

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“ENSAMBLES DE MINERALES DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL COMO GUÍA  
PARA UN DEPÓSITO TIPO PÓRFIDO DE COBRE, SOBRE LA CONCESIÓN  
AMADORES, IMBABURA-ECUADOR”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN GEOLOGÍA**

Presentado por:

**MARÍA FERNANDA JAYA MONTALVO**

**JOHN PETER PADILLA CRUZ**

GUAYAQUIL - ECUADOR

2018

## DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico de manera especial a mis padres, Gabriel y Pilar, que pese a no tener una buena situación económica, hicieron su mayor esfuerzo y brindaron a mi vida más de lo que merezco. A mi amigo y persona favorita, Clark Plúa, que supo apoyarme en todo momento a lo largo de estos cinco años de vida universitaria. A mis grandes amigas y compañeras de carrera, gracias por la confianza y permitirme compartir con ustedes un pedacito de su vida. Finalmente, a mi hermano que pese a su fuerte carácter ha sido un gran ejemplo de superación.

María Fernanda Jaya Montalvo

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres, Letty Cruz y Jacinto Padilla, por el amor, los valores, la dedicación, el sacrificio y regalo más grande que es la educación. A mi querida Alejandra para que tome ejemplo y supere a su hermano próximamente. A mi familia, especialmente a mi abuelita Amada, que aunque ya no estás conmigo, deseabas verme crecer profesionalmente.

A todos mis amigos y personas allegadas, que indirectamente me apoyaron durante esta etapa, en especial a Koraima Zambrano, Roberth Pineda y Gaby Zambrano que me ayudaron en momentos clave y a Mafer Jaya por la máxima dedicación y entrega para culminar con éxito este trabajo.

John Peter Padilla Cruz

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros mas sinceros agradecimientos al cotutor de tesis, MSc. Ángel Chávez, y al equipo del departamento de geología de HANRINE ECUADORIAN EXPLORATION AND MINING S.A por la oportunidad, colaboración y paciencia para la culminación exitosa de este proyecto.

A nuestros maestros, PhD. Maurizio Mulas, MSc. Eduardo Díaz y el Ing. Galo Montenegro, por fomentar el optimismo, el conocimiento y el profesionalismo en cada una de las actividades geológicas ejecutadas durante la formación académica.

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**PhD. MAURIZIO MULAS**  
**COORDINADOR DE LA CARRERA**

---

**MSc. DAVID ALTAMIRANO MORÁN**  
**TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**MSc. ÁNGEL CHÁVEZ**  
**CO-TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María Fernanda Jaya, John Peter Padilla*, y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

María Fernanda Jaya Montalvo

John Peter Padilla Cruz

# EVALUADORES

---

MSc. **Daniel Garcés**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

MSc. **David Altamirano**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La concesión Amadores se encuentra ubicada al noroeste del Ecuador en la Provincia de Imbabura y limita con la concesión Cascabel donde se localiza el reciente descubrimiento del depósito Alpala (pórfido Cu-Au). La concesión Amadores se encuentra dentro del cinturón metalogénico de edad Miocénica del sector norte del Ecuador, que ha sido poco explorado. El presente estudio se centra en el análisis y caracterización de ensambles de minerales de alteración hidrotermal sobre las distintas muestras de roca del área de estudio, que son parte de la fase de exploración inicial de la compañía Hanrine Ecuadorian Exploration & Mining, utilizando el espectrómetro de reflexión TerraSpec Halo. Se desarrolla una metodología integral con las siguientes etapas y enfoques, agrupados en cuatro fases que abarca: I) Recopilación bibliográfica y reconocimiento geológico, II) Toma y registro de datos, III) Mapa de distribución de alteración hidrotermal y IV) Interpretación y análisis de resultados. El análisis de TerraSpec Halo en conjunto con la alteración in visu estableció seis estilos de alteración hidrotermal que marca un claro vector hacia el NE de la concesión y se definió cuatro áreas de interés, que se encuentran vinculadas con zonas de minerales de mayor profundidad de formación y proximidad a la fuente de calor.

**Palabras clave:** pórfido, TerraSpec Halo, alteración hidrotermal, espectrómetro de reflexión.



## **ABSTRACT**

*The Amadores concession is located northwest of the Ecuador in the Imbabura province and bounds with the Cascabel concession where the recent discovery of the Alpala deposit (Cu-Au porphyry) is located. The Amadores concession is spatially associated with Miocene metallogenic belt segment of northern Ecuador, which has been less explored. The aim of the present study is the analysis and characterization of hydrothermal alteration mineral assemblages on the different rock samples around the study area, which are part of the initial exploration phase of the Hannine Ecuadorian Exploration & Mining Company, using the reflection spectrometer TerraSpec Halo. An integral methodology is developed with the following stages and approaches, grouped into four phases that cover: I) Bibliographic collection and geological acknowledgement, II) Data collection and recording, III) Hydrothermal Alteration Map and IV) Interpretation and results analysis. The TerraSpec Halo analysis in conjunction with the in visu alterations established six styles of hydrothermal alteration that clearly shows a vector towards the NE of the concession and four areas of interest were defined, which are linked to deep mineral formation zone and proximity to the intrusion heat source.*

**Keywords:** *porphyry, TerraSpec Halo, hydrothermal alteration, reflection spectrometer.*

# INDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	VII
INDICE DE TABLAS .....	VIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCION .....	2
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Área de Estudio.....	4
1.4.1 Ubicación Geográfica.....	4
CAPÍTULO 2.....	6
2. Marco Geológico .....	7
2.1 Geología Regional.....	7
2.2 Geología Local .....	11
2.2.1 Litología .....	14
2.2.2 Estructuras .....	18
CAPÍTULO 3.....	19
3. METODOLOGÍA .....	20
3.1 Datos y materiales.....	21
3.2 Fase I: Recopilación bibliográfica y reconocimiento geológico. ....	22

3.3	Fase II: Toma y registro de datos. ....	22
3.4	Fase III: Mapa de distribución de alteración hidrotermal.....	23
3.5	Fase IV: Interpretación y análisis de resultados. ....	24
CAPÍTULO 4.....		26
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
4.1	Entorno geológico de interés.....	27
4.1.1	Litología.....	27
4.2	Análisis estructural de la zona de estudio.....	34
4.3	Estilos de alteración hidrotermal.....	37
CAPÍTULO 5.....		42
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5.1	Conclusiones.....	43
5.2	Recomendaciones.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....		45
ANEXOS.....		49

## ABREVIATURAS

DEM	Modelo de Elevación Digital
E	Este
INIGEMM	Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico
L	Latitud
LN	Latitud Norte
NE	Noreste
NNE	Nornoreste
NO	Noroeste
SE	Sureste
SO	Suroeste
SSO	Sursuroeste
SWIR	Infrarrojo de Onda Corta
VNIR	Infrarrojo Cercano Visible

## SIMBOLOGÍA

Ag	Plata
Au	Oro
Cu	Cobre
CuEq	Cobre Equivalente
g / t	Gramo por tonelada
GSC	Centro de divergencia de Galápagos
ha	Hectárea
km	Kilómetro
m	Metro
Ma	Millones de años
Mo	Molibdeno
Mt	Megatón
nm	Nanómetro
Pb	Plomo
Zn	Zinc

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación del área de estudio. ....	5
Figura 2.1 Mapa geológico y metalogénico simplificado del margen NO de América del Sur que muestra la distribución de las unidades magmáticas del arco Terciario y las ubicaciones de los depósitos de pórfidos de Cu y de depósitos minerales relacionados con pórfidos del Mioceno (y, en Ecuador, Oligoceno Tardío). [Modificado de (Schütte et al., 2012)].....	9
Figura 2.2 Mapa topográfico de la parte noroeste de América del Sur, que muestra la posición inferida del slab subducido debajo de Colombia y el norte de Ecuador incluidas las principales características oceánicas. [Modificado de: (Bourdon et al., 2003)].....	10
Figura 2.3 Principales depósitos y prospectos de sistemas pórfidos y epitermales del segmento norte (0°L y 1°LN) de la cordillera occidental. ....	13
Figura 3.1 Diagrama metodológico del proyecto. ....	20
Figura 3.2 Diagrama de la fase II del proyecto .....	22
Figura 3.3 Diagrama de la fase III del proyecto. ....	24
Figura 4.1 Rocas de interés en el área de estudio .....	33
Figura 4.2 Mapa Estructural con áreas de interés de la zona de estudio.....	36
Figura 4.3 Mapa de alteraciones hidrotermales de la concesión Amadores y áreas de interés.....	41

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Principales depósitos y prospectos de sistemas pórfidos y epitermales del segmento norte de la cordillera occidental. [Fuente:(Modificado de (Gilbertson & Akyürek, 2017), (Minergía, 2018))]	11
Tabla 3.1 Materiales y equipos utilizados. [Fuente: (ASD Inc., 2017)]	21
Tabla 4.1 Tipo de alteración y ensamblajes minerales obtenidos por el equipo TerraSpec Halo.	40

# **CAPÍTULO 1**



## 1. INTRODUCCION

Los depósitos de cobre a nivel mundial generalmente se encuentran asociados a zonas activas de subducción (Sillitoe, 2010), y en América del Sur comúnmente ocurren en los ambientes tectónicos (prisma de acreción, arco magmático, cuenca antepaís, rift continental) a lo largo de la cordillera de los andes, representado como cinturones metalogénicos. Estos depósitos se encuentran bien definidos en países como Perú y el centro-norte de Chile, sin embargo, en Ecuador y Colombia han sido poco explorados (Sillitoe y Perelló, 2005).

Dentro del arco volcánico del Ecuador, el magmatismo asociado a la subducción de la placa de Nazca debajo de la suramericana ha dado lugar al emplazamiento de granitoides relacionado a depósitos estilo pórfido en el norte y sur del país (Schütte, Chiaradia, y Beate, 2010b). En el norte, los depósitos tipo pórfidos aparece en el distrito Imbaoeste, que incluye Apuela/Cuellaje (pórfido Cu-Mo), Apuela/Junín (pórfido Cu-Mo) (Schütte et al., 2012) y en el sector norte de este distrito mineral se encuentra el reciente descubrimiento de Alpala/Cascabel (pórfido Cu-Au) (Minergia, 2017).

La zona de estudio, concesión Amadores, limita al noreste y sur de la concesión Cascabel, donde se han adquirido 151 muestras de rocas como parte de la fase de la exploración inicial. Con el objetivo de determinar ensambles de minerales de alteración hidrotermal sobre las distintas litologías registradas, resulta necesario realizar un análisis SWIR (Short Wave Infrared) utilizando el espectrómetro de reflexión TerraSpec Halo (ASD Inc., 2017), una herramienta de gran ayuda para la identificación de minerales del grupo de arcillas.

Los ensambles minerales y su asociación con las facies/subfacies de alteración (Corbett, 2018) en conjunto con los demás datos de exploración (litología, estructuras), permitirán definir vectores hacia una zona mineralizada, que darán paso a realizar actividades de exploración avanzada en la concesión Amadores. Concesión que, por su cercanía con el depósito de Alpala (Concesión Cascabel), la

convierten en una región de alto potencial prospectivo para sistemas de tipo pórfido de cobre.

### **1.1 Descripción del problema**

Varios estudios emplean imágenes multiespectrales como de Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) para mapear regionalmente rocas que presentan alteración hidrotermal. El empleo de teledetección ha sido considerado como un instrumento útil y rápido para caracterizar minerales de alteración en una zona, sin embargo, esta herramienta muestra grandes barreras cuando se trata de terrenos con alto índice de vegetación, morfología compleja, nubosidad, y acompañado de los efectos de dispersión, la identificación de roca que ha sufrido un cambio fisicoquímico se hace bastante compleja.

La Concesión Amadores cubre un área de 3962 ha y se ubica dentro de las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes, cuyas condiciones topográficas caracterizada por pendientes abruptas hace complejo realizar estudios de la espectrometría por sensores remotos, esto sumado a que la identificación de minerales del grupo de las arcillas son de difícil diagnóstico para un geólogo de exploración, e implica que se presenten inconsistencias en la interpretación y búsqueda de zonas anomálicas de interés económico.

### **1.2 Justificación del problema**

Los minerales del grupo de arcillas son considerados como indicadores de alteración hidrotermal, por lo tanto, es necesaria su correcta detección para mejorar el análisis y caracterización de ensambles de minerales, producto que se sumará a la demás información que se obtiene en la fase de exploración inicial, que conducirá a definir anomalías de superficie primarias que darán paso a realizar actividades de exploración avanzada.

A partir de este estudio, se espera que el mapa de distribución de alteración hidrotermal se integre con la geología regional (INIGEMM) y estructuras

geológicas interpretadas a partir del DEM (pixel 1 metro), que permitan evaluar y definir vectores hacia una zona mineralizada en el área de estudio.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar un mapa de distribución de alteraciones hidrotermales para la definición de vectores asociados a un modelo pórfido de cobre en la Concesión Amadores mediante la aplicación de espectrometría de reflexión.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Clasificar los diferentes ensambles de minerales de alteración en función de su nivel de confiabilidad, facies-subfacies de alteración y tipo de alteración (reconocida in visu), para la comprensión y deducción del zonamiento del área.
2. Analizar la distribución litológica de la concesión Amadores, por medio de la descripción mesoscópica de las muestras de rocas para la correlación con las diferentes unidades litológicas del sector.
3. Determinar los ensambles mineralógicos de las muestras de roca de la concesión Amadores, mediante la utilización del equipo TerraSpec Halo (espectrómetro de reflexión) para la clasificación en las facies/subfacies de alteración de un sistema hidrotermal.

### **1.4 Área de Estudio**

#### **1.4.1 Ubicación Geográfica**

La concesión Amadores (Código catastral:40000372-Área: 3962 ha) se encuentra ubicada al noroeste del Ecuador en la Provincia de Imbabura, aproximadamente 70 km al noroeste de la ciudad de Ibarra, parroquia La Carolina. El área de la concesión Amadores limita con la concesión Cascabel donde se localiza el depósito Alpala (pórfido Cu-Au), actualmente operado por SolGold (ver Figura 1.1). La concesión Amadores se encontraría dentro del cinturón metalogénico de edad Miocénica del sector norte del País, que en la actualidad ha sido poco explorado.

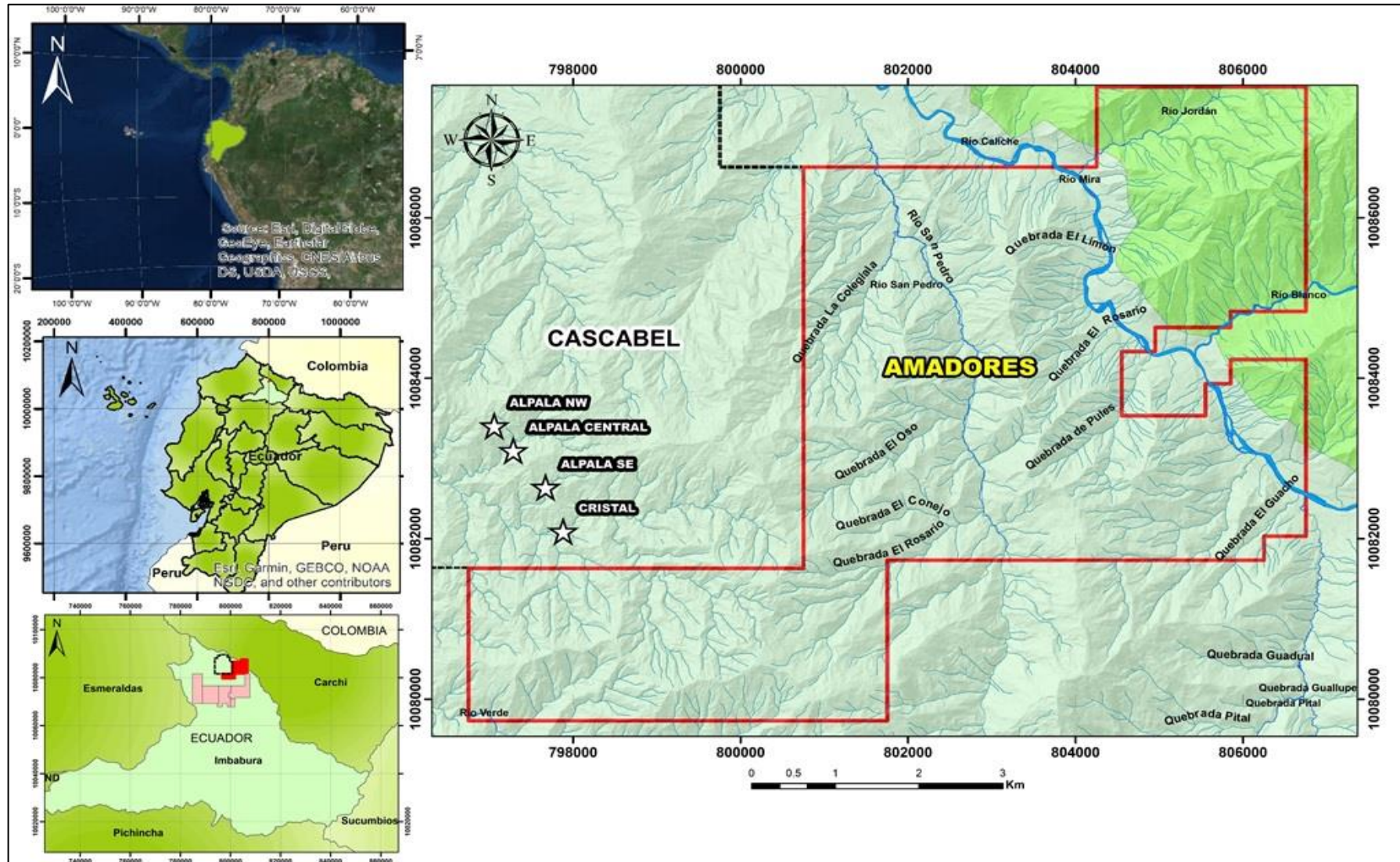


Figura 1.1 Mapa de ubicación del área de estudio.

## **CAPÍTULO 2**

## 2. MARCO GEOLÓGICO

### 2.1 Geología Regional

La concesión Amadores se encuentra en el límite occidental del cinturón metalogénico del Mioceno en el norte del Ecuador (Schütte et al., 2012) (ver Figura 2.1) y dentro de la unidad tectonoestratigráfica del bloque Pallatanga (Luzieux et al., 2006). Este bloque conforma el basamento de la Cordillera Occidental y está separado por fallas principales orientadas en dirección SSO – NNE, limitado por la falla regional dextral Calacalí-Pujilí-Pallatanga en el borde este de la Cordillera Occidental y al oeste por la falla regional con componente dextral Chimbo-Toachi.

El bloque Pallatanga está compuesto por un basamento de afinidad de plateau oceánico (formación Pallatanga y la unidad San Juan) (Kerr et al., 2002), derivado del plateau Oceánico del Caribe y Colombia (CCOP) de edad ~88 Ma que fué acrecionado contra el margen ecuatoriano en el Cretácico Tardío (Vallejo, 2007). Bajo el plateau oceánico, se dió el inicio de la subducción en dirección oeste durante el Santoniano al Campaniano temprano (85-83 Ma), formando el arco de islas intraoceánico Río Cala, como producto de su actividad volcánica se depositaron las formaciones Mulaute, Pilatón y Natividad de edad Campaniano-Maastrichtiano (Vallejo, 2007).

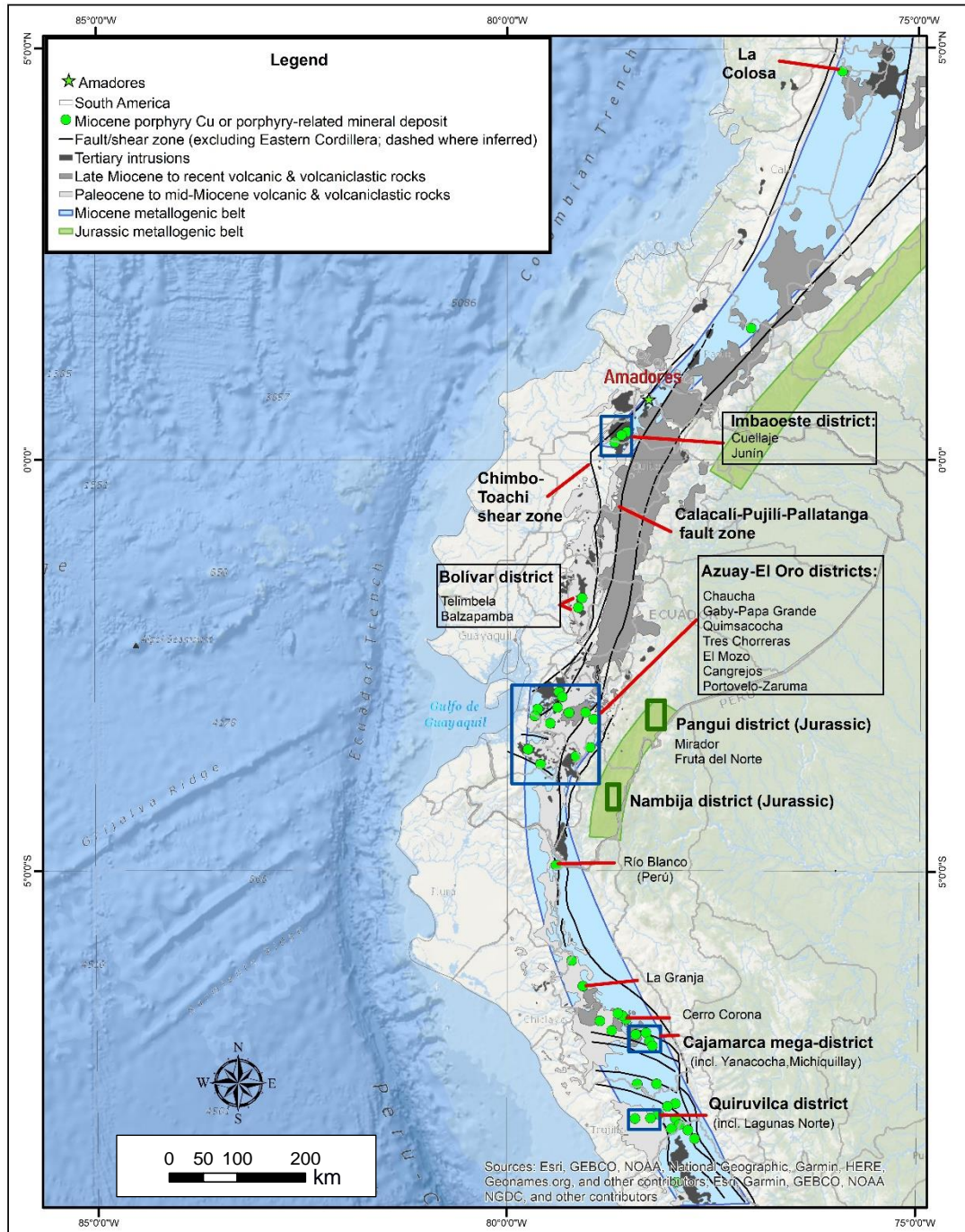
La colisión del bloque Pallatanga durante el Campaniano Tardío–Maastrichtiano (73-70 Ma.), dio lugar al bloqueo de la zona de subducción, deformación del margen continental y una nueva fase de volcanismo con un margen activo en dirección oriental representado por el arco continental Silante (~65 Ma). Posteriormente, durante el Paleoceno al Eoceno, se generan rocas volcanosedimentarias relacionadas al arco Macuchi, el cual representa una continuación del arco Silante (Vallejo, 2007)

Contemporáneamente con los eventos de acreción del Cretácico Tardío, se desarrolló el arco intraoceánico Naranjal cuya edad de acreción contra el margen continental se establece en el Eoceno (Kerr et al., 2002); y la

deposición en un ambiente de cuenca de antearco de las formaciones del grupo Angamarca representada en la parte Norte de la cordillera occidental con la formación El Laurel del Eoceno (Vallejo, 2007).

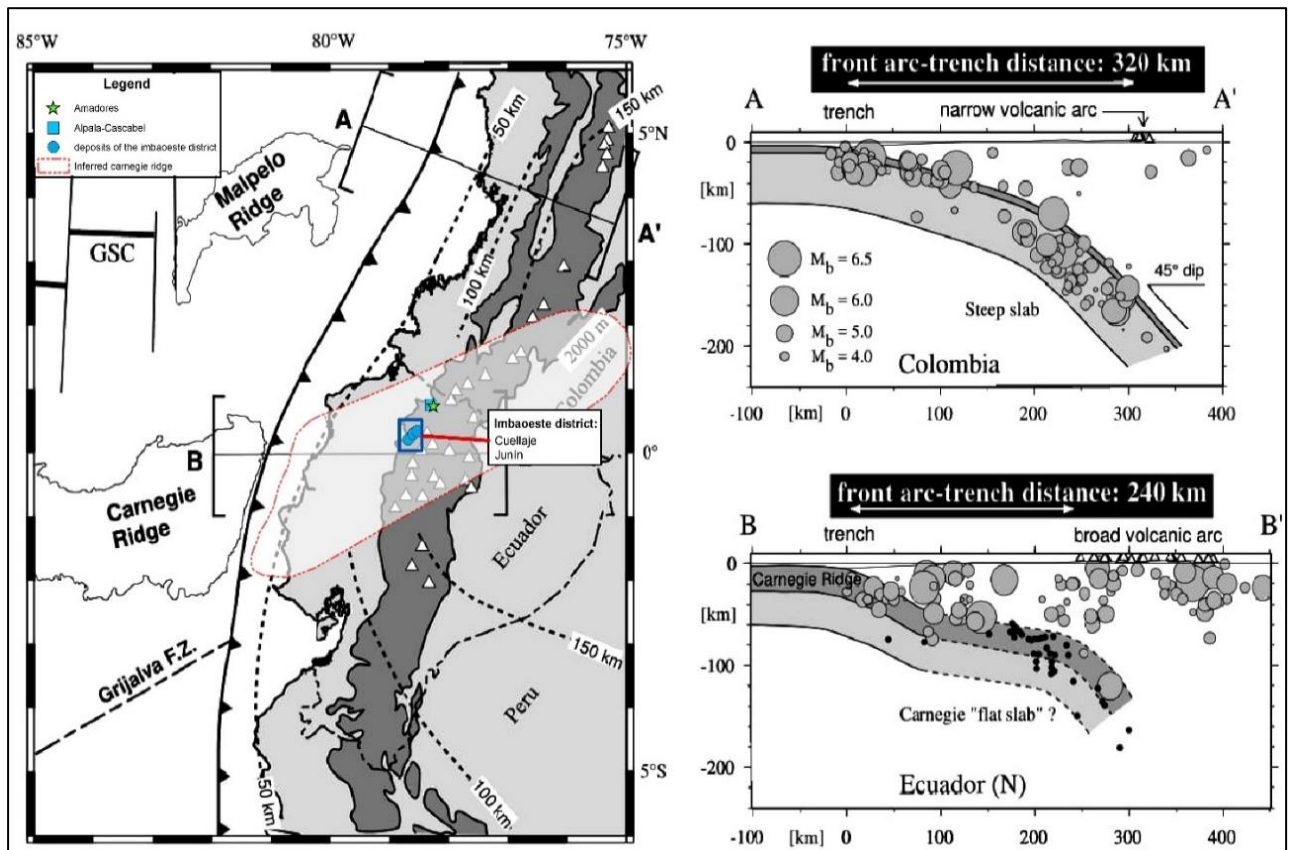
En el Eoceno tardío al Mioceno aparece un importante complejo de intrusivos terciarios representado por plutones y stocks de composición diorita hornbléndica, diorita de cuarzo y tonalita, como el batolito Santiago del Eoceno y el batolito de Apuela del Mioceno en el segmento norte de la cordillera occidental (Rohrlach et al., 2015). Seguido por la deposición de la Formación San Juan de Lachas durante el Oligoceno al Mioceno medio, donde yace el depósito Alpala de Cascabel (Rohrlach et al., 2015).

En el Mioceno tardío (~8 Ma), la cordillera submarina de Carnegie es subducida en el extremo Norte de la cordillera occidental del Ecuador, extensión que es inferida por (Gutscher et al., 1999), sobre la cual se encuentran los depósitos de tipo pórfido de Cobre del distrito Imbaoeste y Alpala/Cascabel. La cordillera submarina boyante y asísmica ha promovido el levantamiento de la placa de nazca subducida, la formación del depósito Alpala/Cascabel (Rohrlach et al., 2015) y por su proximidad, posibles prospectos de depósitos tipo pórfidos en la concesión Amadores (ver Figura 2.2).



**Figura 2.1** Mapa geológico y metalogénico simplificado del margen NO de América del Sur que muestra la distribución de las unidades magmáticas del arco Terciario y las ubicaciones de los depósitos de pórfidos de Cu y de depósitos minerales relacionados con pórfidos del Mioceno (y, en Ecuador, Oligoceno Tardío). [Modificado de (Schütte et al., 2012)]





Perfiles AA' y BB' muestran la sismicidad asociada (círculos abiertos; no se muestra en el mapa)

Contornos de profundidad a la zona de Wadati-Benioff se indican en líneas punteadas.

Los Cordillera de los Andes definida por el contorno de 2000 m

GSC: Centro de divergencia de Galápagos.

Puntos negros en el perfil ecuatorial es la distribución de hipocentros obtenidos de una red sísmica local (redibujado de Guillier et al., 2001).

Extensión de la Cordillera de Carnegie inferida por (Gutscher et al., 1999) se muestra en polígono con líneas punteadas de color rojo.

**Figura 2.2** Mapa topográfico de la parte noroeste de América del Sur, que muestra la posición inferida del slab subducido debajo de Colombia y el norte de Ecuador incluidas las principales características oceánicas. [Modificado de: (Bourdon et al., 2003)]

## 2.2 Geología Local

La concesión Amadores se sitúa al este de la zona de falla regional dextral Chimbo-Toachi donde se han alineado intrusiones terciarias (Schütte et al., 2010b), estructura que es subparalela a la falla regional Calacalí-Pujilí-Pallatanga. La falla Toachi es la principal estructura del segmento del arco volcánico del Norte del Ecuador, que constituye el límite Oriental de la secuencia del arco de la isla Macuchi (Hughes y Pilatasig, 2002).

La falla Toachi entre 0°L y 1°LN de la cordillera occidental, se pone en contacto con dos batolitos, al NO el batolito Santiago (Eoceno) y al SE el batolito de Apuela (Mioceno), la dinámica de esta estructura favoreció el emplazamiento de manifestaciones de mineralización de tipo epitermal y porfídica en este sector (ver figura 2.3) (Gilbertson y Akyürek, 2017), entre los principales prospectos y depósitos de interés se resumen en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Principales depósitos y prospectos de sistemas pórfidos y epitermales del segmento norte de la cordillera occidental.**

**[Fuente:(Modificado de (Gilbertson y Akyürek, 2017), (Minergía, 2018))]**

Región	Descripción
Llurimagua	Pórfido de Cu-Mo (318 Mt a 0.70% Cu y 0.026% Mo).
Cuellaje	Ocurrencia de Pb-Zn-Ag cerca del borde este del batolito de Apuela está relacionada con un sistema pórfido de Cu.
Pacto	Vetas de cuarzo epitermales de baja sulfuración (grados de bonanza de hasta 108 g / t de oro).
Chical	Sistema de vetas epitermales en proximidad a una intrusión de la edad del Mioceno cerca del límite con Colombia.
El Corazón	Sistema epitermal de vetas Au, Ag y Cu y brechas hidrotermales silíceas (6.4 Mt a 1.7 g / t Au).
Río Amarillo	Ocurrencia de Au, Ag y Cu relacionada con vetas epitermales e intrusiones porfíricas. Un skarn de Cu se reporta en Río Amarillo.
Cascabel	Pórfido de Cu-Au, Alpala (430 Mt a 0.8% CuEq indicado & 650 Mt a 0.6% CuEq inferido)

Dentro del área de estudio dominan secuencia de rocas volcanosedimentarias de composición básica a intermedia, de edad Cretácico Tardío al Mioceno, como la secuencia volcanosedimentaria de arco de isla intraoceánico de la formación Pilatón (Vallejo, 2007), areniscas tobáceas con cristales de composición andesítica de la unidad Collapi del Paleoceno–Eoceno (Boland et al., 2000), rocas sedimentarias depositadas en la parte distal de un abanico submarino como la unidad Laurel (Formación Laurel, (Vallejo, 2007)), secuencia de brechas volcánicas que se intercalan con areniscas volcánicas tobáceas y lavas derivadas de un arco continental calcoalcalino como la formación San Juan de Lachas (Boland et al., 2000) y rocas intrusivas de composición diorítica de posible edad del Mioceno (Gilbertson y Akyürek, 2017).

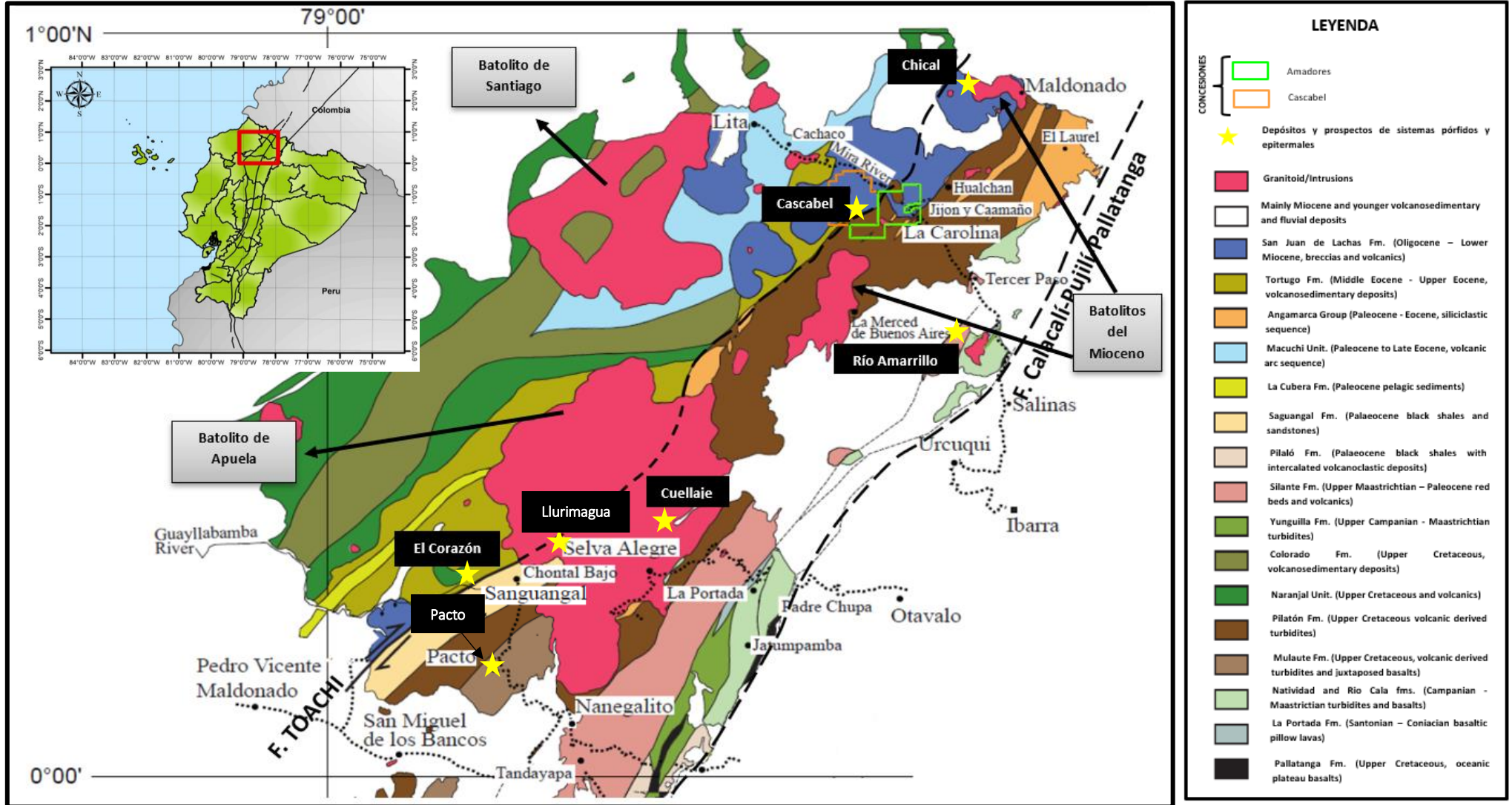


Figura 2.3 Principales depósitos y prospectos de sistemas pórfidos y epitermales del segmento norte (0°L y 1°LN) de la cordillera occidental.

[Modificado de: (Vallejo, 2007)]

### **2.2.1 Litología**

En este apartado se hace la respectiva descripción de las principales unidades litológicas que alberga el área de estudio. Además, la descripción del control estructural.

#### **2.2.1.1 Unidad Pilatón ( $K_{PI}$ )**

Esta unidad corresponde a la edad del Campaniense al Maastrichtiense (Boland et al., 2000), y comprende rocas sedimentarias de granulometría fina, tales como lutitas silicificadas y cloritizadas, como también grauvacas y cherts. Se la encuentra tectónicamente en contacto con las Unidades San Juan de Lachas y Mulaute. Subyace a las unidades Collapi y Laurel (Kehrer y Van der Kaaden, 1979), en la zona Este del corte geológico (ver Figura 2.5). Según (Eguez et al, 1986), se representa como una secuencia de depósitos sedimentarios asociado a ambiente de abanico submarino, que viene acompañado de material de origen volcánico de composición básica-intermedia.

#### **2.2.1.2 Unidad Collapi ( $P_C E_C$ )**

Corresponde a la edad del Paleoceno al Eoceno. Esta unidad se constituye litológicamente por rocas volcanosedimentarias, areniscas tobáceas y tobas andesíticas cristalizadas, que se encuentran asociadas a un volcanismo de composición básica a intermedia. Esta unidad sobreyace y presenta discordancia ante las Unidades Mulaute y Pilatón, y con respecto a la Unidad El Laurel se configura de manera subyacente. (INEMIN-AGCD, 1990).

#### **2.2.1.3 Unidad El Laurel ( $E_L$ )**

Unidad litológica con correspondencia cronológica del Eoceno Medio, está conformada principalmente por lutitas negras, junto con areniscas calcáreas de tonalidad grisáceo y calizas bioclásticas. Discorda a la Unidad Pilatón y sobreyace a la Unidad Collapi. Los depósitos sedimentarios de esta Unidad se la relacionan con ambiente marino somero tipo arrecifal. (Van Thournout., 1991).

#### **2.2.1.4      *Unidad San Juan de Lachas (OM<sub>SJL</sub>)***

Corresponde a la edad geocronológica del Oligoceno al Mioceno temprano según (Boland et al., 2000). Esta unidad se conforma principalmente de brechas volcánicas andesíticas, areniscas tobáceas y lavas, que se encuentran intercaladas. Esta Unidad sobreyace discordantemente a las Unidades Collapi, Tortugo, Naranjal (Van Thournout, 1991), que en conjunto forman un contacto tectónico con respecto a las Unidades Mulaute y Pilatón. (Boland et al., 2000).

#### **2.2.1.5      *Intrusivos***

Las tendencias estructurales regionales andinas de Ecuador con dirección (NNE), donde predomina la zona de cizalla Chimbo-Toachi, es fuertemente influenciada por emplazamientos de cuerpos intrusivos (Schütte, Chiaradia, y Beate, 2010b). Al sur de la concesión, el batolito de Apuela-Nanegal, es hospedada por unidades vulcanoclásticas pertenecientes a la edad de la secuencia de arco de islas Río Cala y Macuchi, que va desde el Cretácico Tardío al Terciario Temprano. Se considera como un complejo intrusivo extenso de la edad del Mioceno (Boland et al., 1998; Chiaradia, 2009). El cinturón de complejos intrusivos de la edad del Mioceno se extiende hasta el sur de Colombia y alberga a depósitos de tipo pórfidos de la edad del Mioceno (Gilbertson y Akyürek, 2017). Dentro de los regímenes intrusivos de la concesión Cascabel, se encuentran varios tipos de rocas intrusivas de distinta composición mineral, por lo cual se lo podría asociar a diferentes eventos de pulsos magmáticos (Ordoñez, 2013). Dentro de la zona de estudio, las rocas de este tipo, intruyen principalmente las Unidades Pilatón y Collapi. Los tipos de rocas intrusivas que se encuentran son: dioritas, cuarzo dioritas, granodioritas y pórfidos.

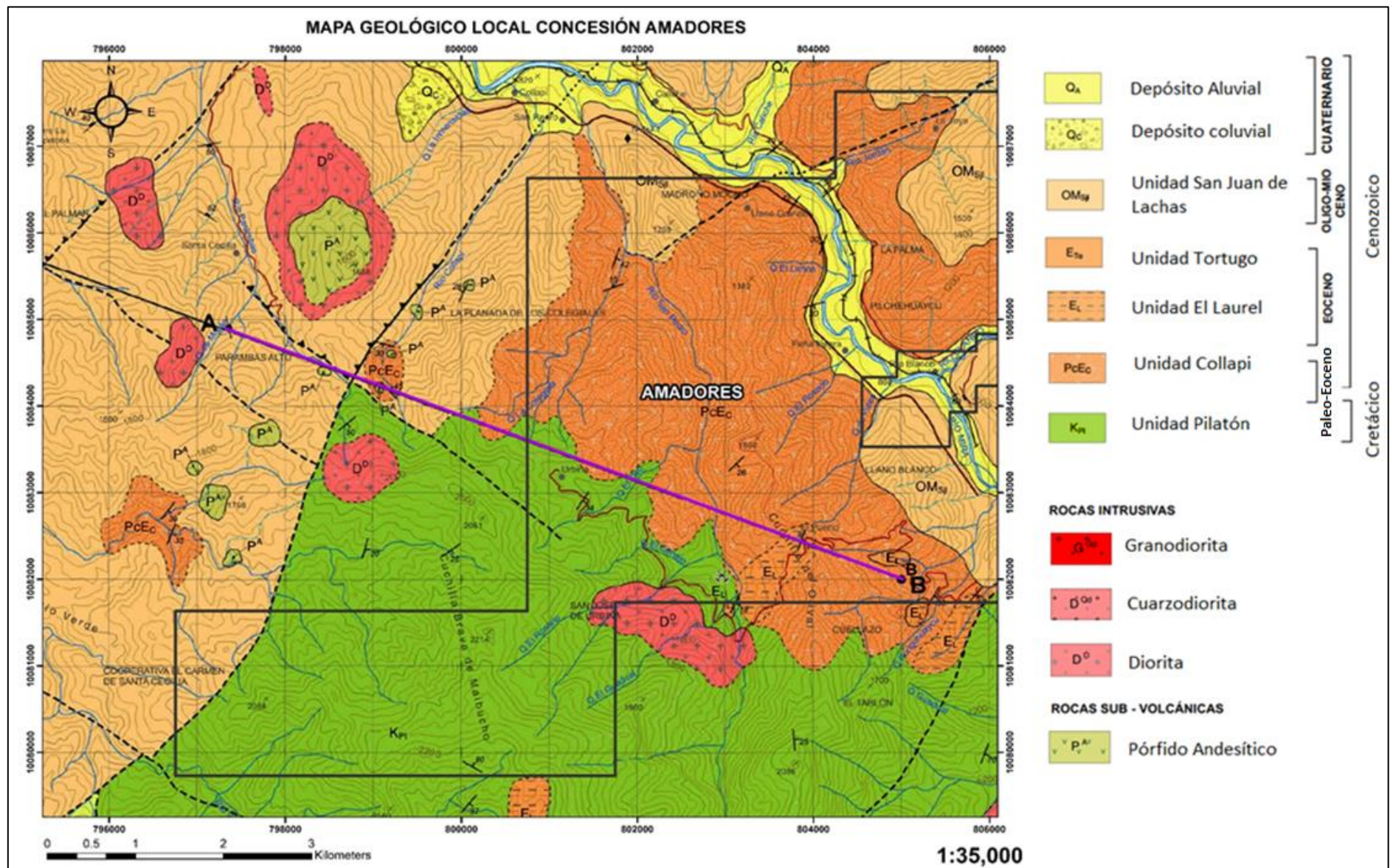
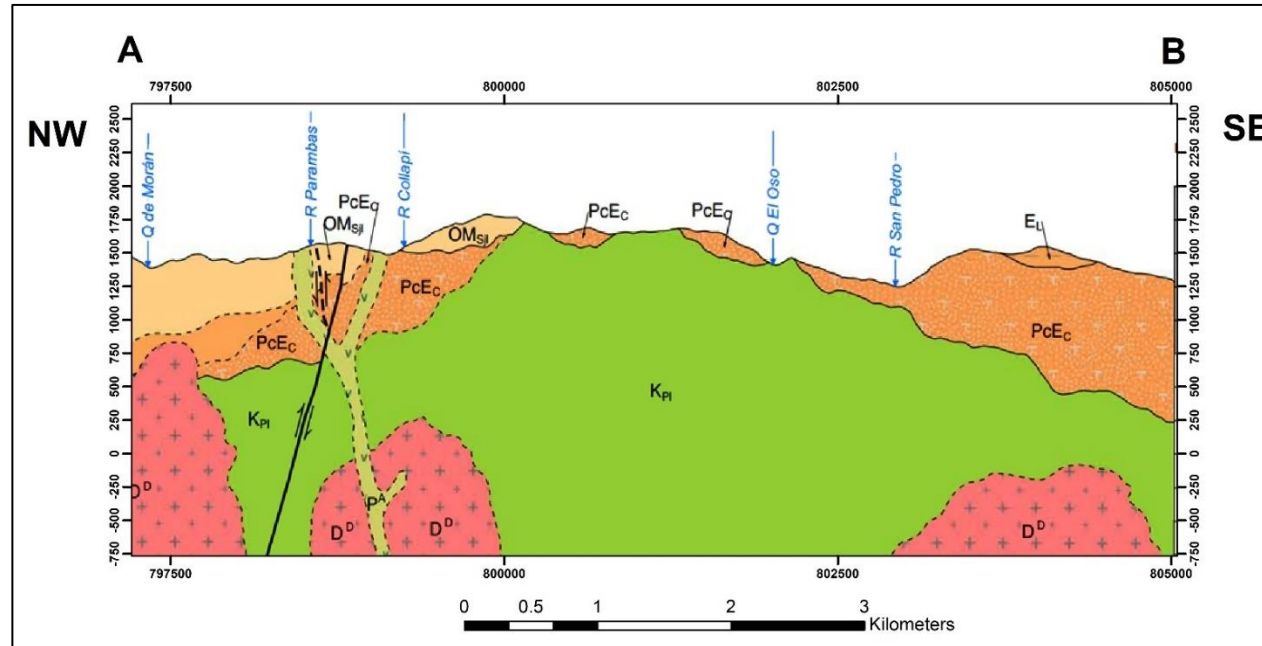


Figura 2.4 Mapa geológico de la zona de estudio. [Instituto Geográfico Militar – IGM, 2017]



### SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

<b>Contactos</b>	<b>Fallas</b>	<b>Estructuras Geológicas</b>	<b>Plegues</b>
— Contacto observado	— Falla observada	40 Diaclasa inclinada	↕ Anticinal observado
- - - Contacto inferido	- - - Falla inferida	■ Diaclasa vertical	<b>Recursos Minerales</b>
↔ Falla inversa/cabalgamiento observada	↔ Falla inversa/cabalgamiento inferida	⊙ Diaclasa horizontal	⌘ Mina o cantera activa
⋯ Falla cubierta		65 Estratificación inclinada	⌘ Mina o cantera abandonada
↔ Falla dextral inferida		+ Estratificación vertical	<b>Métodos de Datación</b>
			82 ± 13 ♦ Radiométrica K-Ar
			<b>Otros</b>
			● Línea de corte geológico

### SÍMBOLOS CONVENCIONALES

<b>Hidrografía</b>	<b>Vías</b>	<b>Asentamientos Humanos</b>
~ Río intermitente	— Ruta primaria	● Poblado
~ Río perenne	— Ruta secundaria	
	— Ruta local	
<b>Hipsografía</b>	— Línea de ferrocarril	
— Curva de nivel índice	— Herradura o rodera	
— Curva de nivel intermedia	— Sendero	
— Curva de nivel suplementaria		
× Punto acotado		

Figura 2.4 Mapa geológico de la zona de estudio. [Instituto Geográfico Militar – IGM, 2017]



### **2.2.2 Estructuras**

La concesión Amadores, ubicada dentro del flanco oeste de la Cordillera Occidental se encuentra limitada estructuralmente por dos fallas de carácter regional con tendencias NNE. La falla Calacalí-Pujilí-Pallatanga, que conforma el límite este de la cordillera (Winkler et al., 2005). La zona de cizalla Chimbo-Toachi conforma el límite Este de la secuencia de arco insular Macuchi (Hughes y Pilatasig, 2002). Esta última falla limita al oeste de la concesión. Esta zona subdividida en bloques bajo configuración subvertical por acción de la falla con una inmersión aproximada de 35° E, tienen alcance hasta niveles medios-inferiores de la corteza terrestre, debido a los patrones de afloramientos arco-magmáticos (Guillier et al., 2001). El criterio cinemático de la Falla Chimbo-Toachi, fue establecido como una componente de movimiento dextral (Boland et al., 2000).

Las estructuras se ven reflejados como patrones en afloramientos, en importantes Unidades falladas que van desde la edad del Eoceno temprano al Mioceno. Estos afloramientos están asociados a fallamientos de rumbo con tendencia NE-SO. Estas Unidades a su vez mantienen sus contactos sedimentarios con respecto a las unidades subyacentes, tal es el ejemplo de la Unidad predominante San Juan de Lachas. Los contactos de zonas falladas asociados a salbandas o brechas pueden generar deformación cataclástica. También se presentan fallas con tendencia E-O bien pronunciadas en el campo y se deben a su alto tectonismo. Como resultado de esta intervención, las estructuras generadas cortan al fallamiento de rumbo regional Chimbo-Toachi (Boland et al., 2000).

## **CAPÍTULO 3**

### 3. METODOLOGÍA

El presente proyecto se desarrolla en una metodología integral con las siguientes etapas y enfoques, agrupados en cuatro fases que abarca: I) Recopilación bibliográfica y reconocimiento geológico, II) Toma y registro de datos, III) Mapa de distribución de alteración hidrotermal y IV) Interpretación y análisis de resultados, detallados en el siguiente diagrama (ver Figura 3.1).

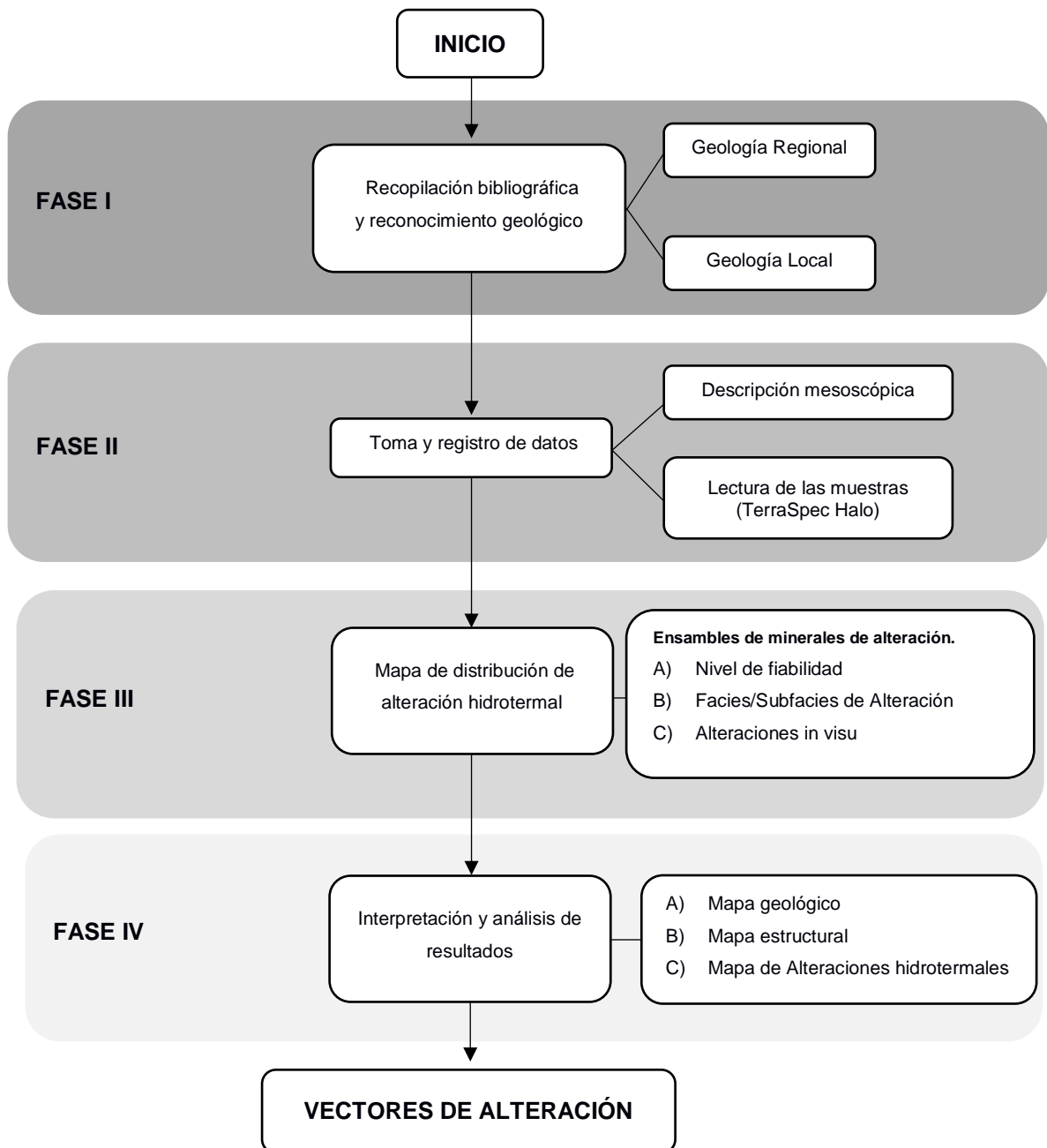


Figura 3.1 Diagrama metodológico del proyecto.

### 3.1 Datos y materiales

Los datos utilizados para este proyecto son 151 muestras de rocas que forman parte del muestreo realizado por la empresa Hanrine Ecuadorian Exploration & Mining durante la campaña de exploración realizada en el año 2017 en la Concesión Amadores, además el departamento de geología de la empresa dio acceso a la base de datos y empleo de instrumentos que se detalla en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Materiales y equipos utilizados. [Fuente: (ASD Inc., 2017)]**

Material	Descripción
Modelo Digital del terreno (DEM)	Resolución espacial: 1x1m, Resolución radiométrica: 8 Bits
Mapas base	En formato shapefile de ríos; estructuras: fallas regionales, locales; localidades; senderos; vías; geología regional.
Plantillas de Excel de rocas	Numero de muestra; coordenadas; litología; texturas; ocurrencia mineral; alteraciones in visu; leyenda de características de las rocas.
TerraSpec Halo (Espectrómetro de reflexión)	<p><b>Rango de longitud de onda:</b> 350 - 2500 nm</p> <p><b>Resolución espectral:</b> • 3 nm a 700 nm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9.8 nm a 1400 nm</li> <li>• 8.1 nm a 2100 nm</li> </ul> <p><b>Reproducibilidad de la longitud de onda:</b> <math>\pm 0,1</math> nm (líneas de calibración de la longitud de onda de desviación estándar promedio)</p> <p><b>Exactitud de longitud de onda:</b> <math>\pm 0.5</math> nm (ajuste de calibración de la longitud de onda de error promedio; <math>\pm 1.0</math> nm para cualquier línea)</p> <p><b>Relación señal-ruido:</b> • VNIR: 9000:1 a 700 nm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SWIR 1: 9000:1 a 1400 nm</li> <li>• SWIR 2: 4000:1 a 2100 nm</li> </ul> <p><b>Detector VNIR (350 a 1000 nm):</b> Matriz de silicio de 512 elementos</p> <p><b>Detector SWIR 1 (1001 a 1785 nm):</b> Fotodiodo InGaAs, TE enfriado</p> <p><b>Detector SWIR 2 (1786 a 2500 nm):</b> Fotodiodo InGaAs, TE enfriado</p> <p><b>Fibra óptica interna:</b> • Apertura numérica: 0.22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VNIR: 11 x 200 <math>\mu</math>,</li> <li>• SWIR: 9 x 200 <math>\mu</math></li> </ul>

### 3.2 Fase I: Recopilación bibliográfica y reconocimiento geológico.

La primera fase comprende el análisis y revisión de la geología regional y local. El cual abarca la revisión de informes técnicos de depósitos próximos a la concesión Amadores (Ejemplo Concesión Cascabel). Seguido de un reconocimiento de la geología del área de estudio (Concesión Amadores), litología y estructuras geológicas asociadas.

### 3.3 Fase II: Toma y registro de datos.

La segunda fase abarca en primer lugar, corroborar la información de las muestras a partir de la descripción mesoscópica de las 151 rocas de la Concesión Amadores, detallando textura, alteraciones y su grado de alteración, y ocurrencia mineral (ver Figura 3.2 y Anexo E).

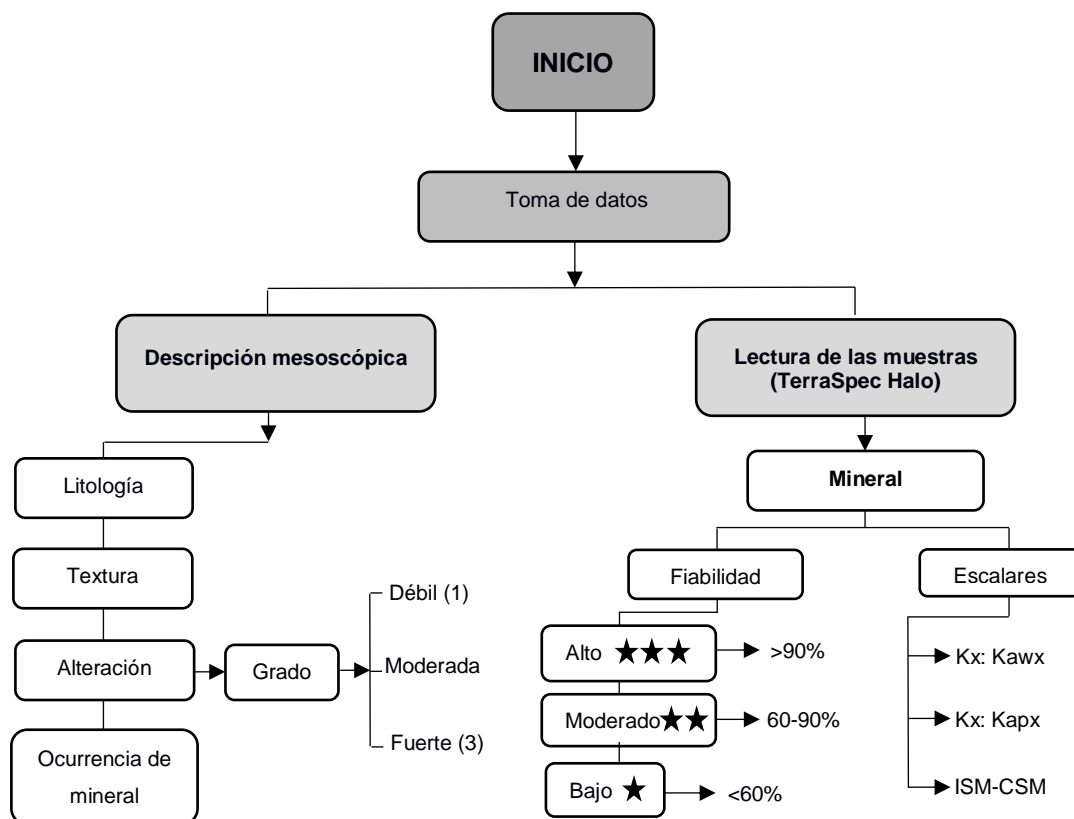


Figura 3.2 Diagrama de la fase II del proyecto

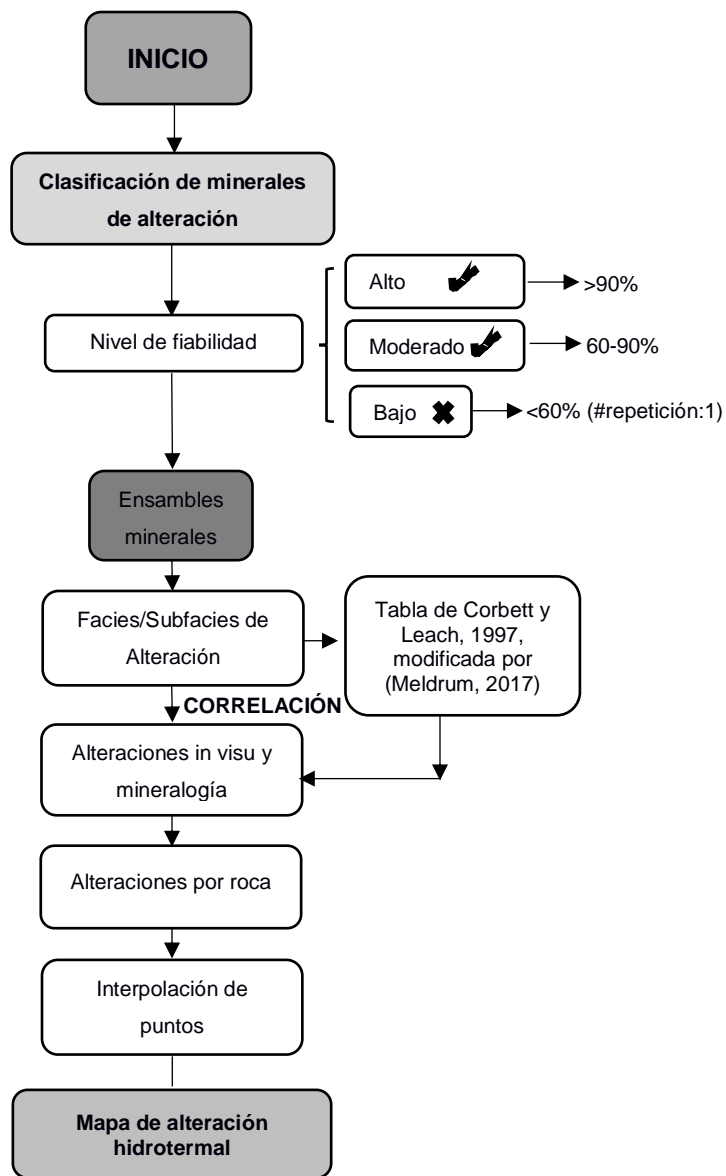
Seguido del manejo del equipo TerraSpec Halo (Espectrómetro de Reflexión), el cual emite un haz de luz dentro del rango de longitud de onda que se muestra en la tabla 3.1, sobre la superficie de la muestra y mide los cambios

que presenta en el espectro de luz (ASD Inc., 2017). Se realizó el registro de datos de las 151 muestras de la concesión Amadores, tomando para cada muestra de roca 3 medidas en distintos puntos, asegurándose que la superficie sea plana, fresca y libre de residuos. El equipo muestra hasta 4 minerales detectados en una muestra, junto con un indicador del nivel de fiabilidad de la predicción y escalar espectral para cada mineral.

El nivel de fiabilidad se mide en 3 grados, siendo el de mayor fiabilidad 3, intermedio 2 y el de menor 1 (ASD Inc., 2017). Para los escalares espectrales que es un parámetro computado a partir del espectro de reflectancia del instrumento TerraSpec Halo, brinda información acerca de la cristalinidad y composición del mineral detectado (ASD Inc., 2017). También permite conocer sobre su temperatura de formación, como por ejemplo el escalar Kx, que permite diferenciar entre una caolinita producida por eventos hipógenos y supérgenos (Kawx: Caolinita bien cristalizada-Kapx:Caolinita pobremente cristalizada), en conjunto con el escalar ISM (Madurez espectral de la illita) y CSM (Madurez espectral del cloruro), cuyo valor indica si se formó a una temperatura mayor de alteración, los demás escalares como el Al-OH, Mg-OH, Fe-OH, y Al-Fe-Mg no se encuentra relacionados con temperatura, pero puede ser utilizados para otro tipo de estudio.

#### **3.4 Fase III: Mapa de distribución de alteración hidrotermal.**

En la fase III consiste en clasificar los minerales recolectados en la fase II, en base a tres criterios: a) El mayor nivel de fiabilidad; b) facies y subfacies de alteración hidrotermal superpuestas en la tabla de alteración de Corbett y Leach, 1997 modificada por (Meldrum, 2017); y c) correlación de las alteraciones vistas en muestras de rocas. El criterio (a) servirá para generar ensambles de alteración de cada roca, eliminando aquellos minerales que presenten baja fiabilidad (<60%) y que en los tres disparos solo se presente una vez; estos serán asociados con la tabla del criterio (b) y comparadas con las alteraciones in visu del criterio (c), como se muestra en el diagrama de proceso (ver figura 3.5)



**Figura 3.3 Diagrama de la fase III del proyecto.**

### **3.5 Fase IV: Interpretación y análisis de resultados.**

En esta fase se realiza la interpretación de los datos, mediante el uso de criterios, para definir los vectores de alteración hidrotermal. Estos criterios resultan de la correlación de la información que brindan la geología del área de estudio, lineamientos estructurales, mapa de alteración hidrotermal obtenido en la fase III y la comparación con los prospectos más cercanos a la concesión Amadores.

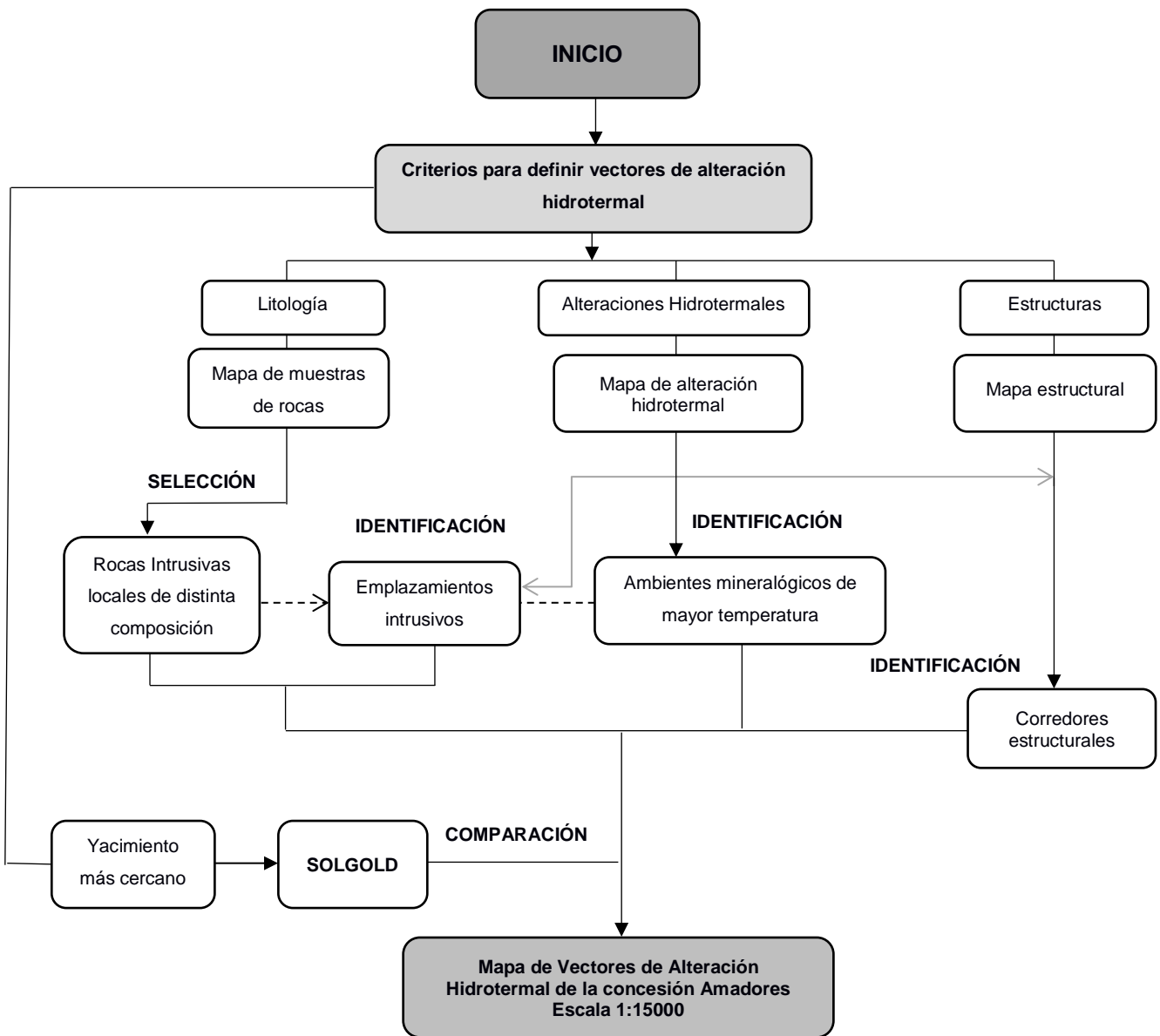


Figura 3.7 Diagrama de fase IV del proyecto.



# **CAPÍTULO 4**

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Entorno geológico de interés

#### 4.1.1 Litología

La litología del área de estudio muestra de manera general, correlación con la geología regional conocida del sector, se analizó con detalle el 50% de las 151 muestras de roca pertenecientes a la concesión mediante la descripción mesoscópica, y denotan una variedad de litologías de tipo sedimentario, volcanoclástico y extrusivas de composición intermedia, 42 se han definido que son de interés para definir vectores hacia la zona mineralizada, de las cuales, 38 rocas corresponden a intrusivas y rocas volcánicas de composición intermedia y 4 son vetas mineralizadas de cuarzo.

Las muestras de rocas de interés tienen una distribución preferencial en el centro y Sur de la concesión (ver Figura 4.1). Las principales rocas que comprenden esta distribución son: dioritas, cuarzodioritas, monzonitas, pórfido dacítico, pórfido hornbléndico y pórfido andesítico. Además, se agregan brechas, estructuras de tipo diques y vetas, que son de ayuda en la interpretación y la aplicación de criterios litológicos.

Características como la textura, mineralogía y mineralización fueron identificadas. A continuación se ha realizado en la primera parte, una descripción comparativa de las rocas, con respecto a la información litológica de las principales unidades, mientras que en la segunda parte para las rocas de interés de tipo intrusivo, se obtienen las características antes mencionadas como guía para determinar los criterios de interés litológico.

##### 4.1.1.1 *Unidad Pilatón ( $K_{PI}$ )*

En el suroeste de la concesión, al sur de la quebrada “El Oso” aflora esta unidad, donde se identificó muestras de lutitas, areniscas y tobas. Las lutitas son consolidadas, tienen granulometría media-fina, con alto contenido de sílice.

Presenta minerales carbonáticos diseminados y en venillas. En la mayoría de las muestras obtenidas de lutita, presentan trazas diseminadas de pirita.

También se han identificado areniscas de granulometría media-fina, con contenido moderado de sílice y clorita. Esta roca tiene contenido de minerales metálicos de tipo sulfuros como pirita y calcopirita diseminada.

Las tobas tienen textura fragmental, ya que en algunas muestras se presentan fragmentos líticos, que van del verde amarillento moderado al marrón verdoso. Su mineralogía principal consiste en plagioclasas y anfíboles con formas subhedrales, opacadas por una mineralogía secundaria de alteración de clorita. Además, presenta sulfuros diseminados como la pirita y la calcopirita.

#### **4.1.1.2      *Unidad Collapi (P<sub>C</sub> E<sub>C</sub>)***

En la concesión Amadores, esta unidad cubre parcialmente la zona oriental. Predominan principalmente los aglomerados, tobas y andesitas. Las andesitas, poseen diferentes texturas, entre una de estas se caracteriza las porfídicas que serán explicadas más adelante.

Los aglomerados presentan tonalidad marrón claro grisáceo. La textura de estas rocas son de tipo fragmental. Su mineralogía primaria está conformada por plagioclasas y anfíboles. Los fenocristales cubren el 30% de las muestras de rocas identificadas de este tipo. Entre los minerales secundarios presentes, están las cloritas, epidotas, calcita diseminada y en vetillas.

Las tobas, presentan tonalidades que van desde el verde amarillo oscuro hasta el rojo claro. Consta de texturas que van desde grano fino, hasta grano grueso, cuyas morfologías cristalinas son subhedrales y anhedrales. Su mineralogía principal se conforma de plagioclasas y anfíboles, presentes como fenocristales que cubre la roca con un 50% aproximadamente, y el resto lo ocupa una matriz de microcristales. Como mineralogía de alteración, se presentan cloritas, epidotas y arcillas, en otros casos se acompaña con venillas de material carbonático. En

algunas muestras hay presencia de hematita, y magnetita en bajas proporciones. Dentro del grupo de los sulfuros, la pirita se presenta de forma diseminada.

#### **4.1.1.3      *Unidad El Laurel (E<sub>L</sub>)***

En la concesión Amadores se identificó muestras asociadas a esta unidad tales como lutitas de granulometría media-fina y tobas cristalinas. Las lutitas de la localidad son compactas, sus tonalidades son marrón rojizo oscuro. Posee mineral carbonático moderado, como también se presencié poca sílice en su estructura. Se observó sulfuros como pirita, diseminada y en vetillas.

Las muestras de tobas, tienen tonalidad grisácea, con textura de grano medio. Los cristales en su mayoría son anhedrales. Posee mineral carbonático en su estructura en forma diseminada y dispuestas en vetillas, junto con ello se presenta sobreimpresión de arcillas. Posee venillas de hematita con mineral ferromagnético.

#### **4.1.1.4      *Unidad San Juan de Lachas (OM<sub>SJL</sub>)***

Aflora en el NE y SO de la concesión, donde se identificaron litologías que comprenden principalmente de lutitas, tobas y areniscas tobáceas. Las lutitas predominan al SO de la Unidad. Son compactas, consolidadas, masivas, de tonalidades que van del verde grisáceo al verde amarillento oscuro y sus texturas son de grano fino. La mineralogía de alteración varía en las muestras, unas constan de una baja cloritización asociado con baja silicificación y otras con bajo contenido de epidota asociado con una alta silicificación. El sulfuro presente en estas muestras fue la pirita diseminada.

Las tobas y areniscas están presentes en el NE de la concesión. Las muestra de tobas poseen tonalidades verde grisáceos, con alteraciones de clorita y sobreimpresión de arcillas. Las muestras de areniscas cercanas a las tobas son compactas y poco friables, presentan tonalidades desde el amarillo verdoso a verde grisáceo. Las texturas varían de grano medio a fino y en algunas muestras, poseen fragmentos líticos. Los minerales primarios que conforman estas rocas son plagioclasas y anfíboles.

Los minerales secundarios que se identificaron son, cloritas en la mayoría de las muestras, trazas diseminadas de epidota y una sobreimpresión de arcillas de color amarillo claro con un grado moderado de silicificación. Contienen un bajo contenido de pirita diseminada y mineral ferromagnético.

#### **4.1.1.5 Rocas Intrusivas**

Las principales rocas íntusivas presentes en el área de estudio son: dioritas, cuarzodioritas y monzonitas. Las muestras de dioritas están distribuídas en distintas partes de la concesión, pero hay que considerar, que para cada entorno, interviene un análisis diferente a la cual se somete la roca. En general, estas rocas, son mesocráticas de tonalidades, que van del verde claro al verde amarillento moderado, de textura fanerítica y holocristalinas. Los cristales son de grano medio a grueso, que conforman principalmente plagioclasas, hornblendas y en ciertas muestras biotitas, con morfologías que van desde euhedrales a anhedrales. Se identifico minerales de alteración como las cloritas, con trazas de epidota. La mineralización metálica es muy baja, encontrándose pirita de forma diseminada, que se observan mediante el uso de la lupa.

En el SE de la concesión se identificaron dos muestras de cuarzodiorita, cada una perteneciente a las quebradas Punguhuaycu y El Guacho. Se encuentran dispuestas cerca de estructuras falladas de primer y segundo orden. Son mesocráticas, de textura fanerítica con distribución holocristalina y difieren ambas en el tamaño de grano de medio a grueso de los cristales. La cantidad de fenocristales que componen estas rocas van de entre 40 y 50%. Los minerales primarios que las componen, constan principalmente de plagioclasas, anfíboles, cuarzo y en una de ellas se nota una clara presencia de biotita en menor proporción. Presentan minerales de ensamble propilítico, y difieren en sus alteraciones , una muestra contiene una ligera presencia de sericita y otra biotita de grado 2 (moderado), además contienen bajo contenido de sulfuros, como calcopirita diseminada y pirita en vetillas.

Las monzonitas se concentran en la zona central sur de la concesión, distribuidas cerca de un fallamiento de orden secundario con dirección NO-SE, donde se dispone sobre cuerpos de composición diorítica de edad Miocénica. Son rocas mesocráticas, holocristalinas, con tamaño medio en los cristales. Las texturas en la mayoría de muestras son faneríticas, equigranulares y en una de ellas porfídica. Presentan cristales de plagioclasas y anfíboles, que se encuentran en formas subhedrales. Estas muestras poseen minerales perteneciente a ensambles propilíticos, con disposición de mineral carbonático en vetillas y contenido bajo de magnetita. La mineralización de sulfuros como pirita y calcopirita son diseminados.

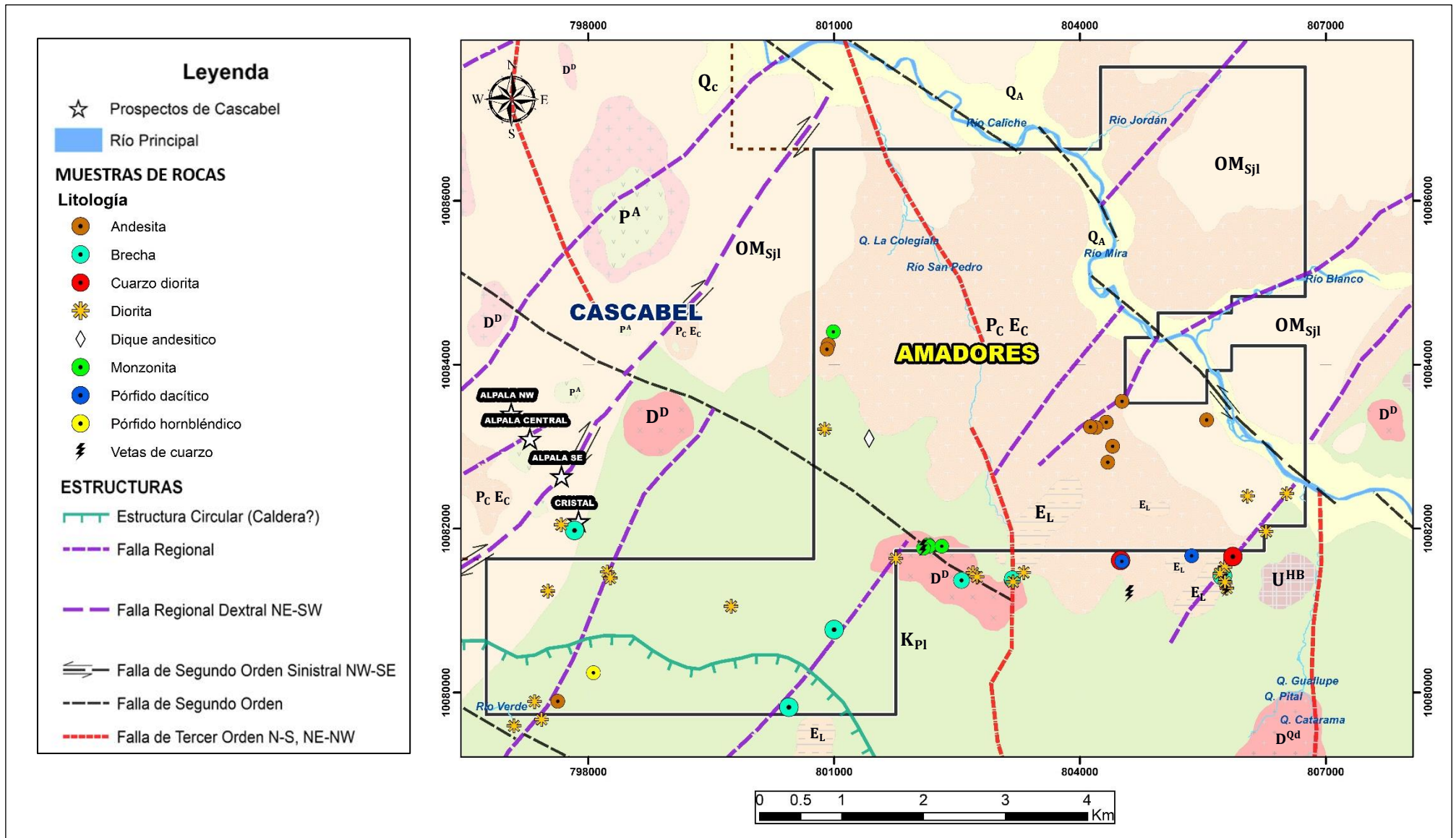
Las muestras de andesitas distribuidas en su mayor parte en la parte central y extremo este de la concesión (ver Figura 4.1 y Anexo.F), se caracterizan por tener una textura afanítica y poseen magnetismo moderado de tonalidades grisácea a verdoso oscuro, mientras que otras muestras que se encuentran al oeste del río San Pedro son porfídicas holocristalinas de tonalidades mesocráticas a melanocráticas. Minerales como plagioclasas, anfíboles y cuarzo presentan formas subhedrales. La mayoría de las muestras contienen mineral ferromagnético acompañado de principales minerales secundarios como clorita epidota y carbonato tanto de forma diseminada como en venillas.

Bajo el régimen de la Falla Espejo en dirección SO-NE, siguiendo el lineamiento de la quebrada Punguhuaycu y en su cercanía, se distribuyen las muestras de pórfidos dacíticos. Son hipocristalinos, de tonalidades mesocráticas a leucocráticas, con tamaño de grano medio en los cristales, con presencia de textura afanítica. Su mineralogía primaria observada, consta de plagioclasas, anfíboles y cuarzo. La mineralogía de alteración consta de cloritas con carbonatos, seguido de alteración de sericita con arcillas. Por último se observa diseminación de pirita y sulfuros grises.

Para definir el criterio litológico de interés es necesario recurrir a la distribución espacial de muestras de rocas que pertenecen a las principales unidades de la concesión. Se lo hace para identificar la litología de cuerpos intrusivos de interés (ver Figura 4.1). También, es necesaria la comparación de las propiedades físicas

principales de las muestras de rocas, como la textura, las alteraciones hidrotermales y la mineralización presente.

Esto resulta de mucho interés ya que una vez establecidos estos parámetros, se representa de manera simplificada una relación que permite identificar la evolución magmática a partir de fases intrusivas, que a su vez el conjunto de estas crea una conexión con un posible depósito metálico (Gómez y Molano, 2009).





## **4.2 Análisis estructural de la zona de estudio.**

Las estructuras que se presentan en la concesión Amadores, se las subclasifica en estructuras de primer, segundo y tercer orden. Estos pueden estar representados mediante lineamientos morfológicos, patrones de drenajes y estructuras intrusivas pertenecientes a sistemas porfídicos. Estos sistemas estructurales podrían ser el resultado del evento de acreción, que tuvo lugar en el Eoceno (Kerr et al., 2002) del arco intraoceánico Naranjal, contra el margen continental, ubicado al oeste de la Falla Toachi.

Las estructuras de primer orden corresponden a fallas con dirección NE-SO asociadas a la falla de carácter regional con cinemática dextral Toachi, cuya continuidad es afectada por la intersección casi perpendicular de estructuras de segundo y tercer orden. Estas estructuras dominan principalmente en la zona de estudio, a tal grado que adyacentemente se han encontrado brechas hidrotermales y cataclastitas, resultado del retrabajamiento de la roca producido por los esfuerzos de cizalla. Este tipo de estructura primaria regional parece estar relacionada con el emplazamiento de intrusivos de depósitos cercanos a la concesión Amadores como Junín (Llurimagua) y Cascabel.

Las estructuras de segundo orden tienen dirección NO-SE, con cinemática sinistral, son resultantes de los esfuerzos secundarios con dirección E-O, producto a eventos de acreción. En la zona céntrica-sur de la concesión, una intrusión diorítica de edad miocénica es controlada por una estructura secundaria, ajustándose a una elongación con tendencia NO-SE. En la zona Oriental norte de la concesión se observa un control estructural a lo largo del Río Mira, cuya morfología de tipo meándrica y lineamientos desplazados de los acolinados medios, con dirección NE-SO, evidencian una posible asociación con este tipo de estructuras secundarias.

Las estructuras de tercer orden están denotadas por lineamientos con dirección NNO, que pasa por la parte central de la concesión. Las litologías adyacentes a esta estructura generalmente van desde brechas freatomagmáticas hidrotermales asociados a intrusiones dioríticas de ambiente porfídico y lutitas con grado pervasivo de alteración.

Para definir zonas de interés estructural dentro del área de estudio (ver Figura 4.2) se considera algunos de los controles estructurales favorables para la deposición mineral de tipo pórfido. Inicialmente se debe identificar la presencia de un control estructural de primer orden, siendo buenos indicadores de los principales emplazamientos ígneos (Chernicoff et al., 2002). La debilitación termal del arco implicado en la zona de estudio debido a su magmatismo tiende a generar nuevas estructuras. (Niemeyer y Urrutia, 2009). La intersección de estructuras, son guías de mena, debido a que permite la mezcla de fluido hidrotermal. También, son considerados como sistemas de fracturas dilatantes, porque facilita la migración de fluidos mineralizantes, desde la fuente magmática en profundidad hasta niveles más someros donde ocurre la precipitación de metal (Corbett, 2018). Estos sistemas estructurales también suelen generar discontinuidades en la ocurrencia del depósito metalífero.

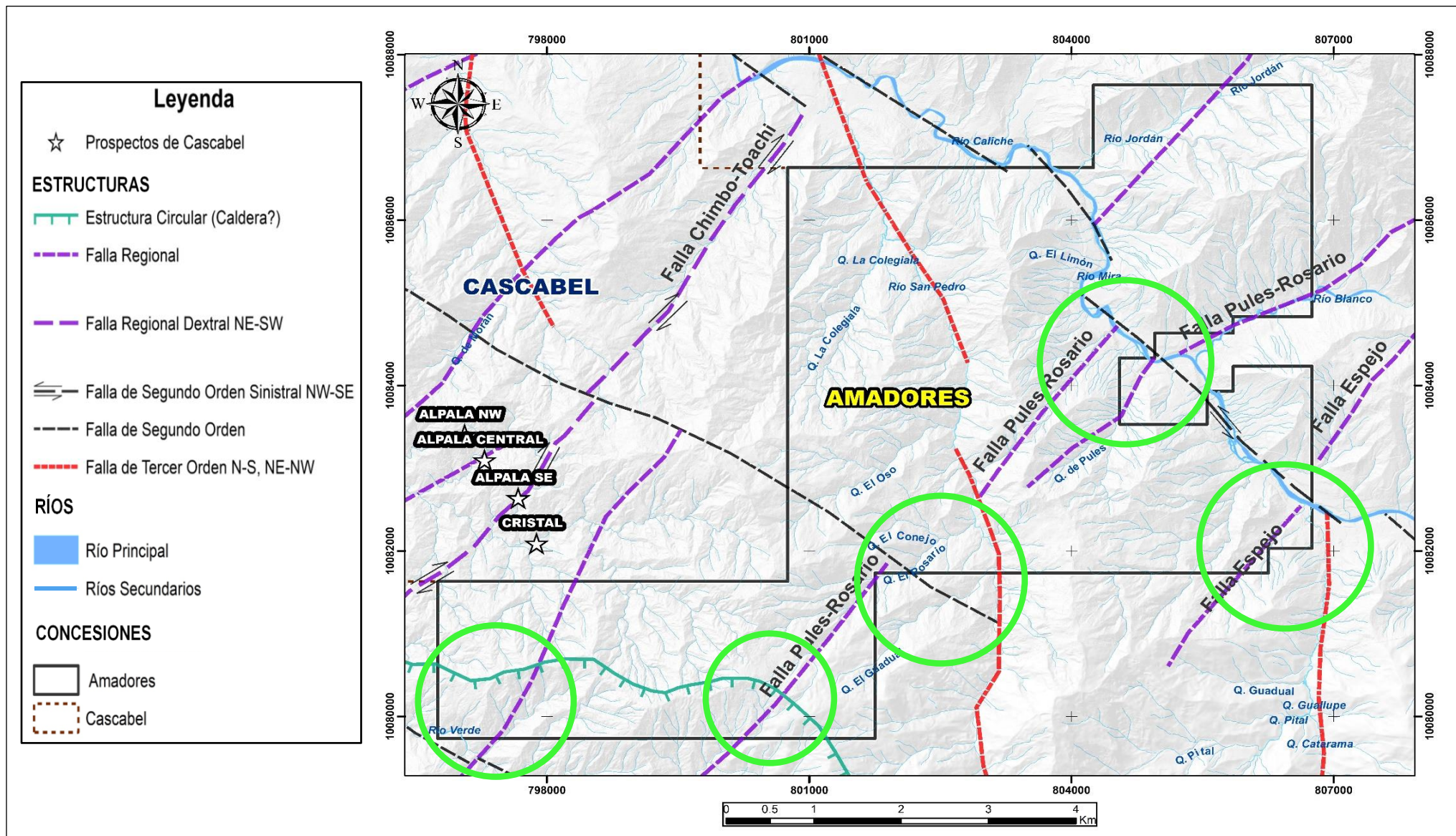


Figura 4.2 Mapa Estructural con áreas de interés de la zona de estudio.

### 4.3 Estilos de alteración hidrotermal.

El análisis espectral en correlación con las alteraciones in visu realizado en las muestras de superficie ha definido seis tipos de alteración hidrotermal en la concesión Amadores: argílica, argílica avanzada, argílica intermedia, fílica, propilítica interior y propilítica exterior.

El análisis de la distribución de los seis tipos de alteraciones hidrotermales dentro del entorno de la concesión Amadores, marca un claro vector de alteraciones hidrotermales de mayor temperatura hacia el borde sur de la concesión, el cual se encuentra vinculado con zonas de minerales de mayor profundidad de formación y proximidad a la fuente de calor.

Se identifica un control estructural en la presencia de alteraciones hidrotermales, las alteraciones argílicas muestran una tendencia a alinearse con las fallas primarias NE-SO, mientras que las alteraciones propilíticas están asociadas a las fallas secundarias NO-SE.

La **Alteración argílica (AR)** ( $T < 250^{\circ}\text{C}$  y  $\text{pH} > 3$  &  $\text{pH} < 5$ ): tiene como mineral dominante la caolinita (Kawx: caolinita bien cristalizada) y ensamble mineral que se muestra en la Tabla 4.1, este tipo de alteración sobresale en la parte central de la concesión por el sector de la Quebrada de Pules y el río San Pedro (ver Figura 4.3).

La **Alteración argílica avanzada (AA)** (amplio rango de T y  $\text{pH} < 4$ ): la argílica avanzada se encuentra relacionada con eventos de alta sulfuración de sobreimpresión tardía en un sistema pórfido, el mineral clave para este tipo de alteración es la alunita, mineral que no fue detectado en las muestras de roca, pero el equipo registro un mineral ligeramente menos ácido que la alunita y de alta temperatura como la pirofilita ( $200\text{-}300^{\circ}\text{C}$ ) y dickita.

Se ha considerado al ensamble k-illita, pirofilita, dikita, caolinita (Kawx: caolinita bien cristalizada), rectorita en este estudio, y se encuentra presente

en dos rocas de las 151 muestras analizadas, la primera roca (pórfido dacítico) con ensamble (k-illita, pirofilita, dikita, caolinita (kawx)) se encuentra en la parte oeste de la Quebrada Punguhuaycu, y la otra muestra de roca (diorita) con ensamble (dikita, rectorita, caolinita (Kawx)) ubicada a 223 m aproximadamente al suroeste del prospecto Cristal de la concesión Cascabel (ver Figura 4.3). Algunas muestras presentaron solo dickita que pueden ser interpretado como una sobreimpresión de argílica avanzada.

La **alteración argílica intermedia (AI)** (T: 200°C-250°C y pH: 4-~6): este tipo de alteración se la relaciona con un evento temprano de mineralización de pórfidos de cobre, caracterizada por un cambio parcial o total de minerales máficos (hornblenda, biotita, piroxenos) a clorita y de plagioclasa a sericita o illita (descrita por (Sillitoe, 2010)), que se refleja en los minerales registrados por el equipo TerraSpec Halo (ver Tabla 4.1), donde el mineral más común de las arcillas es la illita (T: 200-250°C), en conjunto con el mineral moscovita (T> 350°C), y illita-esmectita (T<100- 150°C) y otros minerales que se muestra en la Tabla 4.1.

El filosilicato illita se presentan de la forma illita-magnésica, illita-esmectita, illita-potásica; y la clorita se muestra como clorita ferromagnesiana y férrica. Esta alteración cubre en su mayor proporción la parte sur de la concesión Amadores.

La **Alteración fílica (FI)** (T>350°C y pH:4.5-7): es considerada como evento de sobreimpresión producto de la destrucción total o parcial de la alteración progradada potásica y argílica intermedia (Sillitoe,2010). Este tipo de alteración se la definió por la confiabilidad del equipo, el número de veces que apareció el mineral moscovita en los tres puntos de disparo, y el grado de alteración in visu de tipo sericítica, que se definió como grado 2 (moderado).

Se identifico este tipo de alteración en dos muestras de roca de brechas que contenían entre 0.5-1% de pirita, la primera ubicada al sureste de la quebrada el Rosario, es una muestra de roca de brecha clasto soportado de textura

laminada de tonalidad blanquecina con ensamble (kapx, mus, hal), roca que coincide con la falla primaria Pules-Rosario, y se encuentra rodeada de muestras que tienen alteraciones in visu de alto grado de silica próximas al borde de caldera inferido, y la segunda al norte del río verde, es una brecha de grano fino con ensamble (mus, hal, kawx).

La **Alteración propilítica interior (PI)** (T:250-350°C y pH>7): se caracteriza por actinolita, epidota, adularia, albita, clorita, carbonato y magnetita local (Corbett, 2018), sin embargo en las muestras analizadas no presentaron adularia o albita, pero en el área de interés #4 al Sureste de la concesión (ver Figura 4.3 y Anexo F) el equipo mostro ferroactinolita en conjunto con epidota y clinzoisita en tres muestras de roca de diorita que refleja proximidad al intrusivo.

Se ha definido en el área de estudio a este tipo de alteracion a las rocas que presenten como mineral dominante al sorosilicato epidota (240-340°C (Reyes,1990)) en conjunto con clorita ferromagnésiana, clinzoisita y en ciertas muestras ferroactinolita y demás minerales típicos que se muestra en la Tabla 4.1. Esta alteración cubre tanto la parte norte, central y sur de la concesión como se muestra en la Figura 4.3, y ciertas rocas pertenecientes a este tipo de alteración presentaron calcita en venillas y en forma diseminada.

La **Alteración propilítica exterior (PE)** (T> 250°C y pH> 6): fueron tomados todos los minerales que no presenten el sorosilicato epidota y que posean como mineral dominante la clorita, tanto detectados por el equipo como en el análisis de alteraciones in visu de las muestras, en conjunto con los demás minerales del grupo de las zeolitas y carbonatos que se muestra en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Tipo de alteración y ensambles minerales obtenidos por el equipo TerraSpec Halo.**

Tipo de alteración	Ensamble Mineral
Argílica	<b>ka, vrm, bei, hal, pal, mnt, dol, cbz, non,</b> gme, fe-sap, rec, ca, to, dik, cry, ank, ill-smc, mg-ill, nac, stip, hbl, smi, str, clti
Argílica Avanzada	<b>k-ill, pyr, dik, ka, rec</b>
Argílica Intermedia	<b>mg-ill, ill-smc, femg-ch, vrm, k-ill, mus (sericita), ep, ka, czo, cbz, stip, fe-ch, pal, hal, hbl, mnt, ca,</b> rec, gme, heu, nac, phi-ca, bio, mar, rie, ank, dol, pre, dik, hbl
Fílica	<b>mus (sericita), hal, ka</b>
Propilítica interior	<b>ep, femg-ch, czo, heu, vrm, mg-ill, mnt, phi-ca, hbl, stip, pal, cbz, frro-ac, mg-ch, mus, fe.ch, ill-smc, kae, phl,</b> gyp, azu, bei, lau, axi, gme, har, hyb, rie, hal, k-ill, rec, str, fe-sap
Propilítica exterior	<b>femg-ch, vrm, ca, heu, phi-ca, stip, mg-ch, lau, fe-sap, bei, hyb, clti, czo, rec, hal, crr, mnt, cbz, kut, ph, fe-ch, gme,</b> has, pre, ka, axi, azu, bio, fer, ja, non, sap, hm, mus, to

*ank:ankerita; axi:axinita; azu:azurita; bei:beidelita; bio:biotita; ca:calcita; cbz:cabasita; clti:clinoptilolita; crr:corrensita; czo:clinozoisita; dik:dickita; dol:dolomita; ep:epidota; fe-ch:clorito ferroso; femg-ch:clorita ferromagnésica; fe-sap:ferrosaponita; frro-ac:ferroactinolita; gme:gmelinita-na; gyp:yeso; hal:halloysita; har:haridotoma; has:hastingsita; hbl:hornblenda; heu:heulandita; hyb:hidrobiotita; ill-smc:illita/esmectita; ja:jarosita; ka:caolinita; k-ill:illita potásica; lau:laumontita; mg-ch:clorito de magnesio; mg-ill:illita magnésica; mnt:montmorillonita; mus:moscovita; nac:nacrita; non:nontronita; pal:palygorskita; phi-ca:phillipsita-ca; phl:flogopita; pre:prehnita; pyr:pirofilita; rec:rectorita; rie:riebeckita; sap:saponita; smi:smithsonita; stip:estilpnomelana; str:estroncianita; to:turmalina; vrm:vermiculita*

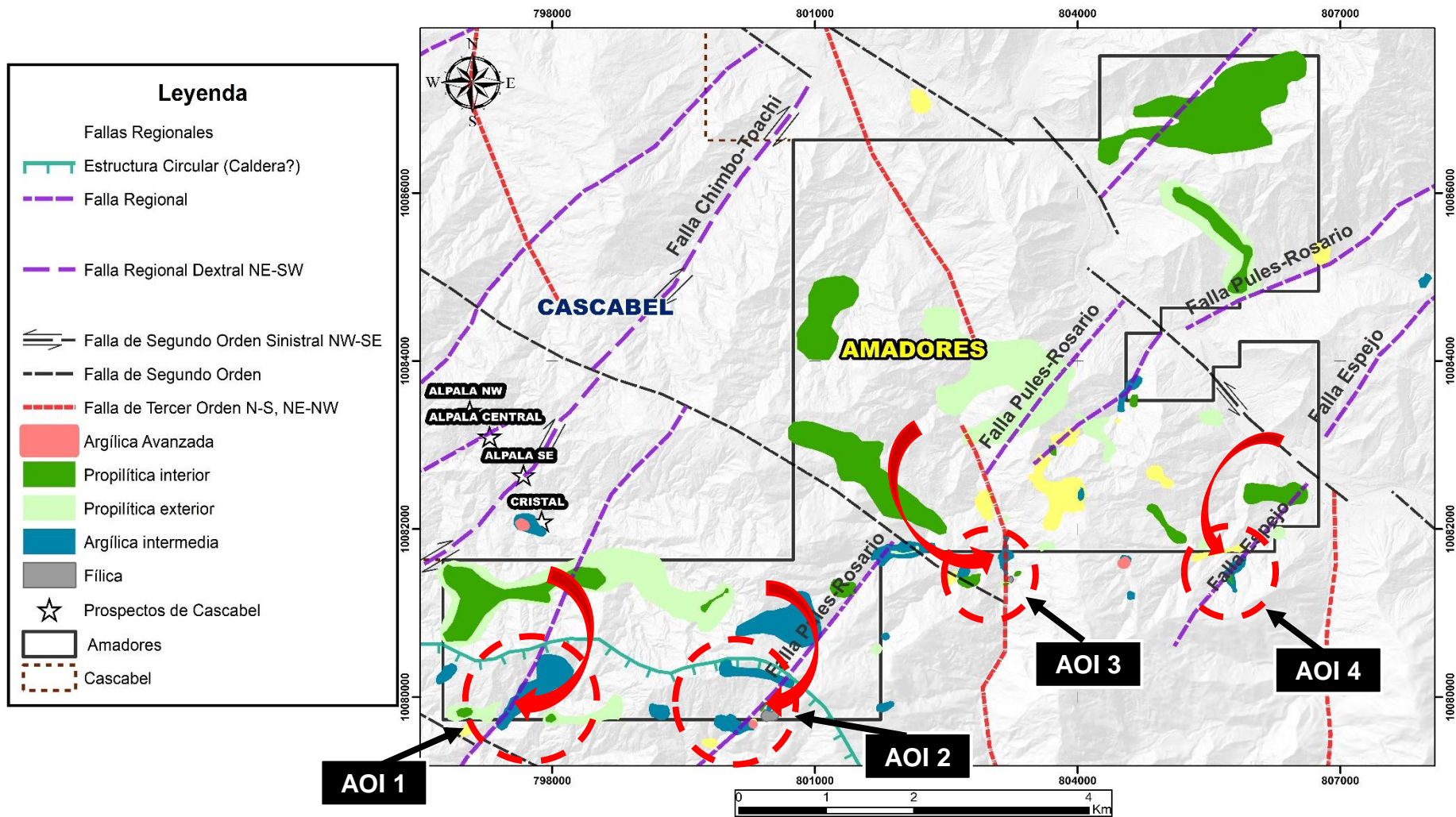


Figura 4.3 Mapa de alteraciones hidrotermales de la concesión Amadores y áreas de interés.



# **CAPÍTULO 5**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se ha definido seis tipos de alteración hidrotermal en la concesión Amadores en base al análisis TerraSpec Halo en correlación con las alteraciones in visu: argílica, argílica avanzada, argílica intermedia, fílica, propilítica interior y propilítica exterior. Estas presentan un marcado control estructural de forma regional, las alteraciones argílicas muestran una tendencia a alinearse con las fallas de tipo primarias NE-SO relacionadas con la falla de carácter regional con cinemática dextral Toachi y depósitos cercanos como Cascabel y Llurimagua, mientras que las alteraciones propilíticas están asociadas a las fallas secundarias NO-SE.
- La distribución de los minerales de alteración indican que hay una migración hacia el NE de la concesión Amadores de facies de alteración hidrotermal ligeramente menos ácidas, y con afinidad a regiones mas neutras vinculado con zonas de minerales de mayor profundidad de formación y proximidad a la fuente de calor.
- Se detectaron minerales de alteración asociados a un sistema pórfido de cobre como: moscovita (sericita), flogopita, ferroactinolita, biotita, calcita, clorita (clorita ferromagnésica, clorita ferrosa, clorito de magnesio), epidota, clinozoisita, turmalina y minerales de arcilla (illitas (illita-magnésica, illita-esmectita, illita-potásica), caolinita, pirofilita, dikita, entre otros).

### 5.2 Recomendaciones

- Para mejorar la distribución de ensambles de alteración, se sugiere emplear los escalares espectrales del equipo TerraSpec Halo, que es un parámetro que aporta con información de la cristalinidad del mineral, como el escalar de ISM (Madurez espectral de la illita) y CSM (Madurez espectral del cloruro), que ayudan a monitorear transiciones de eventos de menor a mayor temperatura de alteración.

- El producto de este trabajo, se lo puede asociar con otras interpretaciones de prospección geológica inicial, tales como guías geofísicas y geoquímicas, para posteriormente correlacionarlos y generar targets de interés de prospección geológica avanzada.
- Es favorable realizar un mapeo de vetillas en las zonas de distribución de rocas de interés con sus características texturales, mineralógicas y ocurrencia, para poder determinar y correlacionar las fases intrusivas con respecto a la litoestratigrafía de la concesión Amadores, que a su vez mediante descripción microscópica se pueden cubrir otros criterios que nos ayudan a determinar ambientes de formación y cercanías al pórfido con mineralización.

# BIBLIOGRAFÍA

- Arndt, N. T., Fontboté, L., Hedenquist, J. W., Kesler, S. E., Thompson, J. F., and Wood, D. G. (2017). Future global mineral resources. *Geochemical Perspectives*, 6(1), 1-171.
- ASD Inc., a PANalytical company. (2017). TerraSpec Halo User Manual. Colorado: 2017
- Ayuso, R. A., Barton, M. D., Blakely, R. J., Bodnar, R. J., Dilles, J. H., Gray, F., ... and Taylor, R. D. (2010). Porphyry copper deposit model: Chapter B in Mineral deposit models for resource assessment (No. 2010-5070-B). US Geological Survey.
- Boland, M.P., McCourt, W.J., Beate, B., 1998. Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 0°–1° N, 1: 200,000; CODIGEM-Min. Energ. Min.-BGS publs., Quito.
- Boland, M.P., Pilatasig, L.F., Ibandango, C.E., McCourt, W.J., Aspden, J.A., Hughes, R.A., and Beate, B., 2000, Geology of the Western Cordillera between 0°-1°N: Quito. Ecuador, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información Cartográfica y Geológica Informe 10, Corporación de Desarrollo e Investigación Geológica. Minera y Metalúrgica—Ministerio de Energía Ecuador—British Geological Survey, 72 p.
- Bourdon, E., Eissen, J. P., Gutscher, M. A., Monzier, M., Hall, M. L., & Cotten, J. (2003). Magmatic response to early aseismic ridge subduction: the Ecuadorian margin case (South America). *Earth and Planetary Science Letters*, 205(3), 123–138. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(02\)01024-5](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)01024-5)
- Chernicoff, C.; Richards, J.; y Zappettini, E. (2002). Crustal lineament control on magmatism and mineralization in northwestern Argentina: Geological, geophysical, and remote sensing evidence. *Ore Geology Reviews* 21: 127-155.
- Cooke, D. R. (n.d.). Mineralisation and hydrothermal alteration.
- Corbett, G.J. (2018). Epithermal Au-Ag and porphyry Cu-Au exploration – short course manual. unpublished. Retrieved from corbettgeology: [www.corbettgeology.com](http://www.corbettgeology.com)
- Chiaradia, M., 2009. Adakite-like magmas from fractional crystallization and melting assimilation of mafic lower crust (Eocene Macuchi arc, Western Cordillera, Ecuador). *Chemical Geology* 265, 468–487.
- Clark, D. A. (2014). Magnetic effects of hydrothermal alteration in porphyry copper and iron-oxide copper–gold systems: a review. *Tectonophysics*, 624, 46-65.

- Egüez A., Cajas M., y Dávila F. (1986). Distribución de terrenos oceánicos alóctonos y de terrenos continentales en la Cordillera Occidental de Ecuador. Evidencias en las geotruvesías Otavalo – Selva Alegre y Cañar – La Troncal. Departamento de Geología. EPN. Quito – Ecuador.
- Einaudi, M.T., Hedenquist, J.W., and Inan, E.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, p. 285-313.
- Gilbertson, J., Akyürek, A. (2017). *Technical report on the Cascabel project, Ecuador*. Cardiff, United Kingdom.
- Gómez, D. y Molano J. (2009): Evaluación de zonas de alteración hidrotermal y fases intrusivas, para el prospecto “Stock Porfirítico de Piedra Sentada” (Vereda Santa Lucía) Cauca, Colombia.- Geología Colombiana, 34, pp. 75-94, 29 Figs., Bogotá.
- Guillier, B., Chatelain, J.L., Jaillard, E., Yepes, H., Poupinet, G., Fels, J.F., (2001). Seismological evidence on the geometry of the orogenic system in central-northern Ecuador (South America). Geophysical Research Letters 28, 3749–3752.
- Gutscher, M. A., Malavieille, J., Lallemand, S., & Collot, J. Y. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: Impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 168(3–4), 255–270. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00060-6)
- Hughes, R. A., & Pilatasig, L. F. (2002). Cretaceous and tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 345(1–4), 29–48. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)00205-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)00205-0)
- Instituto Geográfico Militar-IGM (2017) Cartografía base, escala 1:50000 Jijón y Caamaño, No IGM - 2017- 003.
- INEMIN – AG CD (1990). Inventario de recursos minerales metálicos en el Noroccidente del Ecuador. Proyecto desarrollo del Sector Minero en el Ecuador, Tomo I: Investigaciones Geológicas y Metalogénicas, 107 p. Quito –Ecuador
- Kehrer W. y Van der Kaaden G. (1979). Notes of geology of Ecuador, with special reference to the Western Cordillera. Geologische Jahrbuch, Vol.35. pp. 5-57.
- Kerr, A. C., Aspden, J. A., Tarney, J., & Pilatasig, L. F. (2002). The nature and provenance of accreted oceanic terranes in western Ecuador: geochemical and tectonic constraints. *Journal of the Geological Society*, 159(5), 577–594. <https://doi.org/10.1144/0016-764901-151>

- Luzieux, L. D. A., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, C. F., & Winkler, W. (2006). Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 249(3–4), 400–414. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.07.008>
- Meldrum, S. (2017). *Mineral Exploration Geological Reference Codes. Porphyry, Skar & Epithermal systems*. Lima.
- Ordóñez Malla, F.P., 2013. Estudio de Geología, Mineralización y Alteraciones en la Concesión Minera Cascabel Provincia de Imbabura. Escuela Politecnica Nacional (Ecuador), Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos. Project for title of Engineering Geologist.
- Rohrlach, B., Poma, O., Rosero, B., Silva, J., & Ward, J. (2015). High Grade Porphyry Copper-Gold Mineralisation in North-west Ecuador - The Alpala Cu-Au Porphyry 1 Discovery, (March), 18–2
- Schütte, P., Chiaradia, M., Barra, F., Villagómez, D., & Beate, B. (2012). Metallogenic features of Miocene porphyry Cu and porphyry-related mineral deposits in Ecuador revealed by Re-Os, <sup>40</sup>Ar/ <sup>39</sup>Ar, and U-Pb geochronology. *Mineralium Deposita*, 47(4), 383–410. <https://doi.org/10.1007/s00126-011-0378-z>
- Schütte, P., Chiaradia, M., & Beate, B. (2010a). Geodynamic controls on Tertiary arc magmatism in Ecuador: Constraints from U-Pb zircon geochronology of Oligocene-Miocene intrusions and regional age distribution trends. *Tectonophysics*, 489(1–4), 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.04.015>
- Schütte, P., Chiaradia, M., & Beate, B. (2010b). Petrogenetic evolution of arc magmatism associated with Late Oligocene to Late Miocene porphyry-related ore deposits in Ecuador. *Economic Geology*, 105(7), 1243–1270. <https://doi.org/10.2113/econgeo.105.7.1243>
- Sillitoe, R. H. (2010). Porphyry copper systems. *Economic Geology*, 105(1), 3–41. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>
- Vallejo, C. (2007). Research Collection, 9(2). Retrieved from <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005416411>
- Vallejo, C., Luzieux, L., Winkler, W., Spikings, R., & Heller, F. (n.d.). Origen y evolución geodinámica del antearco de Ecuador ( Cretácico Tardío- Paleógeno )

- Van Thournout F. (1991). Stratigraph y, magmatism and tectonism in the Ecuadorian north western cordillera: Metallogenic and Geodynamic implications. Tesis Doctoral. Katholieke Universiteit Leuven, 150p.
- Winkler, W., Villagómez, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, S., Egeuz, A., 2005. The Chota basin and its significance for the inception and tectonic setting if the interAndean depression in Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences* 19, 5–19.

# **ANEXOS**



## ANEXO A

**Tabla A 1. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGÍA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
11	Lutita	Grano fino	Silica (3)	
12	Brecha hidrotermal clasto soportado	Fragmental	Sericita (1), Silica (3)	Pirita (1.0), calcopirita(0.5), Bornita (0.5)
13	Lutita	Grano fino	Silica (3)	Pirita (0.5), Goethita (1.0)
14	Lutita	Grano fino	Silica (3)	Pirita (0.5), Goethita (3.0)
31	Sedimento volcánico	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1)	Goethita (3.0), Hematita (1.0)
32	Toba	Fragmental	Clorita (1)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
33	Toba	Fragmental	Clorita (1)	Calcopirita (0.5), pirita diseminada
34	Arenisca	Grano medio		
35	Sedimento volcánico	Fragmental	Clorita (1)	Calcopirita (0.5), pirita diseminada
36	Arenisca	Grano fino	Silica (2)	Pirita (0.5), Calcopirita (2.0), pirita y calcopirita diseminada
38	Lutita	Grano fino	Clorita (1), Silica (2)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
39	Arenisca	Grano fino	Clorita (1), Silica (2)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
42	Toba	Fragmental	Clorita (1)	
46	Sedimento volcánico	Fragmental	Arcilla (1), Silica (1)	
47	Arenisca	Grano fino	Silica (2)	
48	Diorita	Grano medio	Clorita (1), Epidota (1)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), Magnetita (0.5), Cu nativo, Goethita(1.0), Hematita(1.0), pirita y calcopirita diseminada
50	Brecha Hidrotermal	Laminado	Sericita (2), Arcilla (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada
54	Andesita	Grano medio	Cloritica (1), Magnetita (1)	Venillas de pirita
55	Aglomerado	fragmental	Cloritica (2), Epidota (1), Carbonatos (1)	Magnetita (0.5), Hematita (1.0)
56	Andesita	Grano fino	Cloritica (3), Epidota (1), Magnetita (1)	Hematita (1.0), Vetillas de: hematita, cuarzo, cuarzo- pirita, epidota-cuarzo-pirita
77	Porfido dacítico	Grano fino	Clorita (1), sericita (2)	pirita (1), sulfuro gris (0.5)
104	Diorita	Grano fino	Clorita (1), Carbonatos (2), Arcilla (1), Sericita (1), Magnetita (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
105	Diorita	Grano fino	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
110	Aglomerado	Fragmental	Clorita (1), Carbonatos (1)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
253	Sedimento volcánico	Fragmental	Clorita (1), Silica (1)	Goethita (1.0), Hematita (0.5)

**Tabla A 2. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGÍA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
255	Lutita	Laminada	Clorita (1), Silica (1)	Calcopirita (0.1), Bornita (0.1), Molibdenita (0.1), Calcopirita, Bornita y Molibdenita diseminada
256	Diorita	Grano medio	Clorita (2), Epidota (1)	Calcopirita (0.1), Cu nativo, calcopirita diseminada
341	Monzonita	Porfídico	Clorita (1)	Pirita (0.5), Magnetita (0.5), pirita diseminada
342	Monzonita	Fanerítica	Clorita (1)	Pirita (0.5), Magnetita (0.5), pirita diseminada
343	Lutita	Grano fino	Clorita (1), sílica (3)	Pirita (0.5), pirita diseminada
351	Monzonita	Grano Medio	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	Pirita (0.5), calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
352	Monzonita	Grano Medio	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	Pirita (0.5), calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
353	Vetas de cuarzo			Pirita (1), sulfuros gris (0.5), pirita y sulfuros gris diseminados
354	Sedimento volcánico	Grano Medio	Clorita (1), Epidota (1)	Calcopirita (0.5), calcopirita diseminada
357	Cuarzo diorita	Grano Medio	Clorita (2), Carbonatos (1), Sericita (1)	Pirita (0.5), calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
358	Vetas de cuarzo			Pirita (2), calcopirita (1), Molibdeno (0.5), Galena (0.5), esfalerita (0.5) py ds /cp ds Gn ds Mo ds
359	Sedimento volcánico	Grano Medio	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1)	Pirita (0.5), calcopirita (0.5), pirita y calcopirita diseminada
360	Gouge (salbanda)		Carbonatos (2), Arcilla (2)	
361	Brecha Freatomagmatica		Carbonatos (2), Arcilla (2)	Pirita (1), sulfuros gris (0.5), pirita diseminada
362	Porfido dacítico	Grano Medio	Clorita (1), Carbonatos (1), Sericita (2), arcilla (1)	Pirita (1.5), pirita diseminada
363	Monzonita	Grano Medio	Clorita (3), Carbonatos (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada, carbonatos en venillas
364	Brecha Freatomagmatica	Grano fino	Clorita (1), Carbonatos (1), Sericita (2), arcilla (1)	Pirita (1), pirita diseminada
365	Sedimento volcánico	Grano fino	Clorita (1)	Pirita (0.5), sulfuro gris (0.5), pirita diseminada y sulfuro gris en venillas, hematita (2)
366	Lutita	Grano medio	Carbonatos (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada, ferrihidrita (1)
367	Lutita	Grano medio	Carbonatos (1), arcilla (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
368	Lutita	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1), arcilla (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
369	Lutita	Grano fino	Carbonatos (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada
371	Lutita	Grano fino	Carbonatos (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada
372	Sedimento volcánico	Matriz soportada	Clorita (1), Carbonatos (1), Sericita (1), arcilla (2), Silica (1)	Pirita (0.5), sulfuros gris (0.5), pirita y sulfuros gris diseminados
373	Cataclasita		Carbonatos (2), arcillas (2)	

**Tabla A 3. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGIA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
374	Lutita	Grano fino	Carbonatos (1), arcillas (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
375	Lutita	Grano fino	Carbonatos (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada y venillas de pirita
377	Lutita	Grano fino	Silica (1)	Goethita (0.5), Ferrihidrica (1)
378	Toba	Grano fino	Clorita (2), Carbonatos (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada
379	Diorita	Grano medio	Clorita (2)	Pirita (0.5), calcopirita (0.5), Magnetita (1.0), pirita y calcopirita diseminada
380	Diorita	Grano medio	Clorita (1), arcilla (2)	Hematita (1.0)
381	Toba	Grano medio	Clorita (1), arcilla (1)	Pirita (0.5), Magnetita (2.0), pirita diseminada, Hematita (2.0), Ferrihidrita (0.5)
382	Toba	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1), arcilla (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada, Magnetita (1.0) , Hematita (2.0)
383	Toba	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1), arcilla (1)	Pirita (0.5), pirita diseminada, Magnetita (2.0) , Hematita (2.0), Ferrihidrita (0.5)
384	Brecha Hidrotermal	Fragmental	Carbonatos (1), arcilla (1)	Pirita (1), Sulduros gris (0.5), Magnetita (0.5), pirita diseminada, venillas de pirita, Hematita (2.0), Goethita (1.0)
385	Diorita	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1)	Pirita (1), Magnetita (1), pirita diseminada, Hematita (3.0), Ferrihidrita (1.0) Hematita (2.0), Goethita (1.0)
386	Vetas de cuarzo	Masivo		Pirita (2.0), pirita patchy
502	Diorita	Grano grueso	Clorita (1), Epidota (1), Carbonatos (1), Biotita (2)	Pirita (2.0), Pirita diseminada, pirita en venillas, pirita patchy
504	Diorita	Grano grueso	Clorita (3), Epidota (2), Carbonatos (1)	Hematita (1.0)
509	Andesita	Grano fino		
1001	Diorita	Fanerítica	Clorita (1), Epidota (1), Magnetita (1)	Magnetita diseminada
1002	Sedimento volcánico	Grano fino	Carbonatico (2)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita diseminada
1003	Aglomerado	Fragmental	Carbonatico (1)	Magnetita (1), carbonato diseminado, Magnetita diseminada
1004	Andesita	Afanítica	Clorita (1), Carbonatico (2), Magnetita (2)	carbonato diseminado, carbonato en vetillas, Magnetita diseminada
1005	Aglomerado	Fragmental	Carbonatico (2), Argílico (2)	carbonato diseminado, carbonato en vetillas
1006	Andesita	Afanítica	Clorita (1), Carbonatico (1), magnetita (2)	Carbonato diseminado, carbonato en vetillas, magnetita diseminada
1007	Andesita	Afanítica	Clorita (2), Carbonatico (2), Magnetita (1)	Pirita (0.5), Pirita en vetillas, carbonato en vetillas, carbonato diseminado, hematita en vetilla, Magnetita diseminada
1008	Toba cristalina	Grano medio	Carbonatico (3), Argílico (1)	Carbonato en vetillas, carbonato diseminado, hematita diseminada
1010	Toba cristalina	Grano medio	Carbonatico (2), Argílico (2)	Hematita diseminada, carbonato en vetillas, carbonato diseminado
1011	Toba cristalina	Grano medio	Clorita (1), Carbonatico (2), Argílico (1), Magnetita (1)	Carbonato en vetillas, carbonato diseminado, magnetita diseminada

**Tabla A 4. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGIA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
1012	Gouge	Canal (Channel)	Clorita (1), Carbonatico (2), Argílico (2)	Carbonato en vetillas, hematita diseminada
1013	Toba cristalina	Grano medio	Argílico (2), Magnetita (1)	
1015	Toba cristalina	Grano medio	Carbonatico (2), Argílico (2), Magnetita (1)	Hematita en vetillas, carbonato diseminado, carbonato en vetillas
1016	Sedimento volcánico	Grano fino	Epidota (1), Carbonatico (2), Silica (2)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita disemianda, calcopirita disemianda, carbonato en vetillas
1018	Lutita	Grano fino		Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita en vetillas, vetillas de cuarzo
1019	Aglomerado	Fragmental		
1101	Toba	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1)	Magnetita (2), Hematita (0.5)
1102	Toba	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1), Arcilla (1)	Hematita (0.5), Magnetita (0.5)
1103	Toba	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1), Arcilla (1)	Magnetita (1.0), Ferrihidrita (0.5)
1104	Monzonita	Fanerítica	Clorita (2), Epidota (2)	Pirita (0.5), Magnetita (1.0), Ferrihidrita (0.5)
1105	Andesita	Porfidico	Clorita (1), Epidota (1), Carbonatos (1)	Magnetita (1.0), Cu
1106	Andesita	Porfidico	Clorita (1), Epidota (1)	Magnetita (1.0)
1201	Sedimento volcánico	Grano fino		Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), Sulfuro gris (0.5), pirita diseminada, calcopirita en vetillas, Brocantita, hematita (2)
1202	Lutita	Grano fino		Pirita (0.5), Pirita diseminada
1203	Toba Lapilli	Grano medio		
1204	Lutita	Lutita		
1205	Toba cristalina	Grano medio	Clorita (1), Magnetita (1)	Hematita (1)
1206	Toba cristalina	Grano medio	Magnetita (1)	
1251	Diorita	Equigranular	Epidota (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada, hematita en vetillas?
1252	Dique andesítico	Inequigranular		Pirita (0.5), Cobre nativo, cobre diseminado
1253	Aglomerado	Fragmental		Pirita (0.5), pirita diseminada
1254	Arenisca	Grano medio	Carbonatico (2), Silica (1)	Pirita (0.5), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita diseminada, carbonato en vetillas
1255	Aglomerado	Fragmental	Carbonatico (1)	jarosita (1)
1256	Aglomerado	Fragmental	Carbonatico (2)	Pirita (0.5), pirita diseminada, Jarosita (1)
1257	Toba cristalina	Inequigranular	Carbonatico (1)	Pirita (1), pirita disemianda, carbonato en vetillas, jarosita (0.5)

**Tabla A 5. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGIA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
1258	Andesita	Inequigranular	Carbonatico (1)	Venillas de carbonato, jarosita (1), hematita (1)
1259	Sedimento volcánico	Capas	Clorita (1), Carbonatico (1), pirrotita (1)	Pirita (1), Calcopirita (1), pirita diseminada, pirita en vetillas, carbonato vetillas
1260	Diorita	Inequigranular	Clorita (1), Epidota (1)	Pirita (1), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita diseminada, hematita (0.5)
1261	Diorita	Inequigranular	Clorita (1), Epidota (1)	Pirita (1), hematita (0.5), pirita diseminada, pirita en vetillas
1262	Vetas de cuarzo	Masivo		Pirita (1), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita diseminada, jarosita (0.5)
1263	Diorita	Inequigranular	Clorita (2), Epidota (1), Carbonatico (1)	Pirita (1), Calcopirita (0.5), pirita diseminada, calcopirita diseminada, goethita (0.5)
1265	Aglomerado	Fragmental	crisocola (1)	Calcocita (0.5), crisocola diseminada, calcocita diseminada
1266	Toba cristalina	Grano medio	Carbonatico (3)	hematita (1), carbonato diseminado
1267	Aglomerado	Fragmental	Clorita (1), Carbonatico (3)	Pirita (1), Calcopirita (0.5), carbonato diseminado, pirita diseminada, calcopirita diseminada, pirrotita diseminada
1301	Cuarzo diorita	Fanerítica	Clorita (2), Epidota (1), Biotita (2), Magnetita (3)	Pirita (2), pirita diseminada, venillas de pirita
1351	Diorita	Grano fino	Clorita (2), Epidota (2)	Trazas de pirita
1352	Arenisca	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1)	
1354	Lutita	Grano medio	Clorita (2), Epidota (1), Silica (2)	Trazas de pirita
1355	Brecha Hidrotermal	Grano grueso	Sericítico (1), Argílico (3)	
1357	Diorita	Grano grueso	Clorita (2), Epidota (1)	
1358	Arenisca	Grano medio	Clorita (1), Epidota (1)	py (0.1)
1359	Diorita	Grano grueso	Clorita (2), Epidota (1)	py (0.1), trazas de pirita
1360	Arenisca	Grano fino	Clorita (1)	Trazas de pirita diseminada
1361	Arenisca	Grano fino	Clorita (1), Silica(1)	Trazas de pirita diseminada
1362	Arenisca	Grano medio	Clorita (1)	
1363	Arenisca	Grano medio	Clorita (1)	py ds
1364	Arenisca	Fragmental	Clorita (1)	Trazas de pirita
1365	Arenisca	Fragmental	Clorita (1), Silica (1)	Trazas de pirita
1366	Salbanda de brecha tectónica	Fragmental	Argílico (3), Silica (2)	py (1), ja (1), go (1)

**Tabla A 6. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	LITOLOGIA	TEXTURA	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
1368	Lutita	Grano fino	Clorita (1), Silica (1)	py (0.5), trazas de pirita, go (1), fer (1)
1369	Sedimento volcánico	Grano fino	Clorita (1)	
1371	Arenisca	Grano medio	Clorita (1), Epidota (1), Silica (1)	
1372	Porfido Hornblendico	Porfídico	Argilica (3), Silica (3)	py (1), py ds, ja (1)
1373	Andesita	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1)	py (0.5)
1374	Arenisca	Grano medio	Clorita (1)	
1375	Lutita	Grano fino	Silica (3)	py (0.5)
1376	Lutita	Grano fino	Argilica (1), Silica (3)	
1377	Lutita	Grano fino	Argilica (2), Silica (3)	py (0.5), go (1)
1378	Lutita	Grano fino	Argilica (2), Silica (3)	go (1)
1379	Lutita	Grano fino	Argilica (2), Silica (3)	go (1)
1381	Lutita	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1), Argilica (3)	py (0.5), ds, go (0.5)
1382	Lutita	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1), Argilica (3)	py (0.5), ds, go (0.5)
1383	Diorita	Fanerítica	Argilica (3), Silica (1)	py (2), diseminado, go (0.5), hm (0.5), CuMnO (0.5)
1384	Aglomerado	Grano grueso	Clorita (1), Argilica (3)	py (0.5), mt (0.5), ds, hm (0.5)
1385	Aglomerado	Grano grueso	Clorita (1), Argilica (1)	py (0.5), mt (0.5), ds, hm (0.5)
1386	Diorita	Grano grueso	Clorita (1), Argilica (1)	mt (0.5), ja (0.5), go (0.5)
1387	Diorita	Grano grueso	Clorita (1)	py (0.5), mt (0.5), go (0.5)
1389	Diorita	Grano grueso	Clorita (1)	mt (0.5)
1391	Lutita	Grano fino	Clorita (1)	py (2), cp (0.5), mt (0.5), go (0.5)
1392	Brecha volcánica	Grano medio	Clorita (2)	py (0.5), cp (0.5), go (0.5), CuMnO (0.5)
1393	Lutita	Grano fino	Clorita (1)	py (0.5), cp (0.5), go (0.5)
1394	Lutita	Grano fino	Clorita (1), Silica (2)	py (0.5), cp (0.5), go (0.5)
1396	Lutita	Grano fino	Silica (2)	go (0.5), CuMnO (0.5)
1398	Brecha piroclástica	Grano medio	Clorita (2), Epidota (1)	py (0.5), mt (0.5), go(0.5)
1399	Lutita	Grano fino	Clorita (1)	py (0.5), go (0.5)

## ANEXO B

**Tabla B 1. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.**

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)	MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)					MINERAL 6			MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLES
1	11					k-ill (3)	ill-smc (3)	mg-ill (3)	kapx (3)	pal (3)					Argílica Intermedia	k-ill,ill-smc,mg-ill,pal
2	12				mg-ill (3,2,2)	ill-smc (3)					femg-ch (2,2)				Argílica Intermedia	mg-ill,ill-smc,femg-ch
3	13			ill-smc (3,3)		hal (3)	mus (3)	cbz (3)	fer(3)						Argílica Intermedia	il-smc,hal,cbz,mus
4	14			kapx(3,3)		mg-ill (3,2)	kawx (3)								Argílica Intermedia	mg-ill,kawx
5	31			vrn (3,3)		phi-ca (3)				hyb (3)		czo (2)		Propilítica interior	vrn,phi-ca,hyb,czo	
6	32	femg-ch (3,3,3)				vrn (3)									Propilítica exterior	femg-ch,vrn
7	33				femg-ch (3,2,2)						stip (2,2)	pal (2)	vrn (1,1,1)	Propilítica exterior	femg-ch,stip,pal,vrn	
8	34			stip(3,3)		vrn(3)					femg-ch (2,1)			Propilítica exterior	stip,vrn,femg-ch	
9	35		femg-ch (2,3,3)			mg-ill (3,2)						k-ill (2)		Argílica Intermedia	femg-ch,mg-ill,k-ill	
10	36	femg-ch (3,3,3)	vrn (3,3,3)											Propilítica exterior	femg-ch,vrn	
11	38			femg-ch (3,3)							fe-ch (2)	rec (2)	kut (2)	Propilítica exterior	femg-ch,rec,fe-ch,kut	
12	39			femg-ch (3,3)							rec (2)	hal (2)	kut (2)	Propilítica exterior	femg-ch,hal,rec,kut	
13	42	ep (3,3,3)				bei (2,3)		mnt (3)						Propilítica interior	ep,bei,mnt	
14	46				femg-ch (1,3,2)	vrn (3,2)						mg-ill (2)		Argílica Intermedia	femg-ch,vrn,mg-ill	
15	47				femg-ch (3,2,2)		kapx (3)				pal (2,2,1)			Propilítica exterior	femg-ch,kapx,pal	
16	48			femg-ch (3,3)		ep (3)	vrn (3)	hal (3)						Propilítica interior	femg-ch,ep,vrn,hal	
17	50			kapx (3,3)		mus (3,2,1)				hal (3)				Filica	kapx,mus,hal	
18	54	phi-ca (3,3,3)				axi (3)		hyb (3)						Propilítica exterior	phi-ca,hyb,axi	
19	55			heu (3,3)		mg-ill (2,3,2)		femg-ch (3,2)						Argílica Intermedia	heu,mg-ill,femg-ch	
20	56				mg-ch (3,2)	clti (3)	heu (3)	phi-ca (3)						Propilítica exterior	mg-ch,phi-ca,heu,clti	
21	77			kawx (3,3)	vrn (3,3)									Argílica	kawx,vrn	
22	104	k-ill (3,3,3)	rec (3,2,3)			gyp(3)								Argílica Intermedia	k-ill,rec,gyp	
23	105			czo (3,3)		femg-ch (3)					mg-ill (2,2)		k-ill (2)	Propilítica interior	czo,femg-ch,mg-ill, k-ill	
24	110	vrn (3,3,3)			stip (3,3)						ca (2,2)			Propilítica exterior	vrn,stip,ca	
25	253		ep (3,1,3)			mnt (3)	femg-ch (3,1)				vrn (2,2)			Propilítica interior	ep,femg-ch,mnt,vrn	

Tabla B 2. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)	MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)				MINERAL 6		MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLAJES		
26	255	femg-ch(3,3,3)									bei (2,2)	mnt (2)	Propilítica exterior	femg-ch,fe-ch,bei,mnt		
27	256				femg-ch (2,2,3)						k-ill (2,2,2)		Argílica Intermedia	femg-ch,k-ill		
28	341										mg-ill (2,2,2)	czo (1,2,2)	Argílica Intermedia* (PI-F)	mg-ill,czo		
29	342										femg-ch (2,2)	has (2)	czo (1,1)	Propilítica exterior*(PI)	femg-ch,has,czo	
30	343	femg-ch (3,3,3)									ep (2,2,2)	pal (2)	mg-ill (2)	fe-sap (2)	Propilítica interior*(AI)	femg-ch,ep,pal,mg-ill,fe-sap
31	351	femg-ch(3,3,3)									mg-ill (2,2,2)		ep (1,1)	Argílica Intermedia*(PI)	femg-ch,mg-ill,ep	
32	352			femg-ch (3,3)										Propilítica exterior	femg-ch	
33	353					phi-ca(3)	cbz (3)	vrn (3)	ill-smc (3)					Argílica Intermedia	phi-ca,cbz,vrn,ill-smc	
34	354	femg-ch (3,3,3)		ep (3,3)	pal (3,2)									Propilítica interior	femg-ch,ep,pal	
35	357			k-ill (3,3)										Argílica Intermedia	k-ill	
36	358	gme (3,3,3)			ill-smc (2,3)					fer (3)				Argílica Intermedia*	gme,ill-smc	
37	359		femg-ch (3,3,2)			mg-ill (3,1)					vrn (2,2)	ep (2,2)		Argílica Intermedia*(PI)	femg-ch,mg-ill,vrn,ep	
38	360			kawx (3,3)			vrn (3)		dol (3)					Argílica	kawx,vrn,dol	
39	361			kawx (3,3)	dol (3,3)							ank (2,1)		Argílica	kawx,dol,ank	
40	362			k-ill (3,3)	pyr (3,3)						dik (2)	kawx (2)		Argílica Avanzada	k-ill,pyr,dik,kawx	
41	363			bei (3,3)		hal (3)	ca (3)	femg-ch (3)						Propilítica exterior	bei,femg-ch,ca,hal	
42	364	mus (3,3,3)			hal (3,3)						kawx (3)			Fílica	mus,hal,kawx	
43	365			k-ill (3,3)	kawx (3,3)	ca (2,3)	ank(3)					dik(2)		Argílica Intermedia*(AR)	kawx,k-ill,ca,ank,dik	
44	366									femg-ch (2,1,1)	mg-ill (2,2)			Argílica Intermedia*(F)	femg-ch,mg-ill	
45	367									ill-smc (2,2,1)	femg-ch (2,2,1)	stip (2)		Argílica Intermedia	femg-ch,ill-smc,stip	
46	368		femg-ch (3,2,3)							mg-ill (2,1)		stip (2)		Argílica Intermedia	femg-ch,mg-ill,stip	
47	369				femg-ch (2,3,2)	mnt (3)					bei (2)			Propilítica exterior	femg-ch,mnt,bei	
48	371		nac (3,3,2)			bei (3)				mnt (3)				Argílica	nac,bei,mnt	
49	372				kapx (2,3)	gme (3)	kawx (3)		dol (3)					Argílica	kapx,gme,dol,kawx	
50	373	mnt (3,3,3)		ep (1,3,3)							femg-ch (2)			Propilítica interior	mnt,ep,femg-ch	



Tabla B 3. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)	MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)				MINERAL 6		MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLAJES
51	374				fe-ch (2,2,3,1)						ill-smc (2)	mnt (1,1)	Argílica Intermedia	fe-ch,ill-smc,mnt
52	375	ca (3,3,3)		kapx (3,3)		bei(3)						smi (1,1,1)	Argílica	ca,kapx,bei,smi
53	377	pal (3,2,3)	fe-sap (3,3,3)			non (3)							Argílica	fe-sap,pal,non
54	378	femg-ch (3,3,3)									mg-ch (2)		Propilítica exterior	femg-ch,mg-ch
55	379	czo (3,3,3)								mus (2,2,2)		phi (1,1)	Propilítica interior*(P-F)	czo,mus,phi
56	380	femg-ch (3,3,3)		ep (3,3)	pal (3,2)								Propilítica interior	femg-ch,ep,pal
57	381			hbl (3,3)									Propilítica exterior	heu,hbl
58	382	phi-ca (3,3,3)		ep (3,3)									Propilítica interior	phi-ca,ep
59	383	phi-ca (3,3,3)		czo (3)		kapx (3)					ep (2)		Propilítica interior	phi-ca,czo,kapx,ep
60	384			hal (3,3)		ca (3)	dol(3)	mus(3)	kawx (3)				Argílica Intermedia*(F?)	hal,kawx,ca,dol,mus
61	385			cbz (3,3)	mg-ill (3,3)			ill-smc (3)			kawx (2,2)		Argílica Intermedia	cbz,mg-ill,ill-smc,kawx
62	386					bei (3)	vrn (3)			cbz (3)			Argílica	vrn,bei,cbz
63	502			hbl (3,3)		mg-ch (3,2)	femg-ch (3)					fr-ac (2)	Propilítica interior	hbl,mg-ch,femg-ch,fr-ac
64	504	czo (3,3,3)		vrn (3,3)							rie (2,1)		Propilítica interior	czo,vrn,rie
65	509				vrn (2,3)	fe-sap (3)					mg-ch (2)		Propilítica exterior	vrn,fe-sap,mg-ch
66	1001				hbl (2,3)			vrn (1,3)			femg-ch (1,2)		Propilítica exterior	hbl,vrn,femg-ch
67	1002	femg-ch (3,3,3)				ca (3)	mg-ch (3)						Propilítica exterior	femg-ch,ca,mg-ch
68	1003		vrn (3,2,3)										Argílica Intermedia	vrn,mg-ill
69	1004	vrn (3,3,3)									mg-ill (2,2,2)		Argílica Intermedia	vrn,mg-ill
70	1005	vrn (3,3,3)									mg-ill (2,2,2)		Argílica Intermedia	vrn,mg-ill
71	1006					vrn (3)	lau (3)				femg-ch (2,1)		Propilítica exterior	vrn,lau,femg-ch
72	1007			heu (3,3)	femg-ch (3,2)	vrn (3)					stip(3)		Propilítica exterior	heu,femg-ch,vrn,stip
73	1008	kapx (3,3,3)				pal (2,3)	vrn (3)	str(3)					Argílica	kapx,pal,vrn,str
74	1010			hal (3,3)		pal (3)	gyp (3)	kapx(3)					Argílica	hal,kapx,pal,gyp
75	1011			lau (3,3)		heu (3)	ca (3)						Propilítica exterior	lau,heu,ca

Tabla B 4. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)	MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)				MINERAL 6			MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLAJES	
76	1012			ca (3,3)				vrn (3)	clti (3)	mus (3)	fe-sap (3)				Propilítica exterior*(AI?)	ca,clti,vrn,mus,fe-sap
77	1013		stip (3,3,3)										to (2)		Argilica	stip,to
78	1015			heu (3,3)				mg-ch (3)	phi-ca (3)					czo (2)	Propilítica interior	heu,phi-ca,mg-ch,czo
79	1016	femg-ch (3,3,3)							ep (3)				fe-ch (2)		Propilítica interior	femg-ch,ep,fe-ch
80	1018			gyp (3,3)				cbz (3)							Argilica	gyp,kawx,cbz
81	1019			ill-smc (3,3)	mg-ill (3,3)			gyp (3)							Argilica Intermedia*(PI)	ill-smc,mg-ill,gyp,czo
82	1101			heu (3,3)				azu (3)	vrn (3)					hbl (2)	Propilítica exterior	heu,vrn,azu,hbl
83	1102	ill-smc (3,3,3)						mg-ill (3)					czo (2,1)	vrn (2)	Argilica Intermedia*(PI)	ill-smc,pal,mg-ill,czo,vrn
84	1103			cbz (3,3)	azu (1,3,2)			heu (3)						ep (2)	Propilítica interior	cbz,azu,heu,ep
85	1104	ep (3,3,3)		femg-ch (3,3)	fe-ch (3,2)									str(2)	Propilítica interior	ep,femg-ch,fe-ch,str
86	1105			lau (3,3)				sap (3)	phi-ca (3)	hyb (3)					Propilítica exterior	lau,phi-ca,sap,hyb
87	1106	phi-ca (3,3,3)				crr (3,2)		hyb (3)							Propilítica exterior	phi-ca,crr,hyb
88	1201			hal (3,3)					mnt (3)					non (2)	Argilica	hal,mnt,non
89	1202			femg-ch (3,3)				stip (3)	ep (3)						Propilítica interior	femg-ch,ep,stip
90	1203	fe-sap (3,3,3)		femg-ch (3,3)				vrn (3)							Propilítica exterior	fe-sap,femg-ch,vrn
91	1204			ep (3,3)								mg-ill (2)	mnt (2)		Propilítica interior	ep,mg-ill,mnt
92	1205				vrn (3,2)	mg-ch (3)		phi-ca (3)							Propilítica exterior	vrn,mg-ch,phi-ca
93	1206	heu (3,3,3)							czo (3)				axi (2)		Propilítica interior	heu,czo,axi
94	1251			czo (3,3)	ep (3,2)	femg-ch (2,3)									Propilítica interior	czo,femg-ch,ep
95	1252			phi-ca (3,3)											Propilítica exterior	phi-ca
96	1253				gyp (3,2)			gme (3)	czo (3)				mus(2)		Propilítica interior	gyp,czo,gme,mus
97	1254			rec (3,3)									femg-ch (2,2,1)	stip (2)	Propilítica exterior	rec,femg-ch,stip
98	1255	vrn (3,3,3)						non (3)	clti (3)				czo (2)	ca(2)	Propilítica exterior*(AI-PI)	vrn,clti,non,ca,czo
99	1256												dol (2)	kapx (2)	Argilica	dol,kapx
100	1257				stip (3,2,2)								kawx (2,2,2)		Propilítica exterior	stip,kawx,femg-ch

Tabla B 5. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)		MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)		MINERAL 4 (3,2)		MINERAL 5 (3)			MINERAL 6			MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLAJES	
101	1258				hal (3,3)			pal (3,2)	bei (3)							Argilica	hal,pal,bei	
102	1259								ill-smc (3)	lau (3)	cbz (3)					Propilítica interior*(AI)	czo,lau,il-smc,cbz	
103	1260								czo (3,1)	mg-ill (3,1)	ep (3)			frr-ac (2)		Propilítica interior	czo,mg-ill,ep,frr-ac	
104	1261								femg-ch (3,1)	heu (3)	har (3)		ep,czo(2)	phl (2)		Propilítica interior*(F?)	femg-ch,heu,har,phl,ep,czo	
105	1262				cbz (3,3)				gme (3)	ja (3)				hm (3)		Propilítica exterior	cbz,gme,ja,hm	
106	1263				ep (3,3,1)			frr-ac (3,2)	mnt (3)							Propilítica interior	ep,frr-ac,mnt	
107	1265								vrn (3)	gme (3)	mnt (3)					Argilica	cry,mnt,vrn,gme	
108	1266				pre (3,3)				vrn (3,1)	cti (3)	to (3)					Propilítica exterior	pre,vrn,cti,to	
109	1267											stip (2,2)	heu (2)		vrn (1,1,1)	czo (1,1)	Propilítica interior	stip,heu,vrn,czo
110	1301	hbl (3,3,3)			mg-ill (3,3)				czo (3)							Argilica Intermedia*(PI)	hbl,mg-ill,czo	
111	1351	femg-ch (3,3,3)							vrn (3,1)				ep (2,2)			Propilítica interior	femg-ch,vrn,ep	
112	1352			femg-ch (3,2,3)				vrn (3,2,2)	fer (3,3)							Propilítica exterior	femg-ch,vrn,fer	
113	1354	femg-ch (3,3,3)							cbz (3)				ep (2)	fer (3)		Propilítica interior	femg-ch,cbz,ep	
114	1355	kawx (3,3,3)	nac (3,3,3)											mus (2)		Argilica Intermedia	nac,kawx,mus	
115	1357								femg-ch (3,1,1)			mg-ill (2,1)	ep (2)	pre (2)		Argilica Intermedia*(PI)	femg-ch,mg-ill,ep,pre	
116	1358	vrn (3,3,3)			ill-smc (3,3)				mg-ill (3)					fe-ch (2,2,2)		Argilica Intermedia	vrn,ill-smc,mg-ill,fe-ch	
117	1359	femg-ch (3,3,3)												ep (2,2)		Propilítica interior	femg-ch,ep	
118	1360	lau (3,3,3)			vrn (3,3)				crr (3)					czo (2,2)		Propilítica exterior*(PI)	lau,vrn,crr,czo	
119	1361	heu (3,3)			ep (3,3)		hbl (3,2)		phi-ca (3)							Propilítica interior	heu,ep,hbl,phi-ca	
120	1362	heu (3,3,3)		hbl (3,2,3)					ep (3)							Propilítica interior	heu,hbl,ep	
121	1363				czo (3,3)	heu (3,3)			stip (3)							Propilítica interior	heu,czo,stip	
122	1364					heu (3,3)			czo (3)			femg-ch (2,2,2)				Propilítica interior	heu,czo,femg-ch	
123	1365	heu (3,3,3)						ep (3,2,2)								Propilítica interior*(AI-F)	heu, ep	
124	1366	ill-smc (3,3,3)					mus (3,2)		hal (3)							Argilica Intermedia	ill-smc,mus,hal	

**Tabla B 6. Ensamblajes de minerales y datos registrados del equipo TerraSpec Halo.**

#	n SAMPLE	MINERAL 1 (3,3,3)		MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)		MINERAL 5 (3)				MINERAL 6			MINERAL 7	ALTERACIÓN	ENSAMBLAJES
126	1368							femg-ch (3,1)		ep (3)	heu (3)					Propilitica interior	femg-ch,ep,heu
127	1369											femg-ch (2,2,2)	kapx (2)		hyb (1,1)	Propilitica exterior	femg-ch,kapx,hyb
128	1371			vrn (3,3,2)				stip (3)					mg-ill (2,2)			Argilica Intermedia	vrn,stip,mg-ill
129	1372				kapx (3,3)			ill-smc (3)	pal (3)					vrn (2,2,1)		Argilica Intermedia	kapx,pal,ill-smc,vrn
130	1373	hbl (3,3,3)						ill-smc (3)	bio (3)							Argilica Intermedia	hbl,bio,ill-smc
131	1374	mg-ill (3,3,3)	femg-ch (3,3,3)										rie (2,2,2)			Argilica Intermedia	femg-ch,mg-ill,rie
132	1375							hal (3)	bei (3)				Kawx (2)	mg-ill (2)		Argilica*(Al)	hal,bei,kawx,mg-ill
133	1376							cbz (3)					mg-ill (2,1)	mnt (2)		Argilica Intermedia	cbz,mg-ill,mnt
134	1377							kawx (3)					cbz (2)			Argilica*	kawx,cbz
135	1378				bei (3,3)			kawx (3)	ill-smc (3)							Argilica*(Al)	bei,kawx,ill-smc
136	1379	kawx (3,3,3)						mus (3)	k-ill (3)	mg-ill(3)	ill-smc (3)					Argilica Intermedia*(AR-F)	kawx,mus,k-ill,ill-smc,mg-ill
137	1381			femg-ch (3,1,3)									ep (2)	czo (2)		Propilitica interior	femg-ch,ep,czo
138	1382					femg-ch (3,2)		ep (3)					vrn (2,2)	fe-ch (1,2)		Propilitica interior	femg-ch,ep,vrn,fe-ch
139	1383				dik (3,3)			rec (3)	kawx (3)							Argilica	dik,rec,kawx
140	1384	heu (3,3,3)					femg-ch (3,2)	hbl (3)	vrn (3)							Propilitica exterior	heu,femg-ch,hbl,vrn
141	1385												stip (2,2,2)		ep (1,1)	Propilitica interior	stip,ep
142	1386	bei (3,3,3)			cbz (3,3)			gme (3)								Propilitica exterior	bei,cbz,gme
143	1387					vrn (2,2,3)			ill-smc (3)				mg-ill (1,2)			Argilica Intermedia	vrn,ill-smc,mg-ill
144	1389		vrn (3,3,3)										pal (2)	hbl (2)		Argilica*(PE)	vrn,pal,hbl
145	1391	hbl (3,3,3)										ep (1,2)	mg-ill (2)	rec (2)		Propilitica interior	hbl,ep,mg-ill,rec
146	1392	femg-ch (3,3,3)	ep (3,3,3)										pal (2,2,2)			Propilitica interior	femg-ch,ep,pal
147	1393					femg-ch (2,2,3)							mg-ill (1,2)	mus (2)	ep (1,1)	Argilica Intermedia*(F?-PI)	femg-ch,mg-ill,mus,ep
148	1394					fe-ch (3,1,2)	mar (3,2)							k-ill (2)		Argilica Intermedia	fe-ch,mar,k-ill
149	1396	femg-ch (3,2,3)			mus (3,3)									k-ill (2)		Argilica Intermedia*(F?)	femg-ch,mus,k-ill
150	1398					vrn (2,3)						mg-ill (3)	ca (2)	ep (2)		Argilica Intermedia*(PI)	femg-ch,vrn,mg-ill,ca,ep
151	1399	femg-ch (3,3,3)				vrn (2,3)							bio (2)	fe-sap (2)		Propilitica exterior	femg-ch,vrn,bio,fe-sap

ank:ankerita; axi:axinita; azu:azurita; bei:beidelita; bio:biotita; ca:calcita; cbz:cabasita; cli:clinoptilolita; cr:corrensita; czo:clinozoisita; dik:dickita; dol:dolomita; ep:epidota; fe-ch:clorito ferroso; femg-ch:clorita ferromagnésica; fer:ferrihidrita; fe-sap:ferrosaponita; frro-ac:ferroactinolita; gme:gmelinita-na; gyp:yeso; hal:halloysita; har:harmotoma; has:hastingsita; hbl:hornblenda; heu:heulandita; hyb:hidrobiotita; ill-smc:illita/esmectita; ja:jarosita; kapx:caolinita px; kawx:caolinita wx; k-ill:illita potásica; lau:laumontita; mg-ch:clorito de magnesio; mg-ill:illita magnésica; mnt:montmorillonita; mus:moscovita; nac:nacrita; non:nontronita; pal:palygorskita; phi-ca:phillipsita-ca; phl:flogopita; pre:prehnita; pyr:pirofilita; rec:rectorita; rie:riebeckita; sap:saponita; smi:smithsonita; stip:estilpnomelana; str:estroncianita; to:turalina; vrn:vermiculita

## ANEXO C

**Tabla C 1. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

n SAMPLE	AOI	LITOLÓGÍA	TEXTURAS	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
1351	1	Diorita	Grano fino	Clorita (2), Epidota (2)	Trazas de pirita
1355	1	Brecha Hidrotermal?	Grano grueso	Sericítico (1), Arcilla (3)	N/A
1357	1	Diorita	Grano grueso	Clorita (2), Epidota (1)	N/A
1359	1	Diorita	Grano grueso	Clorita (2), Epidota (1)	py (0.1), trazas de pirita
1372	1	Pórfido Hornbléndico	Porfídico	Arcilla (3), Silica (3)	py (1), ja (1) , pirita diseminada
1373	1	Andesita	Grano fino	Clorita (1), Epidota (1)	py (0.5)
1383	1	Diorita	Fanerítico	Arcilla (3), Silica (1)	py (2), diseminado, go (0.5), hm (0.5), CuMnO (0.5)
1386	1	Diorita	Grano grueso	Clorita (1), Argilica (1)	mt (0.5), ja (0.5), go (0.5)
1387	1	Diorita	Grano grueso	Clorita (1)	py (0.5), mt (0.5), go (0.5)
1389	1	Diorita	Grano grueso	Clorita (1)	mt (0.5)
12	2	Brecha hidrotermal?	Fragmental	Sericita (1), Silica (3)	py (1.0), cp (0.5), Bornita (0.5)
48	2	Diorita	Grano medio	Clorita (1), Epidota (1)	py (0.5), cp (0.5), mt (0.5), Cu nativo, go (1.0), hm (1.0), pirita y calcopirita diseminada
50	2	Brecha Hidrotermal?	Laminado	Sericita (2), Arcilla (2)	py (0.5), pirita diseminada
104	3	Diorita	Grano fino	Clorita (1), Carbonatos (2), Arcilla (1), Sericita (1), Magnetita (1)	py (0.5), pirita diseminada
105	3	Diorita	Grano fino	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	py (0.5), pirita diseminada
256	3	Diorita	Grano medio	Clorita (2), Epidota (1)	cp (0.1), Cu nativo, calcopirita diseminada
341	3	Monzonita	Porfídico	Clorita (1)	py (0.5), mt (0.5), pirita diseminada
342	3	Monzonita	Fanerítico	Clorita (1)	py (0.5), mt (0.5), pirita diseminada
351	3	Monzonita	Grano Medio	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	py (0.5), cp (0.5), diseminados
352	3	Monzonita	Grano Medio	Clorita (2), Epidotas (2) Carbonatos (1), Magnetita (1)	py (0.5), cp (0.5), diseminados
353	3	Vetas de cuarzo			py (1), sulfuros gris (0.5), pirita y sulfuros gris diseminados
361	3	Brecha Freatomagmática?		Carbonatos (2), Arcilla (2)	py (1), sulfuros gris (0.5), pirita diseminada
363	3	Monzonita	Grano Medio	Clorita (3), Carbonatos (2)	py (0.5), pirita diseminada, carbonatos en vetillas
364	3	Brecha Freatomagmática?	Grano fino	Clorita (1), Carbonatos (1), Sericita (2), Arcilla (1)	py (1), diseminada

**Tabla C 2. Plantilla de muestras de rocas de interés de la concesión Amadores.**

N SAMPLE	AOI	LITOLÓGÍA	TEXTURAS	ALTERACIONES	MINERALIZACIÓN
379	3	Diorita	Grano medio	Clorita (2)	py (0.5), cp (0.5) diseminados, mt (1.0)
380	3	Diorita	Grano medio	Clorita (1), Arcilla (2)	hm (1.0)
54	4	Andesita	Grano medio	Clorita (1), Magnetita (1)	Vetillas de pirita
56	4	Andesita	Grano fino	Clorita (3), Epidota (1), Magnetita (1)	hm (1.0), Vetillas de: hematita, cuarzo, cuarzo-pirita, epidota-cuarzo-pirita
77	4	Porfido dacítico	Grano fino	Clorita (1), Sericita (2)	py (1), sulfuro gris (0.5)
357	4	Cuarzo diorita	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1), Sericita (1)	Py (0.5), cp (0.5), diseminados
358	4	Vetas de cuarzo			Py (2), cp (1), Mo (0.5), Gn (0.5), esfalerita (0.5) py ds /cp ds Gn ds Mo ds
362	4	Porfido dacítico	Grano medio	Clorita (1), Carbonatos (1), Sericita (2), Arcilla (1)	py (1.5), diseminada
384	4	Brecha Hidrotermal clasto soportado	Fragmental	Carbonatos (1), Arcilla (1)	py (1) diseminada y venillas, Sulfuros gris (0.5), Magnetita (0.5), hm (2.0), go (1.0)
385	4	Diorita	Grano medio	Clorita (2), Carbonatos (1)	py (1) diseminada, Hm (3.0), fer (1.0), go (1.0), mt (1)
386	4	Vetas de cuarzo	Masivo		py (2.0), en trazas
502	4	Diorita	Grano grueso	Clorita (1), Epidota (1), Carbonatos (1), Biotita (2)	Pirita (2.0), diseminada y vetillas
504	4	Diorita	Grano grueso	Clorita (3), Epidota (2), Carbonatos (1)	hm (1.0)
509	4	Andesita	Grano fino		
1001	4	Diorita	Fanerítica	Clorita (1), Epidota (1), Magnetita (1)	Magnetita diseminada
1004	4	Andesita	Afanítica	Clorita (1), Carbonático (2), Magnetita (2)	carbonato diseminado, carbonato en vetillas, Magnetita diseminada
1006	4	Andesita	Afanítica	Clorita (1), Carbonático (1), Magnetita (2)	Carbonato diseminado, carbonato en vetillas, magnetita diseminada
1007	4	Andesita	Afanítica	Clorita (2), Carbonático (2), Magnetita (1)	py (0.5), Pirita en vetillas, carbonato en vetillas, carbonato diseminado, hematita en vetilla, Magnetita diseminada
1258	4	Andesita	Inequigranular	Carbonático (1)	Venillas de carbonato, ja (1), hm (1)
1260	4	Diorita	Inequigranular	Clorita (1), Epidota (1)	Py (1), cp (0.5) diseminados, hm (0.5)
1261	4	Diorita	Inequigranular	Clorita (1), Epidota (1)	Py (1) diseminada y vetillas, hm (0.5)
1262	4	Vetas de cuarzo	Masivo		py (1), cp (0.5) diseminados, ja (0.5)
1263	4	Diorita	Inequigranular	Clorita (2), Epidota (1), Carbonático (1)	py (1), cp (0.5) diseminados, go (0.5)
1301	4	Cuarzo diorita	Fanerítica	Clorita (2), Epidota (1), Biotita (2), Magnetita (3)	py (2), pirita diseminada y venillas

# ANEXO D

Tabla D 1. Ensamblas minerales de las áreas de interés

n SAMPLE	AOI	MINERAL 1 (3,3,3)		MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)				MINERAL 6			MINERAL 7	Alteración	Ensamblas	
1351	1	femg-ch (3,3,3)						vrn (3,1)					ep (2,2)			Propilitica interior	femg-ch,vrn,ep
1355	1	kawx (3,3,3)	nac (3,3,3)											mus (2)		Argilica Intermedia	nac,kawx,mus
1357	1							femg-ch (3,1,1)					mg-ill (2,1)	ep (2)	pre (2)	Argilica Intermedia*(PI)	femg-ch,mg-ill,ep,pre
1359	1	femg-ch (3,3,3)												ep (2,2)		Propilitica interior	femg-ch,ep
1372	1				kapx (3,3)			ill-smc (3)	pal (3)					vrn (2,2,1)		Argilica Intermedia	kapx,pal,ill-smc,vrn
1373	1	hbl (3,3,3)						ill-smc (3)	bio (3)							Argilica Intermedia	hbl,bio,ill-smc
1383	1				dik (3,3)			rec (3)	kawx (3)							Argilica	dik,rec,kawx
1386	1	bei (3,3,3)			cbz (3,3)			gme (3)								Propilitica exterior	bei,cbz,gme
1387	1					vrn (2,2,3)		ill-smc (3)					mg-ill (1,2)			Argilica Intermedia	vrn,ill-smc,mg-ill
1389	1		vrn (3,3,3)										pal (2)	hbl (2)		Argilica*(PE)	vrn,pal,hbl
12	2					mg-ill (3,2,2)		ill-smc (3)					femg-ch (2,2)			Argilica Intermedia	mg-ill,ill-smc,femg-ch
48	2				femg-ch (3,3)			ep (3)	vrn (3)	hal (3)						Propilitica interior	femg-ch,ep,vrn,hal
50	2				kapx (3,3)		mus (3,2,1)				hal (3)					Filica	kapx,mus,hal
104	3	k-ill (3,3,3)		rec (3,2,3)				gyp(3)								Argilica Intermedia	k-ill,rec,gyp
105	3				czo (3,3)			femg-ch (3)					mg-ill (2,2)	k-ill (2)		Propilitica interior	czo,femg-ch,mg-ill,k-ill
256	3					femg-ch (2,2,3)							k-ill (2,2,2)			Argilica Intermedia	femg-ch,k-ill
341	3												mg-ill (2,2,2)	czo (1,2,2)		Argilica Intermedia*(PI-F)	mg-ill,czo
342	3												femg-ch (2,2)	has (2)	czo (1,1)	Propilitica exterior*(PI)	femg-ch,has,czo
351	3	femg-ch(3,3,3)											mg-ill (2,2,2)		ep (1,1)	Argilica Intermedia*(PI)	femg-ch,mg-ill,ep
352	3				femg-ch (3,3)											Propilitica exterior	femg-ch
353	3							phi-ca(3)	cbz (3)	vrn (3)	ill-smc (3)					Argilica Intermedia	phi-ca,cbz,vrn,ill-smc
361	3				kawx (3,3)	dol (3,3)									ank (2,1)	Argilica	kawx,dol,ank
363	3				bei (3,3)			hal (3)	ca (3)	femg-ch (3)						Propilitica exterior	bei,femg-ch,ca,hal
364	3	mus (3,3,3)				hal (3,3)						kawx (3)				Filica	mus,hal,kawx

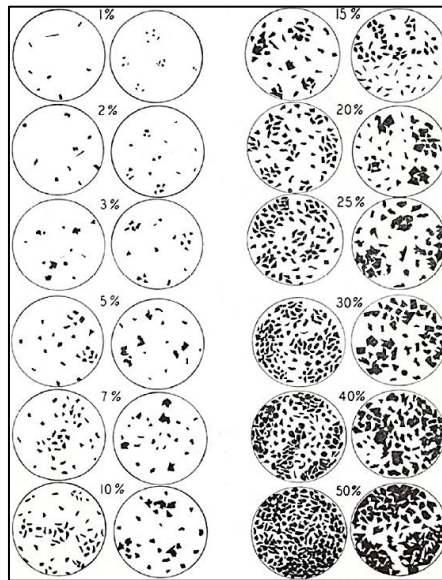
Tabla D 2. Ensamblas minerales de las áreas de interés

n SAMPL E	AOI	MINERAL 1 (3,3,3)	MINERAL 2 (3,3,2)	MINERAL 3 (3,3)	MINERAL 4 (3,2)	MINERAL 5 (3)				MINERAL 6		MINERAL 7	Alteración	Ensamblas	
379	3	czo (3,3,3)									mus (2,2,2)		phl (1,1)	Propilítica interior*(P-F)	czo,mus,phl
380	3	femg-ch (3,3,3)		ep (3,3)	pal (3,2)									Propilítica interior	femg-ch,ep,pal
54	4	phi-ca (3,3,3)				axi (3)		hyb (3)						Propilítica exterior	phi-ca,hyb,axi
56	4				mg-ch (3,2)	clti (3)	heu (3)	phi-ca (3)						Propilítica exterior	mg-ch,phi-ca,heu,clti
77	4			kawx (3,3)	vrn (3,3)									Argílica	kawx,vrn
357	4			k-ill (3,3)										Argílica Intermedia	k-ill
358	4	gme (3,3,3)			ill-smc (2,3)					fer (3)				Argílica Intermedia*	gme,ill-smc
362	4			k-ill (3,3)	pyr (3,3)						dik (2)	kawx (2)		Argílica Avanzada	k-ill,pyr,dik,kawx
384	4			hal (3,3)		ca (3)	dol(3)	mus(3)	kawx (3)					Argílica Intermedia* (F?)	hal,kawx,ca,dol,mus
385	4			cbz (3,3)	mg-ill (3,3)			ill-smc (3)			kawx (2,2)			Argílica Intermedia	cbz,mg-ill,ill-smc,kawx,
386	4					bei (3)	vrn (3)			cbz (3)				Argílica	vrn,bei,cbz
502	4			hbl (3,3)		mg-ch (3,2)	femg-ch (3)						frr-ac (2)	Propilítica interior	hbl,mg-ch,femg-ch,frr-ac
504	4	czo (3,3,3)		vrn (3,3)							rie (2,1)			Propilítica interior	czo,vrn,rie
509	4				vrn (2,3)		fe-sap (3)				mg-ch (2)			Propilítica exterior	vrn,fe-sap,mg-ch
1001	4				hbl (2,3)			vrn (1,3)			femg-ch (1,2)			Propilítica exterior	hbl,vrn,femg-ch
1004	4	vrn (3,3,3)									mg-ill (2,2,2)			Argílica Intermedia	vrn,mg-ill
1006	4						vrn (3)	lau (3)			femg-ch (2,1)			Propilítica exterior	vrn,lau,femg-ch
1007	4			heu (3,3)	femg-ch (3,2)		vrn (3)					stip(3)		Propilítica exterior	heu,femg-ch,vrn,stip
1258	4			hal (3,3)		pal (3,2)	bei (3)							Argílica	hal,pal,bei
1260	4						czo (3,1)	mg-ill (3,1)	ep (3)				frr-ac (2)	Propilítica interior	czo,mg-ill,ep,frr-ac
1261	4							femg-ch (3,1)	heu (3)	har (3)		ep,czo(2)	phl (2)	Propilítica interior*(F?)	femg-ch,heu,har,phl,ep,czo
1262	4			cbz (3,3)			gme (3)	ja (3)				hm (3)		Propilítica exterior	cbz,gme,ja,hm
1263	4			ep (3,3,1)		frr-ac (3,2)	mnt (3)							Propilítica interior	ep,frr-ac,mnt
1301	4	hbl (3,3,3)		mg-ill (3,3)			czo (3)							Argílica Intermedia*(PI)	hbl,mg-ill,czo

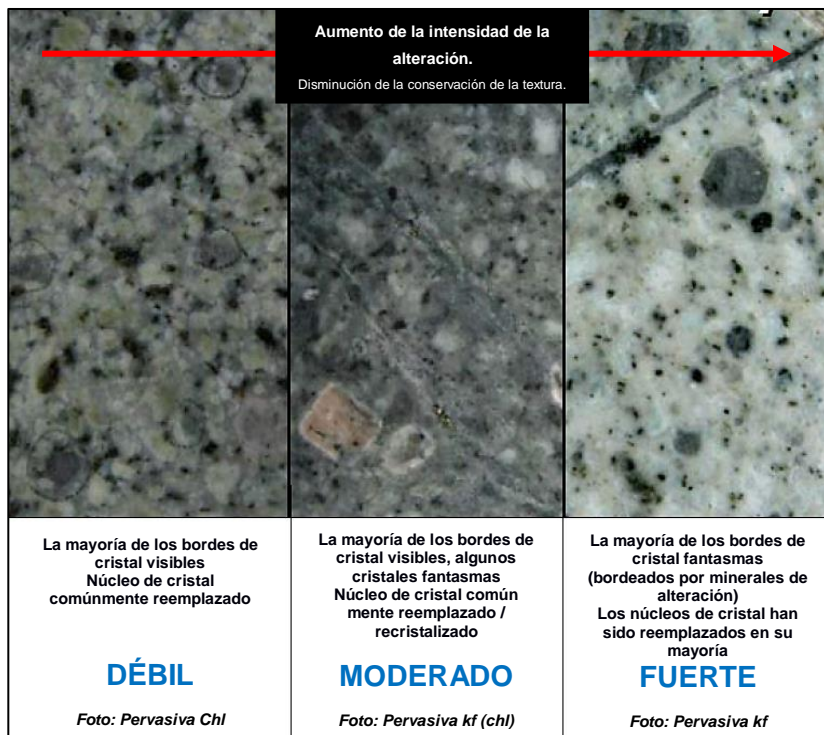
ank:ankerita; axi:axinita; azu:azurita; bei:beidilita; bio:biotita; ca:calcita; cbz:cabasita; clti:clinoptilolita; crr:corrensita; czo:clinozoisita; dik:dickita; dol:dolomita; ep:epidota; fe-ch:clorito ferroso; femg-ch:clorita ferromagnésica; fer:ferrhidrita; fe-sap:ferrosaponita; frr-ac:ferroactinolita; gme:gmelinina-na; gyp:yeso; hal:halloysita; har:harmotoma; has:hastingsita; hbl:hornblenda; heu:heulandita; hyb:hidrobotita; ill-smc:illita/esmectita; ja:jarosita; kapx:caolinita px; kawx:caolinita wx; k-ill:illita potásica; lau:laumontita; mg-ch:clorito de magnesio; mg-ill:illita magnésica; mnt:montmorillonita; mus:moscovita; nac:nacrita; non:nontronita; pal:palygorskita; phi-ca:phillipsita-ca; phl:flogopita; pre:prehnita; pyr:pirofilita; rec:rectorita; rie:riebeckita; sap:saponita; smi:smithsonita; stip:estilpnomelana; str:estroncianita; to:turmalina; vrn:vermiculita



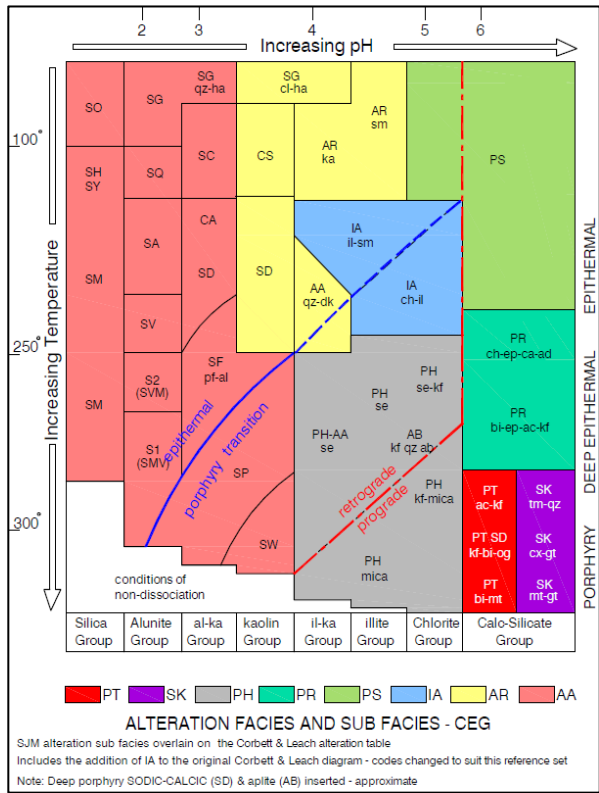
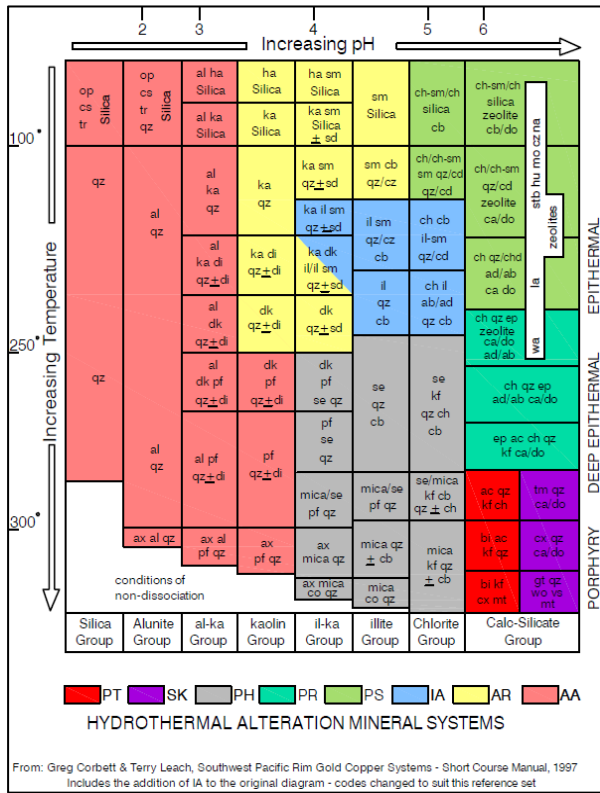
## ANEXO E



E 1. Carta de porcentajes empleados para ocurrencia mineral. [Fuente: (Meldrum, 2017)]



E 2. Parámetros del grado de alteración empleado para las alteraciones in visu de las muestras de roca. [Fuente:(Cooke, n.d.)]



### ALTERATION FACIES (AFAC)

#### Principal Facies

- PS sub propylitic
- PR propylitic
- PT potassic
- PH phyllic
- IA intermediate argillic
- AR argillic
- AA advanced argillic
- SK skarn

#### ALT MINERALS (AMIN)

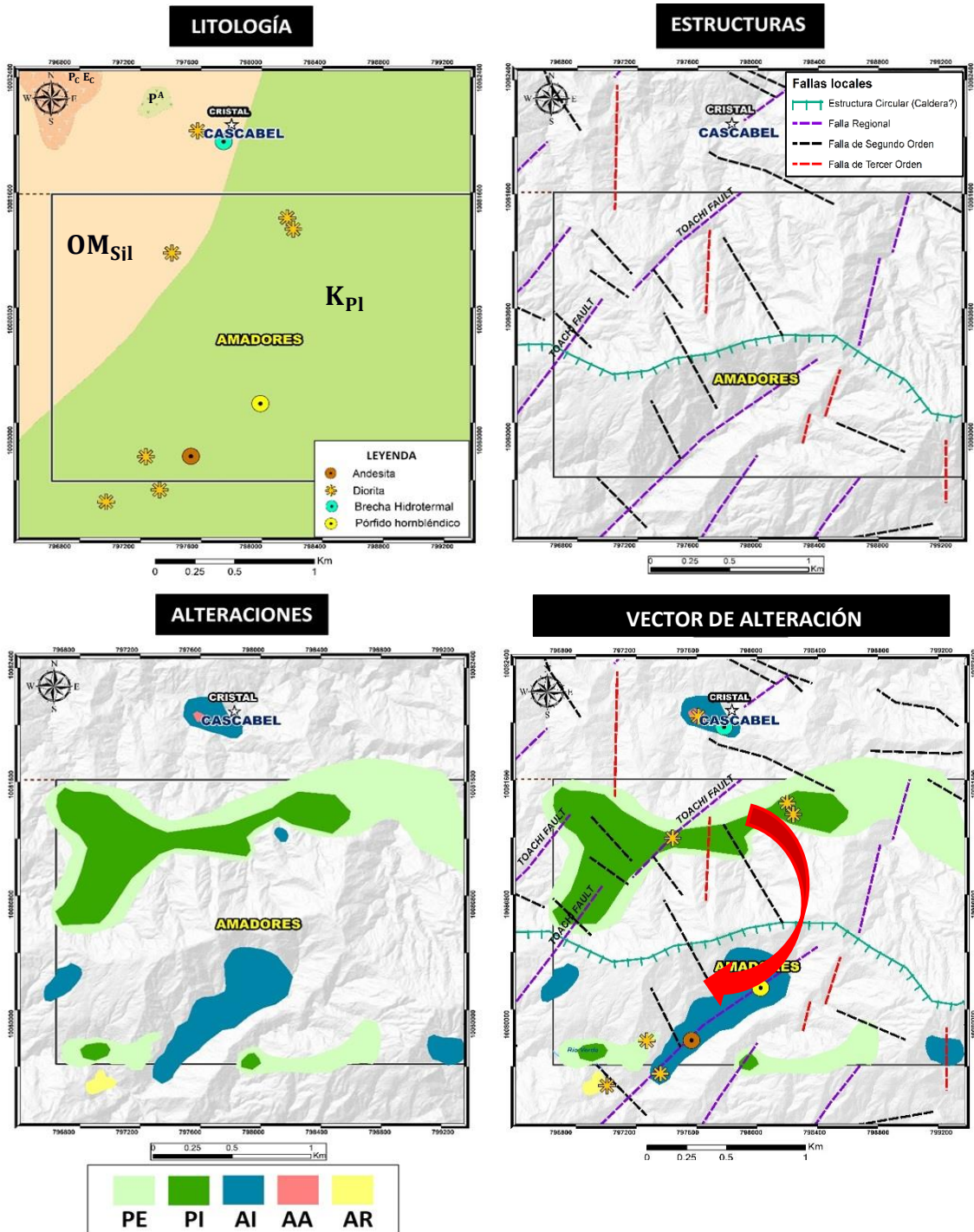
- ab albite
- ac actinolite
- ad adularia
- al alunite
- ax andalusite
- bi biotite
- ca calcite
- cb carbonate
- chd chalcedony
- ch chlorite
- co corundum
- cs cristobalite
- cx clinopyroxene
- cz chabazite
- do dolomite
- dk dickite
- ep epidote
- gt garnet
- ha halloysite
- hu heulandite
- il illite
- ka kaolinite
- kf k-spar
- la laumontite
- mo mordenite
- mt magnetite
- na natrolite
- op opaline silica
- pf pyrophyllite
- qz quartz
- se sericite
- sd siderite
- sm smectite
- stb stilbite
- tm tremolite
- to tourmaline
- tr tridymite
- vs vesuvianite
- wo wollastonite

#### AA - acid sulphate facies

- SO silica opaline
- SM silica massive
- S1 silica mas vuggy
- S2 silica vuggy mas
- SV silica vuggy
- SG silica granular
- SA silica alunite
- SC silica clay
- CS clay silica
- CA clay alunite
- SP silica patchy
- SW silica wormy
- SH chalcedonic sil
- SY creamy silica
- SF silica pyrophyllite
- SD silica diaspore

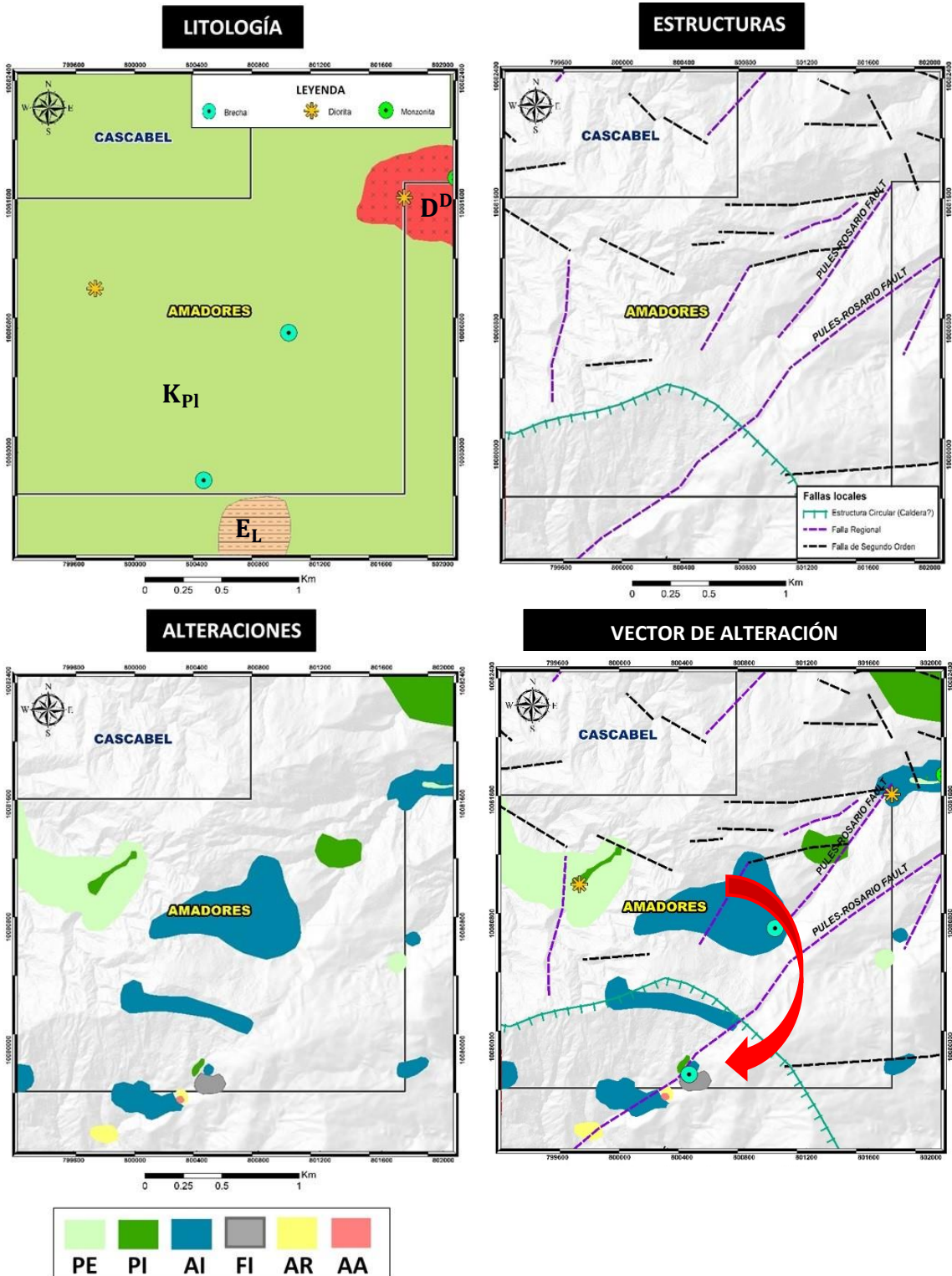
**E 3. Resumen de los minerales de alteración hidrotermal comunes. [Fuente: (Meldrum, 2017) ]**

# ANEXO F



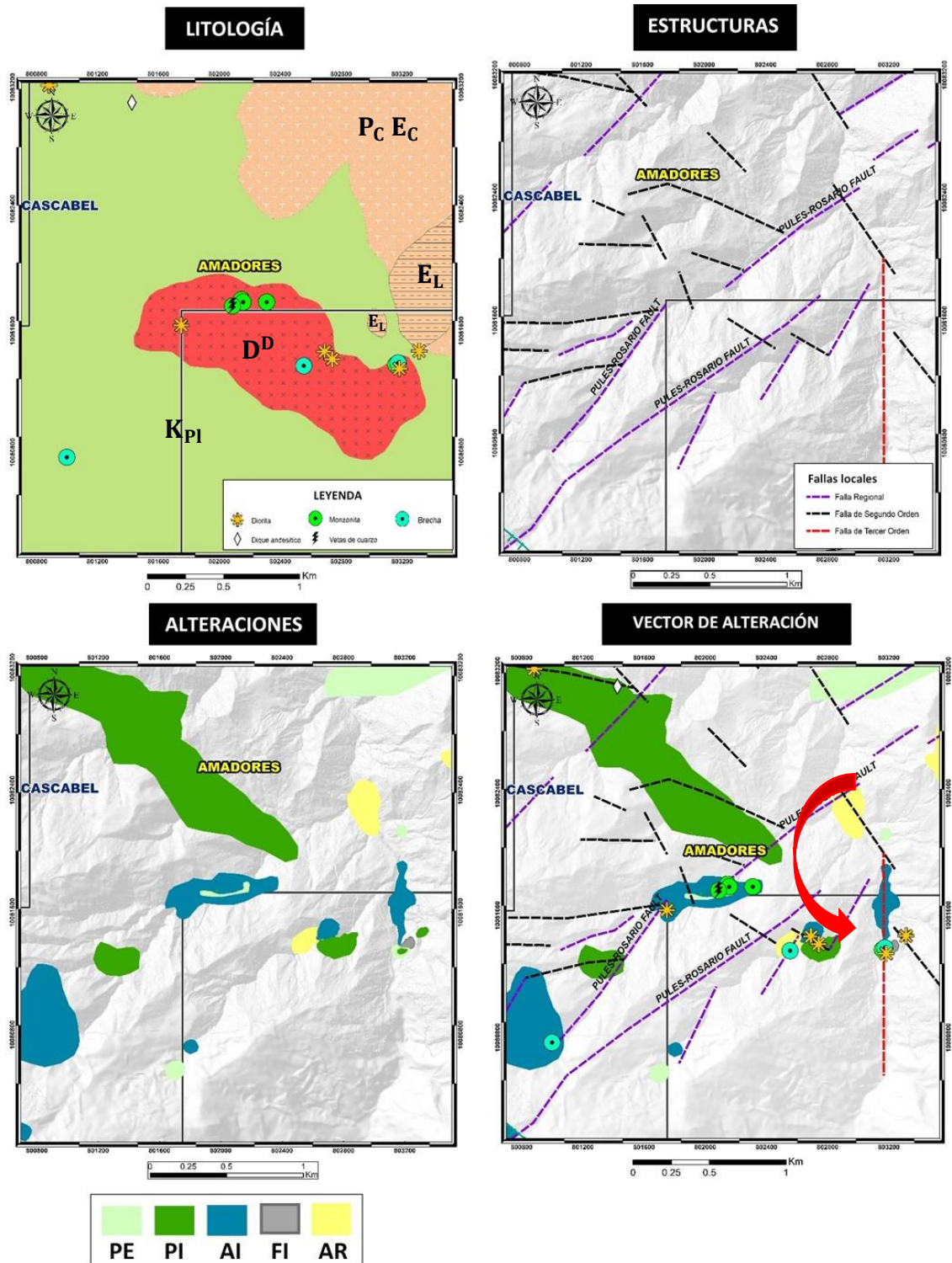
**Alteraciones:** AR:Argílica, AA:Argílica Avanzada, AI:Argílica Intermedia, PE:Propilítica Exterior, PI:Propilítica Interior; **Litología:**  $P^A$ : Pórfido Andesítico,  $P_C E_C$ : Unidad Collapi (Paleoceno-Eoceno),  $K_{Pl}$ : Unidad Pilatón (Cretácico),  $OM_{Sil}$ : Unidad San Juan de Lachas (Oligoceno-Mioceno).

F 1. Área de interés #01 de la concesión Amadores.



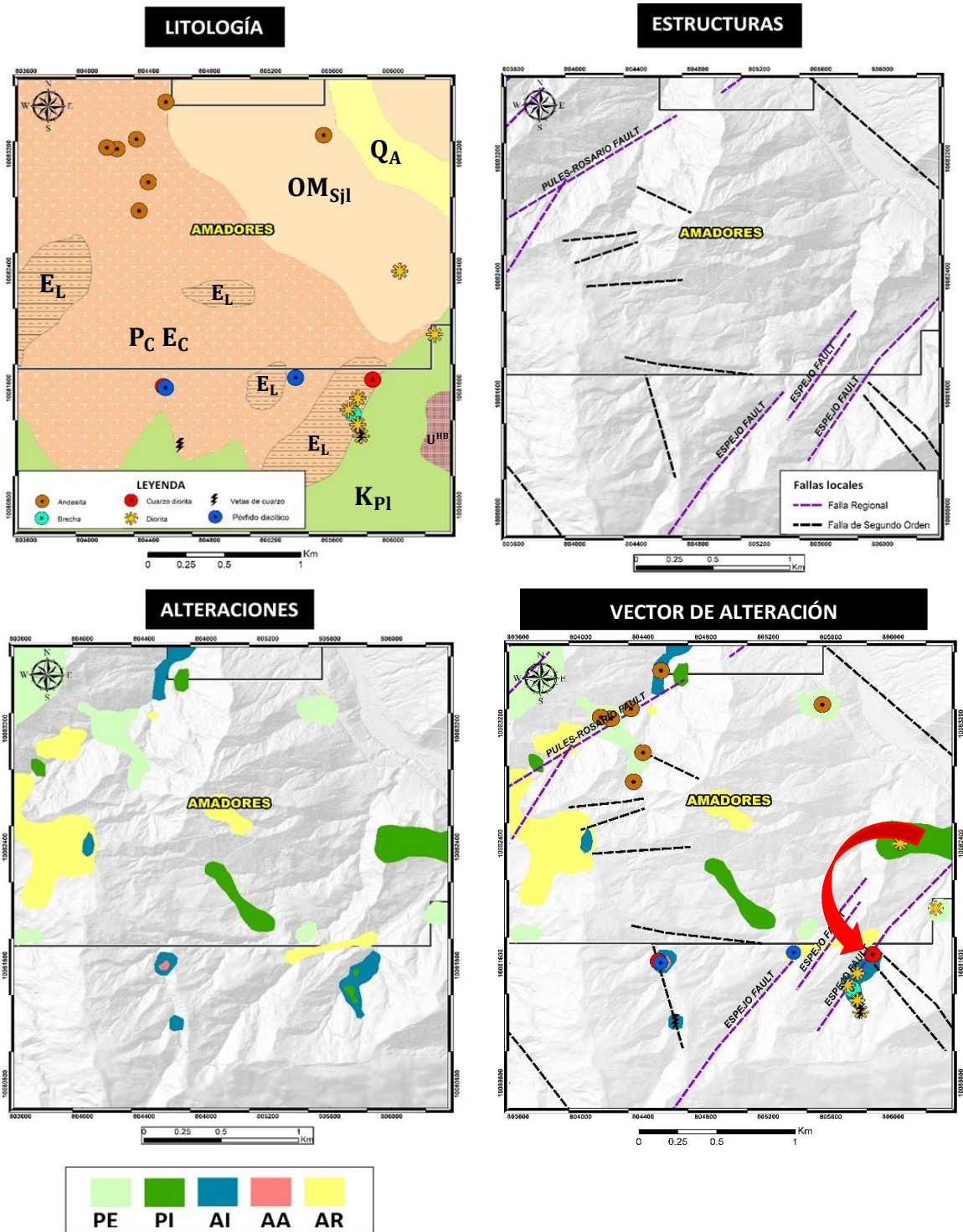
**Alteraciones:** AR:Argílica, AA:Argílica Avanzada, AI:Argílica Intermedia, FI:Fílica, PE:Propilítica Exterior, PI:Propilítica Interior; **Litología:**  $D^D$ : Diorita,  $E_L$ : Unidad El Laurel (Eoceno),  $K_{PI}$ : Unidad Pilatón (Cretácico).

**F 2. Área de interés #02 de la concesión Amadores**



**Alteraciones:** AR:Argílica, AI:Argílica Intermedia, FI:Fílica , PE:Propilítica Exterior, PI:Propilítica Interior;  
**Litología:**  $P_C E_C$ : Unidad Collapi (Paleoceno-Eoceno),  $D^D$ : Diorita,  $E_L$ : Unidad El Laurel (Eoceno),  $K_{PI}$ : Unidad Pilatón (Cretácico).

**F 3. Área de interés #03 de la concesión Amadores**



**Alteraciones:** AA:Argílica Avanzada, AI:Argílica Intermedia, AR:Argílica, PE:Propilítica Exterior, PI:Propilítica Interior; **Litología:**  $Q_A$ :Depósito Aluvial (Cuaternario),  $P_C E_C$ : Unidad Collapi (Paleoceno-Eoceno),  $E_L$ : Unidad El Laurel (Eoceno),  $U^{HB}$ : Hornblendita,  $K_{Pl}$ : Unidad Pilatón (Cretácico),  $OM_{SjI}$ : Unidad San Juan de Lachas (Oligoceno-Mioceno).

**F 4. Área de interés #04 de la concesión Amadores**