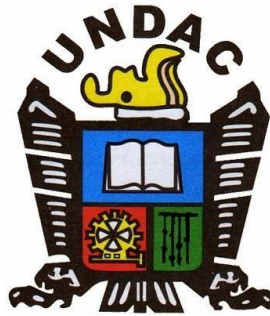


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geológica preliminar prospecto Paraíso, Chaparra,
Caraveli, Arequipa**

Para optar el título profesional de:

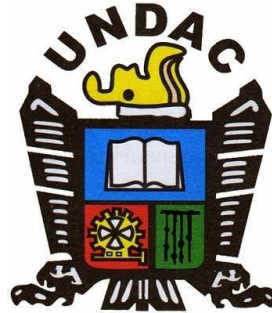
Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Judith Carmen ESPINOZA MONTREUIL

Asesor: Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geológica preliminar prospecto Paraíso, Chaparra,
Caraveli, Arequipa**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Magno LEDESMA VELITA
PRESIDENTE

Mg Vidal Victor CALSINA COLQUI
MIEMBRO

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
MIEMBRO

DEDICATORIA

La presente tesis dedico a mis padres que siempre están conmigo, por su apoyo incondicional que hicieron lo posible para culminar mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO

Agradezco a Dios y a mí familia que fueron mis grandes pilares en la vida, A mis docentes que me brindaron sus conocimientos para ser una profesional de éxito.

RESUMEN

El Proyecto Paraíso se ubica en la costa Sur de Perú en el distrito de Chaparra, provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa a una altitud de 900 m.s.n.m. abarcando una extensión de 4,200 has.

En el área de estudio afloran rocas metamórficas del Precámbrico, Volcano - sedimentarias del Jurásico, volcánicos de Terciario, intrusivos del paleozoico, subvolcánico del Jurásico - Cretáceo, intrusivos del Batolito de Costa del Cretáceo Superior e intrusivos menores del Terciario.

Dentro de la propiedad se han reconocido dos tipos de mineralización:

Mantos con contenido de Fe-Cu tipo IOCG emplazadas en areniscas arcóscicas pertenecientes al miembro inferior de los volcanoclásticos de la Formación Chocolate y vetas de Cu-Au emplazadas en volcánicos e intrusivos.

La mineralización tipo IOCG son las más importantes dentro del proyecto, las vetas son angostas y discontinuas.

Los mantos están controlados estratigráficamente por las areniscas arcóscicas, presentan un rumbo predominante N50°E con buzamiento que varían de 45° a 70° al NW. Horizontes favorables de alta permeabilidad y porosidad habrían sido alteradas y reemplazadas por magnetita que se presentan en forma bandeada con disseminaciones, parches y venillas de Py y Cp. La mineralización no se encuentra difundida en toda la secuencia de areniscas.

Se han reconocido tres mantos: Manto de la zona de Tajo, manto Esmeralda y manto cortado mediante el taladro DDH-LC03 y 4 zonas anómalas con posible presencia de otros mantos.

El manto de la zona de Tajo es la que se encuentra más desarrollada, mediante labores subterráneas y la que presenta mejor ley de Cu, tiene una longitud de 70 metros de largo por 20 metros de ancho y profundiza 80 metros, la mineralización económica está compuesta mayormente por óxidos de Cu. Se ha estimado recursos minerales inferidos por el orden de 300,000 TM de mineral con una ley de 1.85% de Cu y 0.14 oz/TM de Ag, conteniendo 86% de Cu soluble.

Los mantos Esmeralda y del taladro DDH-LC03 alcanzan potencias de 20 metros y se podría estimar recursos inferidos por el orden de 500,000 TM con leyes de Cu de 0.50 y 0.55 % respectivamente.

Considerando estas ocurrencias de mantos y las cuatro zonas anómalas dentro de las areniscas arcósicas, se ha estimado un potencial mineral del proyecto en 6 TM con una ley de 0.7% de Cu.

Las características del yacimiento para una eventual explotación serían por métodos subterráneos.

Palabras clave: Geología; Yacimiento

ABSTRACT

The Paradise Project is located on the South coast of Peru in the district of Cháparra, province of Caravelí, Department of Arequipa at an altitude of 900 m.a.s.l. covering an area of 4,200 hectares.

In the study area, metamorphic rocks of the Precambrian, Volcano - sedimentary of the Jurassic, volcanic of Tertiary, intrusive of the Paleozoic, subvolcanic of the Jurassic - Cretaceous, intrusive of the Batolito of the Upper Cretaceous Coast and minor intrusive of the Tertiary.

Within the property two types of mineralization have been recognized:

Mantle with Fe-Cu type IOCG content located in arc sandstones belonging to the lower member of the Chocolate Formation volcanoclastic and Cu-Au veins located in volcanic and intrusive.

IOCG type mineralization are the most important within the project, the veins are narrow and discontinuous.

The mantles are stratigraphically controlled by the arcogenic sandstones, have a predominantly N50 ° E heading with a dip that varies from 45 ° to 70 ° to the NW. Favorable horizons of high permeability and porosity would have been altered and replaced by magnetite that are presented in a banded form with disseminations, patches and veins of Py and Cp. Mineralization is not widespread throughout the sandstone sequence.

Three mantles have been recognized: Mantle in the Tagus area, Emerald mantle and mantle cut by means of the DDH-LC03 drill and 4 anomalous zones with possible presence of other mantles.

The mantle of the Tagus area is the one that is most developed, through underground workings and the one with the best Cu law, has a length of 70 meters long by 20 meters

wide and deepens 80 meters, economic mineralization is composed mostly by Cu oxides. Mineral resources inferred by the order of 300.00 MT of ore have been estimated with a grade of 1.85% Cu and 0.14 oz / MT Ag, containing 86% soluble Cu.

The Emerald mantles and the DDH-LC03 drill reach powers of 20 meters and could infer resources inferred by the order of 500,000 MT with Cu laws of 0.50 and 0.55% respectively.

Considering these occurrences of mantles and the four anomalous areas within the arc sandstones, a mineral potential of the project has been estimated at 6 MT with a grade of 0.7% Cu.

The characteristics of the site for eventual exploitation would be by underground methods.

Keywords: Geology; Deposit

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es la de evaluar el yacimiento Paraiso, su mineralización composición y su explotación de mantos mineralógicos con óxidos férricos, y un alto porcentaje de Cu con esquistos de Ag y también con contenido de Au en areniscas ubicada en la amplitud de las costas del sur. Ubicada en el Distrito de Cháparra, Provincia de Caravelí y Departamento de Arequipa.

Sus propietarios apuestan por la explotación de este tipo de yacimiento, convencidos que la industria minera viene apostando por la investigación que les permita alcanzar nuevos métodos productivos que beneficien al inversionista, lo suficiente que impacte en la economía empresarial y para el ente trabajador en todas sus dimensiones y generen divisas para el estado Peruano, También conociendo que nuestro país es rico en minerales lo que nos indica que tengamos que afluir diferentes métodos de explotación y su extracción. La iniciativa de implementar este modelo IOCG. En general, los modelos son para depósitos hidrotermales incluyen una fuente de la mineralización, un sistema de transporte y precipitación de los metales, y ambientes estructurales y litológicos propicios para albergar dicha mineralización. En el caso de los yacimientos vinculados a magmas, se reconoce que el ambiente extrusivo lavas no es propicio para formar concentraciones metalíferas, porque los metales tienden a dispersarse y el azufre y otros volátiles a salir del sistema. Sin embargo, bajo la influencia de un proceso re movilizador de metales, por ejemplo por efecto de un cuerpo intrusivo, contemporáneo o más joven, esas lavas pueden entregar su contenido metálico disperso y dar lugar a una concentración económica de minerales.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5.1. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPITULO II	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	5
2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTIFICAS	6
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	46
2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	48
2.4.1. <i>Hipótesis general</i>	48

2.4.2. Hipótesis específicas	48
2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	48
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLE E INDICADORES	49
CAPITULO III.....	50
METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1 TIPO DE INVESTIGACION	50
3.2 METODOS DE INVESTIGACIÓN	50
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACION.....	51
3.4 POBLACION Y MUESTRA.....	51
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	51
3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	52
3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.....	52
3.9. ORIENTACIÓN ETICA.....	52
CAPITULO IV.....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	54
4.2. PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..	55
4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS.....	57
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

La identificación del proyecto en el presente trabajo se da luego de realizar una evaluación del yacimiento Paraíso, y dar a conocer el comportamiento de la mineralización, determinándose las probabilidades de su explotación y consecuentemente como se podría identificar su estudio geológico y para ello se realizaron los siguientes trabajos: El reconocimiento de estructuras mineralizadas dentro de la propiedad, verificación del mapeo geológico existente, revisión de los testigos de perforación diamantina, muestreo e interpretación para su evaluación del yacimiento. Para luego determinar mediante los estudios geológicos con un modelo IOCG el objetivo de mi proyecto, que estoy segura que se va a presentar en otros lugares definitivamente en las zonas costeras de nuestro amplio territorio Peruano. Entonces queda como base de proyectar de todas maneras tomando como ejemplo esta investigación

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1.- Delimitación espacial: El proyecto de investigación que realicé lo llegué a experimentar y empezar a elaborar en la localidad de Cháparra Distrito de Caravelí perteneciente al Departamento de Arequipa en la Unidad Minera Inversiones Mineras La Chalina S.A.C Peruana Terra S.A. con su programa de exploraciones PROYECTO PARAISO realizando pruebas con la gente y personal de su localidad.

1.2.2.- Delimitación temporal: Desde que comencé a realizar la presente investigación se tiene desde Abril del año 2017, culminando en setiembre del año 2018, nos ceñimos a la programación que la minera nos proporcionó de acuerdo a su cronograma de trabajo, pero interrumpimos en los meses de Diciembre 2017 al mes de Abril del 2018 por situaciones climatológicas y crecimiento del río Ocoña e incremento de aguas del río grande lo que demoró casi 05 meses para culminar la investigación.

1.2.3. Delimitación social: (Unidad de análisis)

A las empresas dedicadas a la minería formal inversionistas que se dediquen a este rubro porque se tiene que tener en cuenta que la minería es una actividad de alta rentabilidad que generan ingresos económicos basados en las normas y reglamentaciones mineras principalmente teniendo en cuenta los principios de seguridad sujetos a normas que regulan y permiten que los colaboradores realicen trabajos para mejorar los ingresos económicos y desarrollen los pueblos y lleguen a tener una alta calidad de vida

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema principal

¿La evaluación geológica preliminar determinará las probabilidades de explotación del prospecto Paraíso?

1.3.2. Problema específico

¿Los yacimientos de tipo OICG pueden aportar excelentes fuentes de exploración y explotación?

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

Para el desarrollo de la investigación tenemos el siguiente objetivo:

1.4.1. Objetivo general

Analizar la geología del yacimiento Paraíso para determinar las probabilidades de su explotación.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la geología del yacimiento.
- Conocer los controles estructurales, estratigráficos y mineralógicos de la mineralización.
- Determinar las probabilidades de su explotación.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se justifica por los siguientes aspectos:

- En cuanto a la ciencia
Nos dará criterios para entender los depósitos IOCG de contenido de oro y cobre.
- En cuanto a la técnica
- construir un modelo de reconocimiento geológico de carácter distrital y regional.

1.5.1. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio es importante porque tiene los siguientes alcances.

- Caracterización de la geología de la zona.
- Contribuirá al desarrollo del país

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Como todo estudio geológico, los resultados del presente estudio solo se aplican para la zona de estudio, sirviendo como fuente de información para similares estudios.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Se tiene una información sobre el estudio en este tipo de yacimientos, el estudio realizado por E. Gutiérrez. A. Con la tesis intitulado “Estudio Metalogenético del Yacimiento de Guaynopa Municipio de Madera Chihuahua: Hacia una tipología de yacimiento del espécimen óxidos de fierro, cobre y oro (IOCG)” donde realiza una evaluación del tipo de yacimiento con una descripción de las características del tipo de yacimiento.

Asimismo, se tiene un artículo publicado por Jorge Oyarzún M. “El modelo IOCG y el Potencial de Exploración Cuprífera de La Cordillera de la Costa del Norte de Chile”, donde nos hace un recuento de los ejemplos a nivel mundial de los tipos de yacimiento IOCG.

2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTIFICAS

2.2.1. Método geológico

Es un método directo de prospección o exploración respectivamente (levantamiento geológico y estructural en el terreno) y la base para todos los demás métodos. Este método se constituye del levantamiento geológico y estructural de la superficie, de los afloramientos y como posible del subsuelo (sondeos) en el área de interés.

Por medio del método geológico se logra el reconocimiento de un depósito mineral, en lo que concierne su estructura, su petrografía y mineralogía y los procesos de formación del mismo (Thompson, J.F.1993). Por medio de un muestreo profundo de calicatas y trincheras se puede comprobar si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no.

El muestreo de rocas está enfocado en la detección de anomalías de corrosión o difusión. Las anomalías de corrosión se pueden encontrar en las rocas de caja y en el suelo residual, que cubren el cuerpo mineralizado. Las rocas de cajas caracterizadas por una anomalía de difusión se obtienen por ejemplo a través de la perforación. Otros rasgos también son indicativos, por ejemplo los gossan, los afloramientos lixiviados y las anomalías geoquímicas secundarias que resultan del intemperismo y de la dispersión de los componentes primarios del yacimiento.

GENERALIDADES DE LOS YACIMIENTOS TIPO IOCG

Contexto geotectónico

Los depósitos tipo IOCG típicamente están localizados a lo largo o en la intersección de la estructuras de la corteza mayor, que comúnmente es

tensional o eventos de transtensión. Además se ha encontrado en niveles medios de la corteza, que algunos ejemplos se dan en zonas extensionales, anorogénicos, orogénicos, intracratónica, rifts intra-arco, arcos magmáticos y cuencas de tras-arco.

En la mayoría de los casos las estructuras controlan el emplazamiento de intrusiones e influyen fuertemente en el régimen del flujo del fluido, la formación de brechas (incluyendo la preparación del suelo y la iniciación de brechamiento hidrotermal), y en última instancia, la ubicación y morfología de la alteración y zonas mineralizadas.

En la figura de la distribución de los depósitos tipo IOCG y pórfidos de Cu (figura 1) se observa que la mayoría de estos yacimientos se encuentran en las zonas de subducción de la placa del pacífico.

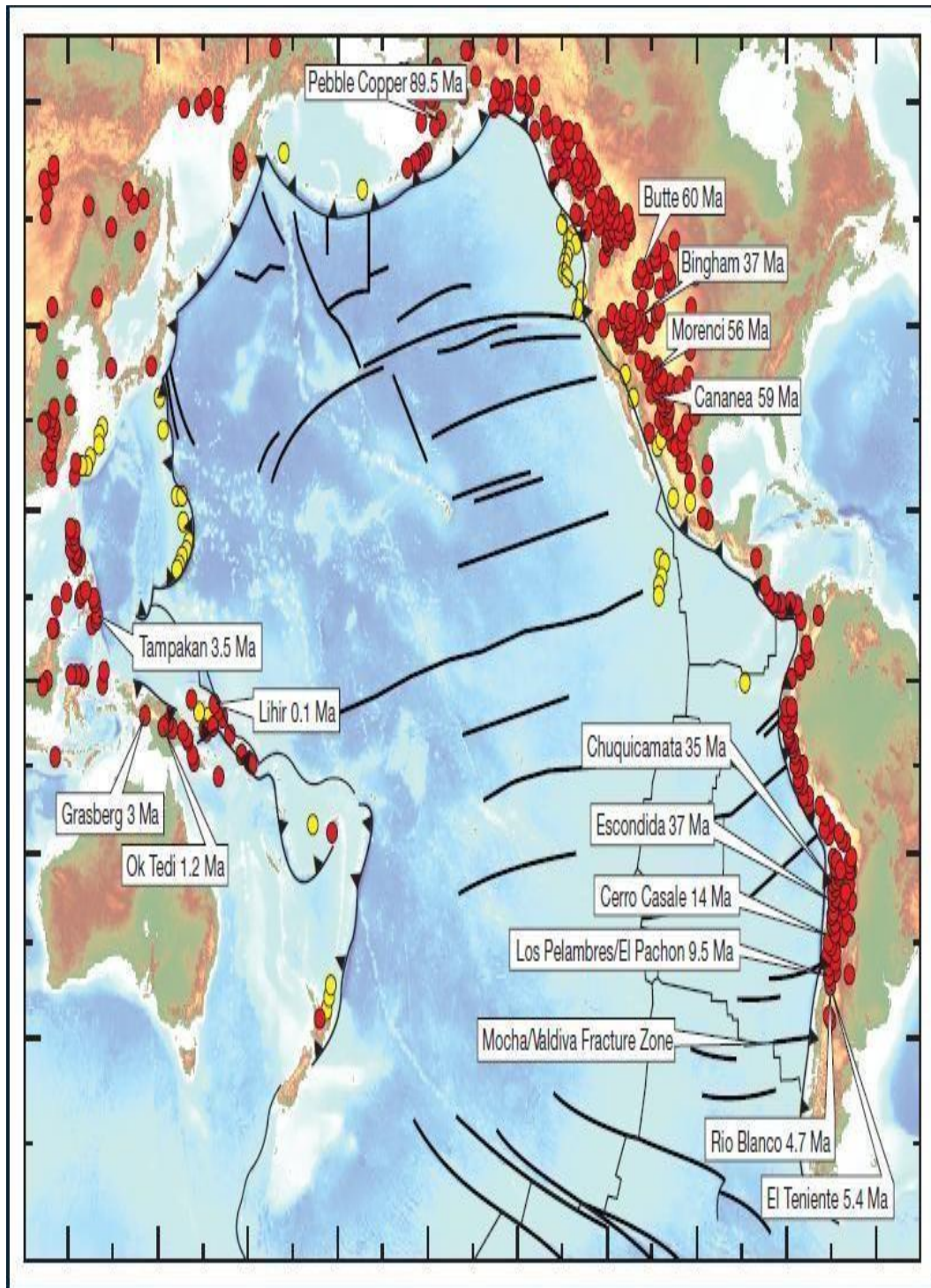


Figura 1.- Distribución global de los depósitos tipo pórfido de cobre y IOCG con sus edades. Tomada de la publicación especial N° 17 Tectonics, Metallogeny, and Discovery: The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings. En el volumen de Society of Economic Geologists del 2013

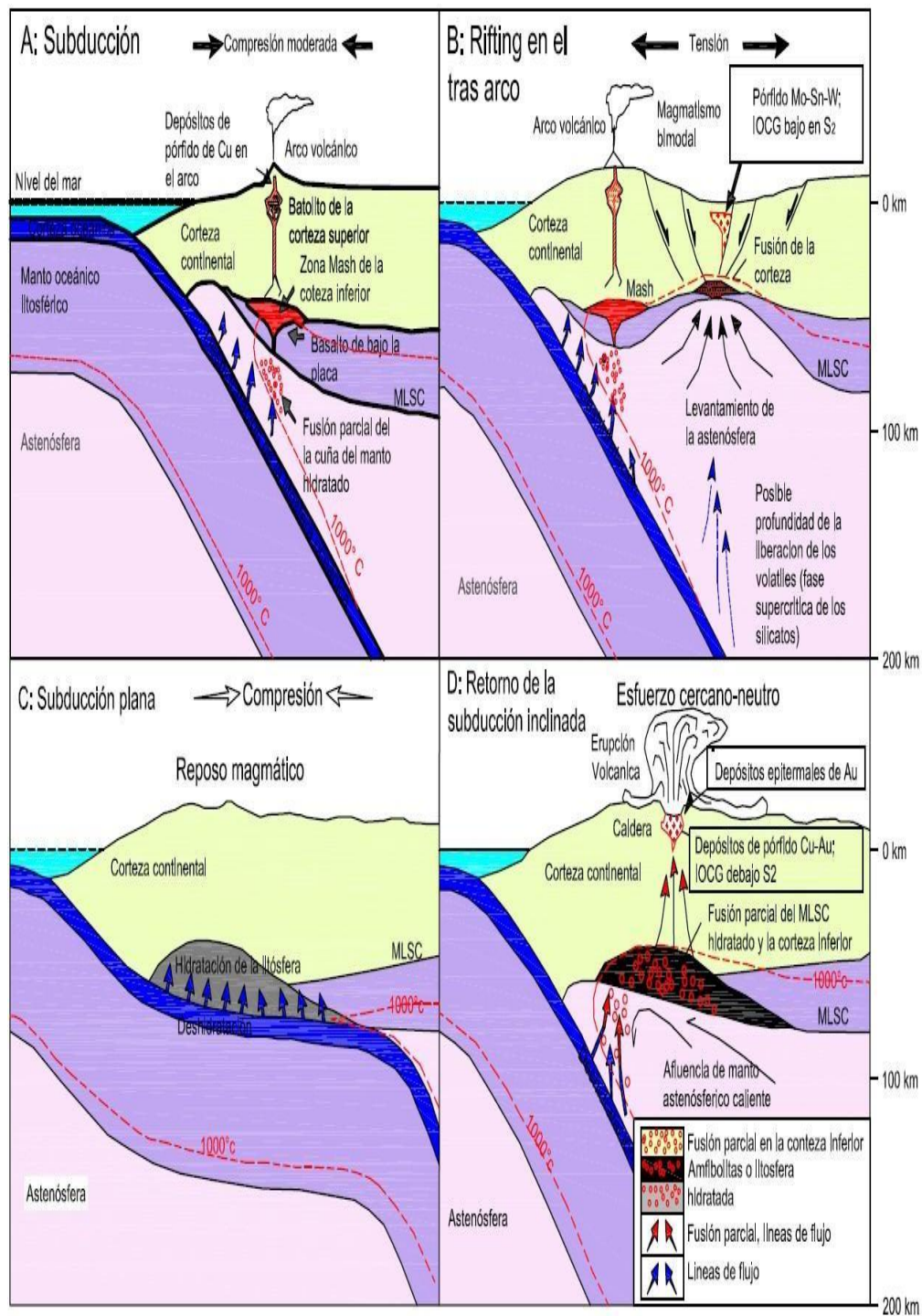


Figura 2.- Escenario de un arco tectónico y magmático donde (A) Arco continental normal o arco de isla maduro, destacando con el típico modelo andino de pórfido de Cu + Mo + Au y formación de depósitos epitermales de Cu-Au (Richards, 2009); el estado de esfuerzo es generalmente de una compresión media. (B) Rifting del tras arco debido al estrés tensional en la placa superior (por el rollback

de la placa y al retiro de la trinchera. El magmatismo bimodal es característico, y los depósitos de pórfidos de carácter félsico ricos en Mo o en Sn-W se pueden formar en la región del trasarco, estos magmas se derivan de la corteza, y los depósitos IOCG se pueden formar en condiciones de bajos contenidos de azufre.

(C) Escenario de una subducción plana donde el esfuerzo de compresión se produce en la placa superior, la litosfera sufre una hidratación a profundidad y entra en un reposo magmático. (D) Retorno de la subducción inclinada con afluencia de cuña del manto astenosférico; el calentamiento de la litosfera que ésta previamente hidratada a profundidad (manto y/o corteza inferior) da como resultado la fusión parcial y magmas que estallan (comúnmente son expresados en la superficie en forma de calderas). Los depósitos tipo pórfidos, los sistemas epitermales y los IOCG pueden formarse en este tipo de sistemas volcánicos.

MASH = Zona de mezcla, SCLM = Manto litosférico subcontinental. Para diferenciar las características entre los depósitos tipo pórfidos y IOCG se puede hacer una revisión del arco magmático además de los procesos litosféricos. En los sistemas de arcos de una edad madura, la litosfera oceánica puede tener edades aproximadas de 25 Ma. El cual en el comienzo de la subducción la corteza oceánica comienza a deshidratarse y crear los procesos de metasomatismo y fusión parcial de la cuña del manto astenosférico, este fenómeno domina el proceso de la génesis en un arco magmático según: Tatsumi, 1986, 1989; Peacock, 1993; Schmidt and Poli, 1998; Bourdon et al., 2003; Grove et al., 2006, 2012.

Tomada de la publicación especial N° 17 Tectonics, Metallogeny, and Discovery: The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings. En el volumen de Society of Economic Geologists del 2013.

Las rocas que se conocen como picrita son el producto de la fusión parcial de la astenósfera e hidratación, estas rocas tienen un alto contenido de Mg (de Bari and Sleep, 1991; Eggins, 1993; Thirlwall et al., 1996; Greene et al., 2006). Estas rocas están más oxidadas que la fusión típica de la astenósfera como las rocas tipo MORB, en estas rocas existe una relación en los componentes tales como fayalita-magnetita-cuarzo (Ballhaus, 1993; Brandon and Draper, 1996; Parkinson and Arculus, 1999; De Hoog et al., 2004). Los altos valores en los componentes nos indican que en la zona de “*supra subducción*” de la cuña del manto es inherentemente oxidado. Esto nos revela que la oxidación inicia progresivamente en la zona de subducción u otra interpretación es que los altos valores nos puede reflejar un proceso magmático posterior tales como el fraccionamiento y desgasificación en la litosfera de la placa superior. Los magmas emplazados en la placa superior se encuentran relativamente oxidados, esto tiene una connotación importante para la metalogénia, ya que esto tiene el control de la solubilidad, fraccionamiento y el comportamiento de los sulfuros como los metales de Cu y los elementos siderófilos (Richards et al., 2011).

Estos metales son más solubles en especímenes de sulfatos que se encuentran en función de los silicatos, además reflejan un incremento en el estado de oxidación, esta oxidación es muy típica en ambientes de arcos magmáticos, la oxidación es la clave para la fertilidad en los depósitos hidrotermales magmáticos, el magma primario de la zona de subducción está caracterizado por ser caliente, hidratado y oxidado, siendo menos denso que el manto peridotítico (Herzberg et al., 1983).

Se ha estimado que durante la entrada del arco magmático, a través de la litosfera, el 80% del flujo del magma (donde el 50 % corresponde a un flujo de sulfuros y 30% corresponde a un flujo de agua) se solidifican debajo de la superficie como

rocas plutónicas de composición ultramáfica a máfica, ricas en anfíboles cumulativos. En secciones bien expuestas de la corteza inferior se puede observar, tal es el caso del arco de Talkeetna en Alaska (De Bari y Coleman, 1989). Incluso bajo condiciones oxidantes, los magmas enriquecidos en S generalmente están saturados en fase de sulfuros fundidos o en especie mineral, estos sulfuros toman una cantidad significativa de calcopirita, elementos siderófilos y grupos de los platinoides, ya que éstos se encuentran contenidos en este tipo de magma, así y si la fase de los sulfuros se acumula en las zonas profundas de la corteza, el magma se fracciona y comienza agotarse de manera significativa en estos elementos, pero hay que considerar que estas cantidades y proporciones relativas dependen del contenido de sulfuros y el estado de oxidación del magma original (Richards, 2009, 2011; lee et al., 2012). De acuerdo a la figura 4 se pueden tener varios escenarios:

1°.- Bajo condiciones reductoras ricos en S, como por ejemplo, cuando la corteza inferior contiene litologías como granito meta-sedimentarios: Los magmas primarios podrían retener abundantes residuos de la fase de sulfuros donde la mayor parte de los minerales son calcopirita y los elementos siderófilos. Los magmas derivados del proceso de la subducción son relativamente pobres en metales y es muy improbable que puedan formar depósitos minerales (excepto por la probabilidad de que la litosfera tenga un enriquecimiento de elementos como Mo, Sn y W),

2°.- Bajo condiciones oxidantes, en esta fase encontramos la mayoría de los sistemas de arcos con edad del Fanerozoico, la saturación de sulfuros es posible solamente en volúmenes relativamente pequeños. Así, si tenemos una alta partición de los coeficientes y además una baja abundancia de elementos

siderófilos, esto nos indica que estos elementos son despojados del magma a través de “gotas de sulfuros de fusión inmiscibles” o por una fase mineral como solución de intermedio sólido y potencialmente a la izquierda en la región de la fuente o en acumulativo. En contraste la abundancia y baja compatibilidad de elementos calofilos no son significativos en cuanto a su empobrecimiento en la fusión. Los magmas fraccionados que de aquí se derivan son los fértiles en la formación de los depósitos tipo pórfidos, pero no pueden ser particularmente enriquecidos en Au (ver figura 3B).

3°.- Bajo condiciones oxidantes empobrecidos en S, la ocurrencia de saturación de los sulfuros puede ser mínima o puede no contener sulfuros, como el caso de la calcopirita y elementos siderófilos los cuales no tienen fraccionamiento del sulfuro y los magmas derivados a este proceso tienen el potencial para formar depósitos de Cu-Au, pero pobres en S, como se muestra en la figura 3C. Por ejemplo, estas condiciones para los sistemas de arco en el Fanerozoico son raras en el sentido del empobrecimiento de S.

4°.- Condiciones oxidantes pobres en sulfuros, estos pueden ocurrir durante la segunda etapa de fusión parcial del arco que es rico en anfibolita y que contienen pequeñas cantidades de sulfuros con enriquecimiento de CuAu residuales como se muestra en la figura 3D. Estos sulfuros fácilmente se disuelven dentro de la fusión parcial, Richards (2009) propuso estas situaciones explicando la formación de depósitos tipo pórfidos y depósitos epitermales de baja sulfuración de oro (especialmente en sistemas alcalinos) durante los eventos tectónicos tardío, donde se implica el adelgazamiento de la corteza o el manto litosférico durante el fenómeno de “Delaminación del arco o la colisión continental”, y extensión de la corteza por fenómenos post-colisionales o rifting del tras arco. El

empobrecimiento en sulfuros, la oxidación y la segunda etapa de la fusión parcial en la zona de tras arco o en una extensión distal son ambientes favorables para la formación de los depósitos tipo IOCG, donde se proporciona la fuente de magmas ricos en Cu-Au que pudieron ser emplazados dentro de la corteza con altos gradientes geotermales. La fusión parcial de bajo grado puede contribuir a elevar elementos incompatibles como tierras raras, U, Na, y K y altos contenidos de CO_2 .

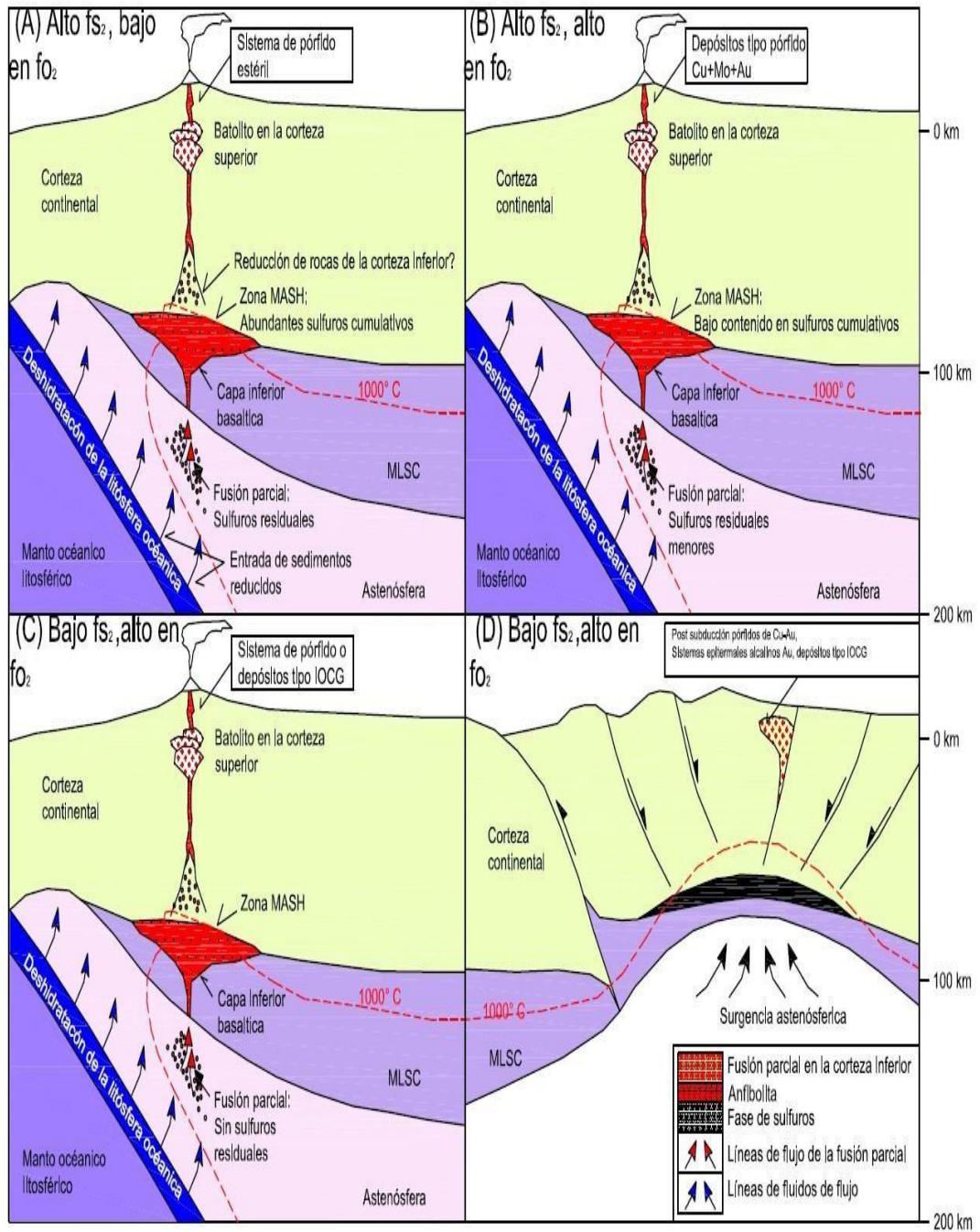
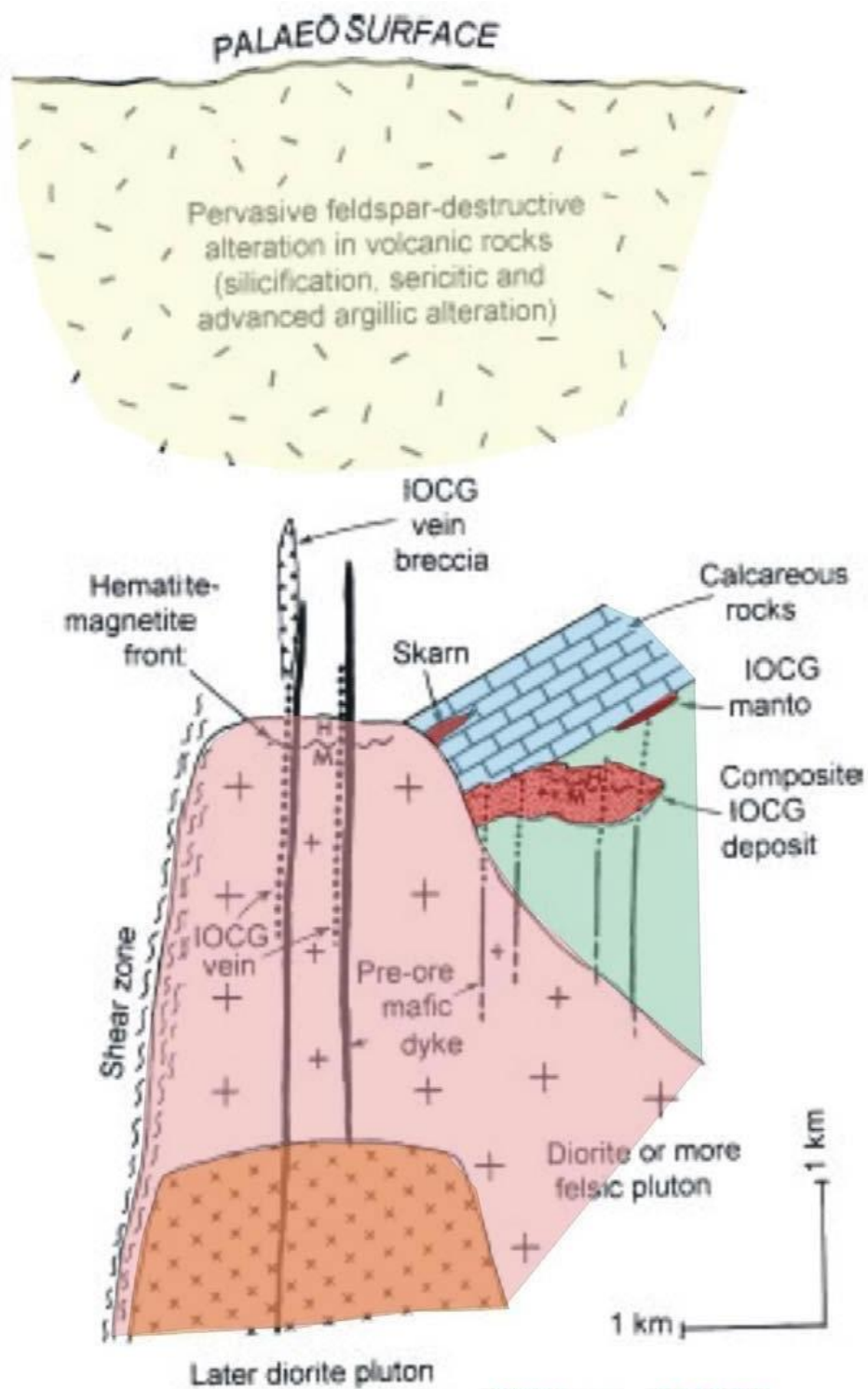


Figura 3.- Cuatro posibles escenarios para las condiciones de fusión de la astenósfera y de la litosfera en arcos o configuraciones de post subducción. (A) en condiciones de arco con alto en f_{S_2} y bajo en f_{O_2} , posiblemente causadas por grandes entradas de sedimentos en la zona de subducción de la corteza o litologías en la corteza superior en la zona MASH (zona de mezcla), conduce a sistemas de pórfido estériles y / o una formación profunda de depósito de sulfuro orto

magmáticos en la corteza. (B) condiciones de arcos con alto en fS_2 y alto en fO_2 , se ha encontrado en muchas zonas de subducción de edades del fanerozoico, potencialmente por depósitos de pórfidos de Cu + Mo + Au. (C) condiciones de arco en bajo fS_2 y alto en fO_2 , se infieren que ocurren en zonas de subducción con edades del precámbrico, potencialmente representados por pórfidos pobres en S o depósitos de IOCG. (D) condiciones de bajo en fS_2 y altos en fO_2 , se infiere que ocurre durante la fusión de la post subducción o una subducción previa donde la litosfera es modificada, está representado por pórfidos alcalinos, sistemas epitermales de Au, o por depósitos de IOCG. SCLM = Manto litosférico continental. Tomada de la publicación especial n° 17 Tectonics, Metallogeny, and Discovery: The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings. En el volumen de Society of Economic Geologists del 2013.

Morfología

Los depósitos IOCG se pueden expresar en una amplia variedad de morfologías, y de tipos de alteración que dependen de su estratigrafía, ya que puede tomar formas concordantes o discordantes a ésta; por otro lado, los depósitos IOCG han sido reconocidos dentro de un régimen epitermal, pero estos depósitos todavía no se encuentran bien definidos. Generalmente los depósitos IOCG, presentan reemplazamientos cuya morfología es tipo de un skarn como lo presenta el yacimiento de Wilcherry Hill en Australia. Lo que es más común en la génesis de los IOCG es su afinidad a un sistema hidrotermal magmático. Su morfología es muy diversa y va desde vetas, chimeneas hidrotermales, brechas de diversos tipos, cuerpos de reemplazamiento característicos de un skarn, stockworks, cuerpos pegmatoides y o tipo diatrema como se muestra en la figura 4.



Sillitoe, 2003

Figura 4.- muestra las diferentes morfologías de los cuerpos en depósitos tipo IOCG, según Sillitoe 2003.

ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Los depósitos IOCG están caracterizados por una zona progresiva de alteración que va desde el núcleo hacia afuera, la zona de alta temperatura está dentro del rango de 600° a 400°C, donde el sistema se encuentra moderadamente oxidado y rico en minerales sódicos como: albita + escapolita + anfibolita + piroxeno; por otro lado si son rico en Na-Ca-Fe se dan minerales como: magnetita + anfibolita + actinolita + apatito, y si presentan un enriquecimiento en K - Fe se tendrá una paragénesis del tipo: feldespatos potásicos + magnetita + biotita + anfibolita. Si presentan temperaturas medianas a bajas <400° a 200°C, hay más oxidación y un enriquecimiento en K-Fe-Ca-CO₂ (hematita + sericita + clorita + carbonato + cuarzo). En las zonas distales que se tiene baja temperatura (250° a 100°C) el aporte de SiO₂-Fe-CO₂ es el dominante y se traduce en vetas con cuarzo + hematita + carbonatos como se muestra en la figura 5.

La mineralización cobre - oro típicamente ocurre como calcopirita con abundante magnetita en la zona de alta temperatura, y en la zona de baja temperatura se presenta como calcopirita + bornita + calcosita secundaria con hematita. Las temperaturas bajas se dan en la parte distal, donde la veta epitermal está alterada y además tiene remplazamientos con sulfuros + arsenoides de Cu, Co, Bi, U, Ag y Au y algunas veces tierras raras.

En muchos distales de IOCGS, la sílice precipita como cuarzo penetrante en forma de vetas, stockworks y brecha que pueden estar a kilómetros de distancia de su fuente (la intrusión); la precipitación de la sílice se da con las siguientes características: durante la última etapa (baja temperatura) denominada alteración retrograda. Es común ver zonas estériles y las vetas de cuarzo o brechas se encuentran superpuestas en la etapa temprana de la alteración de alta temperatura.

Por otro lado, si las condiciones de pH neutro persisten en las temperaturas inferiores en los sistemas IOCG, se tendrá abundancia de minerales de carbonatos en la zona más distal, pero si persiste la acidez su paragénesis mineral será: sericita + clorita + carbonato + cuarzo + hematita: esto refleja la poca abundancia de SO_2 en los fluidos de los yacimientos tipo IOCG. Así, la mineralización está acompañada por un zoneamiento sistemático (de adentro hacia fuera) de la alteración de alta temperatura, revelando un ambiente reductor, con un pH neutro, y una ambiente de oxidación a baja temperatura.

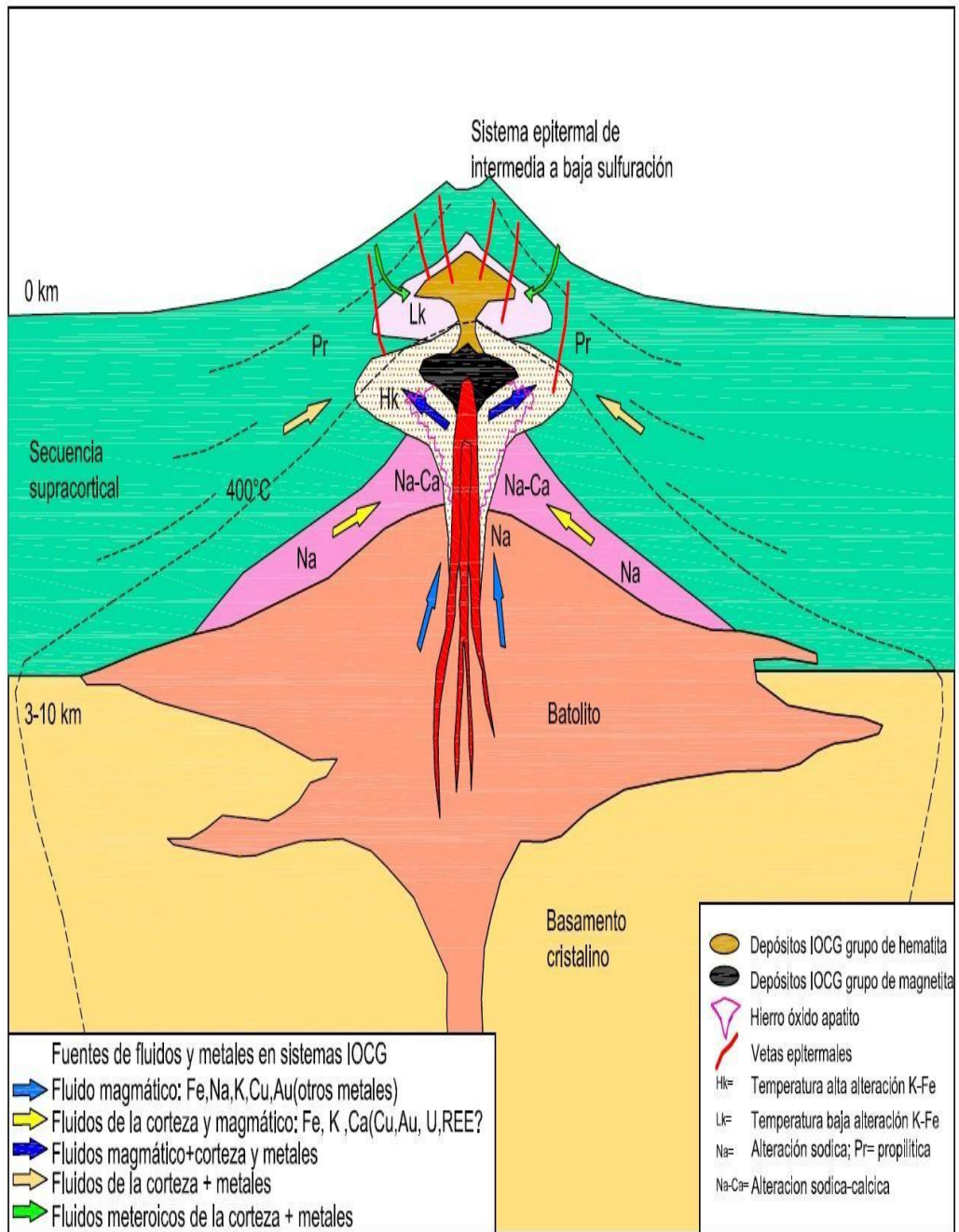


Figura 5.- Anatomía de los sistemas IOCG, donde se muestra la profundidad variable de emplazamiento de la fuente del batolito en la corteza media y superior. Asociación espacial de la alteración y la mineralización tanto proximal, distal, posibles fluidos y fuentes de metales. Fuentes: Hitzman et al. (1992), Naslund et al. (2002), Richards (2005,2011), Mumin et al. (2007,2010), Groves et al. (2010), Corriveau et al. (2010a, b).

En los sistemas tipo IOCG bien expuestos la alteración hidrotermal es muy extensa, en algunas regiones puede remontarse a plutones y batolitos subyacentes. La magnífica exposición en la superficie debe de exceder cientos de kilómetros cuadrados, tal como ejemplo en Great Bear Lake en Canadá, donde se muestran múltiples sistemas individuales relacionados con un magmatismo de composición diorítica.

El concepto de un sistema IOCG es aquel en el cual existe un amplio rango de alteración hidrotermal y tipos de yacimientos aparentemente dispares que pueden ser generados por estos grandes sistemas hidrotermales generados por magmas, pero puede haber casos con fluidos no magmáticos que son derivados de las rocas de la corteza, incluyendo fluidos metamórficos que pueden generar, incluso pueden incorporarse a los depósitos IOCG, porque su fuente está asociada a un batolito o Plutón, esto incluye la mezcla con fluidos derivados de las aguas meteóricas, así como los fluidos procedentes de fuentes corticales más profundas cerca de la superficie. La fundición del metal de la corteza es también evidente en estos sistemas debido a la alteración extensa de alta temperatura.

Habitualmente se reconocen las siguientes zonas o aureolas de alteración con la relación de adentro hacia afuera.

Zona potásica: Siempre está presente. Caracterizada por la presencia de feldespatos potásico secundario, biotita y clorita reemplazando al feldespato potásico primario, a la plagioclasas y a los máficos.

Zona fílica o sericítica: No siempre presente. Se caracteriza por desarrollo de cuarzo en vetas, sericita, pirita, con minerales escasos de clorita, illita y rutilo que reemplazan a la biotita y al feldespato potásico.

Zona argílica: No siempre se encuentra. Se caracteriza por la formación de caolinita y montmorillonita, con pirita diseminada. Las plagioclasas se encuentran fuertemente alterada, mientras que al feldespato potásico no le afecta. La biotita está cloritizada.

Zona propilítica: siempre está presente. Donde desarrolla clorita, calcita y epidota, afecta a los máficos, y en menor grado, a las plagioclasas.

ZONACIÓN

Dentro de los depósitos tipo IOCG la zonación es muy característica del centro hacia afuera, donde la alteración sódica-cálcica se puede localizar en el rango de 5 a 10 kilómetros de profundidad con temperaturas cerca de los 600° centígrados, la alteración potásica es más afín, que con lleva cuerpos de magnetita, con temperaturas que oscilan entre 200° C a < 400°C que se consideran de baja temperatura, si se encuentra la alteración potásica esta debe estar asociada con cuerpos de hematita. Conforme la temperatura va decreciendo se observa la alteración propilítica y al final se observa vetas epitermales con temperaturas menores de 100° C. Los fluidos que aportan los metales son fluidos magmáticos ricos en Fe, Na, K, Cu, Au, mientras que los fluidos magmáticos que han interactuado con la corteza aportan Fe, K, Ca, Cu, Au, U, REE Richards et al, 2013.

CLASIFICACIÓN

Se clasifican por separado de otros grandes yacimientos de cobre relacionados, tales, como los depósitos de tipo pórfido de cobre y otros depósitos de pórfidos de metales principalmente por sus acumulaciones considerables de minerales de óxido de hierro con una asociación de intrusivos tipo félsicos intermedios.

Su clasificación es relativamente simple ya que es composicional: hierro+cobre+oro, muchas veces no hay zonificación metálica dentro de los depósitos IOCG, estos tienden a acumular su mineralización en fallas epigénetica distales a la intrusión de origen, mientras que los pórfidos se alojan dentro de los cuerpos intrusivos. A continuación se describirán algunos tipos de yacimientos que tienen similitud con los yacimientos tipo IOCG.

1º.-Yacimientos de magnetita-apatita-ilmenita. Son menas de Fe-Ti que están asociados con rocas de composición anortosítica. El origen de este tipo de yacimientos es magmático, con un mecanismo de formación por inmiscibilidad de líquidos.

2º.- Yacimientos de magnetita-apatita sin Ti. Están asociados principalmente en rocas volcánicas y son llamados también yacimientos tipo Kiruna. El origen de este tipo de yacimiento es un poco controversial, ya que tiene origen de coladas de lava de magnetita, con edades desde el Proterozoico temprano hasta el Terciario tardío. Estos yacimientos parecen haber sido formados de líquidos ricos en hierro y fósforo, que han sido inyectados a profundidad o expulsados sobre la superficie terrestre. En cuanto su mecanismo podría generarse por magmas ignimbriticos, depósitos de ceniza de caída libre, lavas y diquestratos, depósitos sedimentarios exhalativos, lateríticos, detríticos y por reemplazamiento hidrotermal y formación en vetas. Cada uno de estos tipos de depósitos presenta diferentes características de relaciones de campo, tanto como texturales y de la composición de elementos traza.

3.- Yacimientos tipo skarn de hierro. Se presentan en ambientes geológicos que varían desde edades Precámbricas a Terciario tardío, están relacionados con actividad magmática-hidrotermal asociados con un plutonismo diorítico a

granodirítico en cinturones orogénicos, la característica principal de este tipo de yacimiento es la presencia de una ganga de grano grueso rico en hierro, así como la presencia de una mezcla de silicatos de Ca-Mg-Fe-Al, los minerales económicos pueden ser Au, Ag, Cu, Zn. En cuanto su ambiente tectónico se asocia a arcos de islas en donde predominan las dioritas-andesitas; en los skarn de W, Cu, Pb - Zn predomina en los márgenes continentales con rocas granodioritas y cuarzomonzonitas, y para los skarn de Sn-W a zonas postorogénicos o anorogénicos.

4.- Los yacimientos tipo pórfido de Cu o depósitos de Cu-Fe y Mo. comúnmente tienen importantes valores económicos, estos ocurren al inicio de una temperatura $> 600^{\circ}\text{C}$, con una salinidad entre 2-10 wt % NaCl Equiv., los fluidos magmáticos metalíferos, comienzan a enfriarse junto con la precipitación de Cu a temperaturas máximas entre 425° y 320° C, coincidentemente este rango de temperaturas corresponden a la transición frágil - dúctil para rocas silicatadas, al punto en que el SO_2 aun esta disuelto en el fluido del magma y comienza a desproporcionarse en H_2S y H_2SO_4 . En consecuencia la combinación de la reducción de la solubilidad de Cu, incrementa la permeabilidad y la porosidad permitiendo la disolución de cuarzo y una nueva disponibilidad de la reducción del sulfuro a la precipitación de sulfuros de Cu-Fe, sobre una estrecha relación de rangos de temperatura y por lo tanto un intervalo de profundidad, dentro de la zona de cúpula de la intrusión magmática. En cuanto a la alteración hidrotermal, la zona potásica se encuentra encima del punto de deposición de los sulfuros de Cu-Fe, muy cerca de las condiciones neutrales de acides, además es caracterizado por la formación de minerales secundarios como biotita, feldespato potásico y magnetita.

Las temperaturas del fluido caen debajo de los 350° C lo que incrementa una desproporción del SO₂ de ácido sulfúrico a H₂S, haciendo más ácido el sistema donde la alteración fílica ocurre con la destrucción del feldespatos y con precipitación de abundante pirita. Durante el enfriamiento e incremento de la acidez la alteración hidrotermal argílica evoluciona a argílica avanzada y se presenta con minerales como caolinita para el caso de argílica y alunita + caolinita + diáspora como alteración argílica avanzada. así, los sistemas epitermales de alta sulfuración con mineralización de Cu-Au podrían ocurrir en asociación con una alteración argílica avanzada a niveles someros y encima del sistema de pórfido (PC), y para el caso de los sistemas epitermales de sulfuración intermedia con mineralización de vetas de Pb-Zn-Ag-Au que ocurre de manera muy distal (Sillitoe et al., 2003). La diferencia de estos yacimientos (PC) con los depósitos tipo IOCG, se encuentra en: Están asociados a procesos de subducción o postsubducción donde los magmas asociados son ricos en sílice, donde las rocas van desde granitos a granodioritas, los depósitos de estos son por reemplazamiento magmático-hidrotermal, donde la alteración de la magnetita se da en la etapa temprana, con la asociación de pirita + calcopirita + oro + magnetita masiva y se forman a niveles corticales medios, con salmueras hipersalinas, con evidencia de mezcla de fluidos, además los cuerpos se manifiestan con altos niveles de brechamiento.

Para la clasificación de los depósitos tipo IOCG se deben observar sus características ya mencionadas y sus asociaciones tales como:

1°.- La asociación de metales mayores los cuales para este caso son Fe, Cu, Au exclusivamente estos tres metales, si existiere otro mineral entraría a otra clasificación la cual no se discute en este trabajo.

2°.- Presentan una posible asociación con metales menores como: U, REE, Co, Bi, Ag, P. El contenido de sulfuros en estos tipos de depósitos son relativamente menores ya que se encuentra en un sistema epitermal de bajo a intermedia sulfuración.

3°.- Los depósitos de minerales económicos son exclusivamente magnetita, hematita, calcopirita, bornita, calcosita diagénética, uraninita, cofinita, sulfarseniuros y apatito.

4°.- La composición de los fluidos primarios de la mineralización son $H_2O - CO_2 - NaCl - KCl - Ca - Cl_2$ (10-50 wt% NaCl equivalente).

5°.- El estado de oxidación y el pH del yacimiento tienen que estar en un estado de oxidación y un pH neutro o moderadamente ácido.

6°.- El magma está asociado a procesos de subducción, transtensión, anorogénicos, orogénicos, intracratónica, rifts intra-arco, arcos magmáticos y cuencas de tras-arco.

7°.- La fuente de los fluidos mineralizantes magmáticos, comúnmente es una interacción con los fluidos de la corteza (meteóricos a salmuera), y la alteración geoquímica que se produce en este tipo de yacimientos son: Na - K - Fe - P - Ca - $SiO_2 - CO_2 - F$.

8°.- En cuanto a la alteración de alta temperatura corresponde al rango de $> 400\text{ }^\circ\text{C}$ y fluidos ricos en Na y se tiene un ensamblaje de albita, escapolita, anfíbolita, piroxeno, cuando son ricos en Na - Ca - Fe: el ensamblaje es de actinolita, apatito, feldespatos alcalinos. En cuanto a la alteración de la mineralogía a baja temperatura $< 350\text{ }^\circ\text{C}$, cuando son ricos en K - Fe su ensamblaje es de feldespato potásico, magnetita, biotita, anfíbolita, cuando son ricos en K - Fe - Ca - CO_2 su ensamblaje es de hematita, sericita, clorita, epidota, carbonatos, cuarzo. La extensión de la

alteración de altas temperaturas se da en un rango de 1 a 7 kilómetros de profundidad.

9°.- Su ambiente epitermal es totalmente de intermedia a baja sulfuración, la profundidad de formación se dan desde superficiales hasta los 5 kilómetros de profundidad, en cuanto a su metamorfismo regional es de bajo a alto grado.

10°.-La asociación de magmas es estrictamente calco-alkalino a medianamente alcalino, y en cuanto a sus edades existen desde el Precámbrico al Terciario.

GÉNESIS

La mayoría de los yacimientos IOCG, están ubicados en zonas de tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas intrusivas. Sin embargo, en la mayor parte de los depósitos más pequeños o en las porciones “distales” de los sistemas mineralizados más grandes no se presenta relación directa con rocas intrusivas.

La generación de los magmas son por el procesos de subducción y post subducción y éstos se asocian a variedades de tipos de yacimientos minerales, como conocidos tenemos: depósitos tipo pórfidos relacionados con skarn, reemplazamientos y depósitos epitermales, además de depósitos tipo IOCG.

El agua que genera los depósitos tipo IOCG es de origen magmático, comúnmente hay una interacción con los fluidos de la corteza (meteórico a salmuera). Para los depósitos IOCG se puede hacer una revisión del arco magmático y los procesos litosféricos: en los sistemas de arcos maduros donde la litosfera oceánica es de una edad aproximada de 25 Ma. Y comienza a hacer subducida, la corteza oceánica empieza a deshidratarse dando un incremento al metasomatismo y una fusión parcial de la cuña del manto astenosférico, este domina el proceso de la

génesis en un arco magmático (Tatsumi, 1986, 1989; Peacock, 1993; Schmidt and poli, 1998; Bourdon et al., 2003; Grove et al., 2006, 2012).

Cabe recordar que el descubrimiento de Olympic Dam (Haynes, D. 1995), llevó al reconocimiento de los depósitos de óxidos Fe-Cu-Au como una clase aparte. Existe debate si son un solo tipo de depósitos o variaciones ricas en óxido de Fe de otros tipos de depósitos, así Sillitoe (2003) los denomina como depósitos de Fe-apatita del mismo clan que los de Fe-Cu-Au pero como un miembro extremo deficiente en Cu, aunque los cuerpos a óxidos de Fe-Cu-Au son más someros que los de óxidos de Fe-apatita; típicamente muestran un núcleo de óxido de hierro que puede ser magnetita y/o hematita.

EJEMPLOS DE IOCG EN EL MUNDO

A) Olympic Dam

El descubrimiento de Olympic Dam (Australia) en 1975 y su posterior explotación en 1983 llevó al reconocimiento de los depósitos de óxidos de Fe con Cu-Au como una clase aparte y produjo el interés de exploración y en la redefinición tipológica de estos yacimientos. Este depósito está localizado en el margen oeste del cratón de Gawler, el basamento cristalino de este distrito es de una edad del Mesoproterozoico y está cubierto aproximadamente por >200m de rocas del Neoproterozoico, Cámbrico y sedimentos más jóvenes. La litología más vieja conocida está intensamente deformada y está representada por granitoides que se emplazaron entre 1850 ± 3.5 y 1860 ± 4 ma. Las rocas del Paleoproterozoico y Arqueano no se han observado directamente en la región pero son inferidas por modelos geofísicos. El basamento ha sido inferido para comprender el Grupo Wallaroo, que consta de un paquete de composición diversa de rocas meta sedimentarias que se depositaron entre ~ 1740 y ~ 1760 Ma. Este grupo

comprende metalutitas con delgadas bandas feldespáticas ricas en biotita, rocas metacarbonatadas, con menor formación de bandas de hierro y una rara roca metapeletica carbonatada. Debajo de estas rocas se encuentran rocas de composición meta-arcósica de color rojo, con edades máximas de deposición de ~ 1850 a 1855 Ma. Estas representan la parte inferior del Grupo Wallaroo. La única roca ígnea de este grupo es un leucogabro que contiene zircones con edades 1764 ± 12 Ma. La edad del metamorfismo y la deformación del Paleoproterozoico en el distrito de Olympic Dam corresponde a la orogenia Kimban, los efectos de ésta fueron dispersos al este del cratón de Gawler alrededor de 1700 a 1730 Ma. El basamento Paleoproterozoico fue discordante, plano y esencialmente sin metamorfismo en las unidades de Gawler. Grande volumen de volcanismo félsico bimodal se presenta en la provincia.

ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

La llave para la alteración hidrotermal y la mineralización en Olympic Dam es el conjunto de minerales como magnetita-feldespato alcalino-silicato + sulfuros de Fe-Cu y hematita-sericita-clorita-carbonato + sulfuros de Fe-Cu + U y REE. (Denominada alteración hematítica). La alteración magnetita-biotita se observa como un conjunto, las asociaciones de alteraciones ocurren tanto en las vetas como también en reemplazamiento de la roca encajonante. El ensamblaje de magnetita-feldespato-calco silicato está subdividido en dos tipos: Una alteración compuesta por magnetita-albita-calco silicatos (Fe-Na-Ca) y la otra compuesta por un enriquecimiento en K (en el caso del feldespato K es remplazado por albita). La asociación de magnetita-feldespato potásico y calco silicatos es ilimitado en el conjunto de magnetita que es el soporte dominante en los sistemas IOCG. Los calco silicatos son generalmente actinolita o diopsida; los minerales

presentes en ambos conjuntos de magnetita, que ocurren como trazas de cuarzo, pirita, apatito, titanita, calcopirita, escapolita y allanita. Generalmente la hematita reemplaza la magnetita preexistente a diferentes grados.

B) La Candelaria Punta de Cobre

El depósito la candelaria punta de cobre en Chile, se encuentra a lo largo del margen del este de la costa cerca del batolito Copiapó, en Chile. Forma parte del grupo de depósitos tipo IOCG. Los depósitos están localizados al este cerca de la ramificación de la zona de la falla Atacama, la cual se extiende más de 1,000 km. A lo largo de la costa chilena. La zona de la falla de Atacama está ligado a un sistema de fallas de subducción de arco paralelo que ha estado activo por lo menos desde la época Jurásica. Este sistema de falla controla la mineralización de muchos de los depósitos en Chile. Los depósitos de Cu-Au-Zn-Ag en la candelaria punta del cobre se encuentran hospedados en rocas volcánicas y volcanoclásticas, adyacente a plutones del Cretácico temprano.

Las rocas estratificadas expuestas en esta área representan facies de transición a arcos volcánicos continentales hacia el este y noreste, hacia el este y suroeste de la cuenca hay evidencia de un tras arco marino somero. La sedimentación en la cuenca del tras arco comienza en el Cretácico temprano con depósitos de la parte superior de la formación Punta del Cobre que está representada por rocas volcánico-volcanoclásticas, las cuales sobreyace a rocas carbonatadas del Grupo Chañarcillo. La inversión de la cuenca comienza en el Aptiano y eventualmente tiene como resultado la erosión parcial de la secuencia del tras arco. Los plutones granitoides que están intrusionados en los depósitos del tras arco en la porción oeste del área causando una extensiva aureola de metamorfismo de contacto. El

batolito consiste en severas intrusiones de composición calco alcalino del rango de diorita a cuarzomonzonita.

MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN

En el cinturón de Punta del Cobre, el mineral de cobre se encuentra tanto en vetas masivas, en la matriz de las brechas hidrotermales, como vetillas discontinuas, diseminación en la roca huésped o superpuesta en remplazamiento de cuerpos de magnetita masiva, y cuerpos concordantes con la estratificación. Los mantos comúnmente están sobreyaciendo las vetas o cuerpos de brechas. Los cuerpos mineralizados subveticales están emplazados a lo largo del noroeste y muchos están confinados a la unidad Gerald-Negro. Esencialmente la mineralización consiste en magnetita y/o hematita, calcopirita y pirita, en algunas zonas muy locales se tienen pirrotita, esfalerita, trazas de molibdenita y arsenopirita. El oro nativo ocurre en micro inclusiones en la calcopirita. Los minerales desarrollados en la zona supergénica y en la zona de enriquecimiento incluyen malaquita, crisocola, calcosita y covelita. El mineral de ganga consiste en cuarzo y anhidrita. La alteración potásica se muestra por: Albita-clorita + calcita + cuarzo; la albitización está mostrada por un ensamblaje de pirita + trazas de calcopirita y/o diseminación de hematita.

El artículo “El Modelo IOCG y el Potencial de Exploración Cuprífera de la Cordillera de la Costa del Norte de Chile” publicado por Jorge Oyarzún nos brinda la oportunidad de conocer algunas características del yacimiento Paraíso, es interesante ver los fundamentos expuestos que lo transcribimos:

INTRODUCCIÓN AL MODELO

El ritmo y la magnitud de los esfuerzos dedicados a la exploración minera obedecen a tres factores principales. El primero, constituido por las circunstancias

externas, que incluyen la oferta-demanda e inventarios del metal, precios actuales y previsible, aspectos políticos, cambios en los incentivos legales y tributarios y, crecientemente, aspectos ambientales y de “aceptabilidad social” de la minería. El segundo se refiere a la aparición de nuevas herramientas de exploración, como las distintas formas de la prospección geofísica, la prospección geoquímica, la espectrometría infrarroja de la alteración hidrotermal, los métodos instrumentales de análisis geoquímico por multielementos y, desde luego, los avances en la tecnología y economía de los sondajes. El tercer factor, tema del presente artículo, es el surgimiento de nuevas ideas de exploración, concretadas en torno a modelos de yacimientos, que incluyen su contexto geológico, expresión geofísica, geoquímica y mineralógica, y expectativas de magnitud, leyes y asociaciones de metales valiosos presentes. En julio de 1975 se realizaron los sondajes de descubrimiento de Olympic Dam en el sur de Australia, el yacimiento gigante (3800 millones de t, con 1% de cobre, 0.5 g/t de oro, 400 g/t de uranio más tierras raras, Williams y otros, 2005) que llevo a la proposición de un nuevo modelo de yacimiento, los IOCG (óxidos de hierro con cobre y oro), que ha sido foco de atracción desde entonces. El descubrimiento del yacimiento de Candelaria por Phelps Dodge a fines de los '80 en el antiguo distrito de Punta del Cobre y su posterior adscripción al modelo IOCG, mostró el potencial de la Cordillera de la Costa del Norte de Chile para albergar este tipo de yacimiento. Posteriormente, se han catalogado como IOCG otros depósitos o distritos conocidos con anterioridad, como Manto Verde y San Antonio (Sillitoe, 2003).

LOS MODELOS METALOGÉNICOS Y OLYMPIC DAM

Como señala Haynes en su artículo, la exploración que llevó al descubrimiento de Olympic Dam tuvo su origen en un modelo metalogénico preciso, aunque su

resultado condujo a un tipo de depósito no previsto y a la proposición de un nuevo tipo de modelo. En general, los modelos para depósitos hidrotermales incluyen una fuente de la mineralización, un sistema de transporte y precipitación de los metales, y ambientes estructurales y litológicos propicios para albergar dicha mineralización. En el caso de los yacimientos vinculados a magmas, se reconoce que el ambiente extrusivo (lavas) no es propicio para formar concentraciones metalíferas, porque los metales tienden a dispersarse y el azufre y otros volátiles a salir del sistema. Sin embargo, bajo la influencia de un proceso re movilizador de metales, por ejemplo por efecto de un cuerpo intrusivo, contemporáneo o más joven, esas lavas pueden entregar su contenido metálico disperso y dar lugar a una concentración económica de minerales. Si el intrusivo aporta azufre y elementos metálicos, entonces el yacimiento llevará también su signo geoquímico. De otro modo, sus características serán las de las rocas extrusivas y el yacimiento será pobre en azufre, a menos que la mineralización sea albergada por rocas ricas en azufre, por ejemplo, sedimentos reductores, que posean sulfuros de origen bacteriano anaeróbico. El primer caso se da en los yacimientos de cobre pobres en azufre albergado en basaltos proterozoicos de Michigan (USA). También, en parte, en los basaltos y andesitas jurásicas del yacimiento de buena Esperanza, Tocopilla, conforme al modelo propuesto por Jeri Losert en 1973. La idea de base en la exploración australiana combinaba la lixiviación de cobre de rocas basálticas proterozoicas con su posible concentración en sedimentos marinos reductores. Lo más notable de esta idea era la audacia que implicaba llevarla a cabo, puesto que la zona a explorar estaba cubierta por potentes estratos de edad cámbrica y neoproterozoica, vale decir, de más de 500 millones de años, posteriores a la eventual mineralización. Por consiguiente, la posibilidad de tener éxito dependía

del acierto de la idea geológica y de la información que entregara la geofísica – más la suerte eventual de los exploradores (que sí la tuvieron...). Las lavas basálticas poseen una respuesta magnética importante y mayor densidad que las rocas sedimentarias. En consecuencia, la combinación de anomalías magnéticas indicadoras de la presencia de basaltos, asociadas a zonas anomalías magnéticas indicadoras de la presencia de basaltos, asociadas a zonas atenuadas debidas a aquella de los sedimentos marinos, serían las claves de la selección de sitios. Cabe señalar, sin embargo, que el modelo de yacimiento buscado ya había sido reconocido en Australia a principios de los 1970's, en cuanto a que los basaltos con alteración propilítica (albita, hematita, clorita, epidota, carbonato) actuaban como potentes fuentes de cobre – un reconocimiento análogo al ya mencionado de Jiri Losert con respecto a buena esperanza. El descubrimiento de Olympic Dam fue una muy grata y notable sorpresa para la audaz exploración de la Western Mining Corporation. Muy grata, considerando la magnitud, ley y composición del yacimiento. Notable, porque lo descubierto no coincidía con lo esperado, en tanto el yacimiento se encontró en una especie de chimenea de brecha granítica y no en el ambiente sedimentario esperado. Con Olympic Dam surge el modelo IOCG, que más que un modelo geológico estrictamente definido, alude a la asociación de mineralización de cobre y oro con óxidos de hierro, magnetita o hematita. También a la idea de que estos yacimientos pueden ser ricos en uranio, tierras raras e itrio.

Entre los primeros están, naturalmente, la presencia de mineralización de óxidos de hierro y anfíbola, unidos a aquellos de mineralización de cobre, como en el caso de Punta del Cobre. Las anomalías magnetométricas pueden ser también muy útiles, con dos reservas. La primera, que las lavas basálticas y andesíticas

cretácicas poseen alto contenido primario de magnetita y, por lo tanto, generan elevadas anomalías magnéticas que no deben ser fuentes de confusión. Por el contrario, las anomalías más interesantes serían las de tamaño intermedio o menor, entendiéndose que además su intensidad podría ser menor debido al posible efecto de soluciones hidrotermales ácidas sobre la magnetita. Un tercer criterio útil es el geocronológico, en particular en lo referente al lapso 120- 110 millones de años. A este respecto cabe señalar la existencia de excelentes mapas geológicos como el del área la serena – la Higuera, elaborado por Carlos Emparan y Germán Pineda (2000), que incluye una completa información sobre la edad de los intrusivos presentes y, por lo tanto, permite focalizar el interés en fajas determinadas.

LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

La exploración geológica según el Dr. Rogelio Monreal Saavedra del Departamento de Geología, Universidad de Sonora, se expresa de la siguiente manera: Durante millones de años, los recursos minerales se han ido formando en lugares específicos conocidos como yacimientos minerales los cuales son escasos y difíciles de ubicar. La exploración es de vital

Importancia para la industria minera y el geólogo viene hacer una pieza importante para su exploración y posterior explotación. La exploración inicia con la búsqueda de un depósito mineral, utilizando una serie de procesos e indicadores geológicos que sirven para localizar un lugar en la superficie de la tierra que tenga posibilidades de contener un yacimiento mineral: esto es conocido como prospección o exploración de yacimientos minerales. Si el geólogo define que la zona puede ser de interés económico, se continúa con

El estudio del yacimiento mediante la perforación de pozos o barrenos en el subsuelo. La exploración, en su primera fase, termina cuando se establece la

existencia o no de un yacimiento mineral con posibilidades de ser económicamente viable para su extracción o explotación. La exploración, en su segunda fase, se efectúa durante y después de la construcción, y durante la “vida” de una mina. La minería necesita de la exploración geológica para ubicar los recursos minerales en grandes proporciones y así poder extraerlos o explotarlos. Un depósito mineral es una concentración anómala de un mineral o elemento metálico de suficiente tamaño para que en circunstancias favorables, sea considerado con potencial económico; mientras que un yacimiento mineral es un depósito de algún mineral o minerales que ha sido estudiado y se ha probado tener suficiente tamaño, cantidad mineral y accesibilidad, como para que pueda ser explotado para producir ganancia económica.

El geólogo es el encargado de estudiar la historia de la formación de la Tierra, la estructura de nuestro planeta, su naturaleza, su formación y su composición, también se encarga de estudiar los cambios y alteraciones que ésta ha tenido a lo largo del tiempo durante millones de años. A través de procedimientos científicos, estos profesionales determinan de que está hecha o como se originó cierta roca o terreno en la tierra.

Durante millones de años, los recursos minerales se han ido formando en lugares específicos (depósitos y yacimientos minerales) ubicados en el subsuelo en condiciones muy especiales, por lo que son escasos y difíciles de ubicar. La minería necesita del estudio de la geología para encontrar los recursos minerales que cumplan con sus objetivos y poder así extraerlos.

La actividad minera inicia con la realización de una serie de actividades de trabajo conocidas como prospección o exploración por parte del geólogo, con el objetivo de localizar depósitos minerales de interés, estudiándolos y tratando de entender

los procesos naturales que los originó. Para esto, recoge muestras de roca o de suelos, que posteriormente lleva al laboratorio

Para realizar diversos análisis químicos, para definir el contenido de metales u otros componentes importantes, para así definir si esos depósitos pueden llegar a constituir yacimientos minerales importantes

De manera paralela con los estudios geoquímicos se llevan a cabo labores más minuciosas y precisas para poder determinar las características del depósito mineral, como es el uso de tecnologías, como imágenes satelitales, sistemas de información geográfica, técnicas geofísicas, perforaciones de las rocas, etcétera, que ayudan a confirmar la existencia de cuerpos mineralizados en el subsuelo.

La exploración es de vital importancia para la industria minera, ya que ayuda al geólogo a localizar los minerales que serán posteriormente minados; sin embargo, la exploración continúa cuando es encontrado y se mantiene con la finalidad de incrementar las reservas que alarguen la vida de la mina. Posteriormente se definen a detalle las características más importantes a nivel geológico que permiten definir tipo de yacimiento, forma del cuerpo del mineral, tipo de mineralización, extensión de la mineralización, etcétera, que ayudará en gran medida a definir un depósito económicamente explotable. La etapa de exploración termina con el inicio del minado y la extracción del mineral a cargo del ingeniero de minas, el cual debe de cuidar que toda recuperación sea al mínimo costo posible, pero cuidando siempre del medio ambiente.

Todo esto implica un alto riesgo económico, ya que los gastos de exploración son elevados y sólo se recuperan en caso de pasar a la etapa de la explotación minera. Este proceso de exploración involucra la participación de geólogos exploradores, de inversionistas, autoridades del estado y la comunidad en general.

INICIO DE LA EXPLORACIÓN MINERA

Encontrar un yacimiento mineral económicamente explotable para convertirlo en mina no se da por mera casualidad, antes de eso, los geólogos realizan una serie de actividades en el campo utilizando, además de una cartografía a detalle de las áreas de interés, una serie de técnicas analíticas en las áreas de geoquímica y geofísica que respaldan y robustecen las observaciones hechas en el campo (figuras 1 y 2).



Figura 1. Grupo de geólogos llevando a cabo la primera etapa de exploración, estudiando mapas y fotografías aéreas para localizar áreas de interés, y así determinar la zona que se va a explorar.



Figura 2. El geólogo realizando trabajo de campo, toma nota de las estructuras de la zona, como fallas y fracturas para poder reconocer las características del yacimiento mineral.

Esta parte inicial que lleva la intención de reconocer un área que tenga la posibilidad de contener un yacimiento mineral se le llama prospección o exploración. Esta etapa se inicia por detectar zonas “anómalas” o diferentes

Al resto de las áreas en las que, por sus características geológicas podría presentar algunas particularidades que pudieran definir un yacimiento mineral “económicamente extraíble”. Para definir estos blancos de exploración, los geólogos deben de revisar mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélite y radar, entre otros y recopilar toda esta información para para comenzar el trabajo de campo de prospección (figura 3)



Figura 3. Geólogos observando un mapa en el interior de una mina.

Una vez establecidas las posibilidades de que en una zona exista mineral, se pasa al análisis sobre el terreno, es decir, en el campo. El objetivo es definir y detallar el tamaño y forma de la zona “anómala” para corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de algún yacimiento mineral. Los geólogos exploran la superficie de la zona elegida, estudian y toman muestras de roca para analizarlas, ya sea bajo el microscopio o por análisis químico en laboratorios especiales, realizan mediciones, y elaboran mapas con las distribuciones de los tipos de rocas, estructuras y otras características que ayuden a identificar y conocer el yacimiento mineral. Con esto se puede tener mejor información de la calidad, cantidad y distribución de los minerales de interés económico, así como también del origen

de los minerales. Es importante mencionar, que los trabajos de toma de muestras no afectan en ningún aspecto al medio ambiente, ya que la cantidad de muestra levantada es pequeña y son tomadas en la superficie del terreno.

Después de encontrar y estudiar un yacimiento mineral de interés es indispensable que la empresa proteja el área de estudio llevando a cabo el correspondiente denuncia minero (registro antes las autoridades competentes) antes de invertir en trabajos de exploración.

EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Durante la exploración, después que el geólogo define si la zona puede ser de interés económico para contener un yacimiento mineral, se continúa con el estudio del yacimiento mediante la perforación de pozos o barrenos en el subsuelo. La máquina utilizada para la barrenación, como si fuera un taladro, perfora extrayendo un cilindro de roca llamado núcleo, y con esto se puede conocer que rocas y minerales existen y a que profundidad. Según las características geológicas definidas por el geólogo en las primeras etapas de exploración en el área de interés, se define en dónde y a qué profundidad se barrenará el terreno para conocer el yacimiento con mayor detalle.

Una forma de definir la extensión y profundidad del yacimiento, es llevar a cabo un programa de barrenación utilizando una cuadrícula o serie de pozos o barrenos distribuidos por toda el área del yacimiento mineral, diseñados para precisar con mayor exactitud el yacimiento (figura 4). Con la información obtenida del programa de barrenación, se definen las dimensiones exactas del yacimiento y las áreas con mayor ley y volumen de mineral.

Se realizan sondeos y mediciones geológicas y geofísicas en los barrenos y se vuelven a tomar muestras, esta vez del subsuelo, para ser analizadas (figura 5).



Figura 4. Maquinaria utilizada en la perforación durante la exploración.



Figura 5. Núcleos de roca obtenidos durante la barrenación, éstos se colocan de manera ordenada para su análisis.

Estos trabajos generan un impacto moderado sobre el ambiente, por lo que requieren de autorización escrita de los propietarios de los terrenos; y trabajar de acuerdo a las normas ambientales vigentes para cuidar nuestro ambiente.

TÉRMINO DE LA EXPLORACIÓN

La primera fase de exploración, termina cuando se establece si en la zona seleccionada existe o no un yacimiento mineral con posibilidades de ser económicamente viable para su extracción o explotación. Muchas exploraciones no culminan con la instalación o desarrollo de una mina, ya que después de todos los estudios posibles efectuados en la primera etapa, puede llegarse a la conclusión de que el yacimiento mineral no justifica la construcción de una mina por no ser “económicamente explotable”. Por consiguiente, no se recupera el capital invertido en el proceso de exploración.

La exploración, en su segunda fase, se efectúa durante y después de la construcción, y durante la “vida” de una mina. Es importante para la empresa minera que la “vida de la mina” continúe por muchos años, por lo que la empresa se debe de asegurar de que exista mineral, por lo que debe continuar con los trabajos de exploración, para así conocer o encontrar otros lugares cercanos para extraer mineral. En ese sentido, el crecimiento y la supervivencia de una mina dependen, en gran medida, de la política de exploración de la empresa.

RESPONSABILIDAD AMBIENTAL DURANTE LA EXPLORACIÓN MINERA

En muchos casos no se encuentra el yacimiento esperado, por lo que el área que fue afectada por los trabajos de exploración debe ser rehabilitada, tratando de que recupere, en la medida de lo posible, sus características y condiciones originales. Por tal motivo se realizan actividades de reforestación, restauración y recuperación de suelos y adecuación de especies de animales que se encontraban originalmente en el área donde se llevó a cabo la exploración.

La minería formal cuenta con los permisos y autorizaciones otorgados por el estado que fiscaliza permanentemente las actividades mineras y su relación con el ambiente y las comunidades. Además, aplica en su labor diaria buenas prácticas ambientales que nos permiten conservar para el futuro la flora, la fauna y los ecosistemas de los que hoy gozamos en nuestro país (figura 6).



Figura 6. Durante la etapa de exploración por lo general el medio ambiente no es muy afectado, a pesar de esto las compañías mineras, al término de una exploración realizan campañas de reforestación en dichas zonas. (Vivero en Minera San Xavier, S.A. de C.V., San Luis Potosí).

Un yacimiento mineral es un cuerpo de roca o zona con una concentración de uno o más elementos químicos y/o minerales de interés económico, el cual está rodeado de otros minerales o materiales no económicos y no aprovechables. Estos elementos y minerales de interés económico se encuentran distribuidos en de la superficie de la tierra de forma escasa y uno de los retos es encontrar este tipo de concentraciones minerales.

Existen muchos depósitos minerales en el planeta, pero no todos se pueden explorar o extraer. Algunos porque el mineral que contienen es de poco interés o valor, otros porque los costos de su extracción superarían los beneficios que se obtendrían al explotarlo, es decir, costaría más extraer el mineral que lo que vale venderlo. La minería necesita de la exploración geológica para ubicar los recursos minerales en grandes proporciones y así poder extraerlos o explotarlos. La primera etapa de la actividad minera es la búsqueda del yacimiento, para lo cual se realizan trabajos llamados de prospección, que consisten en coleccionar muestras de roca o cavar zanjas para obtener muestras, que se analizan en laboratorios especiales. En la práctica, la etapa exploración se inicia con la búsqueda de un depósito mineral, continúa cuando se encuentra y reconoce como yacimiento mineral y se definen sus características geológicas y termina con la extracción del Mineral.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

➤ Método Geológico

Es un método directo de prospección o exploración respectivamente (levantamiento geológico y estructural en el terreno) y la base para todos los demás métodos. Este método se constituye del levantamiento geológico y

estructural de la superficie, de los afloramientos y como posible del subsuelo (sondeos) en el área de interés.

Por medio del método geológico se logra el reconocimiento de un depósito mineral, en lo que concierne su estructura, su petrografía y mineralogía y los procesos de formación del mismo (Thompson, J.F.1993). Por medio de un muestreo profundo de calicatas y trincheras se puede comprobar si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no.

➤ Muestreo de Rocas

El muestreo de rocas está enfocado en la detección de anomalías de corrosión o difusión. Las anomalías de corrosión se pueden encontrar en las rocas de caja y en el suelo residual, que cubren el cuerpo mineralizado. Las rocas de cajas caracterizadas por una anomalía de difusión se obtienen por ejemplo a través de la perforación. Otros rasgos también son indicativos, por ejemplo los gossan, los afloramientos lixiviados y las anomalías geoquímicas secundarias que resultan del intemperismo y de la dispersión de los componentes primarios del yacimiento.

➤ Mineralógica Guía Litológica

Las rocas juegan un papel importante durante la exploración de yacimientos; ya que cada tipo de roca hospeda diferente tipo de yacimiento. Se debe entender un aspecto principal que existe una conexión entre el tipo de litología y el tipo de yacimiento.

- Lote: Se refiere a un conjunto de material cuya composición quiere estimarse.
- Incremento: Corresponde a un grupo de partículas extraídos del lote en una sola operación del aparato que toma la muestra.
- Muestra (M): Es parte o porción representativa de un lote; generalmente obtenida por la unión de varios incrementos o fracciones del lote, cuyo objetivo es

representar el lote en las operaciones subsecuentes. Sin embargo, una muestra no es cualquier parte del lote, su extracción debe respetar las reglas que la teoría de muestreo establece.

2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

La evaluación geológica preliminar determina las probabilidades de explotación del Prospecto Paraíso.

2.4.2. Hipótesis específicas

La caracterización geológica que presenta el yacimiento mineralógico donde se realizó el proyecto presenta un modelo OICG

Se puede realizar la explotación si se presentan mantos con modelos OICG

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

2.5.1 Variables Independientes

La evaluación geológica preliminar.

2.5.2 Variables Dependientes

Probabilidades de explotación del Prospecto Paraíso.

2.5.3 Variables Intervinientes

Asociación

2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLE E INDICADORES

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
La evaluación de yacimientos de tipo OICG	La mayoría de yacimientos IOCG están ubicadas en la zona tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas intrusivas, en la mayor parte de los depósitos más pequeños ó en porciones distales de los sistemas mineralizados más grandes, además no se presenta relación directa con rocas extrusivas. Los depósitos del tipo OICG originan agua del tipo magmático comúnmente, Existe una interacción con los fluidos de la corteza terrestre,	Método Geológico. Reconocimiento, evaluación	-Cuaderno de campo. -Laptop -Cámara fotográfica -instrumentos de Ing. Picota -brújula -textos -Internet
Como se reconocen los mantos del tipo OICG	El reconocimiento de los depósitos de óxidos férricos es con presencia de Cu y Au como una clase aparte por condiciones apariencia y color y por supuesto por las características físicas que todo ing. Debe dominar y el geólogo desde la búsqueda ó la exploración. Y en la redifinición tipológica de estos yacimientos	Explorativo y descriptivo, además comprobando con el análisis.	-Los mismos instrumentos. -Cuaderno de apuntes.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

El proyecto a desarrollar estará basado en tres tipos: Exploratorio, descriptivo y explicativo.

3.2 METODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos que utilizaremos serán los siguientes:

- Método geológico

Se procederá utilizando plano topográfico en el cual se plasman todos los datos reconocidos en el campo como son la litología, mineralización y estructuras. Con los datos de campo se elaborara el plano geológico con su respectivo perfil sección y un modelo conceptual idealizado de la forma del yacimiento. Se ha realizado un plan de muestreo de rocas, siguiendo un plan de reconocimiento de acuerdo al contexto geológico local reconocido durante el mapeo.

- Método de logueo geológico

Se tomara las fotografías, RQD, muestreo de densidad, y muestreo de núcleos.

- Petrografía

Se realizara la descripción macroscópica y microscópica de los diferentes tipos de rocas con y sin mineralización.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACION

- Exploratorio. - Se toman los datos en la secuencia exploratoria de la investigación.
- Descriptivo. - Se describirá todas las características geológicas y estructurales con las respectivas posibilidades económicas que ofrece el yacimiento.
- Correlacional. - Se correlacionará con yacimientos del mismo tipo en el Perú.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

La población en el estudio son los macizos rocosos del distrito minero y las muestras son tomadas en la zona donde se realizara la construcción del botadero.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La metodología es parte de la lógica que estudia los métodos y sus formas lógicas especiales para la investigación. (Garro Ayala, M.S.2009). Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente del análisis muy detallado de la base teórica y antecedentes del depósito, los cuales ayudaron en el entendimiento de la mineralización, la parte más importante consistió en aplicar los conocimientos y técnicas modernas que nos ayudaron a entender las características del yacimiento.

Se toman datos y de muestras in situ, revisión y recopilación de estudios geológicos existentes del distrito minero.

3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se realizará el procesamiento de datos geológicos correlacionándolos con las secciones geológicas sistemáticas.

Se diseñarán planos y gráficos en un programa de diseño

3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Se realizaron análisis estadísticos de las muestras para la obtención de resultados.

3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

En el trabajo selectivo realizado para proyectar el presente trabajo se dio en las mismas zonas costeras IN SITU, para lo cual estuvimos prestos a seleccionar muestras que nos originaron resultados reales y confiables, que nos permitieron validar todo lo investigado, para ello tuve como apoyo mi máquina laptop para hacer anotaciones desde la toma de muestras hasta la consolidación.

Los recursos minerales se han ido formando en lugares específicos conocidos como yacimientos minerales los cuales son escasos y difíciles de ubicar. La exploración es de vital importancia para la industria minera y el geólogo viene hacer una pieza importante para su exploración y posterior explotación. La exploración inicia con la búsqueda de un depósito mineral, utilizando una serie de procesos e indicadores geológicos que sirven para localizar un lugar en la superficie de la tierra que tenga posibilidades de contener un yacimiento mineral: esto es conocido como prospección o exploración de yacimientos minerales

El estudio del yacimiento mediante la perforación de pozos o barrenos en el subsuelo. La exploración, en su primera fase, termina cuando se establece la existencia o no de un yacimiento mineral con posibilidades de ser económicamente viable para su extracción o explotación.

3.9. ORIENTACIÓN ETICA

Es necesario demostrar con veracidad, los principios de la axiología es que debemos tener un alto conocimiento de valores que se debe impartir en toda instancia,

queremos demostrar la ética y la moral. Para realizar el presente proyecto, hemos aplicado técnicas que comprometen a que si existiera falsedad se tiene que actuar con penalidad. Lo ético de las personas definen que el trabajo experimentado a sido con toda minuciosidad desde el inicio, se tomó teorías para demostrar que existieron modelos que experimentaron también en otros lugares y que aquello que es bueno también tomar ejemplos para realizarlo aquí en nuestro país. Si con toda hidalguía, además para las láminas que se presentan utilizamos el mapa tanto local como regional. Pero el trabajo realizado en la minera al final de su evaluación, determina que el contenido mineralógico de las areniscas tiene un componentes muy valiosos y que con toda certeza su yacimiento presenta el modelo OICG con alto porcentaje de material competitivo en la actividad minera, para recuperar principalmente el Cu y el Au que son metales preciados en el ámbito mundial por tener alta rentabilidad y uso en la aplicación de la alta tecnología que se va descubriendo a las nuevas tendencias y a las necesidades humanas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El Proyecto Paraíso está ubicado en la costa Sur del Perú, a 550 Km. En línea recta de la ciudad de Lima, entre 500 y 1800 m.s.n.m., políticamente pertenece al departamento de Arequipa, provincia de Caravelí, distrito de Cháparra.

Sus coordenadas geográficas (WGS 84) son:

15° 56' 58'' Latitud Sur

73° 58' 11'' Longitud Oeste

4.1.1. . ACCESIBILIDAD

El Proyecto Paraíso es accesible desde Lima por la carretera Panamericana Sur de la siguiente manera:

TRAMO	DISTANCIA KM.	TIPO DE VIA	TIEMPO HORAS
Lima – Ica – Nazca - Chala	619	Asfaltada	8
Chala – Desvío Km. 652.5	33.50	Asfaltada	0.6
Desvío Km. 652.5 – Proyecto Paraíso	8	Trocha Carrozable	0.4
Total	660.5		9.00

4.1.2 CLIMA

El clima de la zona es típico de la costa; cálido de Diciembre a Abril y húmedo a frío entre Mayo a Noviembre. La mayor parte del año se encuentra nublado y ocasionalmente se producen finas precipitaciones.

La zona es desértica, no se cuenta con recursos hídricos para consumo humano, esto es abastecido con cisterna desde Chala, para una eventual operación se puede utilizar agua del mar previo tratamiento de desalinización. El proyecto se encuentra aproximadamente a 7 km. En línea recta de la orilla del mar.

4.1.3. RECURSOS LOCALES E INFRAESTRUCTURA

Por el proyecto pasa línea eléctrica de alta tensión, el pueblo más cercano es Chala, cuenta con hoteles, restaurantes, bancos, comunicación telefónica e internet. Además, por ser puerto y contar con minas en los alrededores principalmente auríferas, se encuentra abastecimiento de combustible, herramientas y suministros para minería.

En la mina se cuenta con un campamento de material prefabricado para un número de 50 personas aproximadamente, y con accesos a las principales zonas de mineralización.

En la mina se cuenta con un campamento de material prefabricado para un número de 50 personas aproximadamente, y con accesos a las principales zonas de mineralización

4.2. PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La propiedad minera cuyo titular es Inversiones Mineras la Chalina S.A.C.

Cubre un área de 4,200 Has. Distribuidas en 6 concesiones mineras.

4.2.1. FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente correspondería a la Cadena Costanera que se encuentra

al Este de la Faja Litoral y a partir de 400 m.s.n.m. Esta unidad está disectada por valles transversales y numerosas quebradas con una topografía muy agreste.

4.2.2. HISTORIA

En la zona se observa explotación artesanal antigua y reciente de vetas con contenido de Au, en el año 2005 se realizaron trabajos iniciales de exploración y explotación en la Zona Tajo, efectuando labores mineras sobre un cuerpo mineralizado de aproximadamente 70 metros de largo por 20 metros de ancho, en un desnivel de 30 metros, donde se explotó según informes 15,000 TM de óxidos de Cu, con una ley promedio de 2.62% Cu (Informe Anglo Peruana Terra). Con el objetivo de desarrollar niveles inferiores de este cuerpo, ejecutaron una cortada de 295 metros con un desnivel de 55 metros. En el año 2010, Rio Cristal Resources, empresa canadiense realizó trabajos de exploración geológica, perforando 937 metros distribuidas en 9 taladros, los interceptos más importantes son:

SONDAJE	DESDE (M)	HASTA (M)	LONGITUD (M)	CU (%)
DDH-LC01	25	51.5	26.5	0.57
DDH-LC02	4.15	33.4	29.25	0.63
DDH-LC03	49.2	57.86	8.66	0.73
DDH-LC03	121	144.15	23.15	0.55
DDH-LC04	8.3	41	32.7	0.64
DDH-LC06	49.6	63.95	14.35	0.47
DDH-LC07	22.5	38.05	15.55	1.22
DDH-LC09	96.25	102.63	6.38	0.69

A solicitud de Inversiones Mineras la Chalina S.A.C. Anglo Peruana Terra S.A., ejecuto de Enero a Mayo de 2013 un programa de exploraciones dentro del Proyecto Paraíso, con el propósito de conocer el potencial prospectivo de minerales cupríferos. El programa consistió en el cartografiado geológico y muestreo geoquímico, incluyendo estudios petrográficos y de geofísica: magnetometría con

25 perfiles N-S con una longitud acumulada de 38.8 Km. Y 5 perfiles SW-NE de polarización inducida con una longitud acumulada de 5.7 Km.

Se tomaron 635 muestras, incluyendo 118 muestras de QA/QC, de las cuales 163 son de suelos, 263 de rocas y 91 de sedimentos.

Los resultados detectaron 3 zonas alteradas y mineralizadas: Área Médanos-Campamento- Carola, área Antena y área Fierro. Considerando como zona principal al área Medanos- Campamento-Carola.

Dentro de la zona principal, área Campamento, se encuentra la Zona de Tajo y Esmeralda donde se han estimado recursos minerales. Para la Zona de Tajo se tiene recursos minerales indicados por el orden de 1.6 Mt con 0.6 % de Cu y para la zona de Esmeralda se tiene recursos minerales inferidos por el orden de 1.1 Mt con 1 % de Cu.

4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS

. MARCO GEOLÓGICO.

4.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente afloran rocas que van desde el Precámbrico hasta el cuaternario reciente. No han sido reconocidas rocas del Paleozoico Inferior y del Triásico.

Complejo Basal De La Costa. Constituye el basamento metamórfico del Precambriano, se ubica entre 0 y a 1800 m.s.n.m., y está compuesto por Gneis y milonitas, el color de rocas expuestas al intemperismo son:

Grupo Ambo. Rocas del Carbonífero Inferior (Misisipiano), compuesto de intercalaciones de areniscas y lutitas de color gris oscuro a negro. Yace en discordancia angular sobre las rocas del Complejo Basal.

Grupo Tarma. Rocas pertenecientes al Carbonífero Superior, compuesto por intercalaciones de lutitas y areniscas gris oscuras de grano fino con bancos de calizas gris oscuras. Descansan discordantemente sobre las rocas del Complejo Basal e infrayacen con igual relación a las rocas del Grupo Mitu a las formaciones Chocolate y Millo.

Grupo Mitu. Rocas del Pérmico, compuesto por arcosas y areniscas arcósicas, son de color gris brunáceo a rojo de grano fino. Sobre yace discordantemente sobre el Grupo Tarma.

Volcánico Chocolate. Rocas volcánicas intercaladas con sedimentos pertenecientes al Jurásico Inferior. Sobre yacen discordantemente sobre las rocas del Grupo Tarma o las del Complejo Basal e infra yacen concordantemente a rocas del Jurásico Medio y Superior, por intemperismo adopta un color de matiz marrón-rojizo.

Se han reconocido dos miembros característicos dentro de ésta formación, uno inferior compuesto por especialmente por sedimentos y que se le denomina Chala, y otro superior formado en su mayor parte por volcánicos llamado Lucmilla.

FORMACIÓN GUANEROS. Rocas volcánicas de edad Jurásico Superior, consta de una secuencia de lavas andesíticas gris violáceas, areniscas blanquecinas arcósicas de grano medio a fino y lutitas grises abigarradas. Se encuentra sobre yaciendo a la Formación Chocolate e infra yace en discordancia erosional al Grupo Yura.

FORMACIÓN HUAYLILLAS. Depósitos constituidos por tobas y piroclásticos ácidos, de color blanquecino, de edad Terciaria Superior. Sobre

yacen a una superficie de erosión sub-horizontal labrada sobre rocas Cretácicas.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS. Conformado por conos aluviales, terrazas aluviales, depósitos fluviales, conos de escombros, deslizamientos y depósitos eólicos.

ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas han sido diferenciadas teniendo en cuenta su edad y el nivel de emplazamiento. De acuerdo a su edad se han reconocido intrusivos del Paleozoico (Pre-Carbonífero) e intrusivos andinos (Mesozoico – Cenozoico) y de acuerdo a su emplazamiento intrusivos hipabisales y plutónicas.

INTRUSIVOS PALEOZOICOS. Están relacionados al Complejo Basal de la Costa, donde se han identificado gabros y granitos antiguos que intruyen a gneis metamórficos.

INTRUSIVOS ANDINOS. El magmatismo andino se inició en el Triásico y culminó en el Cuaternario. Uno de los productos de esta interrelación fue la acción intrusiva sub-volcánica, que dio lugar al emplazamiento de considerables volúmenes de cuerpos hipabisales (Complejo Bella Unión).

Y en cuanto a rocas plutónicas, gran parte corresponde al segmento Arequipa del batolito de la Costa.

4.3.2 GEOLOGÍA LOCAL

En el área de estudio afloran rocas metamórficas del Precambriano pertenecientes al Complejo Basal de la Costa, volcano-sedimentarias del Jurásico pertenecientes al volcánico Chocolate, volcánicos del Terciario e

intrusivos del Paleozoico, subvolcánico del Jurásico-Cretáceo, el Batolito de la Costa del Cretáceo Superior e intrusivos menores del Terciario.

COMPLEJO BASAL DE LA COSTA. Constituye el Basamento Metamórfico, florando en la zona Sur de las concesiones, se encuentra expuesta a lo largo de la quebrada Los Médanos. Están constituidos por feldespatos, cuarzo y ferromagnesianos equigranulares denominados ortogneis.

GRUPO TARMA. Estas rocas afloran al Sur de las concesiones, por las Inmediaciones del Cerro Vilcayo, también se observa por el cerro Venado controlado por fallas, están compuesto por una intercalación de lutitas y areniscas de color gris oscuras de grano fino con bancos de calizas.

FORMACIÓN CHOCOLATE. Se encuentran cubriendo grandes extensiones de la concesión, se ha diferenciado el miembro inferior Chala y el miembro superior Lucmilla:

- Miembro Chala. Compuesto por areniscas arcósicas laminares amasivas de grano medio de color gris verdoso a rojo pálido, con intercalaciones de pequeños paquetes de lavas gris verdosas. Presentan un rumbo general de N50°E con buzamientos que varían de 45° a 70° al NW. Sobre yacen en discordancia con las rocas del Complejo Basal de la Costa, con presencia de fallas de bajo ángulo.

- Miembro Lucmilla. Aflora en la parte norte de las concesiones, está compuesto por lavas andesíticas de textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas en una matriz de color violácea.

Formación Guaneros. Aflora en la parte noreste de la concesión, está en contacto fallado con la Formación Chocolate, está compuesta de una

Secuencia de lavas andesíticas gris violáceas, areniscas blanquecinas Arcósicas y lutitas grises.

Formación Hualillas. Pequeños afloramientos que ocupa las partes altas de la concesión, está compuesto por tobas y piroclastos de composición ácida, en capas subhorizontales.

Depósitos Cuaternarios. Mayormente los depósitos cuaternarios en la zona de estudio están constituidos por terrazas aluviales que se presentan en las quebradas y están compuestos de conglomerados alternados con capas de arcilla y arena.

INTRUSIVOS

- Intrusivos Paleozoicos. Se encuentran cortando al Complejo Basal de la Costa, se han diferenciado dos tipos de intrusivos:

Dioritas y stocks de cuarzo monzonita.

- Subvolcánico Jurásico. Cretáceo. Pórfido latita que se Encuentran como lacolitos y stoks de forma irregular dentro de los sedimentos del miembro inferior de la Formación Chocolate (Miembro Chala). Son rocas subvolcánicas de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasas, feldespatos y anfíboles en una matriz afanítica de feldespato potásico. Estas rocas sobvolcánicas afloran en los alrededores de las zonas mineralizadas.

- Batolito De La Costa. En la zona de estudio aflora la Súper Unidad Linga, que corresponde a las intrusiones más antiguas del segmento Arequipa del Batolito de la Costa. Localmente se han reconocido intrusiones de monzogranito y pórfido cuarzo monzodiorita.

- Intrusiones Menores. Constituyen pequeños cuerpos intrusivos, considerados del Terciario. Se presentan como diques y pequeños cuerpos irregulares de composición andesítica y dacítica.

4.3.3. Geología Estructural

Las estructuras están relacionadas principalmente con movimientos del ciclo andino. Las evidencias estructurales de las orogenias más antiguas están indicadas, por el metamorfismo regional que afectan a las rocas del Complejo Basal de la Costa y por las discordancias angulares que ponen de manifiesto el ciclo hercínico.

Existen zonas de fallamiento en bloques, zonas de emplazamiento del batolito, zonas plegadas y zonas poco deformadas.

Dentro de las grandes fallas tenemos de rumbo E-W y N-W, considerando a las del primer sistema como las más antiguas.

En la zona de estudio el área se caracteriza por la ausencia de pliegues y presencia de una zona de fallas en bloques. Se han reconocido cuatro sistemas de fallas de alto ángulo (E-W, NW-SE, N-S y NE-SW) y una de Bajo ángulo (N-S).

4.3.4. Alteración y Mineralización.

Dentro de la propiedad existen 2 tipos de mineralización: Mantos con Contenido de Fe-Cu tipo IOCG emplazados en las areniscas arcóscas del miembro inferior de la Formación Chocolate (Miembro Chala) y vetas de Cu-Au emplazadas en volcánicos e intrusivos.

La alteración relacionado con la mineralización tipo IOCG es la alteración potásica y silicificación. Las vetas muestran silicificación y argilización de las cajas.

Por su potencial la mineralización en mantos tipo IOCG son las más importantes. Las vetas reconocidas son de poca potencia y no muestran continuidad.

Mantos Tipo IOCG. Este tipo de mineralización está controlado estratigráficamente por las areniscas arcósicas del miembro Chala de la Formación Chocolate, la mineralización es concordante a la estratificación y presenta un rumbo preferencial N50°E con buzamiento que varía de 45° A 70° al NW. Horizontes favorables de alta permeabilidad y porosidad habrían sido alterados y reemplazados por magnetita en forma bandeada

Con diseminaciones, parches y venillas de Py y Cp. La mineralización está controlada por estos horizontes formando mantos, y no se encuentra difundido en todos los horizontes de los sedimentos volcanoclásticos.

Existe mineralización secundaria compuesta por óxidos de Cu como son malaquita, crisocola que se encuentran rellenando fracturas y venillas, migrando a través de estas a las cajas.

Se han reconocido dos fallas alimentadores (Feeders): Falla Esmeralda y Falla Tajo, presentan un rumbo NW-SE y alineadas a estas se encuentran los mantos mineralizados en una longitud de 2,000 m. de largo por 600 m. de ancho.

Las rocas subvolcánicas pórfidos latitas que se presentan a manera de lacolitos habrían servido como tapones en la parte superior de la mineralización.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a los estudios realizados por Anglo Peruana Terra y el reconocimiento de las estructuras mineralizadas, se determinó realizar muestreos de los mantos y áreas anómalas de la mineralización tipo IOCG que se presentan en el proyecto Paraíso. Dentro de las concesiones se ha reconocido; un manto en la zona de Tajo, el manto Esmeralda, manto interceptado con perforación diamantina (DDH LC-03) y áreas anómalas con presencia de óxidos de Cu dentro de areniscas arcóscas.

Manto Zona de Tajo. Manto mineralizado de aproximadamente 70 metros de largo por 20 metros de ancho, se ha reconocido en el crucero 866, Niv.1, Niv 2 y Niv. 3 en un desnivel aproximado de 80 metros. La Mineralización es mayormente óxidos de Cu compuesto por malaquita, crisocola , cuprita y tenorita y minerales secundarios como covelita, con Presencia de relictos de sulfuros primarios, donde se observa disseminaciones y parches de Py y Cp en magnetita bandeada dentro de areniscas arcóscas con alteración potásica. El manto presenta un rumbo N78°e con buzamiento de 45° al NW en niveles superiores y 65° al NW en niveles inferiores. En el Niv. 1 se encuentra limitado y entrampado por el subvolcánico pórfido latita, esta habría servido de tapón.

Se tomaron 19 muestras dentro de este manto: 17 muestras en el nivel 1, donde el manto se encuentra más desarrollado mediante labores, una muestra en el nivel 3 que se encuentra aproximadamente a 20 metros sobre el nivel 1 y una muestra en el crucero 866, que se encuentra a 55 metros debajo del nivel 1. Los resultados del ensayos fueron los siguientes:

N° M	Long. (m.)	Au gr/TM	Ag oz/TM	Cu %	Cu Sol %	% Cu Sol.
------	---------------	----------	----------	------	----------	--------------

Niv.1

7151	3.7	<0.005	0	0.20	0.20	
7152	4	0.01	0.02	1.42	1.34	94
7153	4	<0.005	0.03	1.61	1.49	93
7154	2.2	<0.005	0	0.14	0.14	
7155	5	0.09	0	0.67	0.67	
7156	5	0.07	0	0.56	0.56	
7157	5	0.05	0.01	2.04	1.84	90
7158	5	0.01	0.18	1.17	0.93	79
7159	5	0.01	0.79	3.31	3.00	91
7161	5	0.02	0.11	1.58	1.32	83
7162	5	0.03	0.17	2.67	2.47	92
7163	5	0.10	0.68	8.08	7.06	87
7164	5	0.16	0.02	2.01	1.67	83
7165	5	0.03	0.08	3.47	2.78	80
7166	5	0.02	0.14	1.34	1.02	76
7167	5	0.05	0.04	0.29		
7168	5	0.02	0.04	0.26		

Niv.3

7169	5	0.01	0.02	1.12	0.88	79
------	---	------	------	------	------	----

Crucero 866

7198	5	0.07	0.09	1.74	1.62	93
------	---	------	------	------	------	----

Ley Promedio			0.14	1.85	1.59	86
-------------------------	--	--	-------------	-------------	-------------	-----------

El manto mineralizado en la zona de Tajo contendría recursos minerales inferidos por el orden de las 300,000 TM, con una ley promedio de 1.85%

De Cu total y 0.14 oz/TM de Ag.

Potencia = 20 m.

Largo = 70 m.

Profundidad = 80 m.

Peso específico = 2.7

El contenido de cobre soluble es de aproximadamente 86%, esto demuestra la predominancia de mineral secundario de Cu.

La zona donde es evidente el mineral primario con contenidos de calcopirita (MN°S: 7167 y 7168) arrojaron leyes de 0.3 % de Cu.

El valor del mineral in situ del manto de la zona del Tajo, estimado con los precios actuales del cobre estaría por el orden de los US \$129 / TM.

Manto Esmeralda. Manto muy restringido por el entrapamiento de las secuencias de areniscas con intrusivos de Paleozoico (Intrusivo diorítico) por fallamientos en bloques. El manto presenta un rumbo de N30°E, con buzamiento de 60° al NW, la mineralización está compuesto mayormente de óxidos de Cu en fracturas y diseminaciones, 2 muestras tomadas a lo largo de 10 metros, arrojó una ley promedio de 0.5% de Cu.

Este manto se puede estimar recursos inferidos por el orden de 500,000 TM con una ley de 0.5 % de Cu.

Manto Reconocido en DDH-LC03. Manto reconocido mediante el DDHLC03, desde 121 m. hasta 144 m. Se observa magnetita en bandas dentro de arenisca arcósica con alteración potásica con óxidos de Cu diseminado y en fracturas. El promedio de ley que arroja este tramo es de 0.55% Cu. Además se han reconocido

4 áreas con anomalías de Cu dentro de Areniscas arcóscicas, las anomalías van desde 200 ppm hasta 8200 ppm.

Estas anomalías estarían relacionados a la presencia de mantos con mineralización de Fe-Cu.

Los resultados detectaron 3 zonas alteradas y mineralizadas: Área Médanos-Campamento- Carola, área Antena y área Fierro. Considerando como zona principal al área Medanos- Campamento-Carola.

Dentro de la zona principal, área Campamento, se encuentra la Zona de Tajo y Esmeralda donde se han estimado recursos minerales. Para la Zona de Tajo se tiene recursos minerales indicados por el orden de 1.6 Mt con 0.6 % de Cu y para la zona de Esmeralda se tiene recursos minerales inferidos por el orden de 1.1 Mt con 1 % de Cu.

Control de Aseguramiento y Control de Calidad (QAQC) Se enviaron a laboratorio un total de 82 muestras incluido 8 muestras para el control QA/QC; 3 muestras en blanco, 3 muestras estándar y 2 muestras duplicados.

CONCLUSIONES

La mineralización más importante que presenta el proyecto Paraíso son del tipo IOCG con contenido de Cu, se presentan como mantos en forma aislada, con contenido de magnetita bandeada y diseminaciones, parches y venillas de calcopiritas

Están controlados estratigráficamente por areniscas arcósicas de la formación Chocolate y tienen un rumbo predominante N50°E, con buzamiento de 45° a 70° al NW. Alcanzan una potencia de hasta 20 metros con longitudes que pueden llegar hasta los 100 metros y profundidades de 100 m. limitados por el basamento Precámbrico.

El manto principal reconocido hasta ahora por medio de labores y perforación diamantina es el manto de la zona de Tajo, se presenta mayormente con mineral oxidado de Cu y relictos de sulfuros primarios de pirita y calcopirita.

El mineral oxidado del manto de la zona de Tajo tienen una ley promedio de 1.85% de Cu con 86% de cobre soluble.

Los mantos esmeralda y del DDH-LC03, presentan potencias de 20 metros compuestos por óxidos de Cu con leyes de 0.50 y 0.55% respectivamente.

Potencial Mineral. El potencial mineral que puede albergar el proyecto Paraíso, está subordinado a la existencia de mantos que puedan existir dentro de las areniscas arcósicas. Considerando los mantos ya reconocidos, cuyos volúmenes están entre 300,000 y 500,000 TM con leyes de Cu entre 0.50 a 1.8% se podría estimar en 6 millones de toneladas con una ley promedio de 0.7 % de Cu.

Por las características que presentan los mantos y su distribución de manera aislada, una eventual explotación sería por métodos subterráneos.

RECOMENDACIONES

Los recursos minerales y el potencial evaluado dentro del proyecto Paraíso no se encuentra dentro de las expectativas de Stellar Mining; por lo que se recomienda no hacer incidencia en la propiedad.

Efectuar una evaluación previa para determinar si es potencialmente económica o no para innovar con nuestra perspectiva de operación y hacer que el proyecto se pueda inyectar en mi estudio realizado. Porque los mantos que presentan yacimientos tipo OICG son altamente ricos. contenidos mineralógicos.

Se recomienda al geólogo que va a proyectar la exploración en esta zona por su potencial la mineralización en mantos tipo IOCG son las más importantes. Las vetas reconocidas son de poca potencia y no muestran continuidad.

Es importante tener en cuenta que el manto mineralizado en la zona de Tajo contendría recursos minerales Inferidos por el orden de las 300,000 TM, con una ley promedio aceptable. Entonces es rentable su aplicación.

BIBLIOGRAFIA

Bringkreve et al., Hysteretic damping in a small-strain stiffness model. Numogx London, 2002.

Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto, Cimentaciones de concreto armado en edificaciones. I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción, 2001

Coduto Donald P., Foundation Design Principles and Practices. Prentice Hall 2da edición, 2001.

Dashko, Kagan, Mecánica de los suelos en la práctica de la geología aplicada a la ingeniería. Editorial Mir Moscú, 1980.

Delgado Vargas, Manuel, Ingeniería de fundaciones. Fundamentos e introducción al análisis geotécnico. Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996.

Delgado Vargas, Manuel, Introducción a la interacción estática suelo estructura de fundación. Escuela Colombiana de Ingeniería, 1998.

Srounic, Magnan, Humbert y Mestat, Bearing capacity of shallow foundation under inclined and eccentric loads. 5ta. Conferencia europea sobre métodos numéricos en Ingeniería geotécnica. Paris, 2003.

Gonzáles de Vallejo. Ingeniería geológica. Editorial Pearson Prentice Hall, 2001.

Instrucción del Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento de España, 1999.

Jimenez Salas J., Geotecnia y cimientos iii. (Primera y segunda partes), Editorial Rueda. España, 1981.

Konig G. y Sherif G., Consideración de las condiciones reales en el cálculo de losas de cimentación. Boletín no. 18 Nov-dic. Sociedad Española de Mecánica de Suelos, 1975.

Lambe y Whitman, Mecánica de suelos. Limusa editores 2da. Edición, 2001.

Lopez Villar j., documento: asiento en zapatas corridas. comparación entre teorías clásicas y el método de elementos finitos. dpto ingeniería. universidad de santiago de compostela, 2001.

medina j.a., análisis comparativo de las teorías de capacidad portante por olmos martínez, pedro, cimentaciones superficiales. diseño de zapatas. universidad de valladolid. españa. 2007.

paniukov p., geología aplicada a la ingeniería. editorial mir-moscú, 1979.

peña fuertes m., análisis estático y dinámico entre el suelo y cimentaciones superficiales y piloteadas. tesis de grado. universidad nacional de ingeniería, 1988.

peñañiel p., proceso h adaptativo y generacion automatica de elementos finitos. tesis de maestría en estructuras. universidad nacional de ingeniería, 2002.

rodriguez ortiz, josé m., curso aplicado de cimentaciones. coam. 1980.

saca g., efecto de las vigas conectoras en la fundación de edificios de marcos rígidos. tesis de licenciado en ingeniería. universidad mariano gálvez de guatemala, 1984.

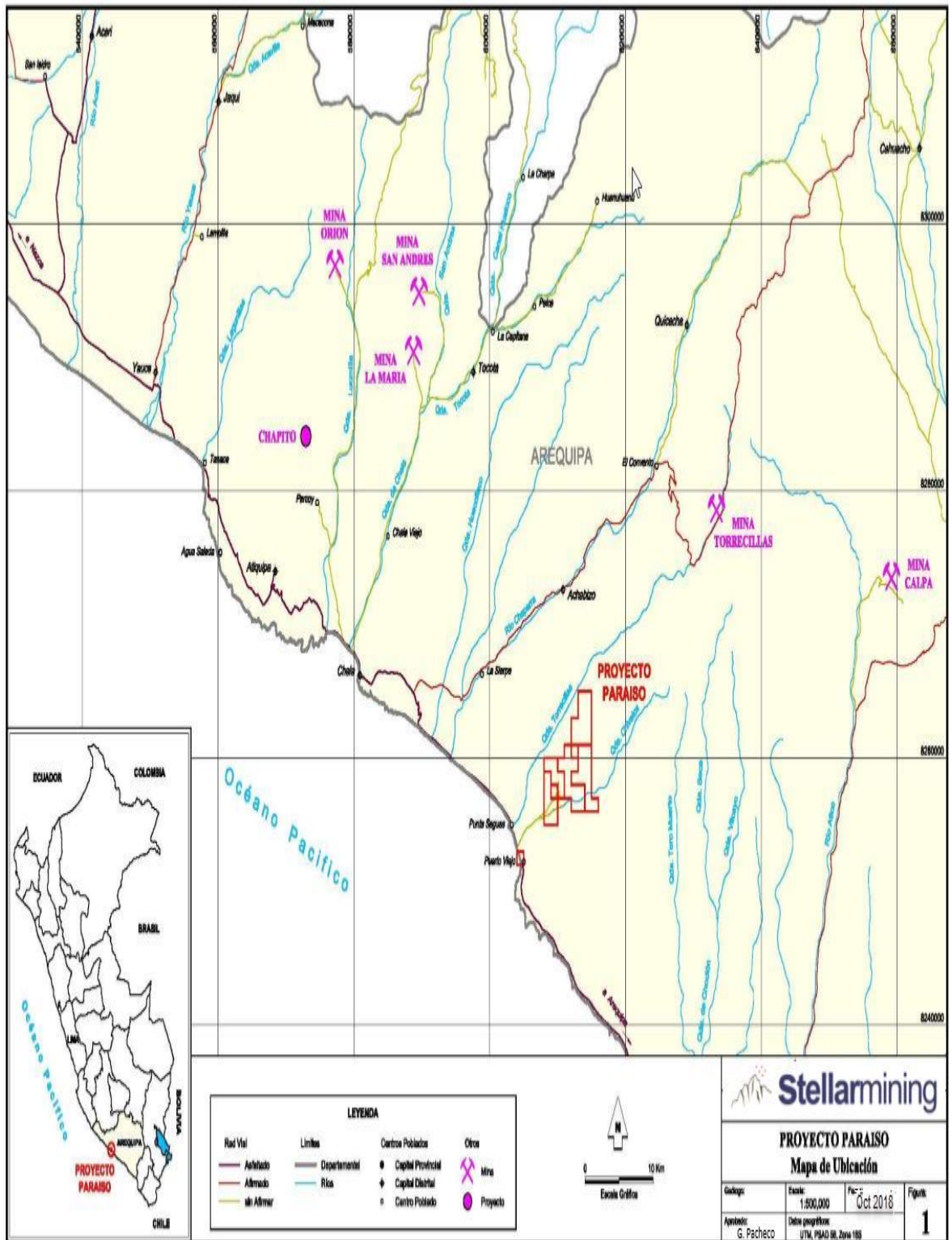
smith i.m., programing the finite element method with aplicattion to geomechanics. john wiley, chichester, 1982.

tomlinson m. j., cimentaciones diseño y construccion. méxico trillas. 1996.

valderrama a., investigación de la matriz en gravas y su comportamiento para cimentaciones. tesis de maestría en geotecnia. universidad nacional de ingeniería, 2001.

zeevaert w. leonardo, interacción suelo estructura de cimentaciones superficiales y profundas sujetas a cargas estáticas y sísmicas. limusa méxico, 1991.

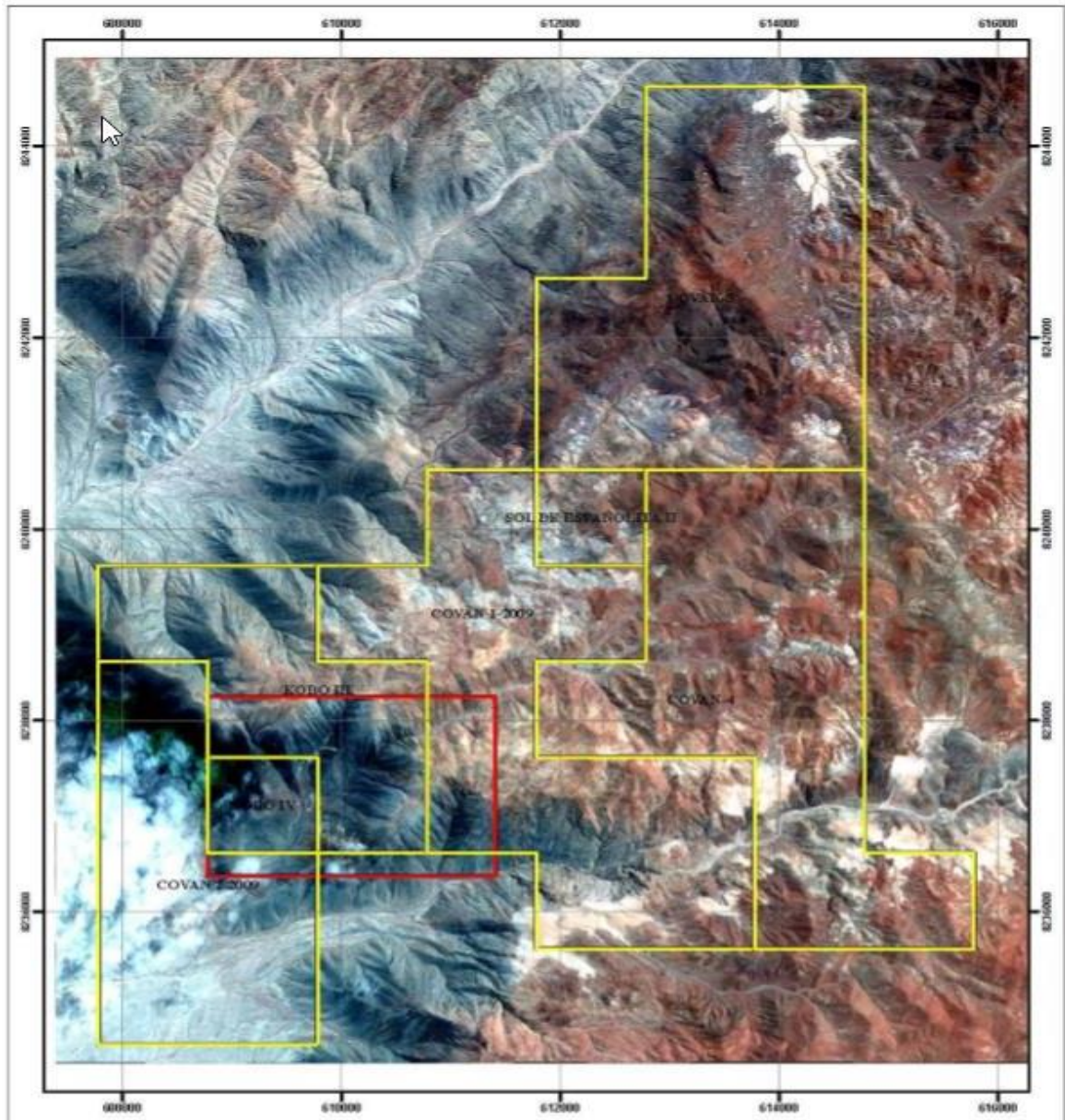
ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
PROYECTO PARAISO MAPA DE UBICACIÓN

BACH. JUDITH E. M.	DIRECCIÓN: Parque	PLANO 01
REV: JURADOS CALIFICADORES	Universitario Edificio Estatal San	
ESC: 1/500,000	Juan-Yanacancha Pasco-Pasco	



-  D.M. Proyecto Paraiso (4,300 Has.)
-  Area Campamento Paraiso (492 Has.)



 Stellarmining	
PROYECTO PARAISO Propiedad Minera	
Escala: 1:50,000	Fecha: Oct 2018
Elaborado: G. Pacheco	UTM 18QUD4 Zona 18Q
2	

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PROYECTO PARAÍSO PROPIEDAD MINERA

BACH. JUDITH E. M.

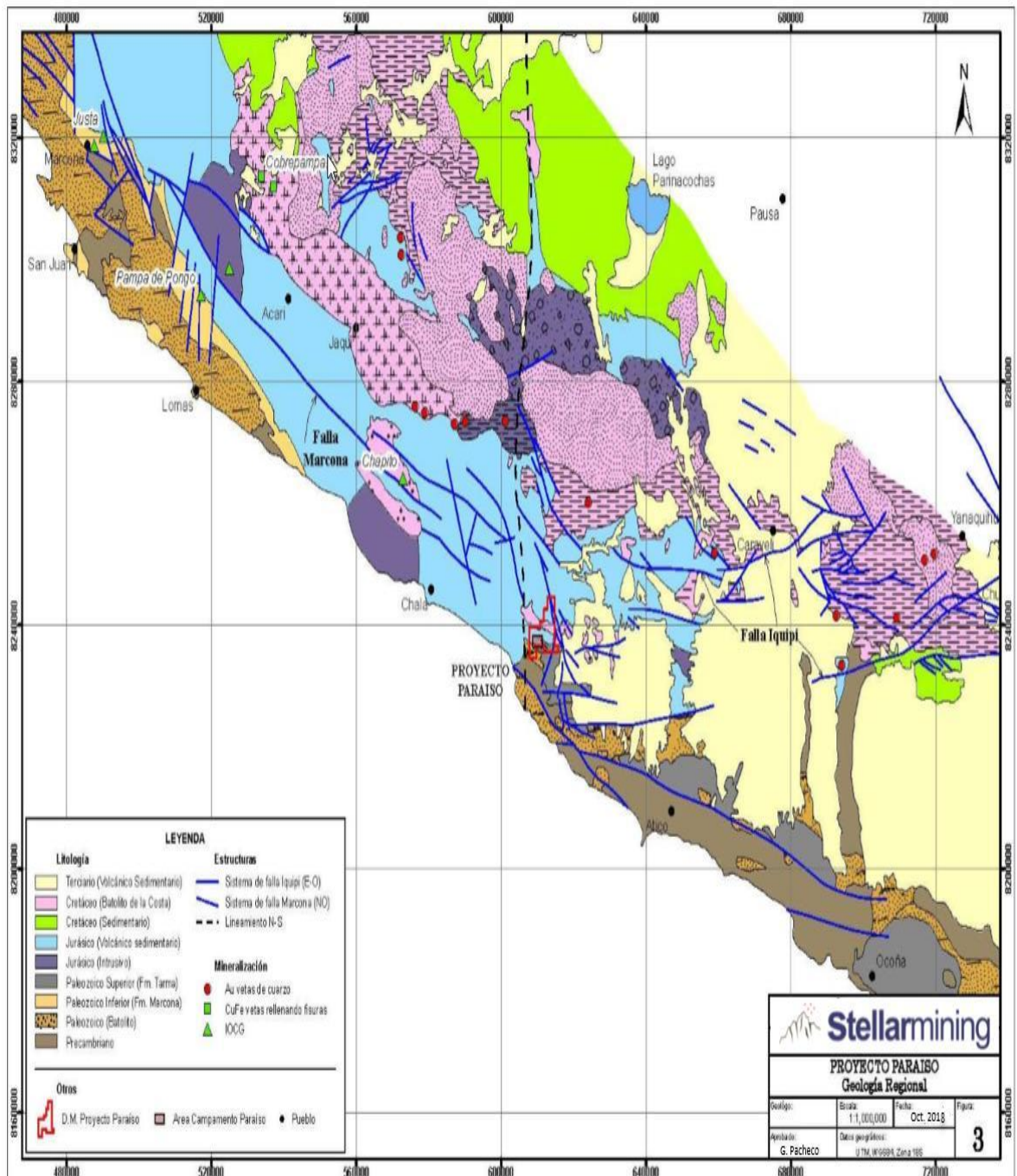
REV: JURADOS CALIFICADORES

ESC: 1/50,000

DIRECCIÓN: Parque

Universitario Edificio Estatal San
Juan-Yanacancha Pasco-Pasco

PLANO 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PROYECTO PARAISO GEOLOGÍA REGIONAL

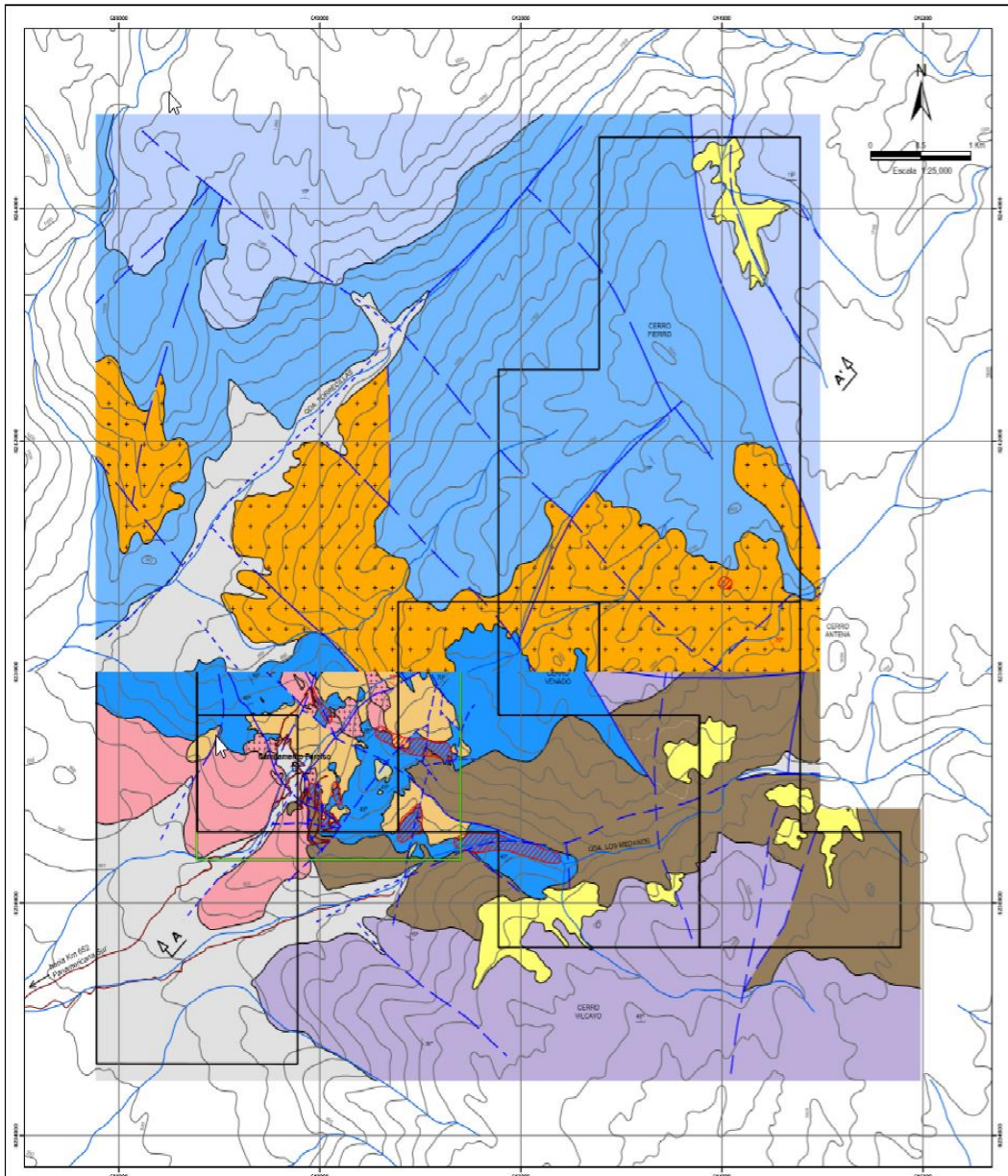
BACH. JUDITH E. M.

REV: JURADOS CALIFICADORES

ESC: 1/1.000,000

DIRECCIÓN: Parque
Universitario Edificio Estatal San
Juan-Yanacancha Pasco-Pasco

PLANO 03



UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTUSIVAS		LEYENDA	
Deposito cuaternario	Formacion Huadilla	Porfido andesitico	Granito monzonitico	Fracturas	Numero y tratamiento de eventos
Formacion Guanoes	Formacion Chusclera	Quartzo monzonitico	Microgranito	Falla	Fallas
Manto Lucilla	Manto Chala	Porfido leuco	Quartzo monzonitico	Falla inversa	Falla inversa
Deposito Tarma	Complejo Basal de la Costa	Quartzo monzonitico	Diorita	Falla de bajo angulo	Falla de bajo angulo
		Intrusion Paleozoica		Wells de CuCu, CuFe	Wells de CuCu, CuFe
				Zonas de alteracion y mineralizacion	Zonas de alteracion y mineralizacion
				DM Proyecto Paraiso	DM Proyecto Paraiso
				Area Campesinato Paraiso	Area Campesinato Paraiso
				Campesinato Paraiso	Campesinato Paraiso
				Casas de field	Casas de field
				Tocales	Tocales
				Derribo	Derribo
				Lineas de seccion	Lineas de seccion

Stellarmining

PROYECTO PARAISO
Mapa Geológico Local

Diseño:	Escala: 1/25000	Fecha: Oct. 2018	Foja: 4
Revisado: G. Pacheco	Datos geo-graficos: UTM WGS84 Zona 18S		

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
PROYECTO PARAISO MAPA GEOLÓGICO LOCAL

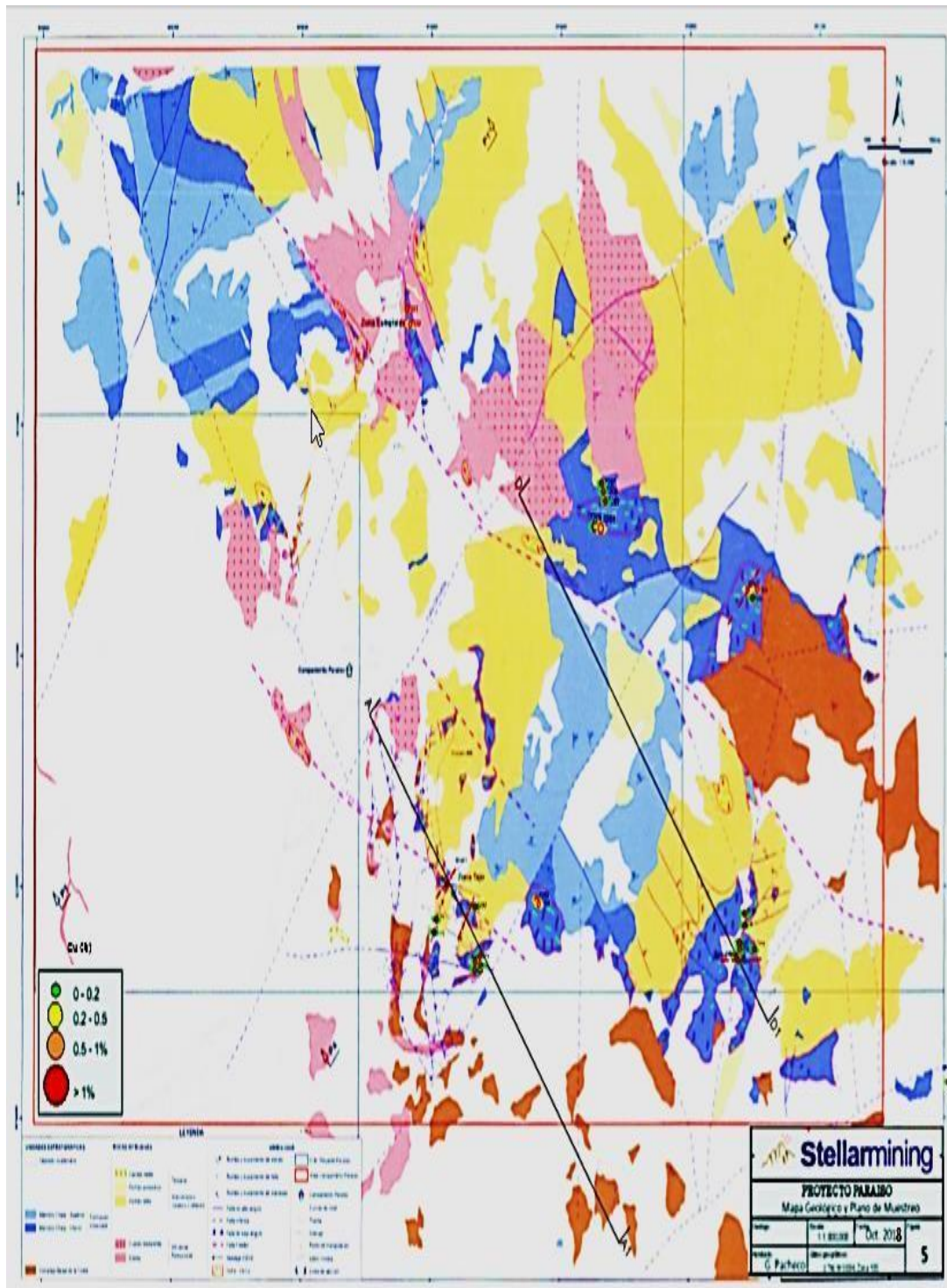
BACH. JUDITH E. M. REV: JURADOS CALIFICADORES ESC: 1/25,000	DIRECCIÓN: Parque Universitario Edificio Estatal San Juan-Yanacancha Pasco-Pasco	PLANO 04
---	--	-----------------



Columna estratigráfica de Arequipa

ERA/TIEMPO	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Grupo Ampato - Andahu	?		Detritos andesíticos y piroclásticos Disc. eros.	
		Pleistocena	Dep. Flujos de Barro	±100		Fragmentos y bloques de rocas volcánicas Disc. eros.	
			Grupo Barroso	±2000		Tobas intercaladas con lavas andesíticas y brechas.	
		NEÓGENO	Pliocena	Grupo Barroso	±2000		Lavas andesíticas con intercalaciones de tobas y brechas.
	Disc. eros.						
	Miocena		Grupo Maure	300		Tobas de composición dacítica y ríolítica Disc. eros.	
			Formación Miló / Grupo Tacaza	300		Tobas y areniscas tobáceas en medios lacustres Disc. arg.	
	PALEÓGENO	Oligocena	Formación Sotillo	±1400		Disc. arg.	
		Eocena					
		Paleocena	Formación Huanca	±1400		Conglomerados y areniscas mármol ricas Disc. arg.	
	MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Formación Arcuquina	±680		Calizas gris claras con lentes y concreciones de chert. Margas y langositas
				Grupo Murco	±500		Lutitas púrpuras y niveles de areniscas cuarzosas. Areniscas pardo amarillentas de grano medio
Inferior			Grupo Yura	Fm. Hualhuani	250		Lutitas y areniscas aligeradas
				Fm. Gramadal	±200		Areniscas cuarcíticas blancas de grano fino.
JURÁSICO		Superior	Grupo Yura	Fm. Labra	1200		Calizas mármol claras a gris oscuras
				Fm. Cachíos	400		Areniscas, cuarcitas gris claras lutitas y limolitas verde amarillentas
				Fm. Puente	600		Lutitas gris oscuras o negras
		Media	Formación Socosani	270		Areniscas cuarcíticas gris parduzcas Calizas grises con niveles de arcillas	
Inferior		Formación Chocolate	±1000		Detritos andesíticos y brechas volcánicas ricas con intercalaciones sedimentarias Disc. arg.		
NEOPROTEROZOICA				Complejo Basal de la Costa	?		Gneis y granitos potásicos metamorfizados Tonelita / gneis ortorhombico Diorita

Año	Mes	Categoría	Resumen de Datos		Descripción
			Valor	Unidad	
2010	1	...	...	...	...
2010	2	...	...	...	...
2010	3	...	...	...	...
2010	4	...	...	...	...
2010	5	...	...	...	...
2010	6	...	...	...	...
2010	7	...	...	...	...
2010	8	...	...	...	...
2010	9	...	...	...	...
2010	10	...	...	...	...
2010	11	...	...	...	...
2010	12	...	...	...	...
2011	1	...	...	...	...
2011	2	...	...	...	...
2011	3	...	...	...	...
2011	4	...	...	...	...
2011	5	...	...	...	...
2011	6	...	...	...	...
2011	7	...	...	...	...
2011	8	...	...	...	...
2011	9	...	...	...	...
2011	10	...	...	...	...
2011	11	...	...	...	...
2011	12	...	...	...	...
2012	1	...	...	...	...
2012	2	...	...	...	...
2012	3	...	...	...	...
2012	4	...	...	...	...
2012	5	...	...	...	...
2012	6	...	...	...	...
2012	7	...	...	...	...
2012	8	...	...	...	...
2012	9	...	...	...	...
2012	10	...	...	...	...
2012	11	...	...	...	...
2012	12	...	...	...	...



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PROYECTO PARAÍSO MAPA GEOLÓGICO Y PUNTO DE MUESTREO

BACH. JUDITH E. M.

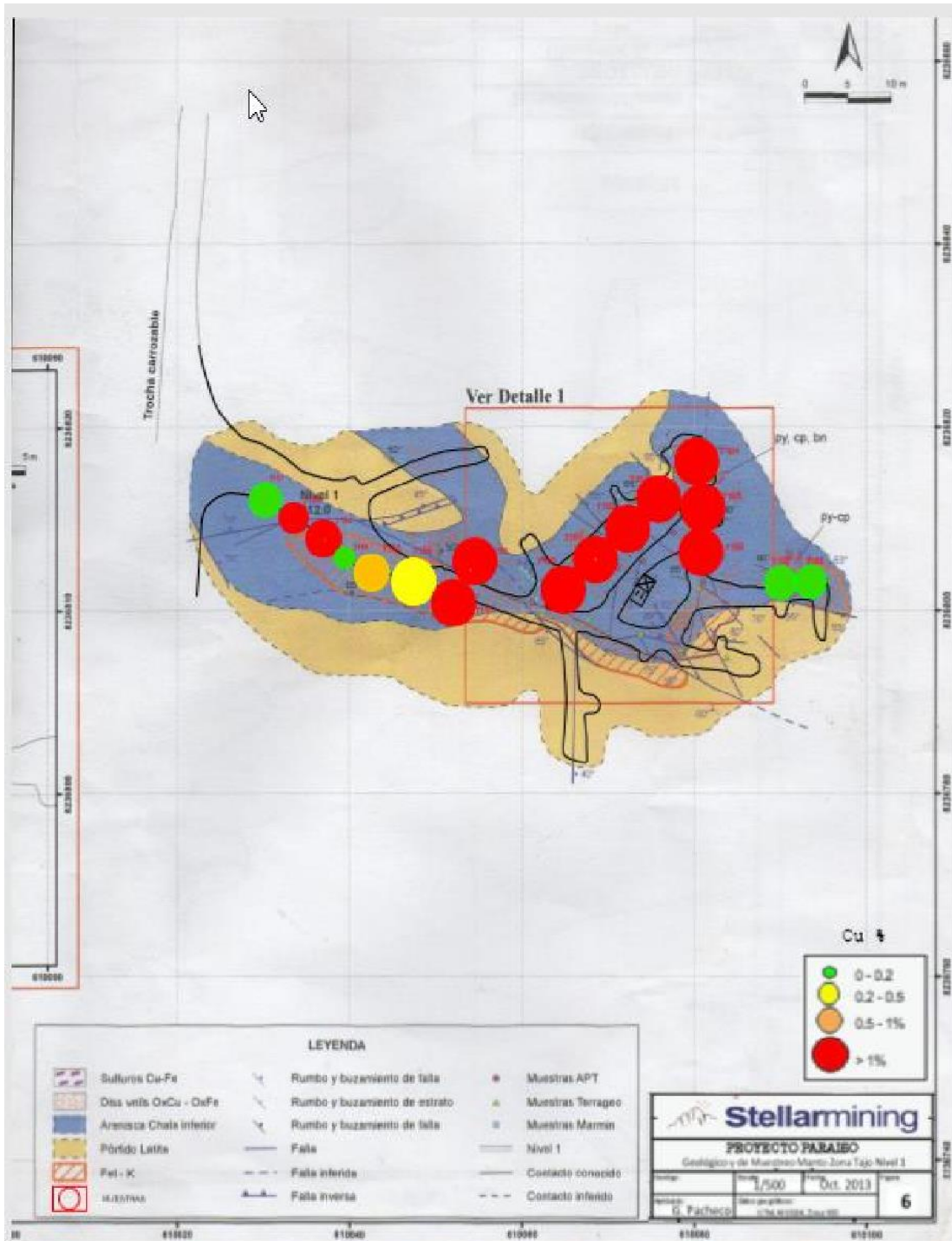
REV: JURADOS CALIFICADORES

ESC: 1/1.500,000

DIRECCIÓN: Parque

Universitario Edificio Estatal San
Juan-Yanacancha Pasco-Pasco

PLANO 05



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PROYECTO PARAÍSO GEOLÓGICO Y DE MUESTREO MANTO ZONA TAJOS NIVEL 1

BACH. JUDITH E. M.

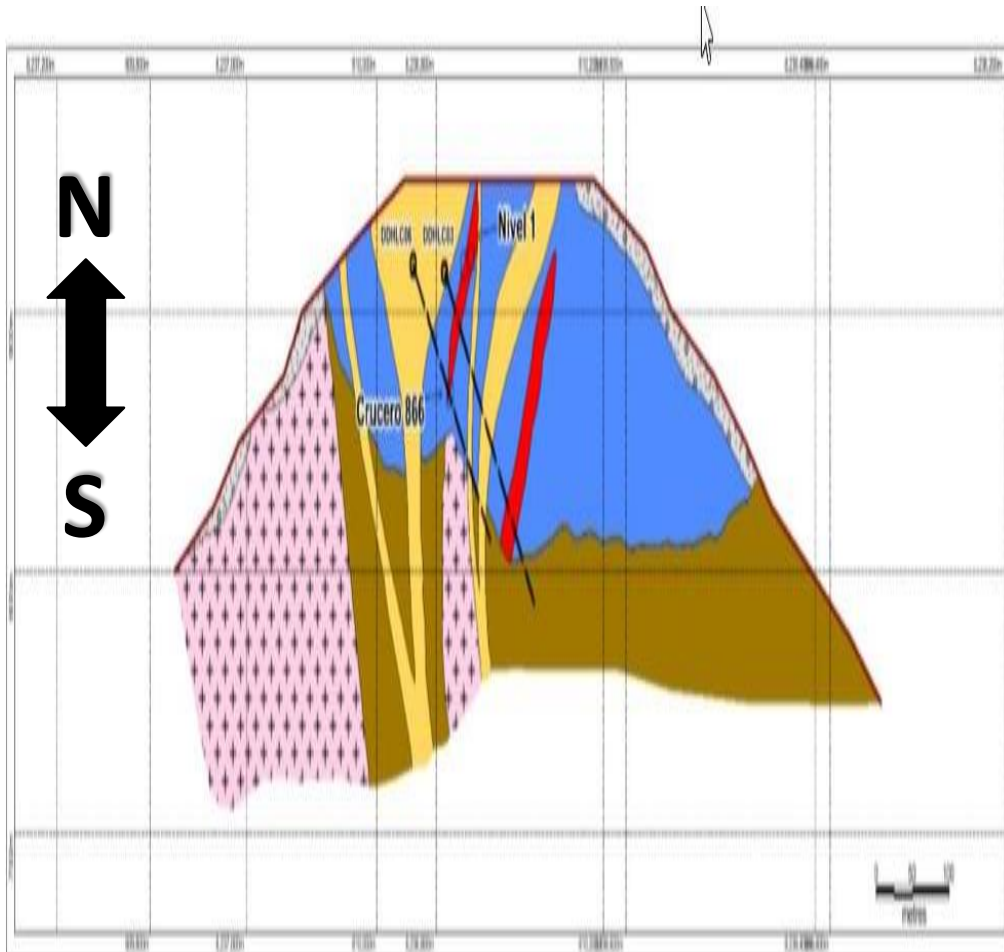
DIRECCIÓN: Parque





REV: JURADOS CALIFICADORES

Universitario Edificio Estatal San
Juan-Yanacancha Pasco-Pasco

ESC: 1/500

PLANO 06



Litología		Leyenda
	Cuadro Alcantara		Fallas Sondeos perforados
	Complejo basal de la costa	
	Fm. Chocotal, Member Ocho Interior	
	Piedra Litta	
	Member Membrado	

Stellarmining

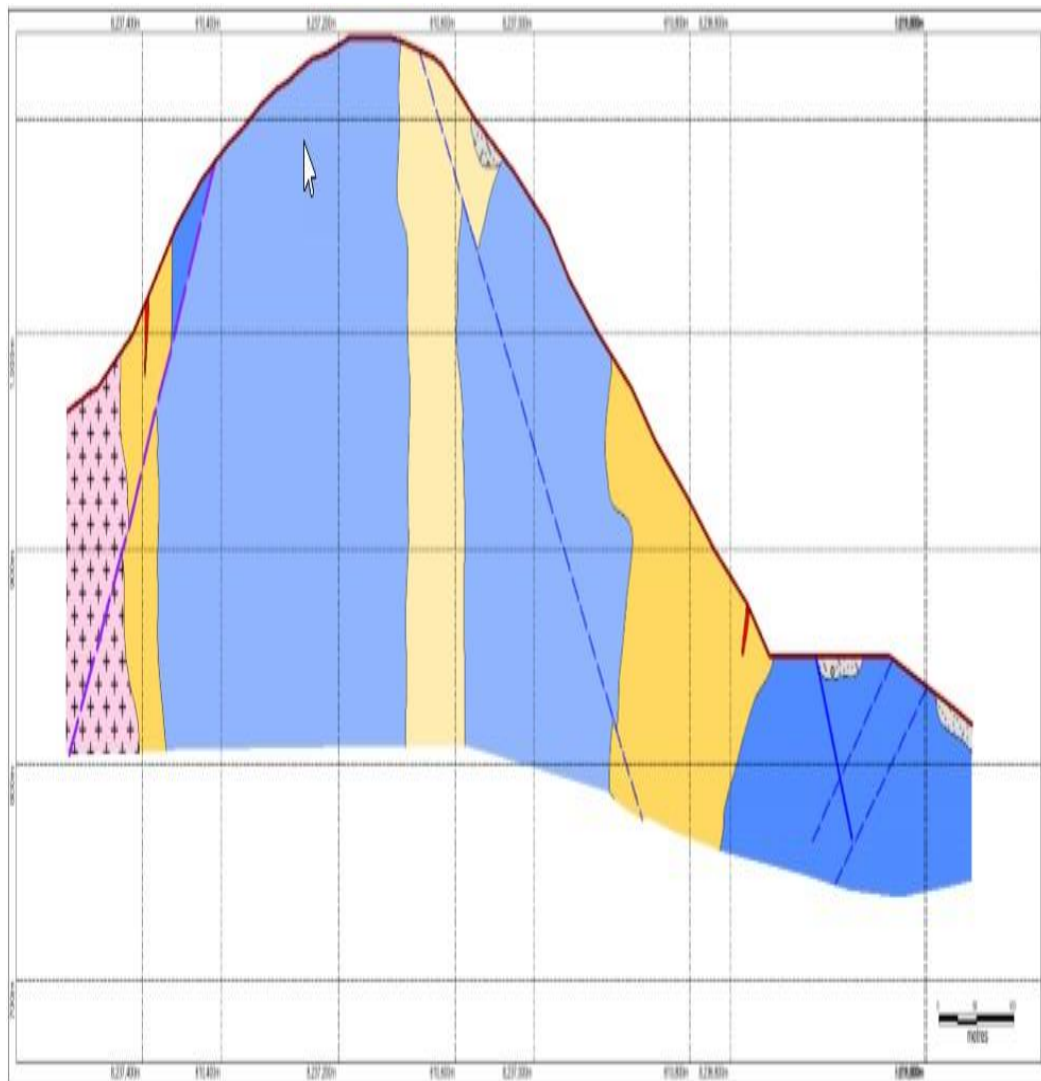
PROYECTO PARAISO

Sección Litológica A-A'

Escala: 1:100

Fecha: 10/05/2017

Hoja: 01



Litología 		Estructuras 	
PROYECTO PARAISO Sección Litológica B-B'			
Escala: 1:1000 Fecha: 10/03/18	Hoja: 10	PáG: 9	