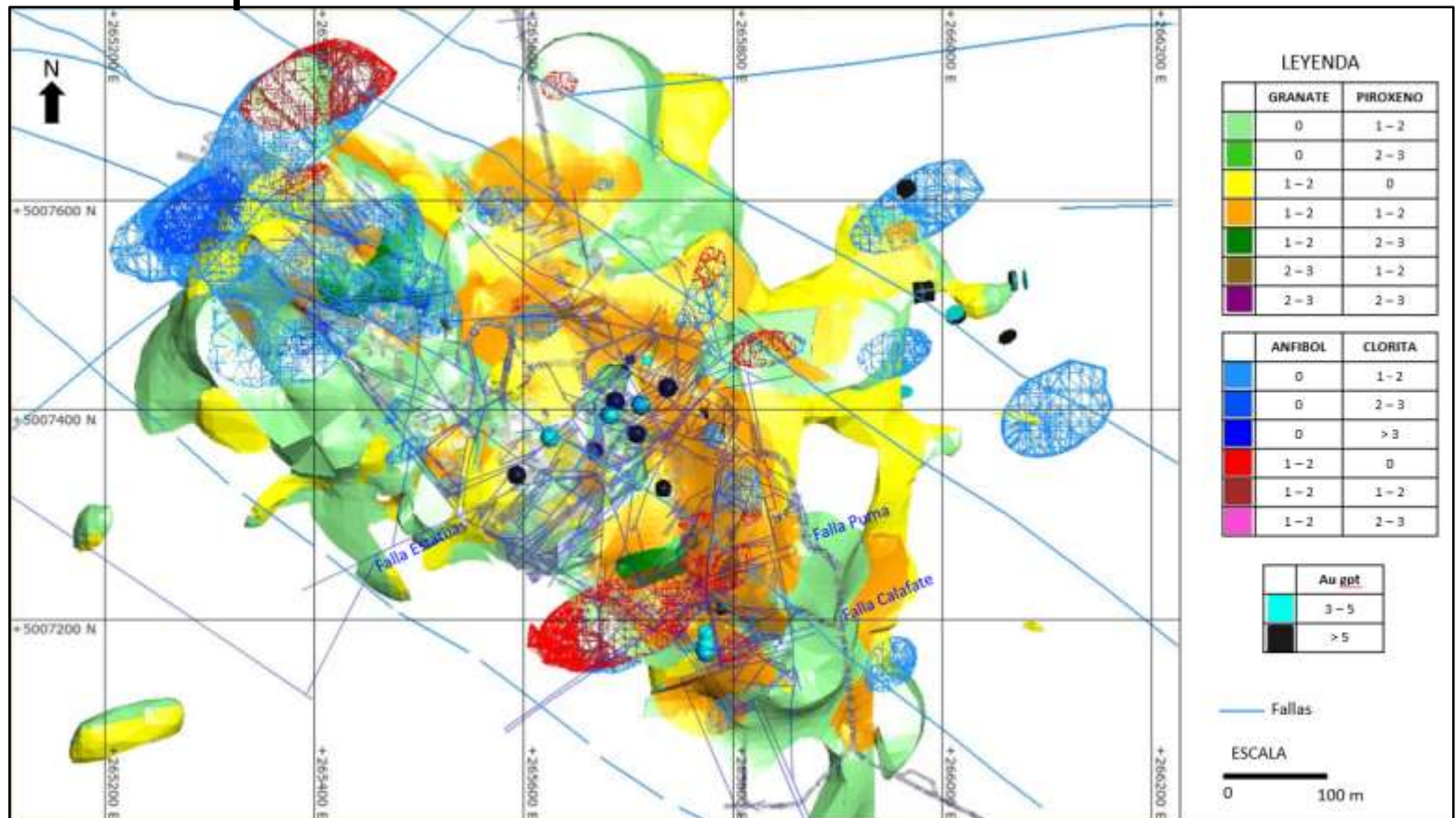
4. Resultados

- Modelo numérico combinado RBF de Anf-Chl



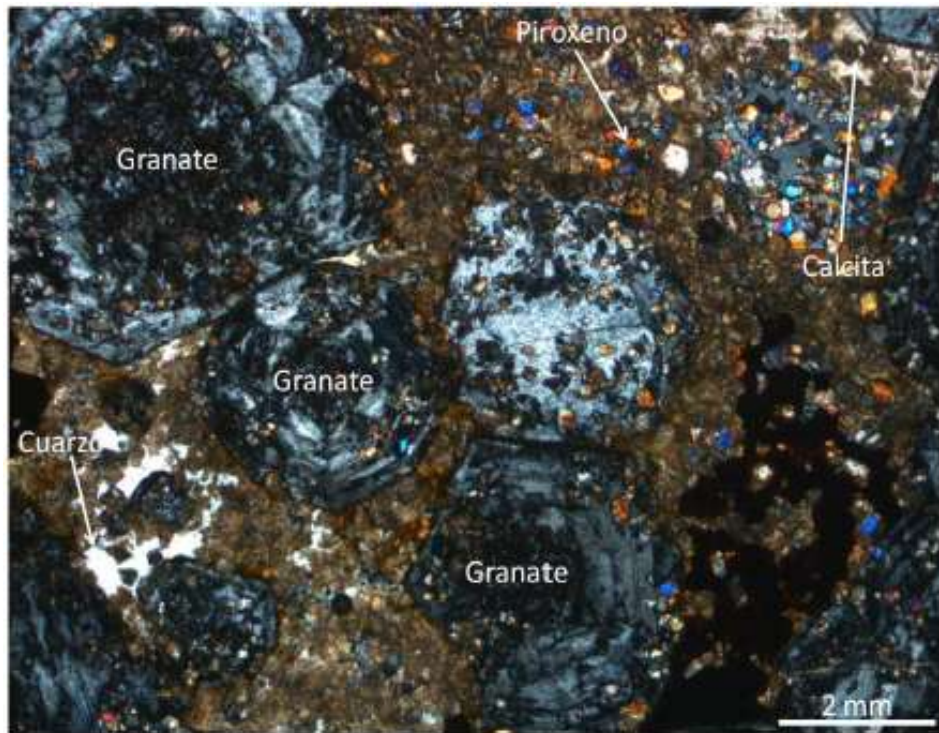
4. Resultados

- Modelo numérico combinado RBF de Anf-Chl sobreimpuesto al de Gt-Px

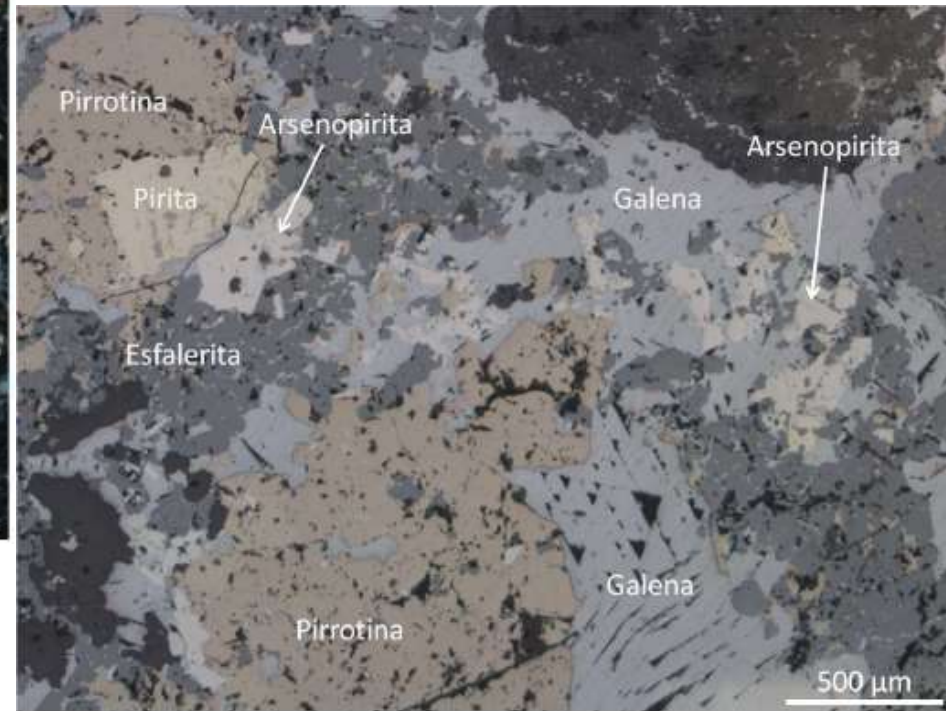


5. Discusión

Principales silicatos y sulfuros relacionados al primer evento de alteración – mineralización.



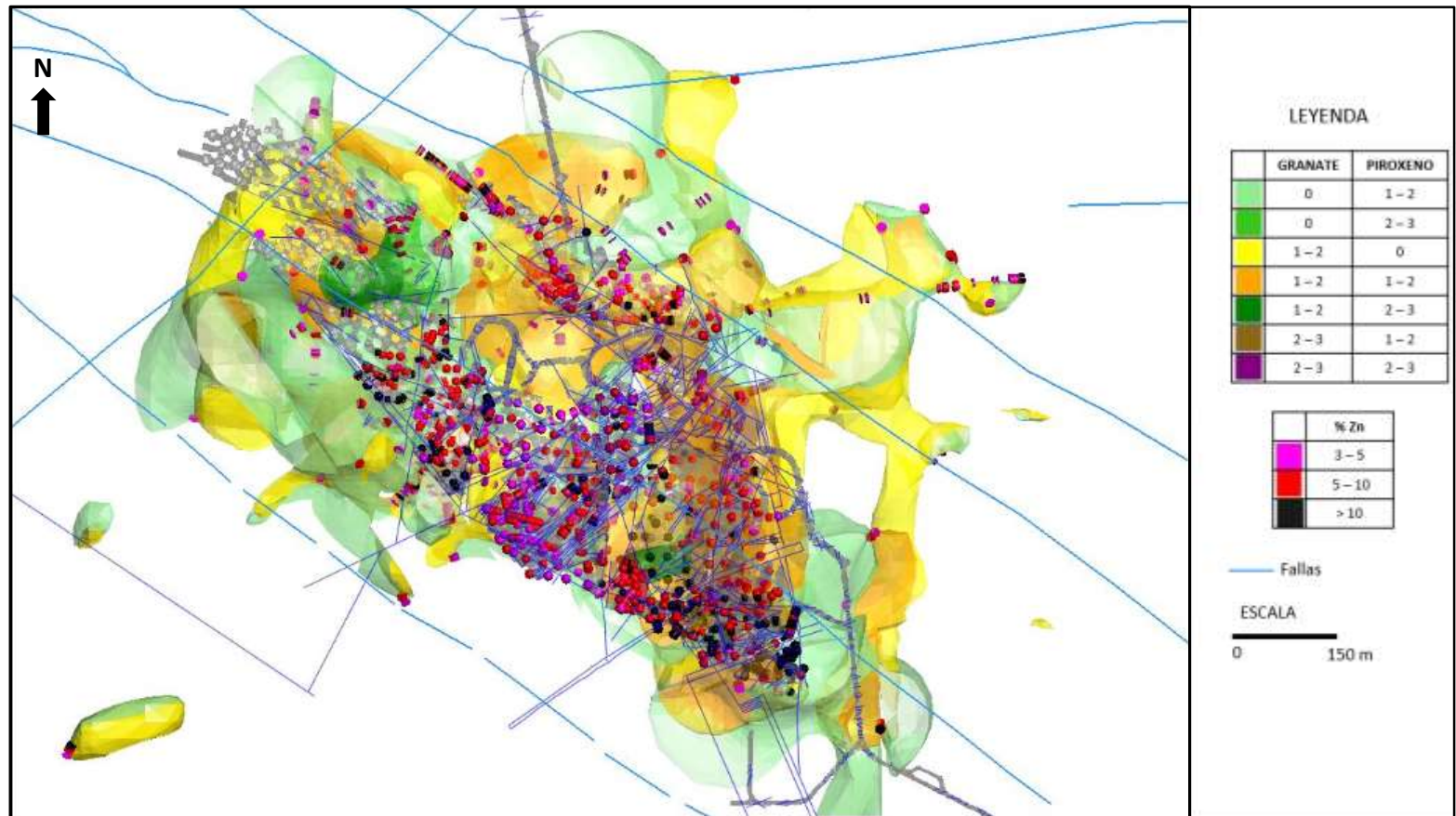
Suazo *et al*, 2018.



Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

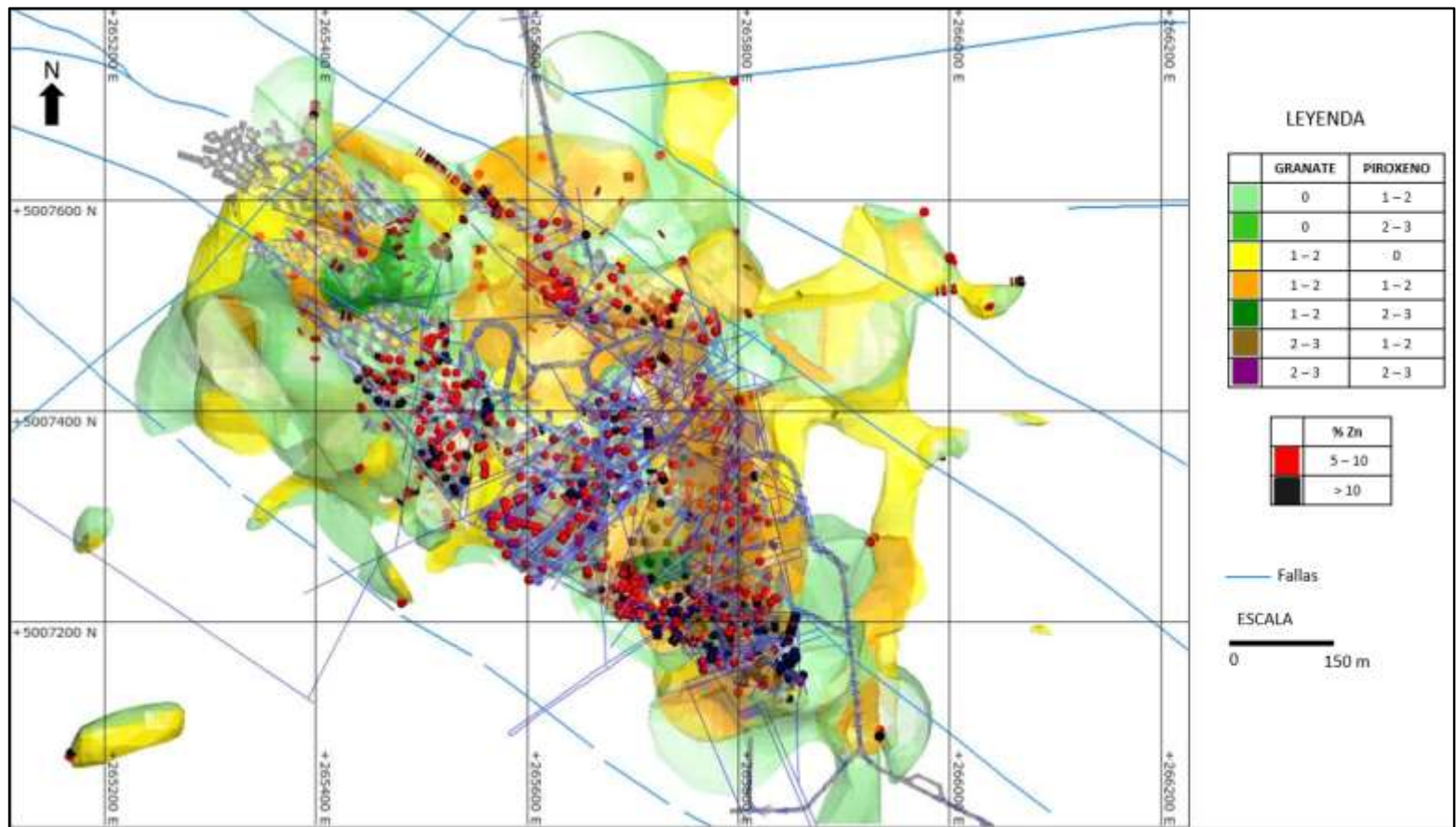
5. Discusión

- Modelo de Gt-Px y leyes de Zn > 3%.



5. Discusión

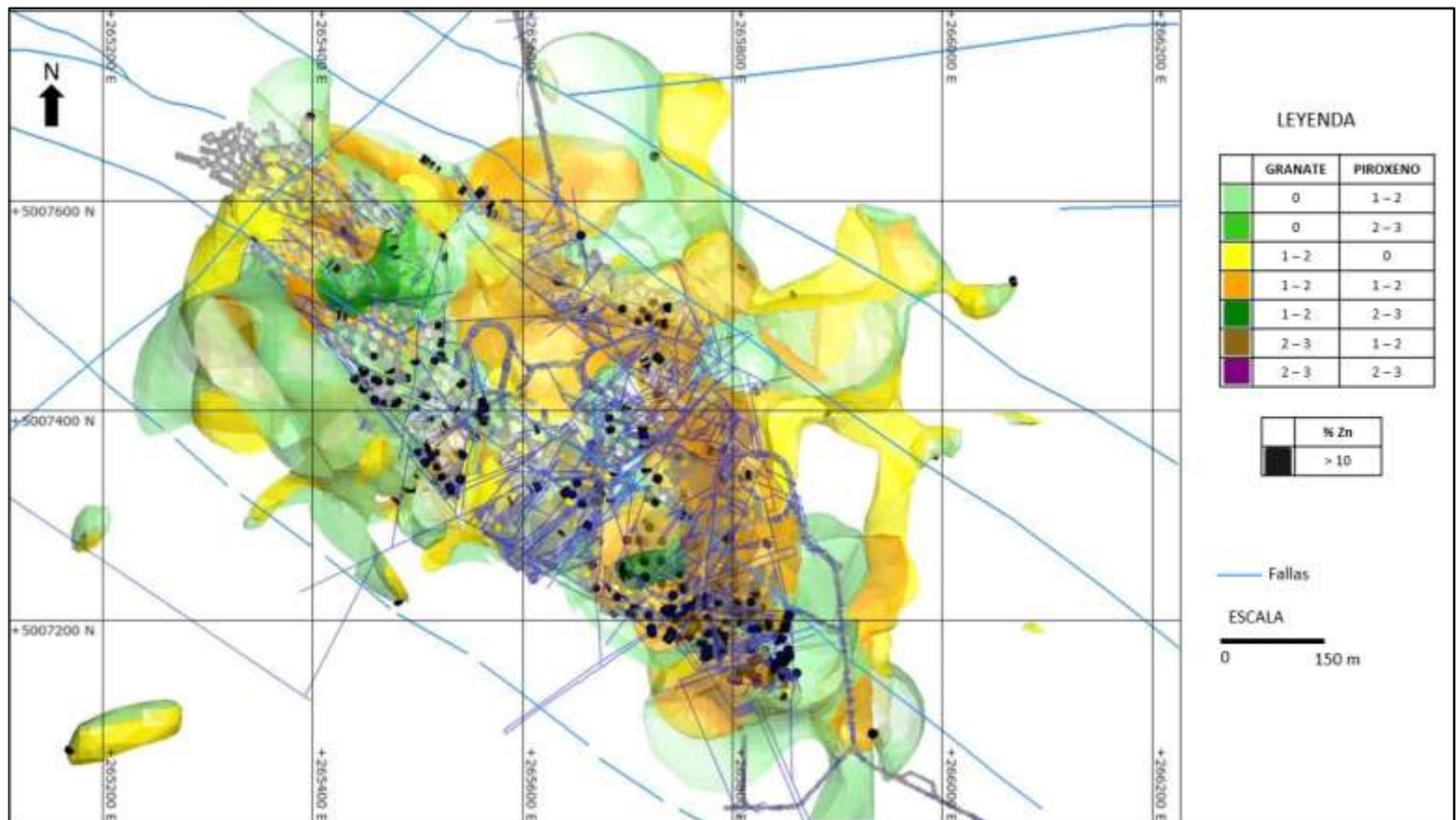
- Modelo de Gt-Px y leyes de Zn > 5%.



Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

5. Discusión

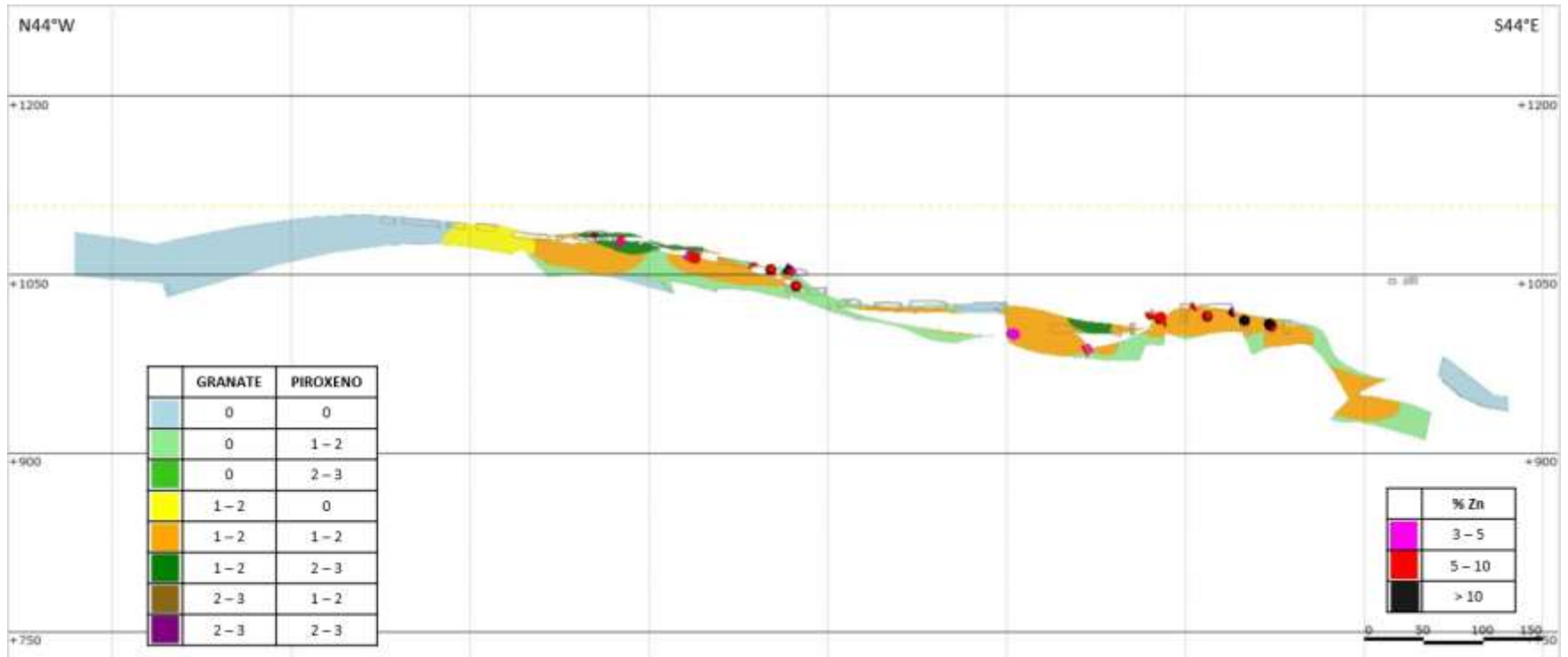
- Modelo de Gt-Px y leyes de Zn > 10%.



Veloso, 2019. Modelo de Alteración como Guía de Exploración en Mina Estatuas

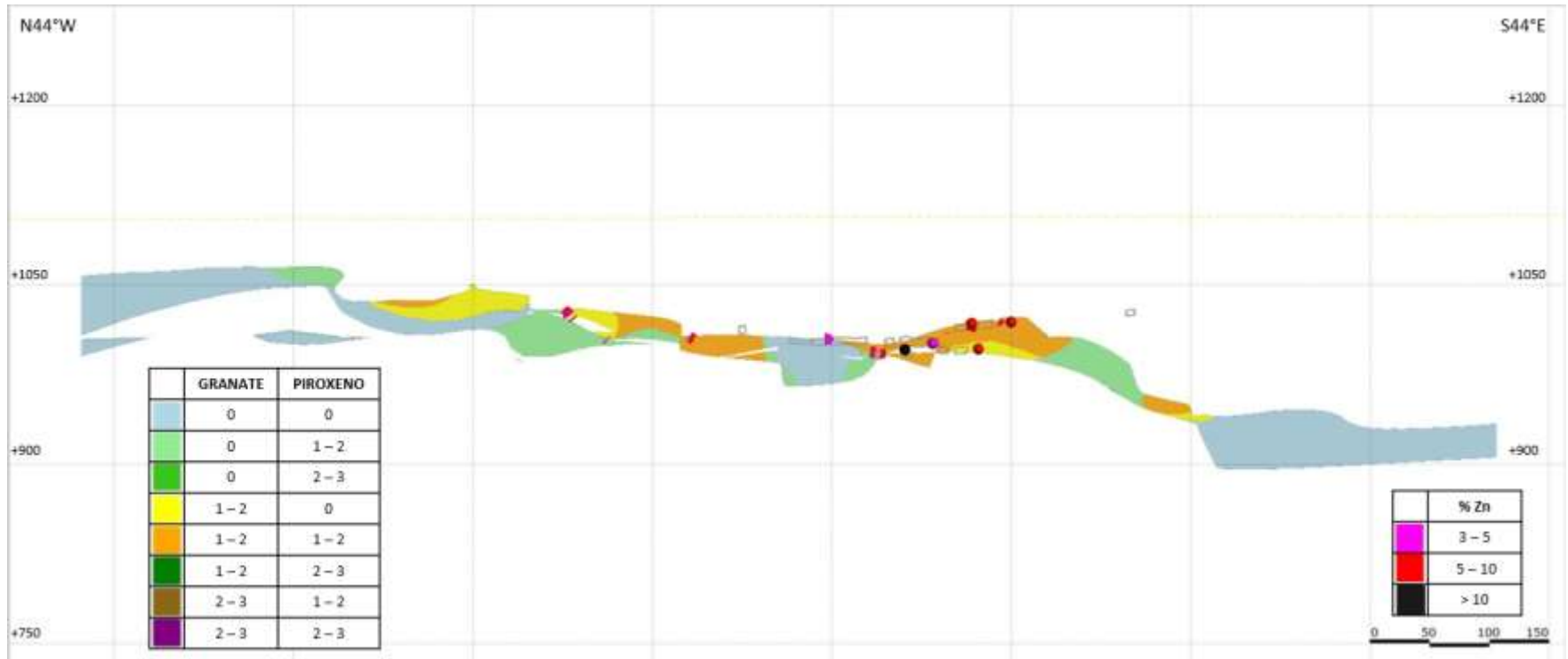
5. Discusión

- Sección 5 azimut N316°



5. Discusión

- Sección 7 azimut N316°



5. Discusión

Principales silicatos y sulfuros relacionados al segundo evento de alteración – mineralización.



Suazo *et al*, 2018.

TQD007 (301.15 – 323 m)

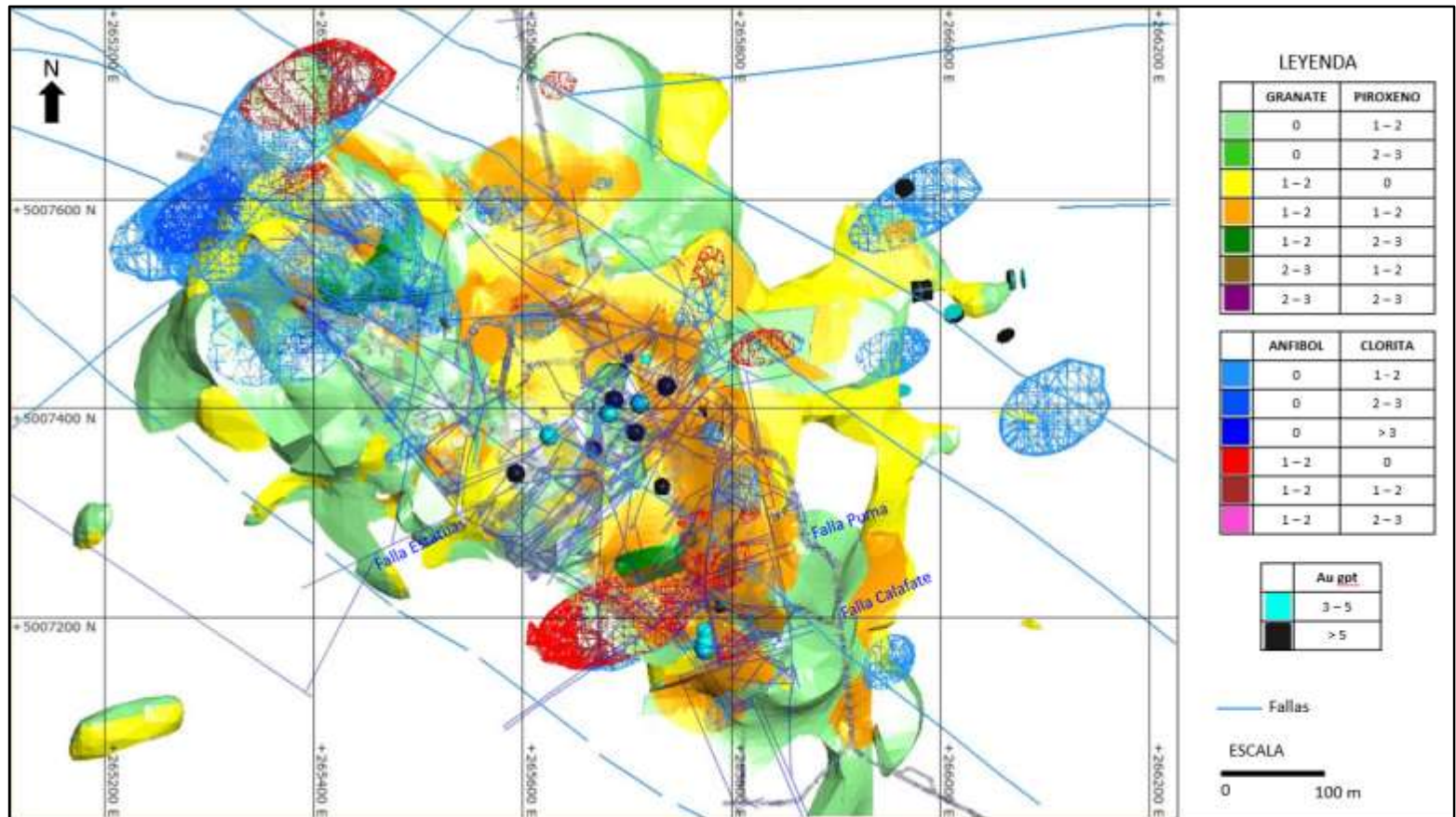


Laguna Gold, 2017.

19.95m @ 20.5 g/t Au (Potencia real entre 3 y 3.5m) + 11m (potencia real) @ 4% Zn

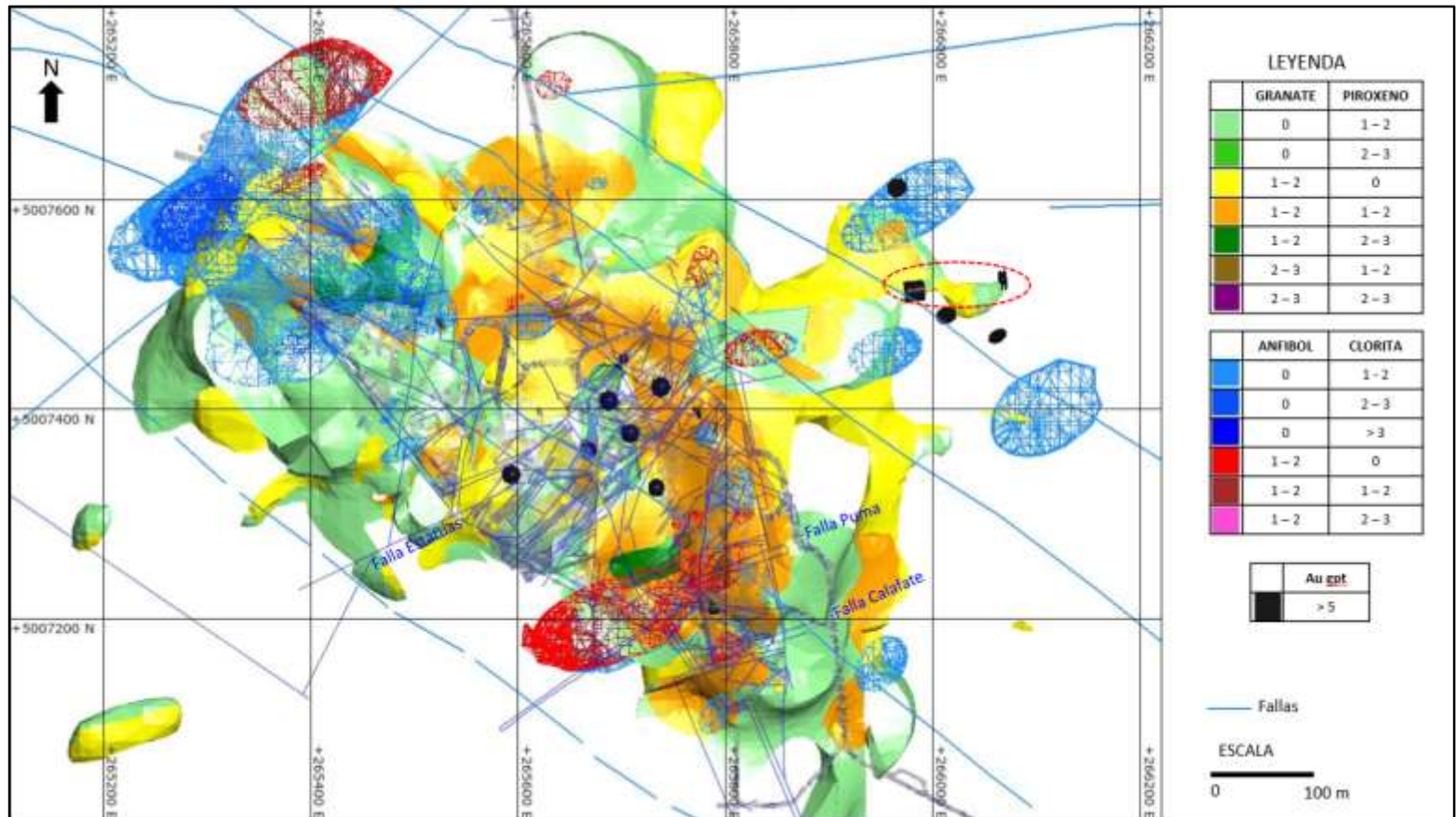
5. Discusión

- Modelo numérico combinado Anf-Chl sobreimpuesto a Gt-Px con leyes de Au > 3 gpt



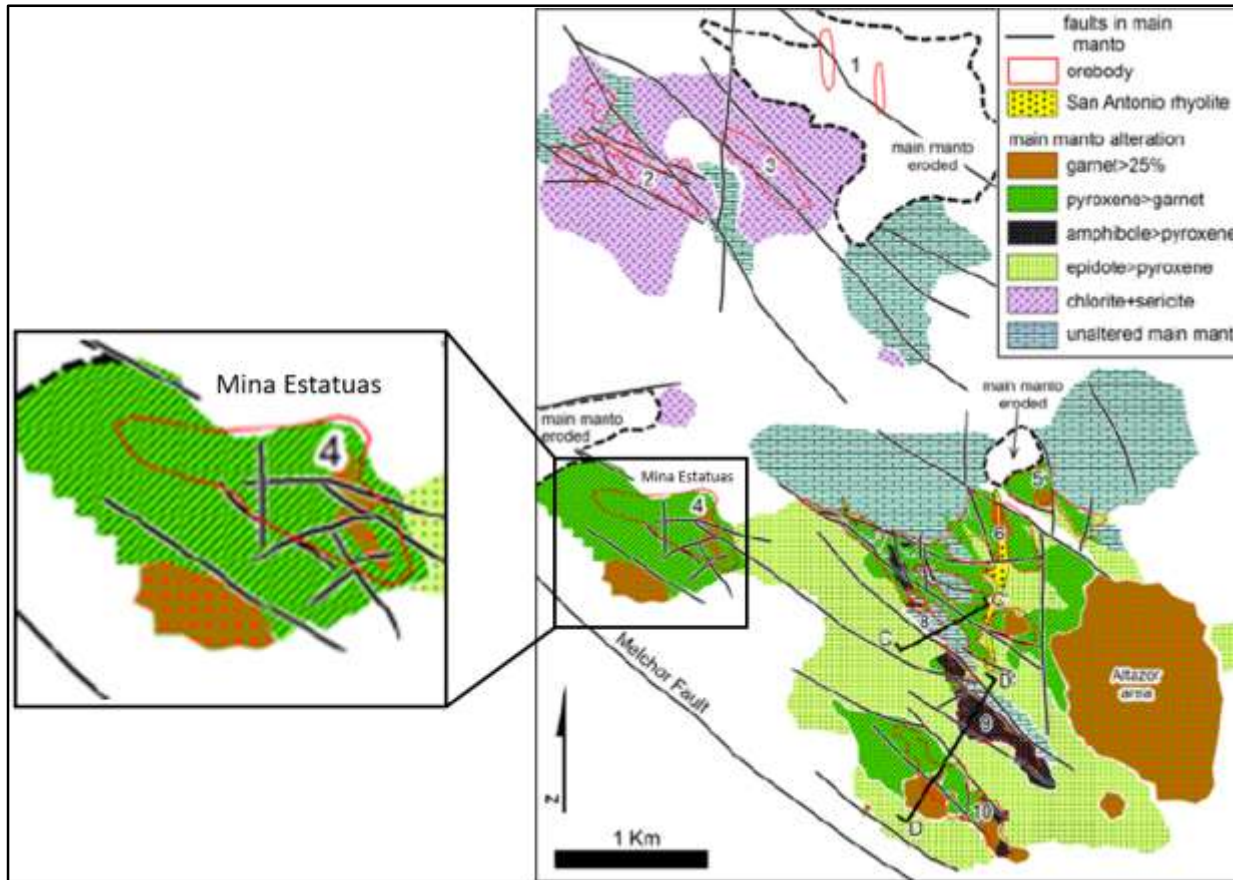
5. Discusión

- Modelo numérico combinado Anf-Chl sobreimpuesto a Gt-Px con leyes de Au > 5 gpt



5. Discusión

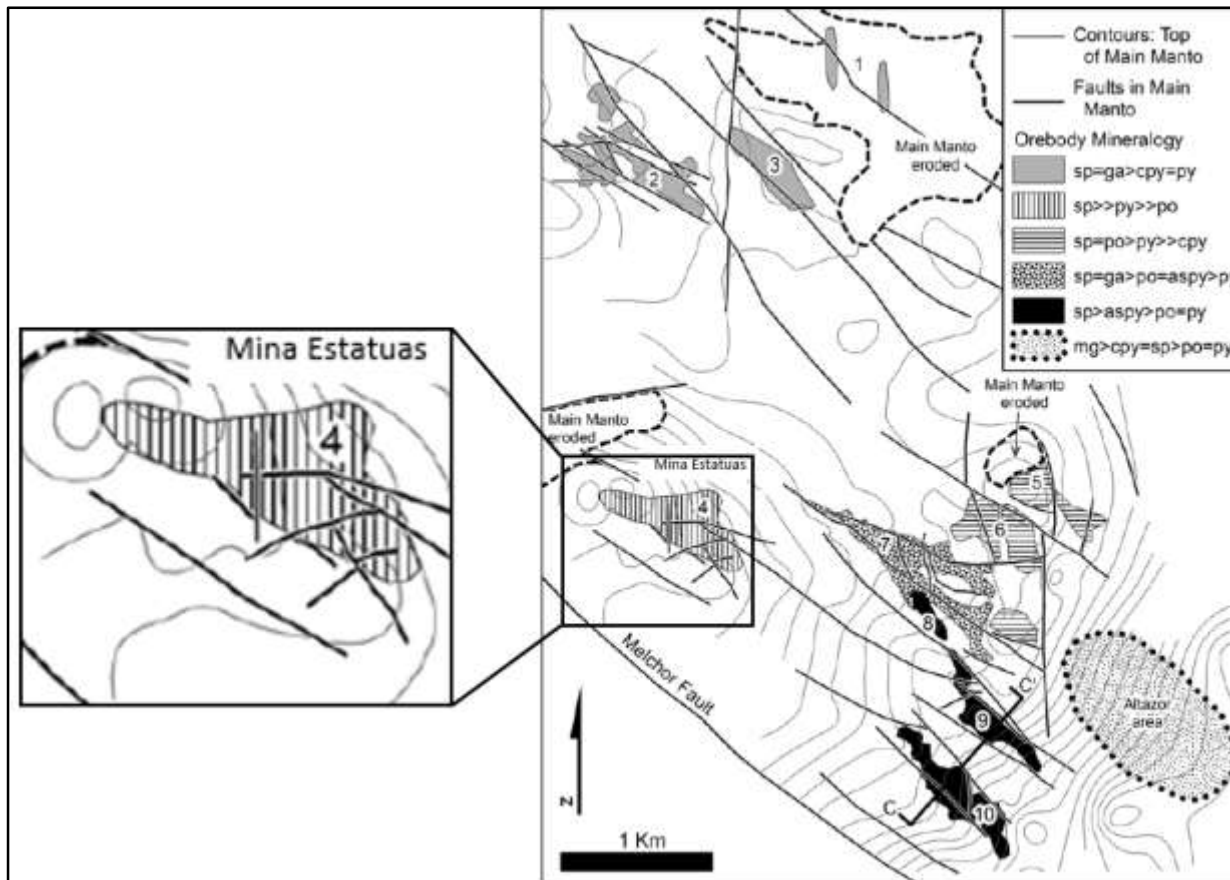
- Modelo de alteración 2010.



Bussey *et al*, 2010b.

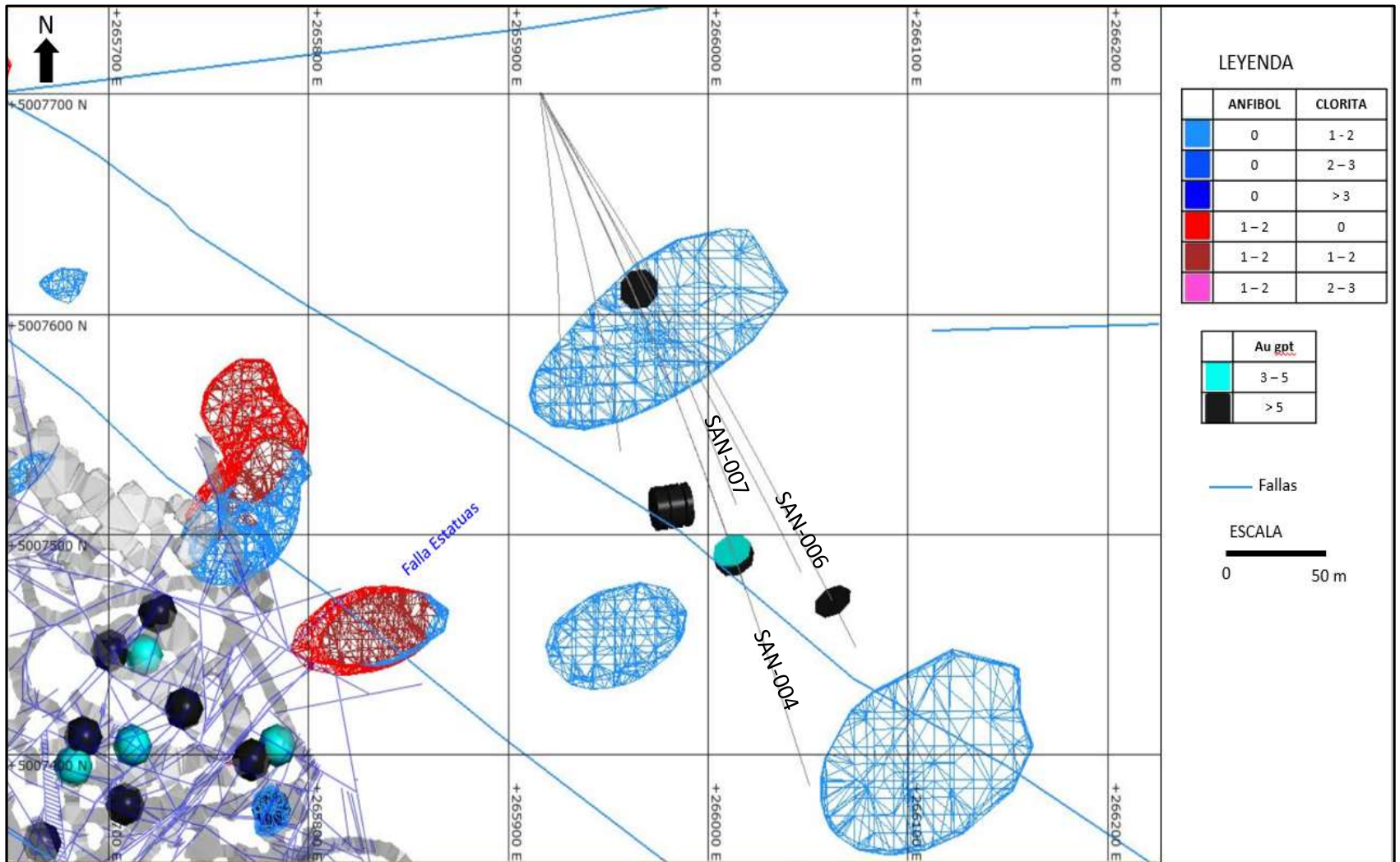
5. Discusión

- Modelo de mineralización 2010.

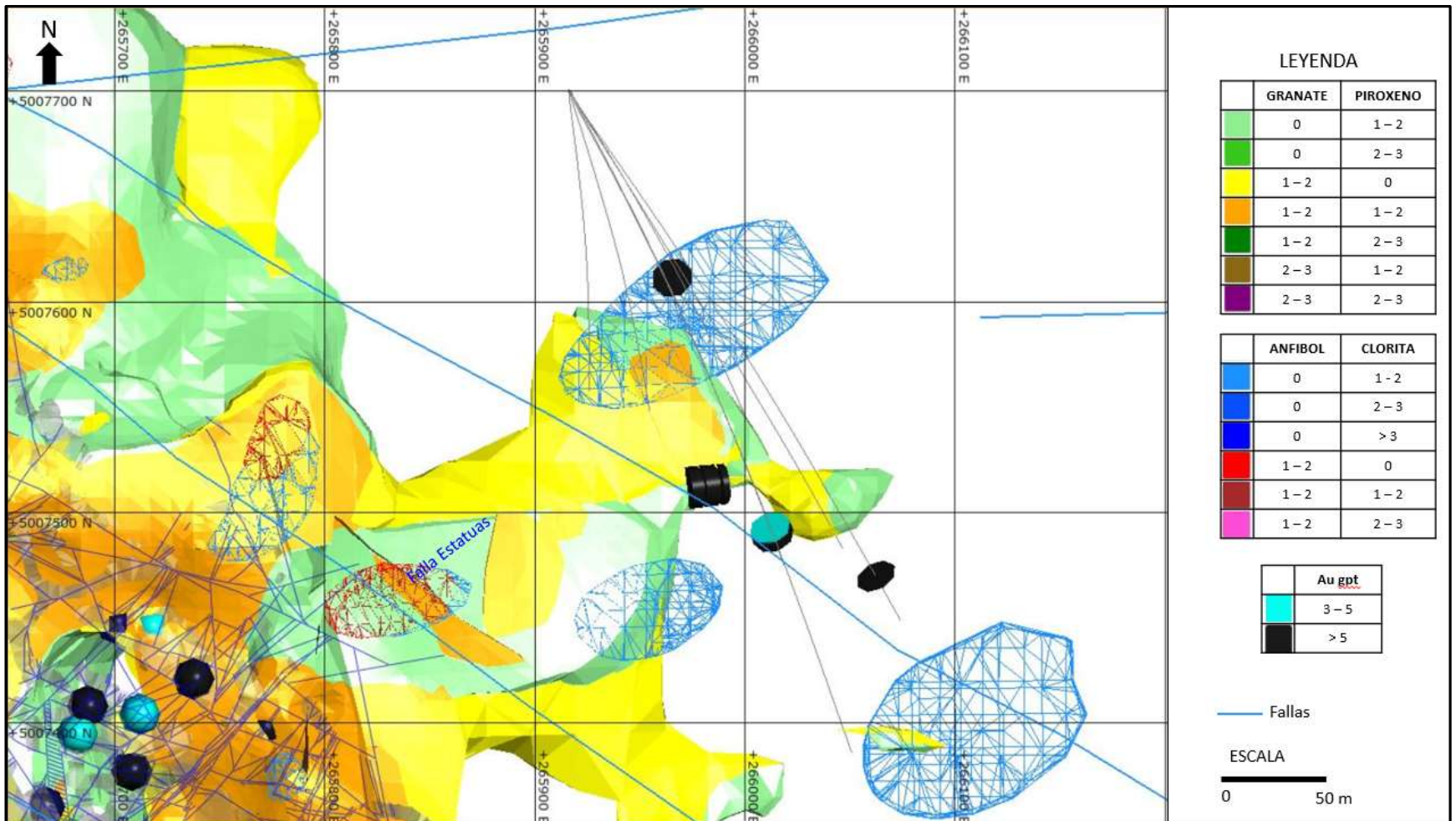


Bussey *et al*, 2010b.

5. Discusión



5. Discusión



6. Conclusiones

- Es posible elaborar un modelo de exploración para el sector Mina Estatuas, mediante el procesamiento de los datos de los minerales de alteración presentes en el Manto Principal junto con los datos obtenidos de los estudios petrocalcográficos realizados en el área.
- Existe una buena correlación entre el modelo numérico combinado de alteración Gt-Px y las leyes de Zn económicas del yacimiento, por lo que su uso sería una buena herramienta para la exploración de este elemento.
- El modelo combinado de las alteraciones Gt-Px y Anf-Chl del sector Mina Estatuas muestra una menor correlación con las leyes de Au presentes en el sector, lo cual puede deberse a la falta de datos que aún no se ingresan a la BD o a algún patrón estructural no ingresado en el trend utilizado en el modelo.
- La metodología utilizada en este trabajo puede extenderse para la obtención de modelos de exploración similares para los otros sectores del distrito (Concordia, Doña Rosa, Mallines, etc).

6. Conclusiones

- Se recomienda finalizar de incorporar los datos antiguos del mapeo de minerales de alteración y de mineralización metálica en la base de datos creada en 2017 y continuar con el mapeo de detalle de las estructuras.
- Estudiar el cuerpo hipabisal afanítico de Estatuas (petrografía, inclusiones fluidas y datación radiométrica).
- Comparar este modelo con el nuevo modelo de bloques para el Au que se debe desarrollar para el sector.
- Continuar realizando el mapeo de los minerales de alteración de la forma estandarizada durante 2018.
- Ampliar la BD de muestras de mina con los datos históricos anteriores a 2010 y posteriores a 2015.
- Continuar mejorando la metodología de trabajo geológico implementada durante los últimos 3 años.

Referencias

- Bussey, S.D.; Kakarieka, A. & Meinert, L.D. 2010a. Geology of the Toqui Zn-Au skarn district, Aysen Region, Chile. Geological Society of Nevada Symposium 2010: Great Basin Evolution and Metallogeny: 179-200. Nevada.
- Bussey, S.D.; Kakarieka, A. & Meinert, L.D. 2010b. Skarn, porphyry, vein, and replacement mineralization in the Toqui District, Southern Chile. Special Publication N° 15, Vol. II, Ca. 22: 399-420.
- Chang, Z. 2017. Report on the El Toqui mine, southern Chile. Documento Inédito. Townsville. Queensland, Australia.
- Kakarieka, A. 2003. Exploración y descubrimiento del depósito de Zn Estatuas. Distrito Toqui, Aysén-Chile. Congreso Geológico Chileno N° 10. Actas 2: 1-10. Concepción.
- Iannizzotto, N.F.; Folguera, A.; Leal, P.R. & Iaffa, D. 2004. Control tectónico de las secuencias volcánicas neocomianas y paleogeografía en la zona del Lago La Plata (45°S). Sector interno de la faja plegada y corrida de los lagos La Plata y Fontana. Revista Geológica Argentina, Vol. 59 (4): 655-670.
- Saez, E. 2016. Caracterización de relaves de la Mina El Toqui y recomendaciones de extracción de elementos de valor económico, XI Región de Aysén, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Departamento Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción: 139 pp. Concepción.

Referencias

Sillitoe, R. H. 2010. Porphyry Cooper Systems. *Economic Geology*, Vol. **105**: 3-41.

Suárez, M.; De La Cruz, R. & Bell, M. 2007. Geología del área Ñireguao-Baño Nuevo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 108: 56 pp. Santiago.

Suazo, H.; Montimer, J.; Veloso, O. & Belmar, M. 2018. Gold associated Cobalt mineralization in El Toqui Mine deposit, Aysén, Chile. Congreso Geológico Chileno N° 15. Actas 2: 909-911. Concepción.

Seequent-Geoestima. 2018. Curso Leapfrog Geo. (Inédito): 246 pp. Santiago.

Wellmert, F.W.; Reeve, E.J.; Wentzlau, E. & Westenberger, H. 1983. Geology and ore deposits of the Toqui district, Aysén, Chile. *Economic Geology*, Vol. 78: 1.119-1.143.