

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**GEOLOGÍA Y GUIAS DE EXPLORACIÓN EN EL PROSPECTO  
PERLITA, PÓRFIDO DE Au-Cu, CAJAMARCA**

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:

IVÁN KURT RAMÍREZ CARRILLO

LIMA – PERÚ

2012

## **INDICE**

## **RESUMEN**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **CAPITULO I: INTRODUCCION**

<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>8</b>
1.1	Planteamiento del trabajo	9
1.2	Metodología	9
1.3	Objetivos	10
1.4	Trabajos previos	11
1.5	Generalidades de la zona de estudio	12
	1.5.1 Ubicación y accesibilidad	
	1.5.2 Topografía y geomorfología	
	1.5.3 Clima	

### **CAPITULO II: CARACTERISTICAS GEOLOGICAS**

<b>2.1</b>	<b>Geología regional</b>	<b>19</b>
2.1.1	Introducción	
2.1.2	Estratigrafía	
2.1.3	Rocas ígneas	
2.1.4	Geología Estructural	

## **2.2 Geología Local**

2.2.1 Cartografiado local.

2.2.3 Rocas ígneas.

## **CAPITULO III: CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE LAS ZONAS MINERALIZADAS 35**

3.1 Introducción.

3.2 Toma de muestras.

3.3 Método analítico.

3.4 Caracterización geoquímica del Au y Cu en superficie.

3.5 Anomalías geoquímicas de superficie.

3.6 Discusión de los resultados.

## **CAPITULO IV: CARACTERIZACION DE SUCEPTIBILIDAD MAGNETICA DE LAS ROCAS Y ALTERACIONES 48**

4.1 Introducción.

4.2 Metodología del trabajo.

4.3 Susceptibilidad magnética en muestras superficiales.

4.4 Susceptibilidad magnética en muestras de sondajes.

<b>CAPITULO V:</b>	<b>GEOMETRÍA Y MINERALOGÍA DE LAS</b>	
	<b>ESTRUCTURAS MINERALIZADAS</b>	<b>51</b>
5.1	Forma, dimensiones y relaciones con la roca caja (limites).	
5.2	Mineralogía.	
5.3	Texturas y estructuras. Tipos de ensambles de mena.	
5.4	Alteraciones hidrotermales. Uso de Terraspec.	
<b>CAPITULO VI:</b>	<b>MODELO GEOLOGICO PRELIMINAR</b>	<b>61</b>
<b>CAPITULO VII:</b>	<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>CAPITULO VIII:</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>69</b>
	<b>RELACION DE FIGURAS</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

## RESUMEN

El área de estudio del presente trabajo se ubica en el distrito de Sorochuco, departamento de Cajamarca, sobre la franja Miocénica de pórfidos de Cu-Au y Cu-Mo.

La geología nos muestra diferentes eventos intrusivos y han sido identificadas fases dioríticas de texturas finas a media además de fases de composición dacítica más gruesas con abundante cuarzo y cristales de biotitas de hasta 0.5 cm, ambos pulsos intrusivos cortan a secuencias carbonatadas de las formaciones Pariatambo y Yumagual.

Asimismo se aprecia que la alteración hidrotermal predominante es la alteración potásica de carácter moderado con ensamblajes de biotita secundaria y magnetita, que posteriormente presenta alteración clorítica sobreimpuesta.

Los resultados geoquímicos interpretados se generan a partir de muestras recolectadas de superficie y del logueo de sondajes, para luego a partir de las anomalías existentes establecer zonas de interés económico, así como patrones de zoneamiento típicos de depósitos porfíricos de Au-Cu.

Finalmente algunas herramientas como Terraspec y mediciones de susceptibilidad magnética se han utilizado para delinear mejor el mapeo y logueo en el prospecto Perlita.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a la Compañía Minera Yanacocha SRL por darme la oportunidad de presentar este trabajo. En ese sentido mis agradecimientos a Lloyd McEvers (Director de Geología) y Scott Smith (Gerente de Exploraciones), quienes me permitieron desarrollar este tema a partir de datos de la compañía.

Así mismo, agradecer a Julio Rodas (Jefe de Exploraciones-Conga) quien me apoyo en el desarrollo y corrección de este informe.

De igual manera, este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo de mis colegas geólogos de Minera Yanacocha SRL, Carlos Loayza, Alfredo Cuzco, Jose Quispe, Freddy Gomez, Eleazar Cajachagua y Víctor Burgos, quienes también participaron en la recolección de información de campo durante los años 2006-2008.

A mis amigos Samuel Gargate y Víctor Sánchez por el apoyo en algunos capítulos del presente informe.

A mis asesores de la Universidad Nacional de Ingeniería, Dr. Rolando Carrascal e Ing. Jorge Paredes por la revisión, corrección y sugerencias al presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis hijos Rodrigo y Andrea que son mi motivación día a día, a mi esposa Karin por su apoyo constante, a mis padres Ruth y Victor Andres por darme la vida, y a mi hermano Victor Hugo por su ejemplo de lucha.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

El departamento de Cajamarca ha sido considerado un lugar minero desde la época colonial, gracias a la gran actividad minera en el distrito por parte de los españoles desde 1771.

En la actualidad muchos proyectos de gran interés por su moderado a gran tonelaje como Yanacocha, Cerro Corona, Michiquillay, Galeno, La Zanja, Tantahuatay, Minas Conga, entre otros; hacen que Cajamarca sea visto como una zona atractiva para la exploración mineral en el Perú, siendo el oro el metal más valioso que se explora en la actualidad.

El proyecto Perlita se encuentra enmarcado en este contexto geológico y los resultados evidencian un pórfido de Au-Cu con calcopirita como mineral de mena predominante, además de vetilleo de cuarzo-pirita-calcopirita y en algunos casos magnetita.



## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO**

El prospecto Perlita presenta trabajos anteriores realizados por geólogos de MYSRL y el presente trabajo pretende formular un modelo geológico preliminar, partiendo del uso de herramientas de exploración como Terraspec, Susceptibilímetro magnético, análisis de roca total y secciones delgadas-pulidas que nos permiten entender con más claridad la existencia de un sistema porfíritico de Au-Cu.

## **1.2 METODOLOGIA**

El presente documento muestra una compilación de trabajos anteriores realizados durante los años 2006- 2008 y se complementa con trabajos de campo durante el año 2011.

Elaborar un modelo inicial de la geología a partir del mapeo distrital a escala 1/2500 y el logueo de los sondajes diamantinos durante las dos campañas de perforación ejecutadas; y de las muestras geoquímicas establecer las principales anomalías geoquímicas así como el zoneamiento existente en el área de estudio.

Además se han tomado algunas muestras para secciones delgadas-pulidas presentes para entender mejor la secuencia paragenética de alteración y mineralización.

Finalmente se han tomado algunas mediciones de Terraspec ® y susceptibilidad magnética que ayudan como guías de exploración a entender y sustentar mejor dicho modelo geológico.

### **1.3 OBJETIVOS**

El objetivo principal de la siguiente investigación es establecer un modelo geológico preliminar basado en la litología, es decir conocer las diferentes unidades litológicas presentes, así como los eventos de alteración hidrotermal.

Evaluar los controles de mineralización de Au-Cu en el prospecto Perlita.

Establecer las secuencias paragenéticas de alteración hidrotermal y mineralización a partir de algunas secciones delgadas-pulidas.

Utilizar las mediciones de susceptibilidad magnética como herramienta complementaria para diferenciar los diferentes eventos intrusivos presentes en el prospecto Perlita.

Utilizar el presente trabajo para obtener el título de ingeniero geólogo.

#### **1.4 TRABAJOS PREVIOS**

En la zona de estudio los primeros trabajos de reconocimiento fueron realizados por la empresa Placer Dome INC entre 1996-1998, con algunas muestras geoquímicas de superficie y mapeo superficial, para luego realizar una primera campaña de perforación diamantina.

Por otro lado hay algunos trabajos técnicos posteriores realizados en la zona de estudio que ayudan a entender acerca de las edades de algunos intrusivos presentes en esta parte (Davis, 2002) así como estudios de isotopos de Pb para determinar la posible fuente de mineralización de algunos pórfidos en Cajamarca (Rivera, 2008).

Además es importante mencionar algunas zonas de prospección local que ayudan a entender los controles de mineralización en esta zona (Marquina, 2008).

Finalmente se debe destacar que se ha utilizado información generada a partir de reportes internos entre los años 2007-2008 e información base de propiedad de Minera Yanacocha SRL.

## **1.5 GENERALIDADES**

### **1.5.1 UBICACION Y ACCESIBILIDAD**

#### **1.5.1.1 Ubicación**

El prospecto Perlita se ubica políticamente en el distrito de Sorochuco, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca; a una altitud que varía entre 3000 a 3800 m.s.n.m.

#### **1.5.1.2 Accesibilidad**

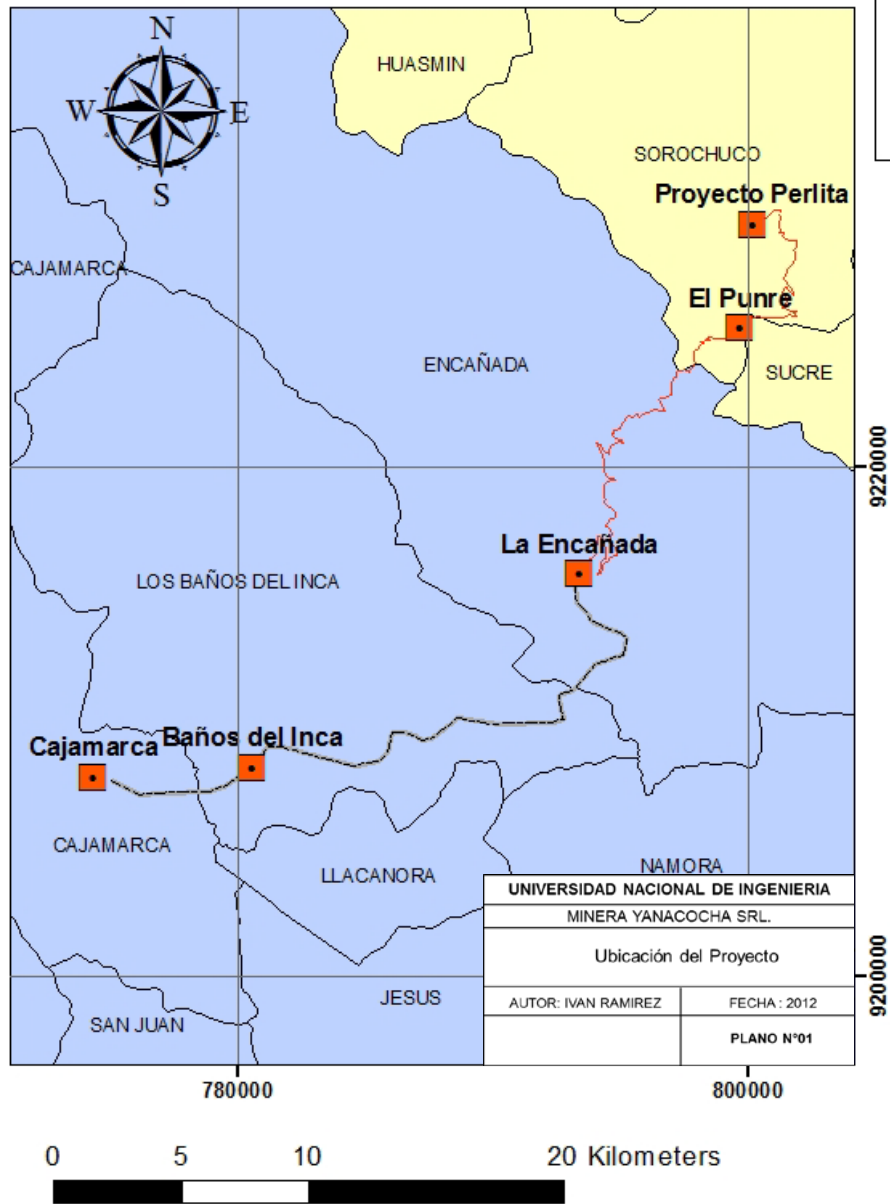
El acceso desde Lima a la ciudad de Cajamarca se puede efectuar por dos medios:

- Carretera asfaltada: recorrido aproximado de 856 Km. en un tiempo de 12 horas.
- Vía aérea: aproximadamente 1 hora.

De Cajamarca al proyecto se pueden usar 2 accesos, a lo largo de las cuales se pasan por los poblados más cercanos al proyecto.

- El acceso principal al proyecto va desde Cajamarca rumbo a Michiquillay (vía carretera a Celendín), pasando por El Punre, Quengomayo, Consorgona, Uñigán Criullo. La duración en camioneta es de 2.5 horas aproximadamente.
- La ruta alternativa que parte desde Cajamarca se dirige hacia Otuzco, Combayo, Namococha, Campamento del Proyecto Conga, para luego intersectar con el acceso principal a la altura del caserío El Punre y luego seguir por las mismas comunidades descritas anteriormente, con una duración de 3.5 horas aproximadamente.

## Ubicación Proyecto Perlita



**Plano 1:** Mostrando la ubicación del proyecto Perlita.

En las Tablas 1 y 2 se presentan las distancias entre los poblados cercanos señalando el tipo de vía de acceso.

<b>Punto de Partida</b>	<b>Llegada</b>	<b>Distancia (Km.)</b>	<b>Tipo de vía</b>
Cajamarca	La Encañada	29	Asfaltada
La Encañada	Caserío El Punre	30	Afirmada
Caserío Punre	Proyecto Yuru- Perlita - La Carpa		Afirmada
	<b>Total</b>	<b>69</b>	

**TABLA 1. Acceso principal al Área del Proyecto**

<b>Punto de Partida</b>	<b>Llegada</b>	<b>Distancia (Km.)</b>	<b>Tipo de vía</b>
Cajamarca	Otuzco	10	Asfaltada
Otuzco	Campamento Conga	50	Afirmada
Campamento Conga	Caserío El Punre	20	Trocha Carrozable
Caserío El Punre	Proyecto Yuru Perlita - La Carpa	10	Afirmada
	<b>Total</b>	<b>90</b>	-

**TABLA 2. Alternativa de Acceso al Área del Proyecto**

## **1.5.2 GEOMORFOLOGIA**

El área del proyecto tiene un amplio rango altitudinal y climático, que se encuentra entre 3000 y 3800 msnm. Esta variación de altitud se traduce también en diferentes condiciones fisiográficas y geomorfológicas.

### **1.5.2.1 Geomorfología**

El área corresponde a la zona alta de la sierra de la región de Cajamarca, donde se reconocen dos tipos de relieves principales: las laderas o vertientes montañosas, y las planicies. A continuación se describen sus principales características.

#### **1.5.2.1.1 Vertientes Montañosas**

Las vertientes están subdivididas de acuerdo a su pendiente predominante, en Vertientes montañosas moderadamente empinadas, donde la inclinación de las laderas se establece entre 15 a 50%, siendo estas de predominancia en la zona de estudio.



#### **1.5.2.1.2 Planicies**

##### **Planicies de Fondos de Valle Glacial**

Son sectores llanos, de 5 a 10% de pendiente predominante, que se encuentran encajonados entre valles y se han formado por el paso de antiguas masas de hielo Cuaternarias, las cuales al producirse la desglaciación post glacial, conformaron valles cuyo fondo fue rellenado por los materiales que arrastraron los hielos.

##### **Altiplanicies Onduladas**

Son sectores llanos, de 5 a 15% de pendiente dominante, que se presentan como cumbres de los relieves. Corresponden a los antiguos aplanamientos de los Andes que se formaron durante el período Terciario y que actualmente quedan como restos de esas antiguas planicies, elevadas por la tectónica andina de fines del Terciario a comienzos del Cuaternario. Puede apreciarse su fisiografía en la Foto 1. (Prospecto Perlita).



**Foto 1. Mirando al Norte** Altiplanicies onduladas en el prospecto Perlita

### **1.5.3 CLIMA**

El clima de la zona de estudio está ligado al régimen de precipitaciones, la estación húmeda con fuertes y frecuentes precipitaciones entre Enero a Marzo, el periodo seco o de estiaje comprendido entre Abril y Agosto (donde incluso ocurren fuertes heladas) y el periodo de transición entre Septiembre y Diciembre. Este comportamiento, determina un clima variable, desde un clima promedio subhúmedo seco hasta un subhúmedo frío.

La temperatura media anual en la zona del proyecto varía desde 17°C en la parte más baja hasta 8°C en la parte más alta alcanzando temperaturas mínimas promedio en la cabecera de cuenca de hasta 5°C bajo cero, las que ocasionan fuertes heladas. (Según Estación en Maqui Maqui –MYSRL)

## **CAPITULO II**

### **CARACTERISTICAS GEOLOGICAS**

#### **2.1 GEOLOGIA REGIONAL**

##### **2.1.1 Introducción**

Para desarrollar una campaña de exploración con éxito se necesita conocer el ambiente geológico más favorable para la ocurrencia de mineral que se desea prospectar.

El proyecto Perlita pórfido Au- Cu, se encuentra ubicado en la Franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno, que está controlada por un sistema de fallas y cabalgamientos NO-SE (Quispe et al, 2008).

En esta franja existen algunos depósitos del tipo Pórfido Cu-Mo más antiguos de 22-20 ma como Michiquillay, luego de edades 18 a 13 ma existen pórfidos de Cu-Mo como Galeno asociado a intrusiones intermedias a ácidas y de Cu- Au tales como Perol, Chailguagon, Cerro Corona y posiblemente La Carpa asociados con intrusiones básicas a intermedias.

### **2.1.2 Estratigrafía**

La zona de estudio se caracteriza por ubicarse en una zona donde la estratigrafía ha sido estudiada y reconocida por diversos autores, tales como Kummel (1948), Benavides (1956), Benavides (1956), Wilson (1963, 1984), Myers (1974, 1980), Reyes (1980), Cobbing et al. (1981), Janjou (1981), Córdova (1986) y Jacay (2005).

Se conoce que el Cretácico en la parte norte de los Andes del Perú yace en discordancia sobre terrenos de diferentes edades, desde el Precámbrico hasta el Jurásico superior (Jacay, 2005).

A continuación se cita un resumen importante de las principales unidades sedimentarias presentes en la zona de estudio:

#### **Grupo Goyllarisquizga**

De 500 a 1000 metros de espesor al interior del cual en la zona se pueden diferenciar dos unidades litoestratigráficas (Formación Santa-Carhuaz y Farrat):

#### **Formación Santa-Carhuaz**

Suprayace a la formación Chimú y representa una plataforma carbonatada de borde.

Es la secuencia más espesa, pues alcanza aproximadamente entre 500 y 800 metros de espesor en el área y alrededores, presentando una topografía de pendiente moderada. La secuencia está conformada mayormente de secuencias finas que se compone de facies de lutitas de coloración gris oscura, parda a gris verde.

Al interior de estas secuencias de finos se intercalan niveles de areniscas cuarcíticas o areniscas de coloración gris-beige a gris-pardo, de granulometría media a gruesa; estos niveles son discontinuos lateralmente y en algunos casos alcanzan hasta 5 metros de espesor, destacando un miembro medio de cuarcitas blancas que presenta escarpas elongadas debido a su dureza uniforme.

Como figuras sedimentarias presentan estratificaciones cruzadas, laminaciones onduladas, laminaciones paralelas, rizaduras de corriente. Esta unidad litoestratigráfica representa una planicie de inundación tidal el cual es recortado por niveles de arenas los que corresponden a canales meandriformes.

### **Formación Farrat**

Esta unidad litoestratigráfica representa aproximadamente 50 metros con un espesor uniforme y gran continuidad lateral. Sobre el terreno destaca por presentar areniscas en bancos gruesos, presentándose como una secuencia estrato creciente, con bancos de

arenisca de hasta 5 metros de espesor, compuesta exclusivamente de granos de cuarzo.

Figuras de estratificación cruzada, laminaciones onduladas y ripple-marks son muy frecuentes en toda la secuencia; los bancos de arenisca son separados por diastemas o por finas laminaciones de lutitas. Toda esta secuencia representa a facies de playa con canales entrelazados sobre una gran planicie de llanura tidal.

### **Formación Inca**

De 80 a 200 m. (Aptiano superior), esta constituida de margas y calizas arenosas, ricas en óxidos de hierro. En la base de la formación, se observan disconformidades (Wilson y Reyes, 1964), (Cobbing et al., 1981), o brechas (Wilson, 1984), así como algunas estructuras de deslizamiento "slumps" y pequeñas fallas sin-sedimentarias (Jaillard, 1990). Estas observaciones parecen traducir una ligera inestabilidad tectónica.

La Formación Inca es una secuencia transgresiva, desde un medio de plataforma interna sometida a una influencia terrígena nítida, hasta un medio de plataforma más profunda y más abierta en su tope (Jaillard, 1990).

Una discontinuidad sedimentaria importante la separa de la Fm. Chulec.

### **Formación Chulec**

De 100 a 400 m (Albiano inferior), es una sucesión monótona de margas y calizas margosas en estratos delgados, que contiene una fauna abundante de mar abierto, como *Lyelliceras lyelli*, (Benavides, 1956).

La formación se vuelve más arenosa hacia el Este (Benavides, 1956).

El pasaje a la formación Pariatambo parece gradual.

### **Formación Pariatambo**

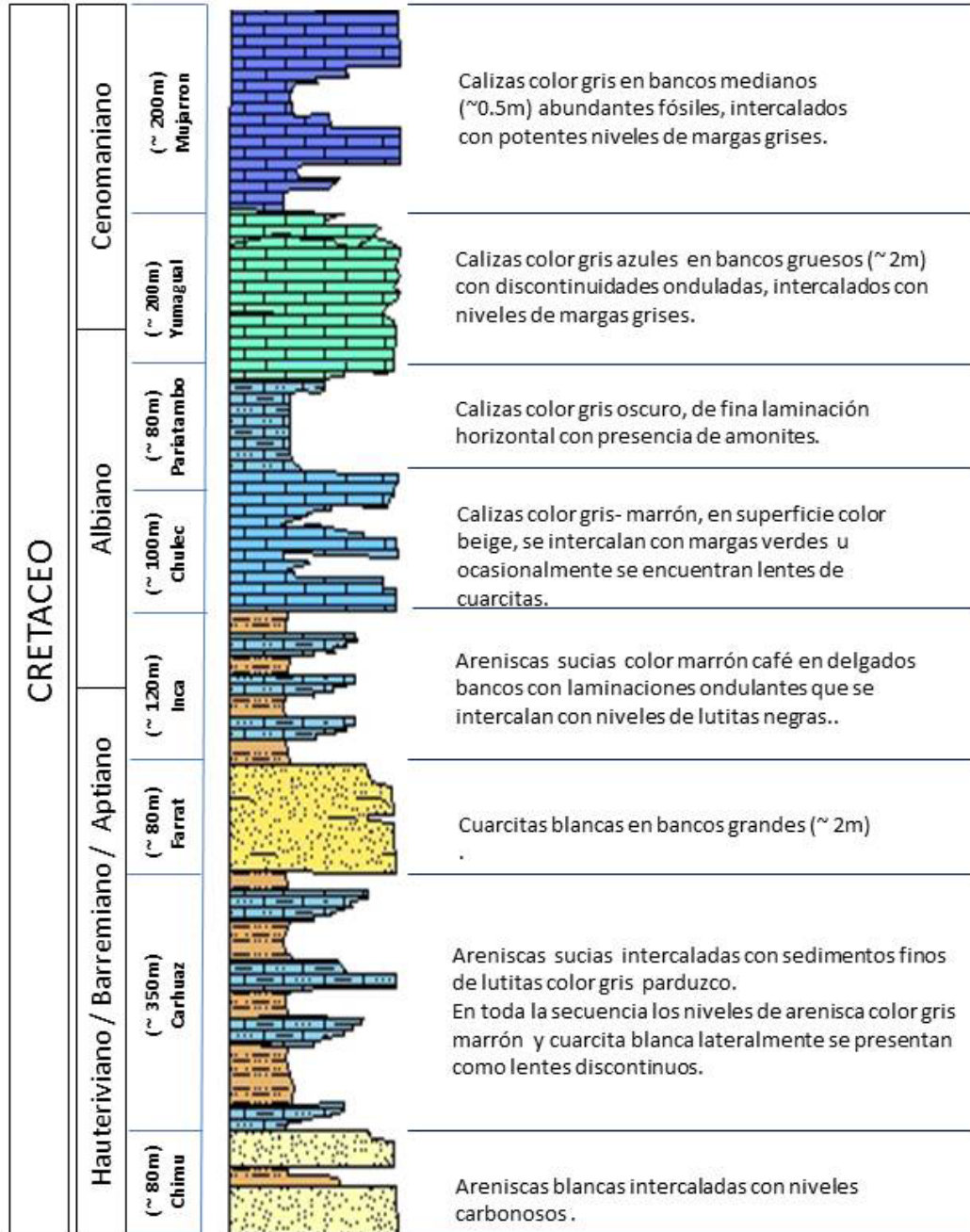
De 80 a 200 m. (Albiano medio) está representada por calizas negras, bituminosas y laminadas, ricas en amonites, indicando un medio euxínico de plataforma de regular profundidad. Localmente, las facies anaeróbicas desaparecen (Benavides, 1956; Wilson, 1963; Janjou, 1981; Janjou et al., 1981) y en la faja costanera, laminaciones algareas indican un medio de depositación intermareal en la parte superior de la formación. Esta formación representa en el Perú el evento anoxico del Albiano (Schlanger y Jenkyns, 1976; Jenkyns, 1980). Hacia el Norte y el Oeste, la Fm. Pariatambo puede ser rica en sills volcánicos y en niveles de tobas (Wilson, 1984) que indican una actividad volcánica notoria en esta época. La formación pasa gradualmente a la Fm. Yumagual.

## **Formación Yumagual**

De 50 a 400 m (Albiano superior- Cenomaniano inferior) se inicia con margas y calizas arcillosas fosilíferas de plataforma externa, y termina con calizas biogénicas de plataforma interna muy poco profunda. Hacia el Este o el NE, la proporción de arena crece y la profundidad de depositación disminuye, por lo que algunos bancos presentan figuras sedimentarias de medio intermareal. Este carácter de secuencia regresiva se debe a la progradación hacia el SO de una plataforma carbonatada.

Escasos indicios (slumps, pequeñas fallas sinsedimentarias) sugieren una ligera inestabilidad local durante el Albiano superior.





**Figura 1:** Columna Estratigráfica: Sector El Punre-Sorochocho tomado de (Jacay, 2005), modificado el 2011.

### **2.1.3 Rocas Ígneas**

En la zona de estudio la actividad ígnea tuvo lugar en etapas discontinuas desde el Paleoceno - Eoceno hasta el Mioceno tardío.

#### **2.1.3.1 Unidades intrusivas félsicas**

##### **2.1.3.1.1 Edad Paleógena**

Son intrusiones félsicas producidas por magmatismo Paleógeno entre 57 - 35 ma (Noble et al, 1990).

Estas intrusiones tienen elongaciones NW y se observan como stocks pórfidos granodioríticos en extensiones que superan los 3 kms.

##### **2.1.3.1.2 Edad Miocénica**

Se producen intrusiones félsicas entre 23.2 y 15.8 m a. Este episodio magmático define el principal periodo de formación de depósitos porfíricos de Cu-Au-Mo, con el emplazamiento de varias unidades intrusivas estériles y mineralizadas (Llosa et al, 1996).

##### **2.1.3.2 Diques gabroicos**

Tiene una edad aproximada de 29.5 ma, de composiciones toleíticas y se derivan de la fusión parcial de un manto primitivo con una mineralogía dominada por piroxeno-olivino. (Davies, 2002)

## **2.1.4 Geología Estructural**

### **2.1.4.1 Fase Inca I**

Las estructuras más antiguas identificadas en la región Cajamarca son una serie de fallas inversas de bajo ángulo con orientaciones E-W presentes en rocas sedimentarias Cretáceas generadas por un evento compresional conocido como fase Inca I , que ocurrió entre 59 a 55 ma (Noble,1985).

Sin embargo las estructuras dominantes en rocas Cretáceas tienen una orientación NE y posiblemente se han desarrollado contemporáneamente a las fallas tempranas EW antes mencionadas, (Davies, 2002).

### **2.1.4.2 Fase Inca II**

Entre 43-42 ma se evidencia una segunda fase de deformación compresiva conocida como fase Inca II. (Benavides, 1999).

Otras características en la zona sugieren una serie de fallas de rumbo con orientación NE-EW con importantes movimientos verticales y laterales que están probablemente relacionados con la tectónica que afecta al basamento (Vidal y Noble, 1994).

#### **2.1.4.3 Fase Inca III**

Durante el Oligoceno (entre 36 y 24 ma) al parecer el magmatismo se detuvo debido a una baja convergencia, es decir  $< 7$  cm x año (Soler, 1990), a esta fase se le conoce como fase Incaica III (Davies, 2002).

#### **2.1.4.3 Fase Inca IV**

A esta fase está relacionadas intrusiones calcoalcalinas intermedias y al desarrollo de centros porfíricos mineralizados, tales como Minas Conga. Ocurre aproximadamente a 22 m a, y se inicia una etapa de alta convergencia (Davies, 2002).

#### **2.1.4.3 Fase Quechua I**

Es una fase compresiva que ocurre aproximadamente a 17 ma, de alta convergencia, es decir  $> 10$  cm x año (Soler, 1990) y que está relacionada con algunos eventos intrusivos mineralizados, tales como El Galeno.

#### **2.1.4.3 Comentarios**

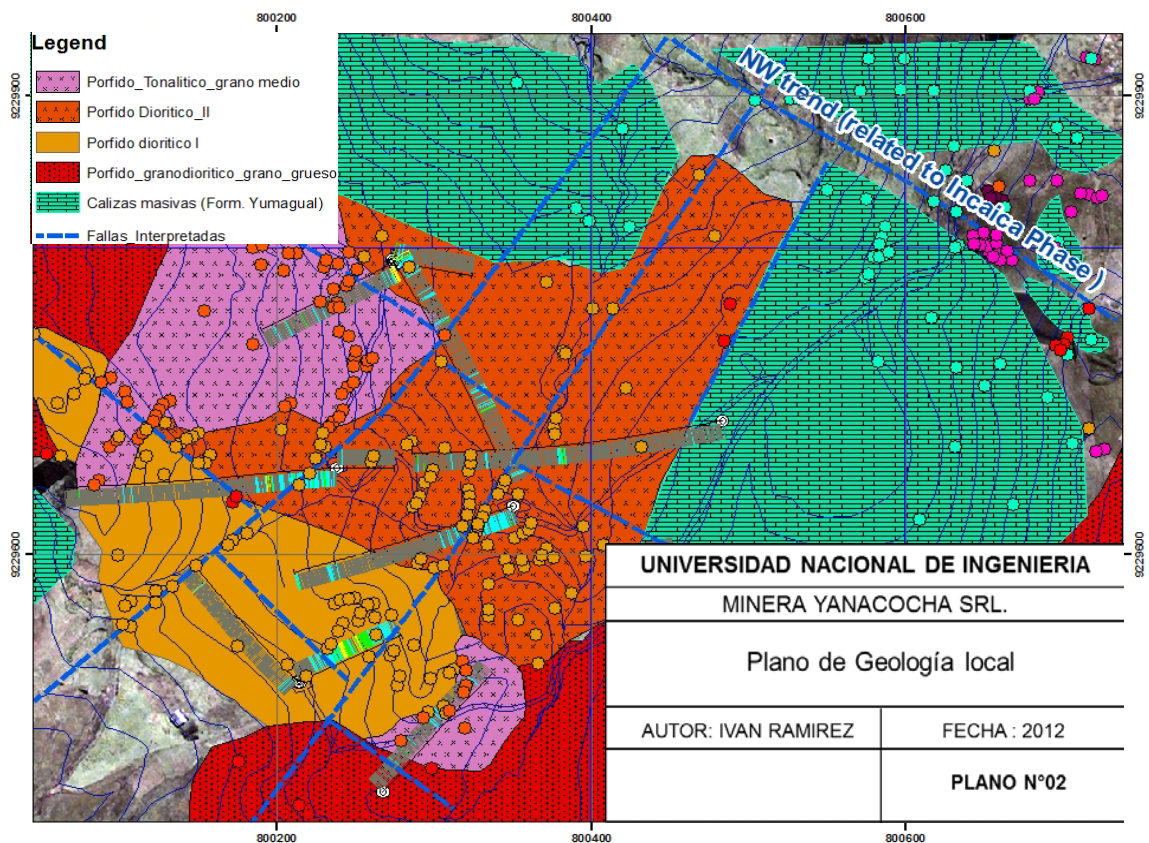
Finalmente es importante destacar que algunas investigaciones estructurales sugieren que la ubicación y formación de centros mineralizados del Mioceno se dan como resultado de eventos tectónicos más jóvenes sobrepuestos a estructuras pre-existentes. (Davies, 2002).

## 2.2 GEOLOGIA LOCAL

### 2.2.1 CARTOGRAFIADO LOCAL

La información utilizada para levantar la geología local es el mapeo a escala 1/ 2500 y complementado con últimos trabajos de campo.

Además se realizaron análisis de roca total en sondajes con el objetivo de identificar la composición de las rocas intrusivas presentes en el proyecto.



**Plano 2:** Geología local del proyecto Perlita.

## 2.2.2 ROCAS INTRUSIVAS

Se han logrado describir macroscópicamente algunas fases intrusivas principalmente en muestras de sondajes diamantinos como se muestra a continuación:

### 2.2.2.1 Pm1 (Pórfido Diorítico 1)

Roca con predominancia de fenocristales de feldespato < 2 mm y ausencia de fenocristales de hornblenda. Matriz de grano fino de color pardo oscuro. En general, más fenocristales que matriz. No se observa cuarzo en la composición.

Presenta alteración argílica supérgena y remanentes de potásica.

Se encuentra típicamente en los primeros metros de los taladros PER-002, PER-008 y PER-009.



**Foto 2:** Intrusivo diorítico que aporta mineralización.

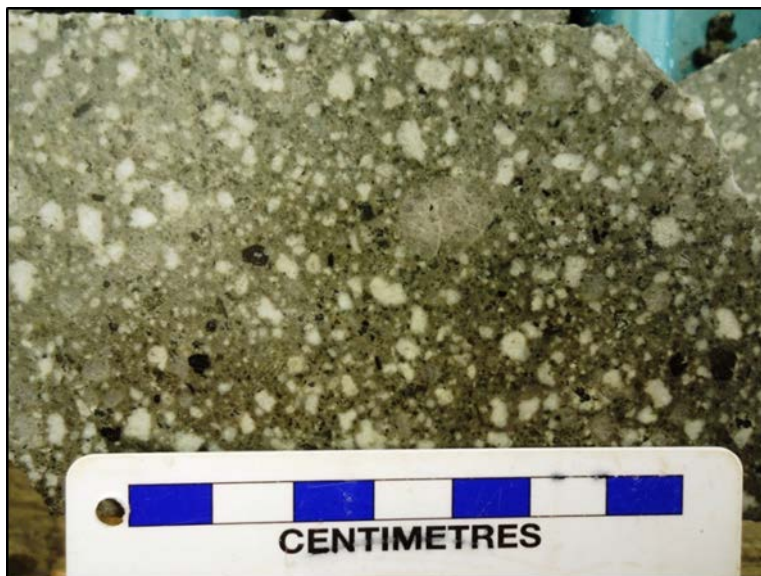
### 2.2.2.2 Pc-Gnd (Pórfido Grueso Granodiorítico)

Fenocristales de cuarzo y feldespato > 6 mm. (en promedio), fenocristales de Biotita euhedral y subhedral hasta 10 mm. Fenocristales de hornblenda generalmente más pequeños que la biotita. Matriz de grano fino de color claro.

Contenido de cuarzo hasta 15% y feldespato hasta 50%.

Se observa casi fresco con algunas zonas de cloritización y/o argilización.

Se encuentra típicamente en el taladro PER-010.



**Foto 3:** Pórfido granodiorítico de grano grueso.

### 2.2.2.3 Pm2 (Diorita Media tardia)

Diorita porfídica de grano medio (1-2 mm.)

Presenta la misma cantidad de matriz y fenocristales; plagioclasas subredondeadas y máficos que consisten principalmente en pequeños prismas hasta agujas de hornblendas algo alineadas y con débil alteración clorítica.

En zonas argilizadas o con débil silicificación presentan rangos de susceptibilidad magnética que van de  $0.2$  a  $1.5 \times 10^{-3}$  S.I. y en zonas cloritizadas estos rangos varían entre  $25$  y  $50 \times 10^{-3}$  S.I.

Es la que predomina en los sondajes PER-007 y PER-009 y es la más reciente con respecto a la Pmc-Di.



**Foto 4:** Intrusivo diorítico tardío estéril.



#### 2.2.2.4 Comentarios

Se han podido evidenciar algunas relaciones de corte en los sondajes diamantinos que sustentan que el intrusivo diorítico tardío corta a la diorita mineralizada.



**Foto 5:** Se observa el intrusivo diorítico tardío cortando a la fase diorítica mineralizada.

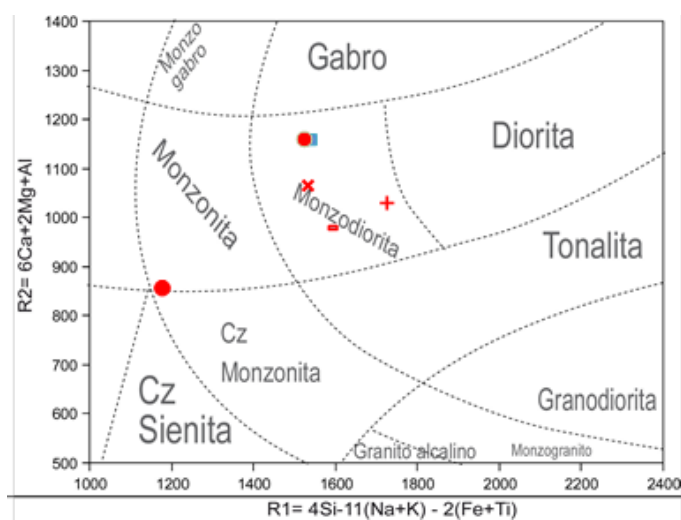


**Foto 6:** Se observa intrusivo diorítico tardío cortando a Pórfido granodiorítico de textura gruesa.

### 2.2.2.4 Análisis de roca total

Se seleccionaron 6 muestras de sondajes diamantinos para análisis de roca total, las muestras estuvieron casi frescas.

Como se puede ver en la figura 2, casi todas las muestras se ubican en el campo de las monzodioritas, y solo una en el campo de la monzonita.



**Figura 2:** Se Ubicación de las muestras en el diagrama multicatiónico por De La Roche et al. (1980) tomadas en los sondajes PER-005, PER-007, PER-008 y PER-010.

N° MUESTRA	SONDAJE	DE	A	DESCRIPCION MACROSCOPICA
PQ-PER-01	PER-008	10.70	10.95	Pf-Di, Diorita cloritizada
PQ-PER-02	PER-005	38.15	38.35	P-Di, Diorita cloritizada
PQ-PER-03	PER-007	251.25	251.55	Pm-Di, Diorita cloritizada
PQ-PER-04	PER-007	345.40	345.70	Pmc-Di, Diorita cloritizada
PQ-PER-05	PER-010	61.65	61.95	Pc-Monz, Diorita cloritizada
PQ-PER-06	PER-010	22.65	22.95	Dique que corta el Pc-Monz

**Tabla 3.** Descripción macroscópica preliminar de intrusivos presentes en Perlita.

## **CAPITULO III**

### **3.1 CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE SUPERFICIE**

#### **3.1.1 Introducción**

Se tomaron muestras sobre 6 unidades litológicas reconocidas: Pórfido fino diorítico, Pórfido de grano medio tonalítico, Pórfido Grueso cuarzo-monzonítico, Gossan, Calizas y Brechas hidrotermales para encontrar los posibles controles de mineralización de Oro y Cobre a partir de la elaboración de matrices de correlación lineal de Pearson por cada unidad litológica.

Finalmente se calcularon los diferentes tipos de anomalías de interés en la zona de estudio para lo cual se calculó el background y threshold de cada una de las unidades litológicas.

#### **3.1.2 Toma de muestras**

Se tomaron un total de 406 muestras de rocas distribuidas espacialmente sobre un área de aproximadamente 1 Km<sup>2</sup>.

El peso obtenido en campo por muestra tomada fue de 3-4 kg y la preparación se realizó en el laboratorio de Geología de Yanacocha.

Las muestras consideradas en su totalidad para el tratamiento estadístico fueron de afloramientos de rocas.

### **3.1.2 Método analítico**

Se analizaron en un laboratorio en la ciudad de Lima por los paquetes:

#### **3.1.2.1 Paquete A1 (406 muestras)**

Se analiza el Au con cianuración y también se hace ensayo al fuego de 30 g de muestra, copelación, digestión con agua regia y lectura de absorción atómica.

#### **3.1.2.2 Paquete D (406 muestras)**

##### **ICM 58 elementos**

Se trata de digestión regia ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ), donde elementos como Cr, K, Mn, Ni, Sn, Ti, Al, Ca, La, Mo, Sr, V, Fe, Na, Ba, W, Sb, Co, Mg, Sc, Y y Be son parcialmente extraídos.

Además este método no es recomendado para muestras que posean alto nivel de mineralización.

### **3.1.3 Caracterización geoquímica del oro y cobre superficial**

Con los datos obtenidos en el muestreo geoquímico de superficie se elaboró una matriz de correlación de Pearson por cada unidad litológica muestreada en el proyecto Perlita para poder establecer algún tipo de filiación entre unidades litológicas.

Se considera que cuando:

$R > 0.80$  tiene una buena correlación de Pearson

$0.5 < R < 0.80$  tiene una correlación moderada.

Las matrices son mostradas en el anexo 1.

#### **3.1.3.1 Brecha Hidrotermal**

Existen un total de 35 muestras tomadas sobre brechas hidrotermales.

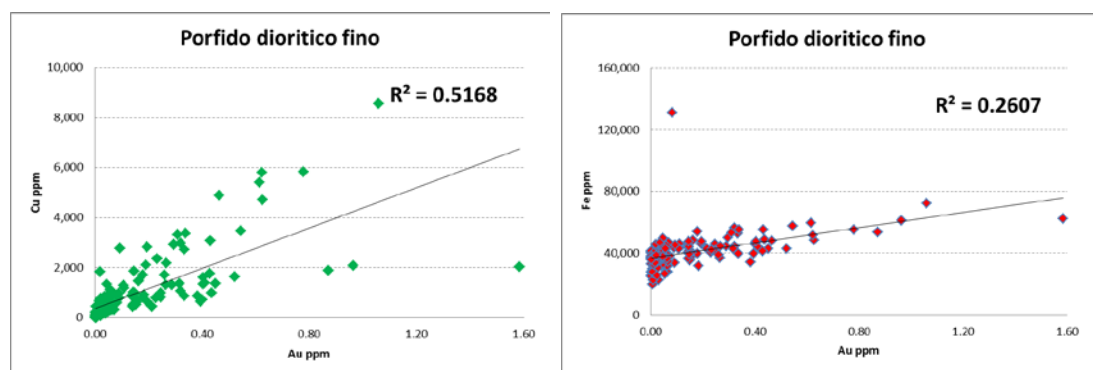
El oro no tiene una buena correlación con ningún elemento, es decir todos los valores de índice de correlación de Pearson son menores de 0.4.

Sin embargo, se puede apreciar una buena filiación geoquímica entre la plata, bismuto, plomo, fierro y telurio. Valores de índice de Pearson  $> 0.65$ .

### 3.1.3.2 Pórfido Diorítico fino

Existen un total de 154 muestras del pórfido diorítico fino.

El oro presenta una buena correlación con el cobre. ( $R=0.71$ ) y moderada correlación con el hierro ( $R=0.51$ ).



**Figuras 3 y 4:** Mostrando correlaciones entre Au-Cu y Au-Fe respectivamente, en Pórfido diorítico fino.

### 3.1.3.3 Pórfido Riodacítico de grano grueso

Existen un total de 60 muestras del pórfido grueso riodacítico.

El oro en este tipo de roca se encuentra por debajo del background pero es importante mencionar que presenta una buena correlación con el Talio ( $R=0.75$ ), y regular correlación con el Cesio ( $R=0.51$ ) y Potasio ( $R= 0.42$ ).

### 3.1.4 Anomalías geoquímicas

El objetivo principal es detectar la dispersión de un determinado metal para encontrar la fuente de origen, es decir un posible yacimiento mineral.

La anomalía geoquímica contrasta claramente con lo que podríamos denominar valores normales de un determinado elemento químico en el medio de dispersión (suelo, aguas, atmósfera). Aunque a veces una anomalía pueda ser obvia en términos numéricos (valores extremadamente altos de un elemento), la caracterización de la misma se lleva a cabo mediante un tratamiento estadístico, más o menos complejo, de la información.

Definiremos dos conceptos básicos: 1) valor de fondo (background), que corresponde al valor normal de un elemento en un medio concreto; y 2) anomalía, que corresponde a una desviación estadísticamente significativa a partir del valor de fondo, por ejemplo, los valores que se encuentran sobre dos el valor de la desviación estándar ( $x > 2s$ ).

Para fines prácticos se realizó el tratamiento estadístico de los resultados sobre la población total de muestras.

Dónde:

Background = Media poblacional

Anomalía significativa = Media Poblacional + Desviación estándar

Threshold: Media poblacional + 2 (Desviación estándar)

TABLA 4: Estadística descriptiva de 406 muestras de geoquímica en superficie.

Estadística Descriptiva					
	N	Minimo	Maximo	Media	Desviacion Estandar
AG	406	.0050	94.5000	2.528190	8.596132
AL	406	900	64100	16598.23	7833.456
PB	406	.9000	10900.0000	149.10227	692.206608
CE	406	.7800	118.5000	27.240936	17.190863
U	406	0	24	1.48	2.549
BE	406	.0250	6.9200	.55325	.6279775
BI	406	.0050	134.6000	4.078904	15.844236
CA	406	100	250000	50429.80	91380.23
CD	406	.0100	127.9000	2.342340	9.254169
V	406	2	174	54.03	30.779
W	406	0	2	.05	.234
Y	406	0	74	10.37	8.896
ZN	406	2	18800	446.13	1308.89
ZR	406	0	33	3.30	4.155
SN	406	0	33	1.33	2.442
SR	406	2	1560	201.44	282.503
TE	406	0	34	1.43	4.945
TH	406	0	22	3.05	2.622
TI	406	25	2680	737.57	600.15
TL	406	0	8	.18	.715
RB	406	0	56	11.90	9.836
RE	406	0	2	.03	.242
S	406	50	100000	3242.86	11004.69
SB	406	0	226	7.11	26.544
SC	406	0	19	4.20	2.174
SE	406	0	45	2.12	5.556
CU	406	1.2000	8560.0000	619.313547	1014.40162
MG	406	50	15700	5263.05	3283.094
MN	406	37	36800	1246.52	3270.983
MO	406	.0000	55.7000	7.029458	8.634849
NA	406	50	4400	1023.89	857.98
NB	406	0	4	.38	.637
NI	406	0	110	8.20	8.868
P	406	50	10000	2064.00	2220.536
GA	406	0	98	7.95	8.193
GE	406	0	1	.03	.170
IN_	406	0	29	.78	2.903
K	406	50	5000	1516.33	953.924
LA	406	0	64	13.67	9.044
LI	406	0	46	8.33	6.897
AS_	406	.3000	1640.0000	67.815517	198.852259
CR	406	9	972	297.70	178.60
CS	406	.0600	28.8000	1.744631	2.521870
FE	406	1600	275000	39503.45	36449.683
HG	406	0	12	.34	1.327
AU	406	.0025	5.1000	.144041	.374189
HF	406	0	1	.03	.183
B	406	5	120	9.88	15.74
BA	406	5	570	75.29	67.980
CO	406	.5000	24.5000	6.797044	3.613738



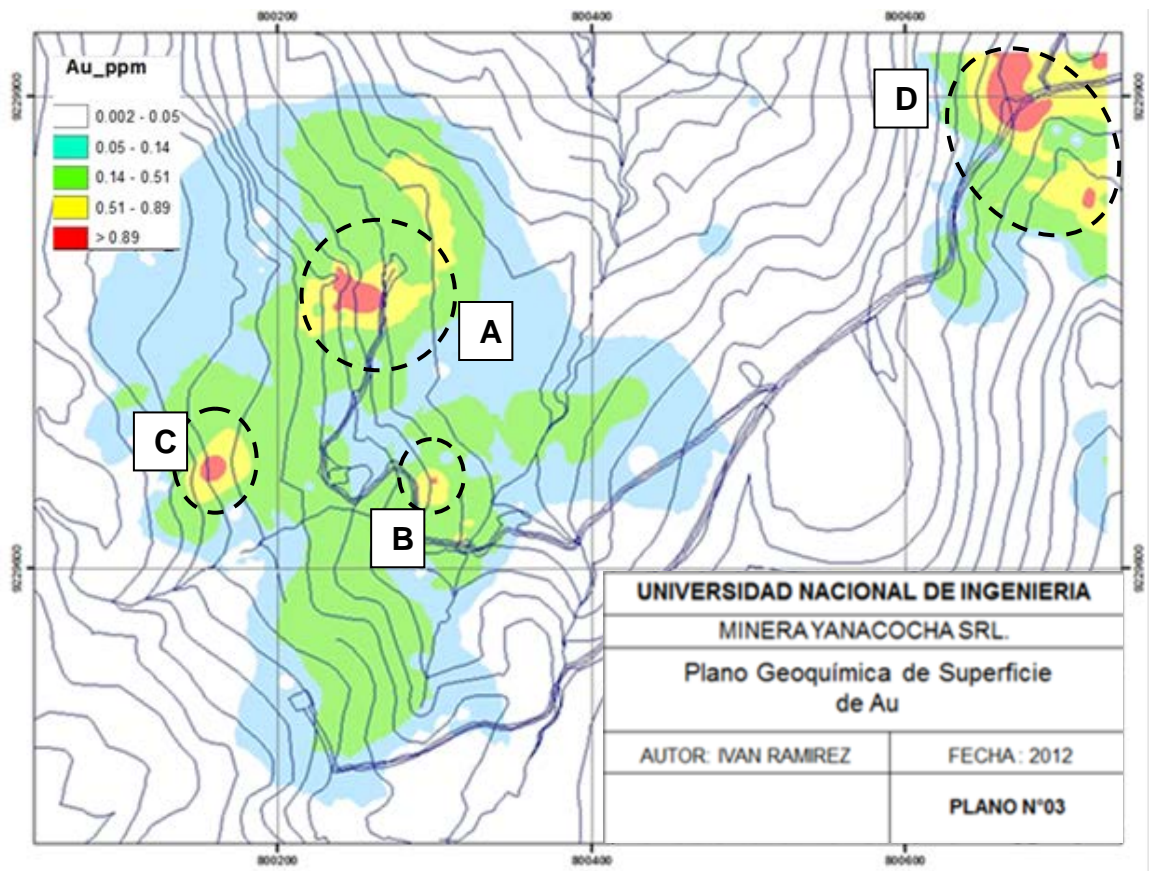
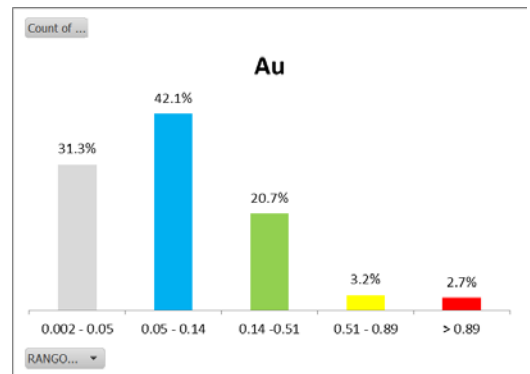
### 3.4.1 Anomalías de Oro

Se tienen 4 anomalías de oro en la zona de estudio, como se ve en el contorno, dos relacionadas al pórfido diorítico (A y B), una relacionada al pórfido tonalítico (C) y una última relacionada a las brechas hidrotermales (D).

Background: 0.14 ppm.

Anomalía significativa: 0.51 ppm.

Threshold: 0.89 ppm.



Plano 3: Distribución geoquímica de superficie de Au.

### 3.4.2 Anomalía de Cobre

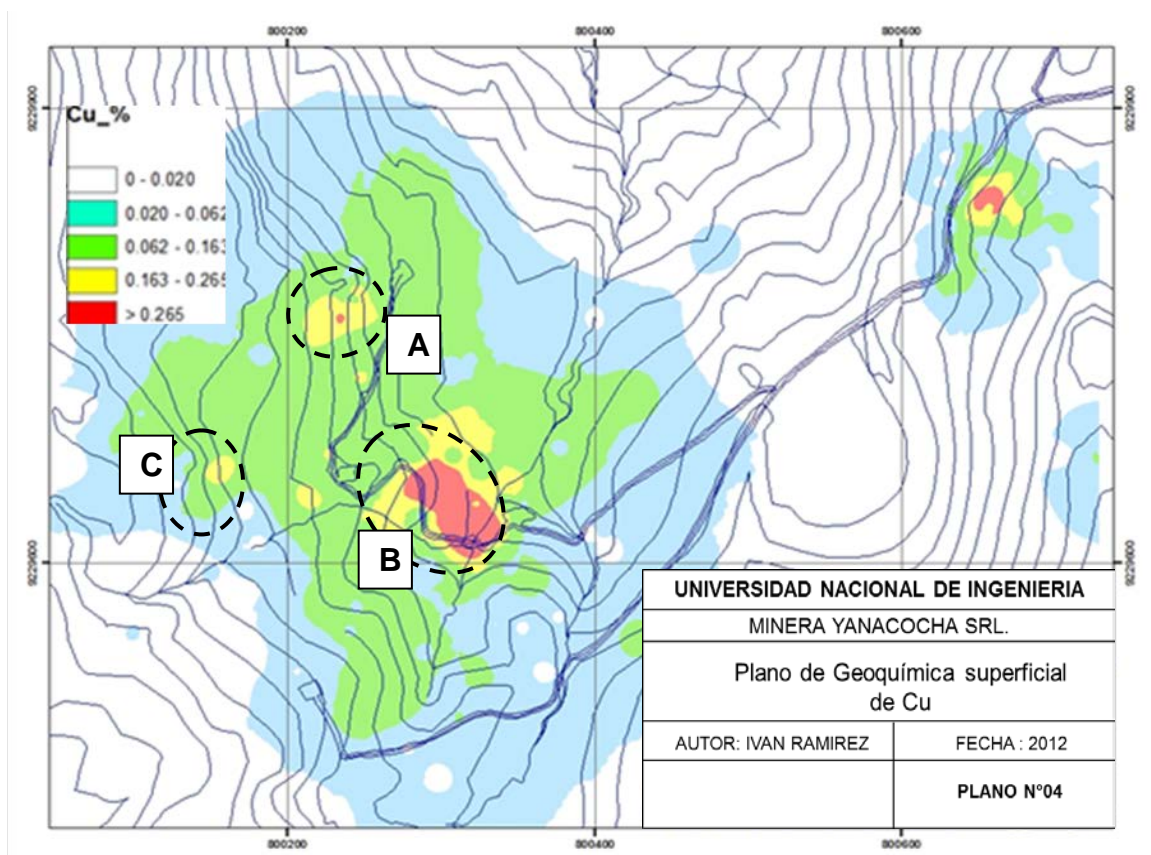
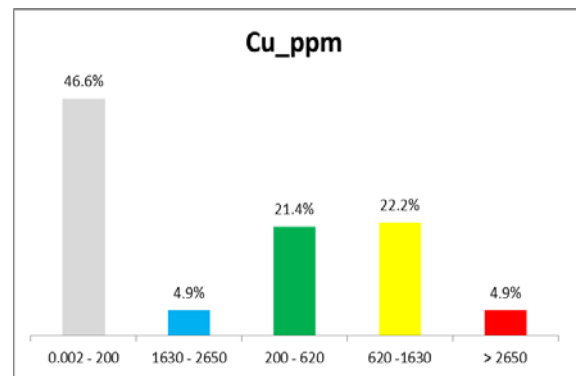
Se tienen 3 anomalías en la zona de estudio, dos de ellas controladas por el pórfido diorítico (A y B) y una por el pórfido tonalítico (C).

La anomalía de prioridad 1 (B) tiene una elongación NW, y dimensiones de 20 x 70 m.

Background: 0.062 %

Anomalía significativa: 0.163 %

Threshold: 0.265 %



Plano 4: Distribución geoquímica de superficie de Cu.

### 3.4.3 Anomalía de Mo

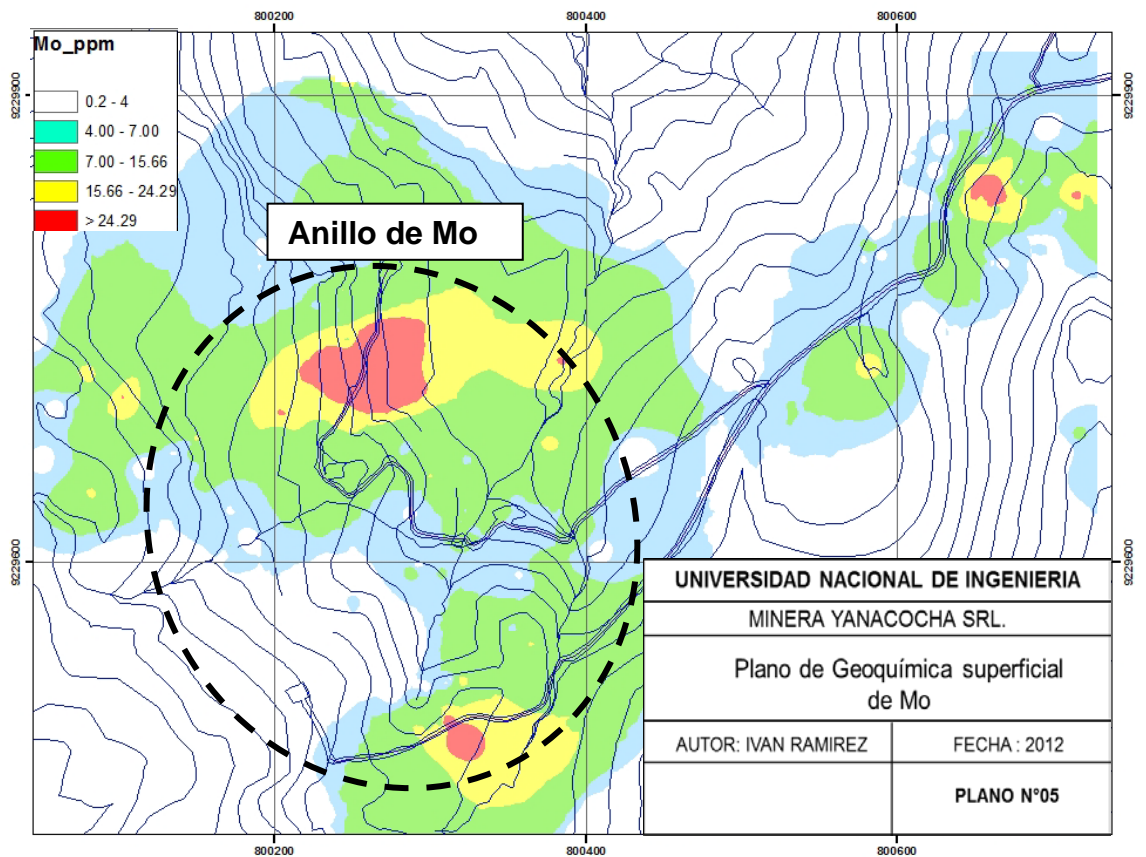
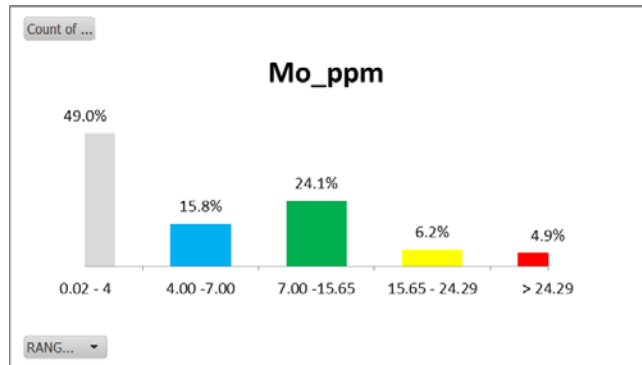
Se observan hasta 5 anomalías, pero lo más importante es la que se presenta con una elongación NE.

Background: 7.00

Anomalía significativa:

15.66

Threshold: 24.29



Plano 5: Distribución geoquímica de superficie de Mo.

### 3.4.5 Anomalías de Ag

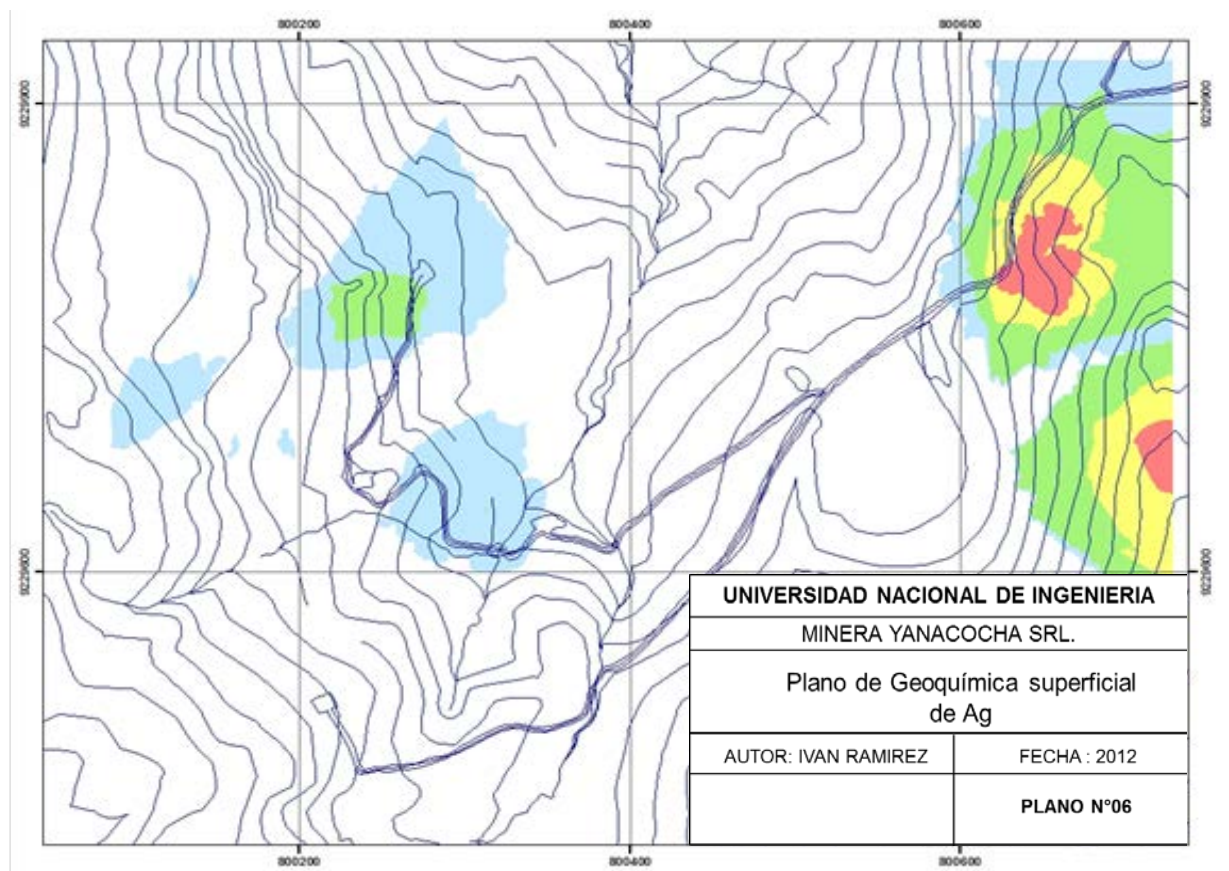
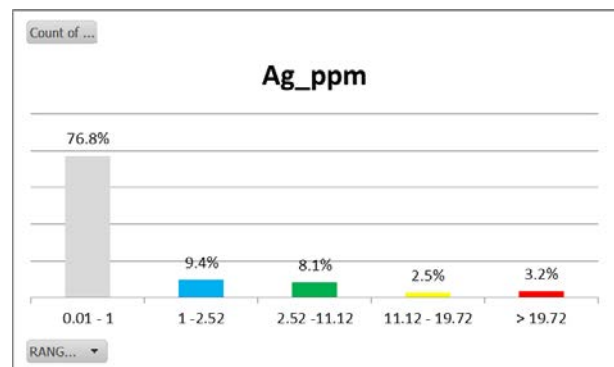
Se observa que existen dos anomalías marcadas en la zona de calizas y los valores de Ag en la parte central del sistema están por debajo del Background.

Background: 2.52

Anomalía significativa:

11.12

Threshold: 19.72



Plano 6: Distribución geoquímica de superficie de Ag.

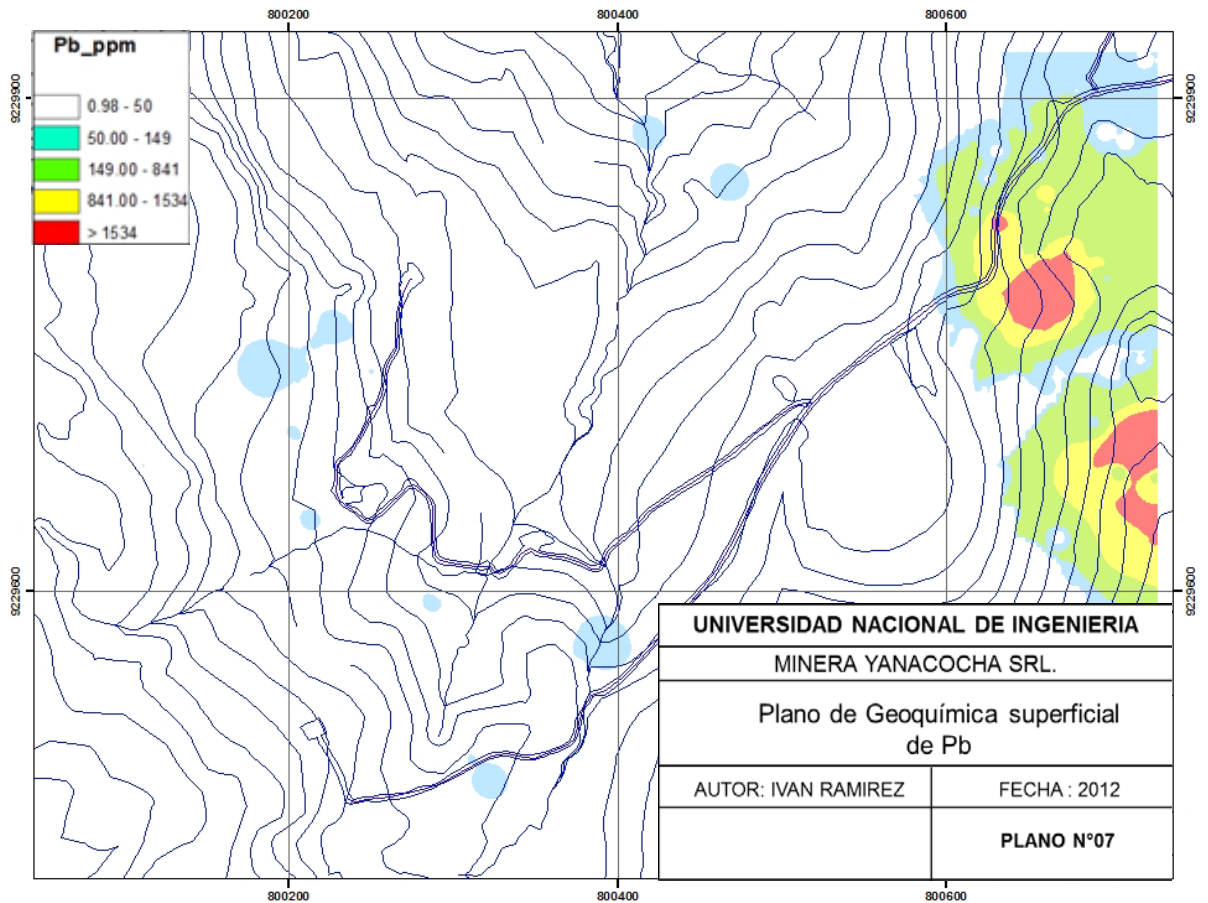
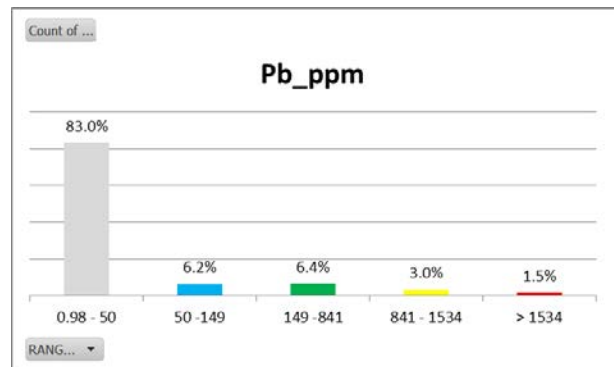
### 3.4.4 Anomalías de Pb

Estas anomalías correlacionan muy bien con las de Ag, es decir se reflejan principalmente en la zona de calizas.

Background: 149

Anomalía significativa: 841

Threshold: 1534



**Plano 7:** Distribución geoquímica de superficie de Pb.

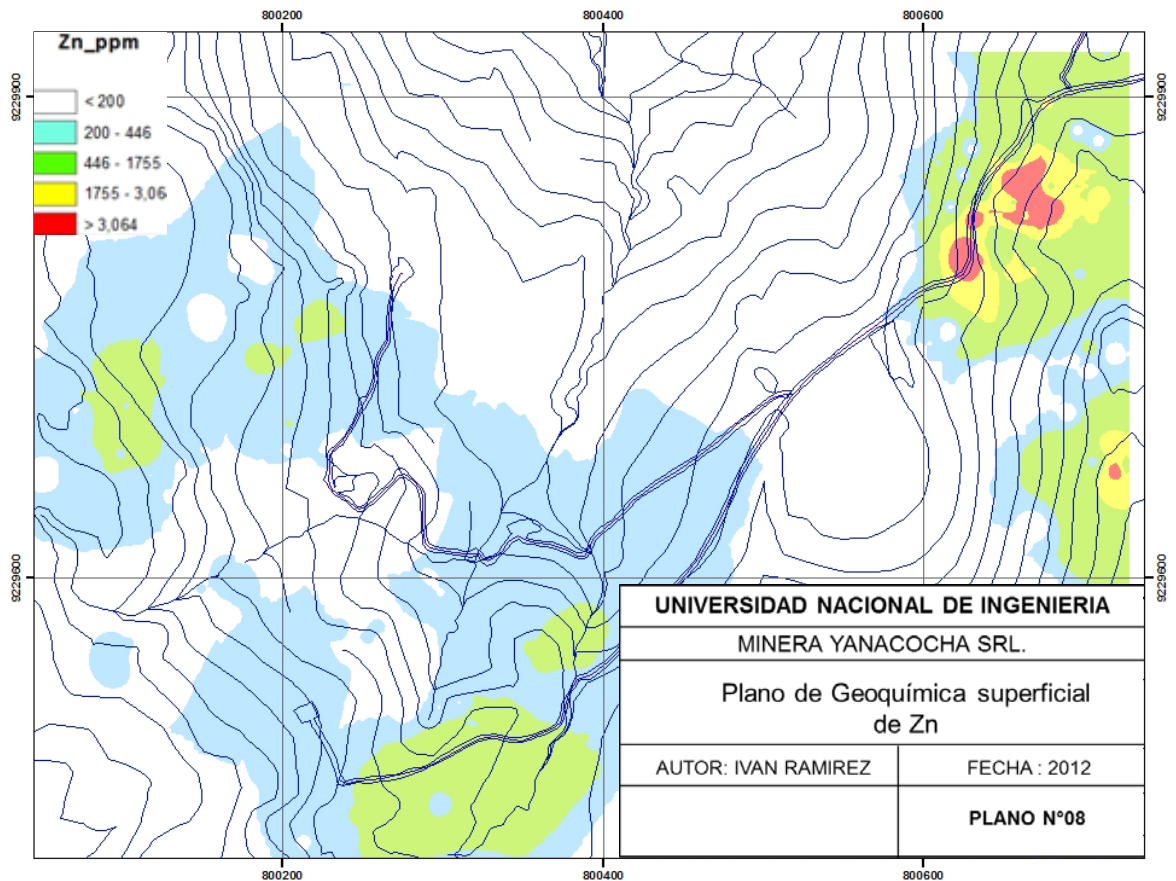
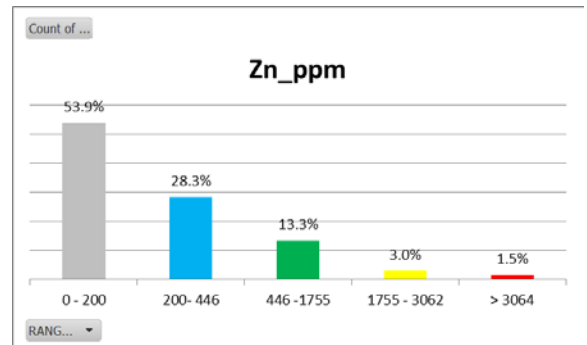
### 3.4.6 Anomalías de Zn

Se encuentra dos anomalías periféricas al sistema porfírico y correlaciona también con las zonas de gossan y secuencias de calizas.

Background: 446

Anomalía significativa: 1755

Threshold: 3064

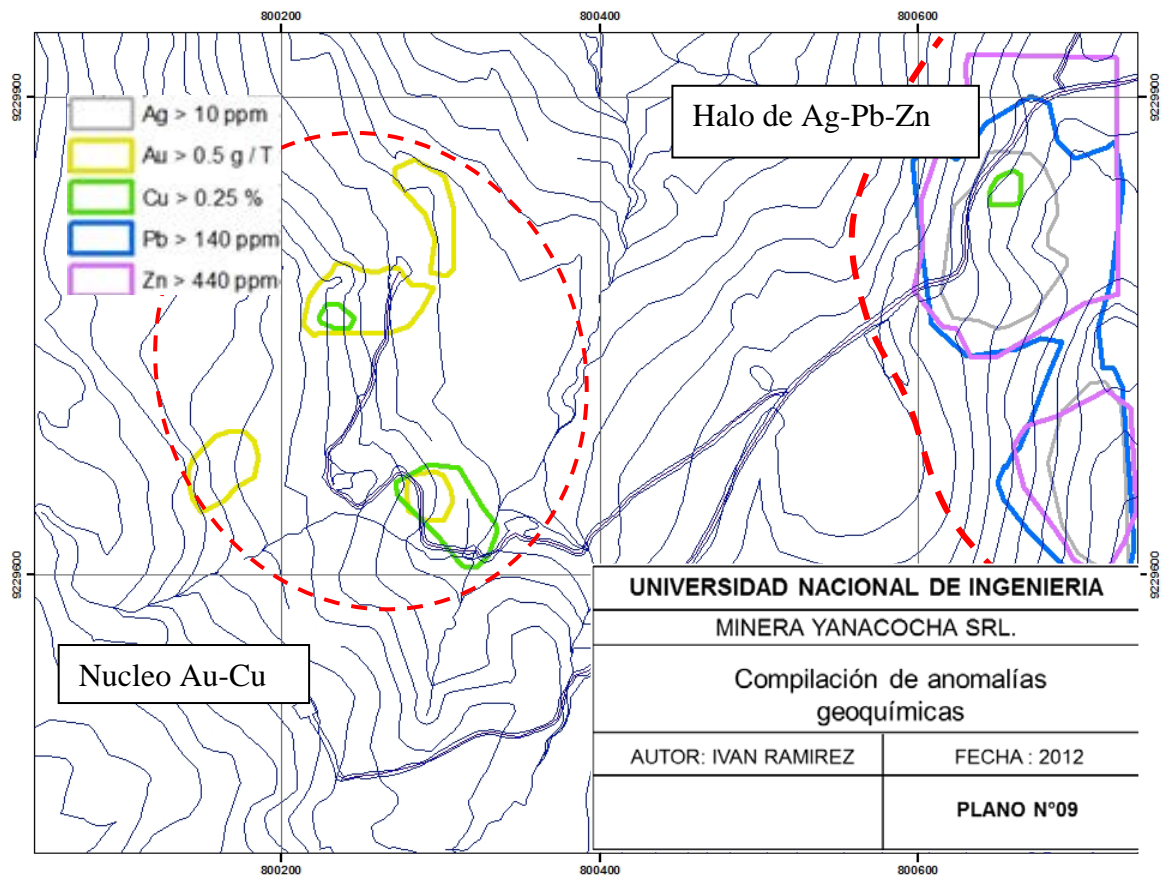


**Plano 8:** Distribución geoquímica de superficie de Zn.

### 3.4.5 Discusión de los resultados

En el plano 9 se muestra una compilación de las anomalías de los elementos metálicos en la zona de trabajo.

La distribución espacial en el proyecto indican un núcleo Cu-Au predominantemente, y Pb-Ag-Zn a los bordes del sistema lo que se puede observar claramente en el plano 9.



**Plano 9:** Distribución de anomalías geoquímica de superficie.

## CAPITULO IV

### 4.1 CARACTERIZACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA EN LA LITOLOGIA Y ALTERACION HIDROTERMAL.

#### 4.1.1 Introducción

Como sabemos la susceptibilidad magnética en los pórfidos está definida como una propiedad física que mide cuan susceptible un material puede ser magnetizado, depende principalmente de la cantidad de magnetita presente en la roca, y en menor grado el contenido de otros minerales de hierro, como hematita, pirrotita, etc. (Piquer et al, 2010)

El proyecto Perlita presenta cuerpos intrusivos de diferentes tamaños y volumen que hacen posible medir la susceptibilidad magnética tanto en superficie como en sondajes.



#### 4.1.2 Metodología de trabajo

Se realizaron diferentes medidas de susceptibilidad magnética con un susceptibilímetro portátil KT-10, el cual utiliza medidas de  $SI \times 10^{-3}$

Durante el trabajo de mapeo superficial se realizaron tres medidas por afloramiento para obtener un valor representativo.

En los sondajes diamantinos se tomaron tres medidas por cada tramo muestreado para análisis geoquímico.



**Foto 7:** Susceptibilímetro magnético KT 10.

#### 4.1.3.1 Medidas de susceptibilidad de muestras de superficie

Se han tomado algunas medidas de susceptibilidad magnética durante el cartografiado en la zona de estudio, y los resultados se muestran en la Tabla 5.

Litología	Alteracion	Estructura	Norte	Este	Cota	K1	K2	K3	K promedio
Porfido diorítico fino	Filica	Stockwork	9229783	800266	3676	0.856	2.65	1.89	1.799
Porfido diorítico fino	Intemperizacion	No presenta	9229890	800164	3697	12.23	9.4	10.1	10.577
Porfido riódacítico medio	Intemperizacion	No presenta	9229880	800160	3698	0.2	2.1	1.5	1.267
Porfido riódacítico medio	Intemperizacion	No presenta	9229898	800127	3703	6.6	3.8	2.1	4.167
Porfido riódacítico medio	Intemperizacion	No presenta	9229900	800053	3735	4.3	3.19	3.6	3.697
Caliza nodular (Pariatambo)	Recristalizacion	Estratos	9229878	799919	3766	0.002	0.001	0.003	0.002
Caliza masiva (Yumagual)	Recristalizacion	Estratos	9229914	799880	3780	0.006	0.001	0.004	0.004
Porfido diorítico fino	Propilitico	No presenta	9229742	800046		6	5	4	5.000
Porfido diorítico fino	Propilitico	No presenta	9229716	800092		16	22	32	23.333
Porfido tonalítico medio	Argilico Intermedio??	Stockwork debil	9229700	800105	3733	45	36	51	44.000
Porfido diorítico fino	Propilitico	Contacto	9229660	800110	3733	25	32	19	25.333

**Tabla 5:** Medidas de susceptibilidad magnética tomadas en superficie.

Se puede establecer que el contenido promedio de susceptibilidad magnética en las dioritas es de  $30-50 \times 10^{-3}$  SI, sin embargo cuando la diorita sufre alteración hidrotermal esta pierde magnetita y adquiere una medida de susceptibilidad magnética más baja es decir se genera una anomalía negativa.

#### 4.1.3.2 Medidas de susceptibilidad magnética en sondajes

##### Sondaje Perlita 007 (PER-007)

Como se puede observar en la tabla 6 en el sondaje PER-007 se diferencian claramente 5 litologías.

Lo más importante de destacar en la tabla es la diferencia marcada en las medidas de susceptibilidad magnética entre tres eventos de diorita (Pm1, Pm2 y Pmc) y la aplicación de esta metodología para identificar los diferentes pulsos intrusivos.

Roca	# medidas	Min	Max	Media	Descripcion
Calizas	57	0.027	0.501	0.176	Calizas que presentan ligero blanqueamiento.
Pm1	39	0.01	4.57	0.312	Porfido de grano medio diorítico algo argilizado, muy poca presencia de ferromagnesianos, ausencia de pirita. en muchas partes se observan venillas de granates alterandose a arcillas.
Pm2	72	0.234	67.49	37.82	Porfido de grano medio diorítico con presencia de cloritas y algunos maficos (hornblenda) aun preservados)
Pmc	21	20.49	92.63	57.94	Profido de grano medio-grueso diorítico con presencia de cloritas sobreyponiendose a biotitas secundarias, y presencia de pirita y trazas de calcopirita.
Manto Mt	6	36.17	544.7	149	Manto de magnetita-calcopirita

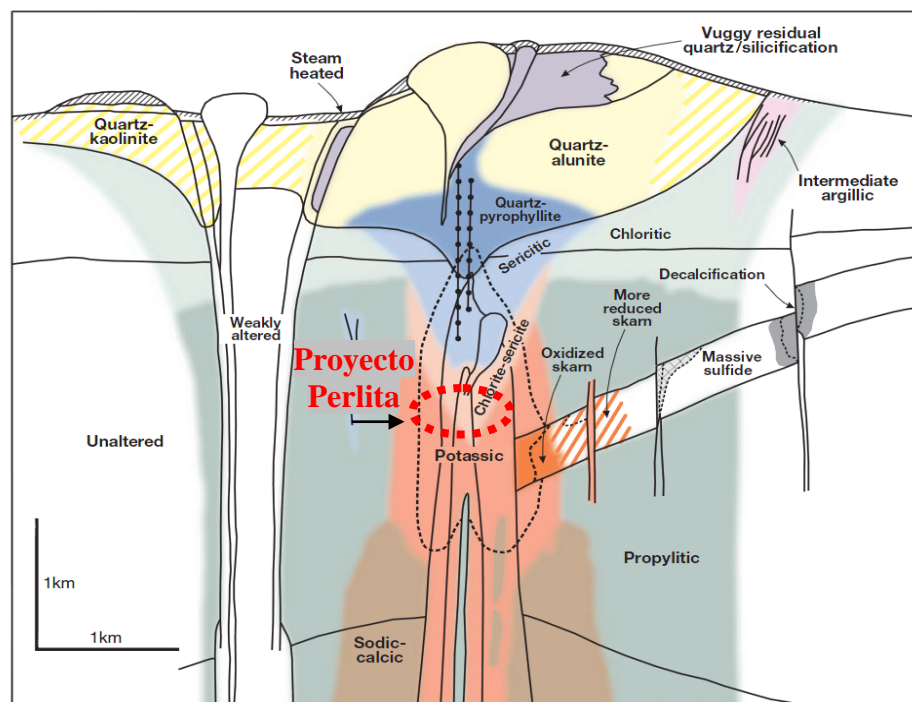
**Tabla 6:** Medidas de susceptibilidad magnética tomadas en sondaje de perforación diamantina.

## CAPITULO V: GEOMETRÍA Y MINERALOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

### 5.1 Forma, dimensiones y relaciones con la roca caja (limites)

Los limites y geometría de los pórfidos de Au-Cu se definen de acuerdo a la distribución de las leyes de Au > 0.4 g /t (Sillitoe, 2010), y generalmente presentan formas cilíndricas preferentemente y el ratio Au (ppm) /Mo (%) > 30 (Cox & Singer, 1996).

A partir de estas consideraciones preliminares se pretende establecer algunos controles y criterios para definir los límites de exploración en el proyecto Perlita.



**Figura 5:** Ubicación espacial del proyecto Perlita en el Modelo conceptual Sillitoe (2010).

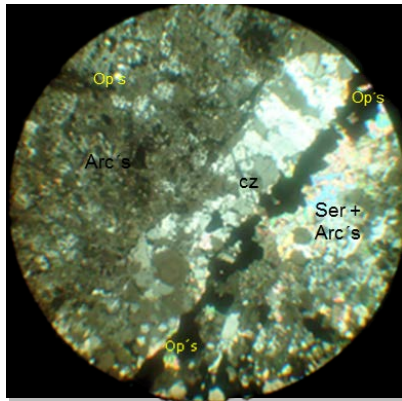
## 5.2 Mineralogía

Se han tomado 2 muestras para la preparación de secciones delgada-pulida sobre los sondajes PER-006 y PER-002, las cuales se describen a continuación:

### 5.2.1 Muestra PER-002 (7.6 m)

#### **Sección delgada:**

Microscópicamente se observa una venilla de cuarzo con un halo de alteración sericitica y arcillas con una sutura al centro con presencia de minerales opacos.



250 um

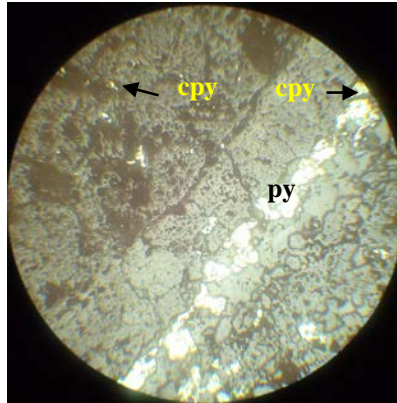
#### **Foto 8:** Microfotografía

mostrando los ensambles de alteración hidrotermal.

Luz transmitida. Nícoles cruzados.

### Sección pulida:

Se observa en la sutura de la venilla de cuarzo la presencia de pirita y calcopirita (venilla tipo B). Además presenta cpy (< 100  $\mu\text{m}$ ) diseminada en la roca alterada con matriz arcillosa.

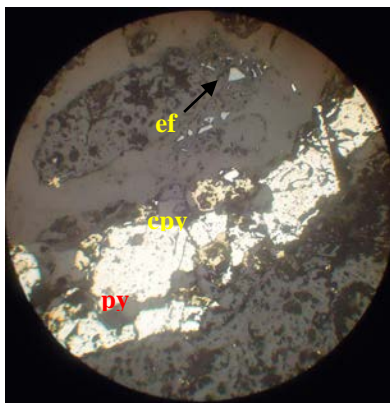


250  $\mu\text{m}$

**Foto 9:** Microfotografía indicando la mineralización de sulfuros indicados.

Luz reflejada. Nícoles paralelos.

Asimismo se observan cristales rotos de esfalerita ef (< 50  $\mu\text{m}$ ) en protolito argilizado cortado por vetilla de cpy-py tardía. (venilla Tipo D).



250  $\mu\text{m}$

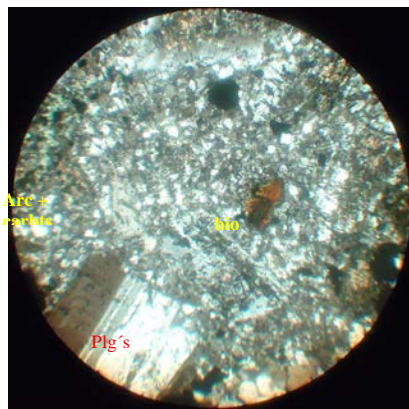
**Foto 10:** Venilla de py-cpy cortando protolito argilizado.

Luz reflejada. Nícoles paralelos.

### 5.2.2 Muestra PER-006 (126 m)

#### **Sección delgada:**

Se observa presencia de cristal de biotita secundaria alterando y reemplazando a piroxenos, y cristales de plagioclasa de 200 um (entre 40 y 50%), en una matriz fina de plagioclasas alterándose a arcillas y carbonatos.



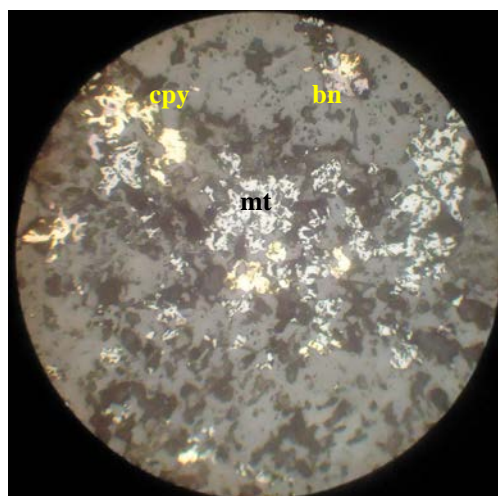
250 um

**Foto 11:** Mostrando biotitización de piroxeno.

Luz transmitida. Nícoles cruzados

#### **Sección pulida:**

Se observa el ensamble de sulfuros (bn-cpy) como parches tardíos reemplazando a la magnetita.



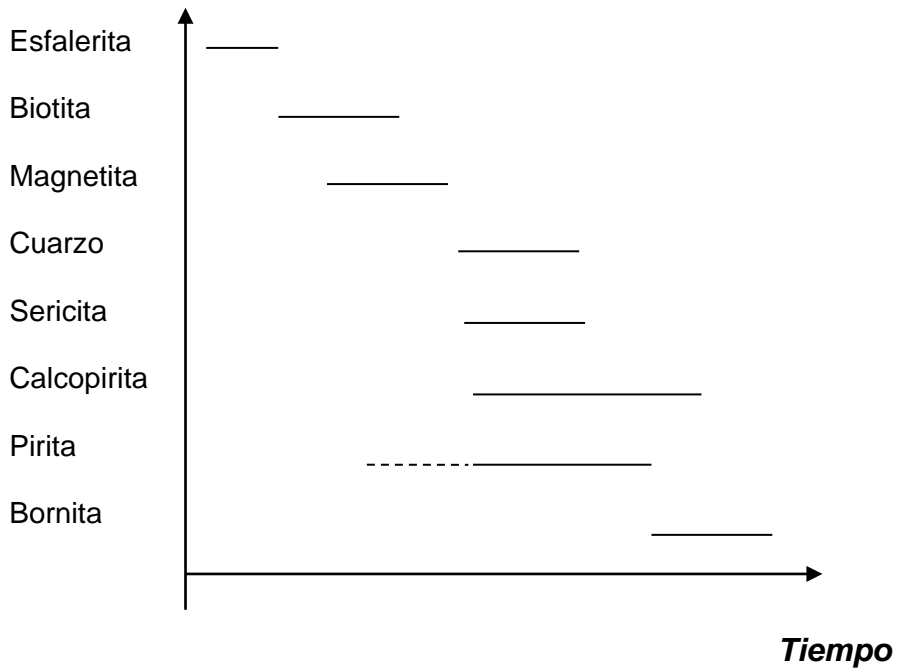
500 um

**Foto 12:** Microfotografía mostrando la paragénesis metálica.

Luz reflejada. Nícoles paralelos.

## SECUENCIA PARAGENETICA TENTATIVA

### *Minerales*



### 5.3 Texturas y estructuras

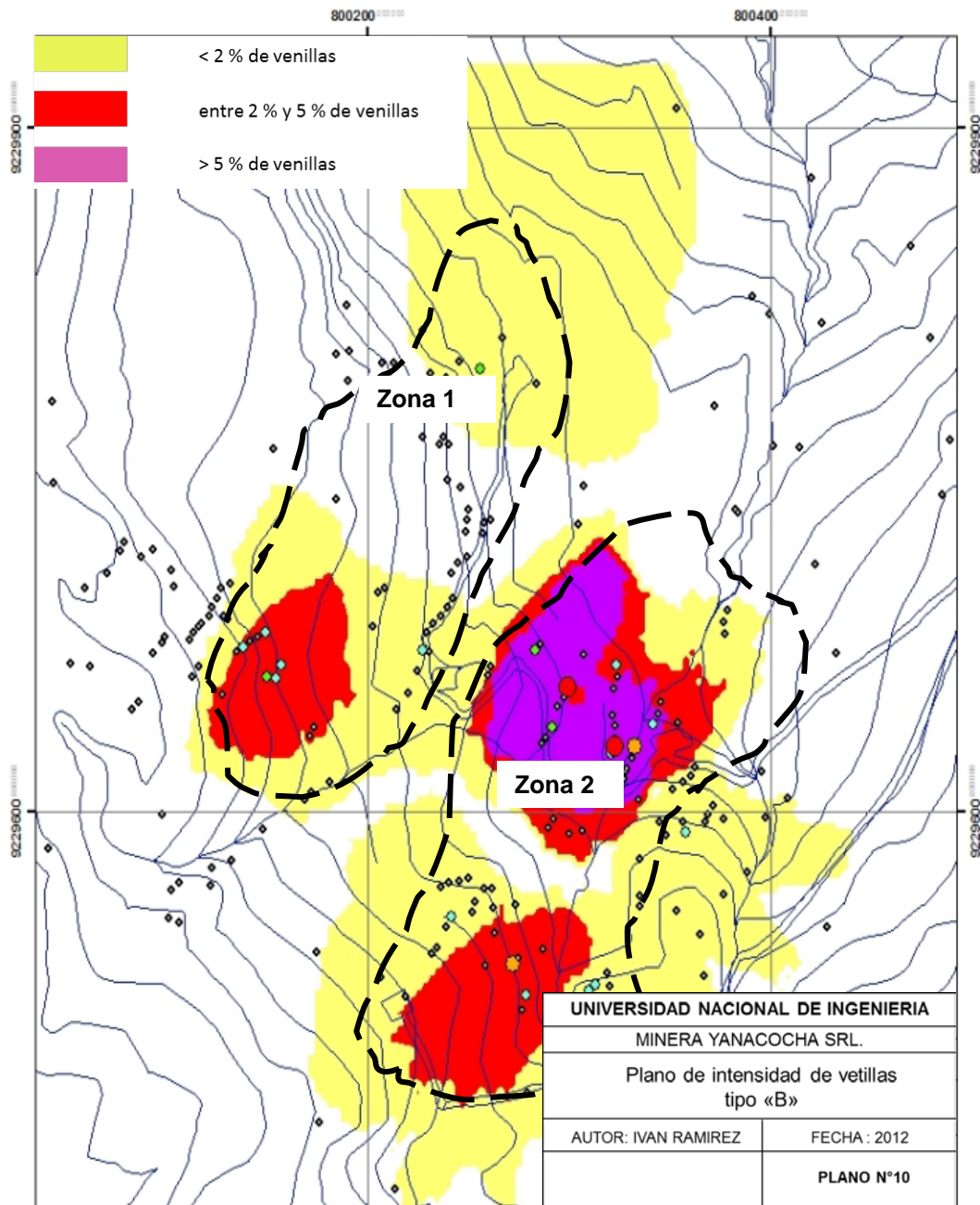
Las texturas que se han observado y que controlan la mineralización son stockwork y zonas de “sheeted-veins” o vetillas paralelas de cuarzo.

Dichas zonas controlan la mineralización de Au y Cu además se observan en algunas zonas del proyecto.



**Foto 13:** Mirando al norte, mostrando presencia de vetillas de cuarzo tipo B en roca diorítica.



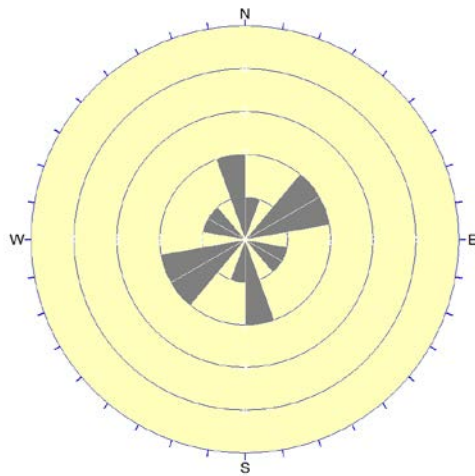


**Plano 10:** Mostrando las zonas con mineralización tipo “sheeted veins” y stockworks.

### 5.3.1 Rasgos estructurales

#### Zona 1:

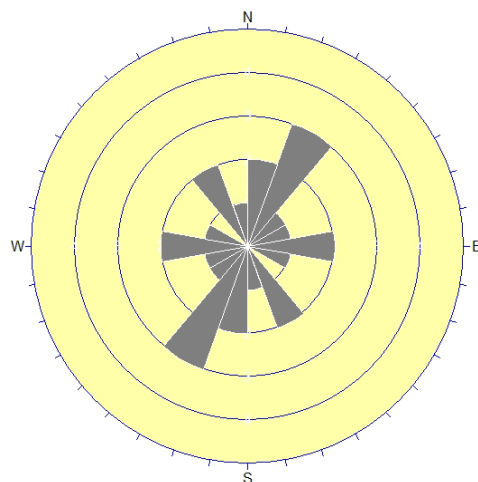
Se realizaron en total 9 mediciones de vetillas de cuarzo tipo B, donde se puede apreciar una dirección predominante N (40-60) ° E y un patrón secundario N 80° W.



**Figura 6:** Roseta mostrando la predominancia de vetillas tipo B en la zona 1 del prospecto.

#### Zona 2:

Se efectuaron en total 13 mediciones de vetillas de cuarzo tipo B, donde la dirección predominante es N (20-40) ° E y patrones secundarios EW y N70°W respectivamente.



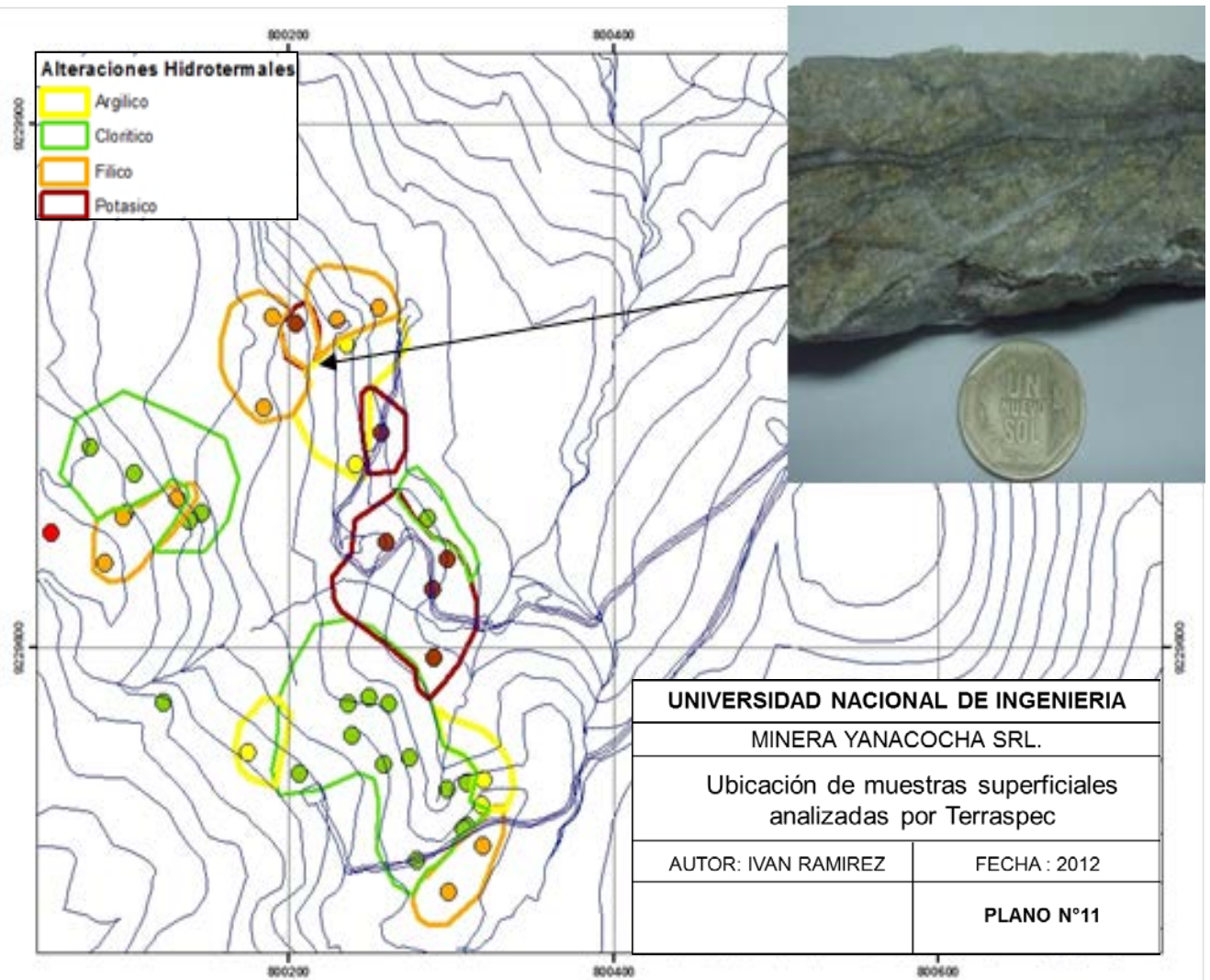
**Figura 7:** Roseta mostrando la predominancia de vetillas tipo B en la zona 2 del prospecto.

#### 5.4 Alteraciones hidrotermales. Uso de Terraspec.

Se obtuvieron 40 muestras tomadas de superficie para análisis mediante el Terraspec ubicadas espacialmente en el plano 11 dentro del proyecto.

Muestra	Este	Norte	Cota	Roca	Min 1	Min 2	Min 3	Alteracion	Codigo
MCG-161443	800297.6	9229650	3676.831	Diorita	BIO	CH	MT	Potasica	1
MCG-161472	800261.9	9229567	3691.739	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161528	800258.3	9229533	3698.691	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161549	800145.9	9229677	3706.604	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161459	800236.2	9229773	3687.28	Riodacita	I	NULL	NULL	Argilizacion	3
MCG-161512	800130.9	9229685	3710.473	Riodacita	SER	K	CH	Filica	4
MCG-161456	800241.5	9229704	3688.467	Riodacita	I	NULL	NULL	Argilizacion	3
MCG-161493	800309.8	9229497	3695.751	Riodacita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161494	800320.3	9229524	3691.732	Riodacita	I	NULL	NULL	Argilizacion	3
MCG-161482	800274.7	9229536	3691.801	Diorita	CH	ACT	MT	Cloritizacion	2
MCG-161505	800099.5	9229677	3722.119	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161521	800230.4	9229788	3688.287	Riodacita	SER	CH	NULL	Filica	4
MCG-161450	800259.9	9229660	3688.136	Diorita	BIO	ACT	MT	Potasica	1
MCG-161462	800204.3	9229785	3697	Riodacita	BIO	CH	MT	Potasica	1
MCG-161452	800285.6	9229673	3681.353	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161547	800138.6	9229672	3711.911	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161506	800098.2	9229674	3722.389	Riodacita	SER	DIK	NULL	Filica	4
MCG-161525	800255.8	9229794	3676.268	Diorita	SER	JAR	NULL	Filica	4
MCG-161464	800257.1	9229722	3683.368	Riodacita	K	SER	LIM	Potasica	1
MCG-161465	800236.7	9229567	3696.95	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161476	800239.1	9229549	3700.82	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161470	800250	9229571	3693.918	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161488	800298.1	9229518	3687.195	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161513	800184.7	9229737	3700.766	Riodacita	SER	K	CH	Filica	4
MCG-161509	800104.6	9229699	3717.217	Riodacita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161497	800310.1	9229522	3691.455	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161515	800190.3	9229789	3701.845	Riodacita	SER	CH	MT	Filica	4
MCG-161501	800087	9229648	3727.639	Riodacita	SER	K	LIM	Filica	4
MCG-161445	800288.6	9229633	3681.733	Diorita	BIO	ACT	MT	Potasica	1
MCG-161499	800319	9229509	3695.011	Riodacita	I	NULL	NULL	Argilizacion	3
MCG-161500	800319.9	9229486	3696.271	Riodacita	SER	K	NULL	Filica	4
MCG-161533	800077.4	9229714	3723.088	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161447	800289.4	9229593	3683.187	Diorita	BIO	MT	NULL	Potasica	1
MCG-161480	800206.6	9229528	3709.893	Diorita	CH	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161492	800308	9229496	3695.759	Diorita	HOR	MT	NULL	Cloritizacion	2
MCG-161529	800279.1	9229477	3696.139	Riodacita	HOR	CH	BIO	Cloritizacion	2
MCG-161530	800298.3	9229460	3695.922	Dacita	SER	K	NULL	Filica	4
MCG-161527	800175.2	9229539	3713.628	Diorita	I	SM	NULL	Argilizacion	3
MCG-161526	800122.5	9229568	3719.799	Diorita	CH	I	MT	Cloritizacion	2
MCG-161502	800053.3	9229665	3725.825	Dacita	SIL	NULL	NULL	Silicificacion	5

Tabla 7: Análisis de Terraspec de muestras tomadas de superficie.



**Plano 11:** Ubicación espacial de las muestras superficiales analizadas por Terraspec. También se muestra una foto y ubicación de zona de “stockwork” con alteración fílica y la distribución de las alteraciones hidrotermales.

#### **5.4.1 Alteración Potásica**

Asociada a los pórfidos dioríticos de grano fino, el ensamble característico es biotita secundaria reemplazando a hornblendas y magnetita diseminada y venillas, ubicándose en la parte central del sistema. La alteración potásica presente es débil a moderada.

#### **5.4.2 Alteración Clorítica**

Asociada también a los pórfidos dioríticos de grano fino, se observan cloritas reemplazando a las biotitas secundarias de la alteración potásica, ubicándose a los bordes de dicha alteración.

#### **5.4.3 Alteración Argílica**

Se observan en los intrusivos dioríticos más tardíos y a los bordes del núcleo potásico, se presentan plagioclasas alterándose a illita y caolinita.

#### **5.4.4 Alteración Fílica**

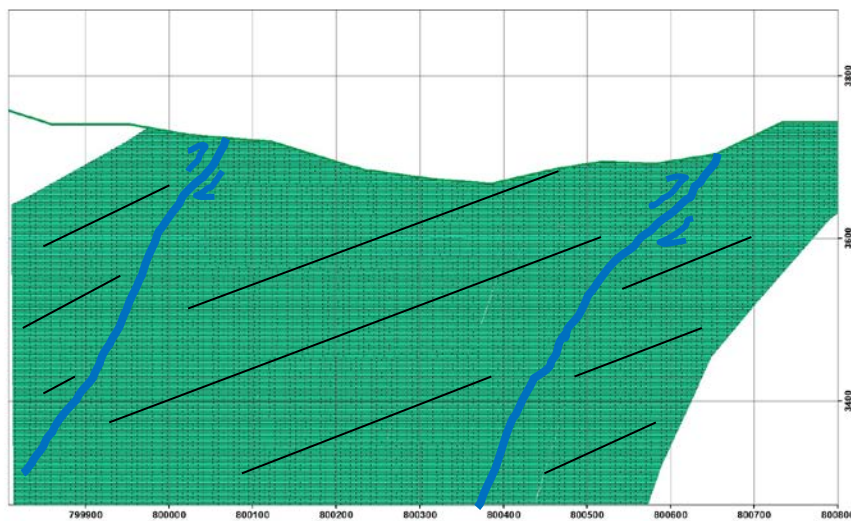
Asociada al pórfido diorítico fino, se presenta sericita relacionada a plagioclasas alteradas y como halos en los bordes de venillas de cuarzo-pirita-calcopirita (Tipo B).

## CAPITULO VI:      MODELO GEOLOGICO PRELIMINAR DEL                                  PROSPECTO PERLITA

### 6.1      Introducción

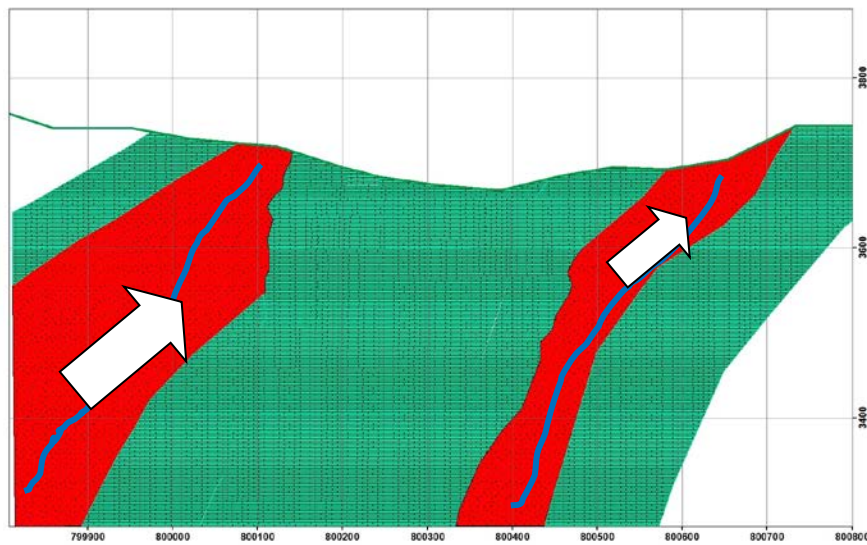
En el proyecto Perlita se han ejecutado dos campañas de perforación con un total de 2500 m. Con esta información procesada es que se lograr establecer un modelo geológico inicial tentativo a partir de logueo de sondajes realizados y del cartografiado.

### 6.2      Modelo Geológico preliminar



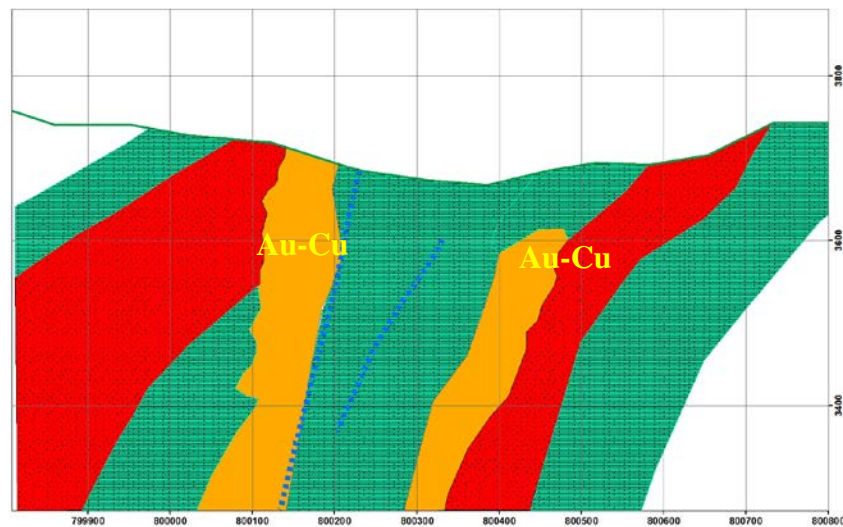
**Figura 8:**      Fase 1

Plegamiento y generación de fallas NW por eventos compresivos en rocas cretácicas carbonatadas de las formaciones Yumagual y Pariatambo respectivamente.



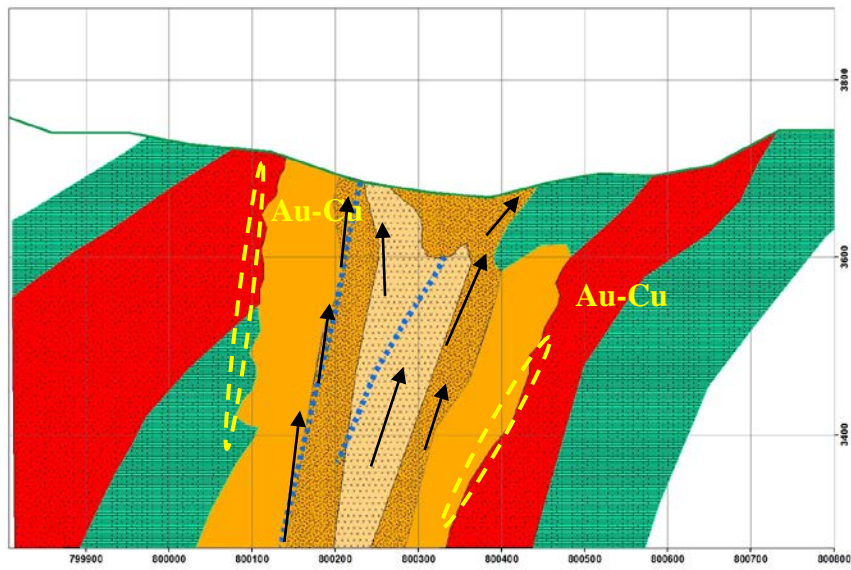
**Figura 9:** Fase 2

Intrusivos de textura gruesa de edad Paleocena, posible grupo Llama (color rojo) emplazándose por fallas con orientación NW-SE.



**Figura 10:** Fase 3

Posterior emplazamiento de intrusivos Miocénicos de composición diorítica y posiblemente también dacíticos (color naranja), que se encuentran controlados por estructuras NS y NE que aportan mineralización de Au-Cu.



**Figura 11:** Fase 4

Emplazamiento de diques tardíos (flechas negras) de aparente composición diorítica argilizados, que cortan la mineralización económica.



## **CAPITULO VI: INTERPRETACION DE RESULTADOS**

### **Alteraciones Hidrotermales**

Los resultados indican que se observa un núcleo de alteración potásica, sobre el cual se sobrepone la alteración clorítica y a los bordes se observa la alteración fílica que predomina en las zonas de stockwork y “sheeted veins”.

### **Susceptibilidad Magnética**

Existen diferencias en las medidas de susceptibilidad magnética entre tres eventos de diorita (Pm1, Pm2 y Pmc), por lo cual es importante destacar el uso de esta herramienta para identificar los diferentes pulsos intrusivos.

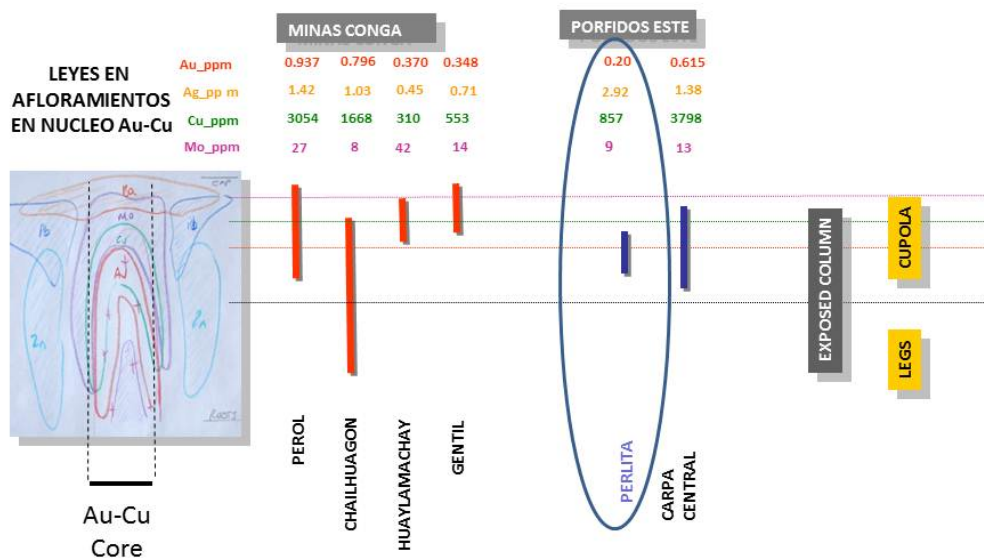
Además cuando la diorita sufre alteración hidrotermal esta pierde magnetita y adquiere una medida de susceptibilidad magnética más baja de su promedio habitual.

### **Geoquímica**

La distribución espacial en el proyecto indican un núcleo Cu-Au predominantemente, y Pb-Ag-Zn a los bordes del sistema lo que se puede observar claramente en el plano 9.

Además a partir de las muestras geoquímicas de superficie tomadas en la parte central del prospecto Perlita, se puede evidenciar que el nivel de exposición del sistema porfírico está casi completo como se puede observar en la figura 12.

## UBICACIÓN ESPACIAL DEL PORFIDO



Modificado Meldrum (2004)

**Figura 12:** Se observa la ubicación espacial del pórfido a partir de las muestras geoquímicas en superficie.

## **CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1.- El prospecto Perlita está relacionado a fases intrusivas Miocénicas de composición monzodioríticas, y a su vez está controlado por la intersección de estructuras NW (principal) y NS o NE (secundarias).

2.- Geoquímicamente presenta un núcleo Au-Cu rodeado de un anillo de Mo que coincide con el emplazamiento de los intrusivos y un halo con Ag-Pb-Zn en los bordes en la zona de calizas.

3.- El Au se correlaciona muy bien con el pórfido diorítico 1 que se encuentra en la parte central del sistema, el cual habrá aportado la principal mineralización.

4.- El Au está relacionado a zonas con presencia de vetilleo tipo “sheeted veins” y “stockworks”.

5.- El Au se encuentra asociado a las zonas de alteración potásica y de sobreimposición de cloritas, donde se tiene una moderada a alta susceptibilidad magnética. Es decir se encuentra magnetita en los ensambles de alteración.

6.- Las diferentes fases intrusivas aportan mineralización de Au, pero a su vez destruyen el sistema porfíritico generado.

7.- En forma puntual existe mayor cantidad de bornita en PER-006 que en PER-002 lo cual indicaría una vectorización, sugiriendo que PER 006 se localiza más cerca del centro del sistema porfíritico.

8.- En las dos zonas (1 y 2) de vetilleo tipo "B" identificadas existe un control de mineralización de Au con dirección NE.

9.-La secuencia paragenética nos muestra hubo una inicial prograda con alteración de los máficos a biotitas con sobreimposición de una fase filica retrograda con presencia de cuarzo y sericita que aparentemente aportan la fase pirita-calcopirita y como un último evento la presencia de bornita.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.- Para entender las edades de emplazamientos de los intrusivos se deberían hacer dataciones Ar-Ar en el proyecto, además datar la alteración hidrotermal (biotita secundaria) para conocer la edad de la mineralización.
- 2.- Intentar buscar mineralización económica a mayor profundidad debido a que estos cuerpos en su mayoría de casos tienen una forma cilíndrica.
- 3.- Realizar estudios de mayor cantidad de secciones delgadas y pulidas para afinar mejor la secuencia paragenética del sistema y entender los procesos geoquímicos en la formación del yacimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Davies, R. C. I. (2002): Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, Northern Peru. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Geology.

Jacay J, (2005): Análisis de la sedimentación del sistema cretáceo de los andes del Perú central

Jaillard Etienne (1990): Evolución de la margen andina en el norte del Perú

Levinson , A. A, (1980): Introduction to exploration geochemistry

Llosa, F., Georgel M. y Veliz, J. (2000). Geología, alteración y mineralización de los pórfidos de Au-Cu de Minas Conga, Norte del Perú (Cajamarca). X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes, Sociedad Geológica del Perú, Lima, 2000.

Marquina M, (2009): Control estructural y potencial exploratorio del distrito de minas Conga, Cajamarca-Perú

Piquer et all, (2001): El cenozoico del Alto rio Teno, cordillera principal, Chile central: Estratigrafía, Plutonismo y su relación con estructuras profundas.

Rivera. R, (2008): Geoquímica Isotópica de Plomo en los Pórfidos Miocénicos del Norte del Perú – Región Cajamarca.

Soler, P (1990): Cronología y distribución espacial del magmatismo en el Perú central durante el Cretácico superior y el Cenozoico - relaciones con las modalidades de la subducción de la plaza Nazca (Farallón) debajo del continente sudamericano.

## **RELACION DE FIGURAS**

### **Relación de planos**

**Plano 1:** Ubicación del prospecto Perlita.

**Plano 2:** Mostrando la geología local a escala 1 / 2500.

**Plano 3:** Plano geoquímico en superficie de Oro.

**Plano 4:** Plano geoquímico en superficie de Cobre.

**Plano 5:** Plano geoquímico en superficie de Molibdeno.

**Plano 6:** Plano geoquímico en superficie de Plata.

**Plano 7:** Plano geoquímico en superficie de Plomo.

**Plano 8:** Plano geoquímico en superficie de Zinc.

**Plano 9:** Mostrando la compilación de las anomalías geoquímicas en superficie.

**Plano 10:** Intensidad de vetillas tipo "B".

**Plano 11:** Muestras superficiales analizadas por Terraspec.

### **Relación de tablas**

**Tabla 1:** Acceso principal al Área del Proyecto.

**Tabla 2:** Alternativa de Acceso al Área del Proyecto.

**Tabla 3:** Descripción macroscópica preliminar de intrusivos presentes en Perlita.

**Tabla 4:** Estadística descriptiva de 406 muestras de geoquímica en superficie.

**Tabla 5:** Medidas de susceptibilidad magnética tomadas en superficie.



**Tabla 6:** Medidas de susceptibilidad magnética tomadas en sondaje de perforación diamantina.

**Tabla 7:** Análisis de Terraspec de muestras tomadas de superficie.

### **Relación de fotografías**

**Foto 1:** Geomorfología del prospecto Perlita, mostrando planicies onduladas.

**Foto 2:** Intrusivo diorítico que aporta mineralización.

**Foto 3:** Pórfido granodiorítico de grano grueso

**Foto 4:** Intrusivo diorítico tardío estéril.

**Foto 5:** Intrusivo diorítico tardío cortando a fase diorítica mineralizada.

**Foto 6:** Intrusivo diorítico tardío cortando a Pórfido granodiorítico de textura gruesa.

**Foto 7:** Susceptibilímetro magnético KT 10.

**Foto 8:** Microfotografía mostrando los ensamblajes de alteración hidrotermal.

**Foto 9:** Microfotografía indicando la mineralización de sulfuros.

**Foto 10:** Venilla de py-cpy cortando protolito argilizado.

**Foto 11:** Biotitización de piroxeno.

**Foto 12:** Microfotografía mostrando la paragénesis metálica.

**Foto 13:** Mirando al norte, mostrando presencia de vetillas de cuarzo tipo "B" en roca diorítica.

## **Relación de figuras**

**Figura 1:** Columna Estratigráfica: Sector El Punre-Sorochuco tomado de (Jacay, 2005), modificado el 2011.

**Figura 2:** Ubicación de las muestras en el diagrama multicatiónico por De La Roche et al (1980) tomadas en los sondeos PER-005, PER-007, PER-008 y PER-010.

**Figura 3:** Correlación de Au-Cu en pórfido diorítico fino.

**Figura 4:** Correlación de Au-Fe en pórfido diorítico fino.

**Figura 5:** Ubicación espacial del proyecto Perlita en el Modelo conceptual Sillitoe (2010).

**Figura 6:** Roseta mostrando la predominancia de vetillas tipo B en la zona 1 del prospecto.

**Figura 7:** Roseta mostrando la predominancia de vetillas tipo B en la zona 2 del prospecto.

**Figura 8:** Plegamiento y generación de fallas NW por eventos compresivos en rocas Cretácicas.

**Figura 9:** Intrusivos de textura gruesa, posible grupo Llama emplazándose por fallas con orientación NW-SE.

**Figura 10:** Posterior emplazamiento de intrusivos Miocénicos de composición diorítica y posiblemente también dacíticos que aportan mineralización de Au-Cu que están controlados por estructuras NS y NE.

**Figura 11:** Emplazamiento de diques tardíos de aparente composición diorítica, argilizados que cortan la mineralización económica.

**Figura 12:** Ubicación espacial del pórfido Perlita, a partir del zoneamiento geoquímico presentado por Meldrum, S. (2004)

## **ANEXOS**

1-A Matriz de correlación Pórfido diorítico de grano fino.

1-B Matriz de correlación de Pórfido granodiorítico de grano grueso.

1-C Matriz de correlación de Pórfido tonalítico de grano grueso.

.

Anexo 1-A Pórfido diorítico de grano fino a medio

	AG	AL	AS_	AU	B	BA	BI	CA	CD	CO	CR	CU	FE	HG	IN_	K	LA	LI	MG	MN	MO	NA	NI	P	PB	S	SB	SE	SN	SR	TE	TI	TL	U	V	ZN			
AG	1.000																																						
AL	-0.149	1.000																																					
AS_	0.992	-0.089	1.000																																				
AU	0.059	-0.215	-0.032	1.000																																			
B	-0.030	0.282	0.015	-0.125	1.000																																		
BA	-0.080	0.319	-0.051	-0.252	-0.004	1.000																																	
BI	0.993	-0.092	0.996	-0.013	0.000	-0.043	1.000																																
CA	0.056	0.162	0.088	-0.201	0.494	0.083	0.081	1.000																															
CD	0.477	-0.379	0.459	0.024	0.079	-0.073	0.450	0.103	1.000																														
CO	-0.258	0.005	-0.289	-0.080	-0.215	0.150	-0.261	0.113	0.104	1.000																													
CR	-0.086	0.046	-0.069	-0.105	0.183	0.165	-0.071	0.431	-0.108	0.053	1.000																												
CU	0.077	-0.432	-0.027	0.719	-0.132	-0.199	-0.003	-0.206	0.288	0.111	-0.166	1.000																											
FE	0.723	-0.257	0.655	0.511	-0.230	-0.221	0.667	-0.168	0.434	-0.008	-0.170	0.520	1.000																										
HG	0.846	-0.219	0.857	-0.046	-0.025	-0.114	0.830	0.025	0.411	-0.365	-0.115	-0.048	0.560	1.000																									
IN_	0.962	-0.164	0.969	-0.037	-0.023	-0.087	0.956	0.055	0.452	-0.322	-0.095	-0.037	0.642	0.956	1.000																								
K	0.079	0.237	0.088	-0.148	-0.131	0.380	0.096	-0.208	-0.014	-0.002	0.000	-0.136	0.079	0.090	0.096	1.000																							
LA	-0.172	0.159	-0.135	-0.384	0.154	0.050	-0.134	0.180	0.013	0.313	0.198	-0.320	-0.266	-0.256	-0.195	-0.145	1.000																						
LI	-0.080	0.520	-0.047	-0.263	0.029	0.418	-0.032	-0.184	-0.154	0.233	-0.016	-0.331	-0.116	-0.106	-0.076	0.390	0.126	1.000																					
MG	0.019	0.414	0.026	-0.174	-0.136	0.270	0.038	-0.117	-0.075	0.453	0.024	-0.236	0.129	-0.060	-0.003	0.421	0.191	0.674	1.000																				
MN	0.918	-0.114	0.920	-0.053	0.100	0.007	0.921	0.241	0.579	-0.069	0.023	-0.007	0.652	0.747	0.875	0.044	-0.008	0.008	0.164	1.000																			
MO	0.052	-0.221	0.021	0.161	-0.021	-0.161	0.023	0.015	0.122	0.006	-0.008	0.253	0.145	-0.014	0.007	0.132	-0.099	-0.211	-0.305	0.011	1.000																		
NA	-0.218	0.009	-0.202	-0.268	-0.258	0.055	-0.196	0.374	-0.112	0.442	0.292	-0.286	-0.243	-0.249	-0.222	-0.165	0.215	-0.126	0.143	-0.091	-0.208	1.000																	
NI	-0.146	0.128	-0.115	-0.323	0.203	0.356	-0.112	0.449	-0.017	0.322	0.634	-0.318	-0.340	-0.151	-0.135	0.164	0.317	0.135	0.171	0.015	0.164	0.248	1.000																
P	0.838	0.111	0.869	-0.163	0.319	0.021	0.869	0.405	0.382	-0.219	0.093	-0.187	0.415	0.670	0.803	-0.017	0.156	-0.016	0.047	0.861	-0.098	-0.088	0.102	1.000															
PB	0.993	-0.097	0.997	-0.026	-0.014	-0.054	0.997	0.081	0.461	-0.252	-0.068	-0.021	0.669	0.831	0.957	0.092	-0.116	-0.041	0.050	0.926	0.030	-0.180	-0.107	0.866	1.000														
S	0.072	-0.037	0.048	0.190	0.131	0.035	0.062	0.213	-0.053	-0.017	0.150	0.332	0.086	0.014	0.026	-0.065	-0.239	-0.039	-0.279	0.005	0.217	-0.065	-0.013	0.026	0.036	1.000													
SB	0.994	-0.101	0.998	-0.027	-0.017	-0.053	0.998	0.077	0.458	-0.261	-0.072	-0.023	0.668	0.845	0.965	0.095	-0.126	-0.041	0.047	0.924	0.024	-0.184	-0.113	0.863	0.999	0.039	1.000												
SE	0.809	-0.055	0.812	0.121	0.130	0.023	0.816	0.044	0.347	-0.426	-0.073	0.138	0.532	0.696	0.778	0.088	-0.300	-0.031	-0.227	0.664	0.056	-0.357	-0.202	0.688	0.793	0.400	0.797	1.000											
SN	0.678	0.149	0.682	-0.027	0.045	0.047	0.685	0.286	0.376	0.002	0.120	-0.048	0.454	0.486	0.615	0.091	0.082	0.007	0.113	0.684	0.039	-0.088	0.184	0.726	0.692	-0.059	0.683	0.488	1.000										
SR	-0.071	0.174	-0.038	-0.318	-0.038	0.167	-0.029	0.663	-0.062	0.295	0.279	-0.318	-0.261	-0.093	-0.065	-0.129	0.105	-0.059	-0.040	0.021	-0.138	0.753	0.308	0.133	-0.033	0.238	-0.034	-0.001	0.078	1.000									
TE	0.989	-0.087	0.997	-0.036	0.002	-0.042	0.996	0.073	0.449	-0.284	-0.085	-0.035	0.653	0.864	0.972	0.108	-0.148	-0.022	0.031	0.913	0.011	-0.204	-0.119	0.862	0.994	0.043	0.996	0.816	0.672	-0.030	1.000								
TI	-0.215	0.082	-0.194	-0.246	-0.138	0.064	-0.182	0.224	-0.149	0.347	0.196	-0.278	-0.268	-0.244	-0.220	-0.031	0.157	-0.008	0.180	-0.133	-0.330	0.754	0.257	-0.027	-0.180	-0.157	-0.184	-0.284	0.001	0.564	-0.185	1.000							
TL	0.504	-0.035	0.524	-0.089	0.081	0.109	0.534	0.020	0.215	-0.328	-0.116	-0.099	0.237	0.689	0.618	0.195	-0.271	0.154	-0.132	0.416	-0.101	-0.267	-0.090	0.458	0.494	0.129	0.514	0.643	0.247	0.068	0.577	-0.137	1.000						
U	0.664	0.051	0.692	-0.180	0.202	0.018	0.683	0.324	0.275	-0.100	0.207	-0.216	0.284	0.545	0.647	0.021	0.141	-0.052	0.105	0.694	-0.004	-0.004	0.260	0.762	0.691	0.012	0.687	0.490	0.615	0.102	0.676	0.059	0.264	1.000					
V	-0.019	0.123	-0.034	-0.054	-0.271	-0.035	-0.018	-0.014	0.008	0.630	0.003	-0.090	0.214	-0.139	-0.069	0.065	0.293	0.202	0.639	0.115	-0.198	0.503	0.174	0.006	0.006	-0.396	-0.005	-0.361	0.195	0.183	-0.032	0.526	-0.297	0.067	1.000				
ZN	0.824	-0.249	0.816	-0.077	0.010	-0.044	0.812	0.072	0.763	0.016	-0.129	0.063	0.606	0.716	0.804	0.114	-0.039	-0.002	0.122	0.880	0.149	-0.162	0.047	0.689	0.825	-0.099	0.822	0.558	0.646	-0.085	0.812	-0.157	0.379	0.549	0.138	1.000			

### Anexo 1-B Pórfido granodiorítico de grano grueso

	AG	AL	AS_	AU	B	BA	BI	CA	CD	CE	CO	CR	CU	FE	IN_	K	LA	LI	MG	MN	MO	NA	NI	P	PB	RB	S	SB	SE	SN	SR	TE	TI	TL	U	V	ZN			
AG	1.000																																							
AL	-0.300	1.000																																						
AS_	0.223	-0.218	1.000																																					
AU	0.340	-0.307	0.527	1.000																																				
B	-0.024	-0.084	0.157	0.017	1.000																																			
BA	-0.168	-0.066	-0.067	-0.068	0.119	1.000																																		
BI	0.533	-0.199	0.249	0.144	-0.016	-0.148	1.000																																	
CA	-0.154	0.592	-0.125	-0.141	-0.111	-0.045	-0.125	1.000																																
CD	0.178	-0.153	0.160	0.059	-0.107	-0.155	0.318	0.053	1.000																															
CE	0.424	0.017	0.475	0.244	-0.041	-0.222	-0.101	0.098	0.183	1.000																														
CO	-0.211	-0.086	-0.497	-0.372	-0.225	0.464	-0.209	0.068	-0.091	-0.240	1.000																													
CR	-0.107	-0.265	-0.578	-0.304	-0.247	0.089	-0.231	0.096	-0.015	-0.343	0.508	1.000																												
CU	0.331	-0.067	-0.012	0.297	-0.080	-0.086	0.400	-0.116	0.068	-0.002	-0.003	-0.041	1.000																											
FE	-0.047	-0.192	0.433	0.210	-0.080	-0.076	-0.098	-0.286	0.156	0.416	-0.041	-0.199	-0.072	1.000																										
IN_	0.533	-0.197	0.217	0.139	-0.030	-0.121	0.993	-0.109	0.299	-0.118	-0.164	-0.203	0.423	-0.126	1.000																									
K	0.095	0.081	0.567	0.422	0.081	0.347	-0.098	0.026	0.015	0.344	-0.187	-0.453	0.025	0.134	-0.104	1.000																								
LA	0.366	-0.022	0.572	0.325	0.024	-0.163	-0.091	0.055	0.190	0.970	-0.286	-0.410	0.002	0.448	-0.107	0.423	1.000																							
LI	-0.017	0.175	-0.528	-0.495	-0.195	0.218	-0.184	0.040	-0.148	-0.186	0.491	0.328	-0.185	-0.205	-0.167	-0.085	-0.275	1.000																						
MG	-0.353	0.337	-0.650	-0.566	-0.098	0.367	-0.304	0.009	-0.272	-0.322	0.690	0.315	-0.087	-0.074	-0.287	-0.227	-0.389	0.638	1.000																					
MN	0.094	-0.190	0.225	0.010	-0.254	-0.101	0.093	0.111	0.277	0.480	0.144	0.046	-0.161	0.443	0.087	-0.026	0.431	0.015	-0.094	1.000																				
MO	0.100	-0.093	0.186	0.360	-0.027	-0.310	0.121	-0.134	0.199	0.225	-0.378	-0.156	0.583	0.200	0.106	-0.027	0.237	-0.439	-0.345	0.024	1.000																			
NA	-0.339	0.517	-0.431	-0.290	-0.160	-0.171	-0.197	0.669	0.114	-0.027	0.298	0.312	0.008	-0.027	-0.186	-0.273	-0.090	0.128	0.311	0.075	0.030	1.000																		
NI	-0.080	-0.028	-0.531	-0.380	-0.117	0.463	-0.164	-0.026	-0.315	-0.442	0.795	0.538	0.049	-0.311	-0.121	-0.217	-0.490	0.416	0.676	-0.195	-0.401	0.064	1.000																	
P	0.025	0.484	0.463	0.144	-0.001	-0.308	-0.068	0.580	0.220	0.638	-0.384	-0.433	-0.212	0.339	-0.102	0.292	0.619	-0.248	-0.312	0.342	0.147	0.405	-0.584	1.000																
PB	0.929	-0.155	0.098	0.079	-0.069	-0.191	0.418	-0.105	0.187	0.457	-0.180	-0.048	0.319	-0.070	0.418	0.043	0.367	0.089	-0.238	0.092	0.091	-0.264	-0.036	0.047	1.000															
RB	0.129	0.366	0.300	0.365	-0.003	0.141	-0.214	0.309	-0.013	0.419	-0.216	-0.392	0.120	-0.020	-0.210	0.850	0.440	0.037	-0.161	-0.088	0.108	0.039	-0.261	0.452	0.130	1.000														
S	-0.054	-0.054	-0.091	-0.055	-0.035	-0.171	0.065	0.036	0.261	0.097	-0.094	0.040	-0.255	0.224	-0.003	-0.267	0.062	-0.139	-0.015	0.217	0.142	0.224	-0.254	0.245	-0.082	-0.262	1.000													
SB	0.376	-0.310	0.912	0.576	0.030	-0.073	0.444	-0.154	0.235	0.471	-0.401	-0.501	0.133	0.348	0.420	0.475	0.529	-0.521	-0.644	0.319	0.193	-0.424	-0.474	0.354	0.230	0.219	-0.086	1.000												
SE	0.070	-0.123	0.394	0.073	0.129	-0.315	0.132	-0.138	0.237	0.336	-0.398	-0.317	-0.227	0.431	0.035	-0.034	0.336	-0.302	-0.277	0.239	0.251	-0.082	-0.502	0.427	0.035	-0.106	0.707	0.308	1.000											
SN	0.239	0.147	-0.074	0.030	-0.204	-0.137	0.343	0.155	0.219	0.140	0.109	-0.046	0.399	0.020	0.347	-0.161	0.078	-0.152	0.003	0.186	0.434	0.340	0.060	0.176	0.233	-0.007	0.059	0.084	0.052	1.000										
SR	-0.005	0.707	-0.052	-0.094	-0.067	-0.181	0.149	0.868	0.066	0.072	-0.166	-0.135	0.024	-0.382	0.160	0.057	0.028	-0.004	-0.068	-0.074	-0.022	0.604	-0.169	0.604	0.022	0.372	0.006	-0.053	-0.093	0.268	1.000									
TE	0.210	-0.147	0.512	0.281	0.135	0.223	0.347	-0.069	0.071	0.073	-0.269	-0.392	0.095	0.079	0.332	0.261	0.108	-0.323	-0.332	0.084	-0.008	-0.357	-0.216	0.065	0.104	0.028	-0.059	0.557	0.104	0.000	-0.036	1.000								
TI	-0.236	0.276	-0.349	-0.279	0.047	-0.193	-0.122	0.346	0.220	-0.123	0.164	0.285	-0.037	-0.033	-0.134	-0.221	-0.183	0.108	0.172	-0.020	0.099	0.753	-0.020	0.259	-0.159	-0.009	0.252	-0.348	0.067	0.373	0.326	-0.362	1.000							
TL	0.204	-0.294	0.809	0.758	0.208	0.005	-0.008	-0.120	0.068	0.437	-0.393	-0.436	-0.097	0.274	-0.039	0.614	0.551	-0.453	-0.578	0.137	0.093	-0.394	-0.434	0.335	-0.011	0.401	-0.056	0.724	0.294	-0.161	-0.138	0.414	-0.307	1.000						
U	0.259	0.191	0.179	0.300	-0.043	0.026	0.111	0.316	0.184	0.272	-0.153	-0.222	0.258	-0.155	0.140	0.509	0.288	-0.017	-0.335	0.023	0.073	0.086	-0.291	0.284	0.263	0.651	-0.341	0.252	-0.285	0.112	0.370	0.050	0.121	0.209	1.000					
V	-0.337	0.323	-0.568	-0.338	-0.072	0.387	-0.214	0.009	-0.283	-0.437	0.659	0.256	0.251	-0.135	-0.171	-0.086	-0.448	0.484	0.762	-0.307	-0.262	0.346	0.644	-0.410	-0.260	-0.020	-0.383	-0.515	-0.575	0.095	-0.026	-0.205	0.213	-0.489	0.013	1.000				
ZN	0.272	-0.146	0.504	0.360	-0.108	-0.106	0.272	0.000	0.500	0.372	-0.159	-0.273	0.189	0.275	0.250	0.420	0.374	-0.179	-0.389	0.404	0.278	-0.072	-0.386	0.351	0.254	0.320	0.058	0.567	0.195	0.232	0.010	0.270	0.056	0.390	0.337	-0.317	1.000			

### Anexo 1-C Pórfido tonalítico de grano medio

	AG	AL	AS	AU	B	BA	BI	CA	CD	CO	CR	CS	CU	FE	HG	IN	K	LA	LI	MG	MN	MO	NA	NI	P	PB	RB	S	SB	SE	SN	SR	TE	TI	TL	U	V	ZN			
AG	1.000																																								
AL	-0.235	1.000																																							
AS	0.546	0.199	1.000																																						
AU	0.759	-0.398	-0.008	1.000																																					
B	0.287	0.175	0.231	0.199	1.000																																				
BA	0.028	0.195	0.403	-0.305	0.103	1.000																																			
BI	0.548	0.191	1.000	-0.007	0.231	0.402	1.000																																		
CA	0.013	0.219	0.354	-0.295	0.038	0.495	0.347	1.000																																	
CD	0.514	0.152	0.979	-0.060	0.216	0.467	0.980	0.458	1.000																																
CE	-0.336	0.594	0.114	-0.544	-0.041	0.123	0.104	0.526	0.161																																
CO	0.109	0.134	0.519	-0.368	0.058	0.514	0.516	0.562	0.607	1.000																															
CR	0.036	-0.403	-0.256	0.211	-0.233	-0.105	-0.251	-0.100	-0.233	-0.027	1.000																														
CS	0.000	0.449	0.290	-0.184	0.217	0.150	0.282	0.303	0.261	0.247	-0.326	1.000																													
CU	0.642	-0.088	0.541	0.351	0.473	0.223	0.544	0.219	0.570	0.528	0.106	0.156	1.000																												
FE	0.634	0.132	0.965	0.119	0.292	0.328	0.965	0.283	0.939	0.558	-0.148	0.266	0.662	1.000																											
HG	0.536	0.200	1.000	-0.023	0.229	0.411	1.000	0.354	0.981	0.528	-0.257	0.287	0.541	0.963	1.000																										
IN	0.514	0.229	0.924	-0.051	0.194	0.371	0.925	0.315	0.931	0.519	-0.263	0.245	0.467	0.891	0.926	1.000																									
K	-0.326	0.098	-0.220	-0.273	0.135	0.205	-0.223	-0.213	-0.224	0.103	-0.007	0.336	-0.041	-0.201	-0.212	-0.224	1.000																								
LA	-0.329	0.579	0.097	-0.533	-0.018	0.165	0.087	0.520	0.146	0.443	-0.255	0.404	-0.027	0.078	0.100	0.125	0.005	1.000																							
LI	-0.140	0.189	-0.034	-0.254	-0.091	0.222	-0.034	0.143	0.044	0.285	-0.173	-0.015	-0.209	-0.066	-0.026	0.223	0.120	0.139	1.000																						
MG	-0.427	0.244	-0.290	-0.425	-0.115	0.225	-0.291	-0.039	-0.247	0.113	-0.230	-0.006	-0.391	-0.362	-0.278	-0.164	0.492	0.093	0.726	1.000																					
MN	0.519	0.202	0.997	-0.052	0.211	0.426	0.997	0.388	0.988	0.563	-0.263	0.276	0.534	0.958	0.998	0.932	-0.221	0.131	0.009	-0.252	1.000																				
MO	0.096	0.190	0.167	-0.056	0.071	-0.020	0.163	-0.074	0.154	0.356	-0.042	0.121	0.192	0.280	0.166	0.287	0.308	0.250	0.238	0.033	0.172	1.000																			
NA	-0.532	0.165	-0.329	-0.490	-0.323	0.201	-0.334	0.474	-0.241	0.287	0.209	0.127	-0.281	-0.363	-0.322	-0.272	0.210	0.460	0.333	0.308	-0.287	-0.016	1.000																		
NI	0.486	0.196	0.982	-0.091	0.189	0.503	0.983	0.411	0.978	0.615	-0.206	0.278	0.540	0.939	0.985	0.904	-0.152	0.112	0.026	-0.198	0.987	0.164	-0.232	1.000																	
P	0.431	0.371	0.965	-0.130	0.207	0.426	0.963	0.499	0.950	0.552	-0.315	0.394	0.474	0.911	0.965	0.895	-0.254	0.295	-0.006	-0.271	0.967	0.159	-0.178	0.951	1.000																
PB	0.548	0.164	0.992	-0.009	0.241	0.408	0.993	0.364	0.987	0.551	-0.241	0.273	0.579	0.964	0.993	0.931	-0.230	0.093	-0.017	-0.304	0.992	0.189	-0.326	0.979	0.954	1.000															
RB	-0.316	0.105	-0.196	-0.286	0.068	0.061	-0.200	-0.207	-0.211	0.140	-0.044	0.478	-0.062	-0.161	-0.189	-0.201	0.924	0.138	0.071	0.396	-0.197	0.400	0.221	-0.144	-0.212	-0.204	1.000														
S	0.344	-0.298	0.089	0.331	0.340	0.149	0.089	0.236	0.146	0.235	0.251	-0.019	0.550	0.199	0.083	0.032	-0.085	-0.158	-0.169	-0.280	0.074	-0.040	-0.190	0.107	0.043	0.139	-0.163	1.000													
SB	0.549	0.185	0.999	-0.002	0.229	0.394	0.999	0.346	0.978	0.515	-0.249	0.280	0.538	0.966	0.999	0.923	-0.226	0.086	-0.036	-0.294	0.996	0.164	-0.337	0.981	0.960	0.992	-0.199	0.090	1.000												
SE	0.815	-0.100	0.804	0.507	0.255	0.126	0.804	0.146	0.755	0.201	-0.009	0.124	0.590	0.842	0.793	0.716	-0.369	-0.234	-0.200	-0.502	0.771	0.110	-0.568	0.746	0.705	0.802	-0.333	0.315	0.810	1.000											
SN	0.396	-0.073	-0.042	0.538	-0.042	-0.264	-0.042	0.001	-0.058	-0.236	0.202	-0.036	0.065	0.017	-0.054	0.115	-0.375	-0.077	0.075	-0.342	-0.061	0.186	-0.101	-0.116	-0.021	-0.034	-0.294	0.039	-0.038	0.307	1.000										
SR	0.147	0.309	0.464	-0.145	0.028	0.657	0.461	0.450	0.488	0.323	-0.057	0.137	0.206	0.424	0.464	0.425	-0.233	0.352	-0.003	-0.191	0.474	-0.016	0.100	0.468	0.540	0.454	-0.231	0.001	0.459	0.284	0.122	1.000									
TE	0.536	0.200	1.000	-0.023	0.229	0.411	1.000	0.354	0.981	0.528	-0.257	0.287	0.541	0.963	1.000	0.926	-0.212	0.100	-0.026	-0.278	0.998	0.166	-0.322	0.985	0.965	0.993	-0.189	0.083	0.999	0.793	-0.054	0.464	1.000								
TI	-0.440	0.081	-0.290	-0.396	-0.050	0.112	-0.292	-0.046	-0.280	0.130	-0.173	0.274	-0.247	-0.325	-0.280	-0.299	0.735	0.080	0.323	0.599	-0.271	0.165	0.476	-0.216	-0.263	-0.296	0.739	-0.256	-0.294	-0.498	-0.355	-0.236	-0.280	1.000							
TL	0.536	0.200	1.000	-0.023	0.229	0.411	1.000	0.354	0.981	0.528	-0.257	0.287	0.541	0.963	1.000	0.926	-0.212	0.100	-0.026	-0.278	0.998	0.166	-0.322	0.985	0.965	0.993	-0.189	0.083	0.999	0.793	-0.054	0.464	1.000	-0.280	1.000						
U	0.492	0.238	0.979	-0.088	0.233	0.441	0.977	0.425	0.975	0.580	-0.271	0.313	0.505	0.939	0.980	0.924	-0.187	0.200	0.050	-0.223	0.984	0.217	-0.232	0.972	0.961	0.973	-0.145	0.055	0.978	0.736	-0.049	0.491	0.980	-0.236	0.980	1.000					
V	0.082	0.326	0.467	-0.311	0.254	0.516	0.464	0.370	0.521	0.727	-0.423	0.239	0.339	0.460	0.478	0.474	0.189	0.374	0.454	0.435	0.510	0.189	0.193	0.534	0.487	0.467	0.184	-0.050	0.462	0.107	-0.333	0.296	0.478	0.307	0.478	0.529	1.000				
ZN	0.521	0.176	0.980	-0.052	0.212	0.439	0.981	0.420	0.996	0.603	-0.257	0.264	0.557	0.946	0.982	0.949	-0.211	0.145	0.088	-0.220	0.989	0.202	-0.251	0.975	0.950	0.987	-0.193	0.106	0.979	0.753	-0.032	0.469	0.982	-0.262	0.982	0.977	0.539	1.000			

