



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“CARACTERIZACIÓN DE LOS MINERALES DE ALTERACIÓN  
HIDROTHERMAL EN LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LAS QUEBRADAS  
CHORRERA CHICO Y EL BICUNDO, PROYECTO LA BONITA,  
SUCUMBÍOS-ECUADOR”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN GEOLOGÍA**

Presentado por:

**KATHERINE MICHELLE DÍAZ MEDINA**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2017**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias amado Dios, porque estoy viendo cumplirse tus promesas en mi vida.

A mi familia, quienes han sido testigos de lo largo que fue el camino y de todo el amor, esfuerzo, entrega y tiempo dedicado a mi carrera y a esta tesis, muchas gracias.

Extiendo mis más sinceros agradecimientos a los docentes que han colaborado guiándome y haciendo más claras mis ideas.

A mis amigos, Christian y Davis, por darme ánimos, escucharme y ayudarme en todo momento.

## **DEDICATORIA**

A los tres Marcos y Adelita, mi familia.

Las familias son la brújula que nos guían. Son la inspiración para llegar a grandes alturas, y nuestro consuelo cuando ocasionalmente fallamos. — Brad Henry.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

MSc. Jorge Coronel  
Coordinador de Materia  
Integradora

---

PhD. Maurizio Mulas

Tutor de Tesis

---

MSc. Ángel Chávez  
Vocal Principal



## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Michelle DM

## **RESUMEN**

El presente proyecto de grado realiza la caracterización de los minerales de alteración hidrotermal en la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo, en el proyecto de exploración minera La Bonita, Sucumbíos-Ecuador, haciendo un análisis macroscópicos de las rocas recolectadas en campo, así como también la interpretación de los ensambles de alteración a través láminas petrográficas

Todo esto bajo la necesidad de poder determinar las zonas de altas y bajas temperaturas, y de posible interés hidrotermal.

En el primer capítulo se describe generalidades acerca del proyecto de exploración minera La Bonita. Se enuncia el objetivo principal de este proyecto de grado y se plantea una hipótesis referida a la zona de estudio.

El segundo capítulo recopila todo el marco geológico, donde se explica la geología tanto regional como local, que abarca la zona de estudio.

El tercer capítulo trata el marco teórico, donde se explica que es un depósito tipo pórfido de cobre y las alteraciones hidrotermales típicas a este tipo de depósito epitermal.

El cuarto capítulo explica el desarrollo metodológico utilizado para el desarrollo de este proyecto de grado.

El quinto capítulo muestra los resultados obtenidos mediante los datos observados en campo y analizados en laboratorio.

El sexto capítulo expresa el análisis de los resultados. El séptimo y último capítulo redacta las conclusiones y se responde el objetivo general y específico de este proyecto de grado; y se enuncian recomendaciones para aumentar el valor a la investigación y prospección en la zona de estudio.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	VI
<b>ABREVIATURAS</b>	XV
<b>CAPÍTULO I</b>	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1 Generalidades	17
1.1.1 Definición del proyecto de exploración minera La Bonita	17
1.1.2 Ubicación del proyecto	17
1.1.3 Antecedentes	19
1.1.4 Definición del problema	20
1.1.5 Propósito de la investigación	21
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Objetivo general	21
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Hipótesis	22
<b>CAPÍTULO II</b>	23
MARCO GEOLÓGICO	23
2.1 Geología regional	24
2.2 Estratigrafía regional	26
2.2.1 Formación Tena (Satoniano-Campaniano)	27

2.2.2 Formación Napo (Albianao-Santoniano)	27
2.2.3 Granito Condúe (Cretácico?)	28
2.2.4 Plutón La Bonita (Jurásico-Cretácico)	28
2.2.5 Terreno Amazónico (Jurásico-Cretácico Inferior)	28
2.2.6 Terreno Alao (Jurásico)	
2.2.7 Terreno Salado (Jurásico)	29
2.2.8 Plutón Rosa Florida (Jurásico)	29
2.2.9 Granitoides de Zamora (Jurásico)	30
2.2.10 Unidad Cuyuja (Jurásico?)	30
2.2.11 Formación Santiago (Triásico Superior-Jurásico Temprano)	31
2.2.12 Terreno Loja (Paleozoico-Triásico)	31
2.2.13 Formación Macuma (Carbonífero Superior-Pérmico?)	31
2.2.14 Formación Pumbuitza (Silúrico-Devónico)	32
2.3 Tectonismo regional	33
2.4 Geología Local	34
2.4.1 Rocas intrusivas	34
2.4.2 Rocas volcánicas	35
2.4.3 Rocas metasedimentarias	35
2.5 Tectonismo local	36
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>37</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>37</b>

	10
3.1 Depósitos epitermales	38
3.1.1 Depósitos tipo pórfido de cobre	38
3.2 Alteración hidrotermal	44
3.2.1 Clasificación de alteración hidrotermal	44
<b>CAPÍTULO IV</b>	50
<b>METODOLOGÍA</b>	50
4.1 Estudio bibliográfico	53
4.2 Trabajo de campo	56
4.2.1 Descripción de afloramientos y muestreo de rocas	56
4.2.2 Estudio estructural y mapeo geológico	61
4.3 Trabajo de laboratorio	63
4.3.1 Descripción física de las muestras	63
4.3.2 Determinación de las distintas litologías	64
4.3.3 Preparación y descripción de las láminas petrográficas	67
4.3.4 Descripción de las láminas delgadas	69
<b>CAPÍTULO V</b>	73
<b>RESULTADOS</b>	73
5.1 Litologías y ensambles de minerales de alteración hidrotermal	74
<b>CAPÍTULO VI</b>	128
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	128
6.1 Análisis de las litologías	129

	11
6.2 Análisis de los ensambles Minerales	136
6.3 Interpretación geológica	141
<b>CAPÍTULO VII</b>	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
<b>Anexos</b>	149
<b>Bibliografía</b>	160

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación del proyecto de exploración minera La Bonita, Sucumbíos-Ecuador	19
Figura 2.1. Columna estratigráfica de la Cordillera Real	27
Figura 3.1. Modelo telescopiado de mineralización de alteración-mineralización para depósitos tipo pórfido de Cu	43
Figura 3.2. Modelo generalizado las zonas de alteración-mineralización para un depósito tipo pórfido de Cu	44
Figura 3.3. Representación esquemática de la secuencia de alteración-mineralización generalizada en sistemas de pórfido de Cu en relación con la paleoprofundidad y la vida útil del sistema	44
Figura 3.4 Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos epitermales	47
Figura 3.5 Ensamblajes de minerales de alteración hidrotermal	50

	12
Figura 4.1 Esquema de la metodología de trabajo aplicada para el desarrollo de la tesis	54
Figura 4.2 Publicaciones referenciales e informe técnico revisados	55
Figura 4.3 Mapa de estaciones para el análisis geológico-estructural y toma de muestras	57
Figura 4.4 Mapa de estructuras tomadas en la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo	62
Figura 4.5 Ejemplo del cálculo porcentual de los minerales componentes para dar nombre a las rocas ígneas intrusivas	65
Figura 4.6 Diagrama e Streckeisen para la clasificación de rocas ígneas	66
Figura 4.7 Procedimiento para la elaboración de láminas petrográficas	68
Figura 4.8 Representación de la malla digital para determinar porcentaje de composición mineralógica de las láminas petrográficas	70
Figura 5.1 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración (1/3)	122
Figura 5.2 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración (2/3)	123
Figura 5.3 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración (3/3)	124
Figura 5.4 Mapa de litologías para las 11 láminas petrográficas analizadas	125



	13
Figura 5.5 Mapa de distribución de minerales de alteración hidrotermal para las 11 láminas petrográficas	126
	127
Figura 6.1 Determinación Del Nombre De La Roca Para Litología 1	131
Figura 6.2 Determinación Del Nombre De La Roca Para Litología 2	132
Figura 6.3 Determinación Del Nombre De La Roca Para Litología 3	133
Figura 6.4 Mapa litológico de la zona de estudio	
Figura 6.5 Mapa de distribución de ensambles de alteración hidrotermales para las 11 láminas petrográficas	138
Figura 6.6 Mapa de distribución de ensambles de alteración hidrotermal de la zona de estudio.	139

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo (1/3)	58
Tabla II. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo. (2/3)	59
Tabla III. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo. (3/3)	60
Tabla IV. Estructuras tomadas durante la campaña de campo	61
Tabla V. Relación entre las muestras, litologías y ensambles minerales de las láminas	122

Tabla VI. Litologías y ensambles minerales de las láminas petrográficas

123

## ABREVIATURAS

Qtz	Cuarzo
Cz	Clinozoicita
Cl	Clorita
Ep	Epidota
Fs	Feldespatos
Hm	Hematita
Hb	Hornblenda
Ill	Illita
Mnt	Montmorillonita
Ms	Moscovita
Opx	Ortopiroxeno
Py	Pirita
Pl	Plagioclasa
Pnh	Prehnita
Pmp	Pumpellita
S	Sericita

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

La Empresa Nacional Minera (ENAMI EP) a la fecha del presente estudio es quien preside el desarrollo del Proyecto de Exploración Minera La Bonita, que está conformado por las concesiones La Chispa, Rosa Florida, La Bonita y Enami 25. Hasta el momento las actividades de exploración se encuentran en etapa de exploración inicial.

Este proyecto de grado aspira identificar los ensambles minerales de alteración hidrotermal para 40 muestras de rocas aflorantes obtenidas en campo en la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo, mediante análisis microscópico y así poder delimitar la zona de interés hidrotermal.

Se utilizó una técnica visual para la caracterización petrográfica y mineralógica. La realización de láminas petrográficas da una mayor perspectiva de la distribución y concentración espacial de los minerales de alteración, poder identificar las zonas de mayor y menor temperatura que permita definir un vector de alteraciones dentro de la zona de estudio.

## **1.1 Generalidades**

### **1.1.1 Definición del proyecto de exploración minera La Bonita**

La Empresa Nacional Minera ENAMI EP inicia el “Estudio de Prospección y Exploración Inicial del Proyecto La Bonita”, con el principal objetivo de identificar y delimitar anomalías para cobre y oro, que se encontrarían en el área y definir posibles recursos.

### **1.1.2 Ubicación del proyecto**

El Proyecto de Exploración Minera La Bonita está localizado en la provincia de Sucumbíos, cantón Sucumbíos, entre las parroquias La Bonita, Rosa Florida y la Sofía, en las estribaciones Orientales de la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos. El sector se ubica cerca de la frontera con Colombia, cuyo límite fronterizo lo constituye el Río Chingual hasta el sector Rosa Florida. El proyecto está conformado por cuatro concesiones mineras, denominadas La Bonita, Rosa Florida, La Chispa. La extensión total es de 13.590 hectáreas y una concesión en trámite ENAMI 25 que comprende 4.824 hectáreas. Se extiende en una superficie con altitudes que fluctúan entre los 3.500 y 1.200 msnm, con un relieve con pendientes mayores a 40° (Ver Figura 1.1).

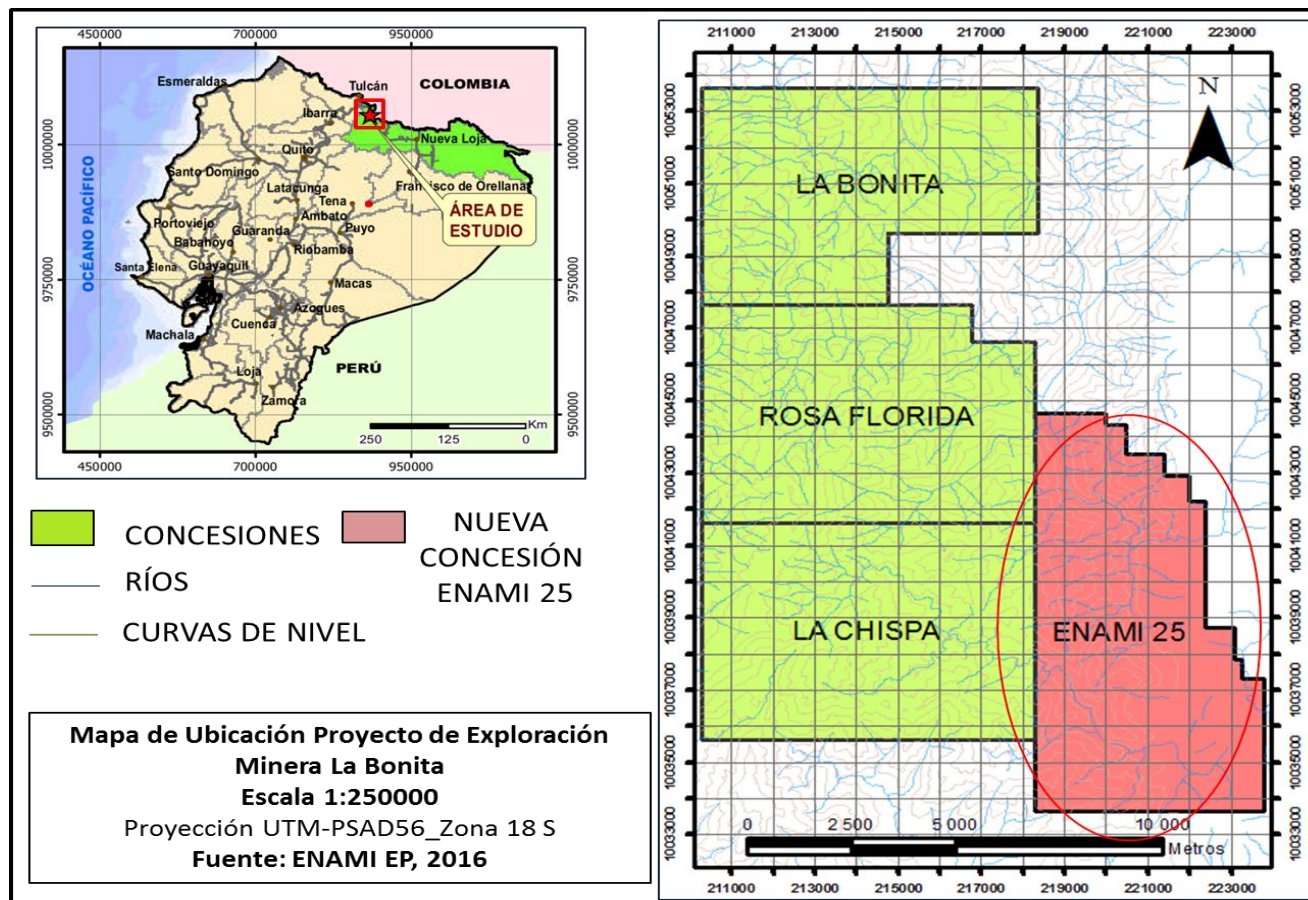


Figura 0.1 Mapa de ubicación del proyecto de exploración minera La Bonita, Sucumbíos-Ecuador.  
**Fuente: Enami EP, 2016.**

### 1.1.3 Antecedentes

A lo largo del tiempo el estado ecuatoriano se encargó de la investigación en esta zona de interés. En 1994 INEMIN/CODIGEM junto con BGS (British Geological Survey) realizaron muestreos a lo largo de la Cordillera Real, en donde se incluían las áreas que actualmente son concesiones para el Proyecto de Exploración Minera La Bonita, es así como se identificó un prospecto de polimetálicos principalmente de Cu-Pb-Zn.

Desde 1996 hasta 1998, la minera australiana realizó una campaña de perforación en el sector que comprendía a la mina El Encanto y una exploración inicial en el sector la Chispa. Posterior a esto Saxón Gold S.A., en 1998 levantó una campaña de exploración inicial que duró 2 años en el mismo sector, logrando identificar dos sets de mineralización, una zona de cizalla que aloja Au en rocas metamórficas y mineralización de Cu muy parecida a la del pórfido de Cu Billiton (Corriente del Sur).

Los primeros estudios de impacto ambiental del proyecto se dieron en el 2001 y por parte de All Metals Minerals S.A, quien mantuvo las concesiones del proyecto y realizó hasta el 2009. La compañía realizó estudios de exploración básica del que lograron determinar

que la mineralización de Au viene acompañada con sulfuros diseminados, metales preciosos, cuarzo vetiforme y brechado.

La participación del ENAMI EP comienza desde mayo del 2013, ejecutándose una prospección y exploración sistemática, fundamentada en mapeos geológicos y toma de muestras para análisis geoquímico (Enami EP, 2016).

#### **1.1.4 Definición del problema**

Toda vez terminado un análisis petrográfico, es importante confirmar la presencia de asociaciones de minerales, que indiquen la distribución espacial de las zonas de altas y bajas temperaturas. Se debe identificar los minerales de alteraciones de manera macroscópica y microscópica, para luego clasificarlos en ensambles o asociaciones de minerales de alteración hidrotermal, con la finalidad de relacionarlos según corresponda a las zonas de alteraciones hidrotermales dentro del modelo de alteraciones para un pórfido de cobre.

A lo que se pregunta, ¿Cuáles son los minerales de alteración identificados macroscópicamente y microscópicamente?, ¿Cuál es



el ensamble caracterizado para la zona basado en los minerales de alteración identificados?

#### **1.1.5 Propósito de la investigación**

Determinar los minerales de alteración hidrotermal mediante el análisis macroscópico y mesoscópico de las muestras permitirá clasificarlos en ensambles de alteración hidrotermal y, la elaboración de los mapas de distribución y concentración de las alteraciones, ayudará a distinguir si lo observado en campo sigue algún patrón o modelo.

### **1.2 Objetivo**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar los minerales de alteración hidrotermal de las rocas aflorantes en la zona comprendida entre las Quebradas Chorrera Chico y Bicundo, mediante análisis microscópico de las muestras, para la delimitación de zonas de interés hidrotermal.

### **1.2.2 Objetivo específico**

- Definir la litología predominante de la zona, a través del análisis de láminas petrográficas para la elaboración de mapa litológico de la zona de estudio.
- Identificar los minerales de alteración presentes en la zona de estudio, mediante la observación de láminas petrográficas, para la elaboración de mapas de distribución de minerales de alteraciones hidrotermales.
- Asociar los minerales de alteración hidrotermal, con la ayuda de los datos observados en laboratorio, para la determinación de los ensambles de alteración hidrotermal.
- Elaborar mapa de distribución de ensambles de alteración hidrotermal, mediante los datos observados en laboratorio, para establecer la zona de interés hidrotermal.

### **1.3 Hipótesis**

En la concesión ENAMI 25 se presume un ensamble de alteración cuarzo sericita +/- (con o sin) pirita.

# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO GEOLÓGICO**

## 2.1 Geología regional

El Ecuador se encuentra atravesado longitudinalmente en la Región Sierra por una cadena montañosa de 650 Km de largo y 150 Km de ancho, dividiendo al país en dos cordilleras paralelas, la Cordillera Real y Cordillera Occidental.

La Cordillera Real está constituida por rocas metamórficas de edad Paleozoica a Mesozoica Temprana y por terrenos alóctonos del Cretácico Superior está intruida por complejos de Granitoides (Litherland, 1994).

El Oriente ecuatoriano geológicamente está denominado como una cuenca de tras arco Andino, limitada al oriente por las rocas precámbricas del escudo de Guyana y al occidente por la Cordillera Real. Es además un sinclinal asimétrico de gran extensión de los Andes, desde Venezuela a Bolivia. Los sedimentos que cubren a esta cuenca tienen una potencia máxima de 12 Km y tectónicamente está deformada en el Terciario Superior (Baldock, 1982). En esencia el Oriente ecuatoriano está compuesto por rocas del Paleozoico y Mesozoico, en las cuales subyace el escudo de Guyana. En general estas rocas están cubiertas por formaciones sedimentarias marinas y continentales de edades pre eocénica, sobreyacidas por formaciones sedimentarias del tras arco Pos

Oligocénico. Durante la transgresión marina en el Cretácico se formaron rocas sedimentarias, dando lugar a las formaciones Hollín, Napo y Tena (Litherland, 1994).

## **2.2 Estratigrafía regional**

Considerando el área que comprende al Proyecto La Bonita, se encuentra ubicado en las estribaciones de la Cordillera Real, por lo que se ha tomado en cuenta la cartografía geológica, enfatizada en las unidades al Norte de la latitud  $0^{\circ}15'$  Norte. (Litherland, 1994) (Ver Figura 2.1).

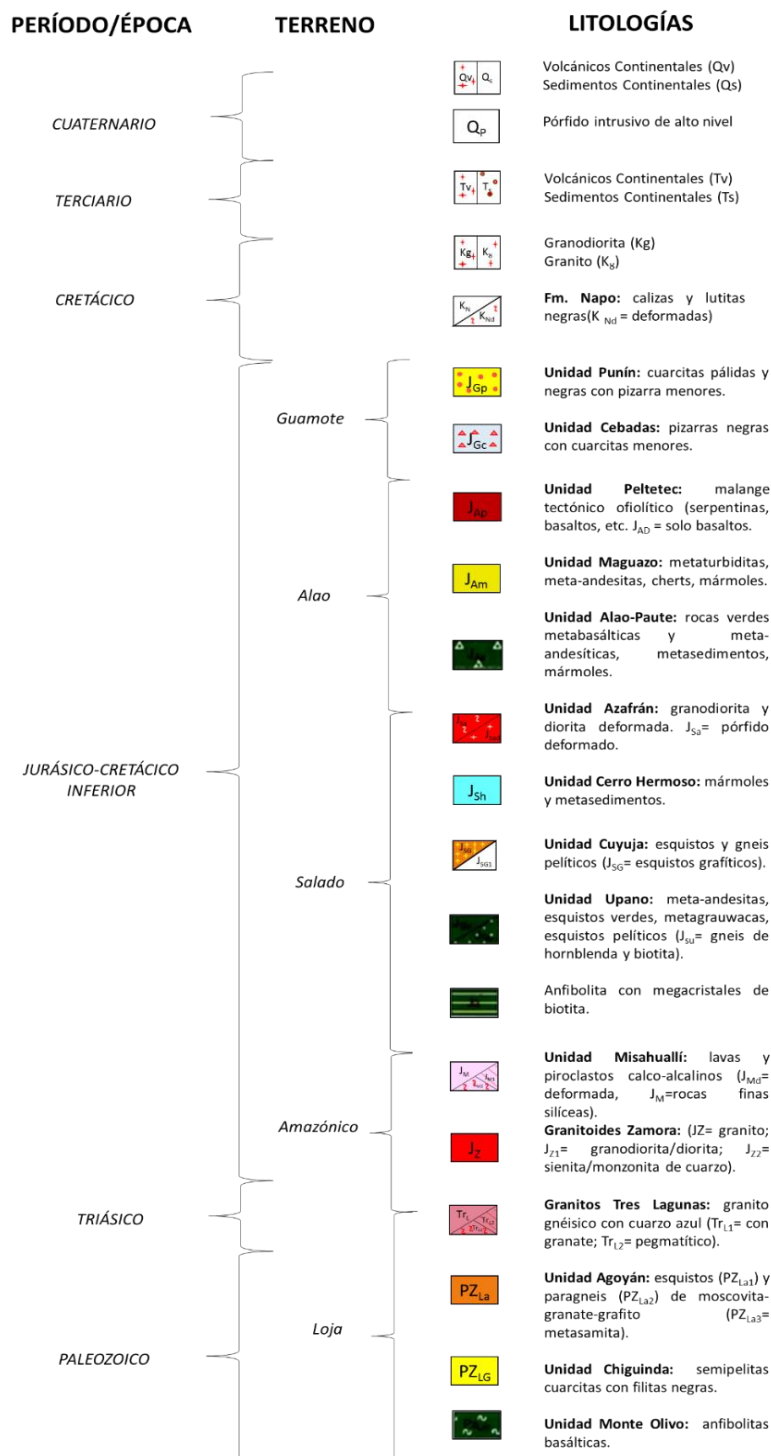


Figura 0.2. Columna Estratigráfica de la Cordillera Real.

Fuente: Modificado de Litherland, 1994.

### **2.2.1 Formación Tena (Santoniano-Campaniano)**

Se encuentra en contacto aparentemente concordante con la formación Napo. La formación Tena corresponde a arcillas pardo rojizas, alcanzando potencias de hasta 1000 metros (Jaillard, 1997).

### **2.2.2 Formación Napo (Albiano-Santoniano)**

Es una serie variable de calizas fosilíferas grises a negras entremezcladas con areniscas calcáreas y lutitas negras. Al poseer componentes bituminosos se considera a las rocas de esta formación como la roca madre del petróleo.

Sobreyace en contacto concordante a la formación Hollín. Las capas rojas de la Formación Tena las cubre con una ligera concordancia erosiva.

Litológicamente se encuentra dividida en tres litologías, a la base está Napo Inferior compuesta por areniscas, lutitas con calizas subordinadas. Le sigue Napo Medio constituido por calizas y afloran con potencias entre 70 a 90 metros. Al tope se encuentra Napo Superior y consiste en lutitas verdes grisáceas hasta lutitas negras interestratificadas con calizas grises (Jaillard, 1997).

### **2.2.3 Granito Condúe (Cretácico?)**

Se trata de un granito pálido rico en biotita. Aflora en una sección poco accesible en la congruencia de los ríos Condúe y San Jorge, también presente en los ríos Cofánes y Condúe cerca de La Sofía (Litherland, 1994).

### **2.2.4 Plutón La Bonita (Jurásico-Cretácico)**

Forma parte de la Unidad Granitoides de Azafrán, tectónicamente debajo el complejo de Napas-Cuyuja. La litología dominante está conformada por un ortogneis biotítico y una granodiorita con porfiroblastos de biotita de hasta 1.5 cm. Presenta aureolas de metamorfismo de contacto con rocas sedimentarias (Litherland, 1994) (Duque, 2000).

### **2.2.5 Terreno Amazónico (Jurásico-Cretácico Inferior)**

Limitado hacia el oeste por la falla Cosanga-Méndez y al este por la cuenca Oriente, está conformado por productos volcánicos no diferenciados, rocas silíceas y deformadas de la Unidad Misahuallí que afloran junto a las rocas de la Unidad Azafrán en el Sector de La Bonita. Estas secuencias son intruidas por dioritas y granodioritas



tipo I del Complejo de Batolitos Zamora (Aspden y otros, 1992) que incluye el Plutón de Rosa Florida y está separado del Plutón La Bonita (Baldock, 1982).

### **2.2.6 Terreno Alao (Jurásico)**

Delimitado al este por el Frente Baños y al oeste por la falla Peltetec. Litológicamente está conformado por la intercalación de esquistos verdes, grafitosos y pelíticos de la Unidad Alao-Paute, metasedimentos de la subdivisión El Pan, metaturbiditas y metavolcánicos de la Unidad Maguazo y el cinturón ofiolítico de la Unidad Peltetec. Aflora contiguo a la subdivisión Cebadas del terreno Guamote (Litherland y otros, 1994).

### **2.2.7 Terreno Salado (Jurásico)**

Lo constituye el relicto de una cuenca marginal desarrollada sobre corteza continental. Está formado por metasedimentos de origen volcánico y meta-andesitas calcoalcalinas agrupados dentro de la unidad jurásica Cuyuja. Posiblemente es equivalentes laterales con los volcánicos jurásicos de la unidad Misahuallí. Representa parte del magmatismo Jurásico Medio a Cretácico Inferior del segmento norte la Cordillera Real (Litherland, 1994).

### **2.2.8 Plutón Rosa Florida (Jurásico)**

Forma parte del Plutón La Bonita y es constituyente de los granitoides de Zamora. Se caracteriza por su color rosado brillante generado por los feldespatos de K, alojados en sienitas. Litológicamente está constituido por cuarzomonzonitas de grano grueso y cuarzo sienita biotítica de grano grueso (Litherland, 1994) (Duque, 2000).

### **2.2.9 Granitoides de Zamora (Jurásico)**

Conformados por tres granitoides superiores: Plutón Rosa Florida, Granito de Abitagua, Batolito de Zamora. No es metamorfizado y afloran sobre el Cratón Amazónico y dan forma a una cadena Sub-Andina asociada a rocas volcánicas de la Unidad Misahuallí (Litherland, 1994) (Duque, 2000).

### **2.2.10 Unidad Cuyuja (Jurásico?)**

Es una subdivisión metasedimentaria del Terreno Salado que ocurre principalmente al norte de la cordillera Real. Posiblemente es un equivalente lateral con los volcánicos jurásicos de la unidad Misahuallí (Litherland, 1994) y, la cual puede ser correlacionado con el metamorfismo existente en el sector de La Bonita.

### **2.2.11 Formación Santiago (Triásico Superior-Jurásico Temprano)**

Conformada por calizas y areniscas volcanoclásticas, el ambiente de depositación es continental a marino proximal. Al oeste están directamente cubiertas por rocas indiferenciadas Albianas del Cretácico Superior del Grupo Limón (Equivalente de las Formaciones Hollín, Napo y Tena) (Baldock, 1982).

### **2.2.12 Terreno Loja (Paleozoico-Triásico)**

Ubicado de este a oeste entre el Frente Baños y la Falla Llanganates. Compuesto por cuarcitas, filitas negras de la Subdivisión Chiguinda, esquistos pelíticos con moscovita y granate de la Unidad Agoyán, anfibolitas de la Unidad Monte Olivo y que cortan a manera de sill a

los sedimentos pre-metamórficos Agoyán y Chiguinda (Litherland, 1994).

### **2.2.13 Formación Macuma (Carbonífero Superior-Pérmico?)**

Constituida por calizas bioclásticas y lutitas negras sobreyacidas por pizarras y calcitas blancas a verdosas, también muy comunes en la Formación Pumbuiza. Se distinguen tres miembros afines a eventos eustáticos:

- *Miembro regresivo inferior*: tres secuencias conformadas por arcillas pizarrosas, areniscas y calizas bioclásticas. Al tope se encuentran arcillas rojas que pueden indicar una emersión.
- *Miembro transgresivo*: constituido por dos secuencias, la primera frecuencia está formada por calizas blancas bioclásticas y arcillas pizarrosas, la segunda frecuencia inicia con areniscas glauconíticas granodecrecientes y finaliza con arcillas oscuras.
- *Miembro transgresivo superior*: consiste en una secuencia de arcillas oscuras, sobreyacida por calizas con trilobites.

#### **2.2.14 Formación Pumbuitza (Silúrico-Devónico)**

Aflora al noreste del cerro Macuma y en la cordillera de Tiririco, está sobreyacida en discordancia angular con la formación Macuma, consta de pizarras grises a negras (algunas gráficas) y con intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano fino bien consolidadas y conglomerados de color gris con clastos subangulosos a subredondeados (Enami EP, 2016).

### **2.3 Tectonismo regional**

La Cordillera Real tiene como principales sistemas tectónicos: La Satura de Peltetec por donde se acrecionó el Terreno Guamote; El Frente Baños es una sutura cuya expresión actual es la Falla Baños y que se relaciona con la Falla Las Aradas en el Perú (Aspden, 1992); La Falla los Llanganates que separa los Terrenos metamórficos Loja y Salado presentando zonas de corrimiento con movimiento mesozoico y la falla Casanga-Méndez que junto a la falla La Sofía exhiben un tren NE-SO con movimiento cenozoico dextral y zonas de milonitización N-S (Litherland, 1994).

El segmento Chingual cruza y afecta tectónicamente al Proyecto La Bonita, y genera fallas y fracturas menores que se evidencian en los afloramientos a lo largo de la vía La Bonita-La Sofía (Litherland, 1994).

El segmento Chingual cruza y afecta tectónicamente al Proyecto La Bonita, y genera fallas y fracturas menores que se evidencian en los afloramientos a lo largo de la vía La Bonita-La Sofía (Litherland, 1994).

## **2.4 Geología local**

### **2.4.1 Rocas intrusivas**

La zona de estudio está en su mayoría conformada por rocas cuarzomonzonitas y granodioritas, con extensiones desde la parte norte de la Concesión La Bonita, en la parte centro-oriental extremo este y oeste de la concesión Rosa Florida, intercaladas por un cinturón metamórfico.

Se destacan afloramientos que corresponden a parte de los granitos de Azafrán y plutón Rosa Florida que pertenecen a un cinturón de granitoides tipo I (Aspden, 1992), metamorfizados a lo largo del borde

oriental norte de la Cordillera Real y son afectados tectónicamente por el Complejo Napas Cuyuja.

#### **2.4.2 Rocas volcánicas**

Afloran en la vía La Bonita-Rosa Florida a la altura del puente del río Sucios, se encuentran en secuencias locales de dacitas-riodacitas y tobas dacíticas, ignimbritas y volcano-sedimentos, cuyo posible origen es el volcán el Soche ubicado al Noreste del área de estudio.

El flujo La Bonita presenta una matriz porfirítica con fenocristales de cuarzo y en ocasiones biotita en una matriz vítrea de composición ácida (Enami EP, 2016).

#### **2.4.3 Rocas metasedimentarias**

La secuencia en Río Palmar presenta tres fases distinguibles. La primera fase corresponde a sedimentos pelíticos gris oscuros medianamente consolidados, en estratos de alta potencias y con poca intercalación de sedimentos psamíticos. Localmente se observan sedimentos calcáreos pelíticos así como también

calcarenitas de tonalidades cremas y verdosas, se aprecian vetillas milimétricas de carbonatos. La segunda fase cuenta con una estratificación constante rítmica de sedimentos pelíticos y psamíticos en estratos de 5 hasta 15 cm, en disposición sub-vertical con tonalidades oscuras y claras usualmente bien consolidadas. En la tercera fase la litología que se aprecia está conformada por pizarras producto de un metamorfismo de contacto respecto a rocas intrusivas con variación de granodioritas a cuarzomonzonitas (Enami EP, 2016).

## **2.5 Tectonismo local**

El proyecto La Bonita se rige estructuralmente por fallas de sobre cabalgamiento tendencia regional NE-SO, falla La Sofía, falla La Bonita, falla Rosa Florida, falla Puerto Libre) y E-O (falla La Barquilla. El metamorfismo de la zona se produjo por una serie de eventos tectónicos y magmáticos que consecuentemente fueron separados por importantes fallas regionales con dirección preferencial NE-SO. (Enami EP, 2016).



# **CAPÍTULO 3**

## **MARCO TEÓRICO**

## 3.1 Depósitos epitermales

### 3.1.1 Depósitos tipo pórfido de cobre

La mineralización de los depósitos tipo pórfidos de cobre mantienen un patrón de las zonas de alteración y mineralización, comprendida centralmente de abajo hacia arriba en las zonas sódico-cálcica, potásica, clorítica-sericítica, sericítica y argílica avanzada (Meyer y Hemley, 1967) (Ver Figura 3.1).

Los diferentes tipos de alteración-mineralización datan más jóvenes del centro hacia arriba, de tal manera que las alteraciones más superficiales permiten reconstruir, en partes, las alteraciones más profundas. (Ver Figura 3.2, Figura 3.3)

La alteración sódico-cálcica está compuesta por sulfuros y pocos metales, a excepción de Fe, como magnetita. En depósitos tipo pórfido de cobre, en ocasiones aloja mineralización rica en Au (por ejemplo, Nugget Hill, Filipinas), donde también es común encontrar algunos híbridos potásicos-cálcicos (biotita actinolita-magnetita) (por ejemplo, Santo Tomás II, Ridgeway y Cotabambas, sur de Perú (Sillitoe y Gappe, 1984); (Wilson y otros, 2003) (Perelló y otros, 2004b).

Los depósitos tipo pórfidos de Cu, especialmente los formados a profundidad o relativamente erosionados como El Abra (Ambrus, 1977) (Dean y otros, 1996), en el norte de Chile (Camus, 1975), tienen predominancia de alteración potásica, localizada en los márgenes de la zona propilítica poco desarrollada.

Si se trata de una intrusión de pórfido relativamente máfico, la biotita será el mineral predominante dentro de la alteración, pero si se trata de configuraciones de rocas monzoníticas, granodioríticas a cuarzos, los feldespatos K serán más abundantes. Las plagioclasas sódicas pueden aparecer en ambos escenarios.

La zona potásica de algunos depósitos pórfido de cobre, está limitada por el ensamble mineral calcopirita  $\pm$  bornita, caracterizando las partes centrales más profundas de muchos depósitos de este tipo.

La alteración de la clorítica-sericítica, se distingue por rocas de color verde pálido. Está localizada en la parte más superficial de algunos depósitos pórfido de cobre ricos en Au. Ésta alteración se caracteriza por el cambio parcial o completo de los minerales máficos en clorita, plagioclasa a sericita y / o illita, magmática y cualquier magnetita hidrotérmica a hematita (martita y / o especularita), junto con

deposición de pirita y calcopirita, pudiendo llegar a sufrir una disminución de la concentración de valores de Cu y/o Au (por ejemplo, Esperanza, norte de Chile, (Perelló y otros, 2004a). La introducción de metales también es ampliamente reconocida (Leach, 1999; Padilla Garza y otros, 2001; Harris y otros, 2005; Masterman y otros, 2005).

Las alteraciones sericíticas en los depósitos de pórfido de Cu, por lo general destruyen los ensambles potásicos y cloríticos-sericíticos, aunque los halos sericíticos de vetas están zonificados hacia afuera a la alteración clorita-sericita en lugares (Dilles y otros, 1992).

La alteración sericítica, está subdividida en dos tipos diferentes: una temprana, de color verdoso a gris verdoso y una variedad de color blanca y algo posterior. Está dominada por pirita, por tanto no hay presencia de Cu ( $\pm$  Au), sin embargo puede estar constituida por mineral en donde el Cu apreciable continúa junto con la pirita, presentándose en forma de calcopirita o ensambles minerales de alta sulfuración (pirita-bornita, pirita-calcocita, pirita-covellita, pirita-enantita y pirita-enargita (Einaudi y otros, 2003).

Las alteraciones argílicas avanzadas asociadas a intrusiones alcalinas son poco desarrolladas en depósitos de tipo pórfido de

cobre (Sillitoe, 1999b; Holliday y Cooke, 2007), afectando a las unidades litológicas más débiles como areniscas de cuarzo, rocas ígneas félsicas, presentando parches o zonas vadosa evidenciada fácilmente por la alteración rica en cristobalita, alunita y caolinita de grano fino pulverulento (Khashgerel y otros, 2008; Sillitoe, 1999b).

En varias localidades, la alteración argílica avanzada en los fondos de litocapas exhibe una textura parcelar característica, comúnmente definida por los remiendos de pirofilita ameboide incrustados en roca silicificada (por ejemplo, Escondida y Yanacocha (Padilla Garza y otros, 2001; Gustafson y otros, 2004)). Sin embargo, los parches de pirofilita pueden contener alunita o caolinita, lo que sugiere que la textura puede ser el resultado de la nucleación desarrolla durante la alteración potásica o clorita-sericita de rocas fragmentadas

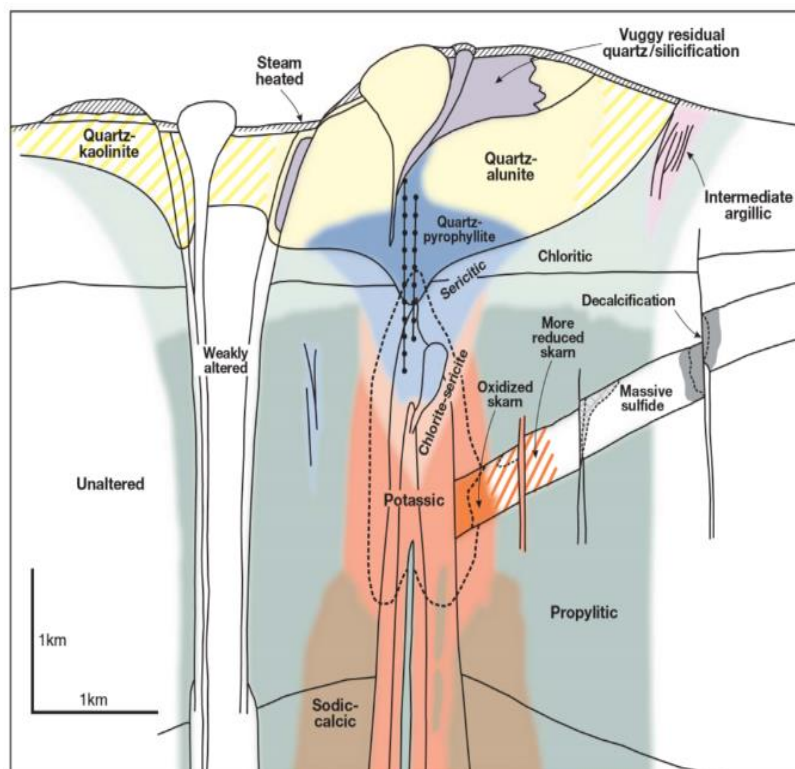


Figura 0.3. Modelo telescopiado de mineralización de alteración-mineralización para depósitos tipo pórfido de cobre

Los volúmenes de los diferentes tipos de alteración varían notablemente de un depósito a otro y suele ser más compleja que la mostrada, especialmente por el control estructural al que está regido cada depósito.

**Fuente:** Sillitoe, 2010.

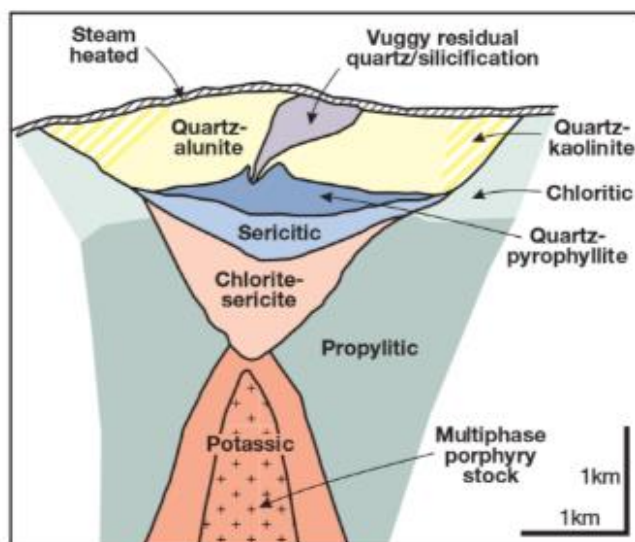


Figura 0.4. Modelo generalizado las zonas de alteración-mineralización para un depósito tipo pórfido de Cu.

Fuente: Sillitoe, 2010.

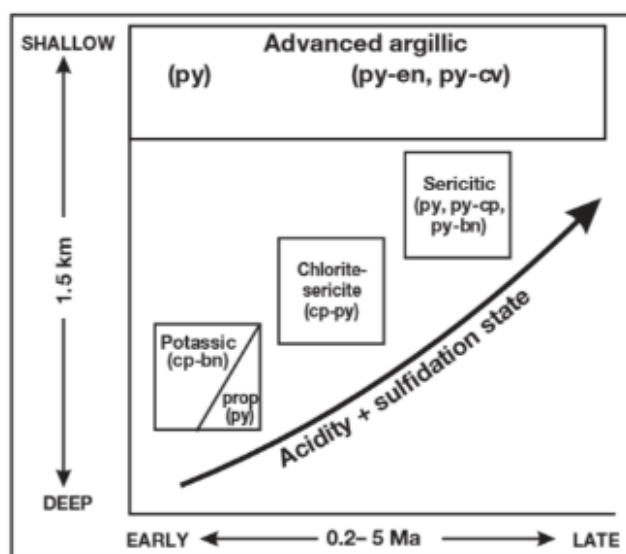


Figura 0.5. Representación esquemática de la secuencia de alteración-mineralización generalizada en sistemas de Cu pórfido en relación con la paleoprofundidad y la vida útil del sistema.

Fuente: Sillitoe, 2010.

### 3.2 Alteración hidrotermal

Las rocas al verse involucradas en un cambio de ambiente tanto en términos químicos como termales, por causa del agua, vapor o gas, tienen una respuesta mineralógica, textural y química llamada alteración hidrotermal. Las rocas por un proceso que ocurre cuando las fases minerales se transforman, crecen, se diluyen y/o precipitan nuevos minerales, debido a las reacciones de intercambio iónico entre los minerales que componen a la roca y el fluido circundante (Maksaev, 2001).

La litología inicial de la roca tiene influencia en la mineralogía secundaria, pero no atribuye tanto como la permeabilidad, temperatura y composición del fluido que pasa por la misma debido a la presencia de fisuras o poros interconectados. La susceptibilidad de alteración varía en los minerales primarios según el tipo de roca.

La mayoría de los estudios de minerales de alteración hidrotermal se concentran en identificar la relación espacial entre minerales, para así determinar los cambios eventuales de formación (Camuti, 2008).

Las variables que controla la formación de minerales de alteración en sistemas hidrotermales se categorizan en siete principales:



- Temperatura-diferencia de temperatura entre la roca y el fluido circundante, la mineralogía inicial se verá mayormente afectada siempre que la temperatura del fluido sea elevada.
- Composición del fluido y concentración, principalmente el pH del fluido hidrotermal, los minerales iniciales que componen a la roca se verán más afectados si se trata de la acción de un fluido ácido.
- Permeabilidad de la roca, si la roca es compacta y sin permeabilidad los fluidos hidrotermales no causarán efecto de alteración, pero ocasionaran fracturamiento hidráulico o disolución de los minerales generando permeabilidad secundaria en ellas.
- Duración de la interacción agua/roca y variaciones de la razón agua/roca, mientras mayor sea el volumen de aguas calientes durante un largo tiempo circulen por las rocas, los cambios mineralógicos serán más completos.
- Composición de la roca, influye para grados relativamente bajos de alteración.
- Presión, siendo un efecto indirecto que controla los procesos secundarios como: la profundidad de ebullición de fluidos, fracturamiento hidráulico (generación de brechas hidrotermales) y explosiones hidrotermales (Maksaev, 2001).

Los estudios realizados por Corbett y Leach (1998), establecieron una clasificación de los minerales de alteración en conjuntos que representan sus condiciones de formación (Ver Figura 3.4).

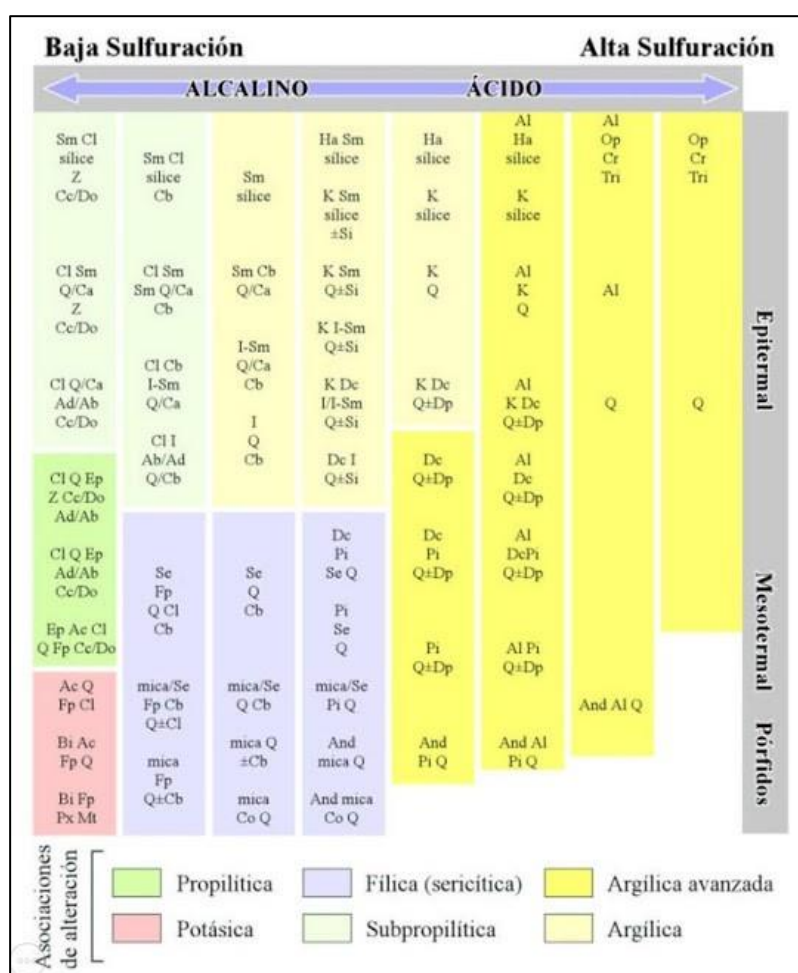


Figura 0.6 Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos epitermales.

Fuente: Corbett & Leach, 1998.

### 3.2.1 Clasificación de alteraciones hidrotermales

La forma más simple para clasificar la alteración hidrotermal es mediante la utilización del mineral más abundante de la roca recolectada, esto con el objeto de tener un criterio más uniforme.

A pesar que esta nomenclatura se emplea comúnmente, hay que resaltar que los minerales de alteración no se presentan individualmente. Los ensambles de minerales de alteración, que reflejan las condiciones de temperatura, presión, composición química del flujo hidrotermal, mineralogía inicial de la roca y el tiempo en el que se dio el equilibrio termodinámico entre la roca y el fluido circundante (Maksaev, 2001).

Algunas denominaciones utilizadas por geólogos de campo son:  
Silicificación, presencia dominante de sílice o cuarzo

1. Sericitización, presencia dominante de sericita
2. Argilización, dominancia de minerales de arcillas
3. Cloritización, dominancia de clorita
4. Epidotización, altas proporciones de epidota
5. Actinolización, presencia dominante de actinolita (Maksaev, 2001) (Ver Figura 3.5).

Las investigaciones realizadas por Meyer y Hemley (1967), llevaron a clasificar a las alteraciones hidrotermales en cuatro tipos de acuerdo a la abundancia de minerales hallados en la roca:

Esamble mineral	Terminología estándar	Ambiente de formación
<b>biotita</b> (flogopita), <b>K-feldespatos</b> , <b>magnetita</b> , cuarzo, anhidrita, albita-plagioclasa sódica, actinolita, rutilo, apatito, sericita, clorita, epidota.	potásica (rica en biotita), K-silicato, biotítica	Generalmente encontrados en el núcleo de los depósitos de pórfido, en particular los alojados por más intrusiones máficas (diorita, monzonita, granodiorita). Se extiende hacia la alteración propilítica.
<b>K-feldespatos</b> , cuarzo, albita, moscovita, anhidrita, epidota	potásica, K-silicato	Se encuentran en el núcleo de los sistemas de pórfido, en particular, alojados en intrusiones felsicas (granodiorita, cuarzo monzonita, granito, sienita)
<b>sericita</b> (moscovita-illita), cuarzo, pirita, clorita, hematita, anhidrita	filica, sericitica	Forma comúnmente un halo periférico alrededor de los depósitos de pórfido, da un overprint a la alteración potásica y puede albergar una mineralización sustancial
<b>sericita</b> (illita-esmectita), <b>clorita</b> , <b>caolinita</b> , montmorillonita, calcita, epidota, pirita	argílica intermedia, sericita-clorita-arcillas (SSC), argílica	Generalmente se forma una estructura controlada por un overprint en otros tipos de alteración (potásica) en muchos sistemas de pórfido; las texturas precursoras se conservan generalmente. El término argílica se utiliza a menudo para la alteración destructiva de la textura que tiene una mineralogía similar rica en arcilla, y que se produce en las partes superiores de los sistemas de pórfido.
<b>pirofilita</b> , <b>cuarzo</b> , sericita, andalusita, diasporo, corindón, alunita, topacio, turmalina, dumordierita, pirita, hematita	argílica avanzada	Alteración intensa, a menudo se forma en la parte superior de los sistemas de pórfido, pero también alrededor de venas ricas en pirita que cruzan otros tipos de alteración
<b>clorita</b> , <b>epidota</b> , <b>albita</b> , calcita, actinolita, sericita, arcillas, pirita	propilítica	Forma comúnmente la zona de alteración más externa en niveles intermedios a profundos en sistemas de pórfido.
<b>cuarzo</b> , rutilo, alunita, barita, hematita, pirita, jarosita	vuggy sílica, cuarzo vuggy	Ocurre típicamente en cuerpos reemplazados de litologías permeables, usualmente en el núcleo de zonas de alteración argílica avanzada (F16:M49a). Esta forma extrema de lixiviación puede ocurrir en las partes superiores de los sistemas de pórfido (telescopiados), pero es más común en los niveles más altos (epitermal).

Tabla I. Resumen de ensamblajes de minerales de alteración, terminología comúnmente usada y ambiente de formación. Fuente: Thompson & Thompson.

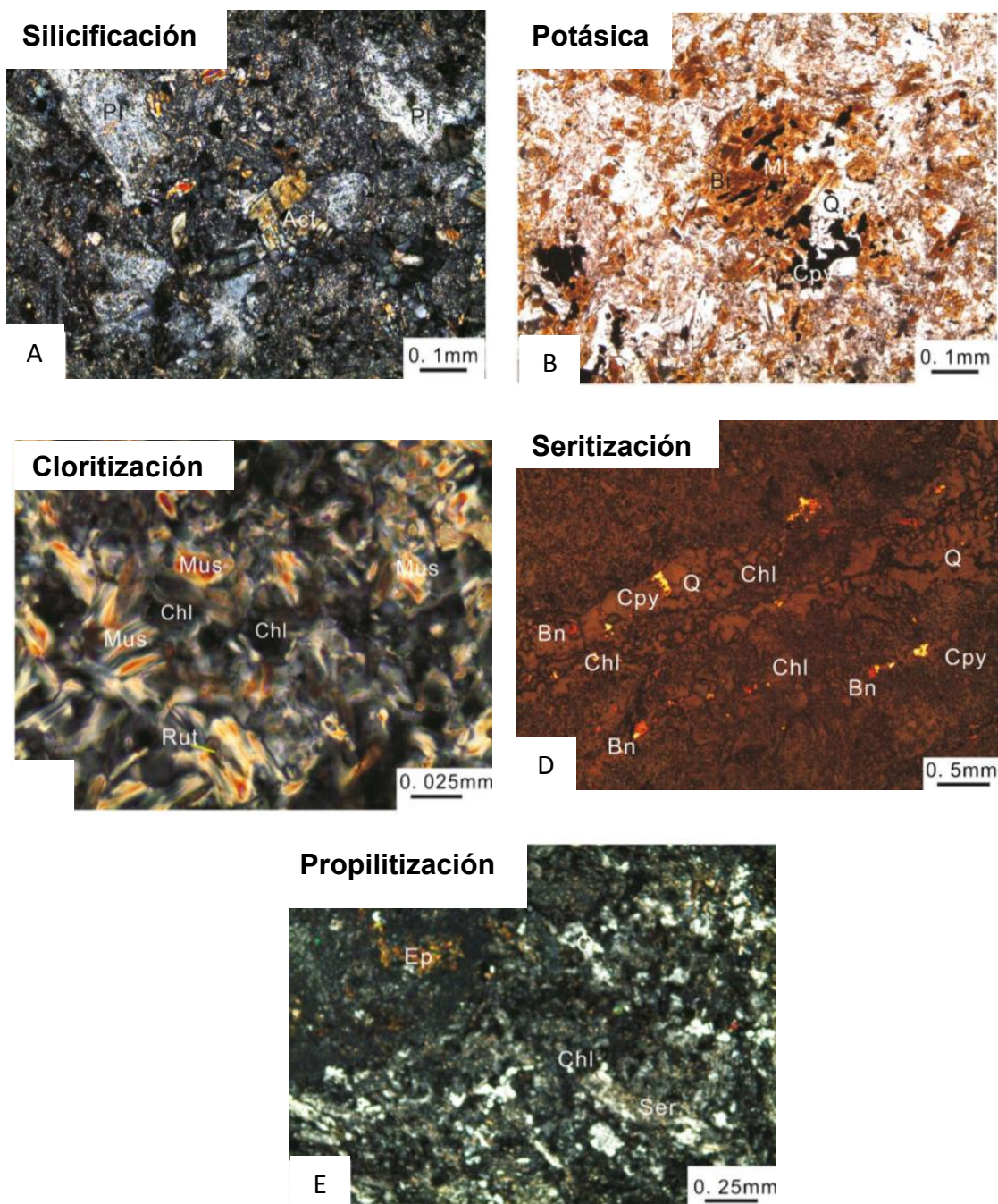


Figura 0.7 Ensamblajes de minerales de alteración hidrotermal

- A. Silicificación (hornblenda reemplazada por actinolita). B. Potásica (calcopirita diseminada, sustitución de hornblenda por biotita). C. Cloritización (biotita reemplazada por clorita). D. Seritización (plagioclasas alteradas a moscovita). E. Propilitización (hornblenda reemplazada a epidota, clorita).

Fuente: Modificado de Shen y otros, 2014.

# **CAPÍTULO 4**

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este trabajo la metodología aplicada (Ver Figura 4.1), consta de cuatro fases:

- **Primera Fase.-** El trabajo de gabinete inició con la revisión literaria de antecedentes históricos, informes técnicos y cartografía base, con la finalidad de entender la problemática y tener conocimientos más consolidados sobre el área de interés. Una vez estudiada la zona se procedió a plantear una campaña geológica, en donde se determinó el tiempo de duración de la campaña (desde 15 de mayo del 2017 hasta 29 de mayo del 2017), las áreas a visitar dentro del proyecto con sus respectivas coordenadas y ubicación en mapas geológicos y topográficos, recopilación de instrumentos y equipo necesario.
- **Segunda fase.-** El trabajo de campo se basó en la elaboración de un mapeo geológico escala 1:5.000. Se tomaron datos estructurales y muestras en afloramientos de interés.
- **Tercera fase.-** El trabajo de laboratorio consistió en la descripción petrográfica macroscópica de las muestra. Posterior a eso se elaboraron láminas petrográficas con la finalidad de hacer la identificación de fases minerales y de los minerales de alteración hidrotermal.
- **Cuarta Fase.-** Con toda la información estudiada, además de la obtenida en campo y laboratorio, se realizó un segundo trabajo en

gabinete que consistió en armar los ensambles de alteración hidrotermal y elaboración de mapas de minerales de alteraciones hidrotermales, distribución de ensambles de alteración hidrotermal y estructuras.






Figura 0.8 Esquema de la metodología de trabajo aplicada para el desarrollo de esta proyecto de materia integradora. Consta de 4 Etapas: 1.Primer Fase de Gabinete, 2.Trabajo de Campo, 3. Trabajo de Laboratorio, 4. Segunda Fase de Gabinete. **Fuente:** Díaz, M., 2017.

#### **4.1 Estudio bibliográfico**

Se recopiló información literaria y geológica basada en los informes anuales presentados por los geólogos de campo del ENAMI EP, donde se revisó los mapas de prospección de las otras concesiones del proyecto La Bonita, y así poder planificar la campaña de campo. Además de publicaciones sobre depósitos tipo pórfidos de cobre Sillitoe 2003, Sillitoe 2009 y una publicación sobre alteraciones hidrotermales de Ping Shen y otros., 2014.



**Enami EP**  
Empresa Nacional Minera del Ecuador

enero 15

# Proyecto La Bonita 2016

PRESENTACIÓN DE LA GEOLOGÍA Y EXPLORACIÓN DEL PROYECTO LA BONITA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS, EN LAS ESTRIBACIONES DE LA CORDILLERA REAL.

REALIZADO POR: Ing. PATRICIO AGUILAR  
Ing. DANIEL VILLACIS  
Ing. MILTON ENRIQUEZ  
Ing. GABRIELA LUCERO  
Ing. NICOLÁS SANTOS  
Ing. CARLOS MEDINA

COLABORACIÓN: Ing. FERNANDA UREÑA

ENAMI EP  
Av. 6 de diciembre 93-125 y Whymper, Ed. Torres Tenerife, piso 10  
Quito, Ecuador  
Tel. +593-2-3953000

Journal of Economic Geology  
Special Publication 11, 2003, p. 409-490

Chapter 18

## Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits

ROBERT H. SILLITOE<sup>1</sup>  
27 West Hill Park, Highgate Village, London NW6 6AT, England

AND JAMES W. HEDENQUIST  
99 Fifth Avenue, Suite 4100, Oldman, Ontario K1S 2P5, Canada

**Abstract**  
Epithermal Au and Ag deposits of both vein and bulk-tonnage types may be broadly grouped into high, intermediate-, and low-sulfidation types based on the sulfidation states of their hypogene sulfide assemblages. The high- and low-sulfidation types may be subdivided into additional parageneses, particularly related igneous rock types and metal content.  
Most high-sulfidation deposits are generated in calc-alkaline and/or andesitic-dacitic arcs characterized by near-surface extension or mild extension, although a few major deposits also occur in compressive arcs characterized by the suppression of volcanic activity. Diablastic rocks generally lack appreciable high-sulfidation deposits. High-sulfidation fields produced by the advance of magmatic belts that generate high-sulfidation environments, which result in higher pH, are common in low-sulfidation fields. Similar linkages in the Bolivian St. Ag, salt, some related with Ag and Au, accompany robust, linear extensional regimes.  
Intermediate-sulfidation epithermal deposits occur in a locally stable spectrum of andesitic-dacitic arcs but commonly do not show such a close connection with porphyry Cu deposits as do many of the high-sulfidation types, although Au, Ag, and base metals in Au-Cu-Ag systems occur progressively higher on the fluid salinity scale.  
Most low-sulfidation deposits, including nearly 60 percent of the world's borax reserves, are associated with basalt (hawaiite) volcanic centers in a broad spectrum of extensional to mild settings, including intra-, inter-, and back-arc, as well as post-orogenic rifts. Some low-sulfidation deposits, however, accompany extension-related alkaline magmatism, which, unlike the hawaiite suite, is capable of generating porphyry Cu deposits. Extensional arcs characterized by active andesitic-dacitic volcanism do, however, host a few low-sulfidation deposits. Low-sulfidation deposits generally linked to hawaiite volcanism are derived from extremely dilute fluids, whereas relatively saline contributions accrue for the low-sulfidation deposits in alkaline centers.  
Early lithocaps-forming and high-sulfidation fluids, as well as low-sulfidation fluids in deposits associated with alkaline igneous rocks, display clear evidence for a close genetic relationship to magmatism and, although the linkage is less intimate, late high-sulfidation fluids responsible for much of the Au mineralization along with similar intermediate-sulfidation fluids also seem to owe much to their magmatic parentage. Where ascending intermediate-sulfidation fluids enter lithocaps, they evolve to high-sulfidation fluids. Extensive neutralization and lowering of sulfidation state by wall-rock interaction can convert high- to intermediate-sulfidation fluids, as confirmed by both spatial and paragenetic transitions from high- to intermediate-sulfidation environments. In contrast, low-sulfidation fluids other than those of dilute-diffusion type lack such clear-cut connections to magmatism, although Goggin's work on the geothermal fields associated with the Taupo Volcanic Zone in New Zealand suggests that they may originate from dilute fluids that of fluids in and/or are increases in pH. In addition, at least in some regions, there appears to be a correlation between the volume of sulfate mineralization of low-sulfidation deposits and the reduced volume of the volcanic rocks with which they are associated. Therefore, it may be argued that the defining characteristics of epithermal deposits are related directly to their magmatic roots, notwithstanding the existence of important nonmagmatic processes, especially regarding the nature of low-sulfidation fluids.  
The review seeks forward several exploration guidelines for epithermal precious metal deposits. Exploratory activity in andesitic-dacitic arcs should be restricted to high- and potentially related intermediate-sulfidation deposits containing Au and/or Ag, whereas a variety of related basaltic andesite and convergent

<sup>1</sup>Corresponding author; e-mail: rsillitoe@epmcc.com

Journal of Economic Geology  
Special Publication 11, 2003, p. 409-490

## Porphyry Copper Systems<sup>1</sup>

ROBERT H. SILLITOE<sup>2</sup>  
27 West Hill Park, Highgate Village, London NW6 6AT, England

**Abstract**  
Porphyry Cu systems host some of the most widely distributed metal resources in the world. They are characterized by extensive sulfidation of the host rocks, which is related to the presence of high- and intermediate-sulfidation epithermal deposits. The systems are closely related to subvolcanic magmatic arcs, and particularly to the I-type, which represent the magmatic belts that generate high-sulfidation environments, which result in higher pH, are common in low-sulfidation fields. Similar linkages in the Bolivian St. Ag, salt, some related with Ag and Au, accompany robust, linear extensional regimes.  
Intermediate-sulfidation epithermal deposits occur in a locally stable spectrum of andesitic-dacitic arcs but commonly do not show such a close connection with porphyry Cu deposits as do many of the high-sulfidation types, although Au, Ag, and base metals in Au-Cu-Ag systems occur progressively higher on the fluid salinity scale.  
Most low-sulfidation deposits, including nearly 60 percent of the world's borax reserves, are associated with basalt (hawaiite) volcanic centers in a broad spectrum of extensional to mild settings, including intra-, inter-, and back-arc, as well as post-orogenic rifts. Some low-sulfidation deposits, however, accompany extension-related alkaline magmatism, which, unlike the hawaiite suite, is capable of generating porphyry Cu deposits. Extensional arcs characterized by active andesitic-dacitic volcanism do, however, host a few low-sulfidation deposits. Low-sulfidation deposits generally linked to hawaiite volcanism are derived from extremely dilute fluids, whereas relatively saline contributions accrue for the low-sulfidation deposits in alkaline centers.  
Early lithocaps-forming and high-sulfidation fluids, as well as low-sulfidation fluids in deposits associated with alkaline igneous rocks, display clear evidence for a close genetic relationship to magmatism and, although the linkage is less intimate, late high-sulfidation fluids responsible for much of the Au mineralization along with similar intermediate-sulfidation fluids also seem to owe much to their magmatic parentage. Where ascending intermediate-sulfidation fluids enter lithocaps, they evolve to high-sulfidation fluids. Extensive neutralization and lowering of sulfidation state by wall-rock interaction can convert high- to intermediate-sulfidation fluids, as confirmed by both spatial and paragenetic transitions from high- to intermediate-sulfidation environments. In contrast, low-sulfidation fluids other than those of dilute-diffusion type lack such clear-cut connections to magmatism, although Goggin's work on the geothermal fields associated with the Taupo Volcanic Zone in New Zealand suggests that they may originate from dilute fluids that of fluids in and/or are increases in pH. In addition, at least in some regions, there appears to be a correlation between the volume of sulfate mineralization of low-sulfidation deposits and the reduced volume of the volcanic rocks with which they are associated. Therefore, it may be argued that the defining characteristics of epithermal deposits are related directly to their magmatic roots, notwithstanding the existence of important nonmagmatic processes, especially regarding the nature of low-sulfidation fluids.  
The review seeks forward several exploration guidelines for epithermal precious metal deposits. Exploratory activity in andesitic-dacitic arcs should be restricted to high- and potentially related intermediate-sulfidation deposits containing Au and/or Ag, whereas a variety of related basaltic andesite and convergent

<sup>1</sup>Corresponding author; e-mail: rsillitoe@epmcc.com

Miner Deposita (2014) 43:303–370  
DOI 10.1007/s00126-014-0513-4

ARTICLE

## Petrography, geochemistry and geochronology of the host porphyries and associated alteration at the Tuwu Cu deposit, NW China: a case for increased depositional efficiency by reaction with mafic hostrock?

Ping Shen · Hongqi Pan · Tianxi Zhou · Jingjun Wang

Received: 22 August 2013 / Accepted: 14 March 2014 / Published online: 2 April 2014  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

**Abstract** Tuwu is the largest porphyry copper deposit discovered in the Eastern Tianshan Mountains, Xinjiang, China. A newly recognized volcanic complex in the Early Carboniferous Qitubas Group at Tuwu consists of basalt, andesite, and diorite porphyry. The plagiogranite porphyry was emplaced into this complex at 332.8±2.5 Ma (U–Pb zircon SIMS determination). Whole-rock element geochemistry shows that the volcanic complex and plagiogranite porphyry formed in the same island arc, although the complex was derived by partial melting of the mafic wedge and the plagiogranite porphyry by partial melting of a subvolcanic plug. The diorite and the plagiogranite porphyries have both been subjected to intense hydrothermal alteration and associated mineralization, but the productive porphyry is the plagiogranite porphyry. Three alteration and mineralization stages, including pre-, syn- and post-ore stages, have been recognized. The pre-ore stage formed a barren pyritic alteration which is widespread in the volcanic complex. The syn-ore stage is divided into three sub-stages. Stage 1 is characterized by potassic alteration with chlorite + pyrite + hematite. Stage 2 is represented by phyllic alteration with chlorite + pyrite + molybdenite. The post-ore stage produced a barren argillite alteration limited to the diorite porphyry. A specific feature of the Tuwu deposit is that the productive porphyry was emplaced into a very mafic package, and reaction of the resulting fluids with the mafic iron-rich hostrocks was a likely reason that Tuwu is the largest porphyry in the district.

**Keywords** Volcanic complex · Porphyry · Mafic hostrock · Hydrothermal alteration · Tuwu · Xinjiang

**Introduction**  
It is well established that the porphyry copper deposits are formed in association with subduction-related magmas (Hollister and Loomis 1994; Cooke et al. 2004; Sillitoe et al. 2005; Sillitoe 2010). Many porphyry Cu–Au deposits are associated with diorite porphyry (Hollister et al. 1974; Sillitoe and Grogan 1981) or monzonite (Lang et al. 1995; Wilson et al. 2001; Lickfold et al. 2007) and exhibit base metal alteration types: Cu–Ni–silica; potassic; perthitic; intermediate-sulfidation; and advanced argillite (Meyer and Hunkley 1967; Sillitoe 2000; Sackelliff et al. 2005). In contrast, most porphyry Cu and Cu–Mo deposits are associated with more felsic intrusive rocks that range from granodioritic to granitic in composition (e.g., Keeler et al. 1973; Tilly and Beane 1981; Sinclair 2007), and have well-developed potassic, phyllic, and perthite alteration (Lussick and Gilbert 1970; Sillitoe 2010) as well as argillite alteration (Bass and Cook 2009).

Editorial handling: G.J. Davidson  
P. Shen (✉) · H. Pan · J. Wang  
Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 191, Beiyue Road, Beijing 100029, China  
e-mail: psillitoe@epmcc.com  
H. Pan  
College of Earth Sciences, Chengde University, No. 100004, China  
J. Zhou  
School of Environment and Environment Engineering, Hebei University of Technology, Hebei 100009, China  
J. Wang  
China Non-Ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China

Figura 0.10 Publicaciones referenciales e informe técnico revisados.

Fuente: Enami Ep, 2016; Sillitoe, 2003; Sillitoe, 2009; Ping Shen y otros., 2014.

## **4.2 Trabajo de campo**

### **4.2.1 Descripción de afloramientos y muestreo de rocas**

Se visitaron 53 estaciones, con el objeto de observar variación litológica y mineralógica en la zona, logrando recolectar 40 muestras. Para cada estación o punto de control se consideró analizar los afloramientos de mayor interés, registrando su potencia, intemperismo, color, presencia o ausencia de vegetación, diaclasamiento y dirección del mismo. Al escoger la muestra se hizo una descripción macroscópica de la litología y mineralogía que tentativamente compone a la roca. Las muestras son etiquetadas y numeradas, guardadas y selladas en fundas plásticas. Para el etiquetado de las muestras se utiliza un control alfanumérico, el cual pasa a formar parte del registro de libreta, mapa y ficha de campo.

Las estaciones y puntos de control visitados durante la campaña se muestran en la Figura 4.3 y se relacionan con las muestras tomadas en campo (Ver Tabla I, II, III).

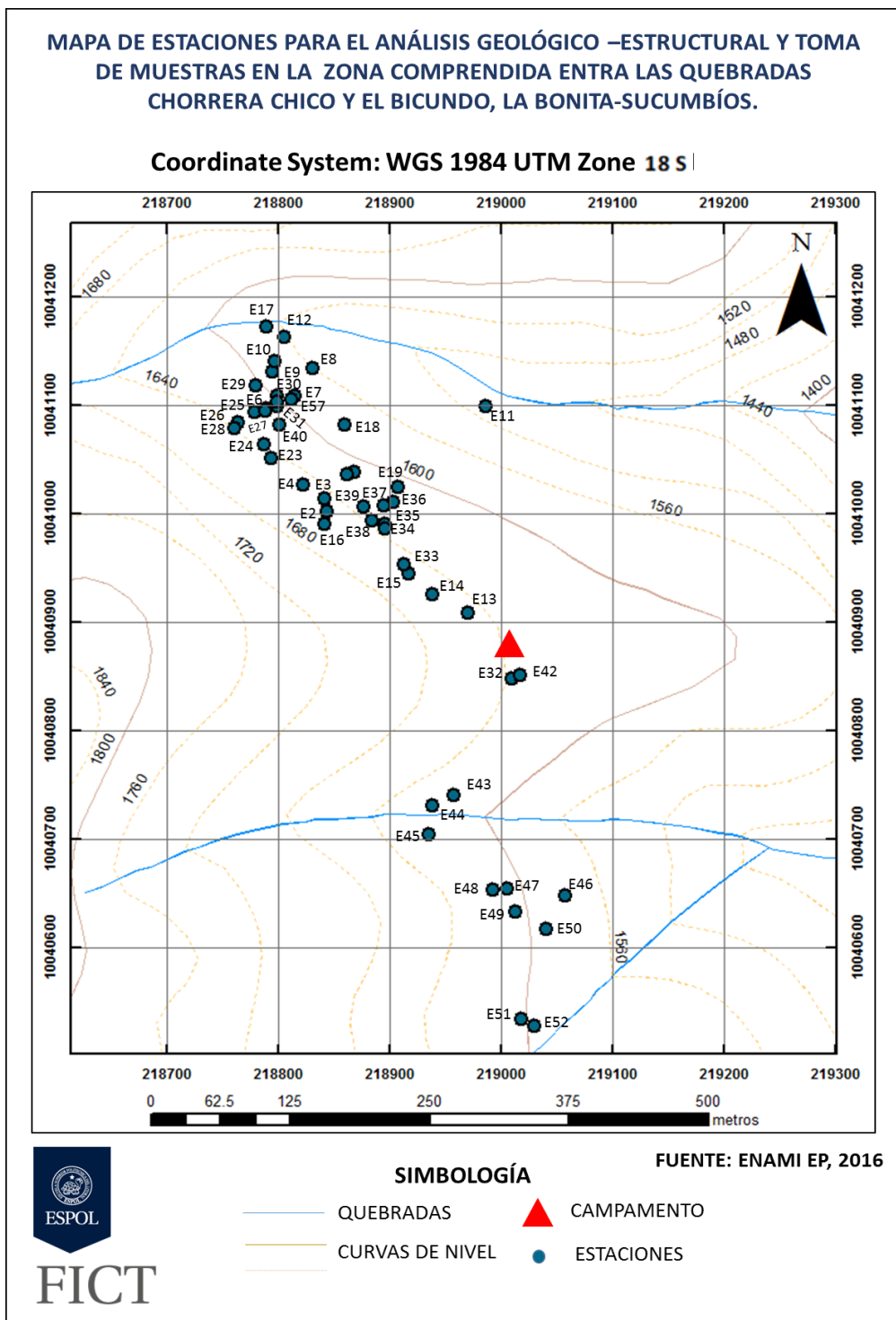


Figura 0.11 Mapa de estaciones para el análisis geológico-estructural y toma de muestras.

Fuente: Díaz, M., 2017.

<b>ESTACIONES REALIZADAS Y MUESTRAS OBTENIDAS DURANTE LA CAMPAÑA DE CAMPO</b>					
<b>UBICACIÓN</b>	<b>ESTACION</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>FOTOS</b>
Campamento	Camp.	219008	10040874	-	-
El Bicundo	E1	219831	10040967	PLB_MDM_001	E1_001 - E1_005
El Bicundo	E2	218843	10041002	PLB_MDM_001	E1_001 - E1_005
El Bicundo	E3	218841	10041014	-	E3_001 - E3_008
El Bicundo	E4	218822	10041027	PLB_MDM_003	E4_001 - E4_005
El Bicundo	E5	218799	10041099	PLB_MDM_004	E5_001 - E5_009
El Bicundo	E6	218789	10041097	PLB_MDM_005	E6_001 - E6_011
El Bicundo	E7	218815	10041108	PLB_MDM_006	E7_001 - E7_005
El Bicundo	E8	218831	10041134	PLB_MDM_007	E8_001 - E8_011
El Bicundo	E9	218795	10041131	PLB_MDM_008	E9_001 - E9_015
El Bicundo	E10	218797	10041140	PLB_MDM_009	E10_001 - E10_006
El Bicundo	E11	218986	10041099	PLB_MDM_010	E11_001 - E11_009
El Bicundo	E12	218805	10041163	PLB_MDM_011	E12_001 - E12_012
El Bicundo	E13	218970	10040908	PLB_MDM_012	E13_001 - E13_010
El Bicundo	E14	218938	10040925	PLB_MDM_013	E14_001 - E14_006
El Bicundo	E15	218917	10040945	PLB_MDM_014	E15_001 - E15_008
El Bicundo	E16	218841	10040990	PLB_MDM_015	E16_001 - E16_015
El Bicundo	E17	218789	10041172	PLB_MDM_016	E17_001 - E17_013
El Bicundo	E18	218859	10041082	PLB_MDM_017	E18_001 - E18_007

Tabla I. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo (1/3)

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

ESTACIONES REALIZADAS Y MUESTRAS OBTENIDAS DURANTE LA CAMPAÑA DE CAMPO					
UBICACIÓN	ESTACION	X	Y	MUESTRA	FOTOS
El Bicundo	E19	218907	10041024	PLB_MDM_018	E19_001 - E19_007
El Bicundo	E20	218862	10041036	PLB_MDM_019	E20_001 - E20_006
El Bicundo	E21	218868	10041038	PLB_MDM_020	E21_001 - E21_008
El Bicundo	E22	218862	10041036	PLB_MDM_021	E22_001 - E22_010
El Bicundo	E23	218794	10041051	-	-
El Bicundo	E24	218787	10041064	PLB_MDM_022	E24_001 - E24_009
El Bicundo	E25	218779	10041093	PLB_MDM_023	E25_001 - E25_005
El Bicundo	E26	218764	10041084	-	E26_001 - E26_003
El Bicundo	E27	218788	10041094	-	E27_001 - E27_005
El Bicundo	E28	218760	10041079	PLB_MDM_025	E28_001- E28_006
El Bicundo	E29	218780	10041118	PLB_MDM_026	E29_001 - E29_003
El Bicundo	E30	218799	10041108	-	E30_001 - E30_008
El Bicundo	E31	218799	10041103	-	E31_001 - E31_004
El Bicundo	E32	219009	10040848	-	E32_001 - E32_003
El Bicundo	E33	218913	10040953	PLB_MDM_028	E33_001 - E33_004
El Bicundo	E34	218895	10040990	-	E34_001 - E34_003
El Bicundo	E35	218896	10040986	-	E35_001 - E35_004
El Bicundo	E36	218903	10041011	-	E36_001 - E36_005

Tabla II. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo. (2/3)

Fuente: Díaz, M., 2017.

ESTACIONES REALIZADAS Y MUESTRAS OBTENIDAS DURANTE LA CAMPAÑA DE CAMPO					
UBICACIÓN	ESTACION	X	Y	MUESTRA	FOTOS
El Bicundo	E37	218894	10041007	PLB_MDM_029	-
El Bicundo	E38	218884	10040994	-	E38_001 - E38_003
El Bicundo	E39	218876	10041006	PLB_MDM_030	E39_001 - E39_003
El Bicundo	E40	218801	10041082	PLB_MDM_031	E40_001 - E40_002
El Bicundo	E41	218799	10004101	PLB_MDM_032	E41_001 - E41_011
El Bicundo	E53	218812	10041105	PLB_MDM_027	-
Chorrera Chico	E42	219017	10040851	PLB_MDM_033	E42_001 - E42_002
Chorrera Chico	E43	218957	10040741	PLB_MDM_034	-
Chorrera Chico	E44	218938	10040731	-	E44_001 - E44_004
Chorrera Chico	E45	218935	10040704	PLB_MDM_035	E45_001 - E45_005
Chorrera Chico	E46	219057	10040648	PLB_MDM_036	E46_001 - E46_005
Chorrera Chico	E47	218992	10040653	PLB_MDM_038	E47_001 - E47_002
Chorrera Chico	E48	219005	10040654	PLB_MDM_037	E48_001 - E48_005
Chorrera Chico	E49	219012	10040633	-	E49_001 - E49_003
Chorrera Chico	E50	219040	10040617	PLB_MDM_039	E50_001 - E50_005
Chorrera Sin nombre	E51	219018	10040534	PMLB_MDM_040	E51_001 - E51_008
Chorrera Sin nombre	E52	219029	10040528	PLB_MDM_041	E52_001 - E52_007

Tabla III. Estaciones realizadas y muestras obtenidas durante la campaña de campo. (3/3)

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



#### 4.2.2 Estudio estructural y mapeo geológico

Se realizó un mapeo geológico escala 1:5000. Se consideró estructuras como fallas y vetas. Además se registraron contactos litológicos, todo esto acompañado de un registro en la libreta de campo y registro fotográfico para una posterior interpretación de ser necesaria.

ESTRUCTURAS TOMADAS DURANTE LA CAMPAÑA DE CAMPO						
ESTACIÓN	X	Y	Z	TIPO	RUMBO	BUZAMIENTO
E27	218788	10041094	1667	FALLA	133	60
E32	219009	10040848	1566	FALLA	253	58
E44	218938	10040721	1585	VETA	156	40

Tabla IV. Estructuras tomadas durante la campaña de campo

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

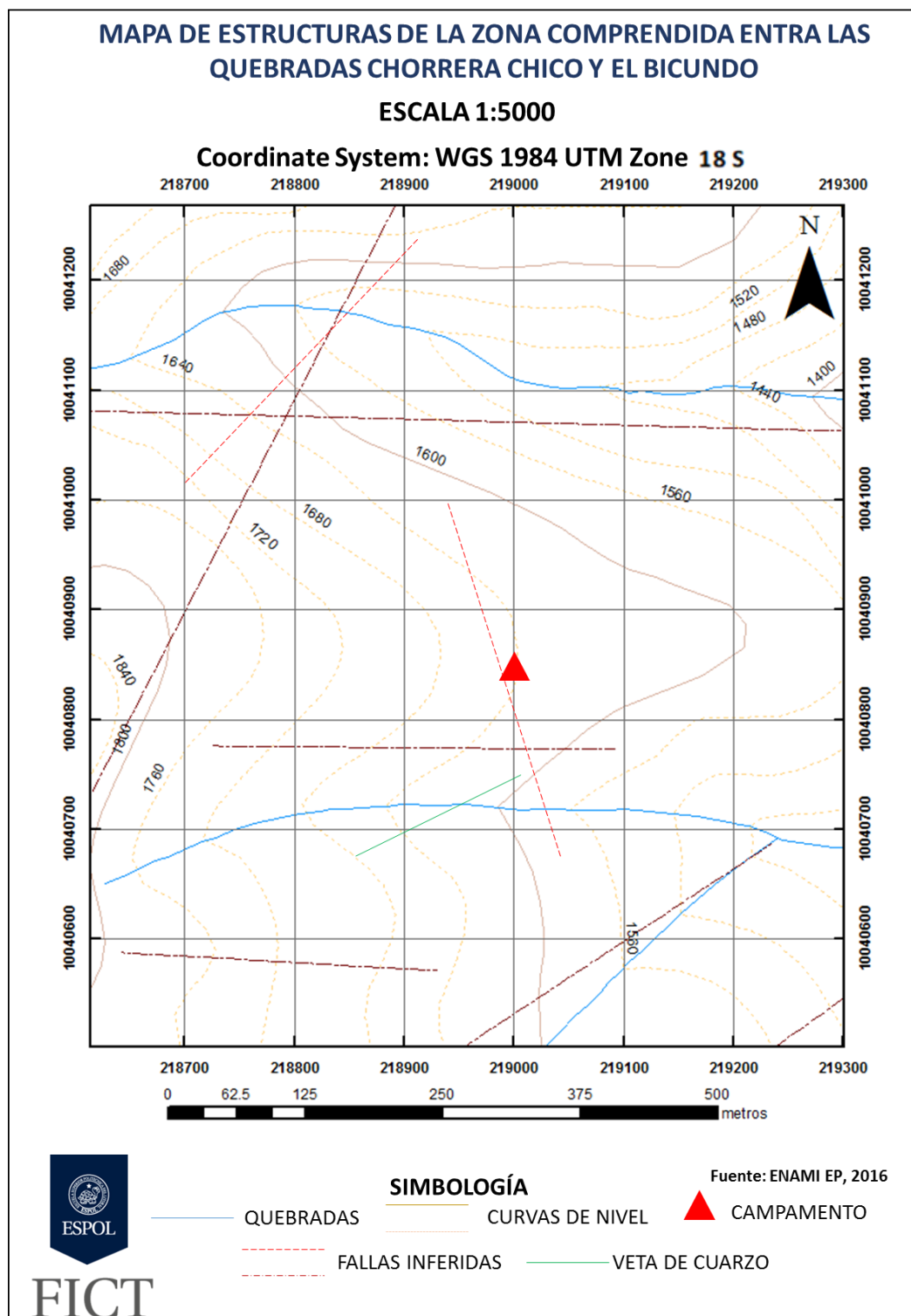


Figura 0.12 Mapa de estructuras tomadas en la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo.

Fuente: Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

### 4.3 Trabajo de laboratorio

#### 4.3.1 Descripción física de las muestras

Se describió 40 muestras tomadas en campo utilizando:

- Lupa de geólogo para observar aquellos minerales que no son visibles a simple vista.
- Lápices de dureza para diferenciar los minerales mediante esta propiedad física.
- Ácido clorhídrico para probar presencia o ausencia de carbonatos en las muestras.
- Imán para determinar posible magnetismo.
- Tabla de colores de Munsell para dar una mayor categorización al color de la roca.

En general la descripción consistió en detallar el tipo de roca, color, textura y contenido mineral de cada una de las muestras, si presentan o no algún tipo de estructura como vetillas o clúster de algún mineral (Ver: Fichas de descripción física de las muestras, Capítulo 5, pág. 74-119).

### 4.3.2 Determinación de las distintas litologías

Terminadas de describir macroscópicamente todas las muestras, se realizó una clasificación litológica utilizando el diagrama de Streckeisen o también conocido como Streckeisen Rock Classification (para rocas ígneas), siguiendo los siguientes pasos (Ver Figura 4.4):

- Cuantificación (en porcentajes) de los componentes minerales totales de la roca.
- Considerar sólo el contenido de cuarzo, feldespatos y plagioclasas (suma mayor al 10%) para recalcular estos 3 componentes respecto al 100% de la muestra (obtención del factor de multiplicación).
- La proyección de las 3 líneas en el triángulo forman un punto que representan el contenido porcentual de cuarzo, feldespatos y plagioclasas, el área donde este se encuentre el, será el nombre que se le dará a la roca (Ver Figura 4.5):

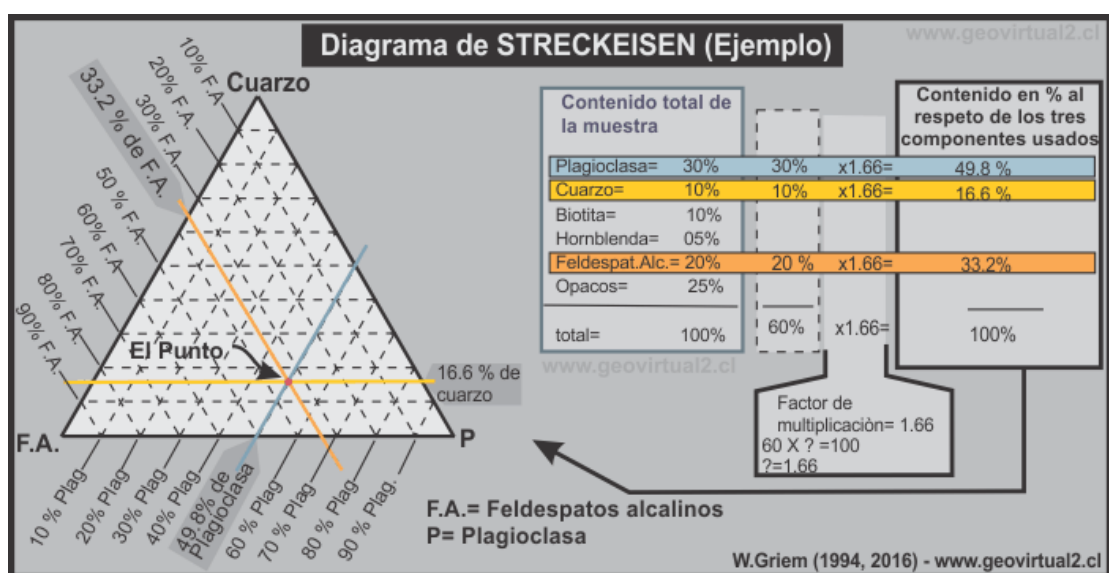
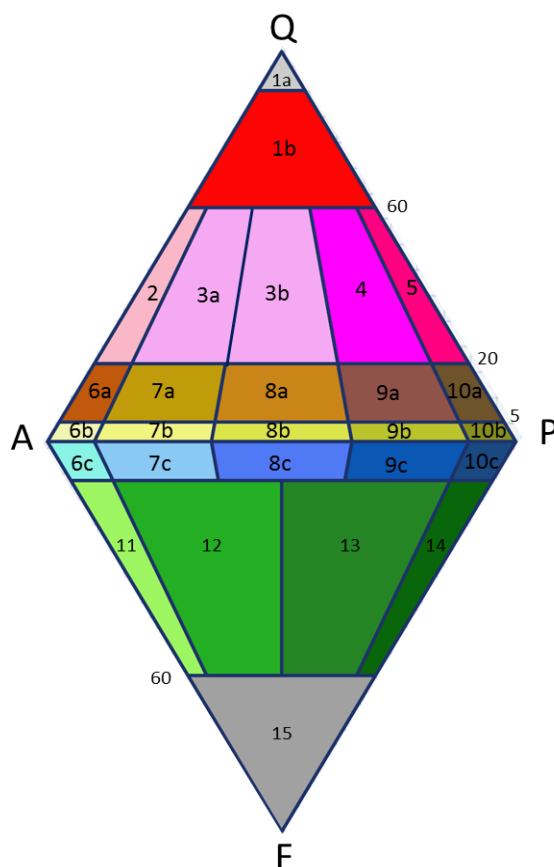


Figura 0.13 Ejemplo del cálculo porcentual de los minerales componentes para dar nombre a una roca ígnea intrusiva.

Fuente: Streckeisen, 1974.



- 1a: Cuarzolita (silexita)  
 1b: Granitoide rico en cuarzo  
 2: Granito de feldespato alcalino  
 3:  
   3a: Sienogranito  
   3b: Monzogranito  
 4: Granodiorita  
 5: Tonalita  
 6: Sienitas de feldespato alcalino  
   6a: Cuarzosienita de feldespato alcalino  
   6b: Sienita de feldespato alcalino  
   6c: Sienita de feldespato alcalino con feldespatoïdes  
 7: Sienitas  
   7a: Cuarzosienita  
   7b: Sienita  
   7c: Sienita con feldespatoïdes  
 8: Monzonitas  
   8a: Cuarzomonzonita  
   8b: Monzonita  
   8c: Monzonita con feldespatoïdes  
 9: Monzodiorita / monzogabro  
   9a: Cuarzo - monzodiorita / cuarzo - monzogabro  
   9b: Monzodiorita / monzogabro  
   9c: Monzodiorita / monzogabro con feldespatoïdes  
 10: Dioritas / gabros (si tiene más del 50% de An en la Pl)  
   10a: Cuarzodiorita / cuarzogabro  
   10b: Diorita / gabro  
   10c: Diorita / gabro con feldespatoïdes  
 11: Sienita feldespatoïca  
 12: Monzosienita feldespatoïca  
 13: Monzogabro / monzodiorita feldespatoïca  
 14: Gabro / diorita feldespatoïca  
 15: Foidita

Figura 0.14 Diagrama de Streckeisen para la clasificación de rocas ígneas.

Fuente: Streckeisen, 1974.

#### **4.4.3 Preparación y descripción de las láminas petrográficas**

La preparación de las muestras para microscopía óptica tiene como objetivo permitir que las estructuras de los materiales se muestren con suficiente contraste para que las características de interés sean descritas, grabadas y detalladas, en una escala menor que la agudeza visual del ojo humano.

Luego de ser descritas físicamente las 40 muestras tomadas en campo, se seleccionaron muestras representativas de modo que aquellas que contengan distintas litologías, variación de porcentaje en minerales primarios y secundarios, alteración hidrotermal, vetillas o clúster de algún mineral, serán las aptas para la elaboración de la lámina petrográfica.

Para el corte de las muestras se utilizó: máquina de corte, unidad de impregnación en vacío, pulidora, microscopio petrográfico.

Se procedió a cortar las muestras con el disco de diamante al tamaño de 8 x 20 x 30 mm, luego se esmeriló el porta vidrio hasta plenitud para luego lapear una cara de la muestra (la que será pegada al porta de vidrio), usando un polvo de carburo de silicio, mezclado con glicerol/agua de dos tamaños #220  $\mu\text{m}$ . Se pegó la muestra al porta

vidrio (con resina) y al secarse, se cortó la muestra a un espesor de 0.5-1 mm. Finalmente se pulió la muestra hasta poder observar con claridad los minerales componentes de la lámina petrográfica (Ver Figura 4.6).



Figura 0.15 Procedimiento para la elaboración de láminas petrográficas.

Fuente: Díaz, M., 2017.



#### 4.3.4 Descripción de las láminas delgadas

Una vez elaboradas las láminas delgadas, se las examinó en el microscopio y se determinó el tipo de roca, identificando los minerales primarios, secundarios y de alteración hidrotermal y, se cuantificó los porcentajes relativos que la componen, el tamaño y orientación que presentan, es decir definir su textura.

Para la cuantificación porcentual de la composición mineralógica de las 11 muestras, se tomaron fotografías a escala y en la zona más representativa de la lámina petrográfica, para luego ser analizadas mediante el conteo al 100% de cada componente en la roca, y para una mayor precisión se registra el ocular con el que es observada la muestra. Se elaboró una malla digital de 20 columnas x 15 filas, que representaría el área total que cubre a la fotografía (2.00 cm x 1.50 cm), en donde cada cuadrícula representa 1.00 mm x 1.00 mm en la fotografía.

Los minerales serán clasificados coloreando con el mismo color todas las cuadrículas en donde se encuentre el mineral ya identificado.

Haciendo una regla de tres, en la que las 300 cuadrículas representan el 100 por ciento de fotografía, se contabiliza las cuadrículas que tengan el mismo color asignado. Con esto conseguimos el porcentaje de ese color en la malla, que a su vez será el porcentaje del mineral en la roca. Para mayor entendimiento del método, se explica a continuación un ejemplo.

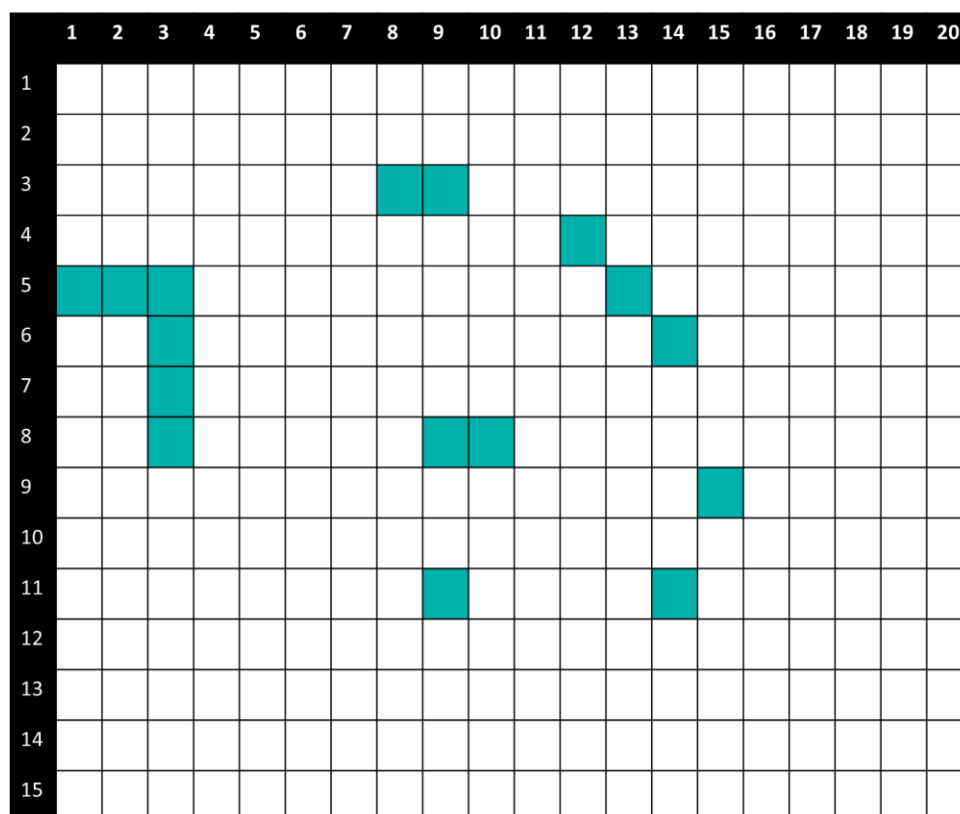


Figura 0.16 Representación de la malla digital para determinar el porcentaje de composición mineral de cada lámina petrográfica.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

Asumimos que las cuadrículas de color turquesa representan a un mineral cualquiera que compone a la roca (Ver Figura 4.8). Hay 16 cuadrículas coloreadas, aplicando regla de tres, en porcentaje equivale al 5.3% de la malla, que para nuestro estudio corresponde al 5.3% de un mineral cualquiera en la roca.

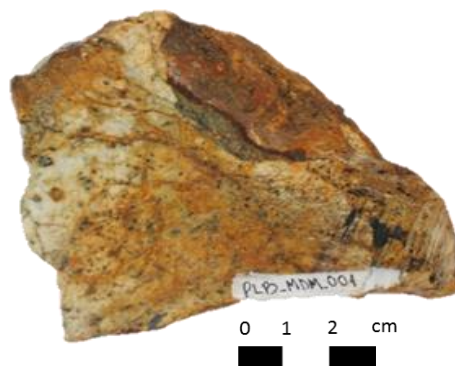
# **CAPÍTULO 5**

## **RESULTADOS**

## 5.1 Litologías y minerales de alteración hidrotermal

Las 40 muestras obtenidas en campo, en su mayoría presentaban cierto grado de oxidación. Las muestras PLB\_MDM\_034, PLB\_MDM\_035, PLB\_MDM\_036 y PLB\_MDM\_040 no fueron consideradas para el análisis macroscópico ya que tiene un grado alto de meteorización (alta disgregabilidad, muy friables), que no permite reconocer las propiedades primarias.

Se muestran las fichas de descripción macroscópica correspondientes a las muestras tomadas en campo y las fichas de descripción microscópica de las láminas petrográficas. La lámina petrográfica de la muestra PLB\_MDM\_009 no pudo ser interpretada debido a que sus minerales se encuentran totalmente destruidos.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_001	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo		219008	10040847	-
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E1	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca oxidada. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~30% de, 1-5mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 2 mm)

**Observaciones:** Se aprecia una vetilla de cuarzo (~2 cm). Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( argílica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_002	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218843	10041002	1588
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo		<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E2		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-6 mm), plagioclasas anhedrales (~30% de, 1-5 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1 mm).

**Observaciones:** Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 cm) generalmente rellena de óxidos.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



0 1 2 cm

<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_003	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo		218843	10041002	1588
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>	In Situ/ Húmeda	
			<b>ESTACIÓN</b>	E4	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca oxidada. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-6 mm), plagioclasas anhedrales (~30% de, 1-5mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 2 mm) con manifiesto de alteración. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como disseminados de pirita (~5%), vetillas (2 mm) y parches de epidota (<5 %, ≤ 5 mm).

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización?

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_004	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E5	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con bajo grado de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~15%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~20%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~10%, 1-3 mm), epidota (~15%, 1-3 mm). Contiene magnetismo en bajo grado.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

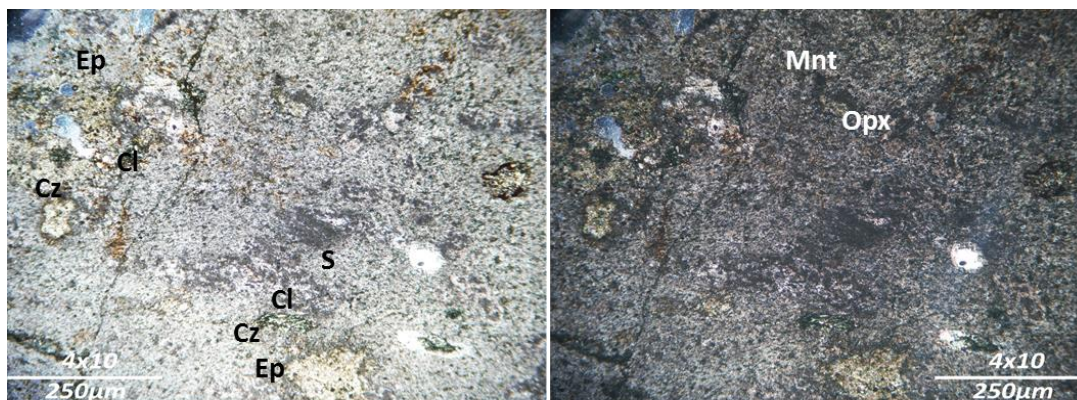


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_005	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>	218789	10041097	1618
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~25%, 1-3 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~10%, 1-3 mm), epidota (~20%) en parches (1-3 mm) y vetillas (< 1 mm), pirita (~10%) diseminados.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



CÓDIGO:	PLB_MDM_005	Coordenadas UTM (WGS84) 18 S			X:	218789	Y:	10041097	Z:	1618
NOMBRE DE LA ROCA		<b>CUARZO MONZODIORITA</b>								
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA										
TEXTURA	Roca holocristalina porfírica									
MATRIZ	Microlítica									
Minerales	% TOTAL	Fenocr.	Matriz	CARACTERÍSTICAS DESTACADAS						
Cuarzo	10%	x	x	< 0.10 mm; Idiomorfos						
Plagioclasas	35%	x	x	< 0.10 mm; Alotrimorfos						
Sericita	10%		x	< 0.05 mm; Alotrimorfos						
Epidota	10%	x	x	0.05-0.20 mm; Hipidiomorfos						
Clorita	10%	x		0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos,						
Clinozoicita	10%	x		0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos.						
Ortopiroxenos	5%	x		< 0.05 mm; Alotrimorfos						
Augita	5%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos.						
Montmorillonita	5%		x	< 0.10 mm; Alotrimorfos						
Minerales de alteración hidrotermal	Ser, Cl, Ep, Mnt									

**Observaciones:** La matriz está compuesta de cuarzo y plagioclasas < 0.1 mm, tiene un aspecto fibroso y está levemente seritizada con neoformación de montmorillonita. La muestra se encuentra oxidada en un 5%. La clorita se presenta en parches (0.15 mm) y rellenando una fisura (< 0.05 mm).

Fuente: Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_006	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218815	10041108	1604
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E7		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~20%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** La roca ha sido fracturada (2-5 cm) y posteriormente rellena con sílice, tomando una apariencia de brecha.

Fuente: Díaz, M., 2017.



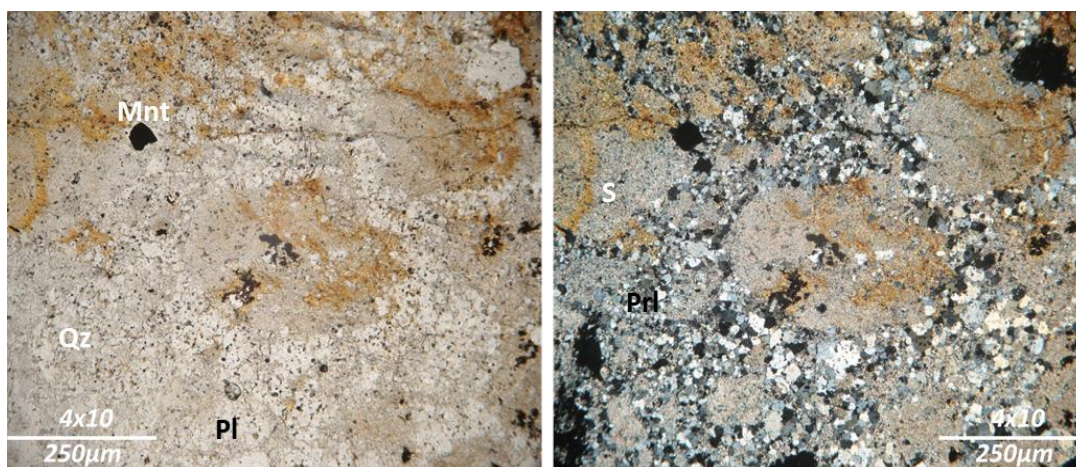
<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_007	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218831	10041134	1605
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E8		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~10% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~5%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm). Además existe un clasto incluido de litología diferente con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm), con cristales de plagioclasas subhedrales (~10%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~5%, 1-3 mm), epidota (~10%, 1-3 mm).

**Observaciones:** La roca ha sido fracturada (2-5 cm) y posteriormente rellenada con sílice, tomando una apariencia de brecha, fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Contiene magnetismo en bajo grado.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_007	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218831	10041134	1605
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>GRANODIORITA CON INTRUSIONES DE CUARZO MONZODIORITA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>	
Cuarzo	30%	x	x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos	
Plagioclasas	35%	x	x	Principal Anortita 0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos, zonadas y fracturados	
Sericita	10%		x	<0.10 mm; Hipidiomorfos	
Montmorillonita	10%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
Illita	10%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos; alteradas	
Pirofilita	5%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
<b>Observaciones:</b> La muestra tiene la inclusión de un lítico (~ 20 mm), dividiendo a la muestra en una sección ferromagnesiana (color café, montmorillonita) y una sección silíceo (color banco, cuarzo-sericita). Se observan halos de alteración de tonos rojizos (argilización). Las plagioclasas han sido alteradas produciendo sericita y montmorillonita (posible hidrólisis moderada en temperaturas comprendidas entre 250°C-300°C). Las illitas se encuentran alteradas.					
<b>Minerales de Alteración Hidrotermal</b>	Ser, Mont, Ill				

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

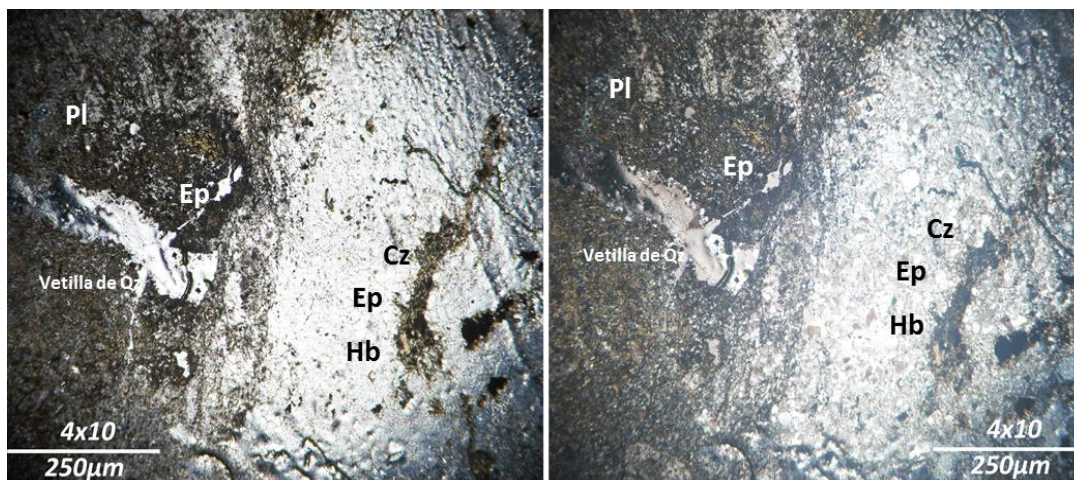


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_008	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218795	10041131	1587
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E9	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~10% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~5%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm). Además existe un clasto incluído (4 cm) de litología diferente con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-2 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm), también presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante epidota (~15%, 1-2 mm) y vetillas (< 3 mm).

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización? Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_008	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b> 218795	<b>Y:</b> 10041131	<b>Z:</b> 1587
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	<b>GRANODIORITA CON INTRUSIONES DE CUARZO MONZODIORITA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>	
Cuarzo	15%	x	x	0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
Plagioclasas	20%	x	x	Principal Anortita, 0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos (ambas litologías)	
Hornblenda	20%	x	x	0.05-0.10 mm; Idiomorfos (ambas litologías)	
Epidota	15%	x		<0.05 mm Hipidiomorfos (ambas litologías)	
Clinzoicita	15%	x		< 0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
Apatito	5%	x		<0.05 mm Hipidiomorfos (lito2)	
Pirita	10%		x	(<0.1 mm); Hipidiomorfos; diseminada	
<b>Minerales de alteración hidrotermal</b>	Ep, Py				

**Observaciones:** La muestra tiene la inclusión de un lítico (~ 20 mm) rico en feldespató cálcico (Anortita); las plagioclasas están mucho más alteradas (calcificadas). Las hornblendas están presentes en ambas litologías pero se muestran más alteradas en el lítico. Además se aprecia una vetilla milimétrica (~0.1 mm) de cuarzo. La presencia de apatito generado por el desprendimiento de calcio de las plagioclasas e indica un metamorfismo de bajo grado.

Fuente: Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_009	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218797	10041140	1581
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>	E10		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~30%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-5 mm) anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1 mm) con manifiesto de alteración. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como vetillas (3- 5 mm) y diseminados de pirita (~5%), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** En la zona más periférica de la roca no se pueden distinguir los minerales, por lo que se presume algún tipo de alteración.

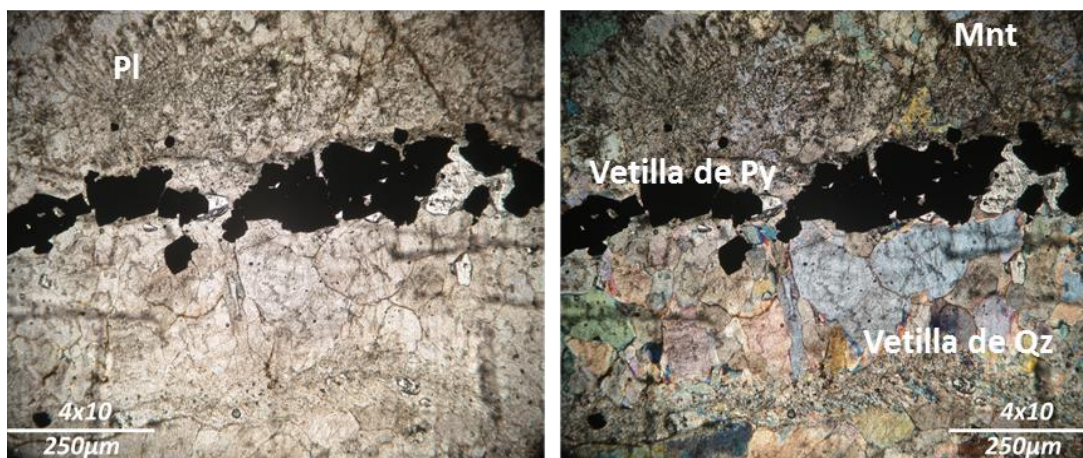


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_010	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b> 218986	<b>Y:</b> 10041099	<b>Z:</b> 1521
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E11	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~30%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-5 mm) anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1 mm) con manifiesto de alteración. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como vetillas (3- 5 mm) y diseminados de pirita (~5%).

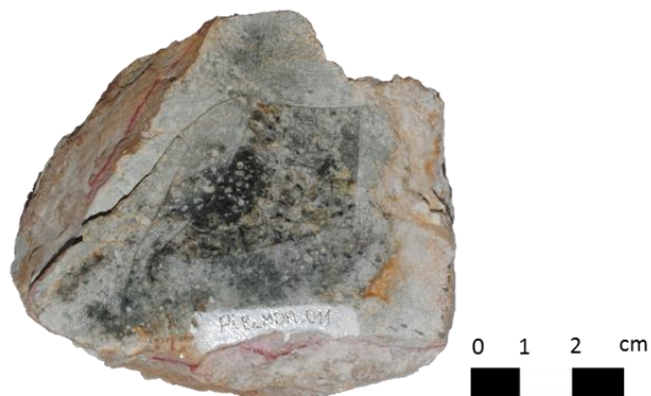
**Observaciones:** En la zona más periférica de la roca no se pueden distinguir los minerales, por lo que se presume algún tipo de alteración. Vetilla de cuarzo ~ 3 cm.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_010	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218986	10041099	1521
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	GRANODIORITA				
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>	
Cuarzo	35%	x	x	< 0.25 mm; Hipidiomorfos	
Plagioclasas	20%	x	x	Principal Anortita < 0.15 mm; Hipidiomorfos	
Pirita	15%	x	x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos; diseminados	
Epidota	5%		x	0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos	
Montmorillonita	10%		x	< 0.10 mm; Alotrimorfos	
Sericita	10%		x	< 0.05 mm; Alotrimorfos	
Clorita	5%	x		< 0.05 mm; Hipidiomorfos	
<b>Observaciones:</b> La matriz está compuesta de cuarzo y plagioclasas < 0.10 mm, con una apariencia de epidotización por las tonalidades verdosas características y a la vez con una moderada seritización. La muestra se encuentra oxidada en un 5%. Al centro se aprecia una vetilla de pirita 0.15 mm y un ensamble de cuarzo y plagioclasas en una vetilla (0.5 mm) cubriendo aproximadamente el 30% de roca. Inicialmente se trataba de una textura glomeroporfírica, debido a la alteración presente en la roca se ha degradado (evidencia con continuidad óptica).					
<b>Minerales de alteración hidrotermal</b>	Py, Ep, Mnt, Ser, Chl				

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_011	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218805	10041163	1534
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>			In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>			E12	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~25%, 1-3 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~10%, 1-3 mm), epidota (~20%, 1-3 mm) y vetillas (< 2 mm), pirita (~10%) diseminados.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



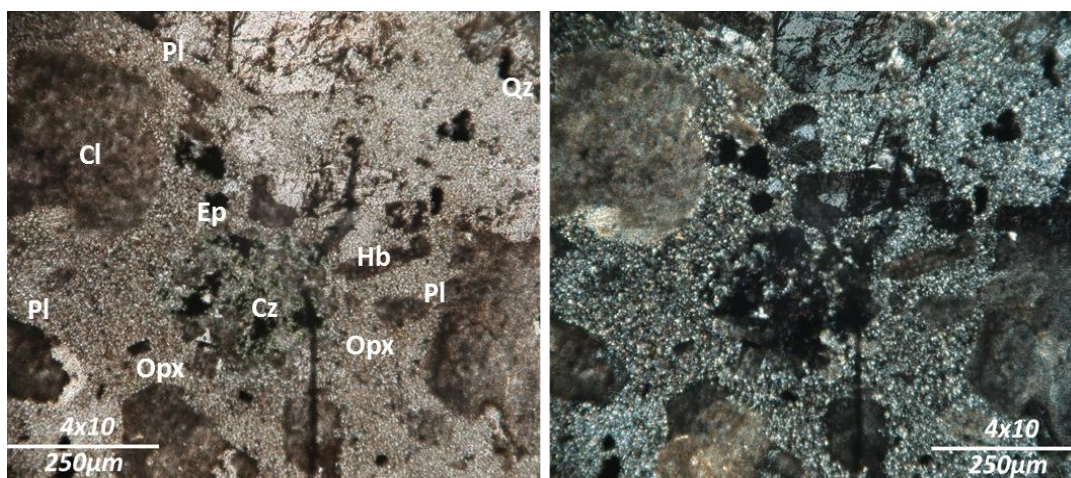
<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_012	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b> 218970	<b>Y:</b> 10040908	<b>Z:</b> 1657
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E13	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~35%, 1-5 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), feldespatos (~5%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~10%, 1-3 mm), epidota (~15%, 2-5mm) y vetillas (< 3 mm).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( propilítica?). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 3 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_012	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>		<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218970	10040908	1657
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		CUARZO MONZODIORITA				
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>						
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica					
<b>MATRIZ</b>	Microlítica					
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>		
Plagioclasas	35%	x	x	Principal Anortita y Microclina 0.05-0.60 mm; Hipidiomorfos, zonadas y fracturadas		
Cuarzo	10%	x	x	0.050-0.10 mm; Hipidiomorfos.		
Sericita	15%	x		<0.1 mm; Idiomorfos		
Hornblenda	10%	x		0.10-0.20 mm; Idiomorfos		
Prenhita	5%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos		
Pirita	10%		x	(<0.10 mm) oxidada; Hipidiomorfos; diseminada		
Ortopiroxenos	5%			0.05-0.25 mm; Hipidiomorfos		
Epidota	10%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos		
<b>Observaciones:</b> Matriz compuesta por agregado policristalino de cuarzo y plagioclasas. Las plagioclasas se evidencian zonadas, fracturadas y alteradas por sericita. Desarrollo de Prenhita.						
<b>Minerales de alteración hidrotermal</b>		Ser, Qtz, Py, Ep				

Fuente: Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_013	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E14		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). No se distinguen muy bien su composición mineralógica debido a que se tiene un enriquecimiento de sílice. Además se observa un clasto incluido (4 cm) de litología distinta con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~15% de, 1-5 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~10%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.



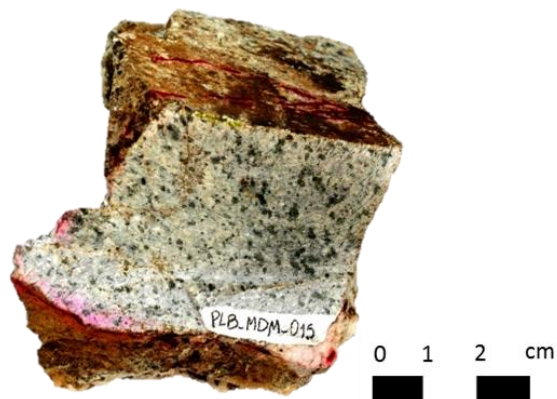
<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_014	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218917	10040945	1603
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E15		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~30% de, 1-5mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 2 mm)

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( sericítica?).

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_015	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E16		

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~25%, 1-8 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-5 mm) zonadas con tonalidades verdosas (presumible alteración clorítica), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~20%, 2 mm) Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados diseminados de piritita (~5%), vetillas (2 mm) y parches de epidota (<5 %, ≤ 5 mm), vetilla de cuarzo (2 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_016	<b>Coordenadas (WGS84)</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218789	10041172	1566
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E17		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~35%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~25% de, 1-10 mm) zonadas con tonalidades verdosas (presumible alteración clorítica), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~25%, 2 mm) con manifiesto de alteración. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxido. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como diseminados de pirita (~5%), vetillas (<2 mm) y parches de epidota (<5 %, ≤ 5 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

Fuente: Díaz, M., 2017.

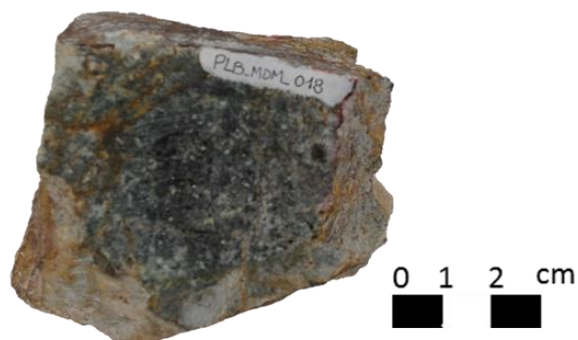


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_017	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218859	10041082	1601
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E18		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~35%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados diseminados de pirita (~5%), epidota (<5 %, ≤ 5 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericitica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

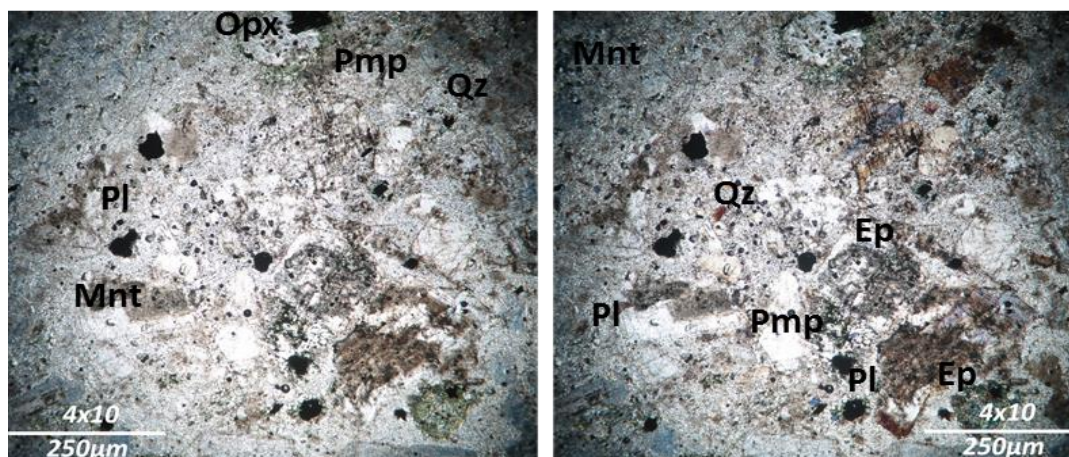


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_018	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218789	10041172	1566
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E19		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~25%, 1-5 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~15%, 1-3 mm), epidota (~15%, 1-3 mm) y vetillas (< 1 mm), pirita (~5%) diseminados, parches de calcopirita (<0.5%, <2 mm). Contiene magnetismo en bajo grado.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos.

Fuente: Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_018	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218907	10041024	1589
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>		
Plagioclasas	25%	x	Principal Anortita 0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos, zonados		
Montmorillonita	20%	x	0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos		
Cuarzo	35%	x	0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos, inclusiones.		
Pumpellita	10%		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos		
Epidota	10%		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos		
<b>Observaciones:</b> Roca con abundante Anortita, presenta un 5% de oxidación parcial. Emplazamiento de epidota-pumpellita. La matriz presenta un grado alto de alteración, pudiendo identificarse montmorillonita.					
<b>Minerales de alteración hidrotermal</b>	Mnt, Ep				

Fuente: Díaz, M., 2017.

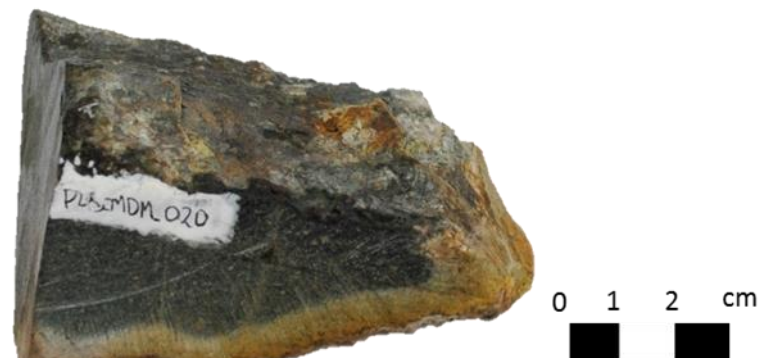


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_019	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo			218862	10041036	1601
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>		In Situ/ Húmeda	
					E20	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~35%, 1-5 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), feldespatos (~5%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~10%, 1-5 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~10%, 1-3 mm), abundante epidota (~15%, 3-8 mm) y vetillas (< 3 mm).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 3 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



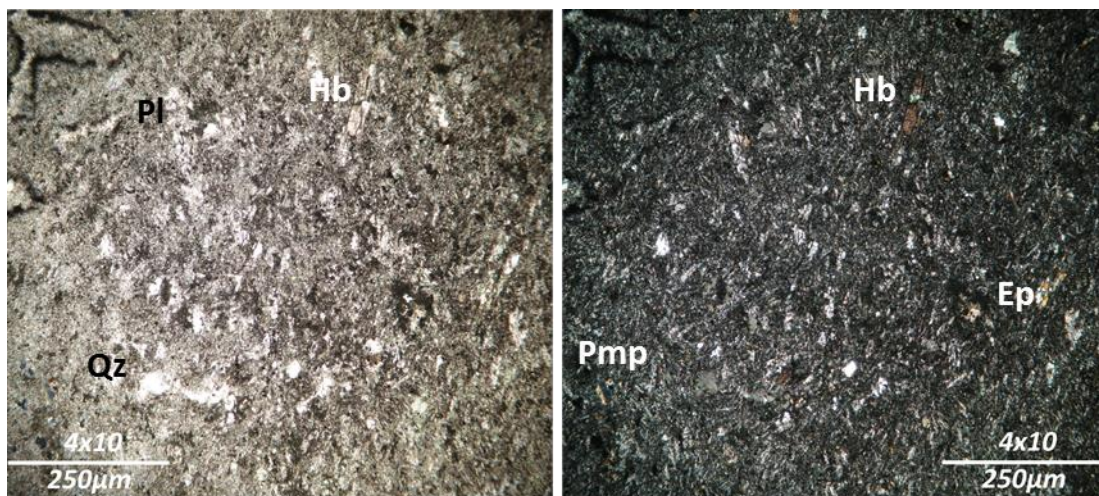
<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_020	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218868	10041038	1601
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E21		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~20%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~10%, 1-3 mm), abundante epidota (~15%, 1-3 mm), vetillas (< 2 mm). Contiene magnetismo en bajo grado.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_020	Coordenadas UTM (WGS84) 18 S			<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
					218868	10041038	1601
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>CUARZO MONZODIORITA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>							
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica						
<b>MATRIZ</b>	Microlítica						
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>			
Plagioclasas	35%	x	x	Principal Anortita, 0.05-0.30 mm; Hipidiomorfos			
Clorita	10%	x	x	< 0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos			
Cuarzo	10%		x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos			
Pumpellita	10%	x	x	< 0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos			
Hornblenda	10%	x		0.10-0.20 mm; Idiomorfos			
Epidota	10%	x	x	< 0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos			
Hematita	5%	x		< 0.05 mm; Alotrimorfos			
Pirita	10%		x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos; diseminados			
<b>Observaciones:</b> La matriz compuesta principalmente de pequeños cristales de cuarzo y plagioclasas. Emplazamiento de abundante pumpellita-clinozoicita-epidota en toda la roca. Fenocristales de hornblenda (0.10-0.20 mm). Pirita diseminada.							
<b>Minerales de alteración hidrotermal</b>		Ep, Chl, Py, Hm					

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_021	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218862	10041036	1601
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E22	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~35%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados diseminados de pirita (~5%), epidota (< 5 %, ≤ 5 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

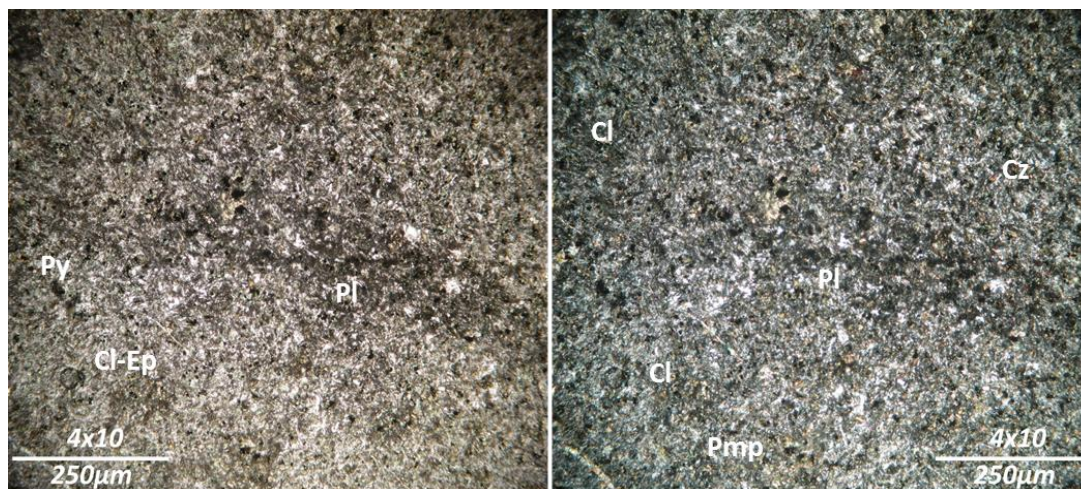


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_022	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218787	10041064	1625
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E24		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~20%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~10%, 1-3 mm), abundante epidota (~15%, 1-3 mm), vetillas (< 5 mm). Contiene magnetismo en bajo grado.

**Observaciones:** Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_022	<b>Coordenadas UTM (WGS84)</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
		17N	218787	10041064	1625
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	CUARZO MONZODIORITA				
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>	
Cuarzo	10%	x	x	<0.05 mm; Hipidiomorfos	
Plagioclasas	35%	x	x	Principal Anortita, 0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos	
Pumpellita	15%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
Epidota	10%	x		0.05-0.10 mm; Hipidiomorfos	
Clorita	10%				
Clinozoisita	10%	x		~0.05 mm; Hipidiomorfos	
Pirita	10%		x	(<0.05 mm); Hipidiomorfos; diseminados.	
<b>Observaciones:</b> Roca rica en calcio (Anortita). Ensamblajes de clorita-epidota, pumpellita-clinozoisita forman la matriz. Las plagioclasas se encuentran levemente alteradas.					
<b>Tipo de Ensamble de Alteración</b>	Ep, Chl, Py				

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_023	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218779	10041093	1592
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E25	

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~10% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~5%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm). Además existe un clasto incluído (4 cm) de litología diferente con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-2 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm), también presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante epidota (~15%, 1-2 mm) y vetillas (< 3 mm).

**Observaciones:** Vetilla de cuarzo (2 cm), minerales anfíboles y piroxenos presenta un grado moderado de alteración.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_024	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218779	10041093	1592
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>			In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E25		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~15%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~10%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante clorita (~10%, 1-3 mm), epidota (~15%, 1-3 mm). Contiene magnetismo en bajo grado.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilitica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_025	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b> 218760	<b>Y:</b> 10041079	<b>Z:</b> 1593
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	E28		

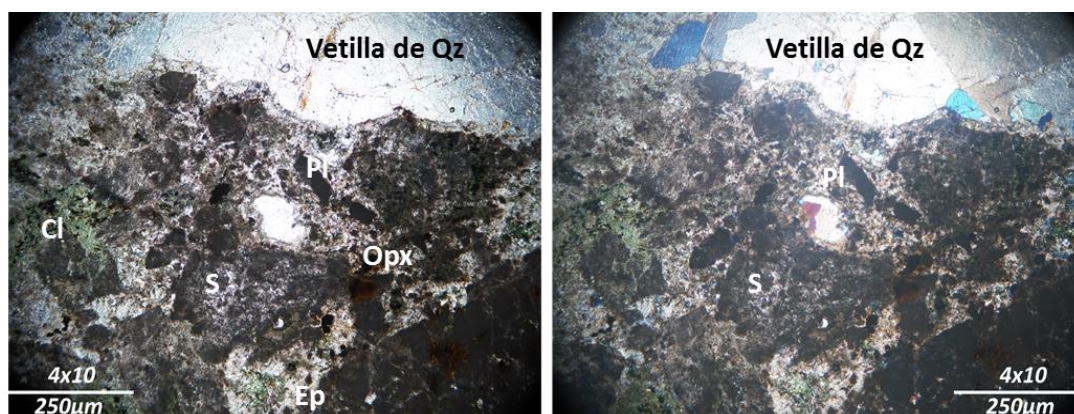
#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca con grado alto de oxidación. Se presenta de color gris medio verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-5 mm), plagioclasas anhedrales (~25% de, 1-5 mm) zonadas con tonalidades verdosas (presumible alteración clorítica), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 2 mm) con manifiesto de alteración. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como parches diseminados de pirita (~5%), epidota (<5 %, ≤ 3 mm), vetilla de cuarzo (3 cm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( argílica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

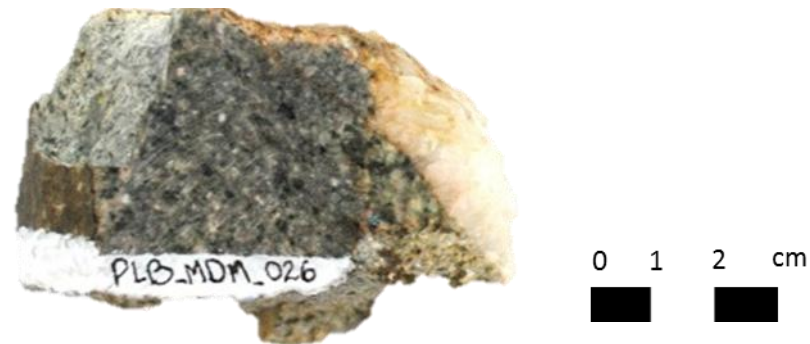
Fuente: Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_025	<b>Coordenadas UTM (WGS84)</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
		18 S	218760	10041079	1593
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	GRANODIORITA				
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina porfírica				
<b>MATRIZ</b>	Microlítica				
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>	
Cuarzo	35%	x	x	< 0.25 mm; Hipidiomorfos	
Plagioclasas	25%	x	x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos; diseminados	
Pirita	5%		x	< 0.05 mm; Alotrimorfos; diseminados	
Sericita	10%	x		< 0.05 mm; Hipidiomorfos	
Epidota	10%	x		0.05-0.15 mm; Hipidiomorfos	
Clorita	10%	x		< 0.10 mm; Hipidiomorfos	
Ortopiroxenos	5%	x	x	< 0.10 mm; Hipidiomorfos	
<b>Observaciones:</b> La matriz está compuesta de cuarzo y plagioclasas < 0.10 mm, tiene un aspecto fibroso y está seritizada. La muestra se encuentra oxidada en un 5%. La epidota se presenta en parches (0.15 mm) y rellenando una fisura (<0.05 mm). Pirita diseminada. Vetilla de cuarzo (1.00 mm), cubriendo aproximadamente el 35% de roca.					
<b>Tipo de Ensamble de Alteración Hidrotermal</b>	Ser, Chl, Ep, Py				

Fuente: Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_026	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218780	10041118	1567
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E29	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~35%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados diseminados de pirita (~5%), epidota (<5 %, ≤ 5 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización? Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( cloritización?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_027	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218812	10041105	1635
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>	E53		

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris verdoso medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~25% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 3 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como diseminados de pirita (~5%), epidota (<5 %, ≤ 5 mm), vetilla de cuarzo (3 cm)

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización? Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (cloritización?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

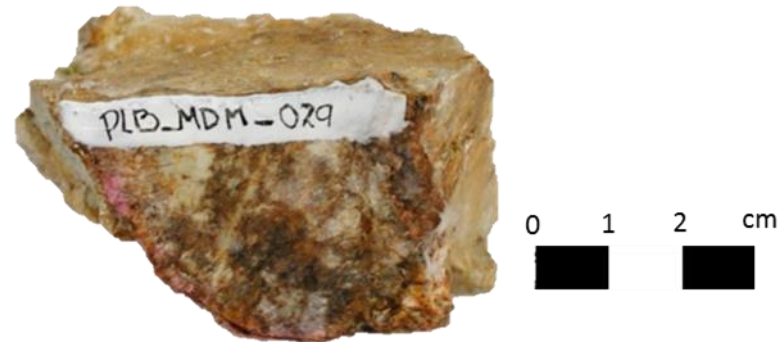


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_028	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTMX:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo		218913	10040953	1595
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>	In Situ/ Húmeda	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado alto de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~30%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm) (presumible alteración clorítica), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación presentados como parches ( $\leq 1.5$  cm), diseminados de pirita (~5%), vetilla de cuarzo (1.5 cm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización? Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración ( cloritización?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_029	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218894	10041007	1559
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>			In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>				<b>ESTACIÓN</b>	E37	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado alto de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~25%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~25% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como parches ( $\leq 5$  mm) y diseminados de pirita (~5%).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_030	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico		218876	10041006	1590
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>	In Situ/ Húmeda	
			<b>ESTACIÓN</b>	E39	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~20%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm), parches de epidota (3 cm).

**Observaciones:** Vetilla de cuarzo (2 cm), minerales anfíboles y piroxenos presenta un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_031	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			218801	10041082	1558
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E40	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~30%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~20%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~10%, 1-3 mm), vetillas de epidota (~15%, 1-2mm)

**Observaciones:** Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_032	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218799	10004101	1523
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico		<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>ESTACIÓN</b>		E41	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~10% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~5%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm). Además existe un clasto incluido (2 cm) de litología diferente con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-2 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm), también presenta minerales de segunda generación, entre estos epidota (~15%, 1-2 mm).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (sericitica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

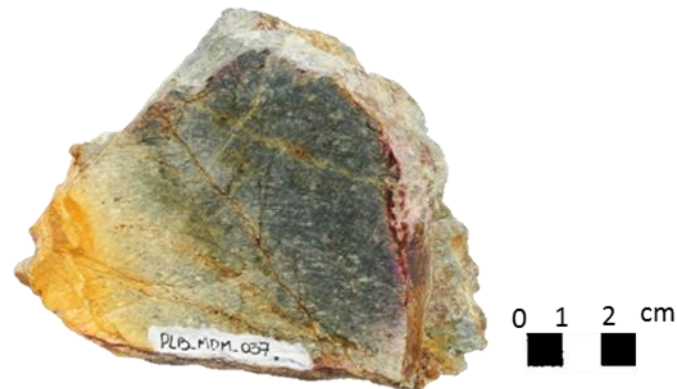


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_033	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			219017	10040851	-
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada El Bicundo	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E42	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~30%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~20% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta algunas fisuras milimétricas (< 2 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación como disseminados de pirita (~5%), vetillas (2 mm) y parches de clorita (<5 %, ≤ 3 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación.

**Observaciones:** Las plagioclasas presenta zonación y tonalidades verdosas, cloritización? Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_037	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico		219005	10040654	1585
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>			<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>	In Situ/ Húmeda	
			<b>ESTACIÓN</b>	E48	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~30%, 1-3mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~20%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos clorita (~10%, 1-3 mm), de epidota (~15%, <1.5 mm) y vetillas (1-3 mm).

**Observaciones:** Presenta algunas fisuras milimétricas (< 3 mm) generalmente rellena de óxido.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.





<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_038	<b>Coordenadas (WGS84) 18 S</b>	<b>UTM</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
				218992	10040653	1599
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda		
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E47		
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>						

Roca con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~15%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~10% de, 1-10 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~5%, 1-3 mm). Se distinguen minerales de segunda generación como diseminados de pirita (~5%), clorita (<5 %, ≤ 3 mm). Además existe un clasto incluido (4 cm) de litología diferente con grado bajo de oxidación. Se presenta de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-2 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~15%, 1-3 mm), también presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante epidota (~15%, 1-2 mm) y vetillas (< 3 mm).

**Observaciones:** Los minerales anfíboles y piroxenos presentan un grado moderado de alteración (propilítica?), la misma que será confirmada con el análisis microscópico.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.

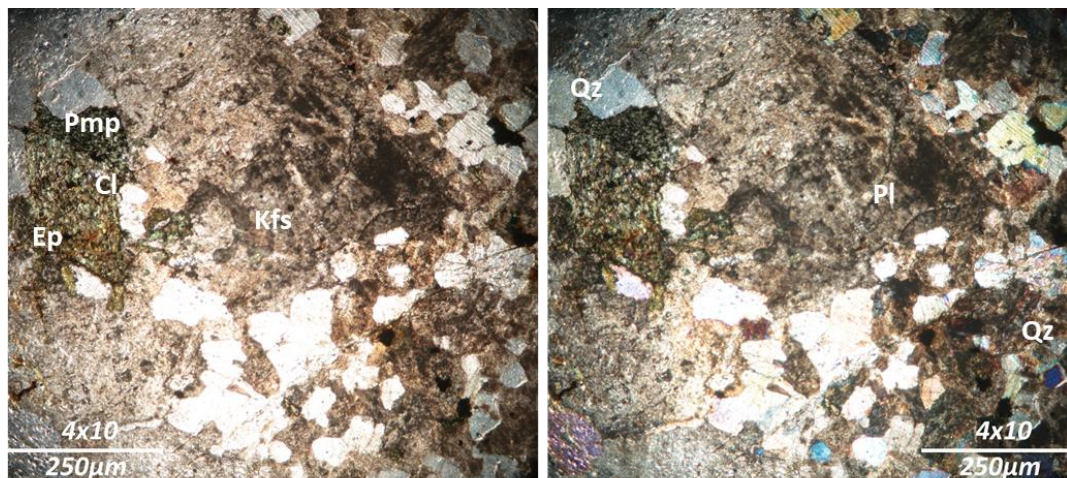


<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_039	<b>Coordenadas UTM (WGS84) 18 S</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			219040	10040617	-
<b>UBICACIÓN:</b>	Quebrada Chorrera Chico	<b>TIPO/CONDICIÓN:</b>		In Situ/ Húmeda	
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		<b>ESTACIÓN</b>		E50	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>					

Roca con grado medio de oxidación. Se presenta de color gris rosáceo, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-5 mm), feldespato potásico (~25%, 1-5 mm), cuarzo subhedral (~15%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (10%, 1-3 mm), clorita (15%, 1-3 mm), epidota (~10%) en parches (1-3 mm), pirita diseminada (<5%), parches de covelina (<5%, ≤5 mm), vetilla de cuarzo lechoso (≤10 mm).

**Observaciones:** Presenta un grado bajo de oxidación y magnetismo.

**Fuente:** Díaz, M., 2017.



<b>CÓDIGO:</b>	PLB_MDM_039		<b>Coordenadas UTM (WGS84)</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
			18 S	219040	10040617	-
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	CUARZO MONZONITA					
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>						
<b>TEXTURA</b>	Roca holocristalina fanerítica					
<b>MATRIZ</b>	Microlítica					
<b>Minerales</b>	<b>% TOTAL</b>	<b>Fenocr.</b>	<b>Matriz</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESTACADAS</b>		
Feldespatos	35%	x	x	0.10-0.20 mm; Hipidiomorfos		
Plagioclasas	25%	x	x	0.10-0.20 mm; Hipidiomorfos		
Cuarzo	10%	x	x	0.10-0.20 mm; Hipidiomorfos		
Pirita	15%	x	x	<0.05 mm; Hipidiomorfos; diseminada		
Pumpellita	5%	x		0.10-0.20 mm; Hipidiomorfos		
Clorita	5%	x		0.05-015 mm; Hipidiomorfos		
Epidota	5%	x		<0.05 mm; Hipidiomorfos		
<b>Observaciones:</b> Ensamble de clorita-epidota-pumpellita. Fisuras rellenas de óxidos (<0.05 mm). Vetillas secundarias de cuarzo (0.10-0.15 mm) emplazadas con clorita. La pirita se encuentra diseminada e incluida tanto en la matriz como en los cristales de cuarzo y plagioclasas. Emplazamiento de epidota-pumpellita. La muestra se encuentra oxidada en un 10%.						
<b>Tipo de Ensamble de Alteración Hidrotermal</b>	Py, Chl, Ep					

Fuente: Díaz, M., 2017.

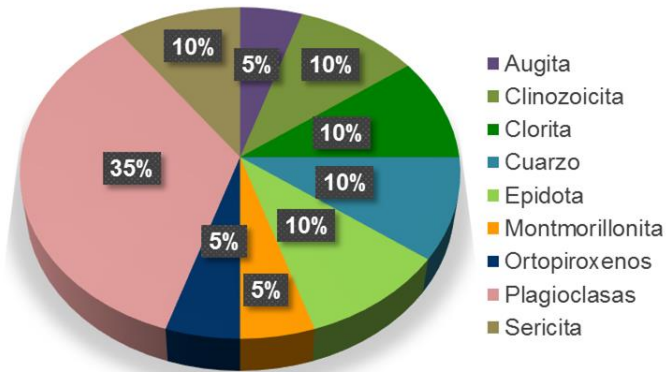
Se identificó la zonación de algunas minerales como plagioclasas, anfíboles y piroxenos. Además se diferenciaron 2 tipos de alteraciones, sericítica, propilítica, las mismas que serán confirmadas con la identificación y cuantificación de los minerales de alteración hidrotermal.

LITOLOGÍAS Y ENSAMBLES DE MINERALES DE ALTERACIÓN DE LAS LÁMINAS PETROGRÁFICAS			
PLB_MDM_005	PLB_MDM_007	PLB_MDM_008	PLB_MDM_009
Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	
Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	
Sericita	Sericita	Hornblenda	
Epidota	Montmorillonita	Epidota	
Clorita	Illita	Clinozoicita	
Clinozoicita	Pirofilita	Apatito	
Augita		Pirita	
Montmorillonita			
Ser, Ep, Chl, Mont	Ser, Mnt, Ill	Ep, Py	
PLB_MDM_010	PLB_MDM_012	PLB_MDM_018	PLB_MDM_020
Cuarzo	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas
Plagioclasas	Cuarzo	Montmorillonita	Clinozoisita
Pirita	Sericita	Cuarzo	Cuarzo
Epidota	Hornblenda	Pumpellita	Pumpellita
Montmorillonita	Prenhita	Epidota	Hornblenda
Sericita	Pirita		Epidota
Clorita	Ortopiroxenos		Hematita
	Epidota		Pirita
Py, Ep, Mont, Ser, Chl	Ser, Qz, Py, Ep	Mont, Ep	Chl, Ep, Py, Hm
PLB_MDM_022	PLB_MDM_025	PLB_MDM_039	
Cuarzo	Cuarzo	Feldespatos	
Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	
Pumpellita	Pirita	Cuarzo	
Epidota	Sericita	Pirita	
Clinozoisita	Epidota	Pumpellita	
Pirita	Clorita	Pumpellita	
	Ortopiroxenos	Pumpellita	
Chl, Ep, Py	Ser, Chl, Ep, Py	Ch, Ep, Py	

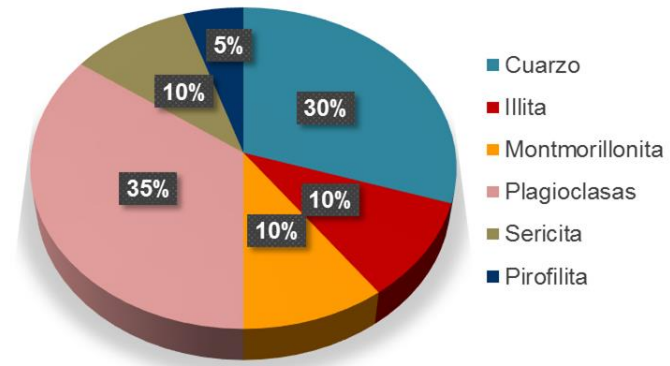
Tabla V. Relación entre las muestras, litologías y ensambles minerales de las láminas petrográficas.

Fuente: Díaz, M., 2017.

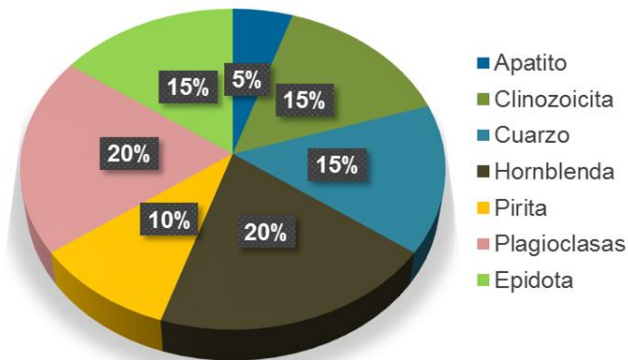
MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_005



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_007



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_008



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_010

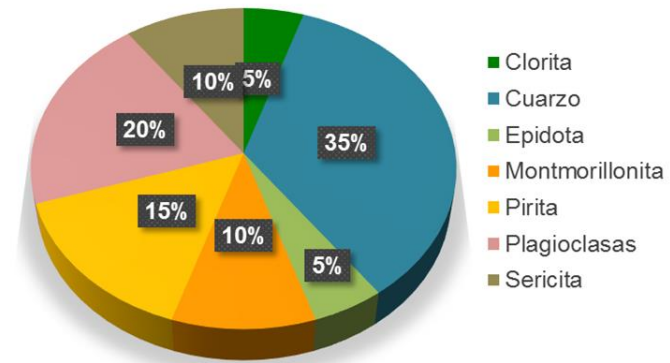
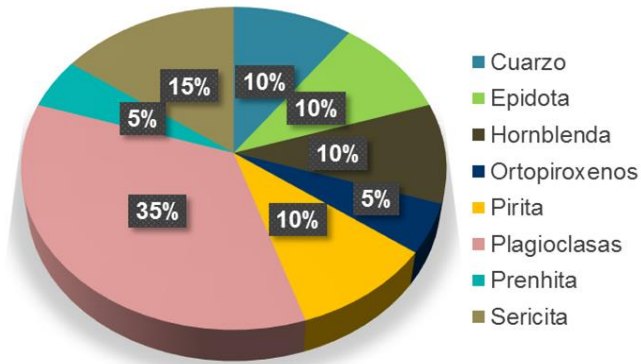


Figura 5.1 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración para las muestras analizadas mediante láminas petrográficas (1/3).

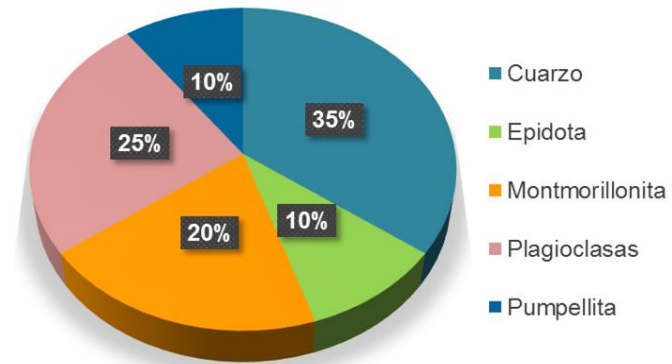
Fuente: Díaz, M., 2017.



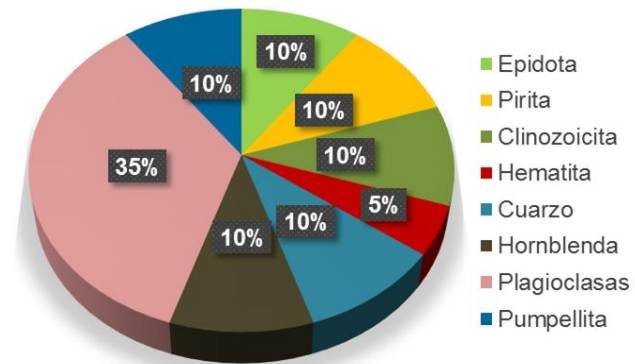
MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_012



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_018



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_020



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA MUESTRAPLB\_MDM\_022

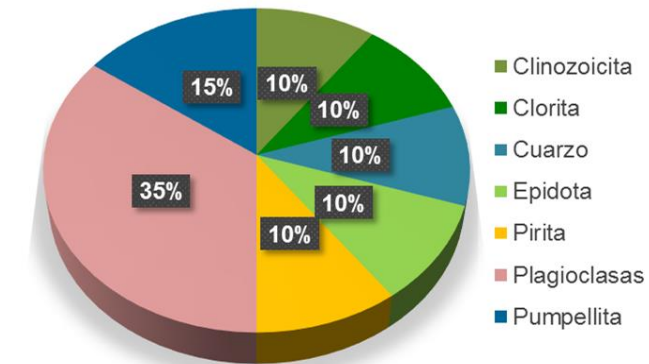
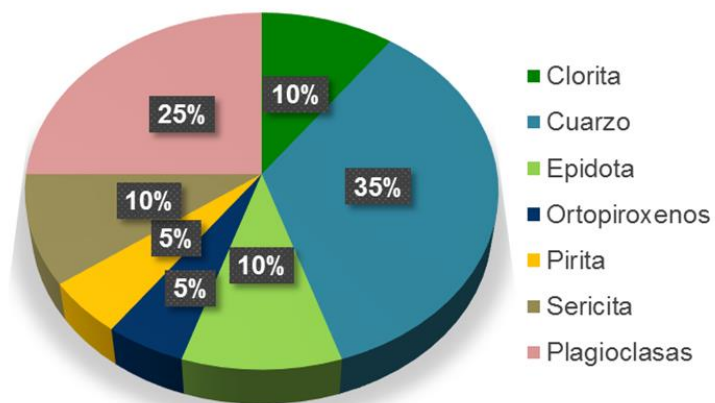


Figura 5.2 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración para las muestras analizadas mediante láminas petrográficas (2/3).

Fuente: Díaz, M., 2017.

MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA  
MUESTRAPLB\_MDM\_025



MINERALES DE ALTERACIÓN PARA LA  
MUESTRAPLB\_MDM\_039

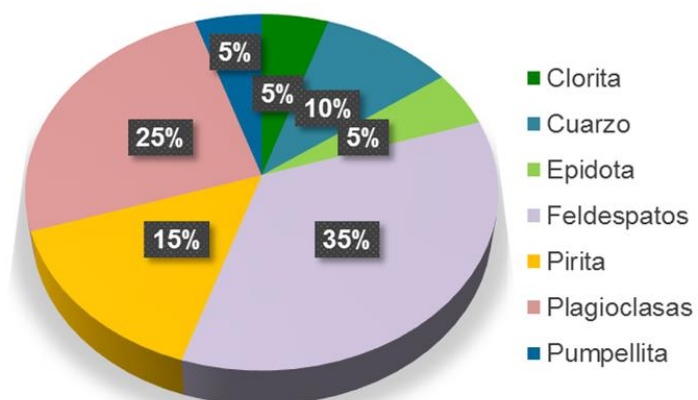


Figura 5.3 Gráficos de distribución porcentual de los minerales de alteración para las muestras analizadas mediante láminas petrográficas (3/3).

Fuente: Díaz, M., 2017.



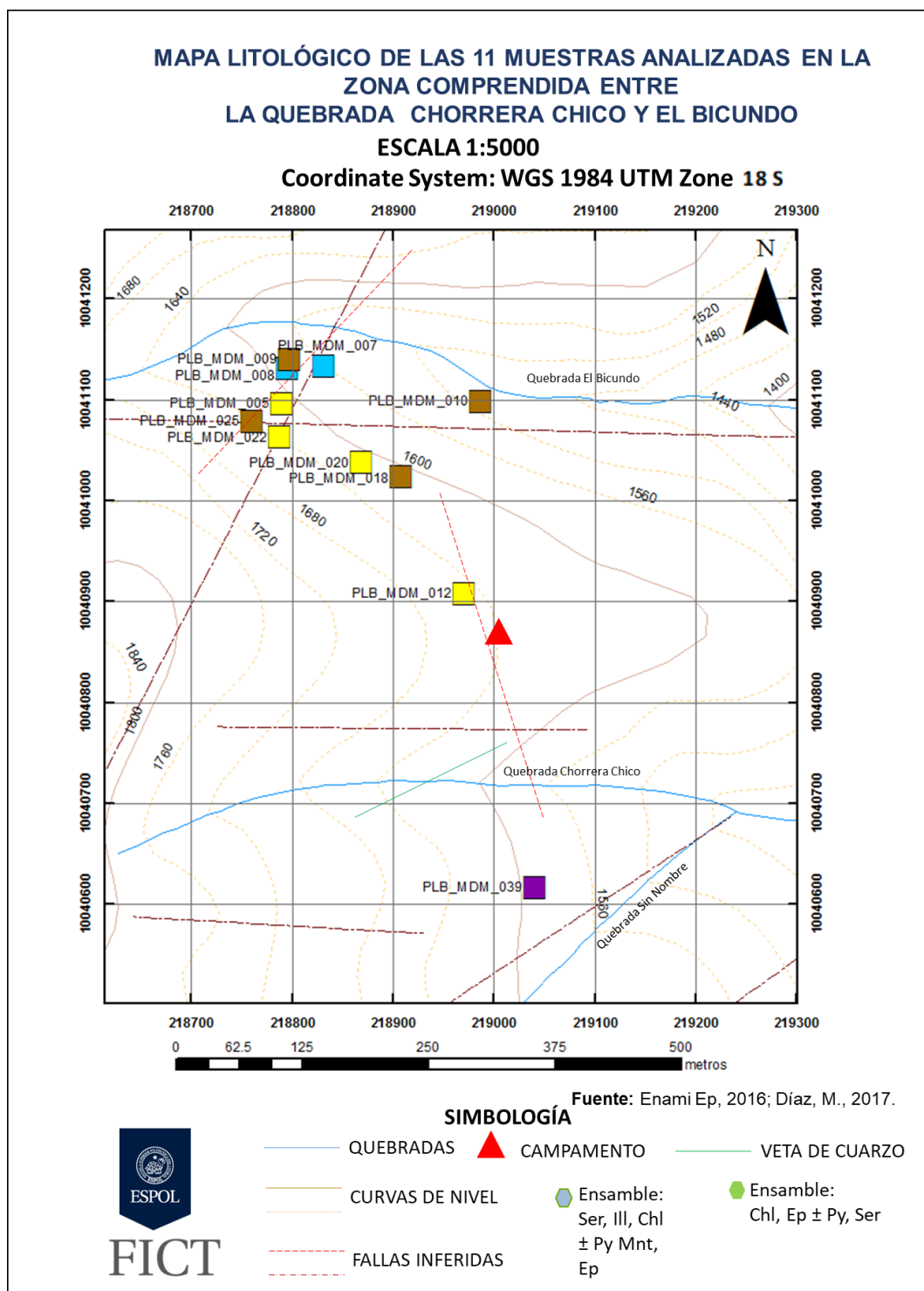


Figura 5.4 Mapa de litologías para las 11 láminas petrográficas estudiadas.  
Fuente: Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

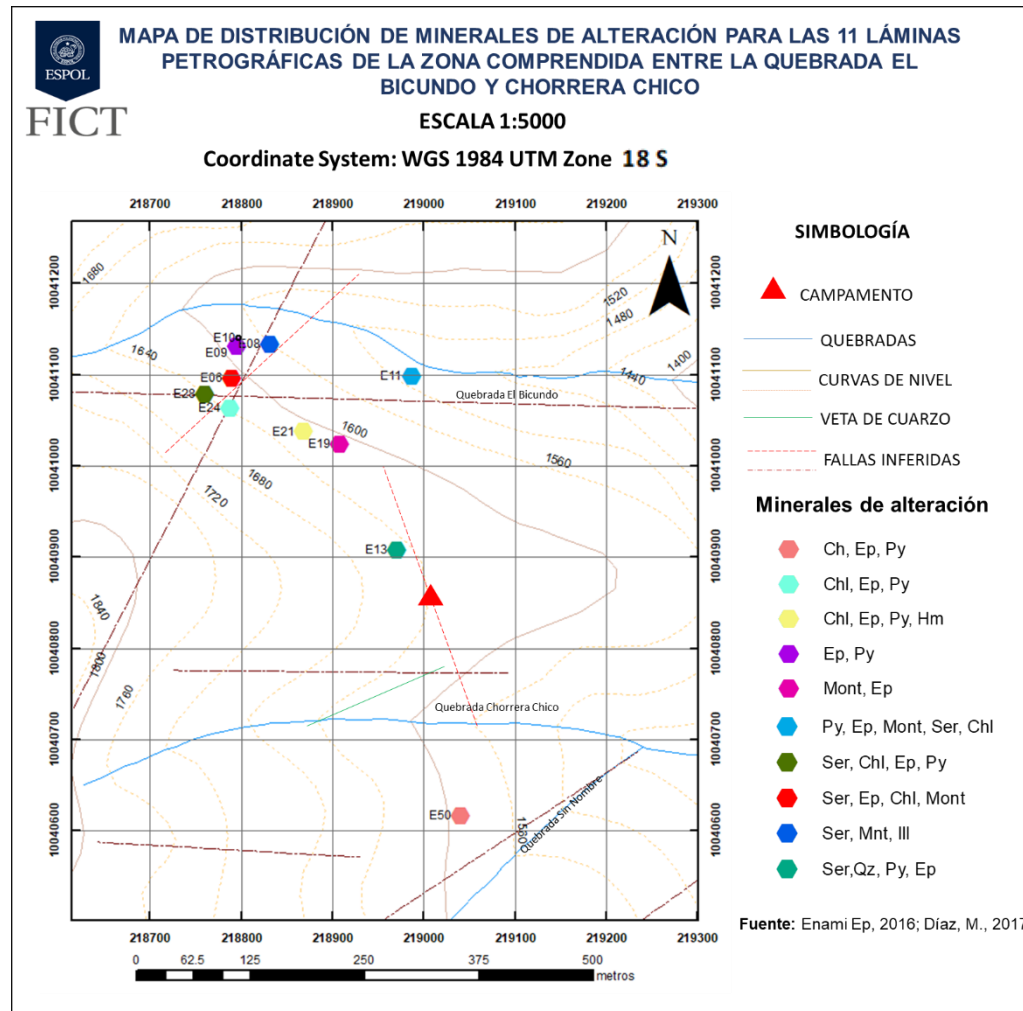


Figura 5.6 Mapa de alteraciones para las 11 láminas petrográficas estudiadas

**Fuente:** Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

# **CAPÍTULO 6**

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 6.1 Análisis de las litologías

El análisis de las muestras a macro y mesoescala permitió reconocer tres principales litologías

**Litología 1:** Roca con grado medio-alto de oxidación. Se presenta de color gris medio, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de cuarzo anhedral (~40%, 1-10 mm), plagioclasas anhedrales (~30% de, 1-10 mm) zonadas con tonalidades verdosas (presumible alteración clorítica), feldespatos (~5%, 1-5 mm), anfíboles subhedrales y piroxenos anhedrales (~15%, 1.5 mm) con manifiesto de alteración. Presenta algunas fisuras milimétricas (< 1 mm) generalmente rellena de óxidos. Se distinguen minerales de segunda generación presentados como parches ( $\leq$  5 mm), vetillas (3- 5 mm), clústeres (~8 mm) y diseminados de pirita (~5%), vetillas (2 mm) y parches de epidota (<5 %,  $\leq$  5 mm), vetilla de cuarzo (2-10 mm), varios de estos con grado medio-alto de oxidación. En la zona más periférica de la roca no se pueden distinguir los minerales, por lo que se presume algún tipo de alteración.

**Litología 2:** Roca de color gris oscuro verdoso, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano fino (< 1 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~35%, 1-5 mm), cuarzo

subhedral (~10%, 1-5 mm), feldspatos (~5%, 1-3 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (~10%, 1-3 mm). Presenta minerales de segunda generación, entre estos abundante epidota (~15%) en parches (1-3 mm) y vetillas (< 2 mm), clorita (~10%, 1-3 mm), pirita (~10%) en parches (5 mm), vetillas (2 mm) y diseminados, parches de calcopirita (<0.5%, 2-3 mm). Contiene magnetismo en bajo grado. En ocasiones la roca presenta un grado moderado de alteración.

**Litología 3:** Roca de color gris rosáceo, textura fanerítica, matriz holocristalina, equigranular de tamaño de grano entre medio (1-5 mm). Desarrollo de fenocristales de plagioclasas subhedrales (~20%, 1-5 mm), feldespato potásico (~25%, 1-5 mm), cuarzo subhedral (~10%, 1-5 mm), anfíboles y piroxenos subhedrales (10%, 1-3 mm), clorita (10%, 1-3 mm), epidota (~10%) en parches (1-3 mm), pirita diseminada (<10%), parches de covelina (<5%, ≤5 mm), vetilla de cuarzo lechoso (≤10 mm). Presenta un grado bajo de oxidación y magnetismo.

**Litofacie 1:** Se trata del contacto neto entre dos litologías, en la que predomina la Litología 1 intruida por diques de tamaño muy variado (10-30 cm de ancho) de la Litología 2, ambas litologías con grado moderado de alteración, se observan fisuras (1 mm -20 cm) rellenas de cuarzo lechoso, lo que resulta como una textura brechosa. La mineralización más rica se ve ligada a los pequeños diques.

Utilizando el Diagrama de Streckeisen para la clasificación de rocas ígneas se obtuvieron las siguientes litologías en el sector:

DETERMINACIÓN DE LITOLOGÍA 1					
Contenido total de la muestra					Contenido en % al respecto de los 3 componentes minerales usados
Minerales	%				
Cuarzo	40%	40%	x 1.33 =		53%
Plagioclasa	30%	30%	x 1.33 =		40%
Feldespato	5%	5%	x 1.33 =		7%
Ferromagnesianos	15%				
Pirita	5%				
Epidota	5%				
TOTAL	100%	75%	x 1.33 =		100%
<b>Fuente:</b> Díaz, M., 2017		Factor de Multiplicación $75x ? = 100 \rightarrow ? = 1.33$			

**Nombre de la Roca: Granodiorita**

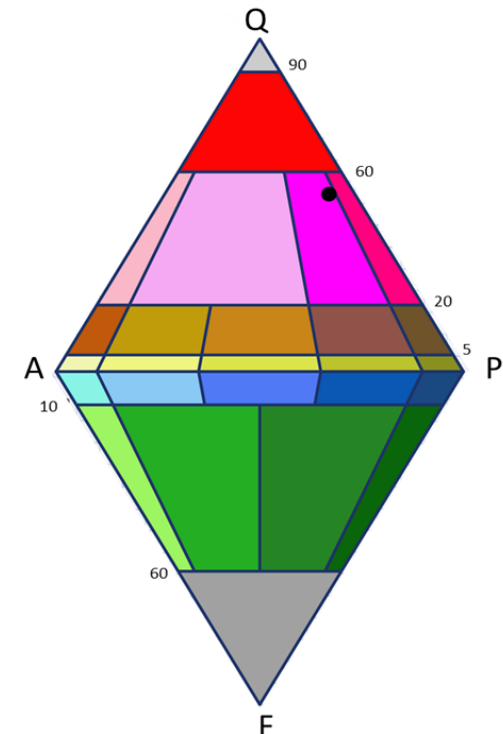


Figura 6.1 Determinación del nombre de la roca para litología 1

**Fuente:** Streckeisen, 1974

DETERMINACIÓN DE LITOLOGÍA 2				
Contenido total de la muestra		Contenido en % al respecto de los 3 componentes minerales usados		
Minerales	%			
Cuarzo	10%	10%	x 2 =	20%
Plagioclasa	35%	35%	x 2 =	70%
Feldespato	5%	5%	x 2 =	10%
Ferromagnesianos	10%			
Clorita	10%			
Pirita	10%			
Epidota	15%			
Calcopirita	5%			
TOTAL	100%	50%	x 2 =	100%
<b>Fuente:</b> Díaz, M., 2017.		Factor de Multiplicación 50x ? = 100 ----> ? = 2		

**Nombre de la Roca: Cuarzo-Monzodiorita**

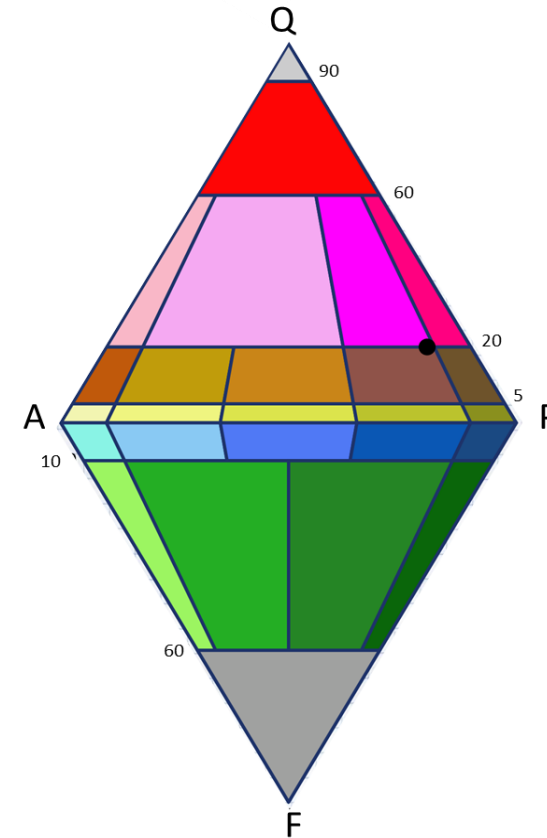


Figura 6.2 Determinación del nombre de la roca para litología 2

**Fuente:** Streckeisen, 1974

DETERMINACIÓN DE LITOLOGÍA 3				
Contenido total de la muestra				Contenido en % al respecto de los 3 componentes minerales usados
Minerales	%			
Cuarzo	10%	10%	x 1.82 =	18.2%
Plagioclasa	20%	20%	x 1.82 =	36.4%
Feldespato	25%	25%	x 1.82 =	45.4%
Ferromagnesianos	10%			
Clorita	10%			
Pirita	10%			
Epidota	10%			
Covelina	5%			
TOTAL	100%	55%	x 2 =	100%
<b>Fuente:</b> Díaz, M., 2017.		Factor de Multiplicación		
		55x ? = 100 ----> ? = 1.82		

**Nombre de la Roca: Cuarzo Monzonita**

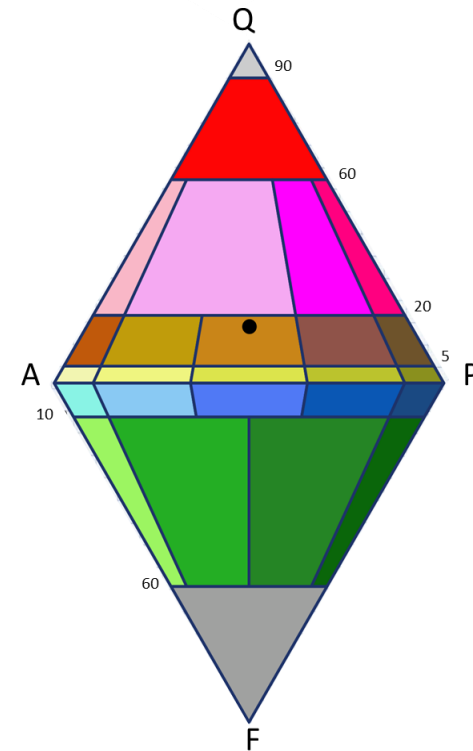


Figura 6.17 Determinación del nombre de la roca para litología 3  
**Fuente:** Streckeisen, 1974



Se ha definido una textura brechada para la Litofacie 1, para indicar que en ese sector existen contactos entre la granodiorita con intrusiones de cuarzo monzodiorita.

Una vez determinadas las litologías predominantes en el sector, se puede establecer que hacia el N (tomando como referencia el campamento, E219008, N10040847), se observan granodioritas con grado moderado de alteración, intruida por pequeños diques de tamaño muy variado (15 cm -30 cm de ancho) de cuarzo monzodiorita, con grado leve a moderado de alteración y bajo grado-medio de magnetismo en contacto neto, pero con un pequeño halo de oxidación.

Los afloramientos observados presentan venas de cuarzo (10 cm- 20 cm) sin dirección preferencial, dándole a la roca una apariencia de textura brechosa.

Hacia el sur, en la quebrada Chorrera Chico, afloran rocas con textura brechada (litofacie 1) en alternancia con cuarzo monzonitas. Se observa una veta de cuarzo 66/40 (E 218938, 10040721 N), de aprox. (40 cm de potencia), marcando el contacto litológico entre las granodioritas y cuarzo monzonitas.

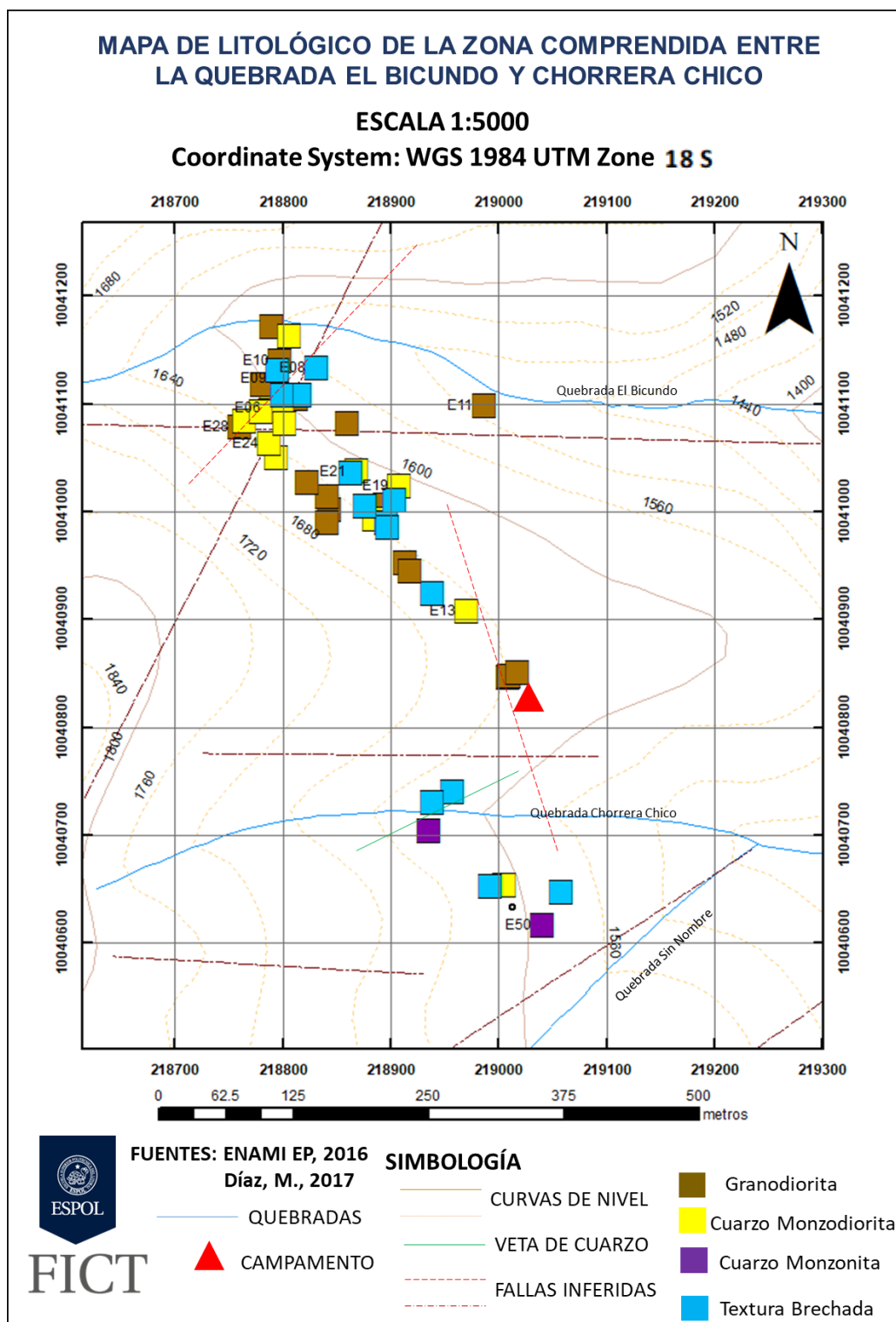


Figura 6.4 Mapa litológico de la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo.

Fuente: Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

## **6.2 Análisis de los minerales de alteración hidrotermal y configuración de los ensambles de alteración hidrotermal**

El sector que corresponde a la quebrada El Bicundo, es decir aproximadamente 500 metros hacia el norte desde el campamento (E219008, N10040847), se observa un lineamiento, generado por la intrusión (15-30 cm de ancho) de cuarzo monzodioritas en granodioritas con predominancia de minerales de alteración como sericita (~10%), illita (~10%), clorita (~5-10%), epidota (~5-10%), pirita (~5-15%), montmorillonita (~5-20%)

Estos minerales de alteración son candidatos para configurar un ensamble de alteración hidrotermal sericita, cuarzo ± pirita, montmorillonita, que en términos de alteraciones hidrotermales de un sistema tipo pórfido de cobre, corresponderían a minerales de la zona de alteración sericítica.

Además se aprecia un sistema de vetillas de cuarzo lechoso de variados tamaños (milimétricos y centimétricos), parches de epidota (1-5 cm), pirita (1-5 cm), calcopirita (1-5 cm), covelina (1-5 cm) (vista en campo), dándole a la zona norte, interés hidrotermal.

La distribución de los minerales de alteración hidrotermal clorita (~10%), epidota (~5-10%), pirita (~5-15%), sericita (~5%), conciernen a las cuarzo monzodioritas y cuarzo monzonitas.

Estos minerales de alteración forman un ensamble de minerales como clorita, epidota  $\pm$  pirita, sericita. Algunas de las muestras analizadas tienen grado bajo de magnetismo, indicándonos presencia de minerales ferromagnesianos (anfíboles y piroxenos, ~10%).

Como se observa en la Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7, sin importar la litología la distribución de los ensambles de minerales de alteración hidrotermal, nos da a entender que el halo de alteración es algo irregular.

Es notable que en la zona estudiada ambos ensambles de alteración también aparecen en las litofacies 1 es decir en las intrusiones donde aparece el vetilleo no preferencial de cuarzo secundario (textura brechada).

Se observó pumpellita y prenhita en los cuarzos monzodioritas, formado localmente un ensamble de minerales metamórficos hidrotermal o de contacto de bajo grado.



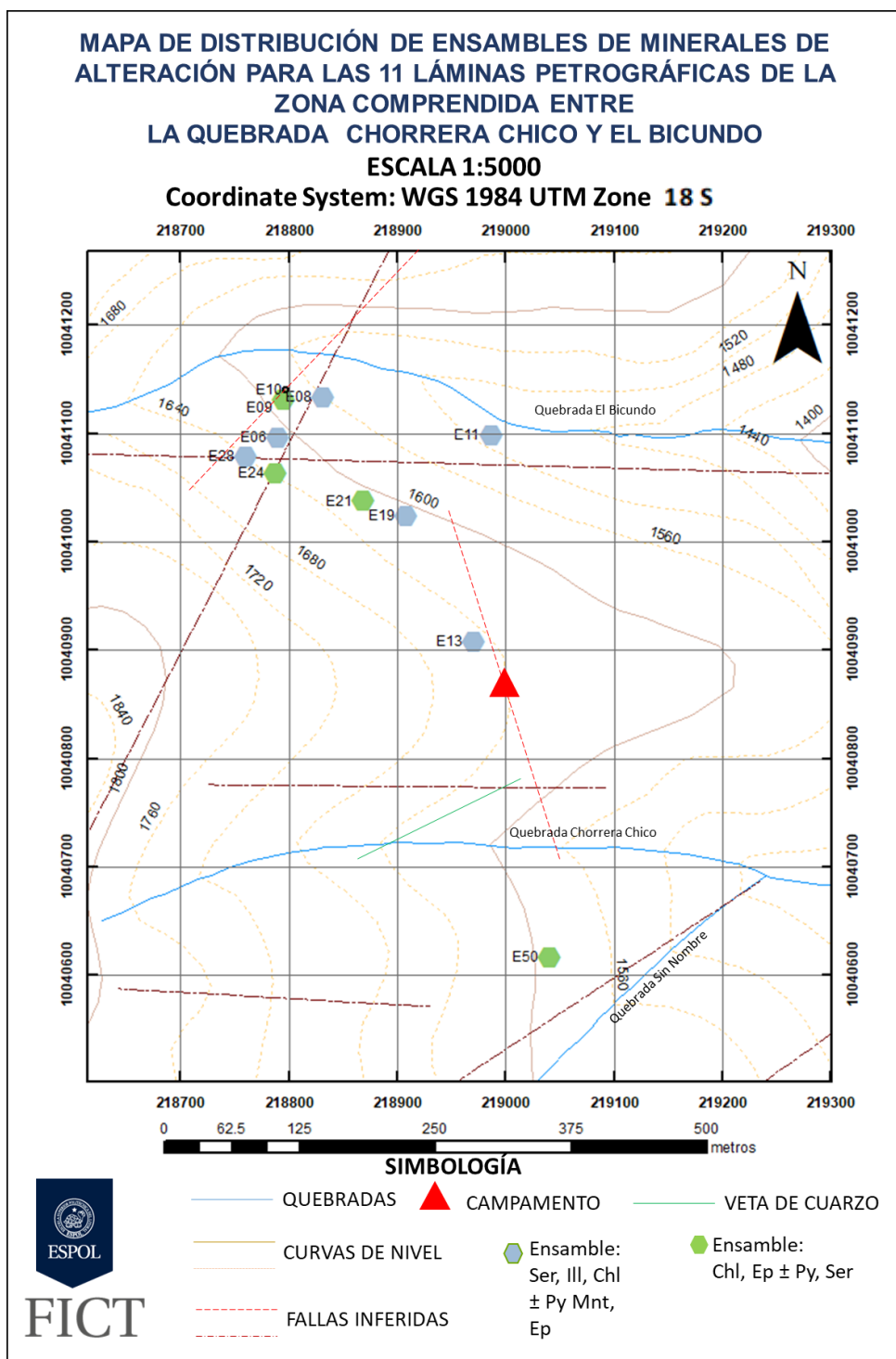


Figura 6.5 Mapa de distribución de ensambles de minerales de alteración hidrotermal para las 11 láminas estudiadas de la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo.  
**Fuente:** Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

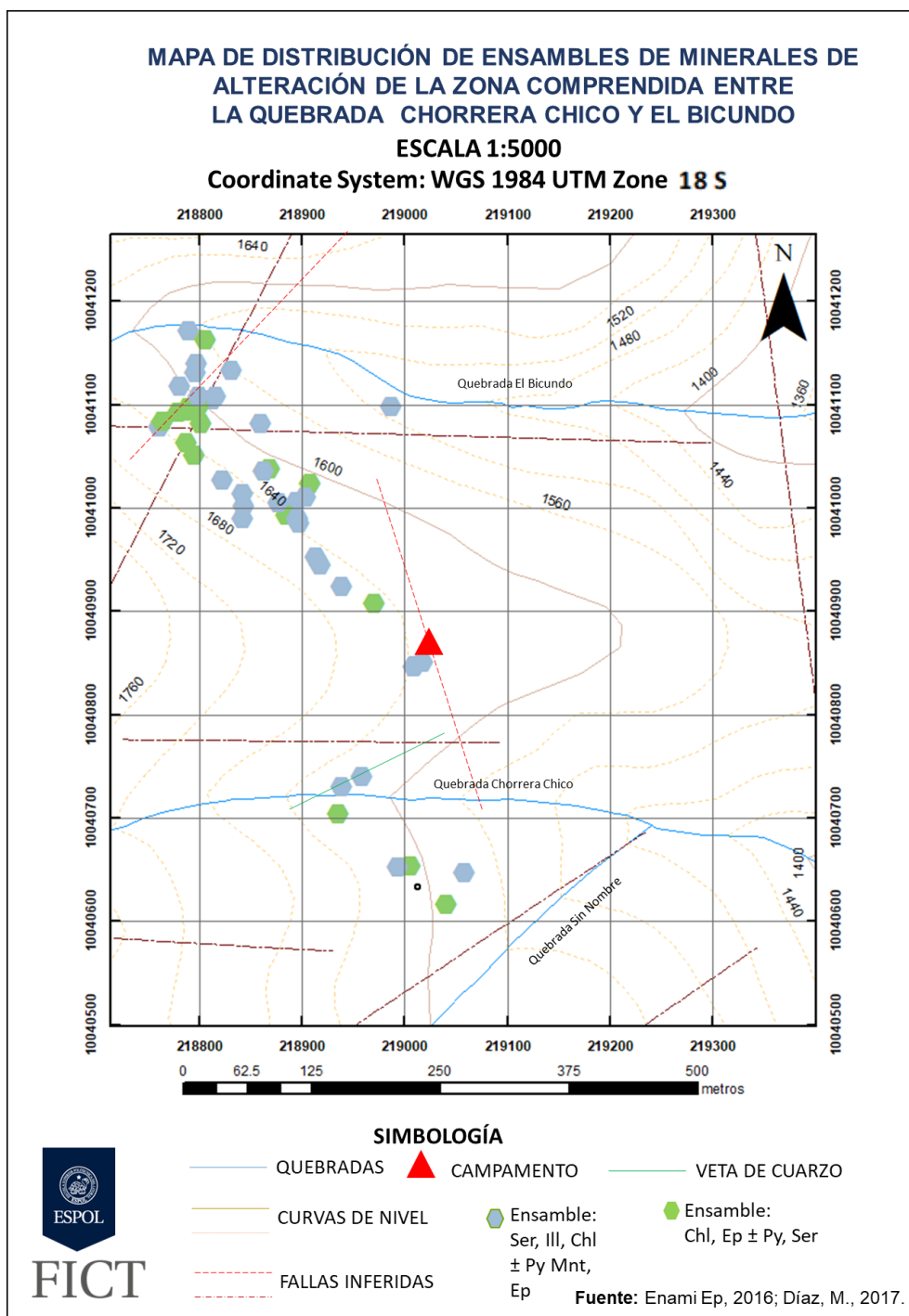


Figura 6.6 Mapa de distribución de ensambles de minerales de alteración hidrotermal de la zona comprendida entre las quebradas Chorrera Chico y El Bicundo.

**Fuente:** Enami Ep, 2016; Díaz, M., 2017.

### 6.3 Interpretación geológica

Las alteraciones hidrotermales generadas por hidrólisis, generan reacciones que neutralizan a los fluidos hidrotermales, teniendo como consecuencia la zonación de algunos minerales.

La zonación de las plagioclasas en un ambiente de baja-media temperatura, genera en las partes más proclives de estos minerales, es decir en las ricas en calcio (Anortita según análisis microscópico en este estudio), generando en la mesostasis y en los cristales de mayor tamaño, minerales producto de reemplazo hidrotermal como cuarzo, clorita, illita, montmorillonita, epidota.

Estos minerales producto de la alteración de las plagioclasas, son buenos candidatos para la formación del ensamble mineral sericita, illita, clorita ± epidota, pirita, montmorillonita.

De igual manera el paso de un fluido hidrotermal, también altera a minerales ferromagnesianos como anfíboles y piroxenos (~10% en las litologías dentro de la zona de estudio), dando como resultado minerales de reemplazo hidrotermal clorita, illita, cuarzo, pirita.



Estos minerales de alteración hidrotermal forman un ensamble de alteración hidrotermal clorita, epidota  $\pm$  pirita, sericita.

Por otro lado la presencia de epidota, se debe a una depositación directa de este mineral, a partir de la solución hidrotermal a través de las fisuras, fallas, diaclasas preexistentes en las rocas.

Se observó en las láminas petrográficas, pumpellita (PLB MDM\_018, PLB\_MDM\_020, PLB\_MDM\_022, PLB\_MDM\_039) y prenhita (PLB\_MDM\_012).

# **CAPITULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Las litologías halladas en el sector norte de la zona de estudio corresponden a granodioritas, presentándose en ciertos afloramientos la textura brechada definida como litofacie 1, es decir las cuarzo monzodioritas con grado moderado de alteración y bajo grado de magnetismo, intruidas en las granodioritas, formando un contacto neto, aunque ocasionalmente se presenta un pequeño halo de oxidación.

Hacia el sur, en la quebrada Chorrera Chico, predominan las rocas con textura brechada (litología 4) alternadas con cuarzo monzonitas. Se localizó el contacto entre estas litologías en las coordenadas (E 218938, 10040721 N), como referencia se tiene a la veta de cuarzo pervasivamente alterada con alteración tipo argílica (variedad de arcillas).

Se identificaron dos ensambles de minerales de alteración hidrotermal: 1) sericita, cuarzo  $\pm$  pirita, montmorillonita; 2) clorita, epidota  $\pm$  pirita, sericita.

Estos minerales según Lowell y Guilbert (1970) corresponden a los ensambles de alteración que encajan respectivamente en las zonas de alteración sericítica y propilítica del modelo de zonación de alteraciones para depósitos tipo pórfido de cobre propuesto por Sillitoe (2010).

El ensamble de alteración hidrotermal que predomina en la zona de estudio corresponde a: sericita, cuarzo  $\pm$  pirita, montmorillonita, es decir predomina una alteración sericítica.

Para este estudio, las alteraciones se deben a: una depositación directa de las soluciones hidrotermales en diaclasas, fallas, fracturas; y reemplazo de los minerales de las rocas inestables en el ambiente hidrotermal.

Se pudo evidenciar prehnita y pumpellita, minerales típicos de metamorfismo hidrotermal de bajo grado que localmente han sido generados por el escape de volátiles a través de las fisuras.

Se recomienda hacer estudios más detallados como difracción de rayos X y análisis geoquímico en la zona de la quebrada El Bicundo, para poder hilar más fino respecto a los minerales de alteración hidrotermal.

Realizar un muestreo sistemático en la zona hacia el sur, cerca de la quebrada Chorrera Chico, donde la alteración en la roca va disminuyendo gradualmente.

## **Anexos**

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_005											
Minerales	Augita	Clinozoicita	Clorita	Cuarzo	Epidota	Montmorillonita	Ortopiroxenos	Plagioclasas	Sericita	Oxidos	Matriz Qz-Pl
%	<5%	10%	10%	10%	10%	5%	5%	5%	10%	10%	20%

Anexo I. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_005

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1			Augita	Augita		Augita	Augita	Augita				Augita	Augita							
2					Montmorillonita	Montmorillonita	Montmorillonita				Augita	Augita				Oxidos				
3			Clinozoicita	Clinozoicita	Montmorillonita	Montmorillonita	Montmorillonita		Augita	Ortopiroxenos			Augita	Augita	Oxidos					
4	Augita	Ortopiroxenos	Clinozoicita	Clinozoicita	Clorita	Augita	Augita	Augita		Augita	Clinozoicita			Oxidos						
5		Augita	Augita	Clinozoicita	Clinozoicita	Augita	Augita		Augita	Montmorillonita	Montmorillonita	Montmorillonita	Ortopiroxenos	Augita		Ortopiroxenos				Ortopiroxenos
6		Clinozoicita	Clinozoicita	Augita	Augita	Clorita		Oxidos	Augita	Oxidos	Oxidos	Oxidos	Oxidos	Plagioclasas	Plagioclasas	Montmorillonita				
7		Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita	Augita	Augita	Augita	Oxidos	Oxidos	Oxidos	Oxidos	Oxidos	Plagioclasas	Plagioclasas	Montmorillonita		Clinozoicita	Clinozoicita	
8			Clinozoicita	Augita	Augita		Augita	Augita	Augita	Oxidos	Oxidos		Plagioclasas	Plagioclasas	Montmorillonita	Augita	Ortopiroxenos	Ortopiroxenos		
9			Clinozoicita		Oxidos	Augita	Augita	Augita		Ortopiroxenos	Ortopiroxenos	Augita	Augita	Augita	Augita	Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita		
10		Augita			Augita				Ortopiroxenos	Ortopiroxenos	Augita	Augita	Augita	Augita		Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita		
11	Ortopiroxenos		Augita	Ortopiroxenos		Montmorillonita	Montmorillonita	Ortopiroxenos	Augita	Augita	Augita	Augita	Augita	Augita		Plagioclasas	Plagioclasas	Clinozoicita		
12			Augita		Montmorillonita		Clinozoicita		Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita	Clinozoicita	Augita	Clinozoicita	Clinozoicita	Augita	Plagioclasas	Plagioclasas		
13			Clorita	Montmorillonita					Clorita		Augita	Augita	Montmorillonita	Montmorillonita	Augita	Augita	Plagioclasas	Plagioclasas		
14					Augita	Augita			Clinozoicita		Augita	Clorita	Clinozoicita					Plagioclasas		
15				Augita	Augita						Augita	Augita	Clinozoicita							

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_007						
Minerales	Illita	Montmorillonita	Pirofilita	Sericita	Oxidos	Matriz Qz-Pl
%	10%	10%	5%	10%	10%	

Anexo II. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_007

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Orange	Orange		Grey	Grey	Brown	Brown		Brown		Orange	Grey		Brown	Red	Red	Brown	Brown		
2	Orange	Orange		Grey	Grey	Brown	Brown		Brown		Orange	Grey		Brown	Red	Red	Brown	Brown		
3	Orange	Orange	Orange	Orange			Brown	Brown			Orange	Grey		Brown	Red	Red	Brown	Brown		
4	Orange	Orange	Brown	Brown	Brown	Orange	Orange	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Red	Red	Red	Brown	Brown	Dark Blue	Dark Blue
5	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Grey	Grey							Orange	Orange	Brown	Brown	Dark Blue
6	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Dark Blue	Dark Blue					Brown			Orange	Orange	Orange			
7	Grey	Grey	Orange			Dark Blue	Dark Blue	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange				Orange	Orange	Orange	Orange
8	Grey	Grey		Brown				Red	Red	Red	Brown	Orange	Orange	Grey			Orange	Orange	Orange	Orange
9	Grey	Orange	Orange	Dark Blue	Dark Blue			Red	Red	Red	Red	Red	Brown	Brown			Orange	Dark Blue	Red	Red
10	Grey								Red	Red	Red	Red	Red					Red	Red	Red
11	Grey																	Brown	Brown	Brown
12														Orange	Orange			Red	Red	Red
13				Dark Blue			Orange	Orange						Orange	Orange	Orange				
14				Dark Blue										Orange	Orange	Orange				
15														Orange	Orange	Orange	Orange			

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_008									
Minerales	Apatito	Clinzoicita	Cuarzo	Hornblenda	Pirita	Plagioclasas	Epidota	Oxidos	Matriz Qz-Pl
%	5%	15%	15%	20%	10%	20%	10%	5%	

Anexo III. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_008

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green								
2	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green									
3	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Brown	Brown									
4	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Brown	Brown									
5	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green									Dark Green			
6	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Blue	Blue	Blue	Brown	Brown										Dark Green			
7	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Blue	Brown	Brown										Dark Green		Dark Green	
8	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Blue	Blue	Blue									Dark Green			Dark Green	
9	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Brown	Blue	Blue							Dark Green				Dark Green		
10	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Brown	Brown									Dark Green			Dark Green			
11	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green										Dark Green			Dark Green		Dark Green	
12	Brown	Brown	Brown	Brown	Dark Green	Dark Green									Dark Green					Dark Green	
13	Brown	Brown	Brown	Brown	Dark Green	Dark Green											Dark Green		Dark Green	Dark Green	
14	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green															Dark Green	
15	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green													Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green

Fuente: Díaz, M., 2017.



DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_010								
Minerales	Clorita	Cuarzo	Epidota	Montmorillonit a	Pirita	Plagioclasas	Sericita	Matriz Qz-Pl
%	5%	35%	5%	10%	15%	20%	10%	

Anexo IV. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_010

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	
2	Clorita	Pirita	Pirita	Sericita	Sericita	Sericita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Pirita	Pirita	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	
3	Clorita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Plagioclasas	Plagioclasas	Sericita	Sericita	Sericita	Sericita	Pirita	Pirita	Pirita	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	
4	Clorita	Sericita	Sericita	Sericita	Plagioclasas	Sericita	Sericita	Pirita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Sericita	Sericita	Sericita	Sericita	Sericita	Pirita	Pirita	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	
5	Clorita	Sericita	Sericita	Sericita	Plagioclasas	Sericita	Sericita	Pirita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Matriz Qz-Pl	Matriz Qz-Pl	
6	Clorita	Sericita	Sericita	Sericita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Clorita	Clorita	Clorita	Pirita	Pirita
7	Clorita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Pirita	Clorita	Pirita	Pirita	Pirita	Clorita
8	Pirita	Pirita	Pirita	Clorita	Clorita	Clorita	Pirita	Clorita	Pirita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita
9	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita
10	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita
11	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita
12	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Epidota	Epidota	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita
13	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota
14	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota	Pirita	Pirita	Pirita	Epidota	Epidota	Epidota	Epidota
15	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Clorita	Plagioclasas	Plagioclasas	Pirita	Pirita	Epidota	Epidota	Epidota

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_012										
Minerales	Cuarzo	Epidota	Montmorillonita	Ortopiroxenos	Plagioclasas	Sericita	Óxidos	Pirita	Prenhita	Matriz Qz-PI
%	10%	10%	5%	<5%	35%	10%	<5%	10%	<5%	

Anexo V. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_012

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1						Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Brown	Brown	Cyan	Pink	Cyan	Brown	
2		Orange	Orange	Orange					Orange	Orange	Orange	Orange		Dark Blue		Cyan	Pink	Dark Blue	Brown	
3	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown		Brown	Brown	Orange	Orange	Orange	Orange						Dark Blue	Brown	
4	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown			Brown	Yellow	Yellow		Dark Blue					Dark Blue			
5	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown		Light Green	Light Green	Dark Blue	Dark Blue					Dark Blue					
6	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown					Brown	Brown	Brown	Orange	Orange		Cyan	Cyan			
7	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown			Dark Blue		Dark Blue		Dark Blue	Dark Blue			Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue
8								Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Blue		Brown	Brown			Brown	Brown	Brown
9								Light Green	Light Green	Light Green	Light Green		Brown				Brown	Brown	Brown	Brown
10								Light Green	Light Green	Light Green	Light Green			Pink	Pink			Brown	Brown	Pink
11	Pink	Pink	Pink					Light Green	Light Green	Light Green	Light Green							Brown	Brown	Pink
12	Pink	Pink	Pink															Brown	Brown	Pink
13			Cyan			Brown	Brown				Brown	Brown			Light Green	Brown	Brown	Brown	Light Green	Light Green
14		Cyan	Cyan			Brown	Brown				Brown	Brown			Light Green	Light Green	Cyan			
15			Dark Blue			Brown	Brown		Dark Blue											

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_018								
Minerales	Cuarzo	Epidota	Montmorillonita	Ortopiroxenos	Plagioclasas	Pumpellita	Óxidos	Matriz Qz-Pl
%	15%	10%	20%	<5%	20%	<10%	<5%	~20%

Anexo VI. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_018

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_020									
Minerales	Cuarzo	Epidota	Hematita	Plagioclasas	Pirita	Clinozoicita	Pumpellita	Hornblenda	Matriz Qz-Pl
%	5%	10%	<5%	10%	10%	<10%	<10%	<10%	~30%

Anexo VII. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_020

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1			Green						Brown		Blue		Brown		Green	Green	Green	Green	Green	Green
2			Green				Red	Red	Red	Red			Brown	Green	Yellow	Green	Green			Green
3		Green	Green	Green								Brown	Brown	Green	Green	Green	Green			Green
4		Red	Green									Brown			Blue		Yellow	Green		Green
5	Brown	Red	Green				Red	Red	Red						Green	Green	Green	Green		Green
6	Brown	Red	Green		Blue								Cyan	Cyan	Cyan	Yellow	Green	Green		Green
7	Brown		Green		Blue		Red	Red	Red				Red	Cyan	Cyan	Cyan	Green	Brown	Green	Green
8			Green		Red	Red	Red	Red		Red				Red			Brown	Brown	Green	Green
9	Cyan	Cyan	Cyan			Red	Red								Red		Brown		Green	Green
10	Green	Green	Green	Green		Red	Red		Brown				Brown					Red	Green	Green
11	Green	Red	Green	Green					Brown		Blue						Red	Cyan	Red	Green
12	Green	Green	Red			Cyan	Cyan		Brown		Brown	Brown		Red			Cyan	Cyan	Cyan	Green
13	Green	Green	Green	Green	Brown				Blue		Brown	Brown			Cyan	Cyan	Cyan	Brown	Brown	Green
14	Green	Green	Green	Green	Brown		Green				Brown	Brown			Cyan	Cyan	Cyan	Brown	Brown	Green
15	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_022								
Minerales	Cuarzo	Epidota	Clorita	Plagioclasas	Pumpellita	Clinozoicita	Pirita	Matriz Qz-Pl
%	10%	<10%	<10%	10%	<15%	<10%	<10%	~25%

Anexo VIII. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_022

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Green	Green	Green														Green	Green	Green	Green
2	Cyan	Cyan	Cyan								Green							Green	Green	Green
3	Cyan	Cyan	Cyan								Green									
4	Cyan	Cyan	Cyan																	
5	Cyan	Light Green	Cyan																	Cyan
6	Dark Green	Light Green	Dark Green																	Cyan
7	Dark Green	Light Green	Dark Green							Red	Red	Red	Red							Cyan
8	Dark Green	Light Green	Green							Red	Red	Red	Red	Red						
9	Dark Green	Light Green	Green										Red	Red	Red	Red	Red			
10	Light Green														Red	Red	Red	Red		
11							Light Green													
12																				
13																				
14		Light Green					Cyan	Cyan												
15			Light Green				Cyan	Cyan												

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_025								
Minerales	Cuarzo	Epidota	Clorita	Plagioclasas	Ortopiroxenos	Clinozoicita	Pirita	Matriz Qz-Pl
%	20%	<10%	<10%	20%	<5%	<10%	<10%	~25%

Anexo IX. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_025

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2					Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
3				Light Green			Dark Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
4				Brown	Brown	Brown			Pink	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
5		Brown	Brown	Brown	Brown				Pink			Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
6				Brown	Brown	Brown	Brown		Brown	Dark Blue		Dark Blue				Brown	Light Green	Green	Brown	Brown
7	Light Green	Light Green	Light Green		Brown	Brown	Green	Yellow	Brown	Blue	Blue	Dark Blue			Pink	Brown		Light Green	Brown	Light Green
8	Green	Green	Green	Light Green	Brown	Brown	Light Green	Dark Blue	Brown	Blue	Blue	Brown	Brown	Dark Blue	Pink	Brown	Brown	Brown	Light Green	Green
9	Green	Green	Green	Light Green		Dark Blue	Dark Blue	Pink	Pink	Brown	Brown	Brown	Brown		Brown	Brown	Brown	Brown	Light Green	Light Green
10	Brown	Brown	Light Green	Light Green				Pink		Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Pink	Pink	Pink
11	Brown	Brown	Pink			Pink	Pink			Brown	Brown			Brown	Brown		Light Green	Pink	Pink	Pink
12	Brown	Brown	Pink	Pink	Pink	Brown	Brown		Pink	Pink	Pink		Green			Brown	Brown	Brown	Brown	Brown
13						Brown	Brown	Pink	Pink	Pink	Pink	Light Green	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	
14			Green	Light Green	Light Green				Light Green	Light Green	Green		Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown	
15			Green	Light Green	Light Green				Light Green	Light Green	Green									

Fuente: Díaz, M., 2017.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN MINERAL MUESTRA PLB_MDM_039									
Minerales	Cuarzo	Epidota	Feldespatos	Pirita	Plagioclasas	Pumpellita	Clorita	Óxidos	Matriz Qz-Pl-Fds
%	10%	<5%	15%	<15%	15%	<5%	<5%	<5%	~20%

Anexo X. Determinación porcentual de la composición mineral: muestra PLB\_MDM\_039

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			

Fuente: Díaz, M., 2017.

## Bibliografía

- Ambrus, J. (1977). Geology of the El Abra porphyry copper deposit, Chile. *Economic Geology*, v. 72, 1062–1085.
- Aspden, J. A. (1992). Regional S-Type granites in the Ecuadorian Andes: Possible remnants of the breakup of Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 6(3), 123–132.
- Baldock, J. (1982). Geología del Ecuador. Boletín de la explicación de Mapa Geológico de la República del Ecuador, Escala 1:1000000, Min. Rec. Nat, Quito, 70 pp.
- Camus, F. (1975). Geology of the El Teniente orebody with emphasis on wallrock alteration. *Economic Geology*, v. 70, 1341–1372.
- Camuti, K. (2008). Clay Minerals In Alteration Systems. Terry Leach Symposium. Terry Leach Symposium, 48-22.
- Corbett, G. J., y Leach, T. M. (1998). Southwest Pacific Rim Gold–Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization. *Society of Economic Geologists*, 236.



Dean, D., Graichen, R., Barrett, L., y Burton, W. (1996). Geologic overview of the El Abra porphyry copper deposit, Chile. Reno, Geological Society of Nevada, 457–464.

Dilles, J., Solomon, G., Taylor, H. J., y Einaudi. (1992). Oxygen and hydrogen isotope characteristics of hydrothermal alteration at the Ann-Mason porphyry copper deposit, Yerington, Nevada. *Economic Geology* v. 87., 44–63.

Duque, P. (2000). Breve léxico Estratigráfico del Ecuador, Sistema de Información Geológica y Minera (SIM), 77 pp.

Einaudi, M., Hedenquist, J., y Inan, E. (2003). Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: Transitions from porphyry to epithermal environments. *Society of Economic Geologists Special Publication 10*, 285–313.

Enami EP. (2016). Presentación de la geología y exploración del Proyecto La Bonita, ubicado en la provincia de Sucumbíos, en las estribaciones de la Cordillera Real. Quito.

- Gustafson, L., Vidal, C., Pinto, R., y Noble, D. (2004). Porphyry-epithermal transition, Cajamarca region, northern Peru. Society of Economic Geologists Special Publication 11, 279–299.
- Harris, A., Golding, S., y White, N. (2005). Bajo de la Alumbreira copper-gold deposit: Stable isotope evidence for a porphyry-related hydrothermal system dominated by magmatic aqueous fluids. *Economic Geology*, v. 100, 863–886.
- Holliday, J., y Cooke, D. (2007). Advances in geological models and exploration methods for copper ± gold porphyry deposits. Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration: Toronto, Prospectors and Developers Association, 791–809.
- Jaillard, E. (1997). Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador, Resumen del Informe Final del Convenio ORSTOM-PETROECUADOR. .
- Khashgerel, B.-E., Kavalieris, I., y Hayashi, K. (2008). Mineralogy, textures, and whole-rock geochemistry of advanced argillic alteration: Hugo Dummett porphyry Cu-Au deposit, Oyu Tolgoi mineral district, Mongolia: *Mineralium Deposita*, v. 43, 913–932.

- Lang, J., Stanley, C., y Thompson, J. (1995). Porphyry copper-gold deposits related to alkalic igneous rocks in the Triassic-Jurassic arc terranes of British Columbia. *Arizona Geological Society Digest* 20, 219–236.
- Leach, T. (1999). Evolution of selected porphyry copper-gold systems in the Southwest Pacific region and its relevance to exploration: Pacrim '99 Congress, Bali, Indonesia. *Proceedings: Melbourne, Australasian Institute of Mining and Metallurgy*. 211–225.
- Litherland. (1994). "Geological and metal occurrence maps of the northern Cordillera Real Metamorphic Belt, Ecuador 1:500.000".
- Lowell, J., y Guilbert, J. (1970). Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits: *Economic Geology*, v. 65, 373–408.
- Maksaev, V. (2001). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Universidad de Chile. Obtenido de Curso de Metalogénesis.
- Masterman, G., Cooke, D., Berry, R., Walshe, J., Lee, A., (2005). Fluid chemistry, structural setting, and emplacement history of the Rosario Cu-Mo porphyry and Cu-Ag-Au epithermal veins, Collahuasi district, northern Chile.

- Meyer, C., y Hemley, J. (1967). Wall rock alteration, in Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*: New York, Holt, Rinehart and Winston. 166-235.
- Padilla Garza, R., Titley, S., y Pimentel, F. (2001). Geology of the Escondida porphyry copper deposit, Antofagasta Region, Chile. *Economic Geology*, v. 96, 307–324.
- Perelló, J., Brockway, H., y Martini, R. (2004b). Discovery and geology of the Esperanza porphyry copper-gold deposit, Antofagasta Region, northern Chile. *Society of Economic Geologists Special Publication 11*, 167–186.
- Perelló, J., Neyra, C., Posso, H., Zárate, A., Ramos, P., Caballero, A., Muhr, R. (2004a). Cotabambas: Late Eocene porphyry copper-gold mineralization southwest of Cuzco, Peru. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 11, 213–230.
- Rusk, B., Reed, M., Dilles, J., Klemm, L., y Heinrich, C. (2004). Compositions of magmatic hydrothermal fluids determined by LAICP-MS of fluid inclusions from the porphyry copper-molybdenum deposit at Butte, MT. *Chemical Geology*, v. 210, 173.

- Shen, P., Pan, H., Zhou, T., y Wang, J. (2014). Petrography, geochemistry and geochronology of the host porphyries and associated alteration at the Tuwu Cu deposit, NW.
- Sillitoe, R. (1999b). Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments: Congress, Bali, Indonesia. Proceedings: Melbourne, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 29–44.
- Sillitoe, R. (2002). Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration. *Mineralium Deposits*, v. 37, 4–13.
- Sillitoe, R., y Gappe, I. J. (1984). Philippine porphyry copper deposits: Geologic setting and characteristics: Bangkok, Thailand, United Nations ESCAP, CCOP Technical Publication 14, 89.
- Sillitoe, R. (2010). Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*, v 105, 3-41.
- Streckeisen, A. L. (1974). Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. *International Zeitschrift für Geologie, Stuttgart*. Vol.63, 773-785.

Titley, S. (1982). The style and progress of mineralization and alteration in porphyry copper systems: American Southwest. *Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America*: Tucson, University of Arizona Press, 93–116.

Wilson, A., Cooke, D., y Harper, B. (2003). The Ridgeway gold-copper deposit: A high-grade alkalic porphyry deposit in the Lachlan fold belt, New South Wales, Australia. *Economic Geology*, v. 98, 1637–1666.

