

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y  
METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y OCURRENCIA DE  
MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO VERÓNICA, TAYABAMBA –**

**LA LIBERTAD**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**AMIDEY ARGOTE VALERO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS**

**PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y OCURRENCIA DE  
MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO VERÓNICA,  
TAYABAMBA – LA LIBERTAD**

**PRESENTADA POR:**

**AMIDEY ARGOTE VALERO**

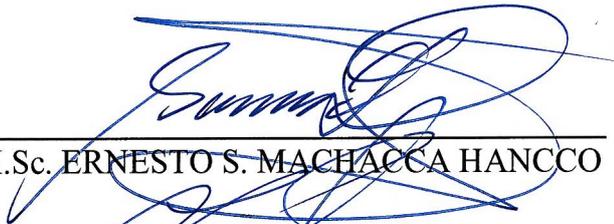
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

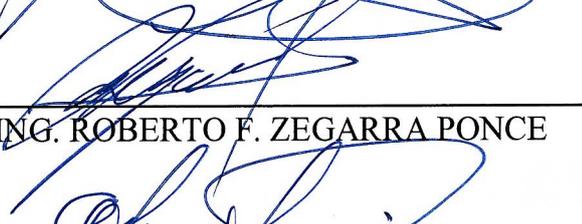


**APROBADA POR:**

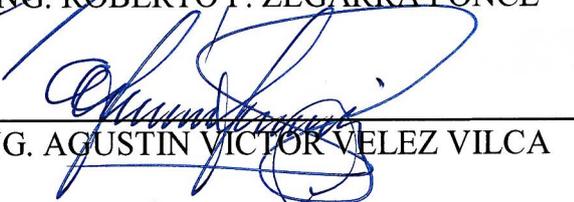
**PRESIDENTE:**

  
M.Sc. ERNESTO S. MACHACCA HANCCO

**PRIMER MIEMBRO:**

  
ING. ROBERTO F. ZEGARRA PONCE

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
ING. AGUSTIN VÍCTOR VELEZ VILCA

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
ING. LUIS VICENTE ORTIZ GALLEGOS

**ÁREA: GEOLOGÍA REGIONAL**  
**TEMA: PROSPECCIÓN GEOLÓGICA**

**Fecha de Sustentación: 17 de Julio de 2019**

## DEDICATORIA

A Dios, por convertirme en quien soy, iluminando mis pasos a lo largo de mi vida social y académica, por acompañarme en los pequeños logros que hacen tan grande mi vida.

A mis padres, por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban en mi avance y desarrollo, por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron, lo que ahora se refleja en mí, una formación ética y moral.

A mis hermanos y hermanas por ser ejemplo de superación y quienes me brindaron su apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa MARSA quien me dio la oportunidad de comenzar mi etapa laboral, brindándome compañeros de trabajo con actitudes admirables.

A mi tío Pedro Valero, quien abrió puertas para seguir continuando mi desarrollo profesional lo que favorece grandemente en mi etapa laboral.

A mis amigos ingenieros geólogos: Willy López, Luis Rodríguez, Fredy Cerrón, William Martínez, Julio Martínez, Delvis Velarde y Jesús Torero, por compartir sus experiencias.

Al Ingeniero Luis Ortiz como asesor de tesis y a mis jurados, por sus valiosas ideas, aportes en la revisión, corrección y sugerencias dirigidas a mejorar el siguiente trabajo de tesis.

A todos los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Altiplano - Puno, por haberme brindado sus enseñanzas.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	ix
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN.....	5

2.2 PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS.....	5
2.2.1 PROCESOS ENDÓGENOS.....	5
2.2.2 PROCESOS EXÓGENOS.....	6
2.2.3 PROCESOS BIÓTICOS Y ANTRÓPICOS.....	6
2.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	7
2.3.1 FACTORES GEOMORFOLÓGICOS.....	7
2.3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	8
2.4 GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
2.4.1 NEOPROTEROZOICO.....	12
2.4.2 PALEOZOICO INFERIOR.....	13
2.4.3 PALEOZOICO SUPERIOR.....	15
2.4.4 MESOZOICO.....	19
2.4.5 CRETÁCEO INFERIOR.....	20
2.4.6 CRETÁCEO SUPERIOR.....	20
2.4.7 ROCAS INTRUSIVAS.....	21
2.5 MARCO TECTÓNICO.....	22
2.5.1 FASE BRASÍLIDA.....	23
2.5.2 FASE EOHERCÍNICA.....	24
2.5.3 FASE FINIHERCINIANA.....	24
2.5.4 FASE NEVADIANA.....	25
2.5.5 FASE PERUANA.....	25
2.5.6 FASE INCA:.....	25

2.6 RECONSTRUCCIÓN DE LA GEOLOGÍA HISTÓRICA.....	26
2.7 MARCO TEÓRICO.....	31
2.7.1 ROCAS METAMÓRFICAS.....	31
2.7.2 ROCAS ÍGNEAS.....	33
2.7.3 ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	37
2.7.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA GEOQUÍMICA.....	39
2.7.5 MÉTODO GEOFÍSICO.....	43
CAPÍTULO III.....	45
MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1 UBICACIÓN Y ACCESOS.....	45
3.2 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA.....	48
3.2.1 CLIMA.....	48
3.2.2 FLORA.....	48
3.2.3 FAUNA.....	49
3.3 DRENAJE E HIDROLOGÍA.....	49
3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.4.1 TRABAJOS DE PRE CAMPO.....	50
3.4.2 TRABAJOS DE CAMPO.....	50
3.4.3 TRABAJOS DE POST CAMPO.....	52
3.5 MATERIALES Y EQUIPOS.....	54
CAPÍTULO IV.....	56
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	56

4.1 SECTORES PROSPECTIVOS.....	56
4.1.1 LITO-ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	57
4.1.2 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	65
4.1.3 CONTEXTO ESTRUCTURAL.....	74
4.2 PETROMINERAGRAFÍA Y GEOQUÍMICA.....	76
4.2.1 PETROMINERAGRAFÍA.....	76
4.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS POR SECTORES.....	85
4.2.3 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DEL MUESTREO.....	95
4.2.4 DETERMINACIÓN DE LAS CORRELACIONES DE PEARSON.....	98
4.2.5 CORRELACIÓN DE PEARSON DIRECTA.....	100
4.2.6 CORRELACIÓN DE PEARSON INDIRECTA.....	103
4.3 INTERPRETACIÓN Y MODELO PROPUESTO.....	103
CAPÍTULO V.....	105
CONCLUSIONES.....	105
CAPÍTULO VI.....	107
RECOMENDACIONES.....	107

## ANEXOS

- RELACIÓN DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS – ICP
- RELACIÓN DE SONDAJES DIAMANTINOS PROPUESTOS
- LAMINA N°: 01 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL
- LAMINA N°: 02 MAPA GEOLÓGICO DEL PROSPECTO
- LAMINA N°: 03 MAPA ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO
- LAMINA N°:04 MAPA DE MUESTREO GEOQUÍMICO (Au) POR SECTORES
- LAMINA N°: 05 SECCIÓN GEOLÓGICA A
- LAMINA N°: 06 SECCIÓN GEOLÓGICA B
- LAMINA N°: 07 SECCIÓN GEOLÓGICA C
- LAMINA N°: 08 SECCIÓN GEOLÓGICA D
- LAMINA N°: 09 PLANO DE PROPUESTA GEOFÍSICA - MAGNETOMETRÍA

- LAMINA N°: 10 PLANO DE PROPUESTA DE PERFORACIÓN  
DIAMANTINA

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE TABLAS

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

### SIGLAS

Cía.	: Compañía.
ESRI	: (Environmental Systems Research Institute).
SIG – GIS	: (Geographic Information System) Sistemas de Información Geográfica.
GPS	: (Global Positioning System) Sistema de Posicionamiento Global.
IGN	: Instituto Geográfico Nacional.
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
JPEG	: Joint Photographic Experts Group (formato de imagen).
ICP	: Plasma de Acoplamiento Inducido
UTM	: Universal Transversal Mercator.
WGS1984	: World Geodetic System 1984.

### SIGLAS GENERALES

S.A.C.	: Sociedad anónima cerrada.
IP	: Inducción polarizada.
PC	: Puntos de control.
STD BK	: Estandar blanco.
DDH	: Diamond drill hole.
mtx	: Matriz.
hr	: Hora.
MM	: Muestra de mano.

LT-NX : Luz transmitida – Nícoles cruzados.

Fd : Fluidos.

### UNIDADES DE MEDIDA

cm : Centímetro

% : Porcentaje.

°C : Grados Celsius.

E : Este

Km : Kilómetros

m : Metros

m.s.n.m. : Metros sobre el nivel del mar.

Ma : Millones de años

mm : Milímetros.

N : Norte.

NE : Noreste.

NO : Noroeste.

pH : Potencial de Hidrogeno; es una medida de acidez o alcalinidad.

ppm : Partes por millón.

S : Sur.

SE : Sureste.

SO : Suroeste.

P : Presión.

T° : Temperatura.

O : Oeste.

µm : Micras.

Az : Acimut.

Bz : Buzamiento.

< : Menor.

> : Mayor.

### ABREVIATURAS GEOLÓGICAS

NP-cm : Complejo Maraón

Ci-l/p : Formación Lavasen

Ci-co : Formación Contaya.

Ci-a : Grupo Ambo.

Ds-tl : Formación Tres Lagunas

K-md : Diques Microdioríticos.

C-mzgr : Intrusivo, Monzogranito.

C-mzgr/gr : Intrusivo, Monzogranito/granito.

Ps-m : Grupo Mitu.

KsP-ch : Fm. Chota.

Jr-p	: Grupo Pucara.
NP	: Neo Proterozoico
Qh-al	: Deposito Aluvial.
Qh-co	: Deposito Coluvial.
Qh-el	: Deposito Bofedal.
Qh-mo	: Depósitos Morrénicos.

## MINERALES

Qz	: Cuarzo.
Ag	: Plata.
Au	: Oro.
Al	: Aluminio.
Ba	: Bario.
Sr	: Estroncio.
Li	: Litio.
Cd	: Cadmio.
Sb	: Antimonio.
Zn	: Zinc.
Hg	: Mercurio.
K	: Potasio.
Na	: Sodio.
Fe	: Hierro.
S	: Azufre.
Tl	: Talio.
V	: Vanadio.
Mg	: Magnesio.
U	: Uranio.
Pb	: Plomo.
Ti	: Titanio.
bt	: Biotita.
Chpy	: Chalcopirita.
ClOs	: Cloritas.
Cu	: Cobre.
Esp	: Especularita.
FMs	: Minerales Ferromagnesianos.
FPKs	: Feldespato potásico.
he	: Hematita.
OPs	: Minerales opacos.
PGLs	: Plagioclasa.
ARCs	: Arcilla.
ANFs	: Anfíbol.

Py : Pirita.  
goe : Goethita.  
ser : Sericita.

## RESUMEN

El prospecto Verónica – MARSA está ubicado en la localidad de Tomac, Distrito de Tayabamba capital de la Provincia de Pataz del Departamento de La Libertad. El año 2015 reapertura su revisión geológica con la necesidad de ampliar el área de estudio con el objetivo de ubicar nuevas zonas de interés y asumir el tipo de yacimiento mediante una previa prospección, puesto que los trabajos pre existente con sentido de exploración minera fue de forma local. El presente trabajo se realizó de manera descriptiva, analítica e interpretativa mediante la recolección de información pre campo, in situ y tratamiento de los resultados en gabinete. El cartografiado a escala 1/10,000 permitió identificar la litoestratigrafía local, formados desde el Neoproterozoico al reciente, constituido por: el Complejo Marañón (filitas) que ocupa gran parte del área estudia, la Formación Tres Lagunas (andesitas basálticas) según el INGEMMET relaciona esta unidad con ambientes marinos y sugiero investigarlo como un posible depósito de “Sulfuro Masivo Volcanogénico”, los intrusivos (monzogranítica – granítica) corroborado por estudios de petrografía “Sección delgada” de la zona Norte del prospecto, correlacionan con el Batolito de Pataz, lo que también se encontrarían infrayaciendo a rocas del Complejo Marañón, así mismo se encuentran depósitos cuaternarios (aluviales, coluviales, fluviales, morrenicos, bofedales y eluviales). Por cuestiones de relaciones comunitarias se distinguió 13 sectores de los cuales se consideran como área de interés prospectivo a 6, entre ellos; Potrero, Laguna Tapada, Laguna Negra, El Broncre, Monserrat y Satata Icuero, en los cuales también se logró identificar estructuras vetiformes con evidencias de contenido aurífero bajos, emplazadas sobre todo en rocas del Complejo Marañón, entre las principales estructuras vetiformes se tiene a la Veta Yanapacha, Veta Monserrat (Principal 1), Veta Loma Blanca 1 y Veta Loma Blanca 2. Según al coeficiente de correlación de “Pearson” no se observa afinidad de elementos típicos de

un intrusivo (Sr-Bi-Hg), sin embargo existen diques sub volcánicos de composición andesítica sub paralelos y en ocasiones cortantes a las estructuras lo que evidenciaría eventos magmáticos posteriores, de acuerdo a esta perspectiva nos encontraríamos en la zona distal de un posible enriquecimiento mineralógico mayor; lo que si se distinguió es la afinidad de metales solidos alcalinos y alcalinotérreos asociados a minerales sulfosales (calcantita), del mismo modo se evidencia metaloides que indicaría yacimientos de baja temperatura. La edad de la veta Yanapaccha (472 +- 10 Ma) supondría eventos mineralizadores predecesores al emplazamiento del Batolito de Patatz, por lo que asumo al yacimiento como un Mesotermal Filoneano sin descartar la posibilidad de un sistema tipo “Orogénico”. Para salvaguardar la confiabilidad de las muestras extraídas, se distribuyo en 379 muestras de canal y 35 muestras de control (17 duplicadas y 18 blancos), analizadas en la empresa J. Ramón del Perú S.A.C., se resume como buena confianza al método de muestreo aplicado, sin embargo, el laboratorio encargado del análisis debió optimizar la preparación de las mismas.

**Palabras claves: Correlación de Pearson, geología estructural, litología, ocurrencia de mineralización, prospección geoquímica y sectores.**

## ABSTRACT

The Verónica - MARSÁ prospect is located in the town of Tomac, District of Tayabamba, capital of the Province of Pataz of the Department of La Libertad. The year 2015 reopens its geological review with the need to expand the study area with the objective of locating new areas of interest and assuming the type of deposit through a previous survey, since the pre-existing work with a sense of mining exploration was in a way local. This work was carried out in a descriptive, analytical and interpretive way by collecting pre-field information, in situ and treatment of the results in the cabinet. The 1 / 10,000 scale mapping allowed to identify the local lithostratigraphy, formed from the Neoproterozoic to the recent, constituted by: the Complejo Marañón (phyllites) that occupies a large part of the study area, the Formación Tres Lagunas (basaltic andesites) according to INGEMMET relates this unit with marine environments and I suggest investigating it as a possible deposit of "Volcanogenic Mass Sulfide", the intrusive (monzogranitic - granitic) corroborated by "thin section" petrography studies of the northern zone of the leaflet, correlate with the Battaito of Pataz, which they would also be found inflating rocks of the Complejo Marañón, as well as quaternary deposits (alluvial, colluvial, river, morrenic, bofedales and eluvial).

For community relations issues, 13 sectors were distinguished, of which 6 areas considered as prospective areas of interest, including; Potrero, Laguna Tapada, Laguna Negra, El Broncre, Monserrat and Satata Icuro, in which it was also possible to identify vetiform structures with evidence of low gold content, located mainly in rocks of the Complejo Marañón, among the main vetiform structures there is the Yanapacha vein, Monserrat vein (Main 1), Loma Blanca vein 1 and Loma Blanca vein 2. According to the correlation coefficient of "Pearson" no affinity of typical elements of an intrusive (Sr-Bi-Hg) is observed, however there are sub-volcanic dikes of sub-parallel andesitic

composition and sometimes sharp structures that would show magmatic events later, according to this perspective we would be in the distal area of a possible greater mineralogical enrichment; what was distinguished is the affinity of alkali and alkaline earth solid metals associated with sulfosal minerals (calcantite), in the same way metalloids are evidenced that would indicate low temperature deposits. The age of the Yanapaccha vein ( $472 \pm 10$  Ma) would suppose mineralizing events predecessors to the site of the Battaito de Pataz, so I assume the site as a Phylloan Mesothermal without discarding the possibility of an “Orogenic” type system. To safeguard the reliability of the extracted samples, it was distributed in 379 channel samples and 35 control samples (17 duplicates and 18 blanks), analyzed in the company J. Ramón del Perú SAC, it is summarized as good confidence to the sampling method applied, however, the laboratory in charge of the analysis had to optimize their preparation.

**Key words:** Geochemical prospecting, lithology, occurrence of mineralization, Pearson correlation, sectors and structural geology.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Prospecto Verónica ha sido punto expectante para MARSA, en los años 90's, durante las distintas visitas se han visualizado diferentes perspectivas geológicas en la localización de zonas con razones geoeconómicas y la interpretación de un posible modelo geológico de mineralización.

En los años 1996 se realizaron revisiones de las propiedades de la empresa a cargo del Dr. Jorge Paredes Pacheco, quien interpreto un paleo - volcán en el cerro Pahuarchuco aledaño a la zona de estudio, este habría generado meta volcánicos tipo “Green stone belts” de procedencia mantelica, de mineralización tipo Au – Cu diseminado, se habría basado en los resultados de muestras tipo rock chip sobre afloramientos del Complejo Marañón, recomendando así, una perforación diamantina. Actualmente se conoce sobre la presencia de segregación de sílice por metasomatismo en el Complejo Marañón, muchas veces en visitas previas al prospecto los análisis a muestras geoquímicas reportaron leyes con valores anómalos altos en Au, siendo estos antieconómicos por falta de continuidad lateral y su profundización.

Dando una nueva visión en 2011 el Ing. Jorge David Alvares prospecta parte de la zona distinguiendo la veta “Satata” la que aflora en el cerro del mismo nombre, por su falta de continuidad se interpretó como una falla sub horizontal con relleno inconstante de mineral en óxidos de hierro.

Actualmente se amplió el área de estudio evidenciando laboreo minero artesanal abandonados y en algunos casos colapsados, evidenciando afloramientos de vetas con contenido aurífero lo que impulsa a la empresa realizar nuevos estudios para general su exploración al detalle.

### 1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- a) ¿Es posible distinguir sectores prospectables con posibilidades de explorarlos al detalle?
- b) ¿Qué tipo de yacimiento se podría asumir mediante la ocurrencia de mineralización con una previa prospección geológica?

### 1.2 ANTECEDENTES

Existen trabajos a nivel regional de investigación geológica y con rubros mineros, tales como:

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), estudios a través de la Carta Geológica Nacional (Boletín N°60) y cuadrángulos de Tayabamba 17i, Pallasca 17h, Jucusbamba 16i y Pataz 16h, donde definen y describen las distintas Unidades Litoestratigráficas como también los lineamientos estructurales

Cía. Minera Poderosa S.A. (Análisis Estructural de las Vetas en el Segmento Norte del Batolito de Pataz) Ing. Luis Ruiz P.

Minera Aurífera Retamas S.A. (Overview of the Esperanza vein System, el Gigante Mine, Parcoy Mining District, Northern Perú) Dr. Richard M. Tosdal, (Exploración del potencial del sector Tayabamba) Dean De Largie, jefe de Proyecto, (Análisis de evaluación de las exploraciones regionales en la región de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de la Libertad) DR. Jorge Paredes P., jefe de proyecto, (Prospección geológica regional) Ing. Jorge David A., (Exploraciones en zonas aledañas

a la unidad de operación de San Andrés zona oeste) Ing. Eduardo Medina, jefe de proyecto, (Revisión de prospectos entre Buldibuyo y Chilia) Ing. Fredy Cerrón Z., jefe de brigada, (Trend de Mineralización Marañón y Trend de Mineralización Yuracyacu - Cerro Negro) Ing. William Martínez V., jefe de brigada.

Otros estudios por parte de Consorcio Minero Horizonte (CMH) y Compañía Minera Caraveli, quienes financiaron los estudios y evaluaciones geoeconómicas aledaño al área de estudio.

### **1.3 HIPÓTESIS**

La presencia de afloramientos de roca intrusiva, laboreos antiguos de mineros artesanales con vetas de cuarzo – óxido de hierro y estructuras emplazadas por inyección forzada (diques sub volcánicos) en ambientes metamórficos dentro del área de estudio, permite avizorar sectores con presencia de estructuras vetiformes y mineralización aurífera relacionado a lineamientos de rumbo andino y minerales con contenido de Cu en estructuras con dirección tras andino, que podría estar vinculado al Batolito de Pataz de eventos magmáticos posteriores al basamento Complejo Marañón.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Localizar sectores con ocurrencia de mineralización prospectables y caracterizar el tipo de yacimiento que engloba el área investigada.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reconocer sectores prospectivos, identificando la lito estratigrafía local, geología económica referidas a las estructuras localizadas y contexto estructural mediante el cartografiado geológico.

- Realizar el estudio petrominerográfico y geoquímico utilizando el método de correlación de Pearson.
- Interpretar mediante secciones idealizadas y proponer alternativas nuevas.

### 1.5 JUSTIFICACIÓN

Considerando la importancia de encontrarse en una zona de interés geoeconómico, este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar sectores con interés prospectivo y con ocurrencia de mineralización mediante el cartografiado geológico, resaltando las unidades litológicas y estructuras mineralizadas el cual también contribuirá a la interpretación de los lineamientos estructurales localizados que servirá de aporte indispensable al contexto tectónico ya conocido, así como el muestreo.

Para la distinción de las características geológicas de los diferentes sectores que alberga el área de estudio es necesario el trabajo de campo, trabajo de gabinete, la información del muestreo geoquímico superficial, muestreo geoquímico de labores subterráneas antiguas de mineros artesanales, el reporte de estudio petrográfico y minerográfico.

El presente trabajo de investigación también es aporte como requisito para optar el grado de ingeniero geólogo del que suscribe.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN

Exploración. - prospección, es la investigación de una determinada región, a través de los trabajos geológicos, mineros, geoquímicos, con el objeto de determinar la existencia de concentraciones de minerales de interés comercial o petrolífero. La prospección puede llamarse prospección geológica, prospección geofísica, prospección geoquímica, de acuerdo a la orientación del estudio [ CITATION Dáv11 \l 10250 ].

Exploración y prospección en lo que concierne su objetivo y a partir de este el principio de trabajo aplicado: el objetivo de la prospección es el reconocimiento general de un yacimiento mineral, la exploración está enfocada en un reconocimiento detallado del depósito mineral [ CITATION Har87 \l 10250 ].

#### 2.2 PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

Los procesos geomorfológicos son cambios que se producen en los materiales (diferentes afloramientos rocosos) o formas que se presenten en la superficie terrestre que evolucionan con el tiempo, estos procesos pueden ser endógenos, exógenos, bióticos y antrópicos los cuales modifican el relieve terrestre con el pasar del tiempo [CITATION Ing95 \l 10250 ].

##### 2.2.1 PROCESOS ENDÓGENOS

Estos procesos actúan desde el interior de la tierra, se clasifican en orogénicos (forman montañas) y epirogénicos (ascenso y descenso de bloques de corteza). Este proceso depende de las fuerzas internas de la tierra que afectan a la corteza terrestre, como por

ejemplo el levantamiento del Batolito de Pataz, que son consecuencia del movimiento de placas (subducción) [CITATION Ing95 \l 10250 ].

### 2.2.2 PROCESOS EXÓGENOS

Estos procesos solo se dan sobre la superficie terrestre, también dependen de los procesos atmosféricos o del clima, podemos subdividirlo en agradación y degradación.

- Agradación se refiere a la acumulación de sedimentos que traerá consigo la construcción de otros relieves.
- Degradación se refiere a la destrucción del relieve mediante la erosión de los materiales debido a diferentes agentes externos como la precipitación, la escorrentía, hielo viento y entre otros.

En la zona de estudio se puede observar la destrucción y formación de unidades geomorfológicas por la acción de las escorrentías y del glaciar, que enmarcan el relieve actual de dicha zona.

### 2.2.3 PROCESOS BIÓTICOS Y ANTRÓPICOS

Estos procesos son enmarcados por la acción biológica, en el primer caso (proceso biótico) es causado por los seres vivos tanto animales como vegetales, ejemplo; las raíces de algunas plantas disgregan las rocas, en el segundo caso (proceso antrópico) se dan por la acción del hombre, ejemplo; construcción – deforestación.

Un pequeño porcentaje de la población divide su tiempo entre la agricultura y el laboreo de las minas. La mayoría de los obreros del pueblo de Pataz trabajan cierto tiempo en las antiguas minas de oro de la región y otra parte en la labranza de los campos. En todo el largo de la ribera del Marañón, la gente lava la arena fluvial para sacar el oro que contiene. Sin embargo, la vida de la región depende directamente de la producción agrícola [CITATION Ing95 \l 10250 ].

## 2.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La geomorfología de la zona de estudio está conformada básicamente por la cordillera oriental, la cual genera redes de drenajes que se denominan cuencas, principalmente la zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca del río Marañón. Morfoestructuralmente forma parte de la Cordillera oriental y a su vez al sistema plegado de los Andes [CITATION ING06 \l 10250 ].

### 2.3.1 FACTORES GEOMORFOLÓGICOS

#### 2.3.1.1 FACTOR ESTRUCTURAL

La forma del relieve terrestre depende en buena medida de las estructuras geológicas, es decir, de cómo estén dispuestos los materiales que la componen, el factor estructural en la zona de Potrero tiene bien marcada la topografía actual. Las estructuras rocosas son de dos clases:

- Estructuras originales. Son las estructuras que se forman conjuntamente con la formación de las rocas, por los mismos procesos petrogénicos que forman las rocas, por ejemplo; en las rocas del Complejo Marañón la estructura original típica es en forma de estratos.
- Estructuras deformadas. Son estructuras alteradas por la aplicación natural de fuerzas dirigidas (esfuerzos) sobre formaciones rocosas preexistentes. Las deformaciones correspondientes alteran la disposición previa de los materiales, que podía ser una estructura de tipo original o ser el resultado de alguna deformación anterior.

El tectonismo regional ha producido grandes deformaciones durante la Orogenia Andina, generando así plegamientos, fallas, lineamientos, fracturamientos y diaclasamientos [CITATION Ing95 \l 10250 ].

#### 2.3.1.2 FACTOR LITOLÓGICO

La litología existente en la zona de estudio consta de una intercalación de rocas sedimentarias intruidas por diques de intrusivo, esta litología variable trae consigo una erosión diferencial ya que los niveles menos competentes (lutitas fisibles) son menos resistentes a la erosión y los niveles más competentes (areniscas) resisten a la erosión formando así crestas o farallones con cambios abruptos en el relieve actual [ CITATION MAR15 \l 10250 ].

#### **2.3.1.3 FACTOR EROSIONAL**

La erosión es un factor muy importante en la modificación del relieve terrestre, la acción del deshielo de los glaciares y lluvias generan escorrentías, ríos erosionando rocas menos competentes y formando valles juveniles. La zona de estudio se encuentra en la micro cuenca del río Cajas, de la cual, sus aguas erosionan fuertemente a las rocas del Complejo Marañón, a la Formación Tres Lagunas y a los intrusivos granodioríticos [ CITATION MAR15 \l 10250 ].

### **2.3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

Para definir las unidades geomorfológicas se ha tomado como base el Boletín N° 60 (INGEMMET, 1995).

#### **2.3.2.1 CORDILLERA ORIENTAL**

La cordillera Oriental está constituida por montañas formadas en el Paleozoico. La formación de esta cordillera se inicia durante el tectonismo Hercínico (Devónico) sobre un basamento o núcleo precambriano. El levantamiento fue controlado por fallas regionales longitudinales, de Sur a Norte del Perú mantiene un rumbo paralelo a la cordillera Occidental, teniendo un fuerte arqueamiento Este - Oeste a partir de Huaral hacia el Norte (Andes del Norte).

Es un macizo ubicado entre los ríos Marañón y Huallaga. Parte de esta cordillera se encuentra en el sector nororiental de esta región, comprendiendo la hoja de Tayabamba. Consiste de cadenas paralelas separadas por estrechos valles longitudinales. Los valles principales que cortan esta cordillera, son los de Tayabamba, Huaylillas y Huacrachuco; la elevación de estos es bastante variable, pero las cumbres de los cerros generalmente se encuentran entre 3,500 y 4,300 m.s.n.m.

### **2.3.2.2 VALLE DEL MARAÑÓN**

El río Marañón ocupa un valle profundo y relativamente recto, ubicado entre las Cordilleras Occidental y Oriental. La profundidad total del valle, desde las crestas de las cordilleras adyacentes hasta el nivel de río, promedia entre 2,500 y 3,000 m. El recorrido del río en esta región, es ubicable en las hojas de Tayabamba, Pomabamba, Pallasca y Huari, siguiendo una dirección de SE a NO.

Su drenaje corresponde a la parte alta de la cuenca hidrográfica del Atlántico.

### **2.3.2.3 CONTROL ESTRUCTURAL DEL DRENAJE.**

En el resto de la región, el drenaje muestra un control estrecho por las estructuras pre-superficie puna. Al producirse el levantamiento general andino, los ríos comenzaron a profundizar sus cauces, y las estructuras pre-existentes jugaron un papel importante en el desarrollo de sus valles. El mejor ejemplo es el valle del Marañón, cuya ubicación está controlada por la importante falla regional que separa la Cordillera Occidental de la Oriental, y por algunos graben o sinclinales alargados. Los ríos tributarios del Marañón. También muestran un control por medio de estructuras (graben, fallas) pre-superficie Puna. Como ejemplo, tenemos los valles de Buldibuyo-Tayabamba y Huacrachuco.

## **2.4 GEOLOGÍA REGIONAL**

El área de estudio abarca aproximadamente 11 x 8 km, está situado en el cuadrángulo de Tayabamba (17-i), dentro de esta región se emplazan unidades metamórficas del Neoproterozoico, derrames lávicos con estructuras almohadilladas en capas gruesas del

Devónico Superior, piroclastos y tobas del Carbonífero, fases sedimentarias Cretácicas, intrusión de rocas calcoalcalinas a acidas por emplazamientos mayormente en zonas de debilidad, y por último, depósitos de cuaternarios (Ver anexos, Lámina N° 01).

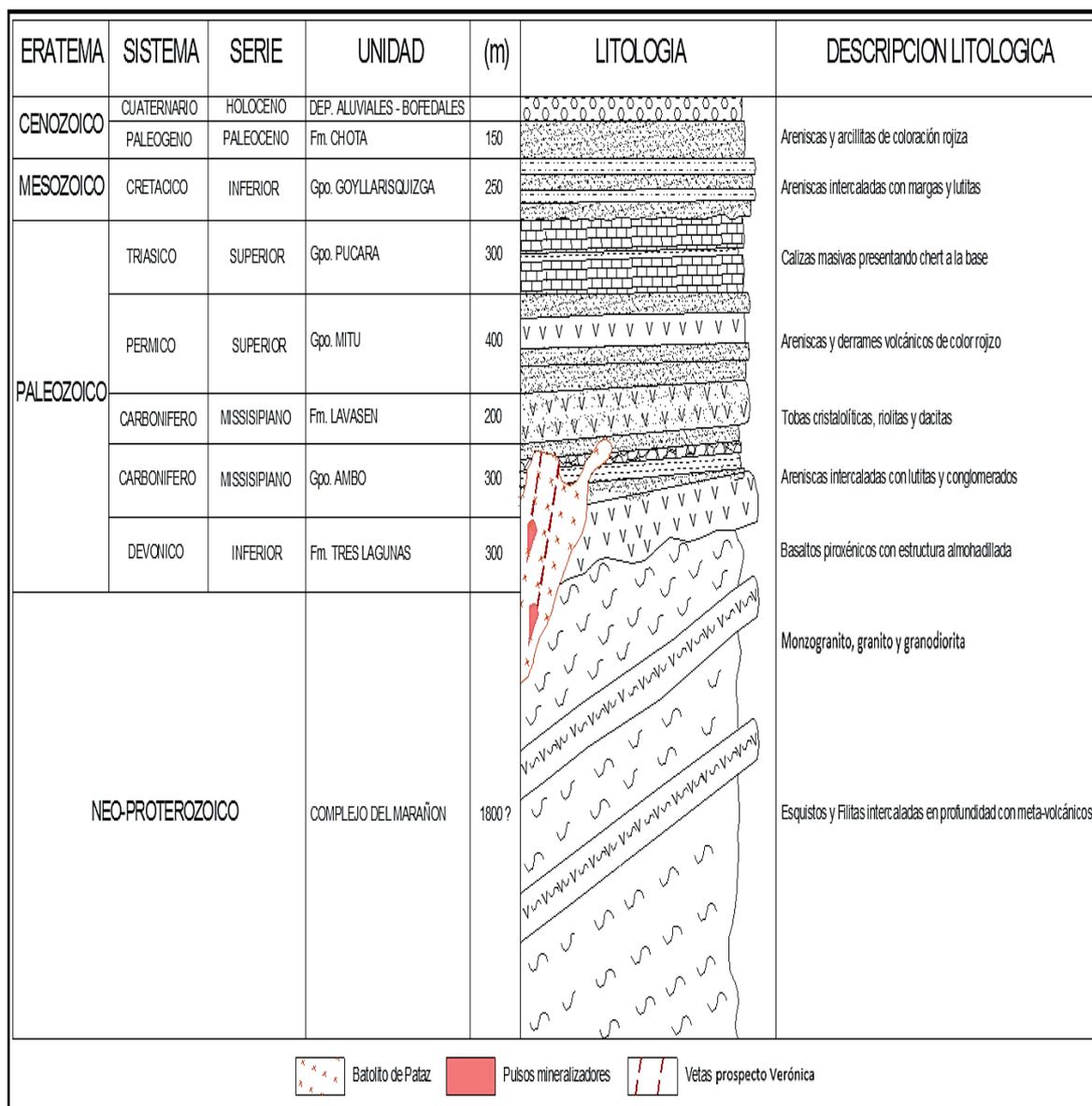


Figura N° 1. Columna estratigráfica - Prospecto Verónica (Fuente MARSÁ).

#### **2.4.1 NEOPROTEROZOICO.**

Caracterizado por presentar rocas con metamorfismo regional de bajo grado con esquistos y plutones foliados, relacionados espacialmente y longitudinalmente con los plutones del Batolito de Balsas-Pataz-Buldibuyo. Gran parte de los afloramientos se les observa a lo largo del valle del Río Marañón, formando relieves accidentados y desérticos por la erosión. En estas rocas se ha podido reconocer hasta tres fases de deformación, tanto en campo como petrográficamente. Estas rocas van de gneises a filitas. Está representada por el Complejo Marañón que agrupa todas las facies metamórficas [CITATION ING06 \l 10250 ].

##### **2.4.1.1 COMPLEJO DEL MARAÑÓN (Pe-cm)**

Consiste en una secuencia de rocas metamórficas que afloran en la Cordillera Oriental, hacia las partes más occidentales (parte baja del Valle del Marañón). En ella existen esquistos micáceos y cloritosos, grises y verdosos cortados por abundantes vetas de cuarzo lechoso. El resto que aflora en la Cordillera Oriental, son pizarras y filitas grisáceas. Se ubican pequeños intrusivos subvolcánicos de composición andesita basáltica, como al Norte de Pallasca, NO de Acobamba, con fase de serpentización [CITATION ING06 \l 10250 ].

Litológicamente se ha distinguido hasta cuatro facies metamórficas (esquistos micáceos, esquistos anfibolíticos, esquistos grafitosos y gneises). Las micas esquistos de color gris verdoso, con una diferencia notable en cuanto a la esquistosidad que presentan. Estos esquistos están generalmente asociados de vetillas y lentes de cuarzo lechoso, cuya concentración está relacionado a las grandes fallas regionales e intrusivos plutónicos.

Las facies de esquistos con presencia considerable de anfíboles, presentan una coloración verdosa clara a estos afloramientos, presentan una granulometría fina con texturas lepidoblásticas fundamentalmente.

Secuencias metamórficas de color oscuro con características filíticas y apariencia carbonosa, que conforman la parte central de pseudoanticlinales y por conceptos reológicos se interpreta una secuencia inferior, teniendo en cuenta una posición inferior observada en campo. Al microscopio tiene una textura bien fina (lepidoblasticas) y por las características se puede inferir un protolito lutítico [CITATION ING06 \l 10250 ].



*Figura N° 2. Esquistos gnesificados tomada en las inmediaciones de la Minera MARSA (Fuente INGEMMET).*

#### **2.4.2 PALEOZOICO INFERIOR.**

Rocas metamórficas, metasedimentarias y sedimentarias, constituyen el Paleozoico Inferior, se describe una secuencia de pelitas pizarrosas y niveles delgados de areniscas finas y grises, con restos fósiles (graptolitos), correlacionando estos afloramientos con las descripciones de Tafur, denominada como Formación Contaya. Estas secuencias fueron recartografiadas y algunos afloramientos fueron reasignados al cámbrico puesto que correlacionaba litoestratigráficamente con las secuencias de la Formación Macno, como los afloramientos en la localidad de Pataz y Zarumilla. Se encontraron secuencias similares en las inmediaciones de Molino Viejo. Secuencias lávicas de naturaleza química básica y con estructuras almohadilladas y con afloramientos regionales

correspondientes al Devónico. Secuencias marinas, continentales y volcánicas caracterizan al Grupo Ambo, del Mississipiano (Carbonífero inferior). Las secuencias volcánicas (Formación Lavasen), correlaciona bioestratigráficamente con facies continentales del Grupo Ambo, clásicamente conocido y por lo cual, se incorpora al Grupo Ambo la Formación Lavasen, de material volcánico bimodal (INGEMMET, 2006).

#### **2.4.2.1 FORMACIÓN CONTAYA (Ci-co)**

Estudiado por NEWELL y TAFUR (1943) en la región de Contamana donde describen una secuencia de pizarras oscuras que afloran en los cerros Contaya, provincia de Ucayali. Posteriormente WILSON J. y REYES I. (1964) describen lutitas y pizarras negras que afloran en el área de Pataz en ambos lados del Río Marañón. Similares afloramientos reportan SÁNCHEZ A. (1995) en la hoja de Leimebamba, y SÁNCHEZ et al. (1998) en la hoja de Juscubamba [CITATION ING06 \l 10250 ].

Litológicamente esta unidad está constituida por lutitas y pizarras negras a gris oscuras en láminas o capas delgadas, las cuales se intercalan con delgadas capas de cuarcita. En esta unidad también se ha reportado areniscas arcósicas grises a negras de grano fino, en estratos delgados. Se ha observado piritas y huella de las mismas con oxidación, en sedimentitas que guarda una leve esquistosidad cortante ligeramente al plano de estratificación en donde se ha observado la presencia de fauna (graptolites) [CITATION ING06 \l 10250 ].

#### **2.4.2.2 FORMACIÓN TRES LAGUNAS (Ds-tl)**

Estas secuencias estuvieron cartografiadas como Complejo Marañón y/o Formación Lavasen por WILSON J. y REYES L. (1964-1967), en la geología del Cuadrángulo de Pataz, pero sí, lo mencionan en la descripción de las unidades mencionadas. Vidal et al 1995, en su estudio geológico, de la zona de Parcoy (INGEMMET, 2006); describe

secuencia metavolcánica de naturaleza básica con estructuras almohadilladas que correlaciona con las encontradas y datadas en la cordillera del Shira.

Se trata de una secuencia de lavas de naturaleza basáltica en almohadillas, de color gris verdoso, alternando esporádicamente con niveles de hialoclastitas y delgados niveles de volcanosedimentarios, aglomerados y algunos conglomerados y rocas volcánicas clásticas verdosas, que tienen buzamientos menores de 35° al NE y yacen discordantemente sobre rocas metasedimentarias y metamórficas; infrayaciendo a una sucesión de areniscas, pelitas y rocas volcanoclásticas subaéreas que se han considerado como Grupo Ambo.



*Figura N° 3. Lavas con estructuras almohadilladas en las cercanías del poblado de Pachacrahuay. Tomada mirando al Sur (Fuente INGEMMET).*

### **2.4.3 PALEOZOICO SUPERIOR**

Eventos volcánicos caracterizan a esta zona, donde se afloran depósitos bastante desarrollados, morfoestructuralmente es evidente la presencia de un gran arco volcánico, que bien, se le puede denominar “Arco Volcánico Lavasen”. Geoquímicamente van desde basaltos a riolitas, que tienen una relación temporal entre sí, en cuanto a depósitos desde flujo de escombros, tobas y lutitas intervalcánicas. Los

primeros eventos caracterizados por lavas basálticas andesíticas con estructuras almohadilladas sobre secuencias sedimentarias de ambiente marino, que marcaría la base del Grupo Ambo (INGEMMET, 2006).

La Formación Lavasen, constituida por todo un complejo de rocas volcánicas, y polémico por su edad, en este presente trabajo se reporta una datación paleontológica que ubica a esta Formación como Missisipiano, quedando correlacionable con el Grupo Ambo. Viendo cierta semejanza estratigráficas, se incluye a la Formación Lavasen dentro del Grupo Ambo [CITATION ING06 \l 10250 ].

Una serie de transgresiones y plataforma siliciclásticas, más las evidencias paleontológicas, afloramientos esporádicos del Grupo Copacabana, generalmente se le ha observado debajo de un volcanismo permotriásico, que bien podría ser los últimos eventos volcánicos y posiblemente heredados del volcanismo Devónico (INGEMMET, 2006).

#### **2.4.3.1 GRUPO AMBO (Ci-a)**

Estudios de WILSON J. y REYES L. (1664-1967) estas unidades en la hoja de Pataz y Tayabamba donde reportan niveles conglomerádicos dentro de esta secuencia.

El Grupo Ambo aflora en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, paralelo al Río Marañón. La orientación de los afloramientos coincide con las estructuras regionales “Andinas”. En la hoja de Tayabamba se puede apreciar buenas exposiciones de esta unidad al Este de Taurija y Urpay. En la hoja de Pataz el principal afloramiento es una faja de rumbo NNO-SSE que siguen a media falda a ambos lados del valle del Marañón [CITATION ING06 \l 10250 ].

Litológicamente este grupo se separa en tres secuencias litoestratigráficas, reconocidas ampliamente de manera regional:

Secuencias marinas constituidas de series de areniscas gris parduscas intercaladas con lutitas friables de color gris verdosa y niveles esporádicos de caliza, algunos canales de areniscas cuarzosas blanquecinas [CITATION ING06 \l 10250 ].

Esta zona de transición a depósitos continentales, principalmente intercalaciones de areniscas pardas grano fino con arcillas pardas oscuras y limoarcillas, lutitas y conglomerados. También en estas secuencias se encuentran restos de plantas del Carbonífero. Las areniscas son algo feldespáticas de color gris marrón a verdoso. Las lutitas están intercaladas entre las areniscas y tienen un color verde olivo. Los conglomerados son más comunes en la parte baja de la secuencia, se caracterizan por estar bien compactados y de un color gris verdoso. Al tope de esta secuencia sus componentes son subredondeados a subangulosos de rocas metamórficas, areniscas y algunos volcánicos [CITATION ING06 \l 10250 ].



*Figura N° 4. Areniscas del Grupo Ambo alternancia de areniscas grises cuarsofeldespáticas gris verdosas con lutitas verdosas abigarradas y fosilíferas (Fuente INGEMMET).*

Secuencia de flujos piroclásticos tipo flujos de escombros y en otros flujos de lavas básicas con estructuras almohadilladas, seguida de secuencias piroclásticas tipo lapilli

intercalado con niveles de lutitas gris oscuras con restos de plantas y secuencias de tobas de cristalolíticas masivas y gruesas y al tope secuencias bien estratificadas de volcanosedimentarias intercalada con delgados flujos piroclásticos, conglomerados, volcarenitas y delgadas tobas con disyunción columnar.

#### **2.4.3.2 FORMACIÓN LAVASEN (Ci-I/p)**

Denominación dada por WILSON J. y REYES L. (1964) para describir una secuencia de bancos macizos de piroclastos de naturaleza dacítica a riolítica y en menor proporción composiciones andesíticas, que aflora en la quebrada Lavasen cerca de Pataz y yacen sobre el Batolito de Pataz, le asignan una edad correspondiente al Oligoceno-Mioceno. Similares afloramientos son descritos por WILSON et al (1967) en el cuadrángulo de Tayabamba.

Litológicamente la Formación Lavasen se constituye de por depósitos piroclásticos: tobas dacíticas a riolíticas y en menor proporción brechas y tobas andesíticas, tiene un grosor aproximado de 1500 metros y buzamientos entre 20° y 30° [CITATION ING06 \l 10250 ].



*Figura N° 5. Estructuras almohadilladas de la Formación Lavasen*

*secuencias lávicas, tomada entre las localidades de Chagual y Vijus. Toma mirando al SE*  
(Fuente INGEMMET).

#### **2.4.3.3 GRUPO MITU (Ps-m)**

Asimismo, WILSON J. et al (1964-1967) describen una secuencia de areniscas y conglomerados de color rojo oscuro. Similares afloramientos se han cartografiado en el Nororiente Peruano SÁNCHEZ A. (1995); más al Este, SÁNCHEZ J. et al (1997-1998) cartografían esta unidad en el flanco derecho del río Huayabamba y las nacientes del río Chorobamba.

Litológicamente se constituye de una secuencia basal de conglomerados polimícticos cuyos constituyentes son calizas, areniscas arcósicas, andesita de color rosado, rocas metamórficas de formas redondeadas a subredondeados englobados en una matriz de areniscas arcósicas. Le sigue areniscas compactas de grano medio a fino y conglomerados bien estratificados en capas medianas, los grosores de esta unidad varían entre 70 y 300 metros [CITATION ING06 \l 10250 ].

### **2.4.4 MESOZOICO**

#### **2.4.4.1 TRIÁSICO**

##### **2.4.4.1.1 GRUPO PUCARA (Jr-p)**

Término empleado por MAC LAUGLHIN (1924) para designar unas secuencias calcáreas, que aflora en la localidad de Pucara. En el Perú central MEGARD F. (1968), divide a este grupo en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

Posteriormente WILSON y REYES (1964) reporta afloramiento de calizas macizas, blancas silíceas, seguidas de calizas negras en capas delgadas interestratificadas con niveles lutáceos correspondientes al Grupo Pucara.

Similares afloramientos han sido reportados en el Norte del Perú bajo la misma nomenclatura por SÁNCHEZ A. (1995). En el valle del río Huayabamba, esta unidad

ha sido cartografiada por SÁNCHEZ J. y JACAY J. (1995). Asimismo, SANCHEZ J. et al (1998) reportan esta unidad en las hojas de Juscubamba y Pólvora.

Litológicamente esta unidad está constituida en su base por caliza gris clara, en estratos gruesos, en parte silicificados con abundantes nódulos de sílice blanco, mientras que la parte superior consta de caliza gris y negra, bituminosa bien estratificada en capas delgadas y con pequeños lentes de sílice negro. El grosor de esta unidad es variable está en los 300 y 500 metros.

## **2.4.5 CRETÁCEO INFERIOR**

### **2.4.5.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA (Ki-g)**

Nombre utilizado por WILSON (1963) para describir a todas las rocas Pre-Albianas del Cretáceo de los Andes del Norte y Centro, por el hecho que representan una sola unidad estratigráfica, compuesta de clásticos que se diferencian fácilmente de las formaciones calcáreas del Albiano y Cretáceo superior.

A. Sanchez et al, describe areniscas cuarzosas de color blanco rojizo, en la zona de Bolívar – Balsas.

## **2.4.6 CRETÁCEO SUPERIOR**

### **2.4.6.1 FORMACIÓN CHOTA (KsP-ch)**

Wilson J. y Reyes L. (1967) Geología de los Cuadrángulos de Mollebamba, Toyabamba y otros Bol. Serv. Geol. y Min. N° 16. Serie A.

Sánchez A. (1995) Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar Bol. INGEMMET N° 56. Serie A.

Naeser C.W. et al (1991) Tertiary fission track ages from the Bagua syncline (Northern Perú) Stratigraphic and tectonic implications: Journal of South American Earth Sciences

V. 4, Jacay J. (1996) Geología del Cuadrángulo de Singa. Bol. Inst. Geol. Min. Met. N°67 Serie A

Litológicamente está unida sobreyace a las calizas, margas y pelitas del Cretáceo superior se encuentran capas rojas conformadas mayormente por conglomerados y areniscas rojizas en el flanco derecho del valle del río Chusgón donde alcanza grosores hasta de 600 m, también existen pequeños afloramientos al NO de Huaguil, en el área de Calemar conformando un sinclinal fallado y en el corte de la carretera Chagual-Pataz donde predominan areniscas y pelitas rojas siendo los conglomerados más restringidos; estos afloramientos se prolongan hacia el SE al cuadrángulo de Tayabamba conformando parte de un bloque mesozoico hundido entre rocas paleozoicas.

#### **2.4.6.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

Conformando terrazas aluvionales, escombros de taludes, abanicos aluviales y otros, donde los materiales predominantes son conglomerados de tamaños variados con mala selección en una matriz de arena y lodo y niveles de arenas y limos en relación con el relieve y los procesos de acumulación que se dieron durante las etapas evolutivas de los valles.

En las partes altas del sector occidental y en la Cordillera Oriental, se encuentran depósitos de morrenas de origen glaciar, así como depósitos fluvioglaciales que pueden constituir acumulaciones extensas de gravas, arenas y algunos limos en las partes planas y en los fondos y flancos de valles glaciales y fluviales en relación con las rocas que conforman el substrato.

#### **2.4.7 ROCAS INTRUSIVAS**

El magmatismo en la cordillera Oriental se inicia en el Devónico con la Formación Tres Lagunas asociada a un magma alcalino relacionado a un ambiente geológico de Rift intracontinental, donde los productos volcánicos salieron a través de conductos en un ambiente distensivo. Después de la tectónica Eohercínica se emplaza el batolito de la cordillera Oriental, desarrollándose un arco magmático calcoalcalino y apertura de

cuenca transtensiva intra arco en el carbonífero inferior que da lugar al Grupo Ambo y al volcanismo de la Formación Lavasen que tienen una firma geoquímica típica de un marco tectónico de subducción. [CITATION ING06 \l 10250 ].

Las rocas intrusivas y plutónicas que se encuentran aledaño a la zona del proyecto constituyen batolitos, plutones aislados o “stocks”, diques, placolitos y cuerpos subvolcánicos de relación intrusiva o cortante. Estos cuerpos intrusivos cortan unidades paleozoicas, y en algunos casos rocas mesozoicas. Los cuerpos plutónicos mayores conforman conjuntos de rocas de composición granítica a monzogranítica.

#### **2.4.7.1 GRANODIORITA**

El batolito de la parte suroriental del cuadrángulo es un complejo ígneo en el cual la litología principal corresponde a una granodiorita. Esta roca es de color grisáceo de grano mediano a grueso, en que se notan cristales de horblenda negra, plagioclasa blanca y cuarzo.

Las relaciones del batolito con las demás unidades son las siguientes: atraviesa a las rocas del Precambriano y está separado del volcánico terciario por una discordancia erosional.

El único sitio donde el intrusivo aflora al lado del Cretáceo, queda en la parte alta de la quebrada Alpamarca, donde el contacto está fallado. Los sedimentos adyacentes al intrusivo no están metamorfizados.

### **2.5 MARCO TECTÓNICO**

La cordillera de los Andes se formó por efecto de fuerzas de compresión de la placa Sudamericana (corteza continental) y de la placa de Nazca (corteza oceánica), ambas placas están ubicadas sobre la astenósfera. La placa de Nazca migra de oeste a este y se sumerge paulatinamente debajo de la placa sudamericana. La corteza de la placa

sudamericana migra de este a oeste y por la resistencia que ofrece la placa de nazca a esta migración, se formó la Cordillera de los Andes.

El plano de contacto entre ambas placas se conoce como línea de Benioff, es una zona de subducción, conocida en su parte superior como la gran fosa tectónica Perú – Chile, que corre paralela a la costa peruana y materializada en el fondo oceánico, considerada como margen continental activa.

Estudiando la columna estratigráfica se puede establecer que las rocas precámbricas corresponden por lo menos a dos ciclos orogénicos aún poco conocidos, siendo el más evidente la Orogenia Brasílica cuya cadena montañosa probablemente se formó en el Precámbrico superior (600 M.A.).

En las rocas paleozoicas, podemos reconocer la Orogenia Caledónica en el Noroeste y la Orogenia Hercínica en la Cordillera Oriental, con dos ciclos sedimentarios: uno en el Paleozoico inferior y otro en el Paleozoico superior, culminando cada uno de ellos con una fase de deformación. Se reconoce así como Fase Eohercínica la primera de ellas (340 M.A.), como Fase Tardihercínica la segunda (280 M.A.), y como Fase Finihercínica la última en las rocas mesozoicas y cenozoicas se reconoce el Ciclo Andino, comprendiendo en él varias etapas de sedimentación y varias fases de deformación, siendo las principales de ellas la Fase Peruana ocurrida en el Cretácico superior (80 M.A.), luego la Fase Incaica en el Terciario inferior (35-30 M.A.), seguida después por la Fase Quechua (12-15 M.A.) y otras a fines del Terciario y comienzos del Cuaternario.

### **2.5.1 FASE BRASÍLICA**

Se dieron cuatro fases, la primera de compresión se generó microplegamientos. La segunda esquistosidad, metamorfismo epizonal y catazonal. Tercera fase replegamiento de la esquistosidad y la última de plegamientos en chevron, acaecidas durante el ciclo

tectónico Brasilido (Neoproterozoico), dieron lugar al metamorfismo regional, microplegamiento y esquistosidad propios del Complejo Marañón, cabe mencionar que esta formación rocosa ha sufrido todos los procesos tectónicos dados en esta zona del hemisferio Sur hasta la actualidad [ CITATION Dal88 \l 10250 ].

### **2.5.2 FASE EOHERCÍNICA**

Está caracterizada por ser una tectónica de compresión que da lugar a plegamientos, replegamientos y a un metamorfismo regional, cuyo nivel estructural origina un frente de esquistosidad, así como un plutonismo sintectónico.

Esta fase tectónica, la principal del ciclo Hercínico está marcada por la discordancia general del Paleozoico superior (Carbonífero o Pérmico) sobre el Paleozoico inferior fuertemente plegado.

Después de los estadios compresivos ocurridos con la fase Eohercínica viene una deposición de un ciclo sedimentario en el Carbonífero - Pérmico controlada por un fallamiento normal en bloques de rumbo NO-SE el mismo que ocurre debido a una distensión. Asimismo, se produjo un volcanismo sin sedimentario [CITATION Meg79 \l 10250 ].

### **2.5.3 FASE FINIHERCINIANA**

En algunas partes del Perú-Central, se ha observado que entre las capas rojas Mitu y el Grupo Pucará del Triásico superior existe una discordancia que indica que entre estos dos ciclos sedimentarios se produjeron movimientos conocidos como fase finihercinianos. Tal parece ser, que se produjo una reactivación de la fase tardiherciniana con fallamientos en bloques y desplazamientos importantes asociados a una tectónica distensiva, definiéndose estructuras del tipo fosas y pilares tectónicos a lo largo de un fallamiento longitudinal NNO-SSE. Los bloques son cortados por un

fallamiento transversal de rumbo NEE-SOO, cuyo origen profundo, en ciertos casos, hace pensar en un fallamiento de zócalo, por donde es posible la migración de los magmas [ CITATION Meg79 \l 10250 ].

#### **2.5.4 FASE NEVADIANA**

A finales del Jurásico medio y comienzos del superior, los movimientos nevadianos provocan una emersión del territorio peruano, marcando una discordancia que se ubica entre el Titoniano y el Bajociano correspondiendo ello a una importante epirogénesis. Este levantamiento determina en el Centro y Norte la definitiva separación en dos cuencas: una Noroccidental y la otra Oriental, teniendo al centro un bloque levantado que se conoce como Arco del Marañón. Este episodio tectónico genera una discordancia marcada por la transición de una sedimentación continental a otra marina en la Cuenca Oriental con una discordancia ligeramente angular en algunos lugares [ CITATION Meg79 \l 10250 ].

#### **2.5.5 FASE PERUANA**

En el Cretácico superior, los mares se mantuvieron con transgresiones y regresiones en la región septentrional y central del país, mientras que en la región meridional los levantamientos que se insinuaban en el Cretáceo inferior se hacen definitivos después del Cenomaniano.

La Cuenca Occidental en el norte y centro del Perú, continúa recibiendo sedimentación carbonatada y elástica entre varios episodios transgresivos y regresivos.

#### **2.5.6 FASE INCA:**

En tiempos del Eoceno, tal vez de medio a temprano; se producen perturbaciones locales que culminan en el Eoceno terminal con fuerte deformación compresional,

evidenciadas por plegamientos que afectan a las Capas Rojas finicretácicas, así como por fallamiento inverso, siendo la región más afectada la zona norte y central de la Cordillera Occidental; donde al ser desplazada la pila sedimentaria mesozoica contra el geoanticlinal del Marañón, se genera imbricamiento a lo largo de fallas inversas de alto ángulo (Dpto. de Cajamarca, La Libertad y Ancash).

Esta segunda deformación denominada por Steinmann con el nombre de "Fase Incaica" fue la más importante del Ciclo Andino, tanto por su extensión como por sus efectos; habiendo continuado después una actividad erosiva intensa y luego un vulcanismo activo (Grupo Calipuy en el Norte, Grupos Rímac y Sacsaquero en el Centro y Tacaza en el Sur) [ CITATION Ing95 \l 10250 ].

## **2.6 RECONSTRUCCIÓN DE LA GEOLOGÍA HISTÓRICA.**

El Complejo Marañón sea formado en un ambiente continental, las facies de cuarcitas indican un ambiente de plataforma, en el caso de los gneis en la zona Huaco-Siguas, corresponderían a un antiguo batolito, y los gneis en el segmento Norte, de origen sedimentario (paragneis), cuyo protolito seria de un ambiente continental y según los estudio geoquímicos, se designa una concentración de minerales ferromagnesianos que están relacionados a facies anfibolíticas y facies metamórficas con minerales potásicos de los gneis, advierten una calcoalcalinidad del ambiente predecesor. Conformado y enriquecido una típica geoquímica continental, el metamorfismo es enteramente regional y algunos casos es afectados por las intrusiones del batolito, este complejo constituye el basamento más antiguo que se encuentra en el cuadrángulo de Pataz y se considera el resultado de un evento metamórfico ocurrido en el Neoproterozoico, fue afectada por la fase brasilida, con un metamorfismo regional. En la cordillera Oriental, donde las rocas originadas fueron sedimentarias de composición sílice-aluminica, se infieren una cuenca marina y una zona positiva granítica, cuya posición se desconoce

igualmente, la presencia de metavolcanes que indican episodios volcánicos [ CITATION Meg79 \l 10250 ].

En el paleozoico no hay desplazamiento de los terrenos continentales hacia la corteza oceánica, por lo tanto, no hay volcanismo marginal, durante el ordovícico inferior se dio una tectónica distensiva, conformado una cuenca subsidente.

Durante el cámbrico se dieron procesos tectónicos distensivos ocurridos en todo el continente, al parecer dieron lugar en parte a un vulcanismo en un medio continental (Formación Macno), estos mismos procesos distensivos dan lugar al fracturamiento de la corteza y la apertura de la cuenca del paleozoico, que tiene como eje la actual cordillera oriental, a su vez en este periodo el territorio peruano fue sometido a un proceso de erosión, pleneplanización de los terrenos precambriana, donde como resultado de una plataforma que se extendió desde el escudo brasilero hasta la antigua cordillera de la costa.

En el Ordovícico, en este periodo se forma una cuenca, donde los mares ingresan, desarrollándose una sedimentación de pelitas a clásticas, formando una plataforma cubierta por un mar relativamente profundo. Los cuales dieron lugar a la Formación Contaya la cual se forma en un ambiente marino profundo como resultado de la subsidencia de la cuenca y posiblemente la actuación de corrientes de turbidez. De acuerdo a su litología, corresponden a niveles subneríticos especialmente a una profundidad por debajo de 2000 msnm. La acumulación de pirita cubica, los cuales fueron formados singeneticamente con la sedimentación, evidenciando un ambiente de aguas calmadas sin ninguna variación en las corrientes marinas.

En el devónico estuvo sumergido en aguas someras, se registra actividad volcánica sinsedimentarias. La formación tres lagunas se emplaza en ambiente sub-acuosa

caracterizada por las lavas almohadilladas, probablemente en un ambiente marino poco profundo donde el basamento en el que se emplaza (Complejo del Marañón).

La geoquímica indica que se trata de una corteza primitiva delgada o Rift, a través de conductos sobre una corteza continental muy delgada, donde los productos volcánicos salieron a través de conductos en un ambiente distensivo. A diferencia de los diques andesíticos, dacitas y riolitas que cortan esta formación. La geoquímica indica un marco tectónico de subducción y posiblemente están asociados al batolito de Pataz y los volcánicos lavasen.

La fase Eohercinica, está caracterizada por ser una tectónica de compresión que da lugar a plegamiento y aun metamorfismo regional con plutonismo sintectónico (batolito de Pataz).

Paleozoico superior

La tectónica Eohercinica llevo a una emersión total de las cuencas y a un profundo cambio en la paleogeografía, se forman cordilleras que a comienzos del carbonífero fueron sometidos a erosión, recortando a las series del paleozoico.

En un régimen de distensión, se produjeron durante este periodo, fallamientos normales con subsidencia de cubetas discontinuas, las que fueron rellenadas con clásticos fluviales y deltaicas que corresponden al Grupo ambo.

En el mississippiano superior, durante un corto periodo ingresan los mares de Norte a Sur a lo largo de la cordillera oriental formando una cuenca angosta (canal) que al parecer no llega a territorio boliviano, retirándose estos mares a fines del mississippiano.

El Grupo ambo se deposita mayormente bajo ambientes continentales próximos a la línea de costa con un lento hundimiento del terreno y pequeñas oscilaciones de mares transgresivos, favoreciendo al desarrollo de pantanos en los cuales se ha acumulado algo de material carbonoso. La geoquímica indica una relación evolutiva, generalmente

en la parte basal y sobre los sedimentos marinos proximales al Arco, se emplazan lavas de naturaleza basáltica andesítica y en los eventos superiores la presencia riolítica es más constante.

Mientras que las Formaciones Lavasen se emplaza en un ambiente subacuoso, relacionada a un ambiente marino somero que dieron lugar a lavas básicas de estructura almohadilladas asociadas a cuencas intra arco.

El pérmico es afectado por la fase tardiherciniana que han evidenciado un intenso plegamiento en el carbonífero y pérmico inferior, sobre el cual se han depositado en discordancia angular molasas continentales del pérmico superior (Grupo Mitu). Las cuales indican un cambio de litología radical que se da al pasar del pérmico inferior al pérmico superior, pues de una facie marina (Grupo Copacabana) se pasa a una facie continental (Grupo Mitu)

En el pérmico superior se produjo una intensa erosión de las áreas levantadas y rellenando de las áreas negativas con una secuencia molásica rojiza (Grupo Mitu), teniendo como agente de acarreo de corrientes fluviales. Las continentales eran depresiones intramontañas, formadas durante la fase tardihercinica.

Se dio un intenso magmático que se manifiesta como vulcanismo ácido a intermedio, cuyos focos en gran medida se ubican al este de la cordillera oriental. Está ligado a un fracturamiento que caracteriza a la corteza en este periodo lo cual indica un régimen distensivo.

En la parte central del Perú se han observado que entre las capas rojas del Grupo Mitu y Pucara del triásico superior existe una discordancia que indica que entre estas dos secuencias sedimentarias se produjeron movimientos conocidos como fase finihercinica, esta fase produjo fallamientos en bloques y desplazamiento importantes asociados a una tectónica distensiva, definiéndose estructuras de tipo fosas y pilares tectónicos a lo largo

de un fallamiento transversal de rumbo NNE-SSE, los bloques son cortados por un fallamiento trasversal de rumbo NEE-SOO, cuyo origen profundo, es ciertos casos, hace pensar en un fallamiento de zócalo, por donde posiblemente se dio la migración de los magmas durante el mesozoico

En este periodo se dio dos procesos la primera es esencialmente de hundimiento (Gp Pucara) caracterizada por una sedimentación marina profunda, con características transgresivas, zonas poco profundas (plataformas).

En el triásico superior, el mar penetra en territorio peruano por el norte y por el sur. La trasgresión más importante viene del Norte y llega paulatinamente hasta cerca de Abancay formando un golfo. A la altura de Bagua mar se extendía hasta la margen occidental. Donde se dio la actividad volcánica como producto proceso de subducción que para entonces se iniciaba. En la región oriental la cuenca era profunda, como consecuencia de un proceso de hundimiento al Este de la Cordillera Oriental ocasionando por fallamientos NO-SE y N-S durante la tectónica tardihercínica

Durante el cretácico inferior la sedimentación del Grupo Goyllarisquizga fue de llanuras bajas proximales al mar afectado por la acción de corrientes fluviales formando amplios bosques para la formación de capas de carbono. Esta sedimentación tiene lugar en cuencas y cubetas controladas por movimientos oscilatorios verticales a lo largo de fallamientos longitudinales heredadas de la tectónica Hercínica y de movimientos Nevadianas que levantan bloques levantados y hundidos.

Durante este periodo los mares fueron someros, extendiéndose de un área positiva en la margen oeste de la cordillera Oriental, la misma que permaneció emergida, a lo largo del mar interior en la parte Occidental se formaron varias cuencas separadas por paleorelieves, en la que transgresiones y regresiones dieron lugar a cambios de las facies (Grupo Goyllarisquizga).

Emplazamiento de las tierras rojas de la formación chota. Se dio una actividad erosiva dando lugar a los depósitos molásicos (Formación Chota), que estas están ampliamente distribuidos al largo de toda la región interandina. Cubren con discordancia a los sedimentos marinos mesozoicos.

A lo largo de la margen oriental, los productos de la erosión de la faja orogénica deformada y levantada fueron acumulados en una cuenca de subsidencia angosta.

Los niveles de conglomerados y discordancias menores dentro de las capas rojas reflejan un activo levantamiento en las áreas de aporte durante la deposición. Finalizando en el Eoceno se dieron fuerte deformación compresional, evidenciadas por plegamientos que afectaron a las capas rojas, así como fallamientos inversos.

La glaciación afecta en la parte alta de la cordillera oriental, imprimiendo una acción erosiva en la cabecera de los valles formando cañones, arrastrando y transportando al mismo tiempo materiales en grandes volúmenes, los que se han ido acumulando en las estribaciones bajas formando los pies de monte, los abanicos aluviales.

## **2.7 MARCO TEÓRICO**

### **2.7.1 ROCAS METAMÓRFICAS**

#### **2.7.1.1 FILITA**

De estructura laminar plana u ondulada, producida por la orientación de filosilicatos.

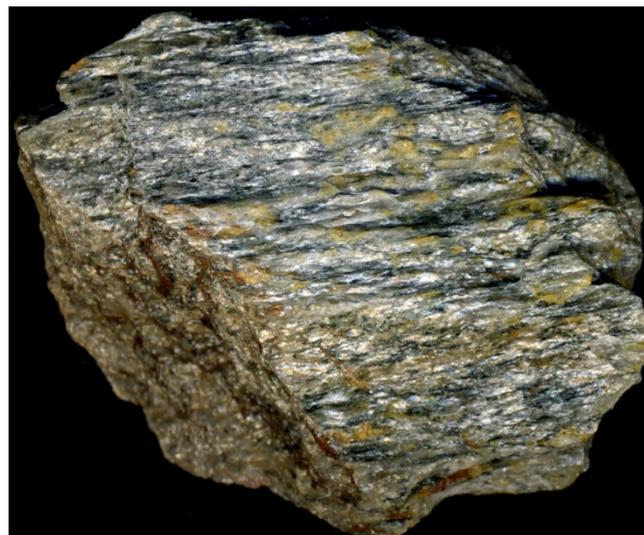
Está compuesta por cristales finos de moscovita, clorita, cuarzo, talco y albita. Suele confundirse con el esquisto o la pizarra por la gradación intermedia. No obstante, se diferencia del esquisto por su textura, y de la pizarra por su color, brillo, sedoso y tacto untuoso. Los minerales que forman la pizarra son más pequeños y la hacen más compacta, pero es de tacto áspero y no brilla [ CITATION Roc14 \l 10250 ].



*Figura N° 6. Filita  
(Fuente Thinglink).*

#### **2.7.1.2 ESQUISTO**

Del grupo de los silicatos, caracterizada por el apilamiento de minerales planos, alargados y alineados. Está compuesta principalmente por mica, grafito, clorita, talco y hornblenda, continuados de cuarzo y minerales tecto y aluminosilicatos. Su estructura foliada permite la separación o corte de finas capas de la misma dimensión de la pieza [ CITATION Roc14 \l 10250 ].



*Figura N° 7. Esquisto  
(Fuente Thinglink).*

## 2.7.2 ROCAS ÍGNEAS

### 2.7.2.1 MONZOGRANITO

El monzogranito se distingue como un subtipo dentro del término de clasificación general del granito. Anteriormente este tipo rocoso (monzogranito) se denominó adamellita, quedando el nombre de granito reservado para rocas que se proyectan en el actual campo del sienogranito. Actualmente se recomienda abandonar el uso del término adamellita. Aunque la diferencia entre un monzogranito y un sienogranito es el porcentaje relativo de plagioclasa y feldespato potásico (mayor cantidad de plagioclasa en el monzogranito), normalmente el monzogranito posee un índice de color mayor que el sienogranito [CITATION Pet15 \l 10250 ].



*Figura N° 8. Distinción del Monzogranito de grano medio*

*Se observa dos monzogranitos biotíticos de grano medio. El mineral gris de brillo vítreo escuarzo, los minerales claros son feldespato potásico y plagioclasa y el mineral máfico (negro) es principalmente biotita. El de la izquierda posee un índice de color ligeramente mayor que el de la derecha.*

*(Fuente Petroigneia wordpress).*

### 2.7.2.2 GRANITO

Presenta una formación y textura cristalina visible. Se compone de feldespato (en general feldespato de potasio), cuarzo, con una cantidad pequeña de mica (biotita o moscovita) y de algunos otros minerales accesorios como circón, apatito, magnetita, ilmenita y esfena.

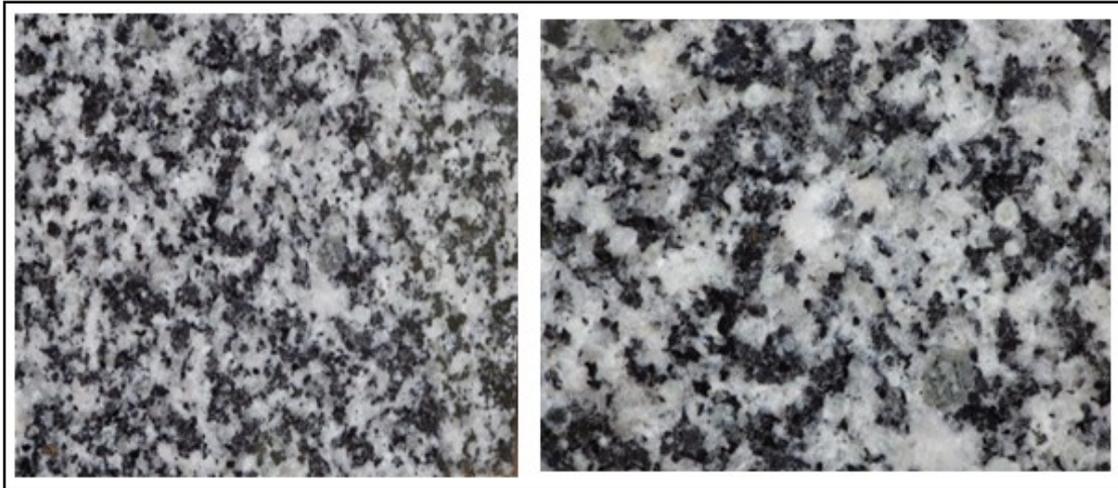
El feldespato de potasio da a la roca un tono rojo o de color carne. El granito se forma a partir de magma enfriado de forma muy lenta bajo la superficie terrestre, lo que posibilita la cristalización de los minerales. Velocidades de enfriamiento muy lentas dan lugar a una variedad de grano grueso llamada pegmatita. El granito, junto a otras rocas cristalinas, constituye la base de las masas continentales y es la roca intrusiva más común entre las expuestas en la superficie terrestre. La densidad del granito varía entre 2,63 y 2,75 g/cm<sup>3</sup>. Su resistencia a la presión se sitúa entre 1.000 y 1.400 kg por cm<sup>2</sup>. Es más duro que la arenisca, la caliza y el mármol, y su extracción es, por tanto, más difícil.



*Figura N° 9. Granito biotítico.*

### **2.7.2.3 GRANODIORITA**

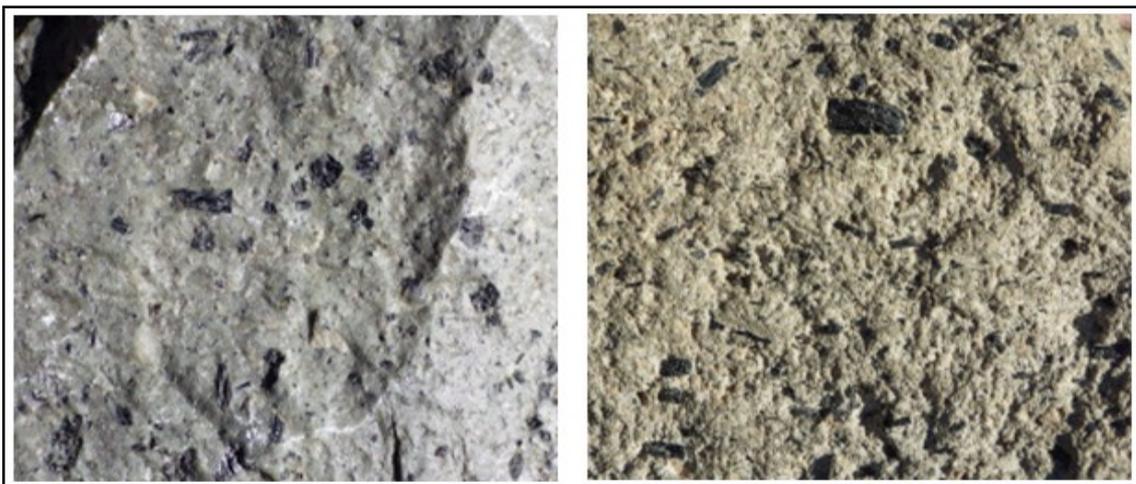
La granodiorita está compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa (normalmente oligoclasa o andesina), feldespato potásico en un porcentaje subordinado a la plagioclasa y como máficos más frecuentes biotita y anfíbol. El índice de color de esta roca (5-25 %) suele ser ligeramente superior al del monzogranito [CITATION Pet15 \l 10250 ].



*Figura N° 10. Granodiorita con textura equigranular de grano medio. El cuarzo es el mineral gris de brillo vítreo, y los feldespatos son los minerales blancos. El máfico principal de esta roca es labiotita (Fuente Petroigne wordpress).*

#### 2.7.2.4 ANDESITA

La andesita es una roca volcánica caracterizada normalmente por una textura con abundantes fenocristales de plagioclasa entre los félsicos y anfíbol, o entre los máficos. Aunque modalmente el QAPF proyecta andesitas y basaltos en el mismo campo composicional, el índice de color y la presencia de vidrio abundante (no muy habitual en basaltos), permite diferenciar ambos tipos litológicos en muestra de mano [ CITATION Pet15 \l 10250 ].



*Figura N° 11. Andesíta de textura porfídica la matriz clara hace más difícil la distinción de los fenocristales de plagioclasa, la presencia de prismas de anfíbol marca una dirección de flujo igneo (derecha-izquierda)*

(Fuente Petroigneia wordpress).

#### 2.7.2.5 BASALTO

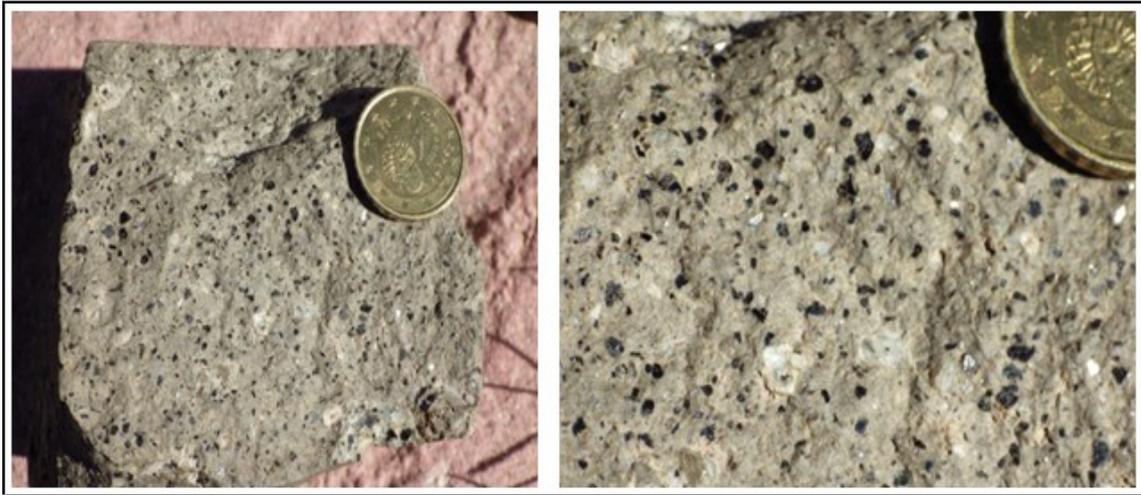
Compuesta fundamentalmente por plagioclasa cálcica y piroxeno (ortopiroxeno o clinopiroxeno). A nivel de clasificación cae en el mismo campo que las andesitas en el diagrama QAPF, pero se diferencian claramente de éstas por su mayor índice de color. Los basaltos pueden contener cantidades menores tanto de cuarzo como de olivino o feldespatoides.



*Figura N° 12. Basalto de textura porfídica muestra cristales de olivino  
(Fuente Petroigneia wordpress).*

#### 2.7.2.6 DACITA

La dacita es una roca volcánica que puede ser muy similar a la riolita en muestra de mano. El término riodacita se emplea de hecho a veces para indicar una roca cuya composición a-priori podría ser la de cualquiera de las dos. La dacita está compuesta por fenocristales principalmente de cuarzo y plagioclasa sódica, englobados en una matriz vítrea o microcristalina. Es frecuente la presencia de fenocristales de minerales máficos como la biotita, el anfíbol o, menos frecuentemente, el piroxeno. Sus equivalentes plutónicos son la granodiorita y la tonalita [CITATION MarcadorDePosición1 \l 10250 ].



*Figura N° 13. Dacita de textura porfídica  
Se muestran fenocristales de cuarzo, plagioclasa y biotita en una matriz afanítica. El detalle de la imagen derecha permite diferenciar el brillo vítreo del cuarzo, el tono claro de los feldespatos (plagioclasa) y las placas negras de biotita  
(Fuente Petroigneia wordpress).*

### 2.7.3 ALTERACIONES HIDROTERMALES

#### 2.7.3.1 POTÁSICA

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal progradada, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son cuarzo-feldespato potásico-biotita-magnetita.

Se forman en condiciones de Alta temperatura  $> 600^{\circ}\text{C}$  y condiciones de alta salinidad.

La interacción con la fase de fluido residual desarrollado desde una masa ígnea casi consolidada resulta en una serie de cambios post magmáticos, o subsólidos, ya sea dentro de los cuerpos ígneos y en las rocas del basamento circundantes, estos son inicialmente fluidos de alta temperatura, los cuales son derivados desde un líquido en su última etapa de cristalización y ellos resultan en el crecimiento subsólidos de los nuevos minerales y las reacciones de intercambio. Los procesos de subsólidos incluyen; (1) las reacciones de intercambio de base en los feldespatos, especialmente K por Na; (2) los cambios en el estado estructural de los feldespatos; (3) la microclinización; (4) crecimiento de las micas trioctaedrales.

Los fluidos alcalinos y altamente salinos se desarrollan durante las etapas finales de consolidación de una masa ígnea, resultando en la alteración potásica ampliamente dispersa, característicamente el metasomatismo alcalino involucra el reemplazamiento de los feldespatos y cuarzo por los feldespatos potásicos. Anfíboles reemplazados por biotita secundaria (shreddy) Deposición común de hierro (Generalmente como Magnetita) y Cobre (como Sulfuros de Cu – Fe) [CITATION Sil95 \l 10250 ].

### **2.7.3.2 FILICA**

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal retrograda, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son cuarzo-sericita-pirita.

Se forma en condiciones de baja a moderada temperatura 300°C a 400°C, y en condiciones de baja salinidad. Las fases minerales usualmente asociadas con alteración fílica son los feldespatos potásicos, caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhidrita y apatita. Esta alteración gradada hacia el tipo potásico mediante el incremento de cantidades de feldespato potásico y/o biotita, y hacia el tipo argílica mediante el incremento de minerales de arcilla, el incremento de las cantidades de topacio, turmalina, cuarzo y zunyita anuncian una transición hacia la alteración del tipo greisen. La sericita se refiere a las micas blancas dioctaedrales granular fino (moscovita, paragonita, phengita, fuchsita, roscoelita), a pesar de que las sericitas no son marcadamente diferentes de las moscovitas, ellas son reportadas en tener contenidos más altos de SiO<sub>2</sub>, MgO, y H<sub>2</sub>O y contenidos más bajos de K<sub>2</sub>O. La alteración sericítica fundamentalmente es debida a la desestabilización de los feldespatos en presencia de H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, K, y S, para formar cuarzo, mica blanca, pirita y algo de calcopirita, en el proceso el Na, Mg, Ti, Fe, K son lixiviados hacia afuera [CITATION Sil95 \l 10250 ].

## **2.7.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA GEOQUÍMICA**

Los parámetros del ambiente geoquímico que determinan las fases minerales que son estables en un punto determinado son la presión, la temperatura y la disponibilidad de componentes químicos más abundantes [ CITATION Vás09 \l 10250 ].

### **2.7.4.1 DISPERSIÓN GEOQUÍMICA**

Es la capacidad de migración de un elemento desde su origen hacia otro ambiente a través de diferentes procesos fisicoquímicos y mecánicos. También se define como el movimiento fisicoquímico que sufren los elementos al pasar de un ambiente geoquímico a otro; esto se refiere también a los procesos de transporte o fraccionamiento de los elementos [CITATION Hug07 \l 10250 ].

### **2.7.4.2 DISPERSIÓN QUÍMICA**

La contribución de procesos químicos a través del intemperismo, comprende sobre todo una diferenciación del material en varias fracciones de movilidad. Se puede dividir los elementos en: inmóviles que son los insolubles y los móviles que son los solubles [CITATION Qui17 \l 10250 ].

### **2.7.4.3 DISPERSIÓN PRIMARIA.**

Está caracterizada por las condiciones de profundidad de altas presiones y temperaturas cuyos productos quedan reservados en rocas ígneas metamórficas o hidrotermales [CITATION Hug07 \l 10250 ].

### **2.7.4.4 DISPERSIÓN SECUNDARIA.**

Son las condiciones prevalecientes en la superficie terrestre consistente de baja temperatura y presiones en la cual los procesos de dispersión secundaria son resalantes [CITATION Hug07 \l 10250 ].

### **2.7.4.5 ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS**

Se manifiestan en general por las condiciones de formación, mostrando asociaciones de características en cualquier condición geológica, tales como rocas ígneas particulares, rocas sedimentarias y ciertas menas, esto es porque algunos elementos pueden viajar juntos durante los procesos ígneos y metamórficos, pero que pueden separarse durante el ciclo de meteorización [ CITATION Vás09 \l 10250 ].

#### **2.7.4.6 ELEMENTO INDICADOR**

Elemento indicador, indicador directo o elemento blanco “Target element” se refiere a uno de los elementos principales del depósito mineral que se espera encontrar [CITATION Tre14 \l 10250 ].

#### **2.7.4.7 MUESTREO GEOQUÍMICO**

El muestreo geoquímico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada. La cantidad de material debe estar adecuada a la finalidad del muestreo, a los requerimientos analíticos y a la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones[ CITATION Gal06 \l 10250 ].

Partiendo del principio conocido que una muestra es una porción pequeña representativa de un conjunto o masa mayor, se deduce teóricamente al menos que esa pequeña porción debe reunir las mismas características y propiedades del material representado y estar de acuerdo con el grado de exactitud requerido en base a la calidad y al número de muestras [ CITATION Bla85 \l 10250 ].

#### **2.7.4.8 TIPOS DE MUESTRAS**

Los diferentes tipos de muestra constituyen el total de los datos sobre los que se apoya el análisis estadístico aplicado al cálculo de los parámetros geoquímicos, indispensables para la delimitación de zonas anómalas [CITATION Hug07 \l 10250 ]. Estos tipos de muestra son:

- **NORMALES**

Componen la mayoría de las muestras y son más sencillas de obtener, por su procedimiento estas pueden distinguirse por muestras tipo canal, rock chip, de mineral extraído, de sondajes de perforación.

- **CONTROL DUPLICADOS**

Se toman muestras pares en cada uno de los puntos correspondientes. Consiste en tomar pequeñas porciones en el punto y sus cercanías con las que se forman una muestra compuesta, luego es homogenizada, cuarteada y ensobrada [ CITATION Hug07 \l 10250 ].

- **CONTROL BLANCAS**

Son muestras que contienen determinada concentración conocida de los diferentes elementos químicos que se va a estudiar en el campo, con el fin de detectar alguna contaminación en el manipuleo y traslado de las muestras [ CITATION Hug07 \l 10250 ].

- **CONTROL ESTÁNDAR**

Muestras con la disposición de detectar el grado de contaminación durante el análisis en laboratorio químico, lo que podría determinar la confiabilidad del reporte de muestras obtenidas para su posterior validación a la hora de mencionar datos cuantificados del proyecto [ CITATION Cer15 \l 10250 ].

#### **2.7.4.9 ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ÓPTICA (OES)**

Este método constituye actualmente la principal herramienta analítica, tanto para la investigación geoquímica básica como para sus aplicaciones prospectivas y ambientales como señala [ CITATION Dha09 \l 10250 ]. Los electrones previamente excitados regresan a su estado normal de actividad (niveles inferiores), emitiendo energía o luz de longitud de onda característica. La cantidad de energía emitida es directamente proporcional a la masa del elemento.

#### 2.7.4.10 PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP)

El ICP es de la siguiente manera:

- Se nebuliza la muestra mediante un flujo de gas inerte (usualmente Ar).
- Se hace pasar el flujo por un campo magnético oscilante, que provoca el choque desordenado de los átomos del gas y se genera un plasma de muy alta temperatura.
- Los átomos de la muestra se excitan y algunos electrones pasan a niveles atómicos superiores.
- Al regresar a sus niveles originales, los electrones emiten energía de ciertas longitudes de onda características.
- Un analizador registra simultáneamente la energía emitida de múltiples longitudes de onda.

#### 2.7.4.11 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Los datos deben ser de calidad apropiada, representativos y la técnica de la medición para obtener los "números" debe tener la precisión adecuada. Este punto se dirige hacia la evaluación rigurosa de datos cuantitativos encontrados en la prospección de muestreo dando uso al énfasis al uso de métodos estadísticos. En algunos casos no será necesario o deseable continuar a los procedimientos interpretativos complicados, pues en la estadística no importa qué métodos complejos se utilicen, las variables individuales sus histogramas (funcionamiento de la densidad de probabilidad) y la magnitud que pueden usarse los métodos simples para entender la importancia de estas variables. Semejante comprensión lleva a un nivel más alto de confianza, para entender los métodos multivariados que podría ser el caso por otra parte [ CITATION Vás09 \l 10250 ].

#### 2.7.4.12 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON "R"

Describe la intensidad de la relación lineal entre dos conjuntos de variables a nivel de intervalo. El valor del coeficiente de correlación "R" puede tomar valores desde menos

uno hasta uno, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables. Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

#### **2.7.4.13 INTERPRETACIÓN DE “R”**

Es un valor que indica el grado de correlación existente en la ocurrencia de un ambiente determinado de dos elementos, este coeficiente está comprendido entre +1 y -1, pasando por el cero (0). Los valores cercanos a +1 y -1 indican una excelente correlación tanto como positiva como negativa de los elementos. Los valores cercanos a (0) indican que no existe correlación entre los elementos muestreados [ CITATION Sin86 \l 10250 ].

#### **2.7.5 MÉTODO GEOFÍSICO**

Es una de las técnicas más importantes porque permite investigar zonas sin acceso para el ser humano, tal es el caso del interior de la tierra. Además, a comparación de otros métodos que buscan yacimientos metalíferos (prospección, exploración) el costo para realizar este proceso es menos, y con un menor número de perforaciones que pueden llegar a costar un precio demasiado alto y con un menor riesgo. Existen varios métodos geofísicos los cuales aprovechan propiedades físicas de las rocas. Pero todos dan solamente informaciones indirectas, es decir nunca sale una muestra de una roca. Los resultados de investigaciones geofísicas son hojas de datos (números) que esperan a una interpretación. En esa búsqueda de yacimientos metalíferos pueden dar información sin hacer una perforación de altos costos. Para poder lograr grandes resultados y con un menor margen de error es necesario a menudo utilizar más de un método para lograr obtener la información deseada.

- **MAGNETOMETRÍA**

La prospección magnética es una técnica basada en la medida y estudio de las variaciones del campo magnético terrestre, obteniéndose medidas del valor total del campo magnético o bien, opcionalmente, del gradiente de dicho campo magnético. Estas variaciones, son debidas a la presencia de cuerpos susceptibles de ser magnetizados y que, por tal motivo, contribuyen a modificar el campo magnético terrestre [ CITATION Bac17 \l 10250 ].

- **INDUCCIÓN POLARIZADA (IP)**

El Método de la Polarización Inducida cuantifica las propiedades capacitativas de las formaciones geológicas o elementos, minerales, fluidos anómalos presente en el subsuelo que actúa como “mini-condensadores”. Estas formaciones podrían ser arcillas, los minerales anómalos podrían ser sulfuros diseminados, mientras los fluidos podrían ser representados por contaminantes tipo metales pesados [ CITATION Bac17 \l 10250 ].

- **LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA**

Cuando introducimos corriente eléctrica en el terreno, ésta se puede propagar de tres maneras diferentes a través del subsuelo: conducción dieléctrica (asociada a materiales muy poco conductivos o aislantes), conducción electrónica (asociada a materiales con electrones libres, i.e. los metales) y conducción electrolítica (asociada al movimiento de los iones presentes en el fluido intersticial del terreno).

La conducción electrolítica es el modo de propagación más importante, y en el que se basa los métodos de resistividad [ CITATION Bac17 \l 10250 ].

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN Y ACCESOS

El proyecto se ubica en la Cordillera Oriental de los Andes peruanos, aproximadamente a 7 Km en línea recta al Este del distrito de Tayabamba, capital de la Provincia Pataz, Departamento La Libertad, SE de la hoja de Tayabamba 17-i de la Carta Nacional y, a 30 Km en línea recta del SE de la unidad minera San Andrés, se ubica a una altura de 3700 a 4200 m.s.n.m.

*Tabla N° 1. Coordenadas de ubicación del prospecto.*

N°	EXTREMO	ESTE - WGS 84	NORTE - WGS 84
1	NO	249337	9093838
2	NE	259018	9093838
3	SE	259018	9080929
4	SO	249337	9080929

Las rutas de acceso al campamento Tomac del prospecto Verónica se detallan en la siguiente tabla:

*Tabla N° 2. Rutas de acceso al campamento Tomac.*

Via	Partida	Llegada	Distancia (Km)	Detalle	Tiempo
Aerea	Lima	Pias	450	-----	1 hr 15´
	Pias	San Andres	25	Afirmada-Carrozable	1 hr 30´
	San Andres	Campamento Tomac	85	Afirmada-Carrozable	3 hr 30´
	<b>Total Km</b>		<b>110</b>	<b>Total hr</b>	<b>6 hr 15´</b>
Terrestre 01	Lima	Chimbote	370	Autopista	7 hr 00´
	Chimbote	Sihuas	240	Carretera	5 hr 00´
	Sihuas	Campamento Tomac	162	Afirmada-Carrozable	6 hr 00´
	<b>Total Km</b>		<b>772</b>	<b>Total hr</b>	<b>18 hr 00´</b>
Terrestre 02	Lima	Trujillo	557	Autopista	9 hr 00´
	Trujillo	Huamachuco	176	Carretera	4 hr 00´
	Huamachuco	San Andres	200	Carretera	7 hr 00´
	San Andres	Campamento Tomac	85	Afirmada-Carrozable	3 hr 30´
	<b>Total Km</b>		<b>1018</b>	<b>Total hr</b>	<b>23 hr 30´</b>

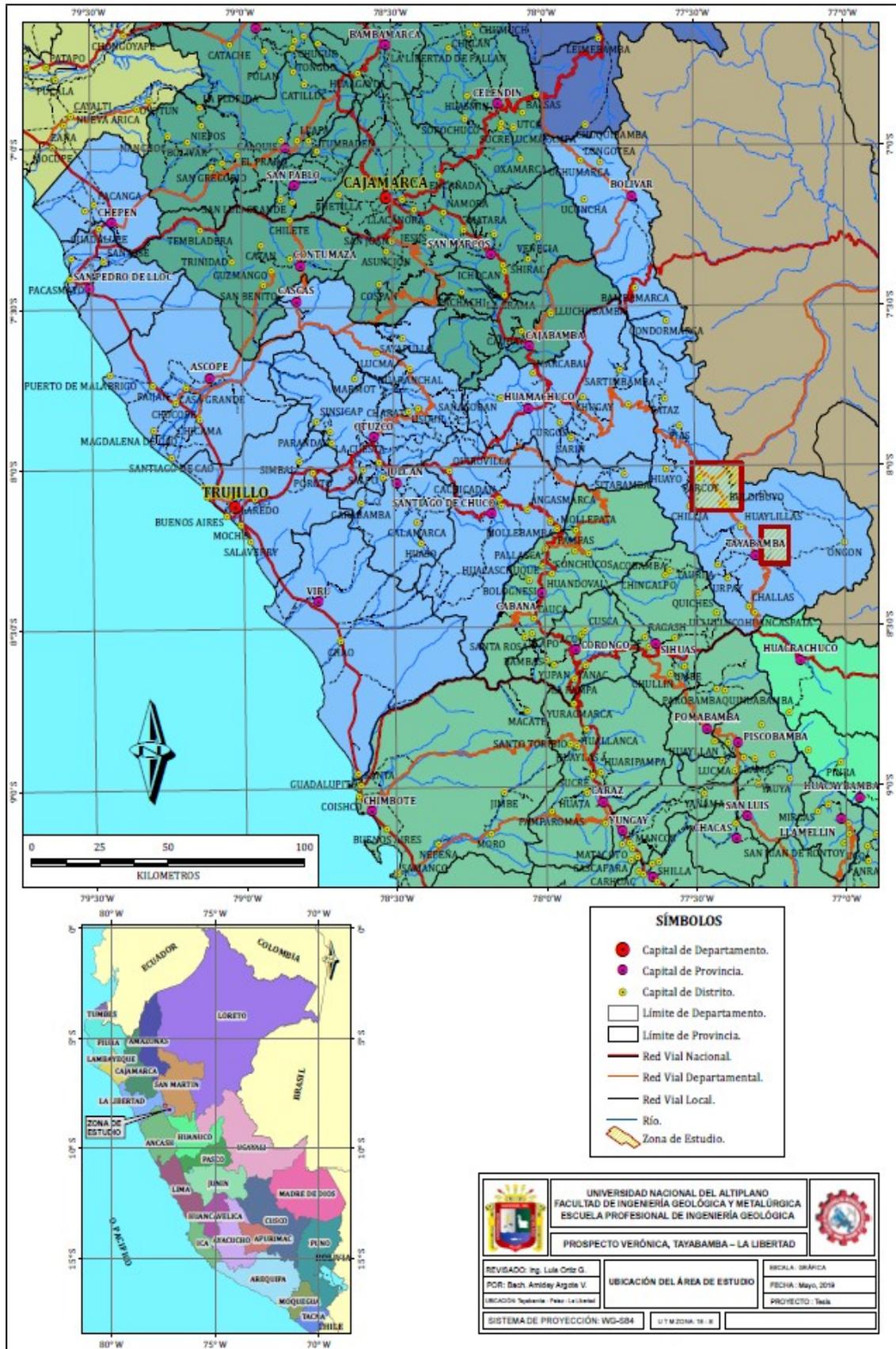


Figura N° 14. Ubicación del área de estudio.

## 3.2 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

### 3.2.1 CLIMA

En Tayabamba, los veranos son frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 2 °C a 15 °C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 18 °C.

La cantidad de precipitación varía de un sitio a otro debido a la influencia de factores topográficos locales. Según el mapa climático (Broggi, 1954) esta zona queda en la faja de precipitaciones variables entre 200 y 1000 mm anuales.

### 3.2.2 FLORA

La vegetación natural de la zona varía según el clima, topografía y elevación del terreno. Encima de los 3,700 m. existe la vegetación típica de la puna, que está limitada a algunas especies de hierbas. En los niveles inferiores aparecen pequeños arbustos y una cubierta escasa de hierbas. Por debajo de los 2,300 m. los arbustos son tan abundantes que hacen difícil el progreso fuera de los caminos de herradura, además los árboles son bastante comunes. Esta vegetación de arbustos y árboles bajos llega hasta la ribera del río Marañón.

La vegetación del área de estudio comprende plantas silvestres como el ichu, pastos naturales, etc. Cabe destacar que el ichu y los pastos naturales cubren gran parte de la extensión del terreno y que sirve como alimento para algunos animales silvestres y como pastoreo de animales domésticos.

También existe la vegetación cultivada por el hombre como son papa, olluco, eucalipto, cipres, molle, pino, etc. Cabe mencionar que la agricultura es la primera actividad productiva económica más importante de la zona y el sustento de muchas familias, se

tiene cultivos principalmente en la parte baja del área de estudio debido a la cercanía a la población, además que se tiene un relieve plano y pendientes suaves a comparación del relieve abrupto que se tiene en la zona de interés por las partes altas.

### **3.2.3 FAUNA**

En cuanto a la fauna silvestre observada en la zona y según la versión de los pobladores podemos mencionar los siguientes:

Entre los mamíferos más comunes tenemos: carnívoros (zorro, zorrillo y puma), rumiante (venado), roedor (vizcacha y ratón), entre las aves podemos citar al águila, halcón, gavilán, cernícalo, perdiz, picaflor, etc. Mientras que entre las especies domésticas mamíferos tenemos: vacuno (vaca y toro), equino (caballo, burro y mula), ovino, porcino, caprino, carnívoro (perro y gato), roedor (cuy), etc., y aves de corral (gallina, pato y pavo).

Destacamos que la ganadería es la segunda actividad económica más importante de la zona, después de la agricultura, que está conformado principalmente por el ganado vacuno y ovino que producen carne, leche y lana según sea el caso y además es una de las bases para el sustento de las familias.

### **3.3 DRENAJE E HIDROLOGÍA**

Está constituido por microcuencas que abarcan la mejor porción del prospecto Verónica, como es el caso de la microcuenca del río Cajas, esta forma ladera fuertemente disectadas por un drenaje subparalelo, los cuales forman terrenos escarpados y abruptos. Entre Huanapampa y Ucchupampa el valle se torna menos encañonados, se aprecia sedimentos no consolidados del cuaternario aluvial producto de la erosión de las rocas del neoproterozoico, paleozoicos, mesozoicas y de rocas intrusivas.

### 3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla de manera descriptiva, analítica e interpretativa, mediante la recolección de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa.

#### 3.4.1 TRABAJOS DE PRE CAMPO

- Recopilación de información y clasificación bibliográfica relacionados a la materia de investigación.
- Revisión de trabajos anteriores realizados en la zona de estudio, tales como: informes, mapas geológicos, mapas topográficos.
- Descarga de imágenes de mediana resolución.
- Manejo e instalación de software.
- Preparación de planos, mapas y formatos para la toma de datos.
- Compilados de material para la extracción de muestras.

#### 3.4.2 TRABAJOS DE CAMPO

Básicamente se realizó trabajos de reconocimiento a nivel distrital con el fin de analizar y definir las probables zonas con acumulación de mineral aurífero que resulten factibles para su posterior exploración al detalle.

- Verificación e identificación de la zona investigada.
- Cartografiado geológico a escala semi detallada 1/10,000, para obtener los datos de identificación litológica, distinción mineralógica, lineamientos estructurales, estructuras vetiformes, contactos litológicos y símbolos que conlleva a cada uno de los parámetros mencionados, como: rumbo, dirección de buzamiento, estratificación, potencia de estructura, cinemática de las fallas y descripción de estructura localizadas, lo cual nos permitió detectar blancos para su muestreo geoquímico.

- Extracción de muestras para su análisis geoquímico ICP

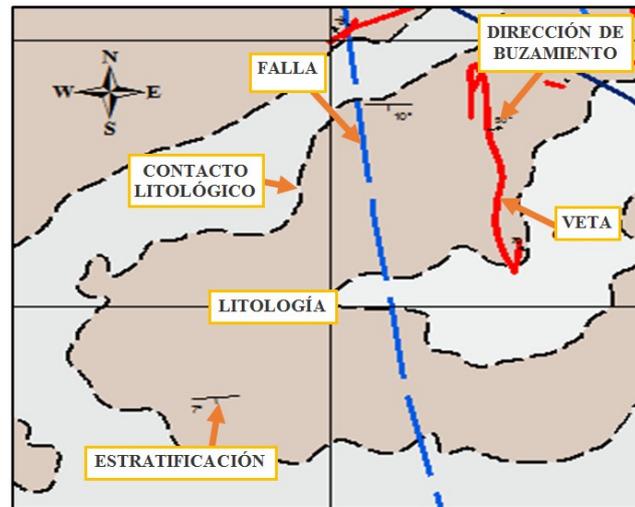


Figura N° 15. Consideraciones para el cartografiado geológico.

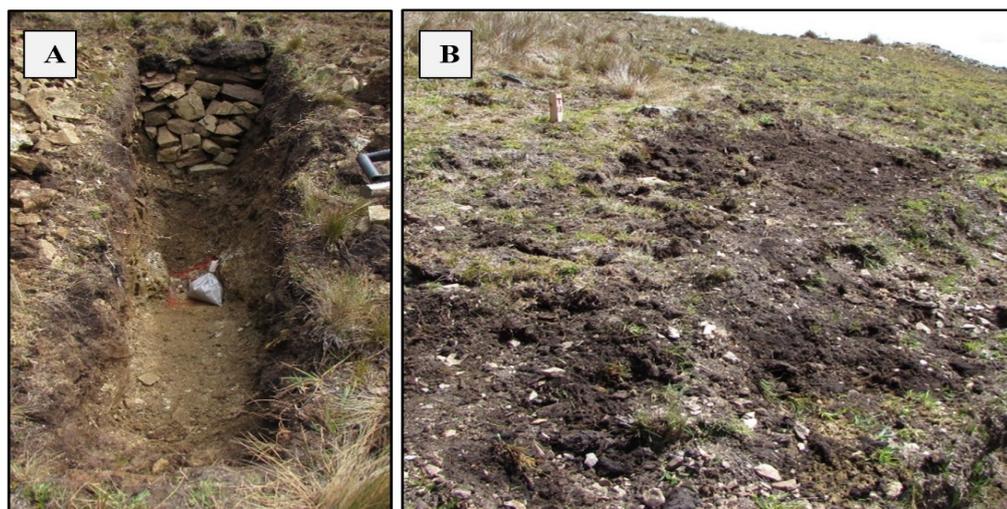


Figura N° 16. Método de obtención de muestra geoquímica  
 A) Trinchera, toma de datos y marcado del canal. B) Codificación y remediación de la trinchera.

Cumpliendo el procedimiento de extracción de muestras geoquímicas, se mantuvo capacitado al personal técnico encargado de esta función, teniendo constantemente en cuenta la no contaminación, lo que nos mantuvo al tanto para obtener la proximidad de una medición a un valor real o aceptado como apropiado “exactitud”, minimizando

resultados de una medición en condiciones similares “precisión”. Para salvaguardar el proceso de muestreo se insertó muestras de control, duplicados y blancos.

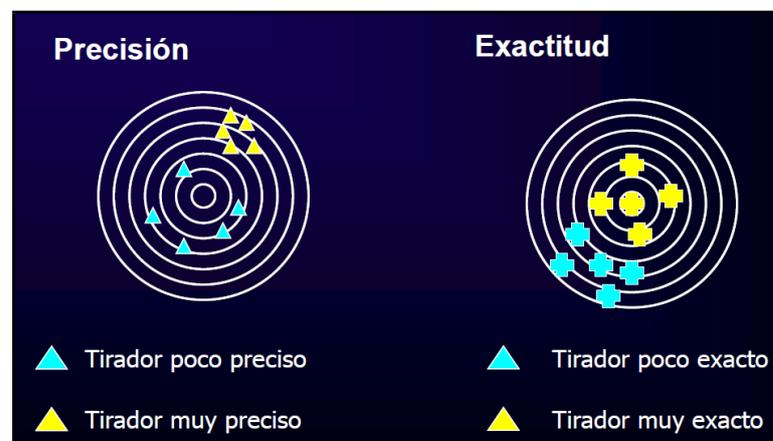


Figura N° 17. Parámetros para el aseguramiento de calidad de muestra [ CITATION ASM12 \l 10250 ].

- Levantamiento de puntos de control topográficos dentro del área investigada para la toma de imagen satelital y su óptimo orto rectificación de la misma.



Figura N° 18. Puntos de control topográfico “PC-#” y grabado en material de concreto.

### 3.4.3 TRABAJOS DE POST CAMPO

Dentro de las actividades realizadas se efectuaron los respectivos trabajos en gabinete que principalmente han sido: interpretación de la información, correlacionar las

estructuras encontradas, digitalización de mapas y/o planos, planteamiento de trabajos y redacción de documentos.

### 3.4.3.1 DETERMINACIÓN GEOLÓGICA

- Generación de mapas geológicos.
- Generación de mapa estructural.
- Plano de muestras geoquímicas.
- Elaboración de secciones geológicas.
- Plano de propuesta geofísica y perforación diamantina.

### 3.4.3.2 PROCESAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE MUESTRAS

En base a los reportes de leyes alcanzados por el laboratorio J. Ramón del Perú S.A.C., los cuales confirman la presencia de oro (Au) asumido, en estructuras vetiformes, por ello el interés de continuar con la etapa de exploración.

Se tomaron muestras he insertaron muestras de control para su análisis ICP mediante el método de lectura adsorción atómica “AA” con límites de detección: para Au 0.005 ppm y Cu 1 ppm (en caso haya excedido los 10000 ppm se remuestreo mediante el método de digestión agua regia “AR”). Se extrajo un total de 414, distribuidos en las 13 zonas distinguidas.

*Tabla N° 3. Cuantificación de muestras.*

N°	SECTOR	LABORATORIO	CANAL	CONTROL			TOTAL
				DUPLICADOS	BLANCOS	ESTANDARES	
1	Potrero	J. Ramon del Perú SAC	6	0	0	0	6
2	Laguna Tapada	J. Ramon del Perú SAC	49	3	2	0	54
3	Laguna Negra	J. Ramon del Perú SAC	45	2	2	0	49
4	El Bronce	J. Ramon del Perú SAC	73	2	5	0	80
5	Monserat	J. Ramon del Perú SAC	44	3	1	0	48
6	Satata Icuero	J. Ramon del Perú SAC	118	6	5	0	129
7	Cruz Grande	J. Ramon del Perú SAC	7	0	0	0	7
8	La Zorra	J. Ramon del Perú SAC	21	1	1	0	23
9	Eli Baca	J. Ramon del Perú SAC	2	0	0	0	2
10	Totora - Totorita	J. Ramon del Perú SAC	10	0	0	0	10
11	Cerro Puas	J. Ramon del Perú SAC	2	0	0	0	2
12	Culluna 1	J. Ramon del Perú SAC	1	0	1	0	2
13	Culluna 2	J. Ramon del Perú SAC	1	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>			<b>379</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>414</b>

### 3.4.3.3 REDACCIÓN DEL DOCUMENTO FINAL

Se llevó a cabo de acuerdo al “Formato borrador de tesis 2017” establecido por el Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

## 3.5 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos utilizados para el estudio de investigación han sido cuidadosamente seleccionados en cuanto a su calibración y calidad, puesto que definieron los parámetros del cartografiado geológico y obtención de muestras para su análisis geoquímico, estos son:

- GPS Garmin 60 S.
- Brújula acimutal, marca Brunton.
- Distanciómetro métrico, marca Leyca.
- Cámara fotográfica de 12 mega pixel, marca Lumix.
- Lupa de 20 de aumento, marca Iwamoto.
- Lápiz con péndulo, rayador y cabeza imantado.
- Tablero de aluminio porta objetos A4.
- Martillo de geólogo de 14 onzas.
- Ácido Clorhídrico (HCL)
- Protactor de con escalas de 1/1000 y 1/500.
- Bases topográficas del IGN.
- Colores de cera Faber Castell.
- Lápices portamina (0.5 y 0.35 mm), marca Rotring.
- Papel herculene milimetrada A4.
- Bolsas de muestreo (20 x 40cm)
- Tarjetas de codificación para muestras.

- Equipos de protección personal (EPP).
- Computadora portátil, marca Toshiba.
- Software's GIS (ArcGis 10.0, Mapinfo pro, Strater 4, Global Mapper 16 Envi, AutoCad 16).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 SECTORES PROSPECTIVOS

De acuerdo a situaciones comunitarias, puesto que el acceso a sectores en algunos casos nos es limitado y empleando la información obtenida de la toma de muestras de las estructuras y reconocimiento de las mismas, se han definido 13 sectores, de los cuales 06 son diferenciados como principales para priorizar trabajos de exploración (Ver anexos, Lamina 04).

*Tabla N° 4. Relación de sectores identificados.*

N°	SECTOR	TIPO
1	Potrero	Principal
2	Laguna Tapada	Principal
3	Laguna Negra	Principal
4	El Bronce	Principal
5	Montserrat	Principal
6	Satata Icuro	Principal
7	Cruz Grande	Secundaria
8	La Zorra	Secundaria
9	Eli Baca	Secundaria
10	Totora - Totorita	Secundaria
11	Cerro Puas	Secundaria
12	Culluna 1	Secundaria
13	Culluna 2	Secundaria

#### 4.1.1 LITO-ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Las unidades lito-estratigráficas del prospecto Verónica se emplazan en edades desde el Paleozoico al reciente, mostrando con ellos diversos eventos geológicos acaecidos en la zona hasta la fecha. (Ver anexos, Lámina N° 02), el estudio lito-estratigráfico ha sido corroborado por diversos estudios petrominerales realizados por la empresa.

##### 4.1.1.1 COMPLEJO MARAÑÓN (NP-cm)

Aflora en el proyecto cubriendo alrededor de un 50% de la zona de estudio, ha sido evidenciado en los cerros Icuro, Satata, Monserrat y zona baja de los cerros El Bronce y Potrero, es ampliamente conocido por ser el basamento litológico regional (Neoproterozoico), localmente infrayace a rocas volcánicas de la formación Tres Lagunas (Ver anexos, Láminas 5-6-7-8), litológicamente está integrado por filita de tonalidad verdosa con abundante segregación de sílice (blanca a hialina en ocasiones con moderada Py cubica diseminada en los bordes), presentando en algunos casos valores anómalos de Au.

- **Proceso de segregación de cuarzo:** El proceso de segregación es una serie de estadios fisicoquímicos por los cuales hay migración de iones desde un lugar de mayor concentración hacia uno de menor concentración debido a P y T°, en la Figura N°19 se puede apreciar el proceso completo, cabe mencionar que hasta el proceso C correspondería netamente a un sistema tipo orogénico.

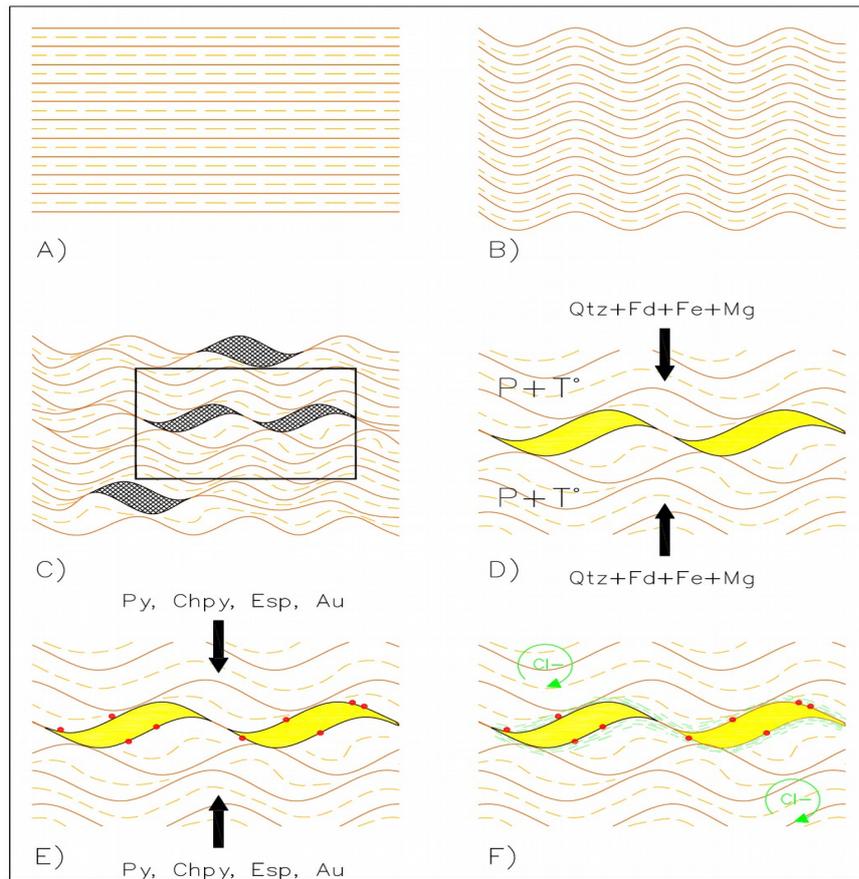


Figura N° 19. Proceso de segregación de cuarzo y iones metálicos

A) Se inicia el apilamiento de material sedimentario fino, B) Procesos tectónicos generan disturbaciones en la secuencia sedimentaria, C) El continuo tectonismo produce zonas de apertura dentro de las secuencias a manera de cavidades interestrato, D) Los diferentes procesos previos generan P+T°, obligando a los iones a migrar de un lugar de mayor concentración a uno de menor concentración para lograr equilibrio, siendo los principales sílice y feldespatos, E) luego precipitarían iones metálicos como pirita, chalcopirita, especularita y en ocasiones oro F) Finalmente, la recirculación de aguas meteóricas, sellarían los contactos con abundante presencia de clorita [ CITATION MAR17 \l 10250 ].

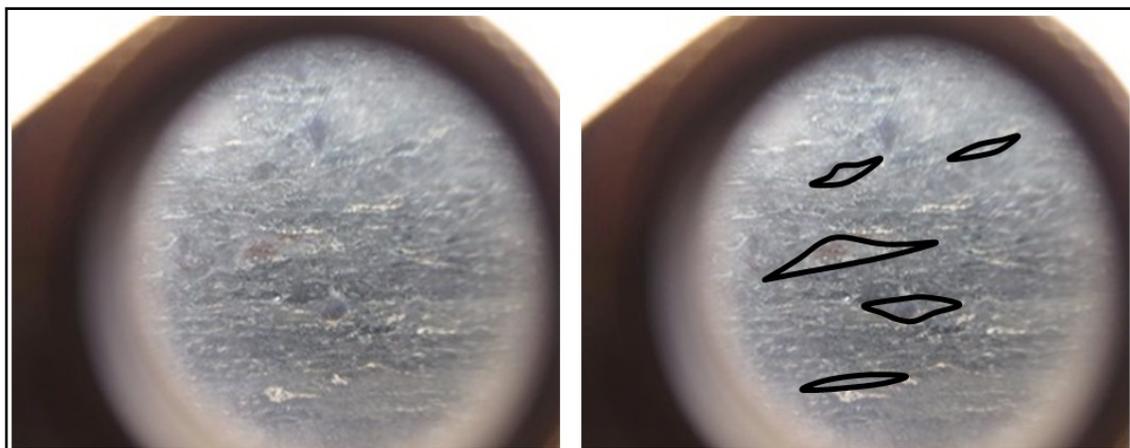


Figura N° 20. Infiltración de sílice y Fd a cavidades producidas por apertura tectónica.

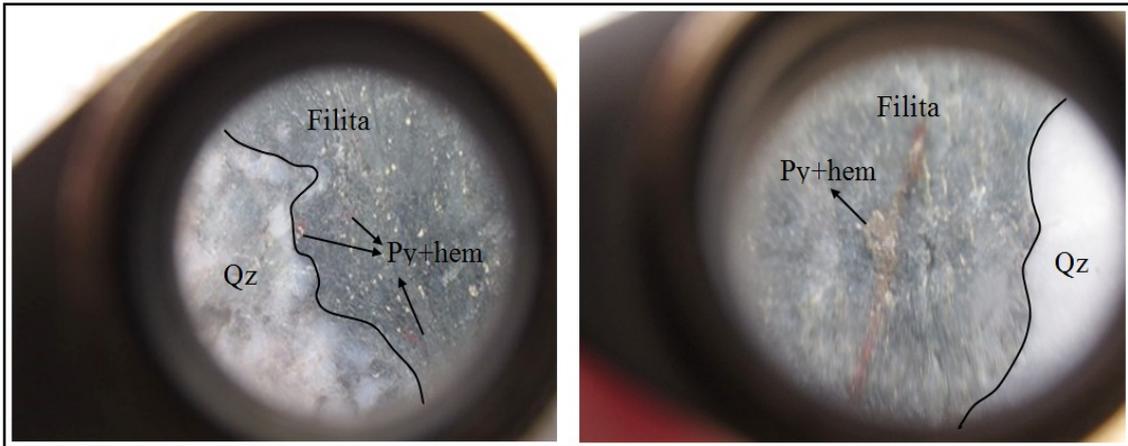


Figura N° 21. Precipitación de sulfuros en los contornos del cuarzo de segregación.

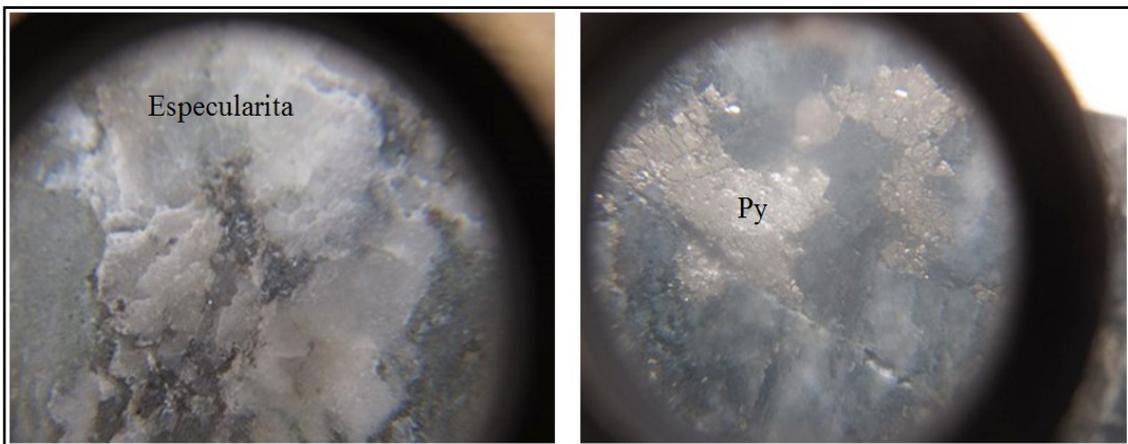


Figura N° 22. Especularita en bordes de Qz, presencia de Py fina diseminada y en parches.

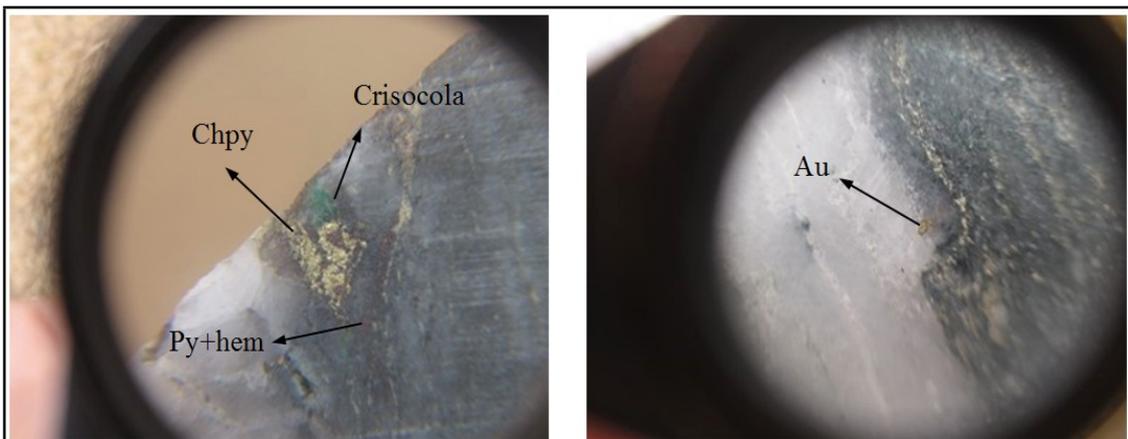


Figura N° 23. Parches de chalcopirita y crisocola, punto aislado de Au libre.



Figura N° 24. Plegamientos y presencia de cuarzo de segregación.

#### 4.1.1.2 FORMACIÓN TRES LAGUNAS (Ds-tl)

Esta formación ha sido cartografiada en la zona norte del proyecto, sobre los cerros El Bronce y el Potrero, también ha sido reconocida en el margen Sur de la quebrada La Caldera y al SE del sector denominado “Eli Baca”. Debido a su antiguo relacionamiento a procesos eruptivos del Grupo Ambo, ha sido posicionada por relaciones de campo en el Silúrico-Devónico [CITATION ING06 \l 10250 ], consta de potentes bancos de andesita basáltica con presencia de estructura almohadilla, vesículas de desgasificación y textura afanítica. La formación por sus características de evidenciadas en campo, tendría un origen basado en la generación de rocas ultramáficas por un rift intracontinental abortado, este se habría generado previo a la elevación del Complejo Marañón (*Nevadiano*) existiendo en ese entonces una cuenca marina donde actualmente se emplaza la Cordillera Oriental, he aquí la importancia prospectiva de esta unidad a la formación de “Sulfuros Masivos Volcanogénicos” que debería de ser investigada en el futuro por la empresa.

La Formación Tres Lagunas hospeda a las Vetas Yanapaccha y tensionales (*en su tramo Norte*), evidenciándose también estructuras mineralizadas menores en estas rocas.

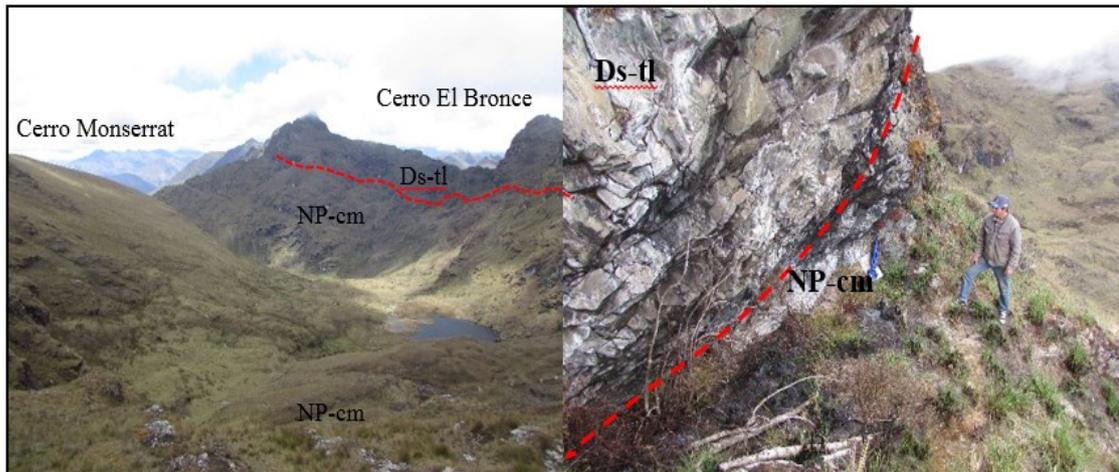


Figura N° 25. Fm. Tres Lagunas suprayaciendo al Complejo Marañón en el cerro El Bronce.



Figura N° 26. Estructuras almohadilladas, vesículas de desgasificación, cerro El Potrero.

#### 4.1.1.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos cuaternarios cubren aproximadamente un 50% de la superficie del prospecto, predominando los Cuaternario aluviales (Q-al), asimismo se ha podido evidenciar cuaternarios coluviales (Q-co) en el cerro Icuro y depósitos fluviales y morrénicos (Q-fl, Q-mo) en las inmediaciones de la Laguna Negra. La presencia de bofedales (Q-bo) en quebradas como Icuro, Satata y la Quebrada Seca se caracterizan por presentar estos depósitos, los cuales son aprovechados para la crianza de animales.

#### 4.1.1.4 INTRUSIVOS

La presencia de intrusivos no ha sido evidenciado directamente sobre la zona de trabajo, estos se encuentran al NE de la zona de estudio controlados por las fallas Totorita y Uchus, sin embargo, se interpreta que estos se encuentran infrayaciendo a rocas del Complejo Marañón, quedando esta última a manera de un techo colgante “roof pendant”, esto debido a lo hallado al Este del sector denominada “Totoritas” y más al Norte, donde se aprecia Monzogranito (Ver Tabla N° 6) intruyendo al Complejo Marañón y direccionándose hacia el O, se podría corroborar este comportamiento con los resultados de la Geofísica “Magnetometría”.

El emplazamiento de los cuerpos intrusivos se habría dado por las diversas fallas tipo Graben originadas durante la presencia del Rift intra-continental, esto habría aportado el canal de emplazamiento necesario para los procesos de intrusión.

Actualmente conocemos que la edad de estos intrusivos oscila entre los 333 y 335 Ma [ CITATION Mem17 \l 10250 ] perteneciendo al Misisipiano-Carbonífero y, por ende pertenecen al Batolito de Pataz, tomando con esto mayor importancia de exploración por la presencia de este metalotecto.



*Figura N° 27. Intrusivo granodiorítico.*

Cuerpos menores, hipoabisales, han sido completamente reconocidos, se emplazan paralelos a sub-paralelos a las estructuras mineralizadas.

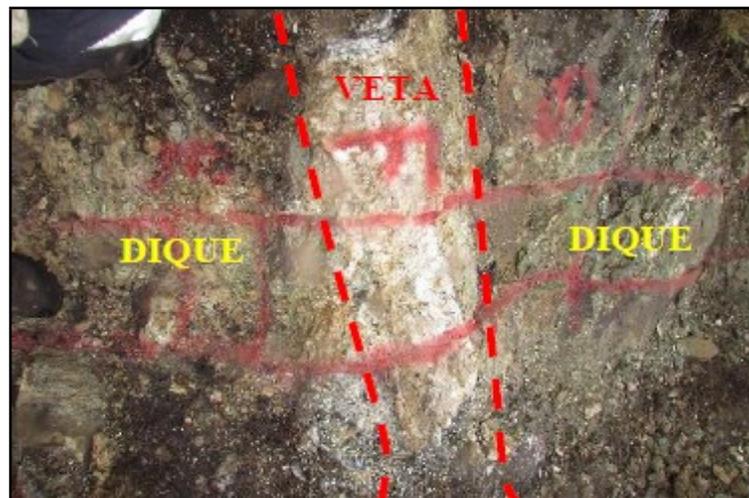


Figura N° 28. Dique hipoabisal sub paralelo a las estructuras.

#### 4.1.1.5 BRECHAS

Brechas de tipo tectónica, influenciada por fluidos hidrotermales, estas fueron localizadas puntualmente sub-paralelas a la Veta Loma Blanca 2, de características principalmente polimícticas, clastos redondeados a sub-redondeados compuestos por filitas, filitas con trama esquistosa y fragmentos de cuarzo recristalizado, matriz compuesta por cuarzo de relleno, presencia de magnetita, specularita y óxidos de hierro. La paragénesis indicaría que inicialmente se habría originado la magnetita, está por procesos hidrotermales de oxidación a alta temperatura  $> 500^{\circ}\text{C}$  [ CITATION MAR17 \l 10250 ], habría generado specularita en abundancia y consecuentemente cuarzo y pirita, intermediariamente oro libre de acuerdo al resultado del estudio de sección pulida realizado a la veta Yanapaccha (Ver Figura N° 42), seguido, se habría generado en un proceso más supérgeno minerales de cobre. Esto genera muchas especulaciones al origen de la magnetita, ya que estos diques han demostrado poseer mineralización Cu-Au, aportando valor agregado a las estructuras a las que están asociadas. Cabe resaltar que asociados a estas brechas pueden encontrarse diques

hipoabisales de composición andesítica, los que por su composición podrían haber aportado magnetita.



Figura N° 29. Brecha polymictica asociada a Veta Loma Blanca 2.

Tabla N° 5. Paragénesis de minerales en matriz de brecha.

MINERALIZACIÓN	HIPOGÉNICA			SUPERGÉNICA
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Magnetita	-----			
Especularita		=====		
Cuarzo		-----		
Oro		-----		
Pirita		=====		
Calcopirita		-----		
Covelina			=====	
Calcanthita				=====
Mayor temperatura inicial ----->----- Menor temperatura final				
Escaso ----- Moderado ----- Abundante				

[ CITATION MAR17 \l 10250 ].

#### 4.1.2 GEOLOGÍA ECONÓMICA

- **CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALIZACIÓN**

Las estructuras localizadas se clasifican genéticamente como estructuras vetiformes hidrotermales de cuarzo – oro, siendo el cuarzo el mineral principal, seguido por pirita y óxidos (Magnetita - Hematita), en venillas a vetas según su ancho. Estas estructuras muestran esporádicamente milonitas, menas de cobre (Calcopirita – Calcantita) de textura bandeada / crustiforme, en algunas zonas brechas y estrechas aureolas de alteración (moderada silificación y sericitización).

Se logró identificar estructuras vetiformes de considerable longitud y ancho, entre las principales están: Veta Yanapaccha, Veta Monserrat (Principal 1), Veta Loma Blanca 1 y Veta Loma Blanca 2. Principalmente compuesto por cuarzo blanco de textura masiva; en algunos casos de textura crustiforme, ramificaciones de cuarzo hialino, ramaleo de cuarzo calcedónico, cavidades algunas rellenas de óxidos, boxworks y diseminación de pirita – calcopirita lixiviada, emplazadas sobre rocas del Complejo Marañón, estas han evidenciado contenido aurífero por sectores según los resultados obtenidos durante las campañas de muestreo (Ver anexos, Lamina N° 04).



*Figura N° 30. Fragmento de Veta, cuarzo blanco masivo y crustiforme óxido de hierro, diseminación de pirita con trasas de calcopirita y sulfatos de cobre (calcantita).*

#### **4.1.2.1 VETA YANAPACCHA**

Mineralógicamente compuesta por cuarzo blanco lechoso, venillas de cuarzo hialino, calcedonia y calcita, acompañado por pirita cúbica (escasamente), predominando los boxworks y oquedades lixiviadas con presencia de óxidos como hematita, goethita y en menor proporción jarosita, se ha apreciado también diques andesíticos asociados con crisocola, venilleo de sílice gris a blanquecina cortando en ocasiones la estructura, en muchos casos presenta cristalización interna (texturas colomorfica, crustiforme y en peine), los que son rellenos también por los óxidos antes mencionados.



Figura N° 31. Fragmentos líticos, en matriz de cuarzo con textura colomorfica.

Emplazado generalmente en rocas del Complejo Marañón (Filita), en los sectores Satata Icuero, Laguna Negra y El Bronce, teniendo prolongación al Norte hacia el sector conocido como Heli Baca. Los trabajos de geología lograron identificar una longitud reconocida de 1250 m y longitud interpretada de 1725 m de estructura, con un ancho promedio de 0.6 m, un rumbo y buzamiento promedio  $N10^{\circ}O / 75^{\circ}NE$ , acompañada frecuentemente por diques hipoabisales sub-paralelos, los cuales se emplazan con el rumbo o cortan la estructura.

Al Norte, comprendida entre el cerro Monserrat y el cerro El Bronce presenta una buena formación de estructura, salvo en el tramo superior del cerro El Bronce donde por fuerte cobertura no ha podido ser evidenciada completamente. Mineralógicamente se aprecia cuarzo lechoso, en ocasiones crackelado, con presencia de pirita cúbica fina y oquedades con relleno de óxidos (hematita y goethita). Muestra valores de 0.005 g/t a 22.346 g/t Au y 1 ppm a 6389 ppm Cu, también se evidenciando trabajos de minería informal.



Figura N° 32. Boxworks con óxidos de hierro y cavidades de lixiviación.

Al Sur, afloramientos comprendidos entre el cerro Icuro hasta las labores de mineros informales antiguos aledaños a la laguna Satata, se caracterizan por poseer en su primer tramo un cambio en el buzamiento de la estructura que varía entre  $60^{\circ}\text{SO}$  a  $85^{\circ}\text{SO}$ , para luego retomar su buzamiento promedio de  $75^{\circ}\text{NE}$ , este cambio ha sido interpretado por la influencia directa de fallas en dirección NE-SO presentes, la sinuosidad de esta estructura respondería también a las características plásticas de la roca caja.

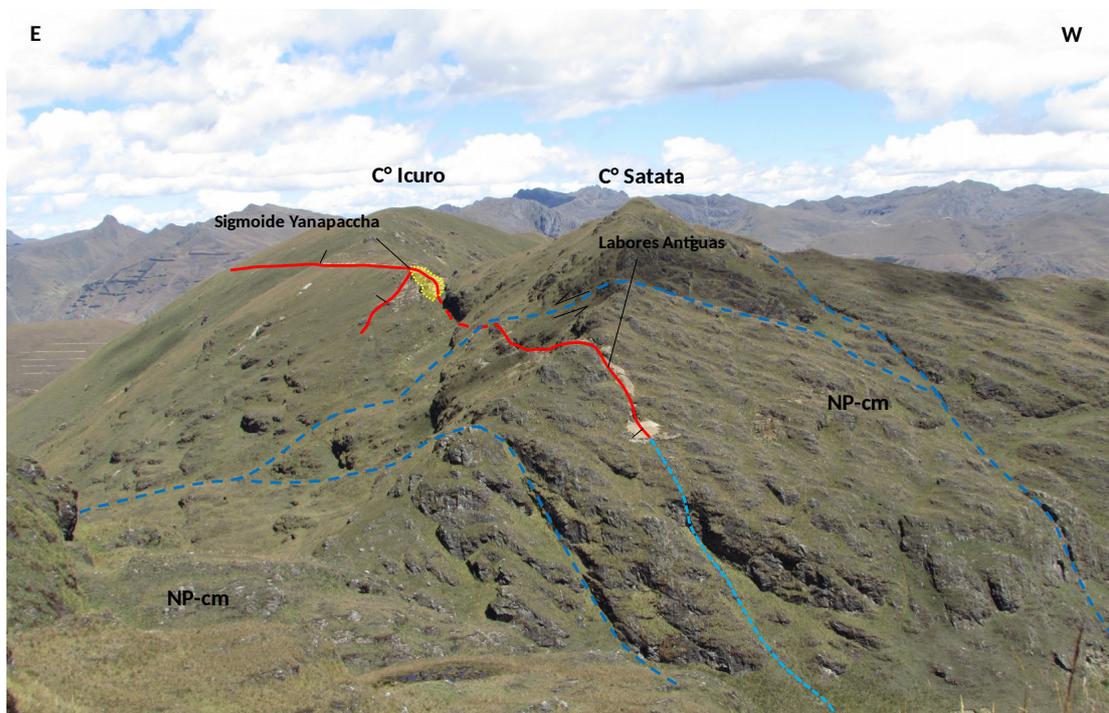


Figura N° 33. Vista panorámica, tramo Sur Veta Yanapaccha.



Figura N° 34. Veta Yanapaccha.

Los valores reportados en superficie fluctúan entre 0.005 g/t a 5.531 g/t Au, sin embargo, en un muestreo previo mostraron valores de 9.7 g/t Au sobre la zona de labores mineras informales antiguas, resultados de 1 ppm a 7610 ppm de Cu en cateos de superficie, hay que considerar las condiciones de temperatura evidenciadas por la presencia de cuarzo calcedónico, esto indicaría la parte distal con respecto a la zona enriquecida.

La Veta Yanapaccha ha sido datada geo cronológicamente durante la campaña del año 2017 mediante el método U-Pb (obtención de zircones), los resultados de esta datación arrojan una edad Ordovícica Temprana (472 +/- 10 Ma) [ CITATION Mem17 \l 10250 ], esto indica que se habrían generado pulsos hidrotermales previos al emplazamiento del Batolito de Pataz, siendo incluso más jóvenes al emplazamiento de las rocas de la Formación Tres Lagunas.

“Trabajos realizados anteriormente, basados en la revisión de prospectos entre Buldibuyo y Chilia / Trend de Mineralización Marañón y Trend de Mineralización Yuracyacu - cerro Negro liderados por los ingenieros Fredy C. y William M., ambos jefes de brigada en el año 2014, identifican la Veta Yanapaccha por el sector ahora denominado Sacaca Icuro - Sur, clasificándola como una estructura de considerable ancho y longitud de rumbo andino y tendencia de buzamiento al NEE, mencionan

también posibles continuidad de cimoides provocados por reactivación de fallas a causa de fuerzas de compresión, asumieron su continuidad en longitud hacia el Norte lo que también es corroborado por el presente trabajo”.



Figura N° 35. Vista panorámica, tramo Norte Veta Yanapaccha.

#### 4.1.2.2 VETA MONSERRAT (PRINCIPAL 1)

Mineralógicamente está compuesta por cuarzo blanco masivo, boxworks y oquedades con relleno de óxidos de hierro (hematita, goethita), puntualmente pirita cúbica, chalcopirita y crisocola. La Veta Monserrat sería geo-cronológicamente más joven que la Veta Yanapaccha, esto debido a que esta corta a la Veta Yanapaccha a manera de “falla”.

Esta estructura aflora desde la zona O del cerro Monserrat hasta el extremo Este del cerro El Bronce, aflora con un rumbo y buzamiento promedio de N80°E / 72°SE, un ancho de estructura promedio de 1.02 m, los trabajos de prospección geológica ha logrado identificar 1100 m de estructura reconocida y 250 m interpretado. Los resultados muestran valores entre 0.011 g/t a 4.745 g/t Au y 1 ppm a 3377 ppm de Cu.

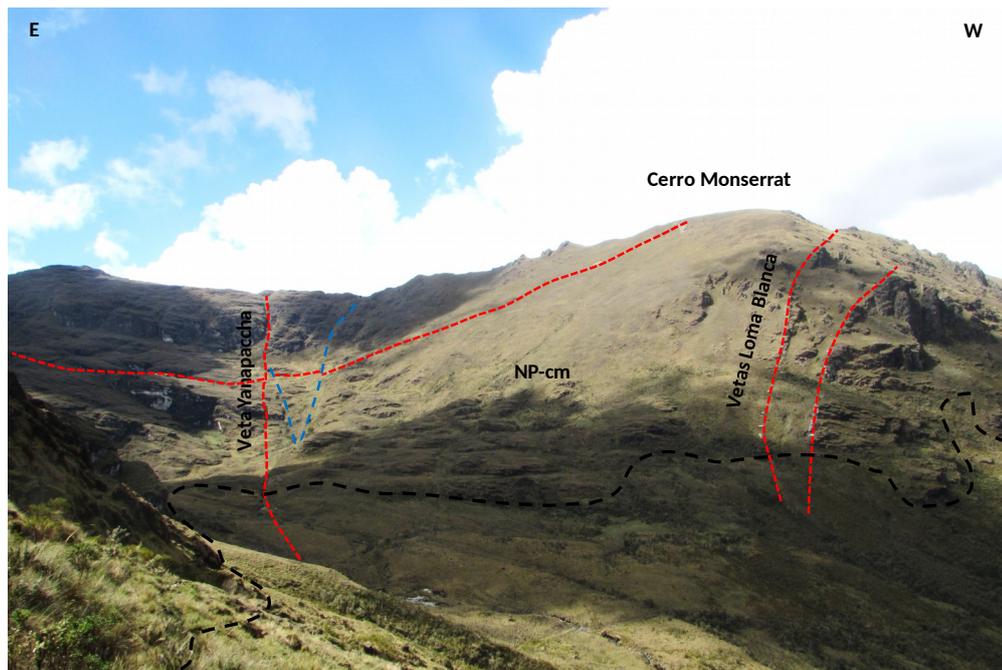


Figura N° 36. Vista panorámica, Veta Monserrat (Principal 1).

En el tramo O de la Veta Monserrat se pueden apreciar diversos trabajos de minería informal antigua, es importante debido a que la Veta Monserrat se muestra en superficie como una estructura “*cuarceada*”, presentando a escasos metros de superficie sulfuros con los valores económicos antes mencionados.

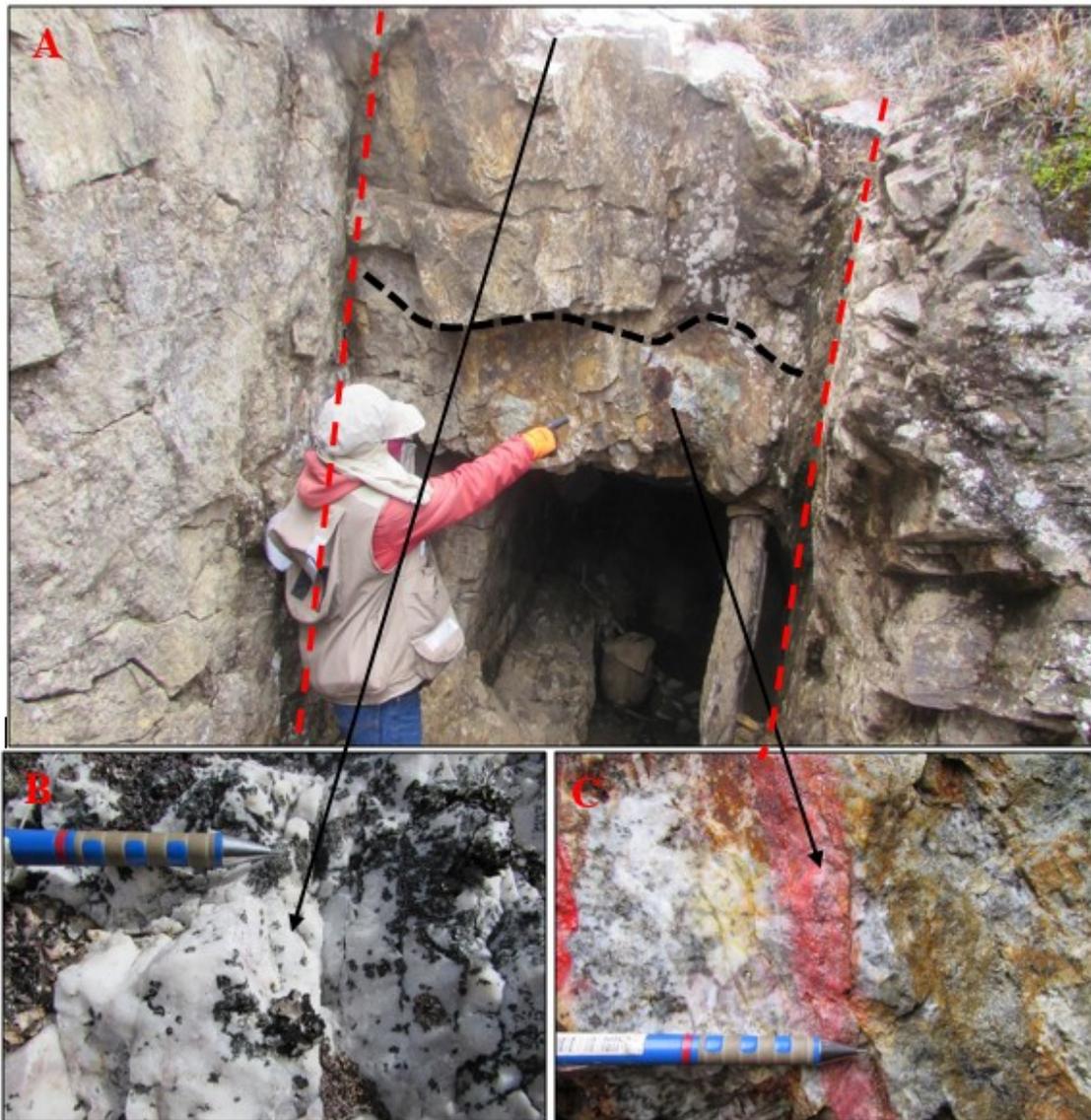


Figura N° 37. Veta Monserrat (Principal 1)

A) Vista general Veta Monserrat mostrando gradación de mineralización, B) Zona Superficial, Veta Monserrat C) Veta Monserrat a 2 m de superficie con presencia de sulfuros.

#### 4.1.2.3 VETA LOMA BLANCA 1

Mineralógicamente se aprecia cuarzo masivo con escasa presencia de oquedades y boxworks con relleno de óxidos de hierro, sus cajas se ven acompañadas por una moderada silicificación y venilleo de sílice blanca a gris, lo que da la apariencia de una estructura muy ancha.

Esta estructura vetiforme se emplaza sub-paralela y al Oeste de la Veta Loma Blanca 2, posee un ancho de veta promedio de 1.7 m, un rumbo y buzamineto de N45°E / 75°SE y

aflora longitudinalmente 370 m emplazado en rocas del Complejo Marañón (Filita), con valores relativamente bajos de 0.015 g/t a 0.018 g/t Au y 1 ppm de Cu.



Figura N° 38. Vista panorámica de la Veta Loma Blanca 1.

#### 4.1.2.4 VETA LOMA BLANCA 2

Esta estructura se ubica en el flanco Norte del cerro Monserrat, mineralógicamente se aprecia cuarzo blanco con escasa presencia de oquedades y boxworks con relleno de óxidos de hierro, en su sección próxima a la Veta Monserrat (Principal 1), se puede distinguir un incremento significativo de óxidos acompañados por Py cubica fina, en este sector se aprecia un dique andesítico silicificado, asimismo, se podría asumir múltiples eventos hidrotermales, esto al presentar brechas asociadas a la veta, estas brechas presentan martita (*magnetita no magnética*), especularita y óxidos de hierro en la matriz, lo que nos daría a especular que los diques aportaron y movilizaron soluciones hidrotermales mineralizadoras. Posee un rumbo y buzamiento promedio de N50°E / 75°SE, un ancho de veta promedio de 3.33 m y aflora cerca de 320 m en rocas del Complejo Marañón (Filita), reflejan bajos valores de 0.008 g/t a 0.052 g/t Au y 1 ppm Cu, se muestra como una estructura tipo Riedel (dextral) entre un sistema originado por las Vetas Yanapaccha y Monserrat (Principal 1)



Figura N° 39. Veta Loma Blanca 2.

#### 4.1.3 CONTEXTO ESTRUCTURAL

Genéricamente la zona de estudio se emplaza en un complejo sistema de bloques controlados por fallas profundas NW-SE, estas producen bloques con altos y bajos estructurales como respuesta a un sistema compresivo, posteriormente serían dislocadas por fallas NE-SW de comportamiento dextral (Ver Anexos, LAMINA 03); el modelo estructural de bloques, propone 05 bloques en la zona de estudio, dándose de SW a NE el bloque Cajas (*alto estructural*), controlado por la falla del mismo nombre; al bloque Tayabamba (*bajo estructural*), controlado por las fallas Cajas-Huinchos; al bloque Satata (*alto estructural*), controlado por las fallas Huinchos y Totorita; bloque La Zorra (*bajo estructural*), controlado por las fallas Totorita y Uchus y al bloque Uchus (*alto estructural*) controlado por la falla del mismo nombre.

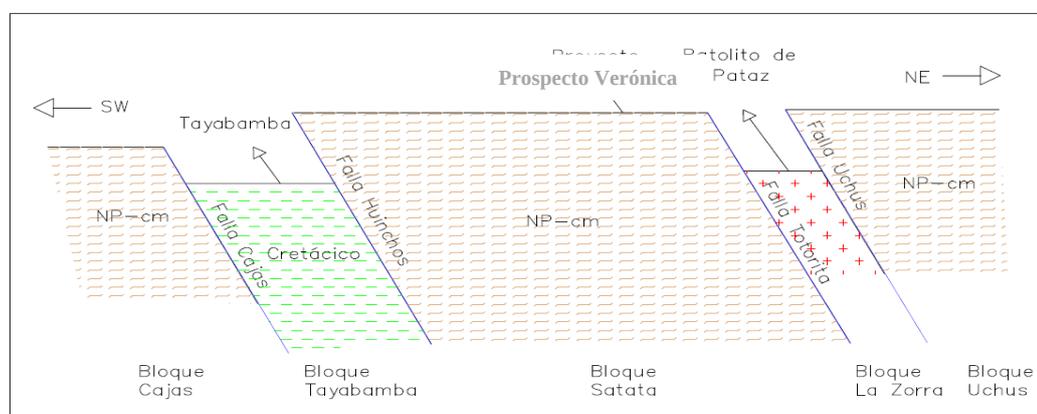


Figura N° 40. Modelo de bloques - Prospecto Verónica  
[ CITATION MAR17 \l 10250 ].

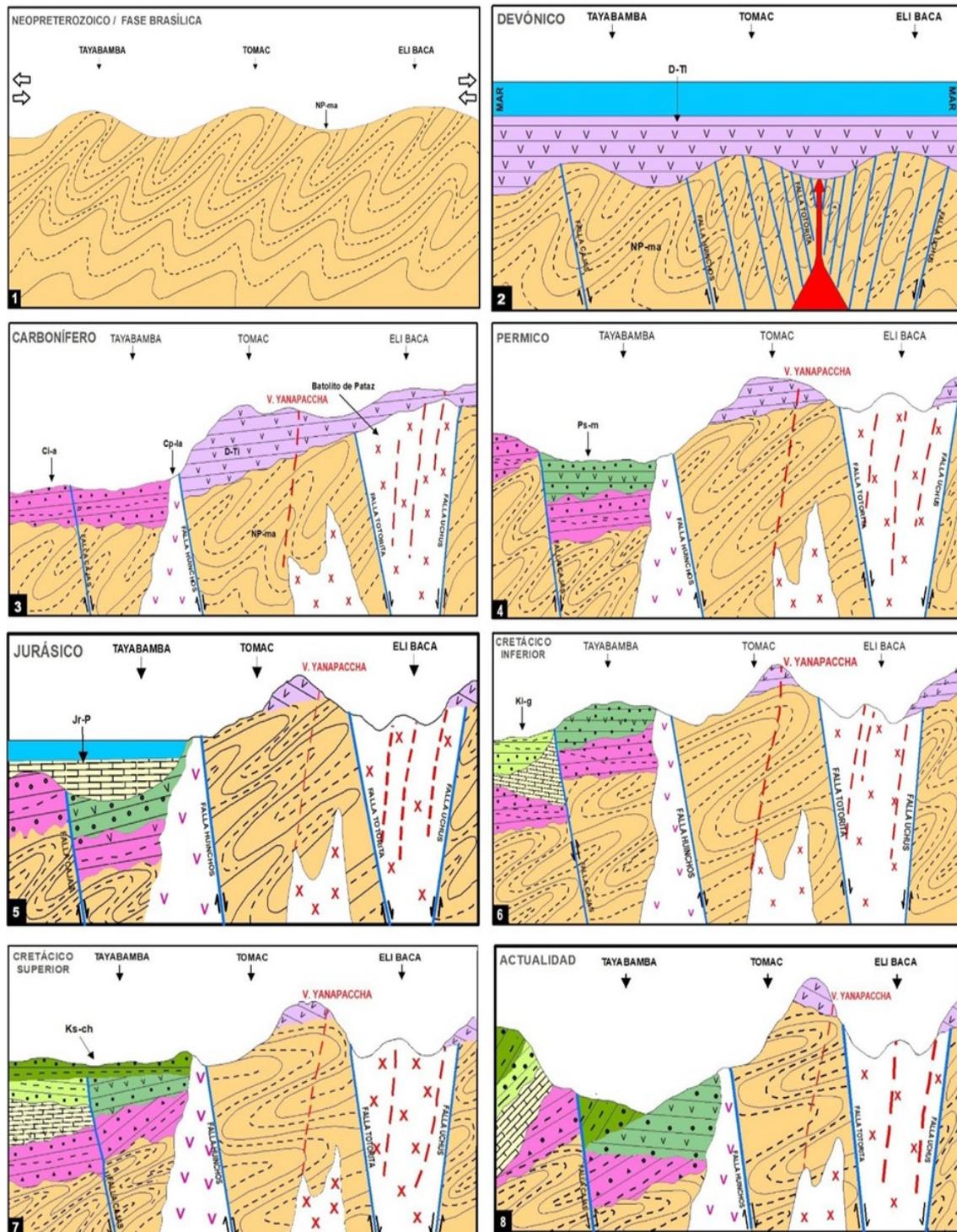


Figura N° 41. Secciones Idealizadas, reconstrucción de la geología histórica  
 1.- Neoproterozoico, deposición y plegamiento del Complejo Marañón; 2.- Devónico, emplazamiento de los Volcánicos Tres Lagunas, anteceria a esta etapa la formación de las estructuras vetiformes identificadas; 3.- Carbonífero, Intrusión del Batolito de Pataz y deposición del Grupo Ambo; 4.- Pérmico, Deposición del Grupo Mitu; 5.- Jurásico, deposición de las calizas del Pucará; 6.- Cretácico Inferior, Deposición del grupo Goyllarisquizga; 7.- Emplazamiento de tierras rojas de la Formación Chota; 8.- Procesos de erosión hasta la conformación de la topografía actual (MARSA, 2017).

## 4.2 PETROMINERAGRAFÍA Y GEOQUÍMICA

### 4.2.1 PETROMINERAGRAFÍA

A cargo de la consultora Andes Consultores & Prospectors, se realizaron los estudios de petrografía (Sección delgada, 5 muestras) y mineragrafía (Sección pulida, 1 muestra) a cargo de la consultora Anglo Peruana Terra, con la finalidad de reforzar el cartografiado geológico, las muestras procedieron de afloramientos principalmente de roca ígnea y estructuras vetiformes.

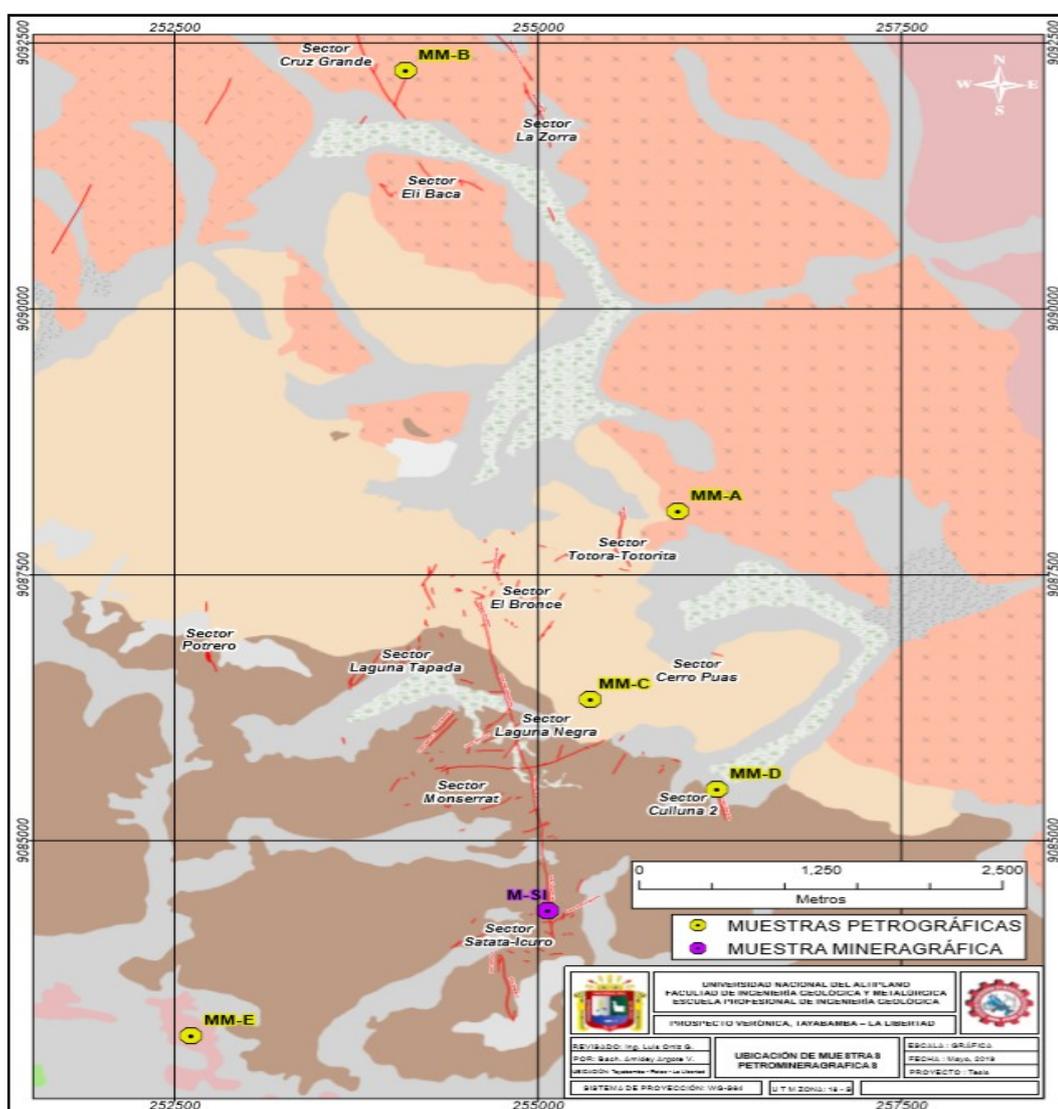


Figura N° 42. Ubicación de muestras petrominerográficas.

#### 4.2.1.1 MUESTRA PETROGRÁFICA MM-A

Vista macroscópica, roca con textura fanerítica de grano medio (<4 mm) color rosada.

Está formada por cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, presenta minerales ferromagnesianos en agregados y magnetismo muy débil.

Vista microscópica, presenta una textura granuda xenomórfica (cristales de formas anhedrales) formada por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita, los feldespatos están alterados por albita, sericita y arcillas.

*Tabla N° 6. Descripción de muestra petrográfica MM-A.*

UBICACIÓN (WGS 84)				CLASIFICACIÓN
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	DETALLE
255961	9088098	3920	Totora - Totorita	Monzogranito con moderada sericitización y débil propilitización y limonitización.



*Figura N° 43. Muestra de mano MM-A.*

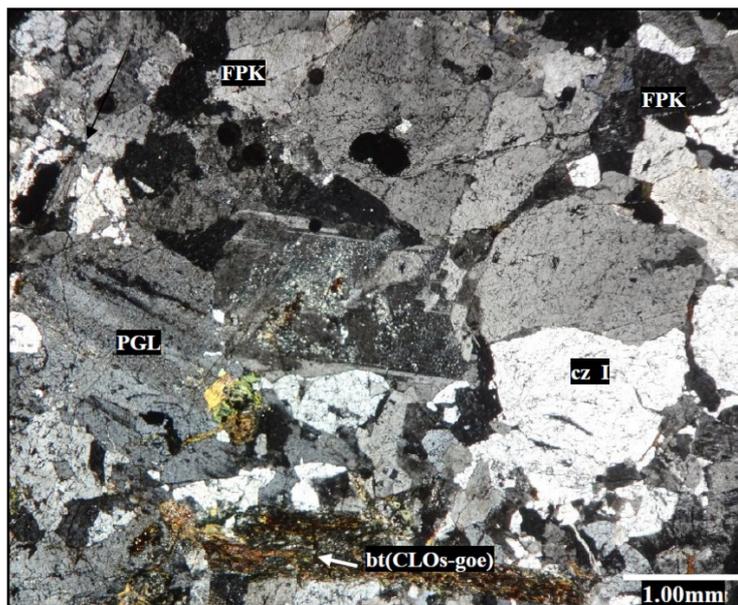


Figura N° 44. Vista en LT-NX, muestra MM-A  
 Textura granuda xenomórfica formada por cuarzo (cz I), plagioclasa (PGL) y feldespato potásico (FPK) junto con biotita alterada por cloritas y goethita (CLOs-goe) (Fuente Andes Consultores & Prospectors).

**4.2.1.2 MUESTRA PETROGRÁFICA MM-B**

Vista macroscópica, con textura fanerítica de grano grueso (> 5 mm) formada por cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, presenta minerales ferromagnesianos (~12%) en agregados y en venillas menores que 1 mm. Tiene magnetismo moderado.

Vista microscópica, presenta una textura granuda panidiomórfica (de cristales euhedrales) formada por feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo I con biotita, el cuarzo primario lleva trazas de calcopirita, muestra alteración potásica y sericitización moderada en forma penetrativa y dos eventos de alteración propilítica, uno penetrativo y otro final en venillas de clorita – cuarzo - calcita.

Tabla N° 7. Descripción de muestra petrográfica MM-B.

UBICACIÓN (WGS 84)				CLASIFICACIÓN
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	DETALLE
254088	9092236	3918	Al NO del paraje la zorra	Monzogranito con alteración potásica y sericitización moderada y propilítica débil.



Figura N° 45. Muestra de mano MM-B.

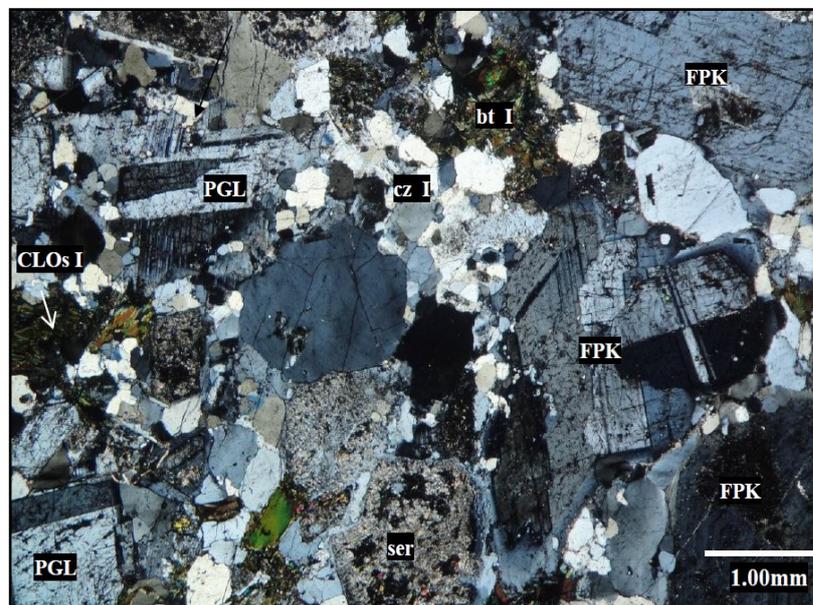


Figura N° 46. Vista en LT-NX, muestra MM-B

Textura granuda panidiomórfica formada por feldespato potásico (FPK), cuarzo (cz I) y plagioclasa (PGL) alterados por cloritas (CLOs) y sericita (ser)  
(Fuente Andes Consultores & Prospectors).

#### 4.2.1.3 MUESTRA PETROGRÁFICA MM-C

Vista macroscópica, de color pardo-marrón claro con textura porfirítica, está formada por cristales de plagioclasas y ferromagnesianos en una matriz afanítica, presenta cristales de pirita diseminados, la roca presenta densidad y dureza media, tiene una superficie lixiviada producto de alteración supérgena por la meteorización.

Vista microscópica, presenta una textura porfirítica formada por fenocristales de plagioclasas, moldes de ferromagnesianos reemplazados por goethita, hematita, cloritas

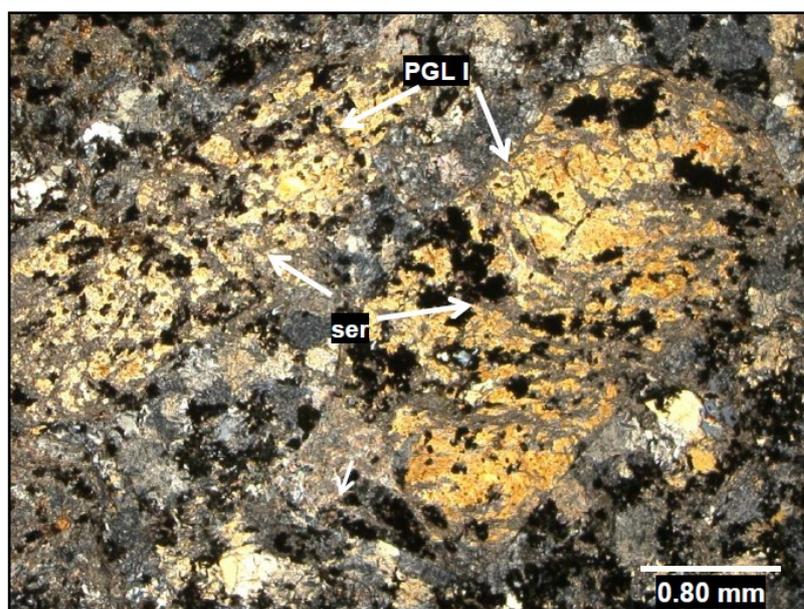
y epidota, además de minerales accesorios como zircón y anatasa, la matriz es microcristalina formada por feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo, se reconocen venillas de cuarzo cortando la roca.

*Tabla N° 8. Descripción de muestra petrográfica MM-C.*

UBICACIÓN (WGS 84)				CLASIFICACIÓN
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	DETALLE
255360	9086324	4055	Cerro Yanaconcha	Pórfido cuarzomonzonita con moderada alteración cuarzo-sericita, débil argilización intermedia y silicificación.



*Figura N° 47. Muestra de mano MM-C.*



*Figura N° 48. Vista en LT-NX, muestra MM-C*

*Fenocristales de plagioclasa I alterados por sericita (ser)  
(Fuente Andes Consultores & Prospectors).*

#### 4.2.1.4 MUESTRA PETROGRÁFICA MM-D

Vista macroscópica, roca ígnea volcánica de color beige con tonalidades verdes y por sectores con tonos anaranjados por la presencia de óxidos de hierro, presenta una textura porfirítica formada por plagioclasas en una matriz afanítica, es cortada por venillas rectas de cuarzo y sinuosas de limonitas, presenta densidad y dureza media.

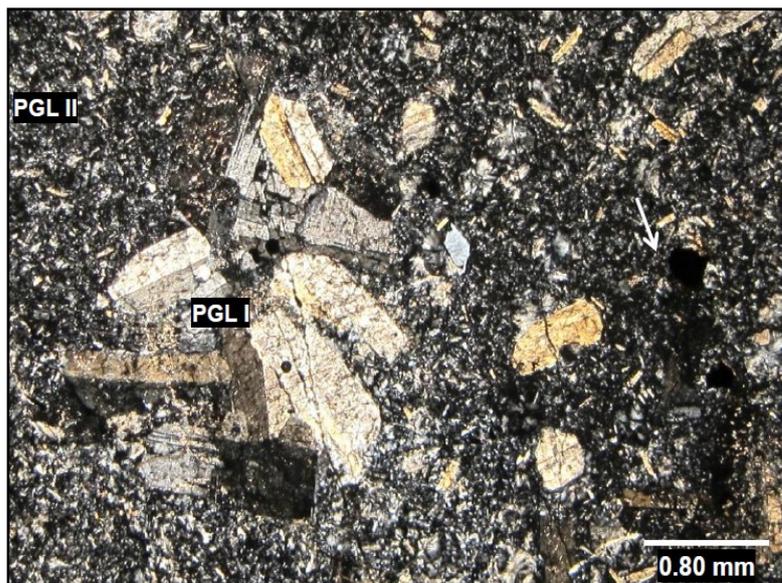
Vista microscópica, la roca presenta una textura porfirítica formada por fenocristales de plagioclasas I y, feldespato potásico y minerales accesorios de esfena, la matriz es microcristalina y se encuentra compuesta por plagioclasas II, los minerales secundarios como sericita y arcillas alteran a los fenocristales de plagioclasa en forma penetrativa.

*Tabla N° 9. Descripción de muestra petrográfica MM-D.*

UBICACIÓN (WGS 84)				CLASIFICACIÓN
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	DETALLE
255061	9084235	4025	Cerro Icuro	Andesita porfirítica con fuerte y moderada alteración a cuarzo-sericita, silicificación, débil cloritización, argilización intermedia y limonitización.



*Figura N° 49. Muestra de mano MM-D.*



*Figura N° 50. Vista en LT-NX, Muestra MM-D  
 Textura porfirítica formada por agregados de fenocristales maclados de plagioclasas (PGL I) en una matriz de microlitos de plagioclase II con textura pilotáxica (Fuente Andes Consultores & Prospectors).*

**4.2.1.5 MUESTRA PETROGRÁFICA MM-E**

Vista macroscópica, de textura porfirítica con alteración argílica moderada, la matriz es afanítica y de color marrón violácea, los fenocristales están formados por plagioclase y cuarzo con anfíboles, la alteración está dominada por arcillas y cloritas que se observan en los bordes de los minerales ferromagnesianos, leve magnetismo.

Vista microscópica, formada por una matriz alterada, con textura criptocristalina y relictas de plagioclase-anfíbol con fenocristales de plagioclase, cuarzo y sanidina, está alterada por clorita que ataca de forma selectiva a los anfíboles, mientras que las plagioclasas y sanidina se encuentran alteradas por arcillas, los anfíboles presentan reemplazamientos de minerales.

*Tabla N° 10. Descripción de muestra petrográfica MM-E.*

UBICACIÓN (WGS 84)				CLASIFICACIÓN
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	DETALLE
252611	9083162	3609	Cajas Pampa	Dacita porfirítica con argilización moderada, silicificación y Propilitización débil a incipiente.

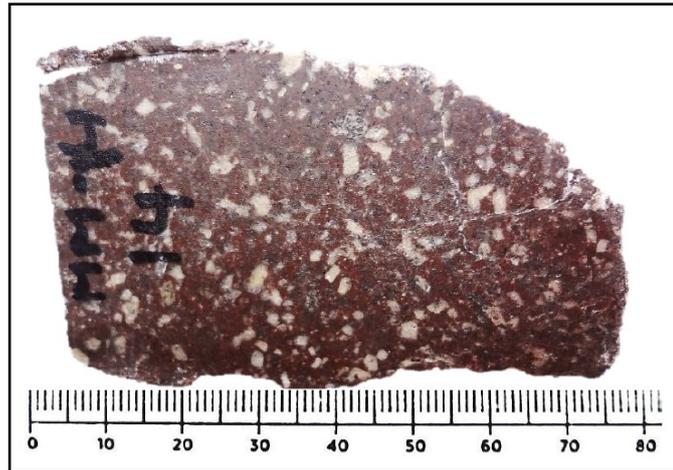


Figura N° 51. Muestra de mano MM-E

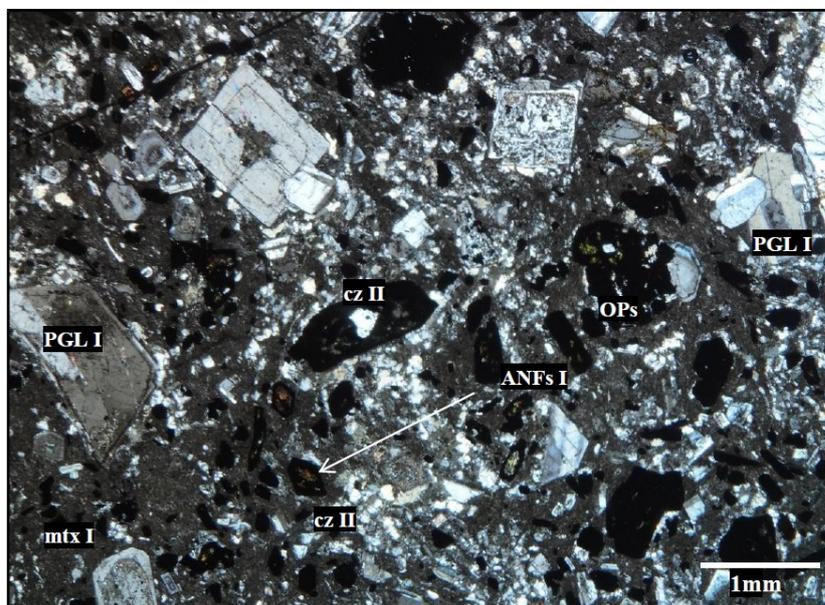


Figura N° 52. Vista en LT-NX, Muestra MM-E

Textura porfirítica formada por fenocristales de plagioclasa I (PGL I) inmersos en una matriz (mtx) de plagioclasa-arcillas con alteración moderada por arcillas (ARCs I).

Los anfíboles (ANFs I) están alterados por minerales opacos (OPs) en los bordes (Fuente Andes Consultores & Prospectors).

#### 4.2.1.6 MUESTRA MINERAGRÁFICA M-SI

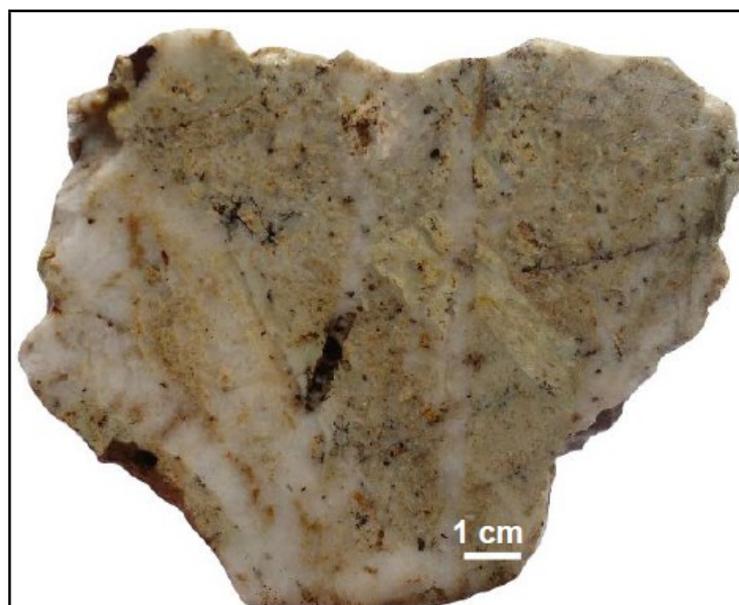
Vista macroscópica, estructura fragmental de color blanco a gris amarillento con diseminaciones pardas rojizas e impregnaciones anaranjadas; con fragmentos líticos gris amarillento a gris verdusco claro, alteración generalizada a micas blancas y cuarzo; cementados, a manera de venillas con sentido de movimiento sinistral, por cuarzo

prismático bipiramidal, de color blanco con diseminaciones de limonitas pseudomórficas según pirita.

Vista microscópica, aparente brecha hidrotermal; compuesta por fragmentos líticos con alteración generalizada a micas-cuarzo; cementados a manera de venillas por cuarzo, la muestra presenta pirita intersticial en el cemento y diseminada en los líticos, ocurre oro nativo rellenando porosidades del cemento.

*Tabla N° 11. Descripción de muestra minerográfica M-SI.*

UBICACIÓN (WGS 84)				DETALLE
ESTE	NORTE	COTA	REFERENCIA	
255066	9084340	4140	C° Icuero, sector Satata Icuero	Cemento a manera de venillas por cuarzo, pirita diseminada en los líticos, ocurre oro nativo rellenando porosidades del cemento.



*Figura N° 53. Muestra de mano M-SI*

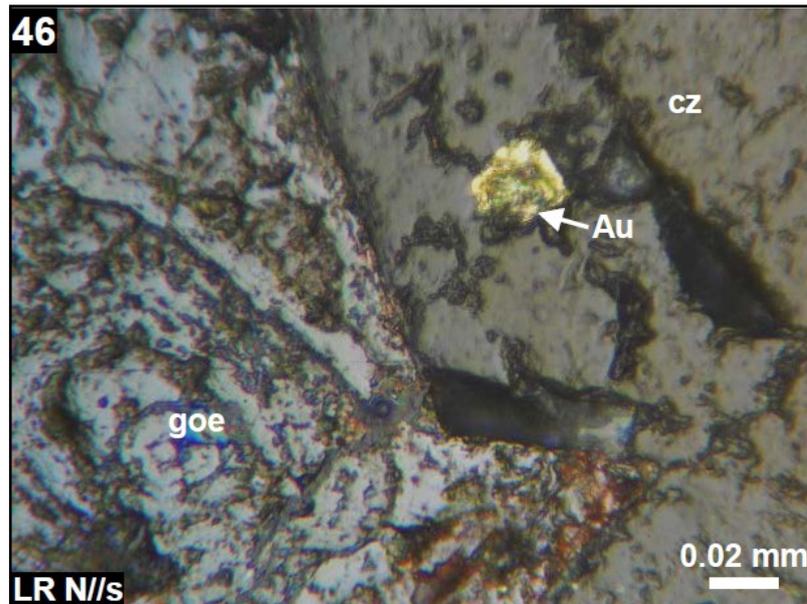


Figura N° 54. Vista en LR-N//s, Muestra M-SI  
(Fuente Anglo Peruana Terra).

Del conjunto de análisis petrográfico, se ha podido interpretar dos eventos hidrotermales, el primer evento A prógrado, está formado por las alteraciones hidrotermales potásicas, propilítica, cloritización, silicificación las cuales pueden ser débiles a moderadas, mayormente penetrativa y en menor grado en venillas. El segundo evento B es retrógrado y se caracteriza por la caída del sistema. Está formado por la alteración fílica, sericitización, argilización intermedia, carbonatación y limonitización [ CITATION And15 \l 10250 ].

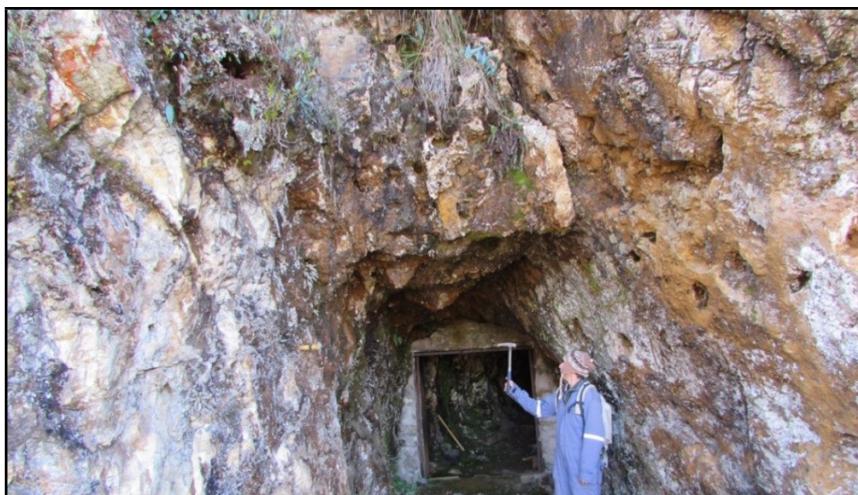
## 4.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS POR SECTORES

### 4.2.2.1 SECTOR POTRERO

Emplazada en filitas del Complejo Marañón, compuesta por ramales de cuarzo blanco lechoso / masivo con diseminación de pirita, calcopirita, bornita y malaquita, afloran en superficie con ancho variado llegando puntualmente a los 8 m de estructura, con una orientación N-S proyectándose al Sur en dirección al campamento en Tomac.

*Tabla N° 12. Muestras tomadas Sector Potrero.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)	Ancho Promedio (m)	Longitud (m)	Leyes Au ppm	Ponderado Au ppm	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
EL POTRERO	6	0.70 - 1.50	1.20	350	0.008 - 0.970	0.151	239 - 12500	2107



*Figura N° 55. Bocamina en la estructura principal.*

#### 4.2.2.2 SECTOR LAGUNA TAPADA

Ubicada al NE del campamento Tomac (Laguna Tapada) constituido por estructuras mineralizadas tensionales conformada por cuarzo blanco granular, fragmentos de roca alargados y puntos diseminados de calcopirita, emplazados en la Formación Tres Lagunas, aledaños a las estructuras en sus cajas se presentan venilleos de calcita con dirección desigual, débil diseminación de pirita y clorita, evidenciando así la alteración hidrotermal clorítica, muestran un ancho promedio de 0.5 m y de dirección N30°E / 75°NW.

*Tabla N° 13. Muestras tomadas Sector Laguna Tapada*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
PRINCIPAL 1	8	0.30	1.50	0.75	90	0	0.005	0.775	0.215	7 - 2020	754
PRINCIPAL 2	10	0.30	2.00	1.10	225	150	0.007	6.26	1.431	12 - 16112	4200
TENSIONAL 1	11	0.20	2.00	0.71	140	0	0.0078	0.598	0.122	2 - 3443	431
TENSIONAL 2	3	0.20	0.40	0.32	110	0	0.007	0.033	0.015	1 - 7	5
TENSIONAL 3	3	0.50	0.70	0.58	170	0	0.542	7.818	3.737	1347 - 22600	8346
TENSIONAL 4	5	0.20	0.40	0.31	90	0	0.005	10.533	3.977	168 - 42700	10423
TENSIONAL 5	1	0.20	0.20	0.20	30	0	-	13.633	13.633	4419	4419
TENSIONAL 6	6	0.20	1.90	0.93	100	0	0.005	0.102	0.032	12 - 22200	4651
TENSIONAL 7	2	0.80	1.20	1.00	65	60	0.007	0.128	0.080	94 - 3687	2250
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.40	0.30	400	165	-	-	-	-	-
TOTAL	49			TOTAL	1420	375					



Figura N° 56. Estructura de cuarzo blanco granular con parches de hematita y calcopirita

#### 4.2.2.3 SECTOR LAGUNA NEGRA

Ubicada entre la Laguna Negra y al Este de la Laguna Tapada, en este sector a parte de la Veta Yanapaccha se encuentran las siguientes estructuras principales:

- **ESTRUCTURA LOMA BLANCA 1**

Estructura de cuarzo, con un ancho de 1 a 3 m, presenta rumbo y buzamiento N40°E a N70°E / 60°NO. Esta estructura es interceptada por la Veta Yanapaccha al Norte de Laguna Negra, la extensión reconocida de esta estructura es de 320 m aproximadamente.

- **ESTRUCTURA LOMA BLANCA 2**

Esta estructura presenta un espesor de 1 a 3.5 m, con rumbo y buzamiento entre N30°E y N50°E / 70°NW y 85°SE. Hacia el extremo NE, es interceptado por la Veta Yanapaccha, la estructura es reconocida 370 m aproximadamente.

▪ **ESTRUCTURA LOMA BLANCA 3**

Estructura de rumbo y buzamiento entre N10°E y N40°E / 70°SE a 80°SE, con espesor promedio de 1.5 m, esta estructura se encuentra mineralizada con sulfuros de cobre (calcopirita), óxidos de hierro y cuarzo blanco bandeado con vetillas de cuarzo hialino, tiene una proyección al SO en dirección al sector Monserrat. Esta estructura presenta trabajos de artesanales los cuales se encuentran abandonados actualmente. La extensión reconocida de la estructura es de 340 m aproximadamente.

*Tabla N° 14. Muestras tomadas Sector Laguna Negra.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
YANAPACCHA	30	0.15	1.30	0.57	90	625	0.008	22.346	0.682	1 - 2489	198
LOMA BLANCA 1	3	1.00	3.00	1.70	32	370	0.015	0.018	0.017	1	1
LOMA BLANCA 2	3	3.00	3.50	3.33	37	320	0.008	0.052	0.026	1	1
LOMA BLANCA 3	2	1.20	1.30	1.25	340	0	0.017	0.023	0.020	33 - 7630	84
TENSIONAL 1	2	0.40	0.80	0.60	200	0	0.013	0.017	0.016	43 - 129	2565
TENSIONAL 2	2	0.50	0.80	0.65	200	0	0.008	0.013	0.011	1 - 25	10
TENSIONAL 3	3	0.60	1.50	1.00	100	90	0.022	0.531	0.211	63 - 71240	17280
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.70	350	220	-	-	-	-	-
TOTAL	45			TOTAL	1970	935					

**4.2.2.4 SECTOR EL BRONCE**

Se encuentra la prolongación de la Veta Yanapaccha, conserva una dirección de N-S y su buzamiento varia de 40°-50° E, la cual se caracteriza por presentar al Norte de este sector una estructura lenticular (cimoide) de rumbo N20°O y 65°NE de inclinación con un ancho aproximado de 3.5 m, la cual se correlaciona con la estructuras vetiformes ubicadas en el sector Eli Baca por presencia de bofedales (Laguna Totora) no se ha podido realizar una toma de muestras representativas.

Tabla N° 15. Muestras tomadas Sector El Bronce.

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
YANAPACCHA	62	0.20	3.00	0.73	510	940	0.005	0.157	0.018	1 - 6389	88
TENSIONAL 1	4	0.30	1.05	0.74	80	0	0.005	0.055	0.034	1 - 300	75
TENSIONAL 2	3	1.00	1.50	1.27	90	0	0.003	0.025	0.015	24 - 225	105
TENSIONAL 3	2	0.20	0.45	0.33	50	0	0.022	0.033	0.025	19	19
TENSIONAL 4	1	0.50	0.50	0.50	110	0	0.005	0.005	0.005	22	22
TENSIONAL 5	1	0.50	0.50	0.50	50	0	0.007	0.007	0.007	603	603
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.40	0.30	850	335	-	-	-	-	-
TOTAL	73			TOTAL	1740	1275					



Figura N° 57. Prolongación de Veta Yanapaccha, cerro El Bronce

**4.2.2.5 SECTOR MONSERRAT**

En los alrededores del cerro Monserrat, se ubican labores mineras abandonadas de 5 a 10 m de profundidad aproximadamente y en pésimas condiciones, sobre estructuras vetiformes de rumbo y buzamiento entre N30°E a N60°E / 70°SE a 80°SE, al lado NO presenta óxido de hierro y venilleo de cuarzo hialino. Las potencias de las estructuras varían de 0.15 a 1.5 m.

Tabla N° 16. Muestras tomadas Sector Monserrat.

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
		PRINCIPAL 1	14		0.20	2.00	1.02	1100			
TENSIONAL 1	1	0.30	0.30	0.30	130	0	0.02	0.02	0.020	1	1
TENSIONAL 2	1	0.15	0.60	0.38	210	0	1.083	1.645	1.533	406 - 1931	711
TENSIONAL 3	2	0.30	0.30	0.30	80	0	2.853	2.853	2.853	486	486
TENSIONAL 4	5	0.50	1.00	0.20	190	0	0.065	0.453	0.246	2483 - 29200	9343
TENSIONAL 5	5	0.20	1.20	0.81	270	0	0.002	0.005	0.005	2 - 26	8
TENSIONAL 6	3	0.20	0.40	0.27	120	0	0.017	0.087	0.054	57 - 5836	1832
TENSIONAL 7	1	0.20	0.20	0.25	50	0	0.007	0.007	0.007	1	1
TENSIONAL 8	2	0.45	0.70	0.58	80	0	0.003	0.007	0.005	5 - 27	18
TENSIONAL 9	1	0.40	0.40	0.40	45	0	7.453	7.453	7.453	13307	13307
TENSIONAL 10	2	0.20	0.40	0.30	30	0	2.12	4.133	2.791	1625 - 1941	1730
TENSIONAL 11	1	0.20	0.20	0.20	40	0	0.005	0.005	0.005	91	91
TENSIONAL 12	1	2.00	2.00	2.00	45	0	0.032	0.032	0.032	15	15
TENSIONAL 13	1	0.20	0.20	0.20	20	0	0.065	0.065	0.065	737	737
TENSIONAL 14	1	0.20	0.20	0.20	25	0	0.017	0.017	0.017	7	7
TENSIONAL 15	1	0.20	0.20	0.20	20	0	0.027	0.027	0.027	117	117
TENSIONAL 16	1	0.20	0.20	0.20	40	0	0.073	0.073	0.073	3	3
TENSIONAL 17	1	0.20	0.20	0.20	30	0	5.742	5.742	5.742	31	31
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.35	200	0	-	-	-	-	-
TOTAL	44			TOTAL	2725	250					

#### 4.2.2.6 SECTOR SATATA - ICURO

En este sector ubicado al Sur del cerro Monserrat, se encuentra la prolongación de la Veta Yanapaccha, con un alineamiento NS / 80°O y ancho de 0.20 a 2.00 m. En este sector destaca los trabajos realizados por mineros artesanales abandonados casi a nivel superficial (rajo de 5 m y de una longitud de 200 m) y un cimoi de cuarzo blanco con venillas de cuarzo hialino, con una longitud aproximado de 100 m y ancho de 3 a 4 m.

Tabla N° 17. Muestras tomadas Sector Satata – Icuero.

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm		
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max					
YANAPACCHA	73	0.20	2.00	0.78	650	160	0.005	0.77	5.531	0.214	7 - 21	7610	158
GEMELA 1	6	0.20	4.00	3.03	500	130	0.02	0.062		0.037	2 - 86		4
TENSIONAL 1	2	0.40	0.90	0.65	220	240	0.005	0.047		0.034	6 - 51		37
TENSIONAL 2	9	0.20	0.40	0.77	195	0	0.007	0.033		0.093	1 - 7		108
TENSIONAL 3	1	2.00	2.00	2.00	40	50	0.057	0.057		0.057	8		8
TENSIONAL 4	7	0.75	2.00	1.54	0	60	0.008	0.017		0.012	1 - 18		5
TENSIONAL 5	1	0.20	0.20	0.20	20	0	0.543	0.543		0.543	1740		1740
TENSIONAL 6	1	0.20	0.20	0.20	30	40	0.005	0.005		0.005	203		203
TENSIONAL 7	1	0.20	0.20	0.20	35	0	0.005	0.005		0.005	83		83
TENSIONAL 8	1	0.50	0.50	0.50	120	0	2.17	2.17		2.170	1564		1564
TENSIONAL 9	4	0.20	0.30	0.23	50	0	0.64	8.126		3.312	3 - 197		78
TENSIONAL 10	2	0.20	0.30	0.25	40	0	0.647	0.727		0.679	80 - 83		81
TENSIONAL 11	2	0.35	0.40	0.38	40	0	1.681	4.754		3.115	18 - 27		22
TENSIONAL 12	2	0.20	0.40	0.28	100	0	0.235	0.622		0.481	10 - 27		21
TENSIONAL 13	1	0.25	0.25	0.25	0	60	3.957	3.957		3.957	111		111
TENSIONAL 14	1	0.20	0.20	0.20	70	0	0.487	0.487		0.487	48		48
TENSIONAL 15	3	0.60	1.00	0.83	150	0	0.005	0.562		0.147	51 - 3870		1013
TENSIONAL 16	1	0.20	0.20	0.20	5	0	0.282	0.282		0.282	474		474
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.35	40	180	-	-		-	-		-
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>			<b>TOTAL</b>	<b>2305</b>	<b>920</b>							

#### 4.2.2.7 SECTOR CRUZ GRANDE

En este sector ubicado al Norte del prospecto se reconoció una estructura tabular con rumbo NE-SO y buzamiento sub vertical, esta estructura tiene características similares a las tensionales compuestas de cuarzo blanco masivo.

Tabla N° 18. Muestras tomadas Sector Cruz Grande.

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
PRINCIPAL	3	0.65	1.20	0.95	1400	600	0.015	3.293	1.396	1 - 16	8
TENSIONAL 1	3	0.20	2.50	1.23	1100	600	0.005	0.015	0.008	1 - 61	19
TENSIONAL 2	1	0.50	0.50	0.50	320	0	0.005	0.005	0.005	1	1
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.35	160	0	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>			<b>TOTAL</b>	<b>2980</b>	<b>1200</b>					

#### 4.2.2.8 SECTOR LA ZORRA

Al NE del Sector Eli Baca, en el paraje La Zorra, se observa estructuras mineralizadas con características estructurales y mineralógicas similares a Veta Este.

*Tabla N° 19. Muestras tomadas Sector La Zorra.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
LA ZORRA	16	0.50	3.00	1.59	850	720	0.005	2.91	0.289	1 - 5827	210
TENSIONAL 1	3	0.50	2.00	2.23	20	0	0.023	6.188	3.596	141 - 3181	1453
TENSIONAL 2	1	1.60	1.60	1.60	40	50	1.333	1.333	1.333	1205	1205
TENSIONAL 3	1	3.20	3.20	3.20	65	0	0.005	0.005	0.005	4	4
TOTAL	21			TOTAL	975	770					

#### 4.2.2.9 SECTOR ELI BACA

Aledaño al sector La Zorra, el reconocimiento de este sector nos permite relacionar la proyección de la Veta Yanapaccha (al Sur) con esta estructura, en esta área se han realizado trabajos de exploración (Cartografiado y perforación diamantina) por parte de compañía minera Poderosa S.A., dueña de la concesión, se evidencia labores de mineros artesanales.

*Tabla N° 20. Muestras tomadas Sector Eli Baca.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
PRINCIPAL 1	2	0.60	0.80	0.70	175	0	0.04	3.066	1.769	233 - 797	790
PRINCIPAL 2	0	0.20	0.40	0.30	210	0	-	-	-	-	-
TENSIONAL 1	0	0.20	0.20	0.20	200	0	-	-	-	-	-
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.35	175	0	-	-	-	-	-
TOTAL	2			TOTAL	760	0					

#### 4.2.2.10 SECTOR TOTORA - TOTORITA

En este sector se ubica como estructura principal a la Veta Este, se ubica en la parte centro-oriental del prospecto, esta estructura de rumbo y buzamiento similar a Veta Yanapaccha (N10°O / 65°NE), tiene un ancho entre 3 y 5m, compuesta de dos eventos; una de cuarzo hialino brechado con óxidos de hierro y cobre (Malaquita) y un segundo de cuarzo lechoso mayormente en la parte central. Lo interesante de esta veta que fue

aparentemente minada desde la época española y limpiada por MARSA, contiene en profundidad sulfuros de cobre (calcopirita).

*Tabla N° 21. Muestras tomadas Sector Totora - Totorita*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud (m)		Leyes Au (g/t)		Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
		Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Min	Max			
VELA ESTE	8	1.00	5.00	3.50	370	200	0.037	0.497	0.255	20 - 15300	1127
TENSIONAL 1	1	0.40	0.40	0.40	65	0	0.138	0.138	0.138	12	1341
TENSIONAL 2	1	0.40	0.40	0.40	40	0	0.005	0.005	0.005	1341	12
OTRAS TENSIONALES	0	0.20	0.40	0.30	20	0	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>			<b>TOTAL</b>	<b>495</b>	<b>200</b>					

**4.2.2.11 SECTOR CERRO PUAS**

En este sector se pudo identificar dos estructuras vetiforme de rumbo y buzamiento promedio N-NO / 80°SO y espesor de 1 metro. Constituidas principalmente de cuarzo blanco ramaleado con oquedades que en algunos casos están con rellenos de óxidos de hierro, trazas de limonita y patinas de cobre por posible lixiviación de la calcopirita; presentan esporádicamente fragmentos líticos angulosos de aparente roca caja, posibles brechas tectónicas. Emplazadas en una zona débilmente propilitizada por la diseminación de piritita y puntos esporádicos de clorita de la Formación Tres Lagunas, fracturamiento moderado y próximo a una falla de rumbo N-S.

*Tabla N° 22. Muestras tomadas Sector Cerro Puas.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho Promedio (m)	Longitud Reconocida (m)	Leyes Au (g/t)	Ponderado Au (g/t)	Leyes Cu ppm	Ponderado Cu ppm
PRINCIPAL 1	1	0.50	150	0.01	0.010	181	181
TENSIONAL	0	0.80	70	0.01	0.010	95	95

**4.2.2.12 SECTOR CULLUNA 1**

Se presenta una estructura silicificada con disseminación de pirita gruesa y venillas de cuarzo hialino con rumbo N-NO. Está emplazada en las filitas del Complejo Maraón y parte de esta en la lava volcánica de la Formación Tres Lagunas, no obstante, en este sector se distinguen pequeños afloramientos de cuerpos intrusivos alterado de posible monzogranito, los contactos entre las distintas características litológicas no son distinguibles por la presencia de material cuaternario. Cabe recalcar que esta estructura podría ser parte o traza de la Veta Este.

*Tabla N° 23. Muestras tomadas Sector Culluna 1.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho Promedio (m)	Longitud Reconocida (m)	Leyes Au (g/t)	Ponderado Au (g/t)	Ponderado Cu ppm
PRINCIPAL 1	1	0.50	320	0.268	0.268	89

#### 4.2.2.13 SECTOR CULLUNA 2

Se reconoció una estructura vetiforme con rumbo y buzamiento N-NE / 85°NO y ancho promedio de 1.2 m, la estructura vetiforme se encuentra emplazada en rocas metamórficas con tendencias de foliación al Sur de bajo ángulo 10°, que corresponde al Complejo Maraón.

*Tabla N° 24. Muestra tomada Sector Culluna 2.*

ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho Promedio (m)	Longitud Reconocida (m)	Leyes Au (g/t)	Ponderado Au (g/t)	Ponderado Cu ppm
PRINCIPAL 1	1	0.50	320	0.005	0.005	13

*Tabla N° 25. Resumen de longitudes de estructuras por sectores.*

SECTOR	ESTRUCTURA	MUESTRAS (CANAL)	Ancho (m)		Ancho Promedio (m)	Longitud Estructuras Principales (m)		Longitud Estructuras Tensionales (m)		Longitud Total (m)	Leyes Au (g/t)		Leyes Cu (ppm)	
			Min	Max		Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)	Longitud Reconocida (m)	Longitud Interpretada (m)		Min	Max	Min	Max
LA ZORRA	VETA LA ZORRA	16	0.50	3.00	1.58	850	720	-	-	1570	0.005	2.940	1	5827
	TENSIONALES	5	0.50	3.20	2.34	-	-	125	50	175	0.005	6.188	4	3181
LAGUNA TAPADA	PRINCIPAL 1	8	0.30	1.50	0.75	90	0	-	-	90	0.005	0.775	7	2020
	PRINCIPAL 2	10	0.30	2.00	1.10	225	150	-	-	375	0.007	6.260	12	16112
	TENSIONALES	31	0.20	2.00	0.20	-	-	1105	225	1330	0.005	13.633	1	42700
LAGUNA NEGRA	YANAPACCHA	30	0.15	1.30	0.57	90	625	-	-	715	0.008	22.346	1	2489
	LOMA BLANCA 1	3	1.00	3.00	1.70	320	370	-	-	320	0.018	0.018	1	1
	LOMA BLANCA 2	3	3.00	3.50	3.33	370	320	-	-	370	0.032	0.032	1	1
	LOMA BLANCA 3	2	1.20	1.30	1.25	340	0	-	-	340	0.017	0.023	33	7630
MONSERRAT	TENSIONALES	7	0.20	1.50	0.75	-	-	850	310	1160	0.008	0.531	1	71240
	PRINCIPAL	14	0.20	2.00	1.02	1100	250	-	-	1350	0.011	4.745	1	3377
SATATA -ICURO	TENSIONALES	30	0.15	2.00	0.41	-	-	1625	0	1625	0.002	7.473	1	13307
	YANAPACCHA	73	0.20	2.00	0.78	650	160	-	-	810	0.005	5.531	7	7610
	GEMBLA 1	6	0.20	4.00	3.03	500	130	-	-	630	0.020	0.062	2	86
EL BRONCE	TENSIONALES	39	0.20	2.00	0.53	-	-	1155	630	1785	0.005	8.126	1	3870
	YANAPACCHA	62	0.20	3.00	0.73	510	940	-	-	1450	0.005	0.157	6389	6389
EL POTRERO	TENSIONALES	11	0.20	1.50	0.80	-	-	1230	355	1585	0.003	0.035	1	600
	PRINCIPAL	6	0.70	1.50	1.10	350	0	350	0	350	0.008	0.970	239	12500
CRUZ GRANDE	PRINCIPAL	3	0.65	1.20	0.95	1400	600	-	-	2000	0.015	3.230	1	16
	TENSIONALES	4	0.20	2.50	0.69	-	-	1580	1200	2780	0.005	0.015	1	61
TOTORA-TORTA	VETA ESTE	8	1.00	5.00	3.50	370	200	-	-	570	0.037	0.497	20	15300
	TENSIONALES	2	0.20	0.40	0.37	-	-	495	200	695	0.005	0.138	12	1341
CERRO PLUS	PRINCIPAL	1	-	0.50	0.50	150	0	-	-	150	-	0.010	-	181
	TENSIONALES	0	-	0.80	0.80	-	-	70	0	70	-	0.010	-	95
CULLUNA 1	PRINCIPAL	1	-	0.50	0.50	320	0	320	0	320	-	0.268	-	89
CULLUNA 2	PRINCIPAL	1	-	0.50	-	320	0	320	0	320	-	0.005	-	13
ELI BACA	PRINCIPAL 1	2	0.60	0.80	0.70	175	0	-	-	175	0.040	3.066	233	797
	PRINCIPAL 2	0	0.20	0.40	0.30	210	0	-	-	210	-	-	-	-
	TENSIONALES	0	0.20	0.50	0.28	-	-	375	0	375	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>						<b>8340</b>	<b>3775</b>	<b>9600</b>	<b>2970</b>	<b>23695</b>				

### 4.2.3 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DEL MUESTREO

#### 4.2.3.1 DUPLICADOS

Para el aseguramiento y confiabilidad del muestreo, de 17 muestras con sus duplicados, 2 de ellas tanto el caso del Au como del Cu, existen variaciones; lo que tendría como efecto un 12 % en la variabilidad de valores reportados, por lo que se asume un 88% de confianza al método de muestreo aplicado.

Tabla N° 26. Control de muestras duplicadas reportadas.

N°	Au g/TM			Cu ppm		
	A	B	DIFERENCIA	A	B	DIFERENCIA
1	0.027	0.020	0.007	86	89	3
2	0.142	0.093	0.049	10000	10000	0
3	0.230	0.200	0.030	1175	1225	50
4	0.017	0.008	0.009	7	7	0
5	0.015	0.008	0.007	4	80	76
6	0.033	0.090	0.057	8	17	9
7	0.013	0.018	0.005	3314	3617	303
8	1.155	1.018	0.137	499	550	51
9	0.012	0.008	0.004	8	11	3
10	0.005	0.007	0.002	1	1	0
11	0.015	0.007	0.008	32	38	6
12	0.003	0.002	0.001	242	246	4
13	0.010	0.021	0.011	1	1	0
14	0.273	0.462	0.189	295	300	5
15	0.005	0.008	0.003	19	16	3
16	0.023	0.022	0.001	7	6	1
17	0.007	0.008	0.001	94	112	18

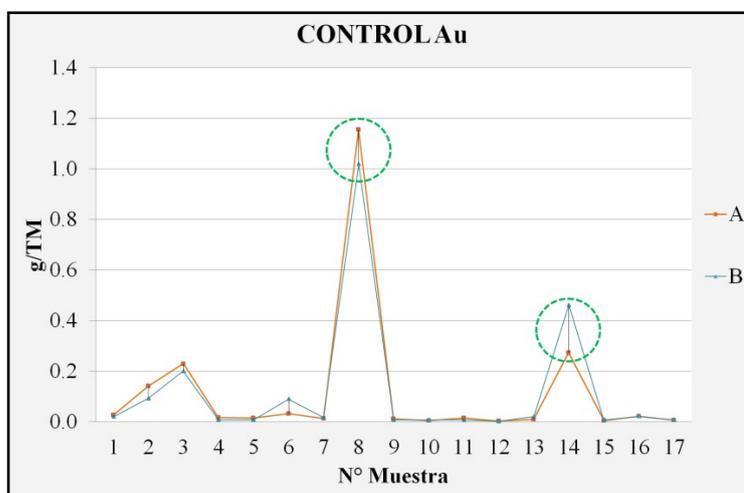


Figura N° 58. Control de muestras duplicadas Au.

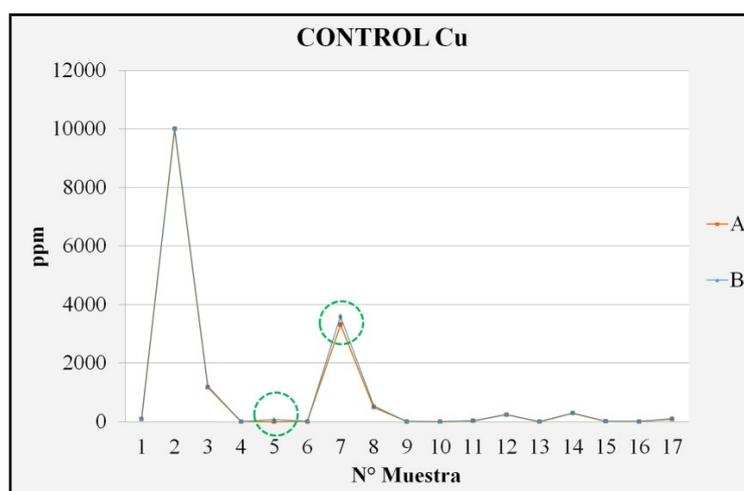


Figura N° 59. Control de muestras duplicadas Cu.

**4.2.3.2 BLANCOS**

La preparación de muestra antes de su ensayo geoquímico en cuanto al Au, nos refleja buenas condiciones sin embargo el valor de Cu refleja aproximadamente un 33% fuera del límite de acuerdo a la desviación estándar detectada, por lo que, se asume que el laboratorio encargado del análisis de las muestras J. Ramón del Perú SAC, debió optimizar las condiciones del preparado de estas.

*Tabla N° 27. Control de muestras blancas.*

LÍMITE DE DETECCIÓN 25			LÍMITE DE DETECCIÓN 5		
HOMOGENEIDAD ESTÁNDAR BLANCO 1/4" Au ppb	STD BK 1	< 25	HOMOGENEIDAD ESTÁNDAR BLANCO 1/4" Cu ppm	STD BK 1	13.6
	STD BK 2	< 25		STD BK 2	13.5
	STD BK 3	< 25		STD BK 3	11
	STD BK 4	< 25		STD BK 4	11.3
	STD BK 5	< 25		STD BK 5	12.3
	STD BK 6	< 25		STD BK 6	10.9
	STD BK 7	< 25		STD BK 7	14.4
	STD BK 8	< 25		STD BK 8	14.1
	STD BK 9	< 25		STD BK 9	13.8
	STD BK 10	< 25		STD BK 10	13.6
	STD BK 11	< 25		STD BK 11	12.9
	STD BK 12	< 25		STD BK 12	14.5
	STD BK 13	< 25		STD BK 13	15.2
	STD BK 14	< 25		STD BK 14	14.7
	STD BK 15	< 25		STD BK 15	15

*Leyes de muestras blancas Gruesas preparadas por ACTLABS.*

*Tabla N° 28. Control de muestras blancas reportadas.*

N°	Au	LS	LI	N°	Cu	LS	LI
1	0.018	0.025	0	1	14	15	12
2	0.011	0.025	0	2	13	15	12
3	0.012	0.025	0	3	15	15	12
4	0.018	0.025	0	4	12	15	12
5	0.022	0.025	0	5	14	15	12
6	0.013	0.025	0	6	12	15	12
7	0.012	0.025	0	7	13	15	12
8	0.005	0.025	0	8	8	15	12
9	0.007	0.025	0	9	14	15	12
10	0.010	0.025	0	10	10	15	12
11	0.013	0.025	0	11	10	15	12
12	0.010	0.025	0	12	13	15	12
13	0.018	0.025	0	13	21	15	12
14	0.072	0.025	0	14	11	15	12
15	0.005	0.025	0	15	15	15	12
16	0.005	0.025	0	16	14	15	12
17	0.013	0.025	0	17	19	15	12
18	0.005	0.025	0	18	13	15	12

*Au g/t - Cu ppm.*

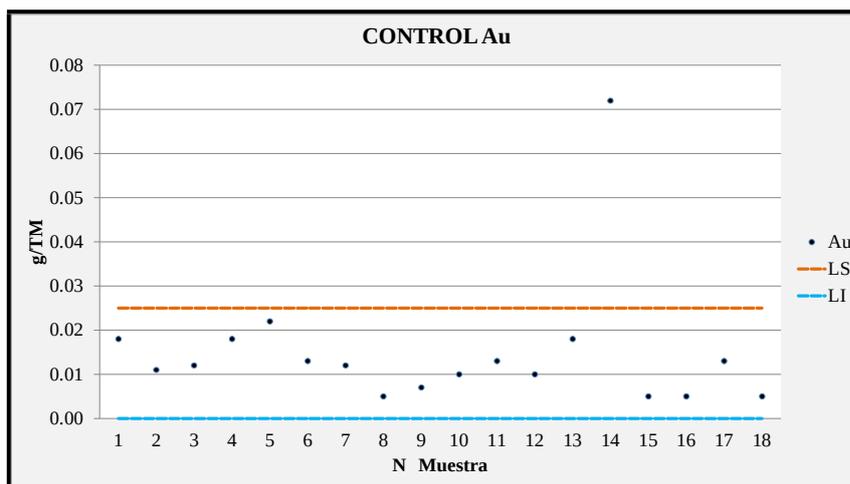


Figura N° 60. Control de muestras blancos Au.

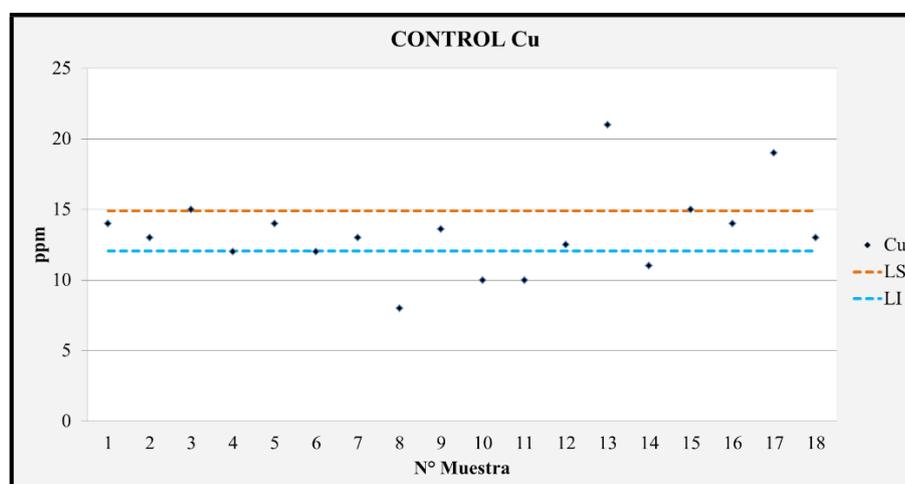


Figura N° 61. Control de muestras blancos Cu.

#### 4.2.4 DETERMINACIÓN DE LAS CORRELACIONES DE PEARSON

La correlación se determinó entre los pares de elementos de estrecha asociación del conjunto de sectores distinguidos, Así mismo se ha efectuado el análisis bivariado de Pearson de los elementos principales y elementos traza mejor correlacionados, para lo cual se consideraron 379 muestras de canal. Algunos elementos han sido desechados por que no tienen relación con los demás elementos. Para el análisis de cada población se determina los coeficientes de correlación positivas negativas ya que ayudan mejor a

representar una buena asociación y determinar los elementos guías mejor correlacionados.

*Tabla N° 29. Rango de correlación considerado.*

VALOR	DIRECTA (Rango)	INDIRECTA (Rango)	COLOR ASUMIDO
Alto	(0.75 a 1.000)	(-0.75 a -1.000)	Red
Medio	(0.50 a 0.749)	(-0.50 a -0.749)	Green
Bajo	(0.25 a 0.499)	(-0.25 a -0.499)	Yellow

#### 4.2.5 CORRELACIÓN DE PEARSON DIRECTA.

Tabla N° 30. Matriz de correlación directa.



- Directamente correlacionable Al: Li – Mg, Ba: Sr, Cd: Sb – Zn, Hg: Tl, V: Al - Li - Mg, Zn: Cd – Pb – Sb.

El Al - Ba - Va, evidencia afinidad con metales solidos alcalinos y alcalinos térreos que raramente se muestran como libres y que podría estar asociado a minerales sulfosales [ CITATION Alc14 \l 10250 ].

El Hg, genera afinidad con otros metales sólidos y en un contexto general puede estar asociado a menas auríferas con existencia de plata, cobre, rutilo, germanio, platino, titanio y talio [ CITATION Pal01 \l 10250 ].

El Zn, correlaciona con metales sólidos y metaloides este último indicaría yacimientos de baja temperatura como los epitermales [ CITATION Yac97 \l 10250 ].

No se aprecia correlación directa entre los principales elementos de roca intrusiva (Sr – Bi - Hg), lo que hace suponer que el intrusivo se encontraría a mayor profundidad (Ver anexos, Laminas N° 5-6-7-8), por la presencia de estructuras tipo diques de composición andesítica con alteración propilítica emplazados en filita del Complejo Marañón, podría estar relacionado a pulsos continuos o posteriores al emplazamiento del Batolito de Pataz, para lo cual, mediante el método geofísico “Magnetometría” y su posterior perforación diamantina mejoraría al entendimiento para el descarte de la misma suposición.

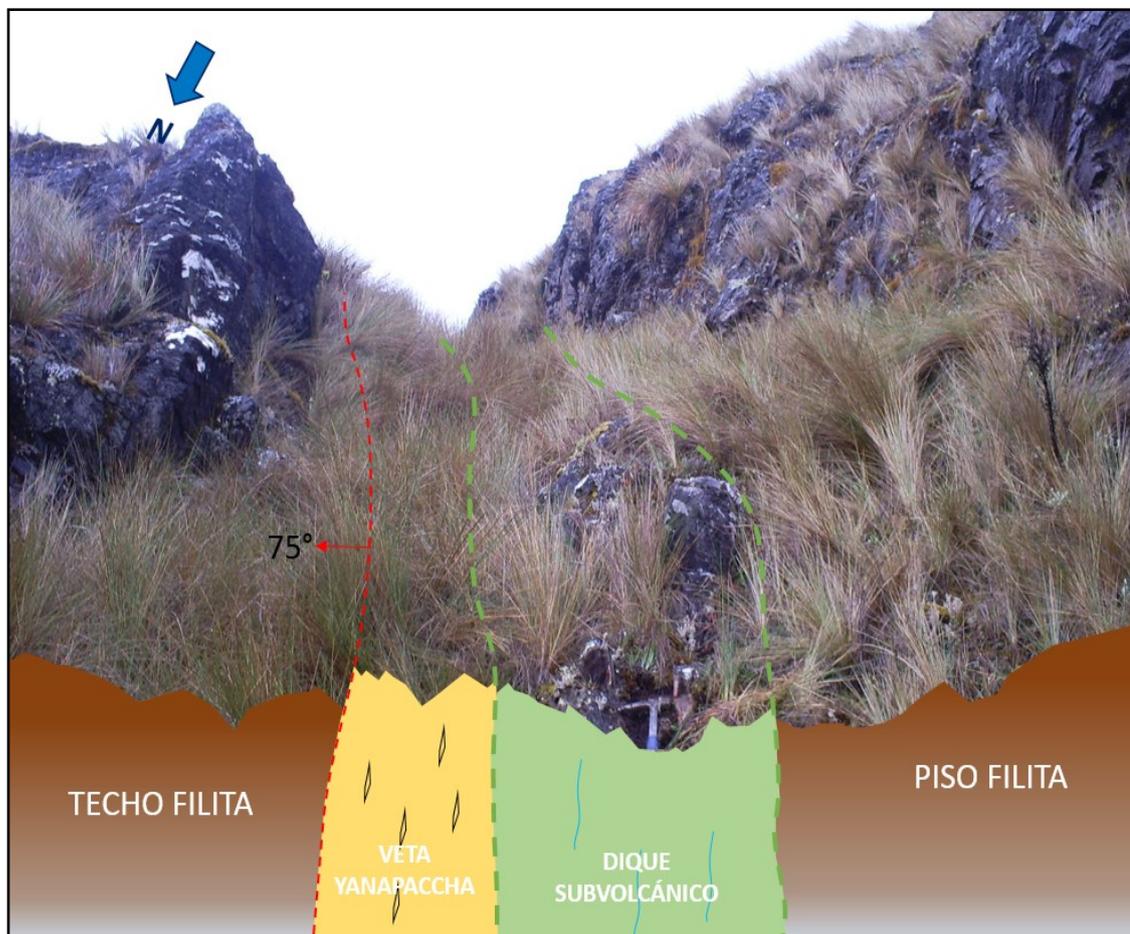


Figura N° 62. Dique subvolcánico al piso de la Veta Yanapaccha, cerro Monserrat.

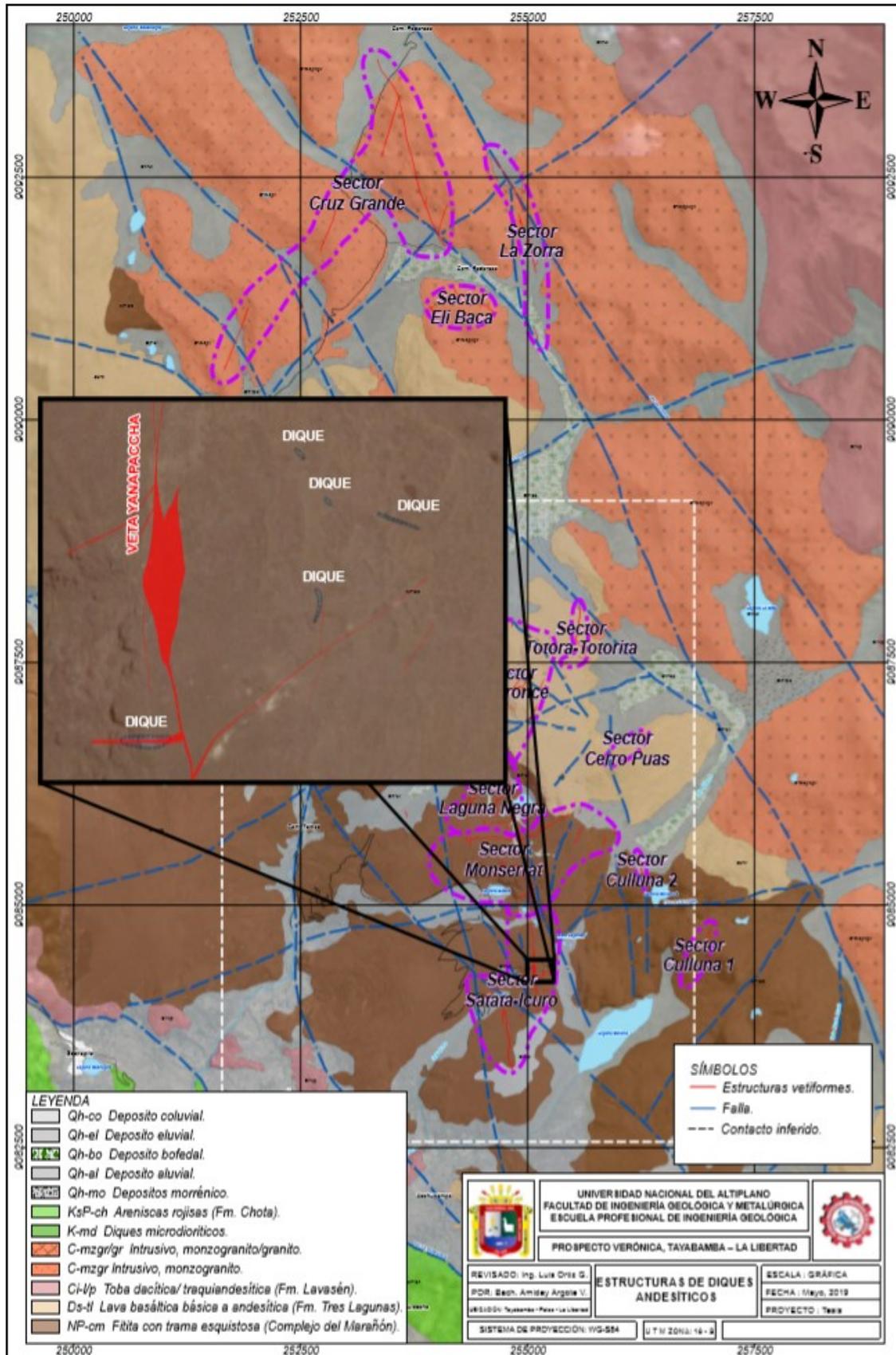


Figura N° 63. Vista aumentada de diques andesíticos con alteración propilítica.

4.2.6 CORRELACIÓN DE PEARSON INDIRECTA.

Tabla N° 31. Matriz de correlación indirecta.

	Au	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Se	Si	Sn	Sr	Ti	Tl	V	W	Zn		
Au	1																																							
Ag		1																																						
Al	-0.07		1																																					
As				1																																				
B	-0.03	-0.01		-0.03	1																																			
Ba	-0.03	-0.02				1																																		
Be	-0.03	-0.02		0.00			1																																	
Bi			-0.01	-0.02	-0.02	-0.03		1																																
Ca				-0.03	-0.02	-0.02	-0.02		1																															
Cd								-0.01		1																														
Ce	-0.03	-0.04		-0.02	-0.11		-0.06	-0.15	-0.04		1																													
Co						-0.01		-0.01			-0.12	1																												
Cr	-0.02			-0.02	-0.08	-0.13	-0.10				-0.23		1																											
Cu			-0.15	-0.03	-0.02	-0.05	-0.07				-0.05	-0.05		1																										
Fe							-0.01				-0.01				1																									
Ga											-0.06		-0.03			1																								
Hg	0.00		-0.03	-0.02			-0.14	-0.02	-0.07		-0.13	-0.23		-0.05	-0.01		1																							
K	-0.04	-0.12					-0.09	-0.02	-0.08		-0.06	-0.24	-0.17				-0.15	1																						
Li	-0.05					-0.01	-0.01		-0.17		-0.09								1																					
Mg	-0.05					-0.02					-0.12									1																				
Mn	-0.04	0.00	-0.02				-0.02				-0.01						-0.09	-0.05			1																			
Mo		-0.12				-0.03				-0.13	-0.09	-0.04	-0.02	-0.04	-0.02	-0.05	-0.05				1																			
Na	-0.04			-0.03	-0.04	-0.03	-0.11	-0.05			0.00	-0.05					-0.10	-0.13				1																		
Ni	-0.01					-0.01					-0.26						-0.02						1																	
P	-0.04				-0.03			-0.04	-0.12		-0.01	-0.29	-0.03				-0.20					-0.02	-0.09	1																
Pb	-0.01					-0.02	-0.03	-0.02		-0.09			0.00				-0.10						-0.01	-0.02	1															
S					-0.03	-0.03	-0.04				-0.18	-0.06					-0.07				-0.05	-0.05		1																
Sb										-0.07							-0.07					-0.02	-0.01		1															
Sc	-0.06				-0.02			-0.02			-0.02	-0.02					-0.04				-0.03		-0.09			1														
Se							-0.14	-0.07	-0.16	-0.18							-0.20	-0.06					-0.17				1													
Si	-0.02					-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	-0.09							-0.02					0.00						1												
Sn	-0.04	-0.01				-0.03	-0.04		-0.14	-0.11	-0.03								0.00				-0.08					1												
Sr	-0.01	-0.01	-0.01			-0.01	-0.01		-0.03	-0.03	-0.07	-0.01					-0.04	-0.05			-0.02	-0.02	-0.02	-0.05	-0.01	0.00	-0.01		-0.04	-0.03	-0.02	1								
Ti	-0.02						-0.01			-0.11	-0.04						-0.05											1												
Tl	0.00		-0.04	-0.02			-0.11	-0.02	-0.06		-0.06	-0.25					-0.16	0.00						-0.14								-0.04	1							
V	-0.06										-0.20		-0.06								-0.07																	1		
W	-0.02				-0.03	0.00	-0.02	-0.01	-0.02		0.00		-0.06				-0.04					-0.04	-0.03															1		
Zn	-0.01					-0.01	-0.02	0.00	0.00		-0.09						-0.07						-0.02																1	

- Inversamente correlacionable: los valores son nulos.

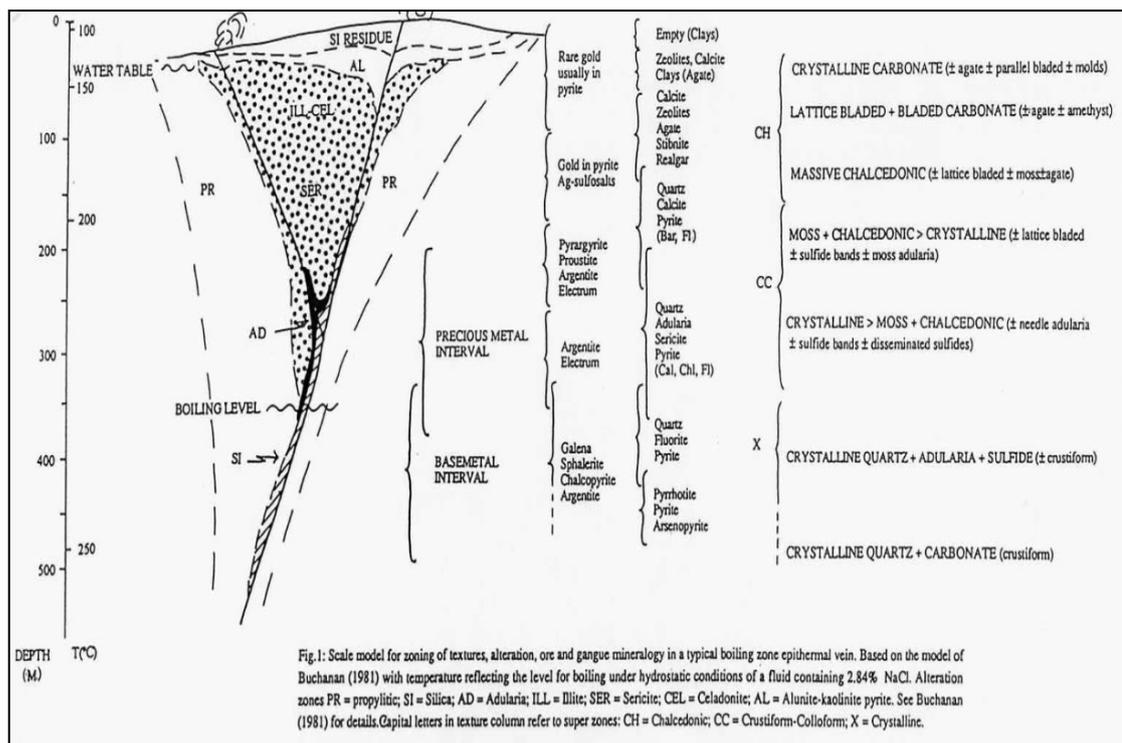
4.3 INTERPRETACIÓN Y MODELO PROPUESTO

Las diversas estructuras mineralizadas se habrían emplazado en zonas de debilidad, en fallas pertenecientes a sistemas NW-SE, NE-SW y E-W, esto se basa en las diversas texturas evidenciadas en las vetas, mostrando un desarrollo de cristalización en zonas de apertura (*textura en peine, colomórfica*), mostrando también reactivación tectónica de estos sistemas (*texturas spider*).

La posibilidad de que estas vetas sean de origen “orogénico” es poco probable, se ha visto texturas en brechamiento, inclusión de venillas y micro-venillas de sílice de

múltiples eventos de sílice, y se ha podido ver también la textura conocida como cavidad póstuma, esta nos da a entender la presencia de gases en un medio acuoso, si bien es conocido que existen procesos hidrotermales asociados a sistemas orogénicos, el resultado de datación realizado a la veta Yanapaccha (472 +/- 10 Ma) supondría eventos mineralizadores predecesores al emplazamiento del Batolito de Pataz, estos pulsos habrían aportado fluido hidrotermal para poder formar las estructuras estudiadas, tomando todo esto en cuenta podríamos catalogar el yacimiento como un Mesotermal Filoneano.

Los bajos valores en superficie, sumados a la presencia de calcedonia, nos llevan a proponer el modelo realizado por *Buchanan* en 1981, este modelo correlaciona las diversas texturas con la presencia de valores económicos de Au, Cu y Ag, basado en presión, temperatura y profundidad, siendo esta última, una variable mixta de las dos mencionadas anteriormente, esto quiere decir que a medida se profundice, los valores incrementarán, este modelo se ha evidenciado en diversas zonas como en la veta Yanapaccha.



*Figura N° 64. Modelo de zonamiento textural en un mesotermal  
(Fuente Buchanan, 1981).*

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Se reconoció 3436 hectáreas como área de interés prospectivo para enfocar trabajos de exploración con mayor interés, involucra los sectores: Potrero, Laguna Tapada, Laguna Negra, El Bronce, Monserrat y Satata Icuro. Gobernados por filitas replegadas del Complejo Marañón, estas quedarían “colgadas” al presumirse la presencia de intrusivos del Batolito de Pataz en profundidad, dentro de este área también se encuentran las principales estructuras vetiformes: Yanapaccha, Monserrat (Principal 1), Loma Blanca 1 y Loma Blanca 2, de los cuales no se reportaron valores auríferos y polimetálicos elevados (mínimo 0.005 gr/t Au, puntual 22.346 gr/t Au), sin embargo presentan una importante sumatoria en longitud y su continuidad junto a las estructuras tensionales.
- Los análisis petrográficos de las muestras (MM-A y MM-B) ubicados al Norte del prospecto, corroboran al cartografiado de roca intrusiva de composición monzogranítica, según a los coeficientes de correlación por el método de “Pearson” de las muestras geoquímicas en estructuras vetiformes, no se observa afinidad de los elementos característicos de roca intrusiva (Sr-Bi-Hg) que haría suponer la influencia de fluidos hidrotermales intensos que pudieron haber contribuido en la formación de minerales de mena, por otro lado se observó

presencia de diques subvolcánicos, en tramos acompaña a las estructuras vetiformes lo que indicaría actividad magmática posterior y que podríamos estar ubicados en la zona distal de un mayor enriquecimiento mineralógico

- Los estudios de datación realizado a la veta Yanapaccha (472 +/- 10 Ma) supondría eventos mineralizadores predecesores al emplazamiento del Batolito de Pataz, estos pulsos habrían aportado fluidos hidrotermales para poder formar las estructuras estudiadas, considerando lo mencionado podría clasificar el yacimiento como un Mesotermal Filoneano sin descartar la probabilidad de un sistema tipo “Orogénico”.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

- Continuar con la etapa de exploración geológica priorizando el Área de Interés Prospectivo (Sectores; Potrero, Laguna Tapada, Laguna Negra, El Bronce, Monserrat y Satata Icuro), tomando en cuenta el contexto de las zonas aledañas.
- Realizar un levantamiento de estructuras y muestras con un equipo de precisión, puesto que los datos fueron tomados con GPS, el cual se obtiene una variación relativa de  $\pm 3$  a 5 m generando errores.
- Programa de estudio geofísicos, magnetometría; con la finalidad de identificar y/o confirmar con los trabajos de exploración superficial lineamientos, estructuras y cuerpos litológicos en función de su contenido de minerales ferromagnesianos que podrían estar relacionados. El programa constaría de un total de 164.8 km separadas cada 100 m con una orientación de N80E y una línea base de 5.6 km con dirección N10O aproximadamente sobre la proyección de la Veta Yanapaccha (Ver anexos, Lámina N° 09).
- Extraer muestras de mano para su estudio de susceptibilidad magnética, con el fin de identificar la “firma” magnética y corroborar su relación de los pulsos intrusivos, diques y otros grupos litológicos predominantes.

- Programa de perforación diamantina, el cual contribuirá en definir la presencia de roca intrusiva en profundidad, además de los recursos existentes en el área de trabajo. Se propone un total de 13 plataformas de perforación, los sondajes tienen un total acumulado de 6200 m, con ángulos de inclinación de perforación que varía de 45° a 50° la longitud (Ver anexos, Lamina 10).

## vii REFERENCIAS

- CITATION Dáv11 \ 10250 : , (Dávila Burga, 2011),
- CITATION Har87 \ 10250 : , (Hartman, 1987),
- CITATION Ing95 \ 10250 : , (INGEMMET, 1995),
- CITATION ING06 \ 10250 : , (INGEMMET, 2006),
- CITATION MAR15 \ 10250 : , (MARSA, 2015),
- CITATION Dal88 \ 10250 : , (Dalmayrac B., Laubacher G., & Marocco R., 1988),
- CITATION Meg79 \ 10250 : , (Megard F., 1979),
- CITATION Meg79 \ 10250 : , (Megard F., 1979),
- CITATION Ing95 \ 10250 : , (INGEMMET, 1995),
- CITATION Roc14 \ 10250 : , (Rocas metamórficas, 2014),
- CITATION Pet15 \ 10250 : , (Atlas de rocas ígneas, 2015),
- CITATION Pet15 \ 10250 : , (Atlas de rocas ígneas, 2015),
- CITATION MarcadorDePosición1 \ 10250 : , (Petroignea, 2015),
- CITATION Sil95 \ 10250 : , (Sillitoe, 1995),
- CITATION Vás09 \ 10250 : , (Vásquez O., 2009),
- CITATION Hug07 \ 10250 : , (Rivera M., 2007),
- CITATION Qui17 \ 10250 : , (Quino L., 2017),
- CITATION Tre14 \ 10250 : , (Martinez, 2014),

- CITATION Gal06 \l 10250 : , (Galliski, 2006),
- CITATION Bla85 \l 10250 : , (Blanco J., 1985),
- CITATION Hug07 \l 10250 : , (Rivera M., 2007),
- CITATION Cer15 \l 10250 : , (Cerron F., 2015),
- CITATION Dha09 \l 10250 : , (Dhana R., 2009),
- CITATION Sin86 \l 10250 : , (Sinclair A., 1986),
- CITATION Bac17 \l 10250 : , (Baca R., 2017),
- CITATION ASM12 \l 10250 : , (ASM-AMEC, 2012),
- CITATION MAR17 \l 10250 : , (MARSA, 2017),
- CITATION Mem17 \l 10250 : , (Memorial University of Newfoundland, 2017),
- CITATION And15 \l 10250 : , (Andes Consultores & Prospectors, 2015),
- CITATION Alc14 \l 10250 : , (Alcalinotérreo, 2014),
- CITATION Pal01 \l 10250 : , (Palacios C. & Severo, 2001),
- CITATION Yac97 \l 10250 : , (Yacimientos de Antimonio, 1997),

## **WEB GRAFÍA**

- CITATION Dáv11 \l 10250 : , (Dávila Burga, 2011),
- CITATION Har87 \l 10250 : , (Hartman, 1987),

- CITATION Ing95 \ 10250 : , (INGEMMET, 1995),
- CITATION ING06 \ 10250 : , (INGEMMET, 2006),
- CITATION MAR15 \ 10250 : , (MARSA, 2015),
- CITATION Dal88 \ 10250 : , (Dalmayrac B., Laubacher G., & Marocco R., 1988),
- CITATION Meg79 \ 10250 : , (Megard F., 1979),
- CITATION Meg79 \ 10250 : , (Megard F., 1979),
- CITATION Ing95 \ 10250 : , (INGEMMET, 1995),
- CITATION Roc14 \ 10250 : , (Rocas metamórficas, 2014),
- CITATION Pet15 \ 10250 : , (Atlas de rocas ígneas, 2015),
- CITATION Pet15 \ 10250 : , (Atlas de rocas ígneas, 2015),
- CITATION MarcadorDePosición1 \ 10250 : , (Petroígneas, 2015),
- CITATION Sil95 \ 10250 : , (Sillitoe, 1995),
- CITATION Vás09 \ 10250 : , (Vásquez O., 2009),
- CITATION Hug07 \ 10250 : , (Rivera M., 2007),
- CITATION Qui17 \ 10250 : , (Quino L., 2017),
- CITATION Tre14 \ 10250 : , (Martinez, 2014),
- CITATION Gal06 \ 10250 : , (Galliski, 2006),
- CITATION Bla85 \ 10250 : , (Blanco J., 1985),
- CITATION Hug07 \ 10250 : , (Rivera M., 2007),
- CITATION Cer15 \ 10250 : , (Cerron F., 2015),
- CITATION Dha09 \ 10250 : , (Dhana R., 2009),
- CITATION Sin86 \ 10250 : , (Sinclair A., 1986),
- CITATION Bac17 \ 10250 : , (Baca R., 2017),
- CITATION ASM12 \ 10250 : , (ASM-AMEC, 2012),
- CITATION MAR17 \ 10250 : , (MARSA, 2017),

CITATION Mem17 \ 10250 : , (Memorial University of Newfoundland, 2017),

CITATION And15 \ 10250 : , (Andes Consultores & Prospectors, 2015),

CITATION Alc14 \ 10250 : , (Alcalinotérreo, 2014),

CITATION Pal01 \ 10250 : , (Palacios C. & Severo, 2001),

CITATION Yac97 \ 10250 : , (Yacimientos de Antimonio, 1997),

# ANEXOS