

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL CENTRO VOLCÁNICO**  
**HUAYQUISHONGO - SAN PABLO**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

**AUTOR:**

**Bach. Chilón Tongombol Eider**

**ASESOR:**

**M. Cs. Ing. Arapa Vilca Víctor Ausberto**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en forma especial a mi alma mater: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, y docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica.

A mi asesor Ing. Arapa Vilca, Víctor Ausberto. Por transmitirme sus conocimientos, experiencias y recomendaciones profesionales en el campo de la Petrología.

A mi familia y amigos por brindarme su confianza y apoyo.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres, Demetrio Chilón, Mérida Tongombol por su apoyo incondicional y hermanos; Blair Aner, Diego José y Ángel David por las vivencias diarias.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica por albergarnos, a los docentes, compañeros y amigos por el conocimiento, apoyo y colaboración desinteresada.

## ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.2 BASES TEÓRICAS .....	4
2.2.1 Petrología de rocas volcánicas.....	4
2.2.2 Características físicas.....	4
2.2.3 Lavas, intrusiones sin volcánicas y depósitos volcanoclásticos relacionados.....	12
2.2.3.1 Lavas Andesíticas .....	13
2.2.3.2 Características Mineralógicas.....	13
2.2.3.3 Clasificación de Rocas volcánicas.....	14
2.2.3.4 Descripción de rocas volcánicas Coherentes.....	17
2.2.4 Depósitos piroclásticos, sedimentario volcanogénico y volcanoclástico resedimentado.....	22
2.2.4.1 Estudios en depósitos volcanoclásticos .....	23
2.2.4.2 Clasificación genética de depósitos volcanoclásticos .....	25
2.2.4.3 Componentes principales de los depósitos volcanoclásticos.....	25
2.2.4.4 Tipos de componentes principales.....	26
2.2.4.5 Transporte y depositación de partículas Volcanoclásticas .....	26
2.2.4.5.1 Depósitos de Caída Piroclástica.....	27
2.2.4.5.2 Corriente de densidad piroclástica Diluida (Oleada Piroclástica).....	28
2.2.4.5.3 Corriente de densidad piroclástica Concentrada (Flujo Piroclástico).....	29
2.2.4.5.4 Tipos de Depósitos de flujo Piroclástico .....	31
2.2.4.5.5 Tipos .....	32

2.2.4.5.6	Características de los Depósitos de flujos piroclásticos .....	32
2.2.5	Flujos en masa volcániclasticos, producidos por gravedad y soportados por agua	35
2.2.5.1	Turbiditas .....	35
2.2.5.2	Flujos de barro .....	35
2.2.5.3	Flujos de detritos volcániclasticos .....	35
2.2.5.4	Lahares .....	35
2.2.6	Clasificación de rocas Volcániclasticas .....	36
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	38
CAPÍTULO III .....		39
MATERIALES Y MÉTODOS .....		39
3.1	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.1.1	Geografía .....	39
3.1.2	Política .....	39
3.1.3	Accesibilidad .....	40
3.2	PROCEDIMIENTOS .....	41
3.2.1	Metodología .....	41
3.2.2	Definición de Variables .....	42
3.2.3	Técnicas .....	43
3.2.3.1	Instrumentos de recolección de datos .....	43
3.2.4.1	Instrumentos .....	43
3.2.4.2	Equipos .....	43
3.2.4.3	Softwares .....	44
3.3	CONTEXTO GEOLÓGICO .....	44
3.3.1	Geomorfología .....	44
3.3.1.1	Superficie de erosión .....	44
3.3.1.2	Drenaje .....	45
3.3.1.3	Valles .....	45
3.3.1.4	Unidades Geomorfométricas .....	46
3.3.2	Geología Estructural .....	46
CAPÍTULO IV .....		48
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		48

4.1	PETROGRAFÍA VOLCÁNICA .....	48
4.1.1	Clasificación Macroscópica.....	48
4.1.2	Evolución Eruptiva .....	93
4.2	CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS.....	99
	CAPÍTULO V.....	100
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	100
5.1	CONCLUSIONES.....	100
5.2	RECOMENDACIONES.....	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01.</b> Cristalinidad.....	6
<b>Tabla 02.</b> Granularidad. ....	7
<b>Tabla 03.</b> Granularidad – Fanerítica y Afanítica. ....	7
<b>Tabla 04.</b> Tamaño de Cristales. ....	7
<b>Tabla 05.</b> Relaciones mutuas entre los cristales. ....	8
<b>Tabla 06.</b> Hábitos y formas.....	9
<b>Tabla 07.</b> Color. ....	9
<b>Tabla 08.</b> Texturas. ....	9
<b>Tabla 09.</b> Coordenadas UTM - WGS84 de los vértices de la zona de estudio.....	39
<b>Tabla 10.</b> Accesibilidad a la zona de estudio.....	40
<b>Tabla 11.</b> Clasificación y tipos de investigación. ....	42
<b>Tabla 12.</b> Variables de investigación. ....	42
<b>Tabla 13.</b> Unidades Geomorfológicas .....	46
<b>Tabla 14.</b> Ubicación de muestras de mano mediante coordenadas UTM 84.....	48
<b>Tabla 15.</b> Descripción Macroscópica de muestras de mano.....	51
<b>Tabla 16.</b> Muestras de Mano del centro Volcánico. ....	56
<b>Tabla 17.</b> Clasificación de Rocas Volcánicas (Streckeisen 1979 y Schmidt 1961) .....	65
<b>Tabla 18.</b> Muestras seleccionadas para las secciones delgadas. ....	67
<b>Tabla 19.</b> Descripción Petrográfica de la muestra E – 61.....	67
<b>Tabla 20.</b> Descripción Petrográfica de la muestra E – 67.....	73
<b>Tabla 21.</b> Descripción Petrográfica de la muestra E – 30.....	77
<b>Tabla 22.</b> Descripción Petrográfica de la muestra E – 15.....	82
<b>Tabla 23.</b> Descripción Petrográfica de la muestra E – 2.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01.</b> Textura Volcaniclástica, Toba cristalolítica (Ancochea, 2013).....	5
<b>Figura 02.</b> Textura Coherente, Muestra de mano de Lava Andesítica (Ancochea, 2013).....	6
<b>Figura 03.</b> Distribución de tamaño de grano Inequigranular (Castro, 1989).....	8
<b>Figura 04.</b> Principales Estructuras (Castro, 1989).....	10
<b>Figura 05.</b> Combinaciones posibles de estructura Masiva (Castro, 1989).....	11
<b>Figura 06.</b> Combinaciones posibles de estructura Masiva (Castro, 1989).....	11
<b>Figura 07.</b> Flujos lávicos de vulcanismo subaéreo (Echevarria, 2002).....	12
<b>Figura 08.</b> Lavas Andesíticas (Echevarria, 2002).....	13
<b>Figura 09.</b> Clasificación modal de rocas volcánicas en el doble triángulo (Streckeisen, 1979). .....	15
<b>Figura 10.</b> Gráfico de estimación visual de porcentajes y Diagrama Triangular. (Recuperado de Franco y Gonzalo, 2000) .....	16
<b>Figura 11.</b> Uso del Diagrama de Streckeisen (Griem, 2015).....	16
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de uso del Diagrama de Streckeisen (Griem, 2015).....	17
<b>Figura 13.</b> Muestra de riolita con matriz afanítica (Ancochea; 2013). .....	18
<b>Figura 14.</b> Muestra de mano de Latita (Universidad complutense de Madrid). .....	18
<b>Figura 15.</b> Muestra de mano de Riodacita (Universidad complutense de Madrid). .....	19
<b>Figura 16.</b> Muestra de mano de Dacita (Universidad Complutense de Madrid). .....	20
<b>Figura 17.</b> Muestra de una traquita, con una textura porfirítica (Ancochea, 2013).....	21
<b>Figura 18.</b> Muestra de andesita con matriz afanítica. España (Ancochea, 2013). .....	21
<b>Figura 19.</b> Muestra de mano de basalto (Ancochea, 2013). .....	22
<b>Figura 20.</b> Diagrama de clasificación que ilustra los tipos de fragmentos que forman un depósito volcaniclástico (Murcia y Borrero, 2013). .....	24
<b>Figura 21.</b> Depósito de caída piroclástica. A) Caída piroclástica de pómez (volcán Doña Juana, Colombia). B) Caída piroclástica de escorias de la erupción de 1723 (volcán Irazú, Costa Rica). C y D). Proyectiles balísticos (C, bomba fusiforme, volcán Tecuitlapa, México; D, bloque juvenil, volcán Irazú, Costa Rica) (Murcia y Borrero, 2013)..	25
<b>Figura 22.</b> Diagrama esquemático de un depósito de caída piroclástica (Cas y White, 1988)	27

<b>Figura 23.</b> A) Facies de oleadas piroclásticas basales (volcán Sotará, Colombia). B) Facies de oleada piroclástica de explosión dirigida (volcán Doña Juana, Colombia) (Murcia y Borrero, 2013).....	28
<b>Figura 24.</b> Diagrama esquemático de un depósito de una oleada piroclástica (Cas y White, 1988).....	29
<b>Figura 25.</b> Diagrama esquemático de un Depósito de flujo Piroclástico (Cas y White, 1988). .....	30
<b>Figura 26.</b> Origen de los flujos Piroclásticos (Cas y White, 1988).....	31
<b>Figura 27.</b> Toba Soldada (Caballero, 2017).....	33
<b>Figura 28.</b> Relación entre espesor y extensión lateral (Walker, 1983). ....	34
<b>Figura 29.</b> Depósito de lahar. A) Facies de lahar sensu stricto (volcán Tacaná, México). B) Facies de lahar diluido (volcán Sotará, Colombia) (Murcia y Borrero, 2013). .....	36
<b>Figura 30.</b> Clasificación de Rocas Piroclásticas primarias (Fisher, 1996).....	37
<b>Figura 31.</b> Clasificación de rocas volcánicas Piroclásticas (Schmidt, 1981),.....	37
<b>Figura 32.</b> Delimitación de la Zona de Estudio, Centro volcánico Huayquishongo (Google Earth Pro, 2019).....	40
<b>Figura 33.</b> Acceso a la zona de estudio. (Google Earth 2019).....	41

## ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
<b>Foto 01.</b> Superficie de erosión entre los 2600m.s.n.m. – 2900m.s.n.m. ....	44
<b>Foto 02.</b> Rio Yaminchad, rio de mayor orden. (Falta orientación).....	45
<b>Foto 03.</b> Valle joven tipo (es la misma que la foto 02).....	46
<b>Foto 04.</b> Ubicación: N: 9221018 E: 748081. Se evidencia una falla normal con rumbo N120 y buzamiento 78NE, se observa el plano de falla y el movimiento de un bloque con respecto al otro; se encuentra en rocas volcánicas al Noreste de la Zona de investigación. ....	47
<b>Foto 05.</b> Ubicación: N: 9221020 E: 748082. Se evidencia el deterioro de las estructuras viales debido al movimiento que se genera en las fallas geológicas. ....	47
<b>Foto 06.</b> A. Ubicación N: 9222946, E: 750153, Cota: 3034. Afloramiento del Primer evento, macizo rocoso de composición andesítica, de coloración amarillento. B. Ubicación N: 9213104, E: 739823, Cota: 2835; Afloramiento rocoso de color gris oscuro, moderadamente fracturado, de composición andesítica. C. Ubicación N: 9213770, E: 740009, Cota: 2973, Afloramiento de color gris oscuro de composición andesítica, moderadamente fracturada.....	93
<b>Foto 07.</b> A. ubicación N: 9212374, E: 741381, Cota: 2784. Afloramiento del segundo evento, macizo rocoso de composición riolítica, de coloración blanquecina, moderadamente fracturada. B. Ubicación N: 9212461, E: 711407, Cota: 2810; Afloramiento rocoso de color blanquecino, moderadamente fracturado, de composición riolítica. ....	94
<b>Foto 08.</b> A. Ubicación N: 9213479, E: 741059, Cota: 2895. Afloramiento del segundo evento, macizo rocoso de composición riolítica, de coloración blanquecina, moderadamente fracturada. B. Ubicación N: 9212945, E: 740932, Cota: 3246; Afloramiento rocoso de color blanquecino, moderadamente fracturado, de composición riolítica, moderadamente fracturada y con venillas oxidadas. ....	94
<b>Foto 09.</b> Ubicación N: 9219927, E: 744029, Cota: 2855.A. Afloramiento Rocosos del tercer evento, macizo rocoso de composición andesítica, de coloración blanquecina a gris blanquecina, moderadamente fracturada y con alteración moderada de plagioclasas	

	a arcillas. B. Afloramiento rocoso de color blanquecino con patinas y venillas de oxidación, de composición andesítica. ....	95
<b>Foto 10.</b>	Ubicación N: 9219596, E: 745604, Cota: 2824. Afloramiento rocoso de coloración gris en la superficie y blanquecino como roca fresca, de composición andesítica y patinas de oxidación. ....	95
<b>Foto 11.</b>	Ubicación N: 9221253, E: 750912, Cota: 3162. Vista panorámica del afloramiento del Cuarto evento, compuesto por flujos piroclásticos de color gris oscuro en superficie producto de la oxidación. ....	96
<b>Foto 12.</b>	A. Ubicación N: 9222526, E: 751699, Cota: 2978. Macizo rocoso de Coloración gris verdoso, fracturado. B. Ubicación N: 9222211, E: 752418, Cota: 2865. Macizo rocoso de composición andesítica, toba cristalolítica de composición riolítica de coloración gris, producto de la meteorización.....	96
<b>Foto 13.</b>	Ubicación N: 9220190, E: 752781, Cota: 3452. Vista panorámica del afloramiento del quinto evento, compuesto por flujos piroclásticos de color gris oscuro en superficie, presencia de disyunción Columnar. ....	97
<b>Foto 14.</b>	Ubicación N: 9220371, E: 752626, Cota: 3445. Depósito de piroclástico de cenizas y bloques. (A) depósitos piroclásticos de coloración gris blanquecina a gris verdosa en superficie inalterada. (B) depósitos piroclásticos de coloración gris oscura en superficie producto de la meteorización. ....	97
<b>Foto 15.</b>	Ubicación N: 9220618, E: 752669, Cota: 3450: Bomba volcánica de 1.40m de diámetro de composición andesítica. ....	98

## LISTA DE ABREVIATURAS

ARCGIS	:	Software de sistema de información geográfica.
GPS.	:	Sistema de posición global.
Aln	:	Alunita
ARCs	:	Arcillas
Bt	:	Biotita
Ap	:	Apatito
OPs	:	Minerales Opacos
Mus	:	Muscovita
Ser	:	Sericita
Km.	:	Kilómetro
mm	:	Milímetro
SiO <sub>2</sub>	:	Sílice
cm	:	Centímetro
Q	:	Polimorfos de Cuarzo
A	:	Feldespatos Alcalinos
PLGs.	:	Plagioclasas
M.	:	Minerales Máficos
Ejm.	:	Ejemplo

## RESUMEN

El centro Volcánico Huayquishongo datado en 24 M.a. Oligoceno; (Navarro, 2013), ubicada al NE de la ciudad de San Pablo y al SO de la ciudad de Cajamarca, es una unidad de rocas volcánicas que aflora en la cordillera Noroccidental del Perú y está formado por secuencias lávicas andesíticas y flujos piroclásticos de tobas de composición riolítica y andesítica. Por tal razón se tiene por objeto determinar las características petrológicas del centro volcánico Huayquishongo; mediante la clasificación petrológica, y estudios petrográficos de secciones delgadas para definir los eventos eruptivos y evolutivos. Y ello se realizó Mediante la clasificación macroscópica de 80 muestras distribuidas en los afloramientos del centro volcánico, y utilizando el diagrama de Streckeisen se determinó: 07 muestras de toba Litocristalina Andesítica, 06 muestras de toba Litocristalina Riolítica, 24 muestras de roca lávica Andesítica, 27 muestras de toba de cristales Riolítica y 16 muestras de toba de Cristales Andesítica; para la corroboración de los datos se realizaron 5 secciones delgadas y fueron analizadas mediante la técnica de microscopía óptica de luz polarizada. Posterior a ello, mediante los 5 eventos volcánicos, se determinó que el primer evento es efusivo por el afloramiento de rocas lávicas de composición andesítica de tonalidades marrones rojizas a gris blanquecinas, el segundo evento es explosivo por el afloramiento de rocas piroclásticas de composición riolítica de tonalidades gris blanquecinas a gris amarillentas; el tercer evento también es explosivo de composición andesítico con rocas de tonalidades gris blanquecinas y grises; el cuarto evento es explosivo por el afloramiento de rocas piroclásticas de composición Riolítica con tonalidades verdosas a grises con presencia de líticos de composición volcánica, y el quinto evento es también explosivo por el afloramiento de rocas piroclásticas de composición andesítica de tonalidades verdosas a grises con presencia de líticos volcánicos y sedimentarios.

**Palabras claves:** Petrología, centro volcánico, textura coherente, textura volcanoclástica, Facie.

## ABSTRACT

The Huayquishongo Volcanic Center dated at 24 M.a. Oligocene; (Navarro, 2013), located NE of the city of San Pablo and SW of the city of Cajamarca, is a unit of volcanic rocks that outcrops in the northwestern mountain range of Peru and is formed by andesitic lava sequences and pyroclastic flows of tuffs. of rhyolitic and andesitic composition. For this reason, the purpose is to determine the petrological characteristics of the Huayquishongo volcanic center; through petrological classification, and petrographic studies of thin sections to define the eruptive and evolutionary events. And this was done by means of the macroscopic classification of 80 samples distributed in the outcrops of the volcanic center, and using the Streckeisen diagram it was determined: 07 Andesitic lithocrystalline tuff samples, 06 Rhyolitic lithocrystalline tuff samples, 24 Andesitic lava rock samples, 27 Rhyolitic crystal tuff samples and 16 Andesitic Crystal tuff samples; To corroborate the data, 5 thin sections were made and analyzed using the polarized light optical microscopy technique. Subsequently, through the 5 volcanic events, it was determined that the first event is effusive due to the outcrop of lava rocks of andesitic composition with reddish brown to whitish gray tones, the second event is explosive due to the outcrop of pyroclastic rocks of rhyolitic composition of whitish gray to yellowish gray shades; the third event is also explosive with an andesitic composition with rocks of gray-white and gray tones; the fourth event is explosive due to the outcrop of pyroclastic rocks of rhyolitic composition with greenish to gray tones with the presence of lithics of volcanic composition, and the fifth event is also explosive due to the outcrop of pyroclastic rocks of andesitic composition with greenish to gray tones with presence of volcanic and sedimentary lithics.

**Keywords:** Petrology, volcanic center, coherent texture, volcanoclastic texture, Facie.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los Centros volcánicos son definidos como depósitos volcánicos procedentes de un mismo centro de emisión (Tanabe & Turner, 2000; Longo, 2005; Cereceda et al., 2008; Navarro et al., 2008). Entre los diferentes materiales expulsados tenemos; flujos de lava, producidos por eventos efusivos (el material volcánico es expulsado de forma tranquila a la superficie) y flujos piroclásticos, producido por eventos explosivos (el material volcánico es expulsado de manera violenta a la superficie), los que al solidificarse generan rocas volcánicas; cada roca volcánica presenta variedad en características físicas (cristalinidad, granularidad), mineralógicas (minerales primarios, secundarios, composición) y modo de depositación. Todas estas variables al ser descritas y analizadas, permiten entender los procesos de depositación, determinar la composición y realizar la clasificación del material volcánico.

El centro volcánico Huayquishongo (Navarro, 2009), se ubica al NE de San pablo, datado en aproximadamente 24 M. a. (Navarro, 2013). Constituido por depósitos piroclásticos de ceniza, lavas e ignimbritas soldadas con textura eutáxica (Navarro, 2013). El centro volcánico Huayquishongo, no cuenta con investigación petrológica detallada; por ende, surge la necesidad de ampliar la información, extrayendo datos de campo, analizando muestras, características físicas, características mineralógicas y clasificando rocas con la finalidad de entender el proceso de emplazamiento y evolución del Centro Volcánico, para ello se formula la siguiente pregunta ¿Cuál es la caracterización petrológica del Centro Volcánico Huayquishongo – San Pablo?

La Caracterización petrológica del centro volcánico Huayquishongo está conformada por rocas volcánicas con bajo desarrollo de cristales, rápido tiempo de desarrollo, alto contenido de vidrio volcánico y diferentes eventos de depositación; teniendo en cuenta sus características, es favorable la clasificación de rocas volcánicas; la cuales se han generado por eventos explosivos, producto de la subducción de placas tectónicas. La investigación se justifica porque servirá como antecedente para estudios posteriores en temas de caracterización petrológica de centros volcánicos, por el motivo de que en la zona hay aun centros volcánicos que no han sido

estudiados a detalle; Además, con el estudio de las rocas volcánicas del centro Volcánico Huayquishongo, el trabajo de investigación generará conocimiento detallado en petrología, ya que se brindará características físicas, mineralógicas, estructuras, facies y clasificación de rocas; para luego analizar, entender e interpretar el proceso evolutivo.

El estudio de la Caracterización Petroológica del centro volcánico Huayquishongo – San Pablo, es descriptiva, de tipo transversal, el área que se abarca es la comunidad de Santa Rosa, en la provincia de San Pablo, con un área de 146Km<sup>2</sup>. La investigación tiene por objetivos, realizar la caracterización petrológica del centro volcánico Huayquishongo, elaborar el cartografiado petrológico, describir las características físicas y mineralógicas y clasificar las rocas volcánicas e interpretar el proceso eruptivo.

La Tesis profesional se ha distribuido en cinco capítulos para su mejor presentación: **El capítulo I**, Corresponde a la introducción y definición del problema de investigación; **El capítulo II**, corresponde al marco teórico, el cual contiene los antecedentes internacionales, nacionales y locales, así mismo las bases teóricas que van a ser de apoyo en la investigación y la definición de términos básicos; **El capítulo III**, corresponde a materiales y métodos, se tiene el contexto de la investigación, los procedimientos, metodología, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos. Se describe la caracterización Petroológica del volcánico Huayquishongo, sus características físicas y mineralógicas, para clasificar las rocas y definir el proceso eruptivo, los materiales que se utilizarán son Wincha, lupa, rayador, brújula, GPS, ácido, tablero, Tablas; se realizara un trabajo preliminar de gabinete seguido de un trabajo de campo (recolección de datos y análisis macroscópico de muestras extraídas de cada estación), concluyendo con un trabajo de gabinete para la interpretación de resultados; las variables como las características físicas y mineralógicas, composición y modo de ocurrencia actúan sobre la variable dependiente Caracterización Petroológica; el equipo a utilizar será una laptop que contiene office (elaboración de informes) y el software ArcGis 10.3 para la elaboración de planos. **El capítulo IV**, que corresponde a análisis y discusión de resultados, se discutirá los antecedentes teóricos con los resultados de la investigación, así mismo, se realizará la contratación de la hipótesis. Y **El capítulo V**, que corresponde a las conclusiones y recomendaciones que estarán de acuerdo a los objetivos inicialmente planteados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

**Gaye (2016)**, en su tesis, Estudio petrológico de las rocas volcánicas del cerro Marmajará, cuyo objetivo es el levantamiento geológico del cerro Marmajará y su caracterización Faciológica de dichos eventos volcánicos, obteniendo como resultado cinco facies volcánicas, de las cuales 4 corresponde a facies coherentes y una a facies Volcaniclásticas, y para corroborar información, se realizaron 12 análisis químicos de roca Tota de facies representativas del área.

##### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**Fuentes (2018)**, en su tesis, Petrología de rocas extrusivas en el complejo turístico Sillustani, Cuyo objetivo determinar la clasificación petrológica del complejo Turístico Sillustani. El resultado del estudio es que sea a diferenciado tres unidades volcánicas; Brechas volcánicas con líticos, Brechas y Lavas Andesíticas y flujos lávicos y Piroclásticos.

##### **2.1.3 Antecedentes Locales**

**Rodríguez (2019)**, en su tesis, Caracterización Petroológica del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón bajo; para determinar las características petrológicas del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo; a través de la clasificación petrográfica, geoquímica, determinando los procesos de formación de los depósitos volcánicos e interpretando la ubicación del centro de emisión volcánico.

**Cabanillas (2016)**, En su tesis, Estudio Petro - Mineralogico, para determinar estudio de ocurrencia de mineralización en la zona de Supac; realiza la caracterización de la petrología con el objetivo de determinar si existe ocurrencia de mineralización.

**Spelucín (2017)**, En su tesis; Caracterización petrológica de la Formación Porculla (Grupo Calipuy), Cumbemayo, Cajamarca. Cuyo objetivo es determinar las características petrológicas de dicha formación; Concluye que, de 30 muestras analizadas, 19 muestras son de composición andesítica, 10 muestras son de composición dacítica, y 1 muestra es de composición riolítica, 15 tufos de cristales, 7 tufos cristalolíticos y 6 tufos cristalovítricos. Corroborando la información con 4 secciones delgadas enviadas al laboratorio.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Petrología de rocas volcánicas**

La Petrología es la parte de la geología que se encarga del estudio de las rocas, su descripción y clasificación, su composición química y mineralogía, su origen y génesis (Franco y Gonzalo, 2000).

La petrología se ocupa del estudio de las rocas mediante tres vías, relaciones de campo (pretende conocer la geometría de los cuerpos rocosos), estudio petrográfico (relaciones entre cristales) y estudio geoquímico (composición de la roca) (Castro, 1989). Una roca se define como una masa o agregado de uno o varios tipos de minerales, que se ha formado como resultado de la actuación de varios procesos geológicos.

Las rocas volcánicas son el resultado de estilo de erupción, que puede ser efusivo o explosivo, las erupciones explosivas producen gran variedad de depósitos piroclásticos, por el contrario, las erupciones efusivas producen flujos lávicos y domos lávicos que comprenden facies coherentes y autoclásticas (Echevarria, 2002).

### **2.2.2 Características físicas**

#### **2.2.2.1 Textura**

La textura es un conjunto de las relaciones intergranulares de forma y tamaño de los cristales que forman una roca determinada (Castro, 1989).

Franco y Gonzalo (2000), por su parte mencionan que la textura se refiere a las relaciones geométricas entre minerales, granos u otros constituyentes de la roca, teniendo en cuenta su tamaño, forma y distribución.

Echevarria (2002), menciona que las características texturales de las rocas volcánicas se deben a tres factores, la creación de la textura original por procesos de erupción y emplazamiento, modificación de la textura original debido a procesos sin-volcánicos (oxidación, desgasificación, hidratación, alteración hidrotermal) y modificación de texturas originales debido a procesos post-volcánicos (hidratación, desvitrificación, metamorfismo, deformación, meteorización).

#### 2.2.2.2 Categorías Texturales Mayores

**Volcaniclásticas:** Compuesta por partículas de fragmentos volcánicos, las cuales pueden ser de distinta forma y tamaño, las rocas pueden ser Piroclásticas, autoclásticas y sedimentos volcánicos re depositados.



**Figura 01.** Textura Volcaniclástica. (Atlas de Rocas Igneas).

**Coherente:** Formada directamente por enfriamiento y solidificación del magma (Echevarria, 2002).



**Figura 02.** Textura Coherente, Muestra de mano de Lava Andesítica (Ancochea, 2013).

### 2.2.2.3 Texturas de rocas coherentes

**Cristalinidad:** Proporciones relativas de vidrio y cristales en la roca, se dividen en:

**Tabla 01.** Cristalinidad.

Cristalinidad	Componente
Holocristalina	90% de cristales
Holohialina	90% de Vidrio
Hialocristalinas/Merocristalinas	Proporción variable entre cristales y vidrio

Fuente: (Castro, 1989).

**Granularidad:** Tamaño de cristales que componen la roca.

**Tabla 02.** Granularidad.

Granularidad	Tamaño	Descripción
Fanerítica	Generalmente > 0.1mm	Todos los cristales y componentes pueden distinguirse visualmente.
Afanítica	Generalmente < 0.1mm	No todos los cristales pueden distinguirse, ni siquiera con una lupa de mano, debiendo recurrir al microscopio

Fuente: (Castro, 1989).

**Tabla 03.** Granularidad – Fanerítica y Afanítica.

Fanerítica	Afanítica
Grano muy grueso <30mm	Merocrystalinas (Cristales reconocidos al microscopio)
Grano Grueso 5mm-30mm	
Grano Medio 2mm-5mm	Criptocrystalinas (Cristales no reconocidos al Microscopio)
Grano Fino <2mm	

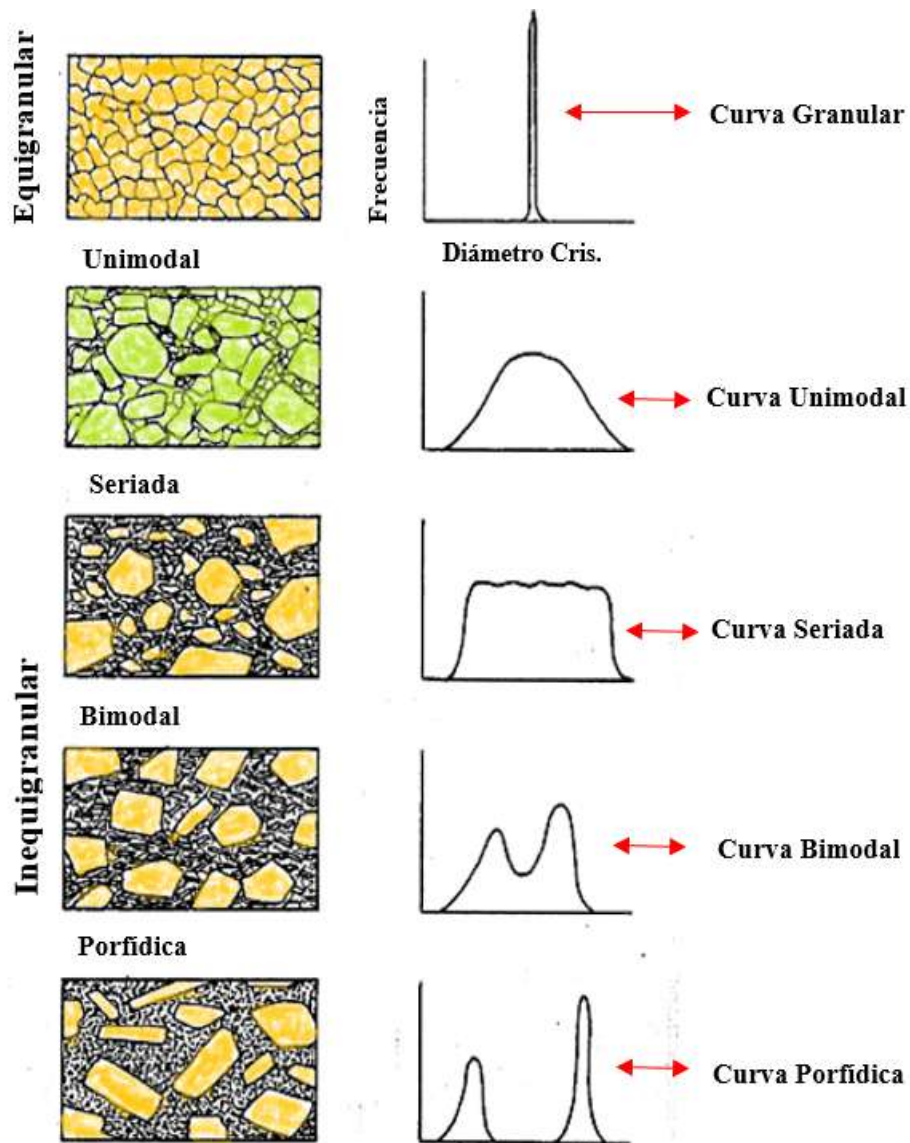
Fuente: (Castro, 1989)

Términos de textura relacionada con el tamaño de los cristales

**Tabla 04.** Tamaño de Cristales.

Equigranular	Componentes del mismo tamaño
Inequigranular	Cristales con tamaños variados, representa distintos tipos de distribución; unimodal, seriada, bimodal, Porfídica.

Fuente: (Castro, 1989).



**Figura 03.** Distribución de tamaño de grano Inequigranular (Castro, 1989).

Relaciones mutuas entre los cristales

**Tabla 05.** Relaciones mutuas entre los cristales.

Panidiomórficas	Rocas con más del 50% de sus minerales euhedrales.
Hipidiomórficas	Rocas con más del 50% de cristales subhedrales
Alotriomórficas	Rocas con más del 50% de cristales anhedrales.

Fuente: (Castro, 1989).

## Hábito y Formas Cristalinas

**Tabla 06.** Hábitos y formas.

Euhedral	Caras Cristalinas desarrolladas
Subhedral	Caras Cristalinas parcialmente desarrolladas
Anhedral	Caras cristalinas no desarrolladas

Fuente: (Castro, 1989).

Color: El índice de color utiliza el porcentaje de minerales máficos.

**Tabla 07.** Color.

Hololeucocrática	0%-10% de minerales Máficos
Leucocrática	10%-35% de minerales Máficos
Mesocrática	35%-65% de minerales Máficos
Melanocrática	65%-90% de minerales Máficos
Holomelanocrática	90%-100% de minerales Máficos

Fuente: (Recuperado de Franco y Gonzalo, 2000).

**Tabla 08.** Texturas.

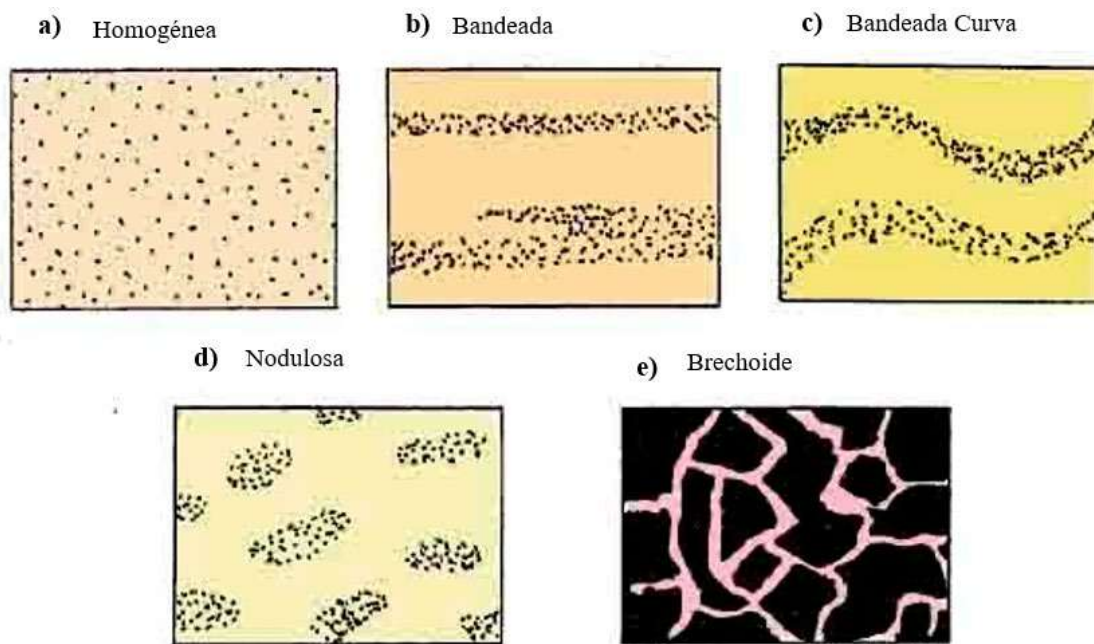
Términos específicos de observación Visual	Cristalinidad	Tamaño de grano		Relaciones mutuas entre los cristales
		Tamaño relativo	Tamaño absoluto	
Fanerítica	Holocristalina	Equigranular	Grano grueso	Fluidal
			Grano medio	Grafica
Afanítica	Holocristalina	Inequigranular	Grano fino	
			Microcristalina	
			Porfídica	Vacuolar/Amigdaloides
			Microporfídica	
Vítrea	Hipocristalina		Vitrofidica	
	Holohialina			
Piroclástica				

Fuente: (Recuperado de Franco y Gonzalo, 2000)

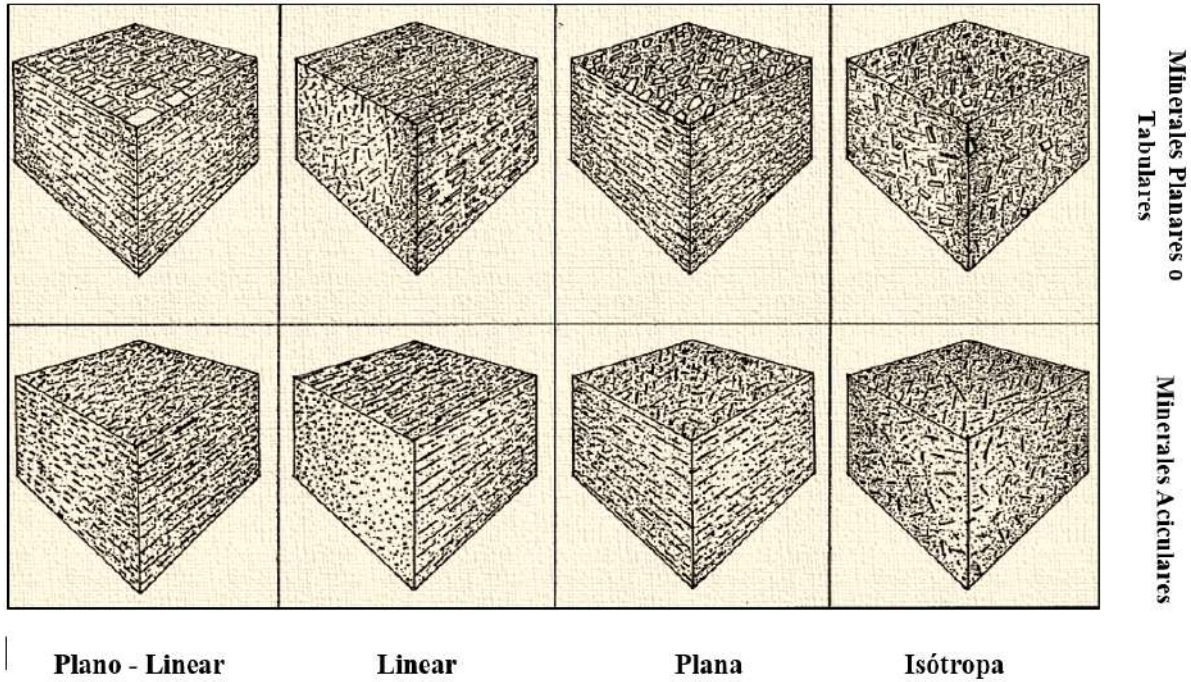
#### 2.2.2.4 Estructuras

Se refiere a las relaciones mutuas de grupos o agregados de granos o cristales, tales como bandeado, foliaciones, esquistosidad, lineaciones, que se observan a escala mesoscópica, es decir, en los afloramientos en el campo (Franco y Gonzalo, 2000).

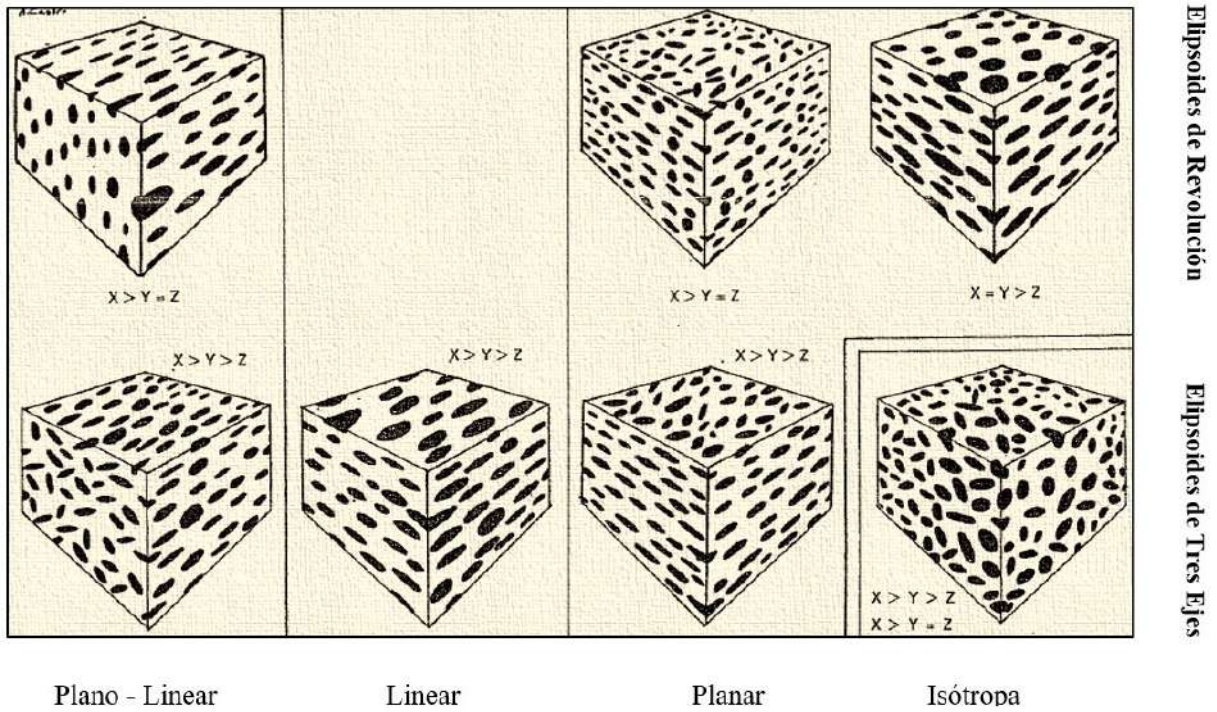
Para Castro (1989), la estructura viene a ser la distribución y orden de los cristales o clastos dentro de un cuerpo rocoso, las estructuras principales vienen a ser a) homogénea o masiva, b) bandeada, c) bandeada curva, d) nodulosa, e) brechoide.



**Figura 04.** Principales Estructuras (Castro, 1989).



**Figura 05.** Combinaciones posibles de estructura Masiva (Castro, 1989).



**Figura 06.** Combinaciones posibles de estructura Masiva (Castro, 1989).

Complementado lo que dice Castro (1989), Franco Y Gonzalo (2000) y Echevarria (2002), se elabora una tabla uniendo las definiciones que cada uno menciona.

### 2.2.3 Lavas, intrusiones sin volcánicas y depósitos volcanoclásticos relacionados

Según Echevarria (2002), los flujos lávicos o domos son generados por erupciones efusivas, los cuales pueden tener facies coherentes y autoclásticas, las facies coherentes consisten en lava solidificada con texturas propias de la actividad volcánica, los procesos autoclásticos de fragmentación no explosiva generan autobrechas y hialoclastitas. Las lavas producto de vulcanismo subaéreo forman comúnmente flujos y domos (10 a más de 100 metros), cortos (menos de unos pocos km) y de poco volumen (menos de 1 km cúbico). Las estructuras internas relacionadas al flujo viscoso son: bandeado, plegamiento por flujo (con ejes de pliegues perpendiculares a la dirección de flujo), fenocristales alineados, vesículas estiradas.



**Figura 07.** Flujos lávicos de vulcanismo subaéreo (Echevarria, 2002).

Las partes superiores de los domos y flujos lávicos muestran foliaciones de flujo con inclinaciones elevadas y estructuras en rampa, cerca de los contactos basales y del frente de flujo, las foliaciones disminuyen progresivamente su inclinación.

Los flujos y domos silícicos subaéreos muestran diversas texturas y estructuras: distribución de texturas coherentes y autoclásticas variable, vesículas con variaciones en el tamaño y abundancia; además, generalmente muestran procesos de desvitrificación, recristalización e hidratación.

En general, los flujos y domos poseen una parte cuspidal, basal y marginal formada por autobrechas. Los flujos y domos silíceos subaéreos suelen estar asociados a depósitos pumíceos y de cenizas co-magmáticas producto de erupciones explosivas. En muchos casos, las erupciones explosivas preceden a la efusión lávica; sin embargo, también son comunes durante e inmediatamente posterior a las efusiones.

### 2.2.3.1 Lavas Andesíticas

Las lavas andesíticas poseen características intermedias entre las ácidas y básicas, pueden fluir varios kilómetros desde el centro de origen, pero también forman comúnmente domos y flujos cortos y de gran espesor, pueden desarrollar disyunción Columnar o prismática, perpendicular a la superficie de enfriamiento, en ocasiones están relacionadas a esporádicos eventos explosivos.

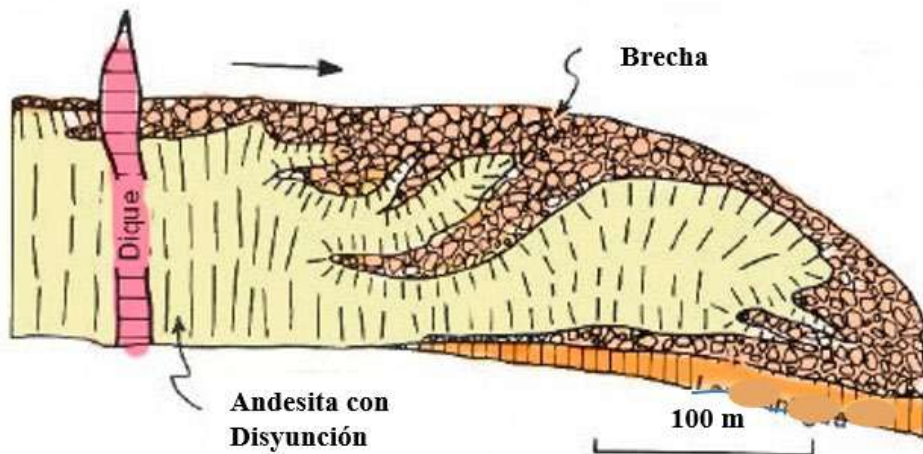


Figura 08. Lavas Andesíticas (Echevarria, 2002).

### 2.2.3.2 Características Mineralógicas

La abundancia modal es la abundancia de un mineral en una roca expresada en %.

a) Desde el punto de vista genético los minerales se clasifican en:

**Minerales primarios (singenéticos):** Formados durante procesos magmáticos.

Pirogenéticos: Formados directamente a partir del fundido magmático.

Minerales de reacción: Se forman por reacciones de minerales pirogenéticos con el fundido residual.

Minerales xenógenos: Formados al asimilar fragmentos de rocas encajantes en el magma.

**Minerales secundarios (postmagmáticos):** Minerales formados por procesos hidrotermales, metasomáticos o metamórficos que afecten la roca.

**b) Desde el punto de vista de su abundancia, los minerales se clasifican en:**

Minerales principales: Contenido es superior al 5% en la roca.

Minerales de segundo orden: Contenidos entre el 2 y 5% en la roca.

Minerales accesorios: Su contenido es inferior al 2% en la roca (Franco y Gonzalo, 2000).

### **2.2.3.3 Clasificación de Rocas volcánicas**

Se utilizan diagramas ternarios en los que se representan los contenidos de minerales primarios, Se utilizan los siguientes parámetros:

**Q:** Polimorfos de SiO<sub>2</sub> (típicamente cuarzo, aunque también tridimita y cristobalita en algunas rocas ígneas cristalizadas a altas temperaturas).

**A:** Feldespato alcalino, incluyendo feldespato potásico (sanidina, ortosa y/o microclina) y albita (término de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 0 y 5 %).

**P:** Plagioclasa (todos los términos de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 95 y 100 %) y escapolita.

**M:** Minerales máficos (micas, anfíboles, piroxenos, olivino), (magnetita, ilmenita), epidota, allanita, granate, melilita, monticellita, carbonatos primarios y accesorios (circón, apatito, titanita, etc.)

El diagrama QAPF de doble triángulo, se usa para clasificar rocas ígneas volcánicas en base a su composición mineralógica, QAPF, corresponde a cuarzo, Feldespato alcalino, plagioclasas, feldespatoides donde los porcentajes de Q, A, P y F están normalizados (recalculados para que su suma sea 100%)

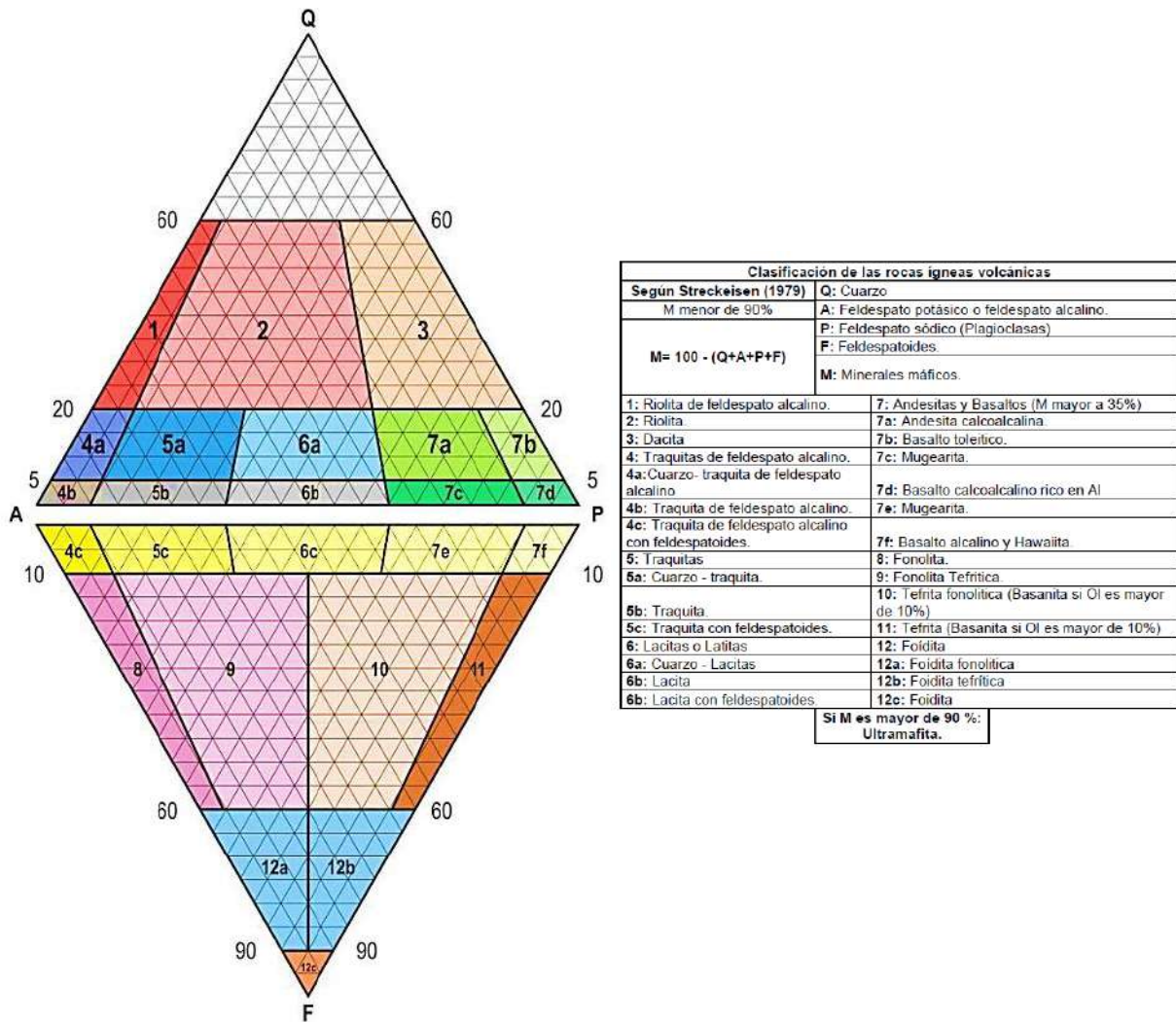
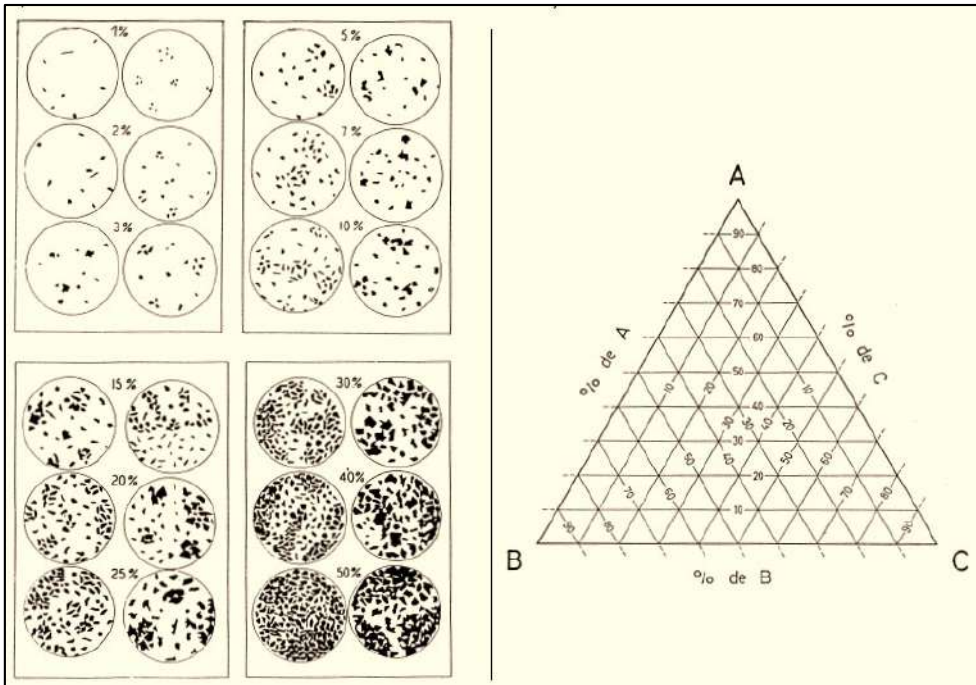
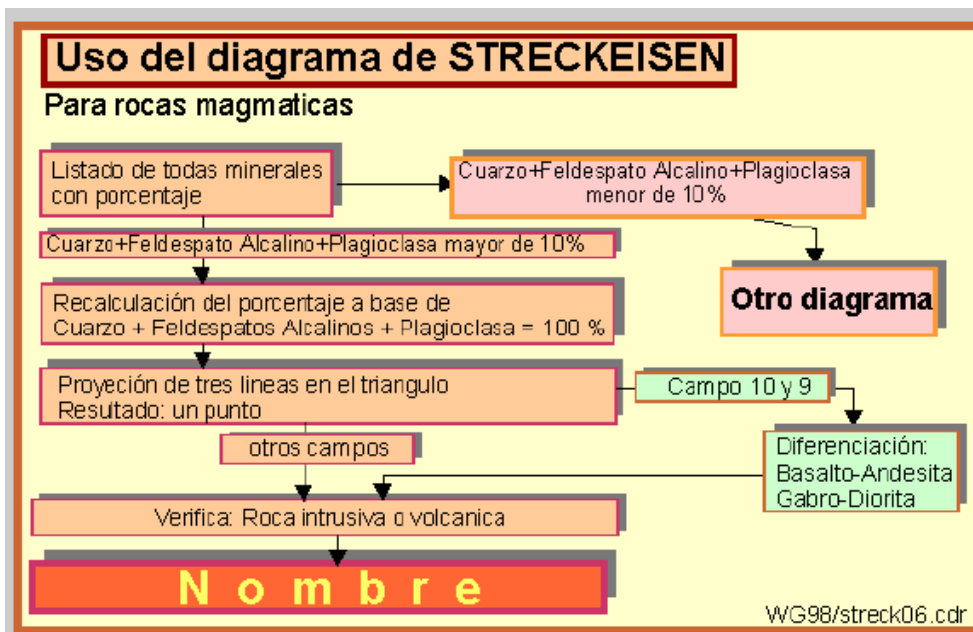


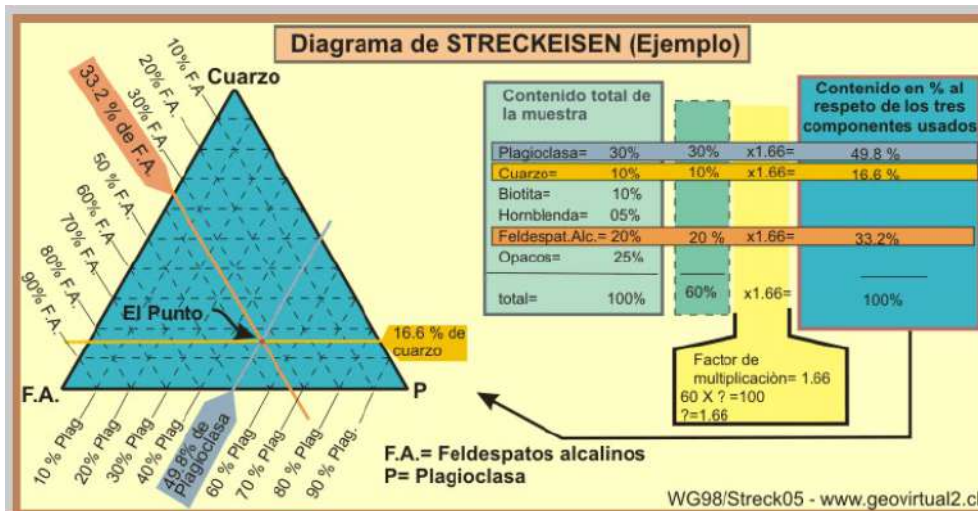
Figura 09. Clasificación modal de rocas volcánicas en el doble triángulo (Streckeisen, 1979).



**Figura 10.** Gráfico de estimación visual de porcentajes y Diagrama Triangular. (Recuperado de Franco y Gonzalo, 2000)



**Figura 11.** Uso del Diagrama de Streckeisen (Griem, 2015).



**Figura 12.** Ejemplo de uso del Diagrama de Streckeisen (Griem, 2015).

#### 2.2.3.4 Descripción de rocas volcánicas Coherentes

##### a) Riolitas

Son rocas de matriz afanítica que contiene vidrio, la composición es similar a la del granito, por lo que se le dice que es su equivalente volcánico extrusivo, para la determinación de una riolita es necesario el uso de la micropetrografía, no obstante, es posible lograr una determinación aproximada describiendo y tomando el porcentaje de los cristales que se puedan distinguir.

En una riolita necesariamente puede distinguirse cristales de cuarzo, ortoclasa y plagioclasas (porque cristalizan en una última etapa)

Variedades: Al igual que en los granitos, existen dos variedades, las riolitas alcalinas y las calcoalcalinas, con las mismas características de composición.

Modo de ocurrencia: Las rocas de este tipo, pueden presentarse junto a otras rocas extrusivas en coladas y en otras estructuras volcánicas (Heinrich, 1972).



**Figura 13.** Muestra de riolita con matriz afanítica (Ancochea; 2013).

**b) Latitas**

Son rocas extrusivas de matriz afanítica, que presentan composición mineralógica similar a la adamelita, por lo que se le considerar su correspondiente extrusiva.

Variedades: No se conoce variedades producidas por el contenido de minerales accesorios, los fenocristales que se pueden distinguir son de plagioclasas, ortoclasas y cuarzo; además de pequeños cristales partidos de augita, de Horblenda y laminillas de biotita, en la matriz se pueden apreciar cristales de cuarzo y ortoclasa únicamente.

Modo de ocurrencia: Las cuarzo-latitas son rocas raras al igual que la mayoría de las rocas ácidas extrusivas, se presentan como masas irregulares dentro de derrames riolíticos y andesíticos (Heinrich, 1972).



**Figura 14.** Muestra de mano de Latita (Universidad complutense de Madrid).

**c) Riodacitas**

Son rocas extrusivas de matriz afanítica cuya composición mineralógica es similar a la granodiorita. El cuarzo se puede distinguir como fenocristales al igual que las plagioclasas y biotita, la ortosa está restringida a cristales de la matriz junto con el cuarzo.

Variedades: Por ser una roca poco ocurrente no se conocen variedades a excepción de la terminología derivadas de la mayor o menor cantidad de accesorios, con textura porfírica.

Modo de ocurrencia: Estas rocas se presentan junto a riolitas y andesitas, en derrames lávicos (Heinrich, 1972).



**Figura 15.** Muestra de mano de Riodacita (Universidad complutense de Madrid).

**d) Dacitas**

Son rocas extrusivas de matriz afanítica con una composición similar a la de las tonalitas, por lo que se le considera su equivalente extrusiva, el cuarzo se encuentra como fenocristales y microlitos en la matriz, la ortoclasa está representado por la sanidina, restringida solamente a la pasta como microlitos, las plagioclasas que se pueden observar especialmente como fenocristales, son más cálcicas, la biotita se encuentra como laminillas dispersas en la pasta o como fragmentos muy pequeños mezclados con los microlitos, no se aprecian otros máficos, pero si hay huellas de estos minerales secundarios, como puede verse en la clorita.

Variedades: No se conocen variedades de esta roca, salvo las correspondientes a la variación de minerales accesorios, la textura fundamentalmente es porfirítica y a veces microlítica.

Modo de ocurrencia: Las dacitas ocurren asociadas a derrames andesíticos, a veces se encuentran cuerpos dacíticos en riolitas y riodacitas (Heinrich, 1972).



**Figura 16.** Muestra de mano de Dacita (Universidad Complutense de Madrid).

#### e) **Traquitas**

Son rocas ígneas volcánicas o extrusivas, de matriz afanítica, que tienen una composición muy similar a sus correspondientes plutónicas, con textura porfirítica y Fluidal, los cristales que presentan son de sanidina principalmente.

Variedades: La presencia de traquitas y de fonolitas (traquitas con feldespatoides especialmente nefelina) no es muy común.

Modo de ocurrencia: Se asocian a derrames riolíticos, en coladas (Heinrich, 1972).



**Figura 17.** Muestra de una traquita, con una textura porfirítica (Ancochea, 2013).

#### **f) Andesitas**

Son rocas volcánicas cristalinas o de matriz afanítica con una composición química y mineralógica muy similar a las dioritas, es por eso que se le considera su equivalente volcánico.

Variedades: Están relacionadas con el mayor o menor porcentaje de minerales accesorios y por las texturas.

Modo de ocurrencia: Las andesitas se presentan asociadas a andesitas básicas, traquitas, dacitas, encontrándose en diques o coladas (Heinrich, 1972).



**Figura 18.** Muestra de andesita con matriz afanítica. España (Ancochea, 2013).

### **g) Basaltos**

Son rocas ígneas volcánicas (extrusivas), de carácter máfico (básico) con composición muy similar a los gabros (sus correspondientes volcánicos), los fenocristales que se presentan son plagioclasas cálcicas, augita, olivino y otros.

Variedades: Algunas clases de basaltos son: Traquilitas, Basaltos vítreos.

Modo de ocurrencia: Los basaltos se presentan en coladas de lava o formando parte de aparatos volcánicos, asociados con andesita, andesitas básicas y rara vez con traquitas (Heinrich, 1972).



**Figura 19.** Muestra de mano de basalto (Ancochea, 2013).

#### **2.2.4 Depósitos piroclásticos, sedimentario volcanogénico y volcanoclástico resedimentado**

Los magmas pueden en muchos casos alcanzar la superficie en forma de violentas explosiones con expulsión de gases, ya sea de los disueltos en el magma (juveniles), como de los atrapados por el magma durante su ascenso, la explosión producida por la pérdida brusca de presión da lugar a la fragmentación de la roca en partículas angulosas y bloques que son proyectados al aire y depositados en las inmediaciones del centro volcánico (Castro, 1989).

Según Echevarria (2002), los depósitos volcanoclásticos primarios involucran procesos volcánicos de formación, transporte y deposición de clastos, esos clastos originados y

depositados en principio por procesos volcánicos pueden ser rápidamente re - sedimentados, o erosionados y re - trabajados con posterioridad por procesos superficiales no volcánicos, formando una gran variedad de depósitos re - sedimentados o volcanogénicos sedimentarios.

#### **2.2.4.1 Estudios en depósitos volcanoclásticos**

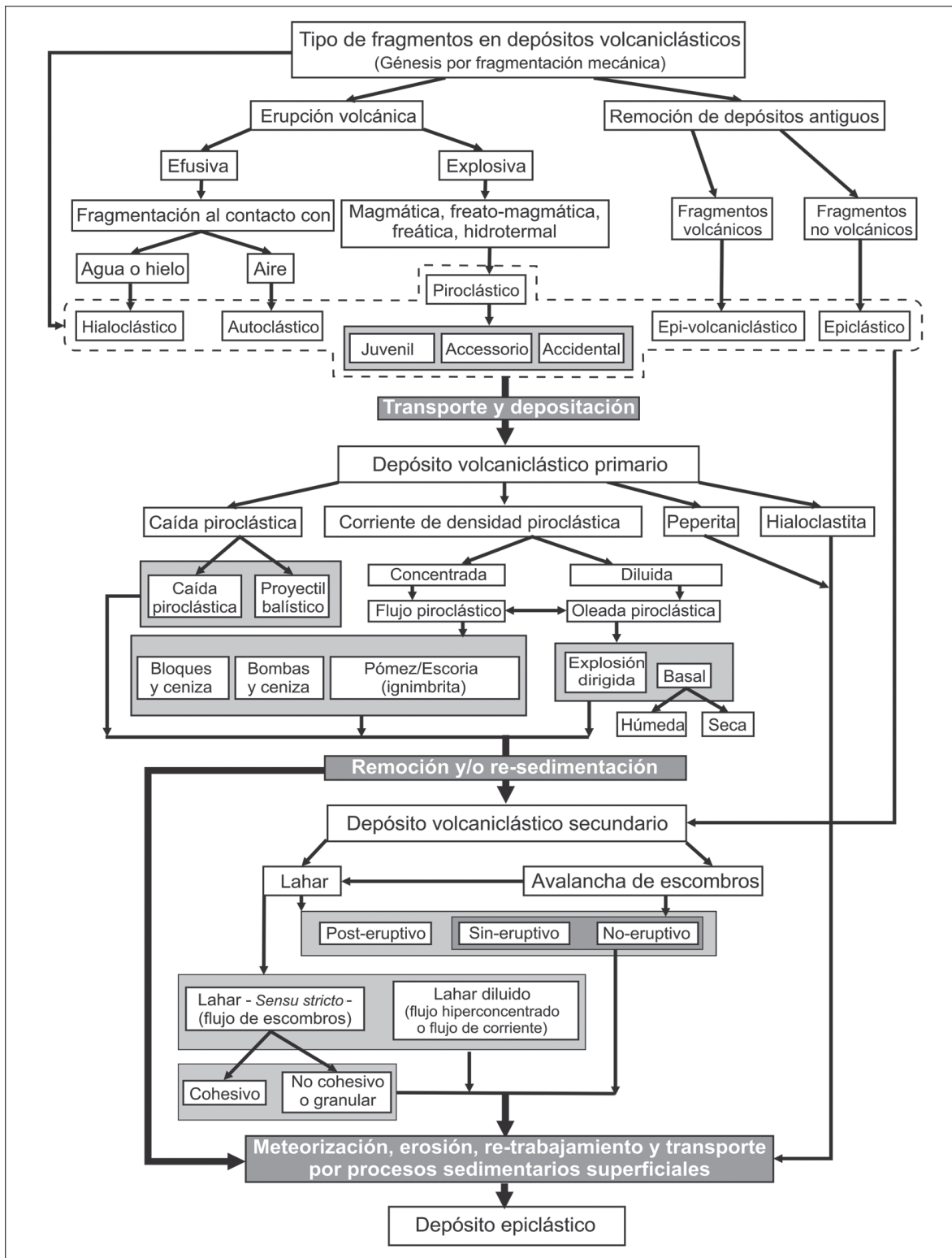
Proceso de formación de los clastos: puede determinarse a partir de la textura y de la composición, forma y tipo de clasto.

Proceso de transporte y depositación de los clastos: Sobre la base de litofacies (geometría y forma de los estratos, contactos, estructuras, organización interna, relación con las unidades contiguas).

Procesos sin-volcánicos: posteriores al emplazamiento (soldamiento, desvitrificación a altas temperaturas, hidratación, cristalización, alteración diagenética e hidrotermal).

Murcia y Borrero (2013), Realizan una investigación de términos y conceptos para una clasificación en español, las características texturales de los fragmentos abordado en este trabajo son, el tamaño y la redondez; Además se muestra, la clase de tamaño estándar que muestra la equivalencia entre escalas de clasificación de clases de tamaño de fragmentos

La Figura 20, muestra el Diagrama de clasificación que ilustra los tipos de fragmentos que forman un depósito volcanoclástico, y los tipos de depósitos volcanoclásticos primarios y secundarios.



**Figura 20.** Diagrama de clasificación que ilustra los tipos de fragmentos que forman un depósito volcanoclástico (Murcia y Borrero, 2013).

#### 2.2.4.2 Clasificación genética de depósitos volcániclasticos

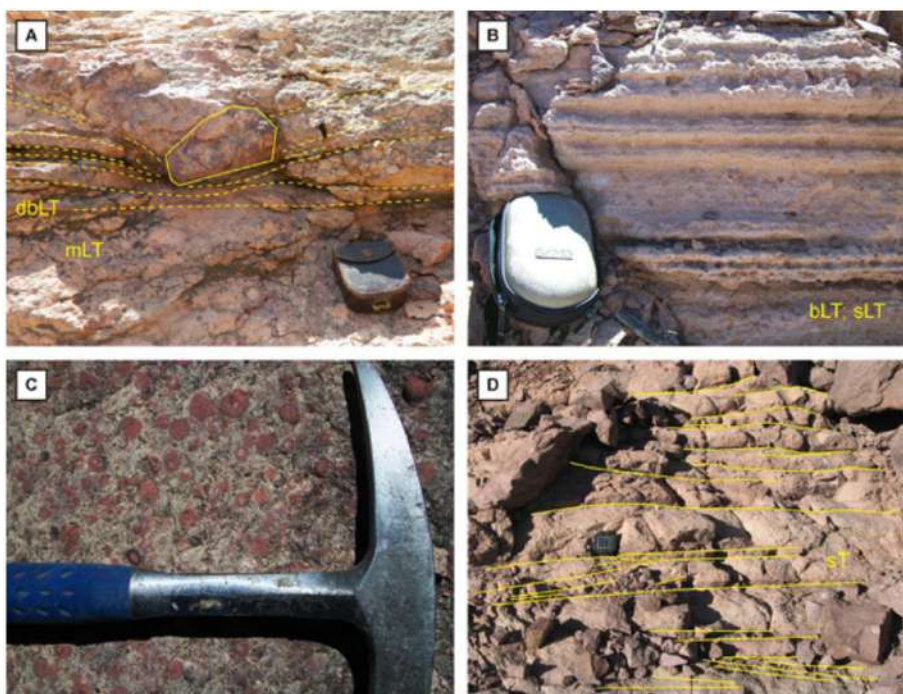
Se clasifican sobre la base de los procesos de formación, transporte y depositación de clastos:

**Autoclásticos:** Depósitos volcániclasticos primarios formados por partículas generadas in situ, por fragmentación no explosiva de lava o magma.

**Piroclásticos:** Depósitos volcániclasticos primarios formados por partículas generadas por erupciones explosivas y depositados por procesos volcánicos primarios.

#### 2.2.4.3 Componentes principales de los depósitos volcániclasticos

Los depósitos piroclásticos están compuestos por piroclastos, que es el término utilizado para cualquier fragmento generado por una explosión volcánica o erupción. Los piroclastos pueden ser de cualquier tamaño, el término colectivo para todos los depósitos piroclásticos es Tefra.



**Figura 21.** Depósito de caída piroclástica. A) Estructura de impacto de bloques de caída. B) Estratificación fina a gruesa de litofacies de tobas lapillíticas estratificadas. C) Detalle de Lapilli. D) Litofacies de tobas estratificadas (Informe Técnico N° A7012, Ingemmet)

#### 2.2.4.4 Tipos de componentes principales

**Fragmentos juveniles:** Son fragmentos del magma que se está expulsando, en general son vitroclastos.

**Escoria:** vidrio volcánico muy vesicular de composición intermedia a básica.

**Pómez:** vidrio volcánico muy vesicular (puede o no tener cristales), composición ácida.

**Trizas vítreas:** partículas angulosas de tamaño ceniza, generalmente resultado de la fragmentación explosiva de pómez.

**Cristales:** cristales libres o fragmentos angulares de cristales que son liberados del magma durante la explosión.

**Fragmentos líticos (litoclastos):** pueden ser fragmentos juveniles no vesiculares (líticos cognatos), o pedazos de rocas de caja arrancadas durante la erupción (líticos accesorios o xenolitos)

#### 2.2.4.5 Transporte y depositación de partículas Volcaniclásticas

Según Sarks – Walker (1973), se clasifican en tres tipos:

1. Depósitos de caída piroclástica
2. Depósitos de Flujo Piroclástico
3. Depósitos de oleada Piroclástica

Según Echevarria (2002), se clasifican en:

1. Transporte de flujo en masa: grupos de clastos o clastos + fluido (aire, agua, gas volcánico) se mueven juntos e interactúan.
2. Transporte tractivo: clastos están atrapados en el fluido en movimiento y se comportan independientemente.
3. Transporte en suspensión: los clastos están totalmente suspendidos en el fluido.

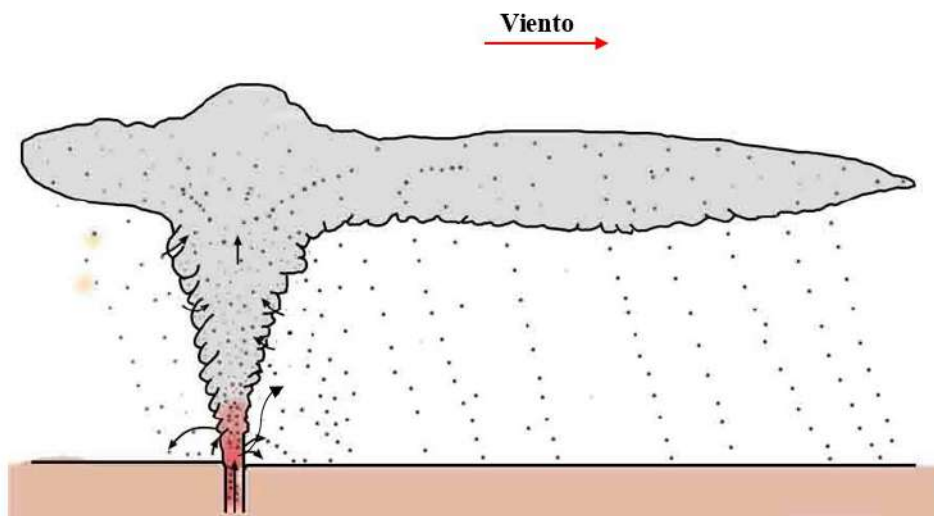
En esta investigación seguiremos la línea de Murcia y Borrero (2013), pero incluiremos las definiciones de los autores antes mencionados.

1. Caída Piroclástica
2. Corriente de densidad piroclástica
  - ✓ Diluida (Oleada Piroclástica)
  - ✓ Concentrada (Flujo Piroclástico)

#### 2.2.4.5.1 Depósitos de Caída Piroclástica

La caída de piroclastos implica que la materia erupcionado a la atmósfera desde el centro emisor es transportado a gran altura para formar una pluma eruptiva que después es transportada lateralmente lejos del volcán por los vientos atmosféricos.

El material cae en forma de lluvia desde la pluma eruptiva para cubrir homogéneamente el paisaje, dando lugar a depósitos típicamente bien clasificados debido a su paso a través del aire, también muestran mantos estratificados, es decir mantienen localmente un grosor uniforme, relativamente bien seleccionados, algunas veces muestran estratificación paralela, laminar, no cruzada (Walker, 1971).



**Figura 22.** Diagrama esquemático de un depósito de caída piroclástica (Cas y White, 1988)

#### 2.2.4.5.2 Corriente de densidad piroclástica Diluida (Oleada Piroclástica)

Una oleada piroclástica se genera cuando el material fragmentado durante la erupción es expulsado lateralmente y fluye a través del terreno a modo de bocanada o de un huracán cargado de ceniza. Las oleadas Piroclásticas son altamente turbulentas y diluidas, con una concentración baja de partículas producidas por diferentes maneras: explosión freatomagmática o freática. Las oleadas piroclásticas generan depósitos en gran parte su elevada energía a los procesos explosivos que acontecen en la boca de emisión. Al tratarse de flujos turbulentos, las oleadas piroclásticas generan depósitos que por lo general están peor clasificados que los depósitos de caída, aunque su naturaleza diluida hace que sus depósitos estén mejor clasificados que los de las coladas piroclásticas y que muestren una gran variedad de formas de fondo (Schmincke, 1973; Fisher y Schmincke, 1984). Los depósitos de oleadas piroclásticas son depósitos mal clasificados que pueden dividirse en dos variedades, secos (calientes, sin cohesión de partículas) y húmedos (relativamente calientes a fríos, con la existencia de vapor húmedo o agua que favorece la cohesión de partículas) dependiendo de la presencia (y en qué extensión) o no de agua externa en el proceso eruptivo. Según Cas y Wright, 1988 se dividen en:

##### a) Depósitos de oleadas Basal

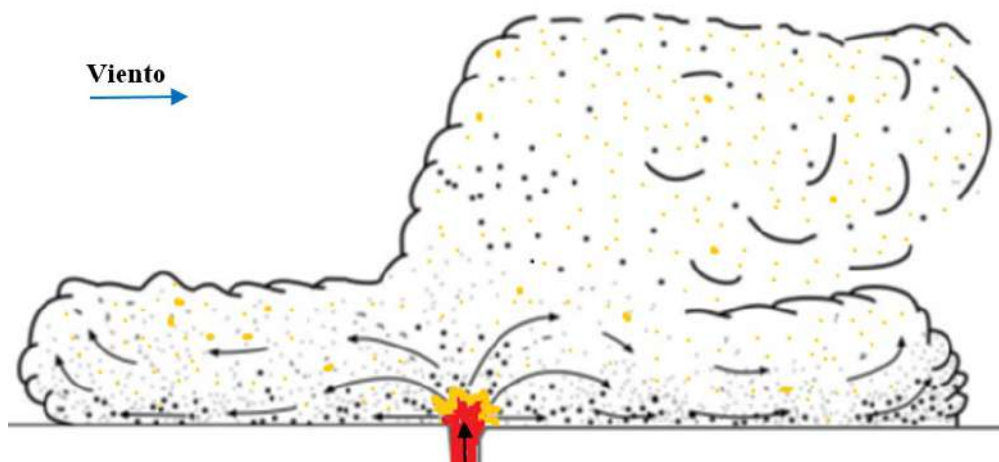
Son depósitos que muestran estratificación cruzada y paralela, menores de 1m de grosor reconociéndose hacia la base de las unidades de flujo principal. Compuesto por ceniza, fragmentos juveniles, cristales y líticos en proporciones variables.



**Figura 23.** A) y B) Facies de oleadas piroclásticas. (Rocas Piroclásticas, 2011)

## b) Depósitos de oleada de Nube de Ceniza

Son depósitos estratificados menores de 1m de grosor encontrándoseles en las partes superiores de la unidad principal de flujo piroclástico, enriquecidas de partículas vítreas. Muestran capas unidireccionales al igual que las oleadas de base, se observan estructuras de ondas.

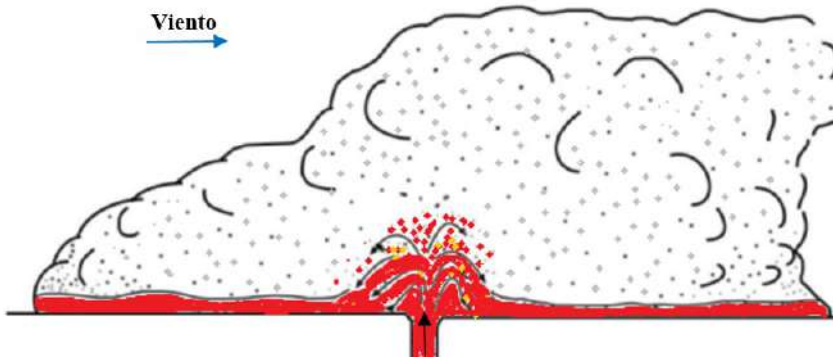


**Figura 24.** Diagrama esquemático de un depósito de una oleada piroclástica (Cas y White, 1988)

### 2.2.4.5.3 Corriente de densidad piroclástica Concentrada (Flujo Piroclástico)

Consisten en material que se desplaza lateralmente. Sin embargo, las coladas piroclásticas son flujos de material volcánico mucho más densos, con una alta concentración de partículas sólidas, y están formadas por una mezcla mal clasificada de material, desde ceniza fina (menor 1 un en diámetro) hasta grandes bloques (a menudo de un metro o más de diámetro).

El material juvenil, es decir el magma “congelado”, presente en los depósitos de flujo piroclásticos puede ser de cualquier densidad, desde roca no vesicular a pómez muy ligera (Aramaki y Yamasaki, 1963).

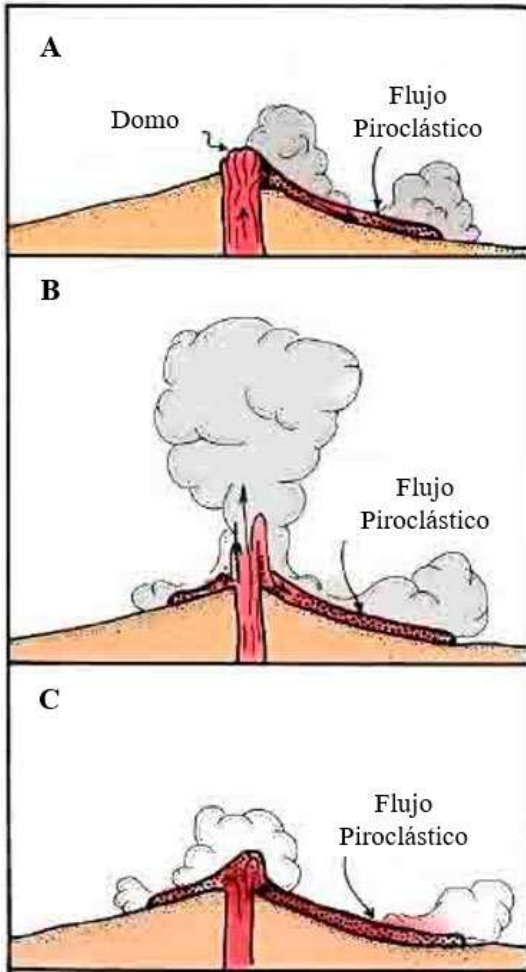


**Figura 25.** Diagrama esquemático de un Depósito de flujo Piroclástico (Cas y White, 1988).

Según Cas y Wright (1987), el mecanismo principal para la generación de un flujo piroclástico es por la fragmentación explosiva del magma y por el colapso de la columna eruptiva o de domos en crecimiento, también se pueden producir por derrames o nubes ardientes o de cenizas, posee alta fluidez (exsolución) por la actividad de fluidos y está controlado por la gravedad, la elevada temperatura (supera los 550° C) hace que con frecuencia se presenten soldadas, aunque también hay depósitos no soldados, los depósitos con soldamiento poseen textura eutaxítica, fiames y concentrados de obsidiana, los flujos piroclásticos son dispersiones altamente concentradas de gas - partícula, calientes, muy móviles, originados por erupciones volcánicas. Las partículas son Piroclastos formados por desintegración explosiva del magma y roca de caja.

#### **a) Origen de los flujos piroclásticos**

1. Relacionados a extrusiones de flujos lávicos y domos (A), por colapso gravitacional, o relacionados a erupciones explosivas que acompañan a la extrusión de domos, dichos flujos se denominan; flujos de bloques y cenizas o nubes ardientes, y los depósitos de flujos de bloques y cenizas o depósitos de avalanchas calientes.
2. Por colapso vertical de columnas eruptivas explosivas (B), en vulcanismo tipo vulcaniano, con producción de pequeños volúmenes de flujos de escoria y ceniza, los depósitos se denominan: depósitos de flujo de escoria y cenizas. Mientras que en vulcanismo tipo pliniano se generan flujos piroclásticos voluminosos cuyos depósitos se denominan ignimbritas.
3. Por flujo directamente del cráter del volcán (C).



**Figura 26.** Origen de los flujos Piroclásticos (Cas y White, 1988).

#### 2.2.4.5.4 Tipos de Depósitos de flujo Piroclástico

**Depósitos de flujo de bloques y ceniza:** Bloques líticos angulosos, poco vesiculares, algunos con fracturas radiadas de enfriamiento, la matriz es de ceniza (trizas angulosas), soldamiento muy poco común, los clastos son todos del mismo tipo de magma (depósitos monolíticos). Pueden presentar gradación inversa, y contener estructuras de escape de gases, en general asociados con flujos lávicos y domos andesíticos, dacíticos y riolíticos, principalmente en volcanes compuestos y calderas.

**Depósitos de flujo de escoria y ceniza:** Depósitos no seleccionados, controlados por la topografía, compuestos por lapilli escoreáceo andesítico o basáltico, soldamiento común. Gradación inversa de los clastos mayores.

**Ignimbritas o depósitos de flujo pumíceos:** Lapilli y bloques pumíceos, trizas y cristaloclastos, también litoclastos subordinados, amplio rango de soldamiento y texturas de desvitrificación y recristalización, fragmentos pumíceos mayores pueden estar inversamente gradados, mientras que los clastos líticos están normalmente gradados. Poseen estructuras de escape de gas, relacionados a calderas.

#### **2.2.4.5.5 Tipos**

Se tiene tipo HARI y tipo LARI, las ignimbritas tipo HARI, tiene poca extensión superficial y se adaptan a la topografía emplazándose en zonas deprimidas. Las ignimbritas LARI son corrientes de muy alta energía, ocupan una gran extensión superficial y no están condicionadas en su emplazamiento por la topografía, pudiendo remontar crestas de centenares de metros de altura.

#### **2.2.4.5.6 Características de los Depósitos de flujos piroclásticos**

##### **a) Soldamiento, desvitrificación y cristalización**

El soldamiento es la fusión y deformación plástica de piroclastos calientes de baja viscosidad (principalmente pómez, escoria y cenizas) donde los poros son eliminados y el agregado piroclástico original es transformado en una roca relativamente densa.

La compactación por soldamiento resulta en una foliación aproximadamente paralela a la estratificación, definida por pómez o escoria aplastada, lenticular (fiamme) y matriz vitroclástica (textura eutaxítica).

Condicionantes del soldamiento: temperatura del emplazamiento, composición y espesor del depósito. Los depósitos pueden ser totalmente soldados, completamente no soldados o mostrar una zonación en el grado de soldamiento.



**Figura 27.** Toba Soldada (Caballero, 2017)

Desvitrificación: los piroclastos juveniles están formados por vidrio. Dichos componentes inicialmente vítreos, pueden cristalizar o desvitrificarse, poco después del emplazamiento. En depósitos silíceos, cristobalita y feldespatos alcalinos de grano fino cristalizan reemplazando al vidrio. En algunos casos se forman esferulitas, litofacies y texturas micropoikiliticas.

Cristalización en fase vapor: crecimiento de minerales de grano fino en los poros de los depósitos no soldados o poco soldados. Los piroclastos son cementados formando una roca compacta.

#### **b) Grado**

Término descriptivo que se refiere al estado de soldamiento.

Depósitos de flujo piroclástico de extremadamente alto grado: soldamiento extremo, en parte puede ser texturalmente indistinguible de flujos lávicos.

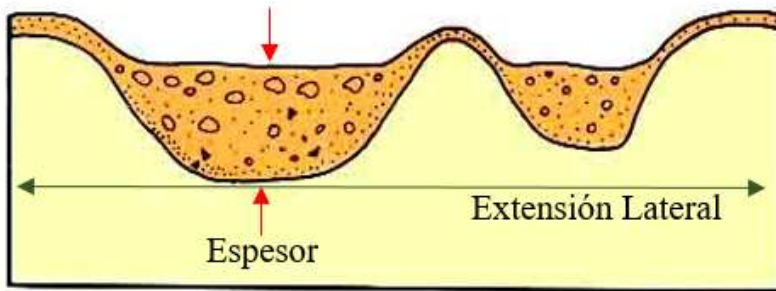
Depósitos de flujo piroclástico de alto grado: predominantemente soldados, con sectores muy soldados.

Depósitos de flujo piroclástico de grado moderado: poseen zonas soldadas, poco soldadas y no soldadas.

Depósitos de flujo piroclástico de bajo grado: completamente no soldado.

### c) Geometría y relación de aspecto

En general, los flujos piroclásticos se acomodan a la topografía, es decir que son de gran espesor en los bajos topográficos y se adelgazan en las zonas altas.



**Figura 28.** Relación entre espesor y extensión lateral (Walker, 1983).

Baja relación: depósitos muy delgados y extensos, formados a partir de flujos de alta velocidad.

Se reconocen dos facies cartografiables:

Rellenos de valles: depósitos relativamente gruesos, macizos o gradados, con superficie superior plana.

Depósitos de altos topográficos: depósitos delgados, sin clastos gruesos.

Alta relación: potentes y de extensión restringida, formados a partir de flujos de baja velocidad.

### d) Dimensiones de los flujos piroclásticos

Menores de 1 km<sup>3</sup> (depósitos de flujo de escoria y ceniza), a 3000 km<sup>3</sup>. Depósitos pumíceos (ignimbritas) de grandes volúmenes (>10 km<sup>3</sup>) son en general silíceos.

Distancia que recorre el flujo: desde pocos kilómetros a 100 km.

Espesor de los depósitos: flujos piroclásticos individuales desde menos de 1 metro a algunas decenas de metros. Para flujos compuestos los espesores van desde pocos metros a cientos de metros.

### e) Variaciones texturales

Al estar influenciados por la topografía, no siempre las partes más delgadas son las más distales. Sin embargo, en áreas de poco relieve, los depósitos disminuyen su espesor al aumentar la distancia con el origen.

Los piroclastos livianos (pómez) no varían de tamaño con la distancia. Los mejores indicadores son los litoclastos, que disminuyen su tamaño y abundancia con la distancia.

### **2.2.5 Flujos en masa volcánicoclásticos, producidos por gravedad y soportados por agua**

Los tipos de flujos en masa más importantes en ambientes volcánicos son: turbiditas, flujos de detritos y flujos de granos. Los flujos en masa que involucran flujos de granos, deslizamientos, avalanchas, debidos a la acción de la gravedad sobre depósitos inestables son comunes en ambientes volcánicos.

#### **2.2.5.1 Turbiditas**

Son corrientes turbulentas subaéreas.

#### **2.2.5.2 Flujos de barro**

Mezcla de sedimento y agua, altamente concentradas y poco seleccionadas. Las partículas finas (tamaño arcilla) en suspensión crean un agua barrosa, espesa. Cuando los flujos dejan de moverse se solidifican en masa, preservando las características que tenía el flujo.

#### **2.2.5.3 Flujos de detritos volcánicoclásticos**

Dominan las partículas Volcánicoclásticas, generalmente pobres en partículas tamaño arcilla. Son depósitos poco seleccionados con partículas desde arcillas hasta bloques. Pueden ser tanto matriz sostenida como clasto sostenido, sin gradación, con contactos basales netos, pero generalmente no erosivos. Potencias variables (de 1 m a más de 100 metros). Pueden ser difícil de distinguir de ignimbritas no soldadas o de flujos piroclásticos de bloques y cenizas.

#### **2.2.5.4 Lahares**

Son flujos rápidos saturados de agua. Tienen las características de los flujos anteriores.

Algunos lahares se forman directamente por erupciones volcánicas, ejemplo: erupciones a través de un lago en el cráter, flujos piroclásticos que entran en ríos, o interacción de la erupción con

nieve. Estos tipos de lahares contienen clastos magmáticos juveniles calientes (bombas, escorias, pómez, etc.). Otras causas de lahares son las lluvias fuertes y los terremotos.



**Figura 29.** Depósito de lahar. A) Depósito de Lahar de 1.0m de espesor. B) Depósitos de Lahar entre 1a 2m a 14km del volcán Misti (Informe Técnico N° A7012, Ingemmet)

### 2.2.6 Clasificación de rocas Volcaniclásticas

Para la clasificación de rocas volcánicas es necesario una aproximación descriptiva, y tener en cuenta, las características de la muestra de mano (composición, textura), las Características del afloramiento (estratificado, macizo, estructuras y fábricas contemporáneas) con el emplazamiento), los contactos (neto, gradacional), la geometría (forma tridimensional y espesor), las facies relacionadas y el contexto y ambiente paleogeográfico.

Las rocas piroclásticas comúnmente se clasifican sobre del tipo de material fragmentado (colectivamente llamado piroclástico) o utilizando el tamaño de los fragmentos (que se agrega al nombre químico o modal). Si el volumen porcentual de vidrio y fragmentos de cristales y rocas es determinado, se utiliza para la clasificación los diagramas triangulares.

Tamaño De grano	Depósitos No consolidados	Depósitos Consolidados
<1/16 mm	Ceniza fina	Toba fina (cinerita)
1/16 - 2mm	Ceniza Gruesa	Toba gruesa
2 - 64 mm	Lapilli	Lapillita (o toba lapillítica o brecha lapillítica)
> 64 mm	Bomba (forma fluidal), o bloque (angular)	Aglomerado (cuando tiene bombas), brecha piroclástica o volcánica.

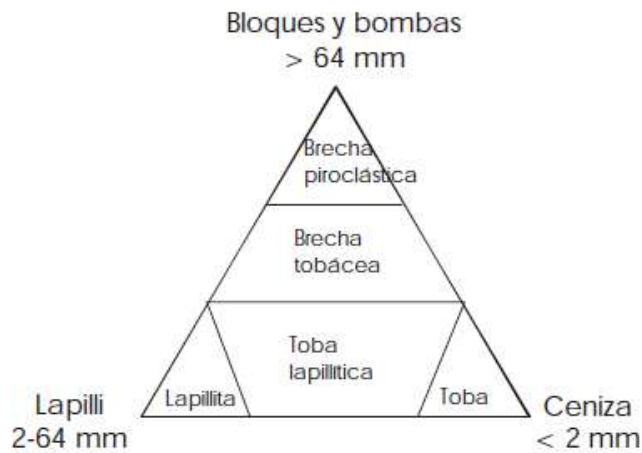


Figura 30. Clasificación de Rocas Piroclásticas primarias (Fisher, 1996)

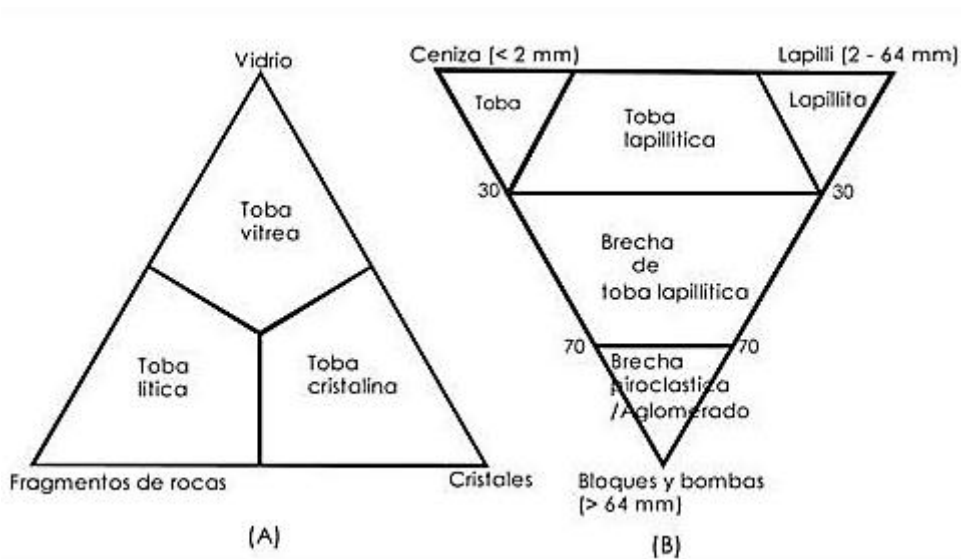


Figura 31. Clasificación de rocas volcánicas Piroclásticas (Schmidt, 1981),

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **Centro eruptivo**

Término empleado para definir una estructura volcánica que ha emitido y generado diferentes productos volcánicos, según el tipo de dinámica o mecanismo eruptivo, y ha formado así un estratovolcán, caldera o un complejo de domos (Dávila, 2011).

### **Cristalinidad**

Parámetro relacionado directamente con la velocidad de enfriamiento del magma (López y Bellos, 2006).

### **Estructura**

Se entiende por estructura de una roca al número, tipo, tamaño y disposición de sus minerales componentes (Fraga y Marcelo, 2017).

### **Facies**

Conjunto de caracteres y condiciones físicas, químicas, ambientales y paleontológicas, mediante las cuales se produjeron las deposiciones litológicas (Dávila, 2011).

### **Fragmentos Volcánicos**

Producto volcánico proveniente de erupciones volcánicas, bombas y fragmentos de salpicaduras, bloques densos angulares de magma solidificado, pómez y escoria, incluyendo esquirlas de vidrio (Murcia y Borrero, 2013).

### **Depósito**

Conjunto de materiales sólidos acumulados. Según el agente más importante que concurrió para la acumulación de las rocas, así como el lugar de deposición (Dávila, 2011).

### **Petrología**

Determina la naturaleza de los sistemas naturales, presión, temperatura, energía cinética e interpretar los procesos geológicos implicados (Castro, 1989).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 Geografía

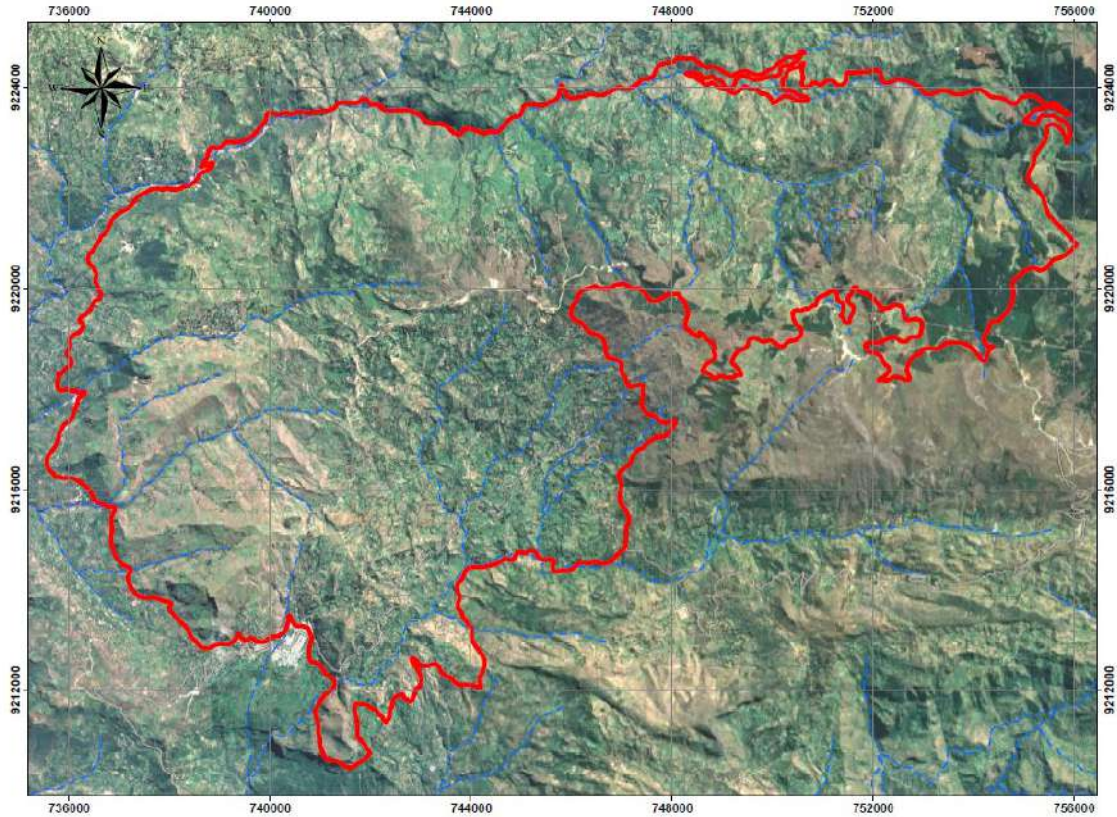
La investigación se sitúa en la cordillera Occidental de los Andes Peruanos con una extensión de área de 145 km<sup>2</sup> en la parte Noroeste de a ciudad de Cajamarca, perteneciente al cuadrángulo 15 F, de la carta geográfica nacional, delimitada por coordenadas geográficas Mercador Transversal Universal (UTM), las cuales se describen en Tabla 10.

**Tabla 09.** Coordenadas UTM - WGS84 de los vértices de la zona de estudio

VÉRTICES	COORDENADAS UTM-WGS84	
	ESTE	NORTE
1	733600	9223400
2	756800	9223400
3	756800	9210600
4	733600	9210600

#### 3.1.2 Política

Políticamente la investigación se ubica en: Los Distritos de San Pablo y Tumbadén de La Provincia de San Pablo, Departamento y Región de Cajamarca.



**Figura 32.** Delimitación de la Zona de Estudio, Centro volcánico Huayquishongo (Google Earth Pro, 2019).

### 3.1.3 Accesibilidad

La zona de estudio se encuentra a 40 km de la ciudad de Cajamarca, el acceso es el siguiente:

Para llegar a la zona de estudio, viajamos por la carretera asfaltada Cajamarca - San Pablo hasta el kilómetro 40, desde el kilómetro 40 tomamos el desvío que va hacia el Centro Poblado de Santa Rosa, desde allí inicia la zona de investigación, como se detalla en la Tabla 11.

**Tabla 10.** Accesibilidad a la zona de estudio.

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE VIA
Cajamarca – km 40 Carretera San Pablo	40 km	Asfaltada
km 40 Carretera San Pablo – Zona de Investigación	0.5 km	Trocha carrozable



**Figura 33.** Acceso a la zona de estudio. (Google Earth 2019).

## 3.2 PROCEDIMIENTOS

Fase 1. Fase de recolección de información bibliográfica y antecedentes previos, además se realizó el reconocimiento de la zona de campo.

Fase 2. Fase de campo, recolección de la mayor cantidad de información de datos y mediciones realizadas en campo, toma de muestras en cada punto de control.

Fase 3. Procesamiento de datos, utilizando algunos softwares que nos ayuden a una mejor interpretación de los resultados. Finalmente se realizará la redacción del de la tesis.

### 3.2.1 Metodología

#### A. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación

Tipo de investigación El tipo de investigación es descriptiva, porque describe características físicas, características mineralógicas, composición mineralógica, estructuras y facies volcánicas

Nivel de investigación: La investigación es de segundo nivel, porque indica las características físicas y mineralógicas de las rocas volcánicas.

Diseño de Investigación: La investigación es de diseño transversal, porque se realizará en un periodo de 10 meses (julio 2019 - mayo 2020).

Método de Investigación: Método observacional inductivo, observación de fenómenos particulares con el propósito de llegar a conclusiones generales.

**Tabla 11.** Clasificación y tipos de investigación.

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE INVESTIGACIÓN
Según el nivel	Descriptiva
Según el diseño	No experimental
Según su naturaleza	Cualitativa, cuantitativo y combinado
Según su finalidad	Aplicativa

Fuente: (Supo, 2016).

**B. Población de estudio.**

Rocas volcánicas del Centro volcánico Huayquishongo.

**C. Muestra.**

Estaciones de control en el centro volcánico Huayquishongo.

**D. Unidad de análisis.**

Composición, Mineralogía, granularidad, cristalinidad, color.

**3.2.2 Definición de Variables**

Para la investigación se han identificado las siguientes variables, las cuales se aprecian en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Variables de investigación.

Variabes Independientes	Variabes dependientes
Características físicas y mineralógicas, Composición, Modo de ocurrencia	Caracterización Petrológica

### **3.2.3 Técnicas**

#### **3.2.3.1 Instrumentos de recolección de datos**

Para obtener información de campo se realizaron fichas de recolección de datos, las cuales ubican espacialmente las muestras extraídas de campo, nos permiten describir sus características y registrarlas para su posterior proceso. Para determinar la composición petrológica de las muestras recolectadas, se utilizó el triángulo de Streckeisen, este grafico determina el tipo de roca basándose en su contenido de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas. Además de este gráfico se utilizó los triángulos de Schmidt, importantes para clasificar rocas piroclásticas, utilizaremos el software ArcGis para la elaboración de planos petrológicos, posterior a ello, realizaremos en análisis e interpretación del proceso eruptivo.

### **3.2.4 Instrumentos y Equipos**

#### **3.2.4.1 Instrumentos**

- Plano geológico a escala 1/10000.
- Plano topográfico a escala 1/10000.
- Imagen Satelital
- Fichas de recolección de datos

#### **3.2.4.2 Equipos**

- Rayador para medir la dureza de los minerales de las muestras extraídas de campo.
- Brújula para medir rumbos, buzamientos e inclinación de las facies y estructuras.
- GPS para la ubicación de la extracción de muestras de campo.
- Libreta de Geólogo para anotar los datos de campo.
- Picota de Geólogo para sacar muestras representativas.
- Lupa (10x-20x) para observa e identificar minerales de las muestras extraídas.
- Protactor para medir y ubicarnos en los planos.
- Colores para codificar las muestras
- Cámara digital para fotografiar las muestras y estructuras en campo.

### 3.2.4.3 Softwares

- ArcGis 10.5: Sistemas de Información Geográfica, Utilizado para generar los diferentes mapas temáticos.
- Sas Planet: Software utilizado para obtener imágenes satelitales con diferentes satélites.
- Google Mapper: Utilizado para la generación de curvas de nivel personalizadas.
- Office 2016: Utilizado para la elaboración del documento de la tesis profesional.

## 3.3 CONTEXTO GEOLÓGICO

### 3.3.1 Geomorfología

Debido a que el centro volcánico Huayquishongo presenta diferentes facies, la geomorfología es irregular y estas presentan distintos comportamientos a la erosión y meteorización.

#### 3.3.1.1 Superficie de erosión

Se tiene en consideración la existencia de una sola superficie de erosión siguiendo los niveles topográficos comprendidos entre los 2600 – 2900 m.s.n.m, generada por procesos erosivos controlados principalmente por la composición litológica.



**Foto 01.** N: 9214584. E: 743042. Superficie de erosión entre los 2600m.s.n.m. – 2900m.s.n.m.

### 3.3.1.2 Drenaje

#### 3.3.1.2.1 Ríos

Rio Yaminchad, con dirección NE – SW, río de mayor orden identificado en la zona de estudio, resultando de la unión del río Tingo y río Tatora.



**Foto 02.** N: 9212237. E: 741355. Rio Yaminchad, río de mayor orden, Cruzando la Fase 2, y presencia de Catarata (Desnivel de Terreno).

#### 3.3.1.2.2 Quebradas

Se identifican diversas quebradas como Quebrada Vigas pampa, con dirección SE – NW, Cuscuden, con dirección NE – SW; Lajos, con dirección NE – SW; el Cardo, con dirección NE – SW; Chicusmayo, con dirección SE – NW; El cobro, con dirección SE – NW; Peña Negra, con dirección SW – NE; Las cuales varían de flujo dependiendo de la temporada de precipitación.

#### 3.3.1.3 Valles

Se presentan valles jóvenes de tipo V, los que se han originado por el flujo hídrico de quebradas a través del tiempo.



Foto 03. N: 9217405. E: 744778. Valle joven tipo V.

### 3.3.1.4 Unidades Geomorfométricas

Mediante la altura máxima y mínima, y utilizando el software ArcGis mediante la clasificación de alturas y pendientes, se determinó la cota mínima de msnm y a cota máxima de m.n.s.m. Los intervalos de referencia se tomaron de la tabla 12.

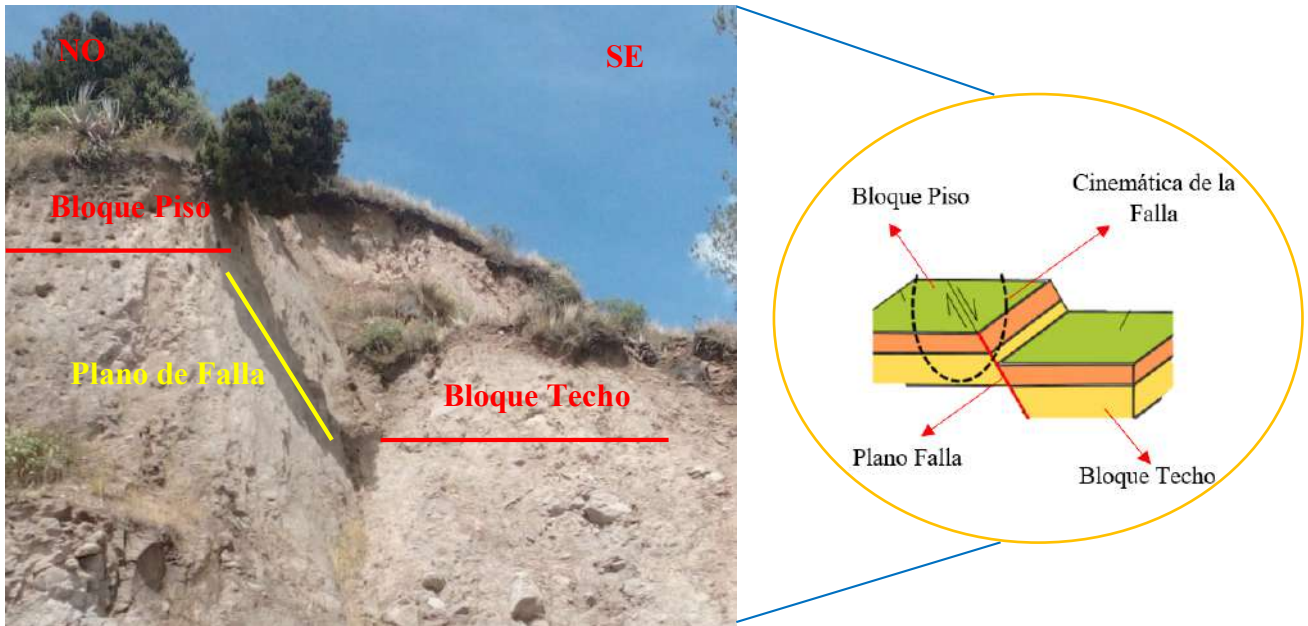
Tabla 13. Unidades Geomorfológicas

UNIDADES GEOMORFOMÉTRICAS	
Pendientes	Descripción
0 - 8	Planicies
8° - 25°	Lomadas
25° - 50°	Laderas
>50°	Escarpas

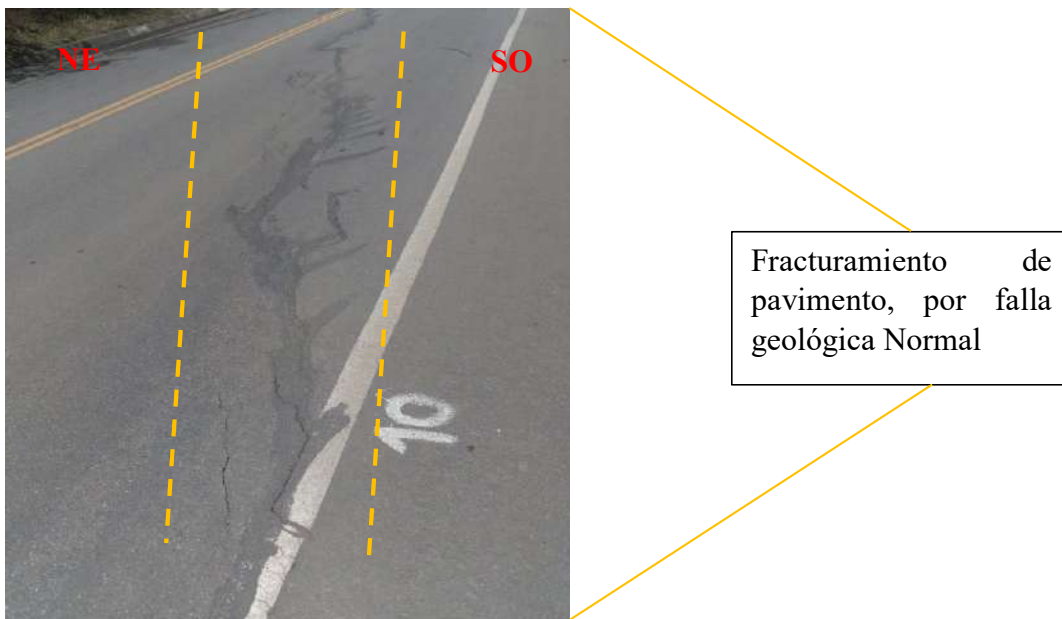
Fuente: (Rodríguez, 2014)

### 3.3.2 Geología Estructural

El centro volcánico Huayquishongo está controlado por estructuras que originaron una paleo depresión y se encuentra en contacto por el SE por rocas sedimentarias del cretácico; se infiere dos fallas principales, la primera con dirección E – NE la segunda con dirección NE – SO.



**Foto 04.** Ubicación: N: 9221018 E: 748081. Se evidencia una falla normal con rumbo N120 y buzamiento 78NE, se observa el plano de falla y el movimiento de un bloque con respecto al otro; se encuentra en rocas volcánicas al Noreste de la Zona de investigación.



**Foto 05.** Ubicación: N: 9221020 E: 748082. Se evidencia el deterioro de las estructuras viales debido al movimiento que se genera en las fallas geológicas.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 PETROGRAFÍA VOLCÁNICA

La petrografía volcánica manifestada por las rocas que afloran en el centro volcánico Huayquishongo, presenta una tendencia de depositación SO, emitidos de un centro volcánico ubicado al NE que estuvo activo en el Oligoceno.

#### 4.1.1 Clasificación Macroscópica

Para la clasificación Macroscópica, se realizaron las salidas a campo y se extrajeron 80 muestras de mano del centro volcánico Huayquishongo, las cuales poseen dimensiones entre 10 a 30 cm y están distribuidas en la zona de interés, en la tabla 15 se muestra la ubicación con coordenadas geográficas de las muestras de mano.

**Tabla 14.** Ubicación de muestras de mano mediante coordenadas UTM 84.

COORDENADAS UTM WGS 84			
CODIGO MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
E -1	752972	9220126	3443
E -2	752703	9220298	3444
E -3	752004	9220227	3437
E -4	751750	9220516	3385
E -5	752273	9220910	3329
E -6	750175	9219698	3335
E -7	749961	9219588	3330
E -8	749550	9219864	3298
E -9	751126	9221691	3298
E -10	750891	9221531	3263
E -11	750875	9221490	3268
E -12	750912	9221253	3252
E -13	750783	9221304	3243
E -14	750717	9221334	3245

<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>			
<b>CODIGO MUESTRA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
<b>E -15</b>	750669	9221364	3244
<b>E -16</b>	750266	9221152	3214
<b>E -17</b>	750113	9220963	3197
<b>E -18</b>	752418	9222211	2993
<b>E -19</b>	751699	9222526	2984
<b>E -20</b>	751222	9222514	2979
<b>E -21</b>	751064	9222634	3092
<b>E -22</b>	750076	9222999	3082
<b>E -23</b>	750153	9222946	3101
<b>E -24</b>	750223	9222934	3243
<b>E -25</b>	750213	9223276	3241
<b>E -26</b>	750229	9223169	3249
<b>E -27</b>	747873	9221062	3257
<b>E -28</b>	747220	9221060	3242
<b>E -29</b>	747084	9220856	3264
<b>E -30</b>	747097	9220495	3249
<b>E -31</b>	745866	9220871	3196
<b>E -32</b>	745129	9220578	3023
<b>E -33</b>	745604	9219596	2792
<b>E -34</b>	745249	9219804	2672
<b>E -35</b>	744029	9219927	2644
<b>E -36</b>	743612	9219807	2546
<b>E -37</b>	743588	9220328	2468
<b>E -38</b>	741966	9218944	2491
<b>E -39</b>	742411	9218732	2494
<b>E -40</b>	740696	9218293	2663
<b>E -41</b>	740304	9218623	2711
<b>E -42</b>	739944	9218782	2719
<b>E -43</b>	739756	9218815	2696
<b>E -44</b>	739675	9218672	2960
<b>E -45</b>	740925	9216289	3022
<b>E -46</b>	740285	9216618	3045
<b>E -47</b>	740177	9216243	3064
<b>E -48</b>	740003	9216415	3071
<b>E -49</b>	739895	9214762	3070
<b>E -50</b>	739754	9213754	3108
<b>E -51</b>	740009	9213770	3155
<b>E -52</b>	739852	9213354	3269

<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>			
<b>CODIGO MUESTRA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
<b>E -53</b>	739500	9213563	3393
<b>E -54</b>	739681	9213307	3418
<b>E -55</b>	739823	9213104	3472
<b>E - 56</b>	740101	9213209	2589
<b>E - 57</b>	739903	9213042	2628
<b>E - 58</b>	737367	9214557	2638
<b>E - 59</b>	737336	9214733	2644
<b>E - 60</b>	737534	9214916	2678
<b>E – 61</b>	738156	9214863	2670
<b>E -62</b>	741059	9213479	2685
<b>E – 63</b>	740932	9212941	2660
<b>E – 64</b>	741065	9212652	2680
<b>E – 65</b>	741381	9212374	2705
<b>E – 66</b>	741407	9212461	2720
<b>E – 67</b>	742506	9214058	2739
<b>E – 68</b>	741877	9214200	2720
<b>E – 69</b>	741484	9214498	2825
<b>E – 70</b>	743593	9214869	2788
<b>E – 71</b>	743407	9214815	2790
<b>E - 72</b>	745387	9218938	3150
<b>E – 73</b>	745609	9218678	3100
<b>E – 74</b>	745341	9218309	3065
<b>E – 75</b>	744979	9217891	3060
<b>E – 76</b>	745227	9217741	3047
<b>E – 77</b>	745480	9217783	3024
<b>E – 78</b>	745327	9217607	2986
<b>E - 79</b>	745609	9217566	2975
<b>E – 80</b>	745480	9217783	2966

La caracterización de las muestras de mano se realizó mediante la observación y descripción de minerales de las muestras, mediante la observación y descripción se realizó el análisis cualitativo, cuantitativo e interpretativo de la composición mineralógica para determinar posteriormente la clasificación modal de rocas volcánicas, mediante Streckeisen 1979. Para determinar las rocas piroclásticas se utilizó el diagrama de clasificación de rocas volcánicas piroclásticas Schmidt, 1981.

**Tabla 15.** Descripción Macroscópica de muestras de mano.

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CM	CATEGORÍA TEXTURAL MAYOR	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
		COLOR	GRANULARIDAD	HÁBITOS Y FORMAS CRISTALINAS	GRADO DE CRISTALIZACIÓN	RELACIÓN MUTUA ENTRE CRISTALES	OZ	FDS	PGLS	M	LÍTICOS	PÓMEZ		
E - 01	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	5	65	15	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Sedimentarios
E - 02	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	65	15	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Sedimentarios
E - 03	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 04	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	5	60	15	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 05	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 06	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	3	65	12	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 07	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	70	15	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 08	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	60	20	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Sedimentarios
E - 09	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	25	5	15	5	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 10	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	45	20	10	20	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 11	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	5	60	20	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 12	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	25	5	10	5	-	Flujo Piroclástico	Líticos Sedimentarios
E - 13	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	5	15	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 14	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	25	5	15	5	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 15	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	45	20	10	15	5	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 16	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	5	10	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 17	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	45	20	5	20	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos




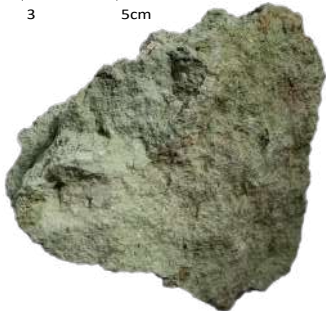










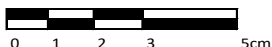



DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CM	CATEGORÍA TEXTURAL MAYOR	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
		COLOR	GRANULARIDAD	HÁBITOS Y FORMAS CRISTALINAS	GRADO DE CRISTALIZACIÓN	RELACIÓN MUTUA ENTRE CRISTALES	QZ	FDS	PGLS	M	LÍTICOS	PÓMEZ		
E - 18	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	5	20	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 19	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	40	20	10	15	15	-	Flujo Piroclástico	Líticos Volcánicos
E - 20	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	10	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de la Matriz
E - 21	Volcanoclástico	Leucocrática	Leucocrática	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	45	25	5	15	10	-	Flujo Piroclástico	Líticos Sedimentarios
E - 22	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Subvolcánico	Patinas de Ox.
E - 23	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	80	15	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 24	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 25	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Subvolcánico	Patinas de Ox.
E - 26	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	65	30	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 27	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 28	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	80	15	-	-	Flujo Piroclástico	Presencia de Py.
E - 29	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 30	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	80	15	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 31	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 32	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	5	75	15	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 33	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 34	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	70	25	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 35	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	75	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas

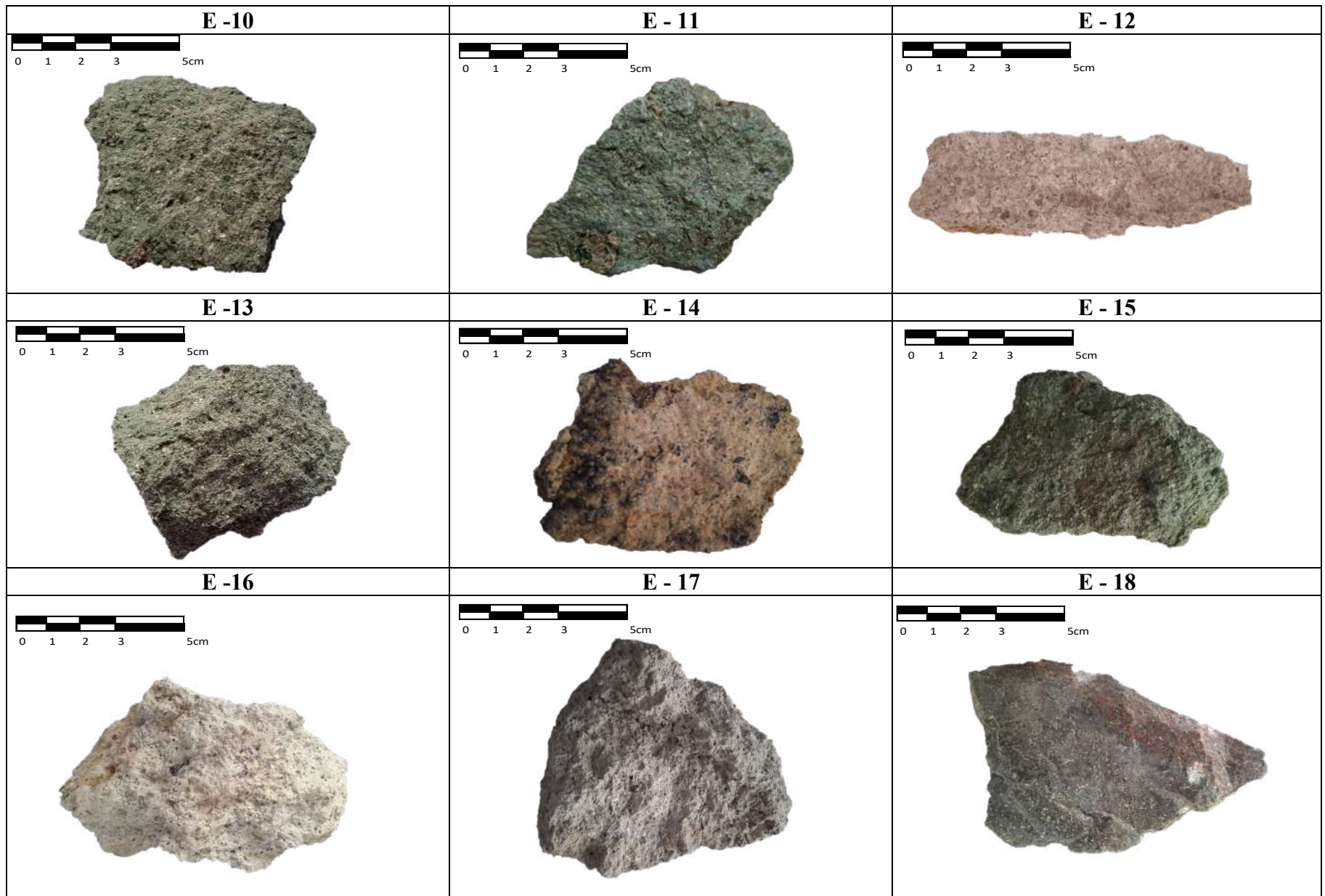
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CM	CATEGORÍA TEXTURAL MAYOR	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
		COLOR	GRANULARIDAD	HÁBITOS Y FORMAS CRISTALINAS	GRADO DE CRISTALIZACIÓN	RELACIÓN MUTUA ENTRE CRISTALES	QZ	FDS	PGLS	M	LÍTICOS	PÓMEZ		
E - 36	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	5	70	20	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 37	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	80	15	-	-	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 38	Volcanoclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	25	10	5	-	-	Flujo Piroclástico	Fenocrystalos de Qz.
E - 39	Volcanoclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	25	15	5	-	-	Flujo Piroclástico	Fenocrystalos de Qz.
E - 40	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	75	30	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 41	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 42	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	85	10	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 43	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 44	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	65	30	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 45	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Subvolcánico	Patinas de Ox.
E - 46	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	65	30	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 47	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 48	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	65	30	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 49	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 50	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 51	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Subvolcánico	Fenocrystalos de PLGs.
E - 52	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	-	75	20	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 53	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	75	20	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas

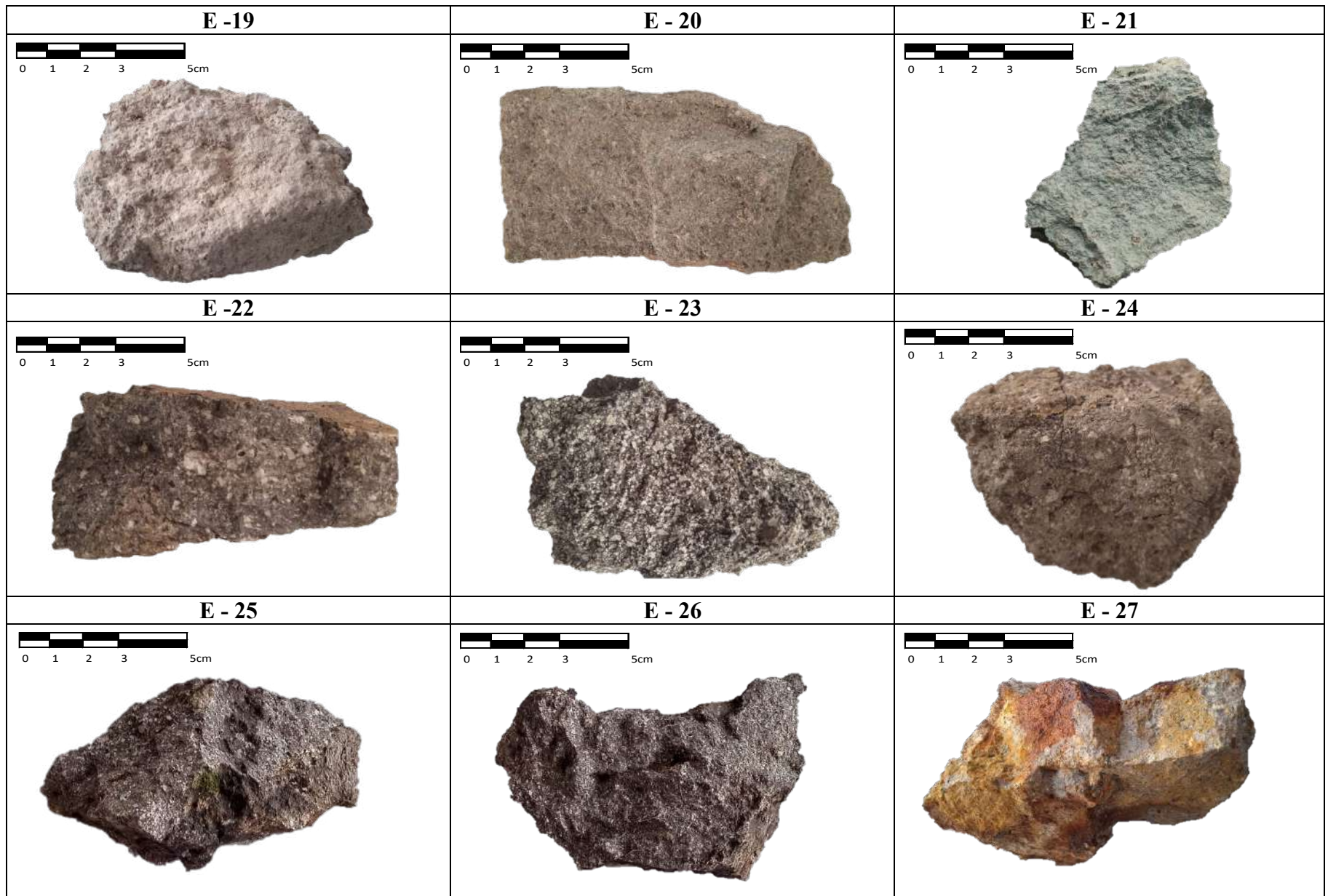
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CM	CATEGORÍA TEXTURAL MAYOR	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
		COLOR	GRANULARIDAD	HÁBITOS Y FORMAS CRISTALINAS	GRADO DE CRISTALIZACIÓN	RELACIÓN MUTUA ENTRE CRISTALES	QZ	FDS	PGLS	M	LÍTICOS	PÓMEZ		
E - 54	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	5	-	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 55	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	75	20	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 56	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	70	25	-	-	Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 57	Volcaniclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	80	15	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Pgl.
E - 58	Volcaniclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	75	20	-	-	Flujos Piroclásticos	Alteración de PGLs a Arcillas
E - 59	Volcaniclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	70	25	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Pgl.
E - 60	Volcaniclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	2	3	70	25	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Pgl.
E - 61	Coherente	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	3	2	75	20	-	-	Subvolcánico	Fenocristales de Pgl.
E - 62	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	65	20	10	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Patinas de Ox
E - 63	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	30	5	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Patinas de Ox
E - 64	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	25	8	7	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 65	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	30	10	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Matriz Silicificada
E - 66	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	65	20	12	3	-	-	Flujos Piroclásticos	Matriz Silicificada
E - 67	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	28	2	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 68	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	65	15	15	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Matriz Silicificada
E - 69	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	25	12	3	-	-	Flujos Piroclásticos	Matriz Silicificada
E - 70	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	65	15	10	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 71	Volcaniclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	25	15	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.

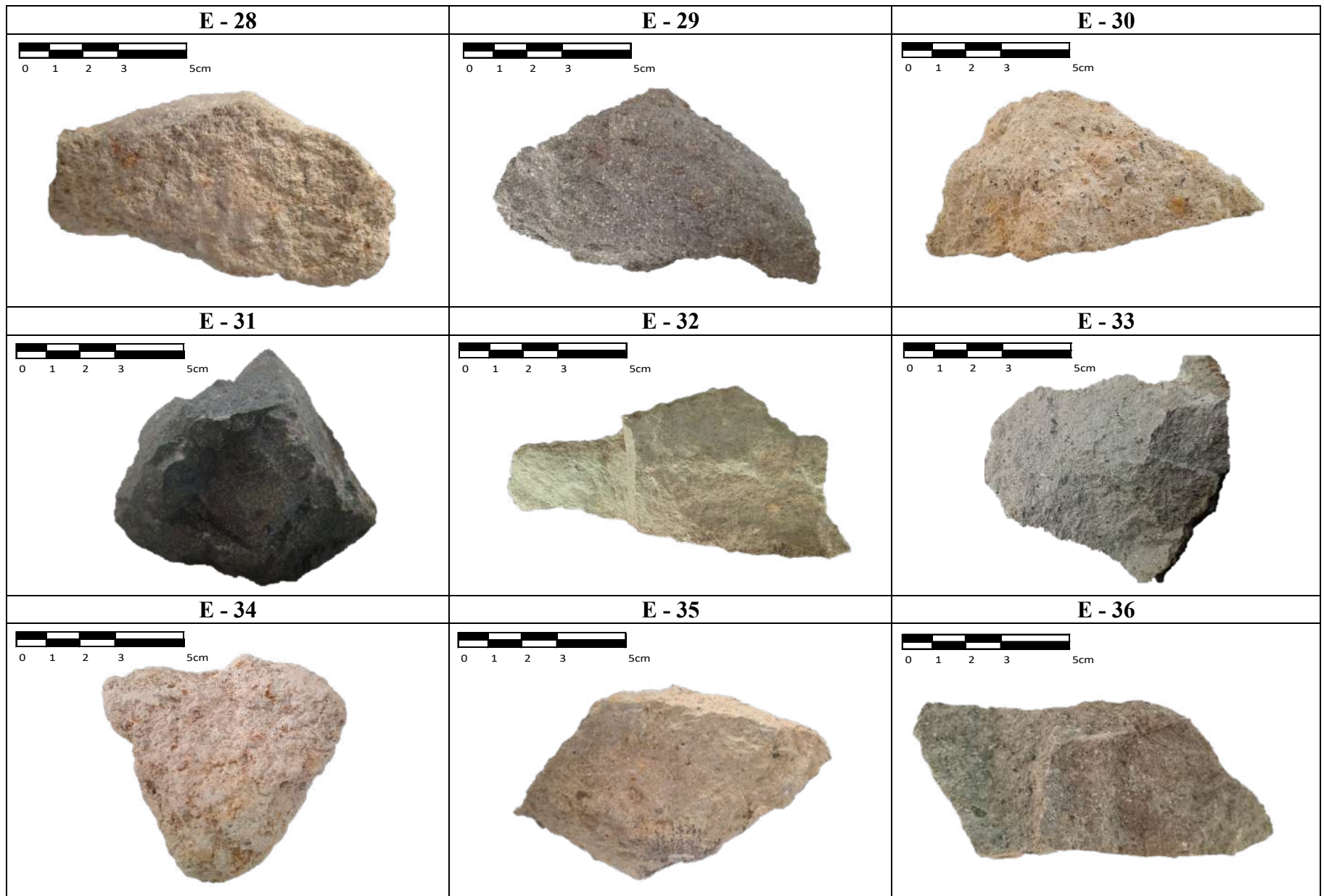
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CM	CATEGORÍA TEXTURAL MAYOR	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
		COLOR	GRANULARIDAD	HÁBITOS Y FORMAS CRISTALINAS	GRADO DE CRISTALIZACIÓN	RELACIÓN MUTUA ENTRE CRISTALES	QZ	FDS	PGLS	M	LÍTICOS	PÓMEZ		
E - 72	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	20	10	10	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 73	Volcanoclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	20	20	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Patinas de Ox
E - 74	Volcanoclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	25	10	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 75	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	60	20	5	15	-	-	Flujos Piroclásticos	Patinas de Ox
E - 76	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	20	20	10	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 77	Volcanoclástico	Hololeucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	65	20	10	5	-	-	Flujos Piroclásticos	Patinas de Ox
E - 78	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	52	25	8	15	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.
E - 79	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	50	25	10	15	-	-	Flujos Piroclásticos	Presencia de Qx.
E - 80	Volcanoclástico	Leucocrática	Inequigranular	Subhedral	Merocrystalina	Hipidiomórfica	55	20	10	15	-	-	Flujos Piroclásticos	Fenocristales de Qz.

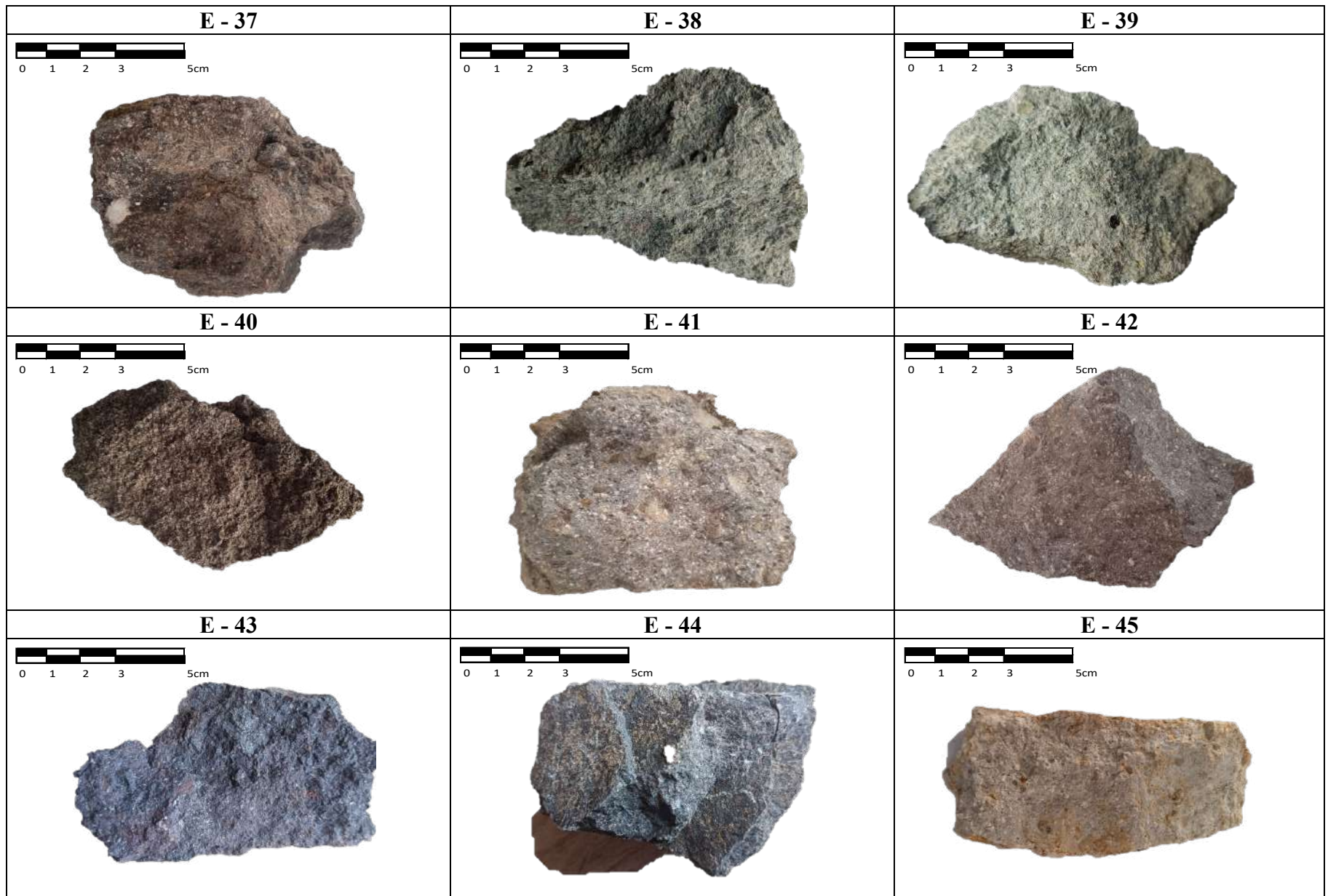
**Tabla 16.** Muestras de Mano del centro Volcánico.

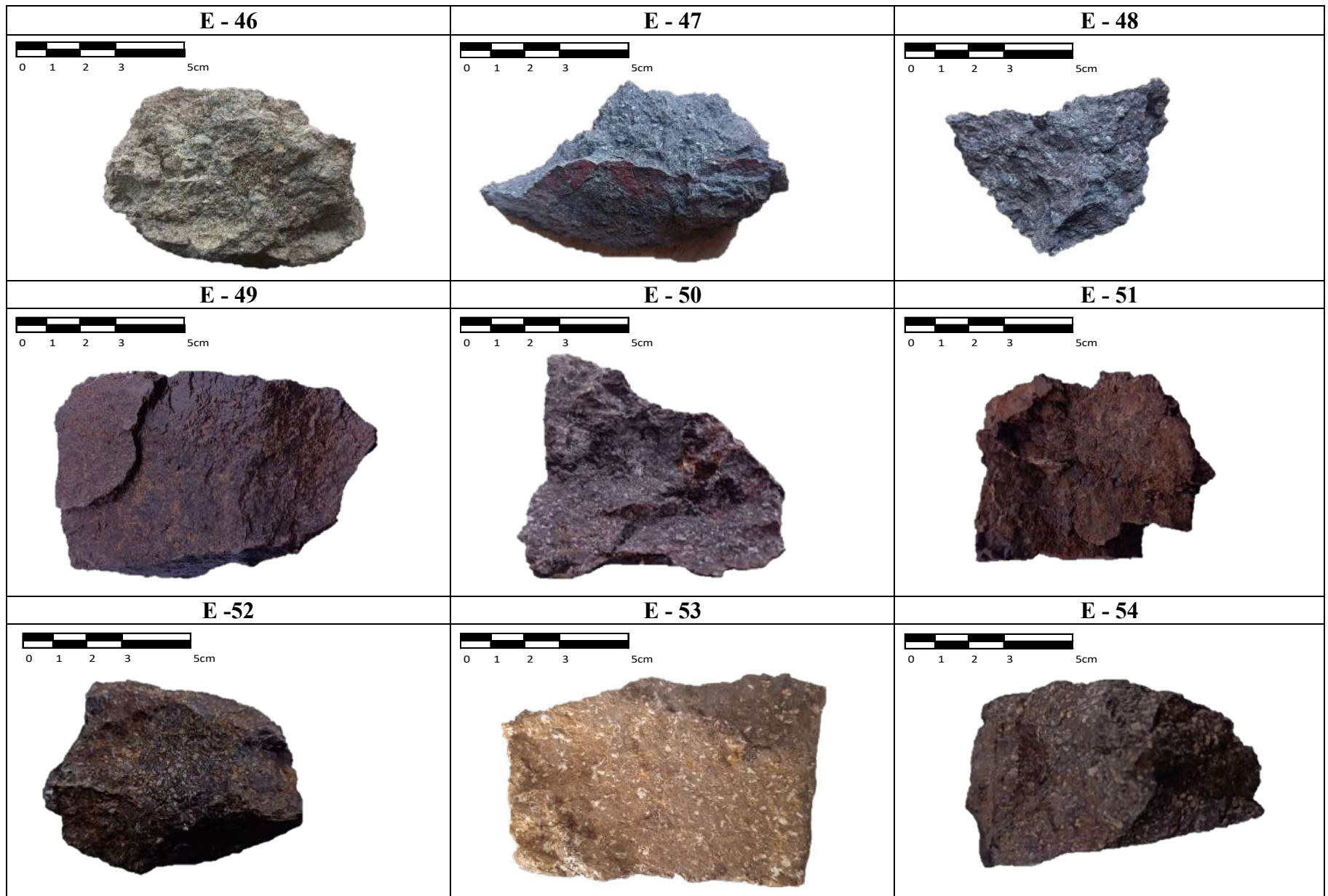
<p style="text-align: center;"><b>E - 1</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E - 2</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E - 3</b></p>  
<p style="text-align: center;"><b>E - 4</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E - 5</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E - 6</b></p>  
<p style="text-align: center;"><b>E-7</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E-8</b></p>  	<p style="text-align: center;"><b>E-9</b></p>  

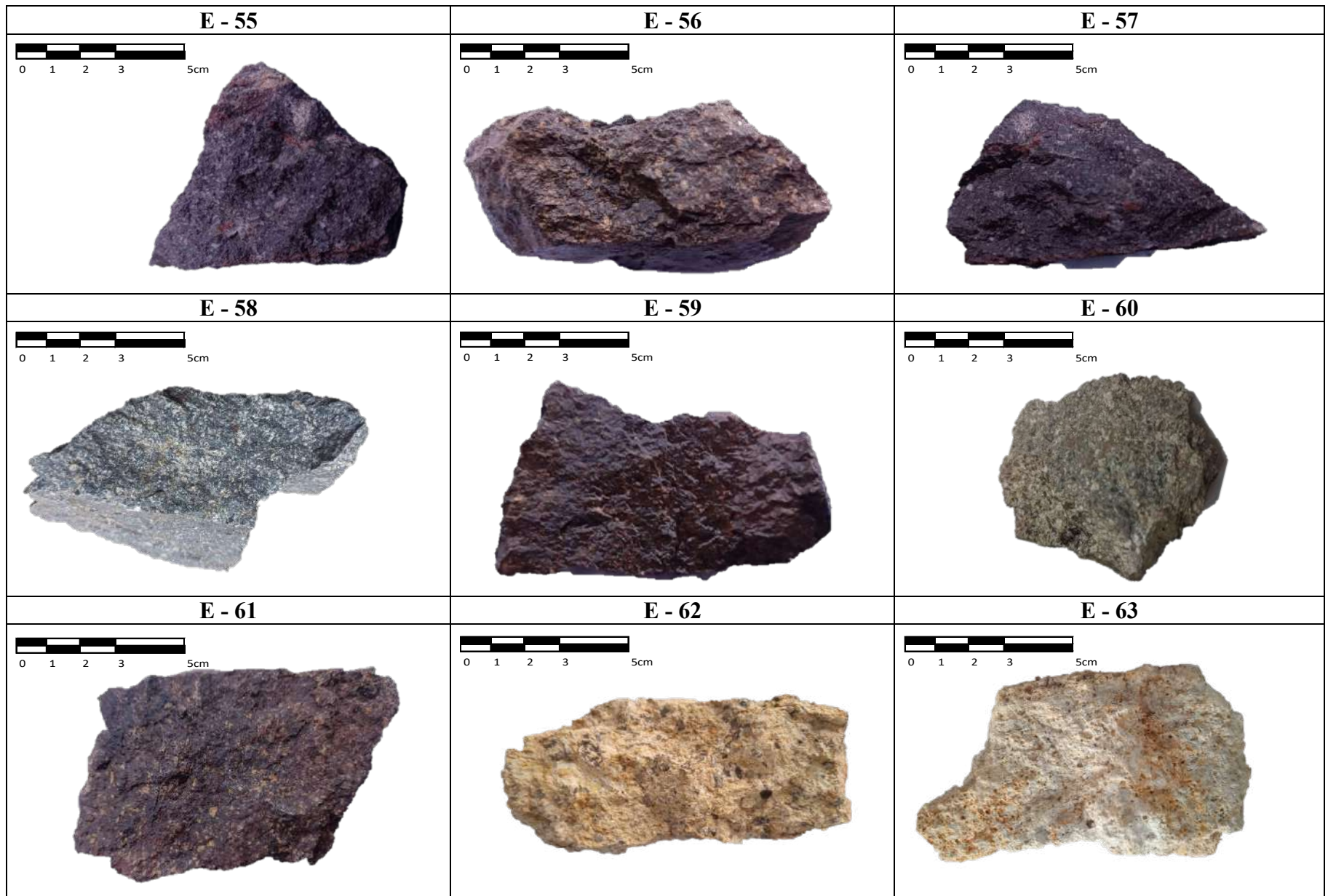


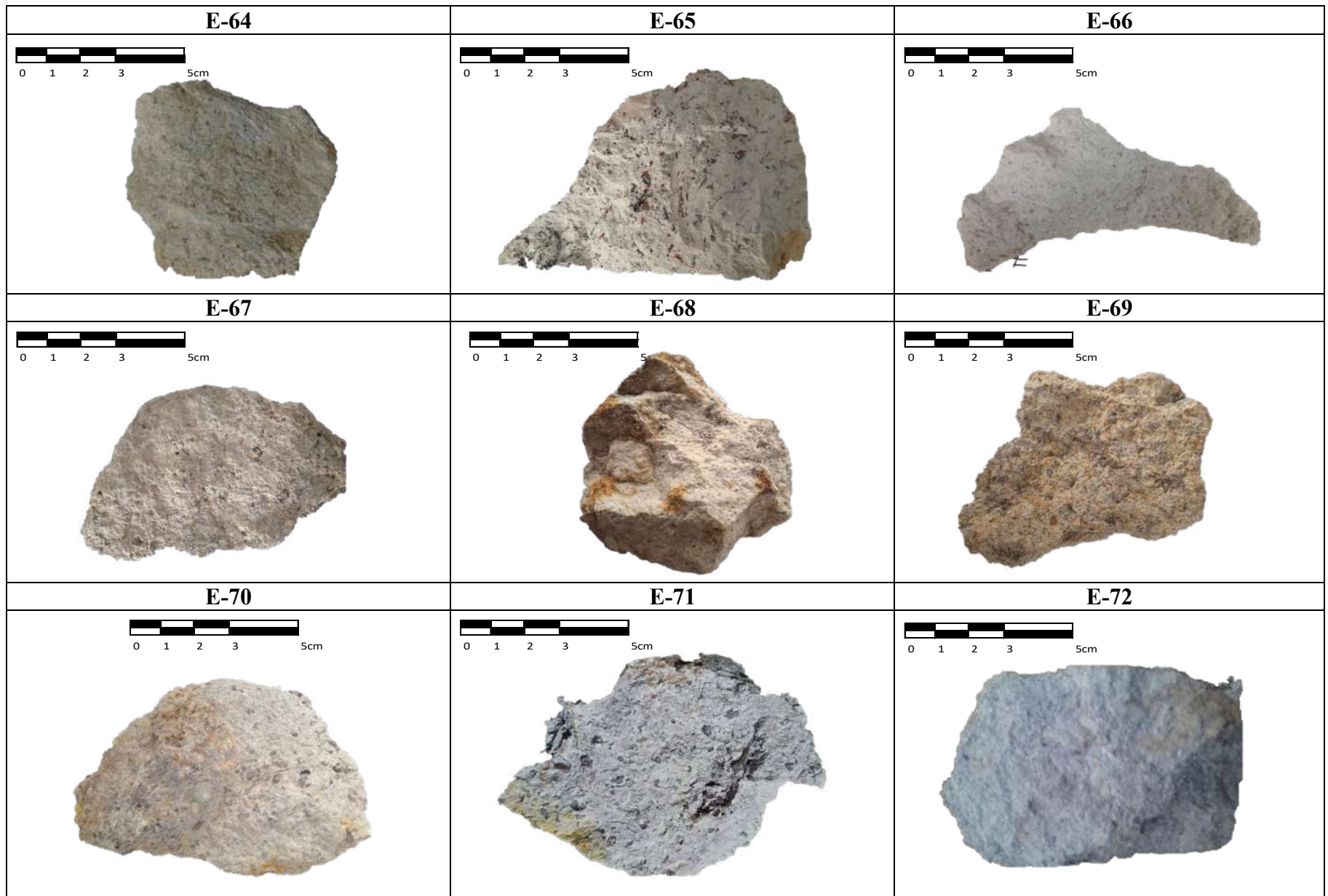


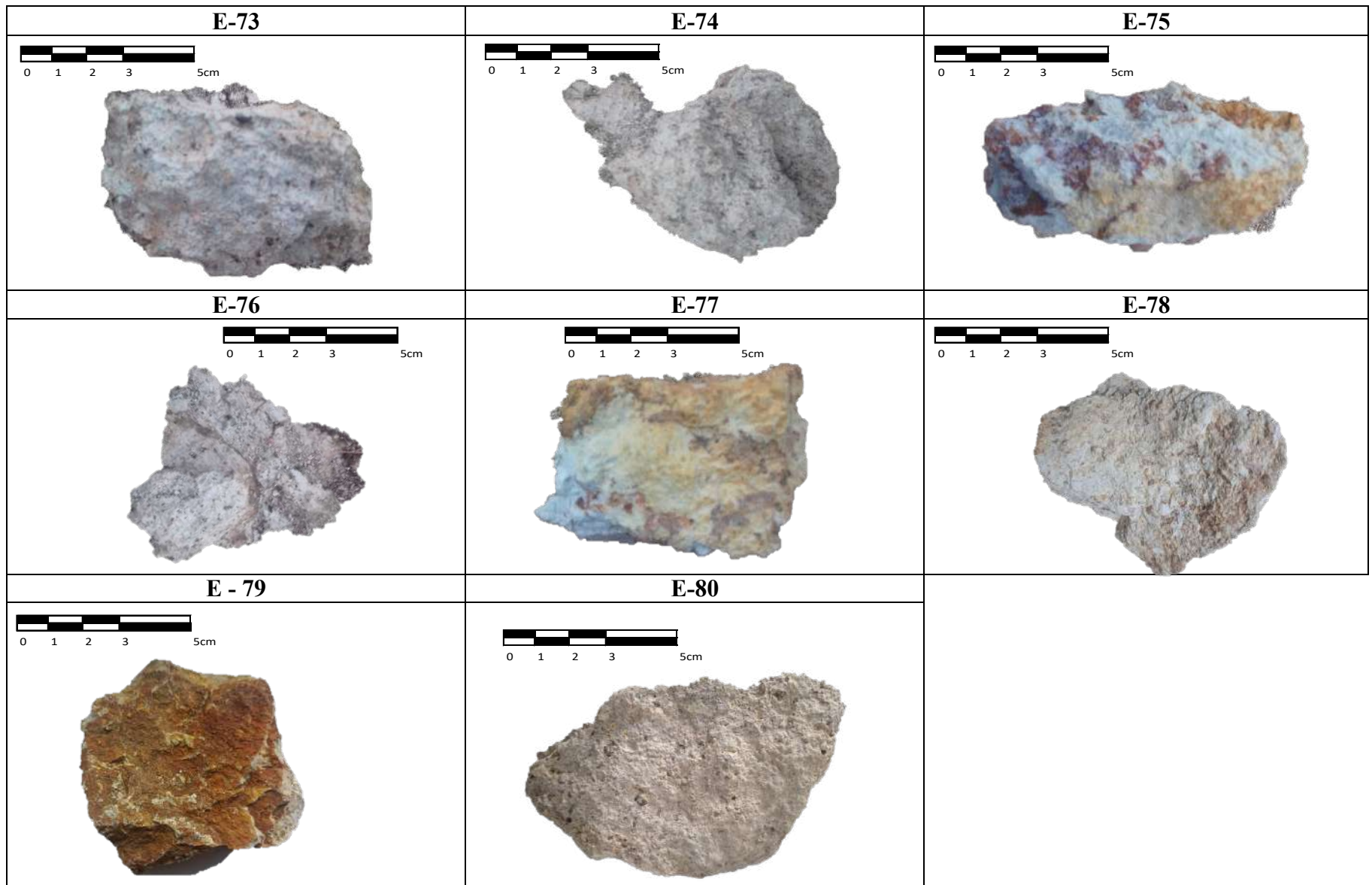












**Tabla 17.** Clasificación de Rocas Volcánicas (Streckeisen 1979 y Schmidt 1961)






<b>CLASIFICACION DE ROCAS VOLCANICAS</b>			
<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	<b>STRECKEISEN 1979</b>	<b>SCHMIDT 1981</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
E-01	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-02	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-03	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-04	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-05	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-06	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-07	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-08	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-09	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-10	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-11	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
E-12	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-13	Riolita	Toba de cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-14	Riolita	Toba de cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-15	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-16	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-17	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-18	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-19	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-20	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-21	Riolita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Riolítico
E-22	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-23	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-24	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-25	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-26	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-27	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-28	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-29	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-30	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-31	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-32	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-33	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-34	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-35	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-36	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-37	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-38	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-39	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-40	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita

<b>CLASIFICACION DE ROCAS VOLCANICAS</b>			
<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	<b>STRECKEISEN 1979</b>	<b>SCHMIDT 1981</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
E-41	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-42	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-43	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-44	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-45	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-46	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-47	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-48	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-49	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-50	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-51	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-52	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-53	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-54	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-55	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-56	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-57	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
E-58	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-59	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-60	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-61	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
E-62	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-62	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-64	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-65	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-66	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-67	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-68	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-69	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-70	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-71	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-72	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-73	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-74	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-75	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-76	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-77	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-78	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-79	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico
E-80	Riolita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Riolítico

#### 4.1.1 Clasificación Microscópica

Se realizó la selección de 5 muestras de mano representativas de rocas volcánicas del centro volcánico Huayquishongo de las 80 muestras de mano recolectadas: Muestra E – 02, Muestra E – 15, E – 30; E – 61 y E – 67 ; para la descripción de rocas mediante la microscopia óptica de luz polarizada, ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (esencialmente rocas), además de definir sus formas, tamaños, porcentajes y relaciones espaciales, lo cual finalmente permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones de formación, entre ellos alteraciones, texturas, reemplazamientos y posibles procesos evolutivos. Asimismo, se describen sus componentes tales como fragmentos de rocas (relacionados o no, genéticamente con la roca). Las muestras fueron analizadas con un microscopio petrográfico del Laboratorio BIZALAB. El laboratorio brinda información de los componentes minerales de las rocas, teniendo en consideración que la numeración I hace referencia a los minerales principales y la numeración II hace referencia a la matriz.

**Tabla 18.** Muestras seleccionadas para las secciones delgadas.

CÓDIGO	MUESTRA	CÓDIGO	MUESTRA
E - 61		E - 30	
E - 67		E - 15	
E - 2			

**Tabla 19.** Descripción Petrográfica de la muestra E – 61.

<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	<b>E - 61</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	<b>ANDESITA</b>

<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>
Roca volcánica de textura porfírica con fenocristales de plagioclasas I (reemplazadas moderadamente por cloritas y alteradas débilmente por sericita, arcillas y carbonatos), de piroxenos (alterados por cloritas con minerales opacos en sus oquedades), moldes de ferromagnesianos (posible olivino alterados por iddingsita, cloritas y óxidos de hierro) y cuarzo. Englobados por matriz compuesta por microlitos de plagioclasas II con material vítreo (alterados por cloritas, arcillas y óxidos de hierro) y minerales opacos entre sus intersticios.

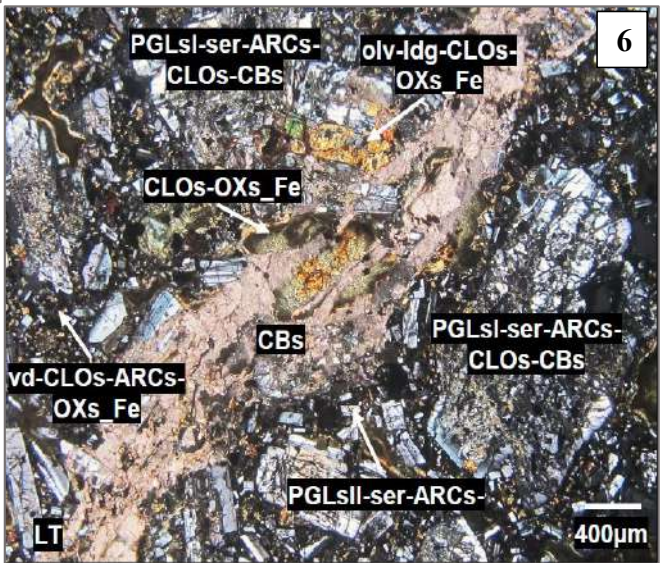
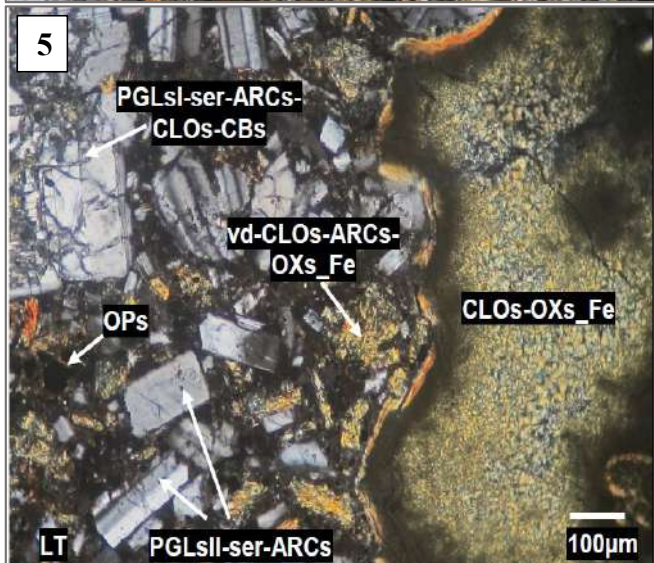
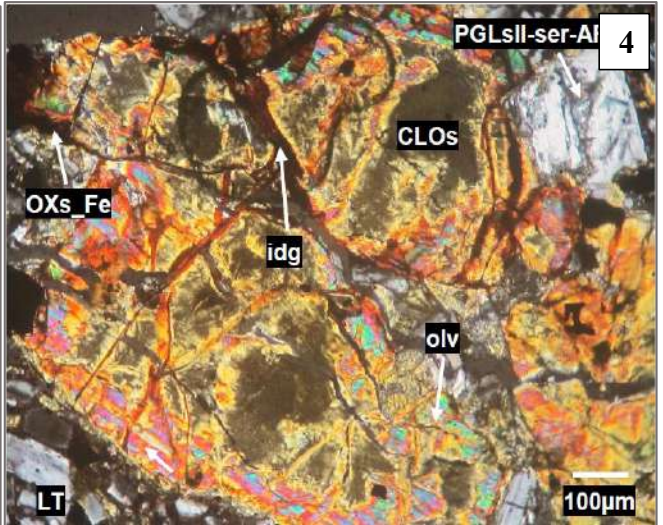
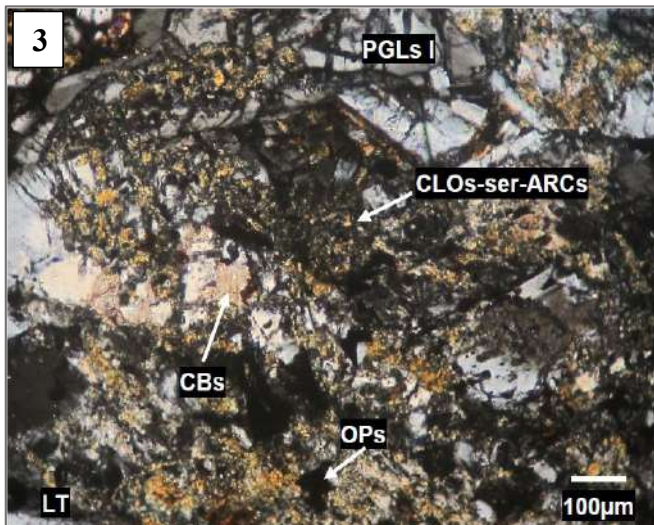
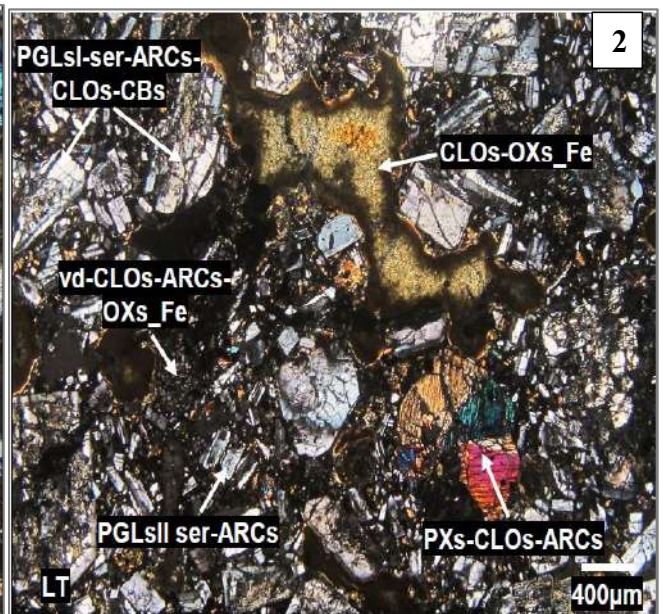
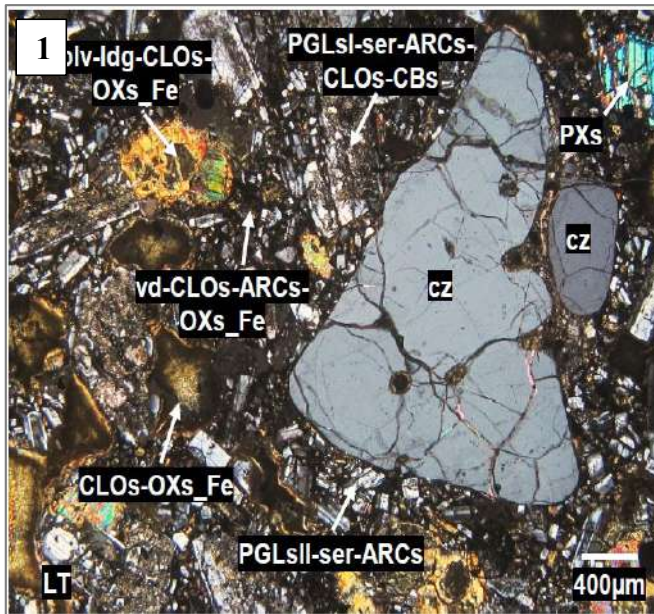
<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA</b>			<b>%</b>	<b>Tamaño (mm)</b>
<b>C R I S T A L E S</b>	<b>Esenciales</b>	Plagioclasas: Fenocristales subhedrales, tabulares y de bordes corroídos, con macla polisintética y en ocasiones zonación. Han sido débilmente alterados por agregados de sericita, arcillas y carbonatos. También, han sido moderadamente reemplazados por agregados de cloritas. Algunos han sido cortados por venas de carbonatos.	35	$\leq 2480$
		Cuarzo: Fenocristales microfracturados y de bordes corroídos por la matriz, Sus microfracturas han sido rellenas por carbonatos y cloritas.	2	$\leq 3080$
	<b>Accesorios</b>	Piroxenos: Fenocristales subhedrales a anhedrales, microfracturados y de bordes corroídos, en ocasiones con macla polisintética. Han sido alterados por cloritas y presentan minerales opacos en sus oquedades.	3	$\leq 950$
		Minerales Opacos: Pequeños cristales que ocurren en oquedades de los fenocristales de plagioclasas I, piroxenos y moldes de posibles olivinos. Además, se hallan diseminados entre los intersticios de los microlitos de plagioclasas II que conforman la matriz de la roca.	2	
		Sericita: Agregados microescamosos que junto a los agregados terrosos de arcillas, cloritas y carbonatos han alterado a los fenocristales de plagioclasas I; así como, a	1	$\leq 5$

	los microlitos de plagioclasas II presentes en la matriz de la roca		
<b>Secundarios</b>	Arcillas: Agregados terrosos a que han alterado débilmente; junto a agregados de sericita, cloritas y carbonatos; a fenocristales de plagioclasas I; así como, a los microlitos de plagioclasas II. También junto con cloritas y óxidos de hierro han alterado al vidrio presente en la matriz.	5	$\leq 5$
	Cloritas: Agregados criptocristalinos a microfibrosos que han reemplazado moderadamente a los fenocristales de plagioclasas I. También, han alterado a los fenocristales de piroxenos y a los moldes de posible olivino; así como, al material vítreo presente en la matriz de la roca. Además, se hallan como relleno de vesículas junto a los óxidos de hierro.	13	$\leq 30$
	Oxidos de Hierro: Agregados terrosos que han alterado a los moldes de posible olivino. También, se observan en cavidades y fracturas de los fenocristales de plagioclasas I. Por sectores, han ingresado por los intersticios de los microlitos de plagioclasas II, alterando al material vítreo. También, ocurren como relleno de vesículas junto a las cloritas.	10	$\leq 5$
	Carbonatos: Agregados de cristales que han alterado a los fenocristales de plagioclasas I, piroxenos I, moldes de posibles olivinos y cuarzo. Han ingresado a través de venas que cortan a los microlitos de plagioclasas II y al vidrio presentante en la matriz.	6	$\leq 620$
	Iddingsita: Mezcla de cloritas, arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro, que han alterado desde sus bordes a los moldes de fenocristales de posibles olivinos	1	$\leq 5$
<b>MATRIZ</b>	Plagioclasas II: Microlitos subhedrales, anhedrales, tabulares y con macla polisintética. Han sido ligeramente alterados por agregados de microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas. Han englobado a los	22	$\leq 300$

	fenocristales de plagioclasas I, piroxenos, moldes de ferromagnesianos (posible olivino) y cuarzo. Además, a través de sus intersticios ha ingresado vidrio totalmente alterados por arcillas terrosas, cloritas y óxidos de hierro. Posteriormente, han sido cortados por venas de carbonatos.		
	Vidrio: Material vítreo que ha ingresado a través de los intersticios de los microlitos de plagioclasas II. Se aprecian totalmente alterados por arcillas terrosas, cloritas y óxidos de hierro. Han sido cortados por venas rellenas por carbonatos.	-	≤ 200
<b>LÍTICOS</b>	No presenta	-	-

<b>TEXTURAS</b>	Porfirítica
-----------------	-------------

<b>ALTERACIONES</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Ensamble de Minerales</b>
Cloritización	Moderada	Cloritas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro
Carbonatación	Débil	Carbonatos
Argilización	Débil	Arcillas
Seritización	Muy débil	Sericita



**Fotomicrografía 1.-** **1.** Fenocristales de cuarzo (cz) y plagioclasas I alterados por sericita, arcillas, cloritas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CLOs-CBs). También, piroxenos (PXs) y moldes de posibles olivinos alterados por iddingsita, cloritas y óxidos de hierro (olv-idg-CLOs-OXs\_Fe). En una matriz de microlitos de plagioclasas II alteradas por sericita y arcillas (PGLsII-ser-ARCs) con vidrio, alterado por cloritas, arcillas y óxidos de hierro (vd-CLOs-ARCs-OXs\_Fe), entre sus intersticios; **2.** Fenocristales de plagioclasas I alterados por sericita, arcillas, cloritas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CLOs-CBs); También, piroxenos alterados por cloritas (PXs-CLOs-ARCs). En matriz de microlitos de plagioclasas II alteradas por sericita y arcillas (PGLsII-ser-ARCs) con vidrio, alterado por cloritas, arcillas y óxidos de hierro (vd-CLOs-ARCs-OXs\_Fe), entre sus intersticios. Por sectores, vesículas rellenas por cloritas y óxidos de hierro (CLOs-OXs\_Fe). **3.** Fenocristales de plagioclasas I (PGLsI) moderadamente alterados por sericita, arcillas, cloritas (ser-ARCs-CLOs) y carbonatos (CBs), con minerales opacos en sus oquedades (OPs). **4.** Molde de fenocristal de feragnésiano, (posible olivino-olv) fuertemente alterados por iddingsita (idg), cloritas (CLOs) y óxidos de hierro (OXs\_Fe). También se aprecia un microlito de plagioclasa II ligeramente alterado por sericita y arcillas (PGLsII-ser-ARCs). **5.** Fenocristal de plagioclasa I moderadamente alterados por sericita, arcillas, cloritas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CLOs-CBs). En una matriz de microlitos de plagioclasas II ligeramente alteradas por sericita y arcillas (PGLsII-ser-ARCs), con material vítreo, alterado por cloritas, arcillas y óxidos de hierro (vd-CLOs-ARCs-OXs\_Fe), y minerales opacos (OPs) entre sus intersticios. También, vesícula rellena por cloritas y óxidos de hierro (CLOs-OXs\_Fe). **6.** Fenocristales de plagioclasas I alterados por sericita, arcillas, cloritas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CLOs-CBs). También moldes de ferromagnesianos (posible olivino), alterados por iddingsita, cloritas y óxidos de hierro (olv-idg-CLOs-OXs\_Fe). En matriz de plagioclasas II alteradas por sericita y arcillas (PGLsII-ser-ARCs), con material vítreo, alterado por cloritas, arcillas y óxidos de hierro (vd-CLOs-ARCs-OXs\_Fe), entre sus intersticios. Además, presenta vesículas rellenas por cloritas y óxidos de hierro (CLOs-OXs\_Fe). Posteriormente, han sido cortados por una vena de carbonatos (CBs).

**Tabla 20.** Descripción Petrográfica de la muestra E – 67.

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	<b>E - 67</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	<b>TOBA DE CRISTALES RIOLÍTICO</b>

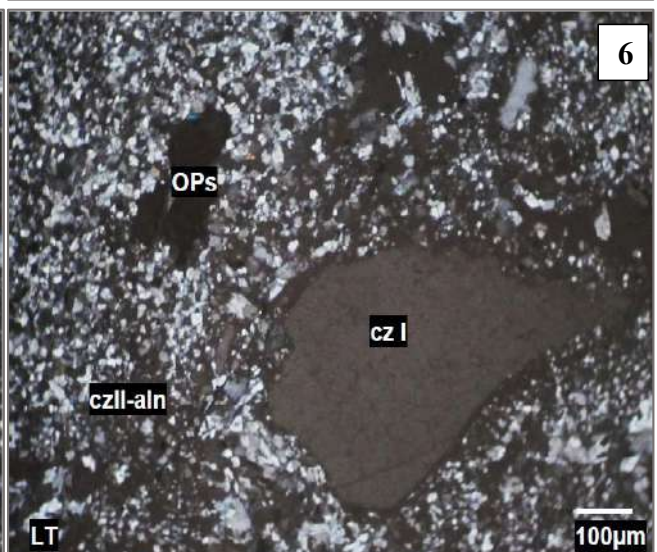
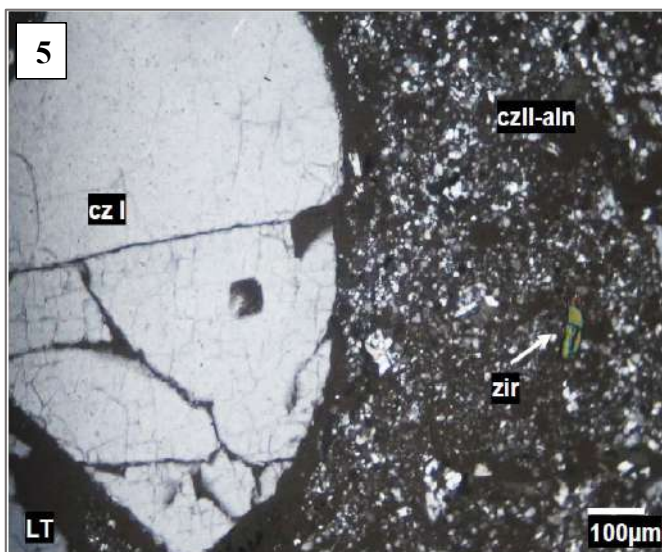
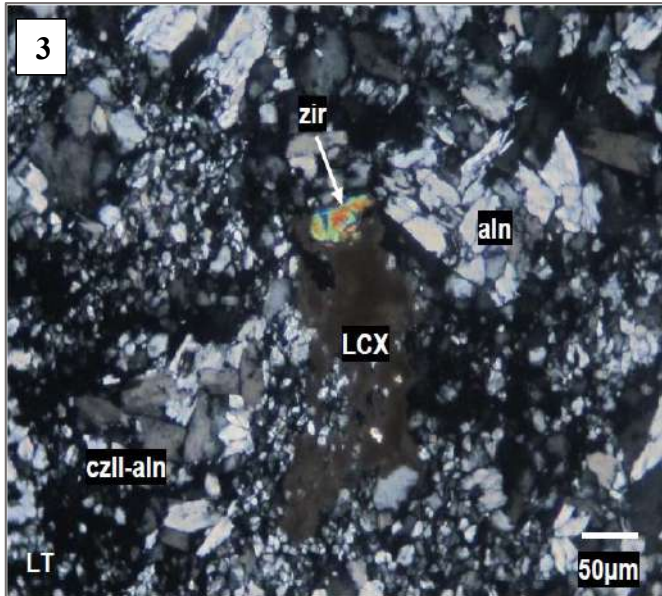
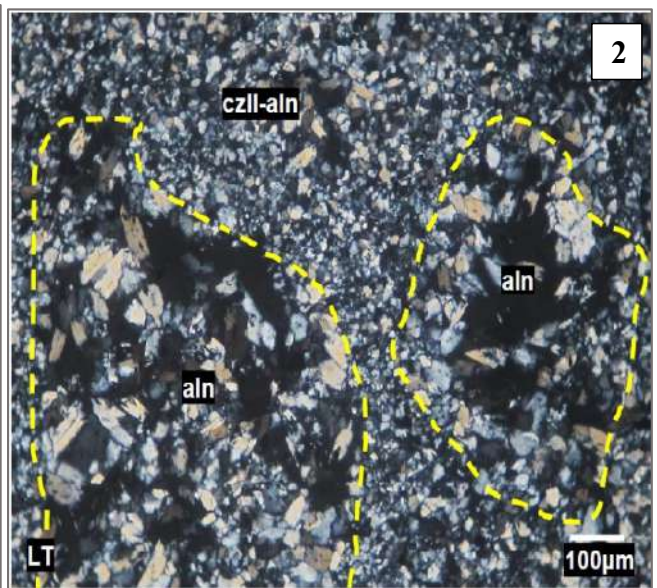
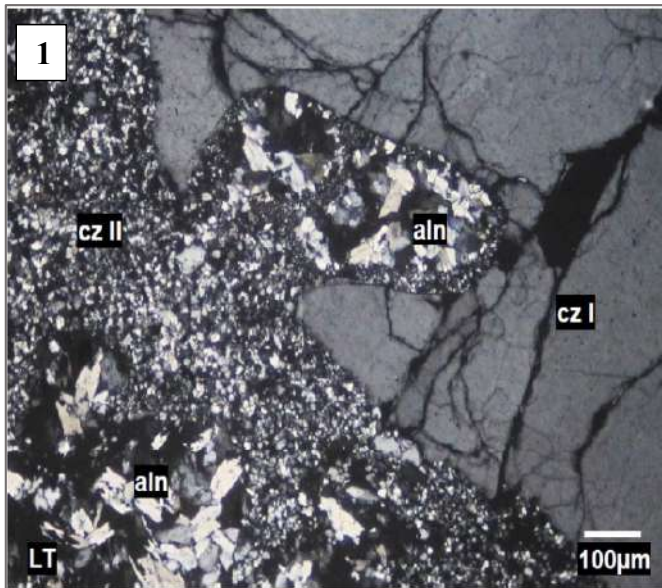
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>
<p>La muestra corresponde a una roca porfírica con alteración argílica avanzada (cuarzo – alunita). Presenta fenocristales de cuarzo I fracturados, cavidades de posibles fenocristales que han sido lixiviados y luego rellenos por cuarzo II, pequeños cristales fracturados de zircón. En una matriz completamente reemplazada por agregados microcristalinos de cuarzo II y agregados cristalinos de alunita, con presencia de minerales opacos y leucoxeno en intersticios. Posteriormente, han ingresado agregados criptocristalinos de arcillas como relleno de microfracturas presentes en algunos sectores de la muestra.</p>

<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA</b>		<b>%</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	
<b>C R I S T A L E S</b>	<b>Esenciales</b>	Cuarzo I: Fenocristales subhedrales a anhedrales, con habito prismático a formas irregulares, fracturados; además, presenta bordes y golfos de corrosión. Han sido englobados por agregados microcristalinos de cuarzo II que han reemplazado completamente a la matriz de la roca.	18	$\leq 3600$
	<b>Secundarios</b>	Minerales Opacos: Pequeños cristales de formas irregulares, se encuentran desminados entre los intersticios de los agregados microcristalinos de cuarzo II que han reemplazado completamente la matriz de la roca; en ocasiones, se aprecia junto a los agregados de alunita relleno de cavidades.	Traza	$\leq 50$
		Arcillas: Agregados criptocristalinos que han ingresado como relleno de microfracturas presentes en la matriz, lo que le da un aspecto brechoide; así como también a manera de impregnaciones.	1	$\leq 5$

	Leucoxeno: Pequeños cristales con formas irregulares. Se observan entre los intersticios de cuarzo II y alunita que han reemplazado completamente a la matriz de la roca.	Traza	$\leq 80$
	Alunita: Agregados de cristales subhedrales con hábitos tabulares, que han rellenado cavidades de posibles fenocristales que han sido lixiviados; así mismo, han ingresado por los intersticios de los agregados microcristalinos de cuarzo II que han reemplazado completamente a la matriz de la roca.	28	$\leq 100$
<b>MATRIZ</b>	Cuarzo II: Agregados microcristalinos que han reemplazado completamente a la matriz de la roca, junto a agregados de alunita. Se observan pequeños cristales de zircón, leucoxenos y minerales opacos presentes entre sus intersticios. Por sectores presenta microfracturas que han sido rellenadas por arcilla.	53	$\leq 30$
<b>LÍTICOS</b>	No presenta	-	-

<b>TEXTURA</b>	Porfírica
----------------	-----------

<b>ALTERACIONES</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Ensamble de Minerales</b>
Silicificación	Intensa	Cuarzo II
Alunitización	Moderada	Alunita.
Agilización	Incipiente	Arcillas



**Fotomicrografía 2.-** **1.** Fenocristales de cuarzo I (cz I) con bordes de corrosión; en una matriz que ha sido completamente reemplazada por agregados microcristalinos de cuarzo II (cz II) con agregados de alunita (aln) entre sus intersticios. Cavidades de posibles fenocristales que han sido lixiviados y posteriormente rellenados con agregados de alunita (aln); en una matriz completamente alterada por agregados de cuarzo II con agregados de alunita entre sus intersticios (czII-aln). **2.** Agregados de pequeños cristales de leucoxenos (LCX) entre los intersticios de los agregados de cuarzo II (cz II) y alunita (aln) que han reemplazado completamente a la matriz de la roca. **3.** Pequeños cristales de zircón (zr) y agregados de pequeños cristales de leucoxenos (LCX), diseminados entre los intersticios de los agregados de cuarzo II (cz II) y alunita (aln) que han reemplazado completamente a la matriz de la roca. **4.** Fenocristales de cuarzo I (cz I) y de minerales opacos (OPs) presentes en intersticios de los agregados de cuarzo II y agregados de alunita (czII-aln) que han reemplazado la matriz de la roca. **5.** Fenocristal de cuarzo I (cz I) y pequeño cristal de zircón (zir), en una matriz completamente reemplazada por agregados cristalinos de cuarzo II (cz II) con alunita (aln) entre sus intersticios.

**Tabla 21.** Descripción Petrográfica de la muestra E – 30.

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	<b>E - 30</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	<b>TOBA DE CRISTALES ANDESÍTICO</b>

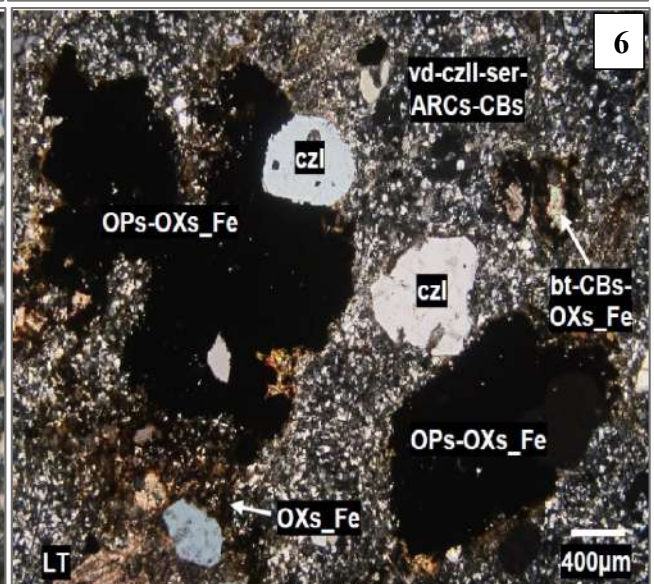
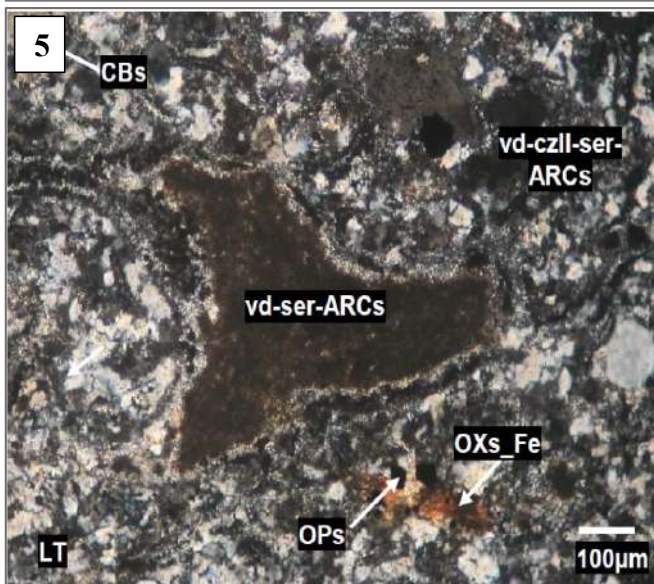
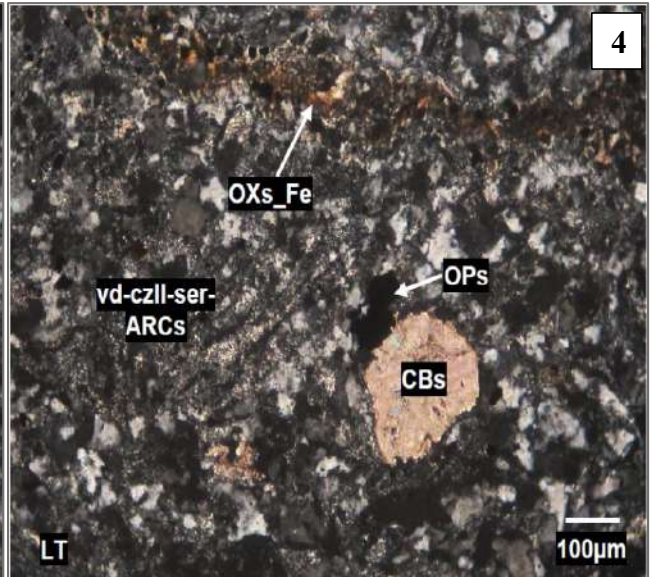
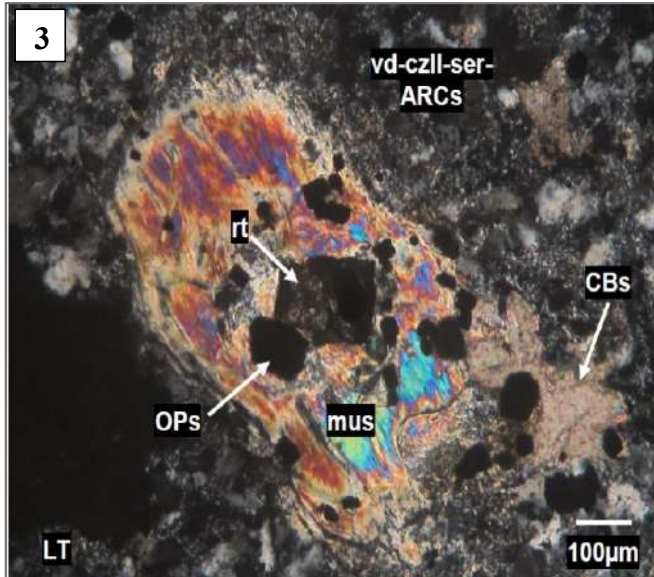
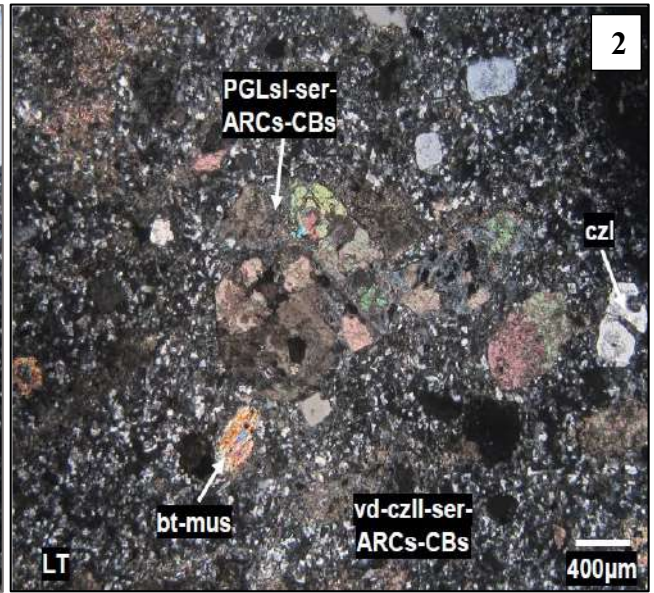
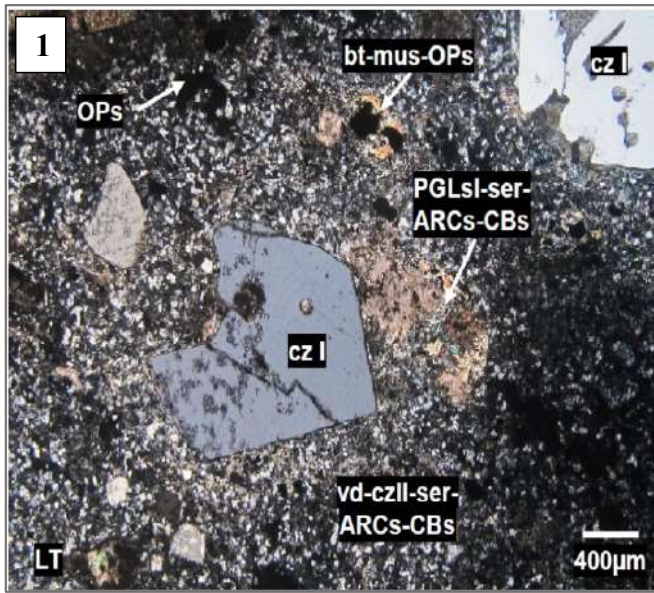
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>
<p>La muestra es una roca volcánica de textura porfirítica. Se aprecian fenocristales de cuarzo I y plagioclasas (intensamente alteradas por sericita, arcillas y carbonatos); también moldes de posible biotita (alterados por muscovita, carbonatos y rutilo). Han sido englobados por una matriz totalmente alterada por agregados de pequeños cristales de cuarzo II, sericita microescamosa, arcillas terrosas y carbonatos, con diseminaciones de opacos y rutilo. Los minerales opacos se hallan rellenoando cavidades en los fenocristales de plagioclasas I y moldes ferromagnesianos; Así mismo, han sido reemplazados por óxidos de hierro desde sus bordes.</p>

<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA</b>			<b>%</b>	<b>Tamaño (mm)</b>
<b>C R I S T A L E S</b>	<b>Esenciales</b>	Plagioclasas: Fenocristales subhedrales, tabulares y de bordes corroídos. Han sido intensamente alterados por agregados microescamosos de sericita, agregados terrosos arcillas y carbonatos. Por sectores, se observan con óxidos de hierro y minerales opacos en sus cavidades. Han sido englobados por agregados de cuarzo II, sericita y arcillas que han reemplazado a la matriz de la roca.	0.5	$\leq 1840$
		Cuarzo I: Fenocristales anhedrales, microfracturados y con bordes y golfos de corrosión por contacto con la matriz de la roca. Presenta oquedades que han sido rellenos por agregados de sericita	4	$\leq 1720$
	<b>Accesorios</b>	Muscovita: Agregados de cristales microfibrosos que han alterado, junto con rutilo y carbonatos, a fenocristales de moldes de posibles biotitas	1	$\leq 400$
		Sericita: Agregados microescamosos que junto a los agregados terrosos de arcillas y carbonatos han alterado intensamente a los fenocristales de	14	$\leq 5$

	plagioclasas. También, junto a los agregados de pequeños cristales de cuarzo II y agregados terrosos de arcillas, han alterado totalmente a la matriz de la roca.		
	Cuarzo II: Agregados de pequeños cristales anhedrales con formas irregulares, que junto a los agregados microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas, han alterado a la matriz de la roca.	48	$\leq 180$
	Rutilo: Agregados de pequeños cristales que han alterado, junto con muscovita y carbonatos, a fenocristales de moldes de ferromagnesianos (posible biotita). También, se aprecian diseminados en la matriz.	Traza	$\leq 48$
<b>Secundarios</b>	Minerales Opacos: Pequeños cristales que ocurren en oquedades de los fenocristales de plagioclasa y a fenocristales de moldes de posible biotita. Además, se aprecian diseminada en la matriz de la roca. Han sido reemplazados por óxidos de hierro desde sus bordes.	1.5	$\leq 530$
	Arcillas: Agregados terrosos que han alterado intensamente; junto con agregados microescamosos de sericita y carbonatos; a los fenocristales de plagioclasas. Además, han alterado, junto con agregados de pequeños cristales de cuarzo II y agregados microescamosos de sericita, a la matriz de la roca.	20	$\leq 5$
	Oxidos de Hierro: Agregados terrosos que han rellenado cavidades en los fenocristales de plagioclasas y a los moldes de ferromagnesianos (posible biotita). También, han alterado a los minerales opacos desde sus bordes.	1	$\leq 5$

	Carbonatos: Agregados de cristales que han alterado intensamente, junto con agregados microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas, a los fenocristales de plagioclasas. Además, han alterado junto con muscovita y rutilo, a moldes de ferromagnesianos (posible biotita). Por sectores, han invadido a la matriz de la roca.	10	≤ 1000
<b>MATRIZ</b>	De posible material vítreo totalmente alterada por agregados de cuarzo II, agregados microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas. Por sectores, ha sido invadida por carbonatos y óxidos de hierro. Presenta diseminaciones de rutilo y minerales opacos entre sus intersticios. Además, han englobado a los fenocristales de plagioclasas, de moldes de ferromagnesianos (posible biotita) y cuarzo I.	-	-
<b>LÍTICOS</b>	No presenta Líticos	-	-
<b>Textura</b>		<b>Porfirítica</b>	

<b>ALTERACIONES</b>		
<b>TIPO</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>ENSAMBLE</b>
Fílica	Intensa	Cuarzo II, sericita, arcillas y carbonatos
Oxidación	débil	Óxidos de hierro.



**Microfotografía 3.-** **1.** Fenocristales de cuarzo I (cz I) y de plagioclasas I moderadamente alterados por sericita, arcillas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CBs). También, moldes de ferromagnesianos (posible biotita) alterados por muscovita y con minerales opacos en sus oquedades (bt-mus-OPs). En una matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita, arcillas y carbonatos (vd-czII-ser-ARCs-CBs) con diseminaciones de minerales opacos (OPs). **2.** Fenocristales de cuarzo I (cz I) y plagioclasas I moderadamente alterados por sericita, arcillas y carbonatos (PGLsI-ser-ARCs-CBs). También, moldes de ferromagnesianos (posible biotita) alteradas por muscovita (bt-mus). En una matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita, arcillas y carbonatos (vd-czII-ser-ARCs-CBs). **3.** Molde de fenocristal de ferromagnesiano (posible biotita) alterada por muscovita (mus), carbonatos (CBs) y rutilo (rt), con minerales opacos (OPs) en sus oquedades. Se encuentra en una matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita y arcillas (vd-czII-ser-ARCs). **4.** Detalle de la matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita, arcillas (vd-czII-ser-ARCs) y carbonatos (CBs). También, con diseminaciones de minerales opacos (OPs) e impregnaciones de óxidos de hierro (OXs\_Fe). **5.** Matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita, arcillas (vd-czII-ser-ARCs) y carbonatos (CBs) con diseminaciones de minerales opacos (OPs). También, se observan fragmentos de vidrio totalmente alterados por ser y arcillas (vd-ser-ARCs). **6.** Fenocristales cuarzo I (cz I) y de moldes de ferromagnesianos (posible biotita) alterada por carbonatos y óxidos de hierro (bt-CBs-OXs\_Fe). En una matriz de posible vidrio totalmente alterada por agregados de cuarzo II, sericita, arcillas y carbonatos (vd-czII-ser-ARCs-CBs) con impregnaciones de óxidos de hierro (OXs\_Fe). Se aprecian minerales opacos reemplazados por óxidos de hierro (OPs-OXs\_Fe) desde sus bordes.

**Tabla 22.** Descripción Petrográfica de la muestra E – 15.

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	<b>E - 15</b>
<b>NOMBRE DE LA MUESTRA</b>	<b>TOBA CRISTALOLÍTICO RIOLÍTICO</b>

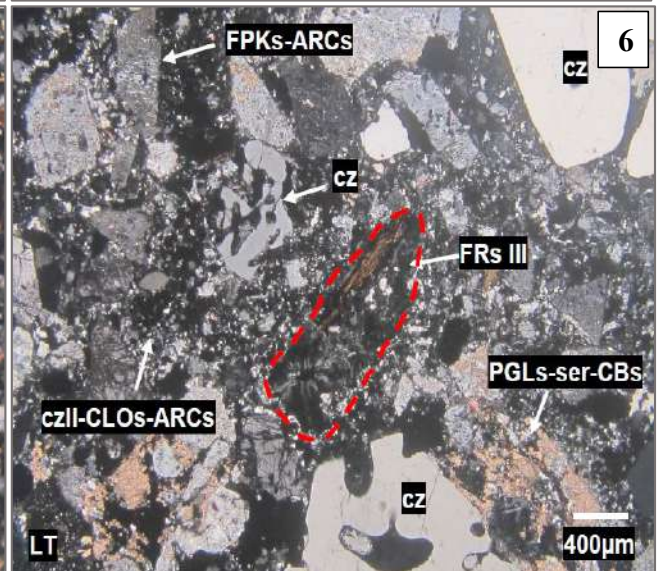
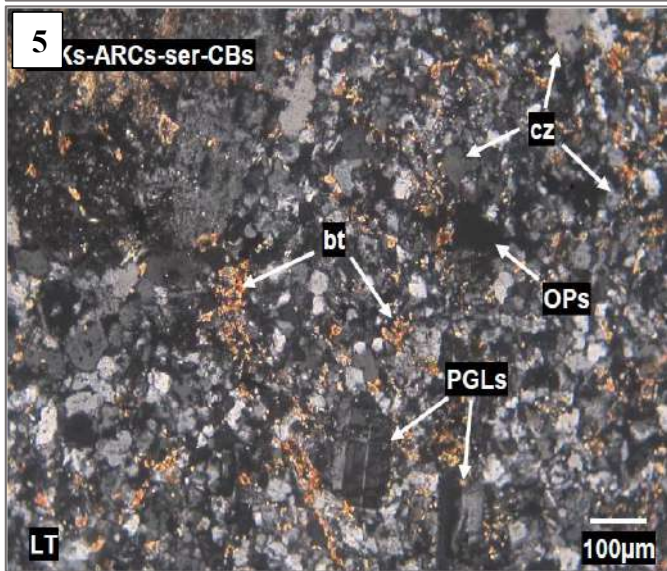
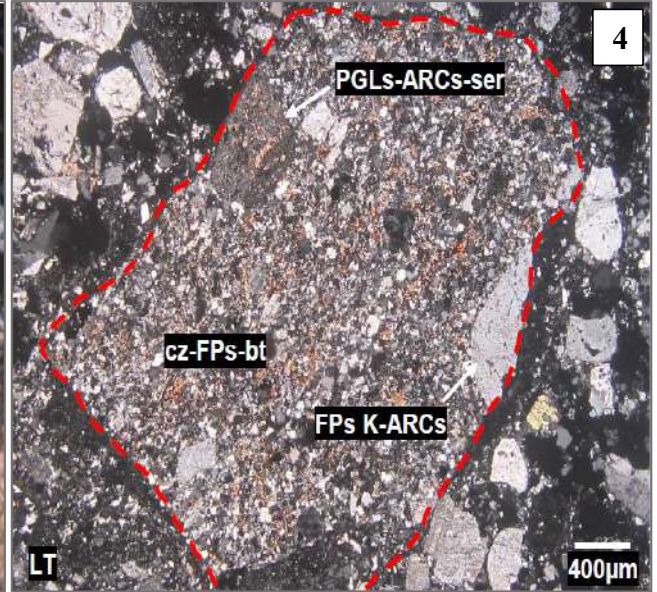
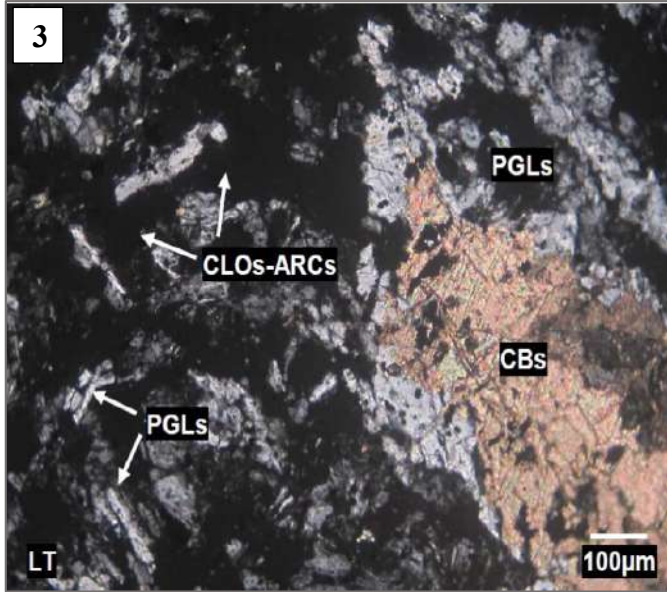
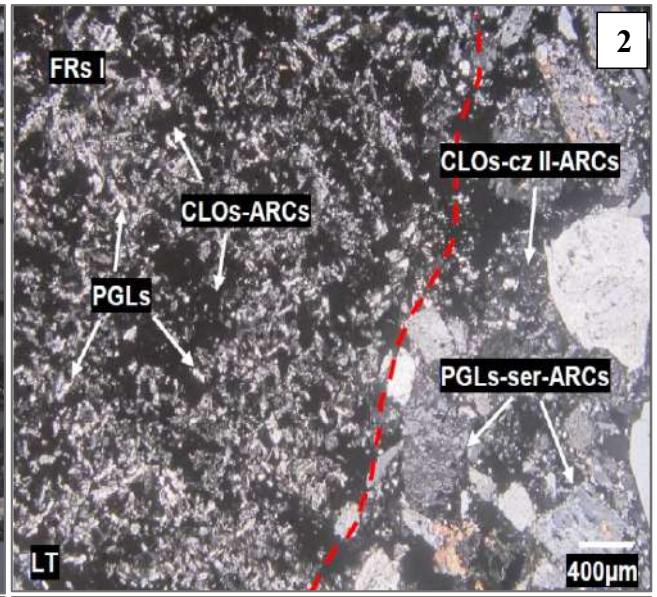
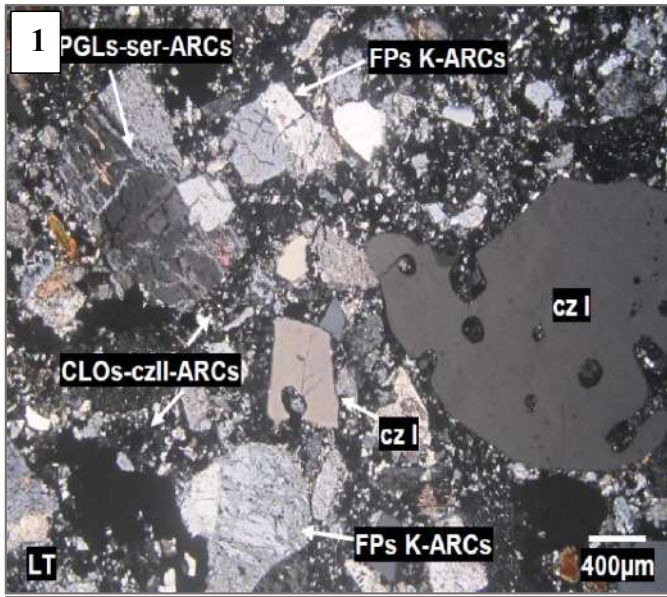
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>
<p>Roca volcánica con textura fragmental. Está constituida por fragmentos de plagioclasas, cuarzo I, feldespatos potásicos y biotita, fragmentos líticos de roca volcánica y fragmentos de roca hipabisal inmersos en una matriz vítrea alterada a cloritas, arcillas, cuarzo II y sericita. Los fragmentos de plagioclasas y feldespatos potásicos están alterados a arcillas, sericita y carbonatos. Los cristales de biotita están corroídos y tienen inclusiones de minerales opacos, apatito y zircón. Entre los fragmentos líticos volcánicos se distingue unos con textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas con intersticios rellenos de vidrio alterado a cloritas y arcillas. También se observan fragmentos con una matriz vítrea alterada a esferulitos de feldespatos o a sílice y arcillas. Se observan minerales opacos diseminados.</p>

<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA</b>			<b>%</b>	<b>Tamaño (mm)</b>
<b>C R I S T A L E S</b>	<b>Esenciales</b>	Plagioclasas: Fragmentos de cristales de formas angulosas, presentan maclas polisintéticas y zonación. Se encuentran alterados a sericita y arcillas, y están parcialmente remplazados por feldespatos potásicos; posteriormente han sido alterados por carbonatos. Ocurren inmersos en la matriz y tienen los bordes débilmente corroídos por esta.	15	≤ 2400
		Feldespatos Potásicos: Fragmentos de formas angulosas, presentan maclas simples y exsoluciones de albita (textura peritítica). Están alterados a arcillas y sericita, posteriormente se encuentran alterados a carbonatos.	9	≤ 2120
		Cuarzo I: Fragmentos de cristales con bordes redondeados y microfracturados. Presentan oquedades y bahías de reabsorción.	8	≤ 4680
		Biotita: Fragmentos de cristales de formas angulosas, tabulares. Se presentan flexionados. Están parcialmente corroídos por la matriz y tienen abundantes inclusiones de minerales opacos, apatito y escaso zircón.	2	≤ 2160

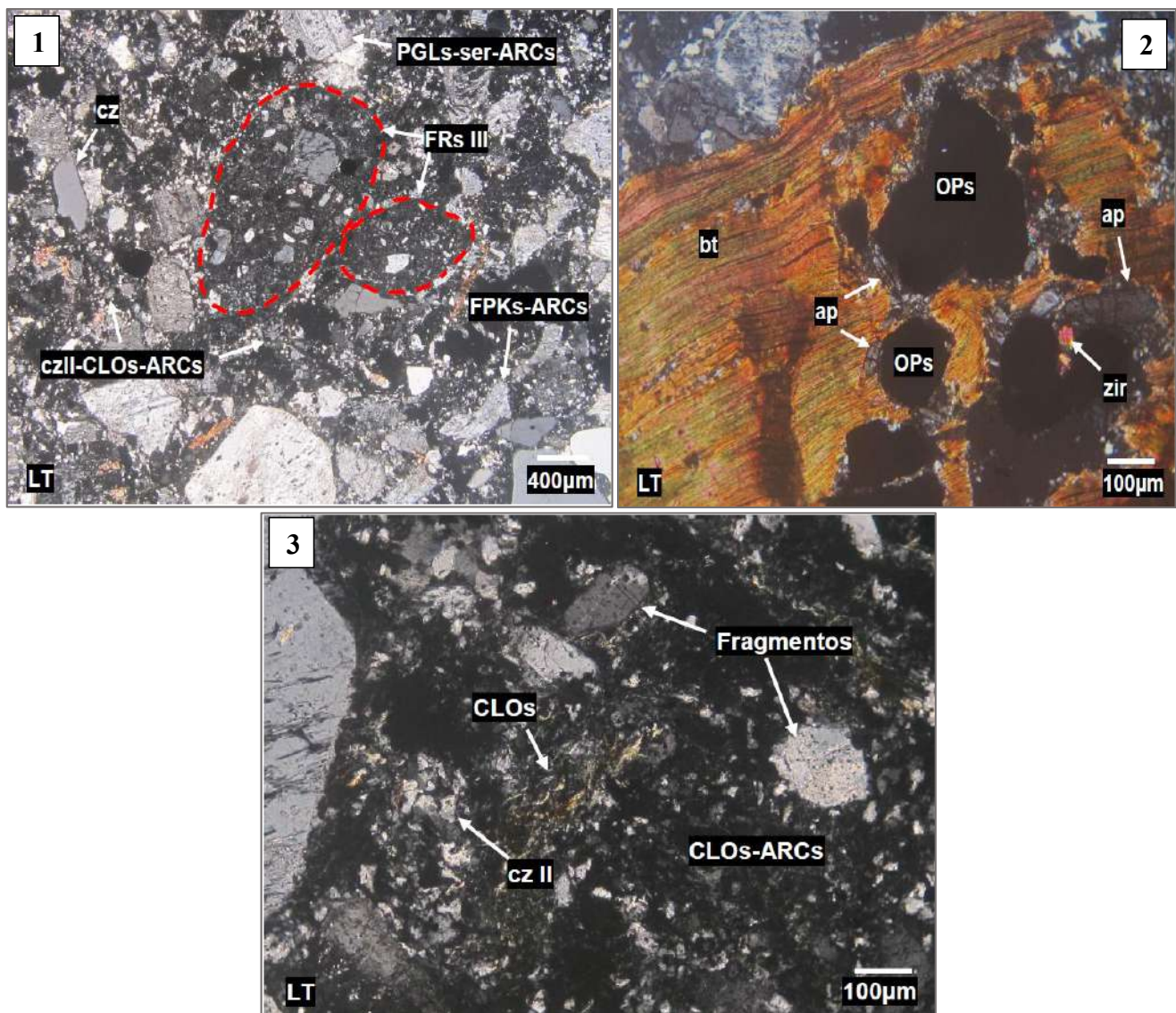
<b>Accesorios</b>	Minerales Opacos: Cristales anhedrales con formas irregulares que se hallan diseminados en la matriz e incluidos en cristales de biotita.	1	≤ 480
	Sericita: Agregados microescamosos, ocurren asociados a arcillas, alterando tanto a fragmentos de plagioclasas y feldespatos potásicos como a la matriz originalmente vítrea.	3	≤ 20
	Cloritas: Agregados fibrosos y microescamosos, ocurren junto a arcillas remplazando intensamente a la matriz originalmente vítrea.	15	≤ 30
	Cuarzo II: Ocurre como agregados microgranulares alterando a la matriz originalmente vítrea. Está remplazando a cloritas y arcillas.	12	≤ 100
<b>Secundarios</b>	Arcillas: Agregados criptocristalinos, se presentan alterando a la matriz, en asociación a sericita y cloritas, y alterando a fragmento de cristales de plagioclasas y feldespatos potásicos.	13	≤ 5
	Apatito: Cristales euhedrales de hábito prismático, ocurren como inclusiones en biotita; dispersos en matriz.	Traza	≤ 220
	Zircón: Cristales euhedrales de hábito prismático, ocurren como inclusiones en biotita.	Traza	≤ 60
	Carbonatos: Se encuentran como parches irregulares remplazando a minerales micáceos en los fragmentos de plagioclasas y feldespatos potásicos; también ocurren alterando incipientemente a la matriz alterada.	Traza	≤ 320
<b>MATRÍZ</b>	Fragmentos de Cristales en forma angulosa, corresponden a fragmentos de cuarzo I y feldespatos, estos presentan maclas y alteración a arcillas y sericita	12	≤ 220
<b>LÍTICOS</b>	Fragmentos Líticos: Líticos de composición Volcánica	10	-

Textura	Fragmental
---------	------------

<b>ALTERACIONES</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Ensamble de minerales</b>
Cloritización	Moderada	Cloritas
Oxidación	Débil	Oxidos de hierro



**Microfotografías 4.- 1.** Roca con textura fragmental conformada por fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I), plagioclasas alteradas a sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs) y feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPsK-ARCs), inmersos en una matriz originalmente vítrea alterada a cloritas, cuarzo II y arcillas (CLOs-czII-ARCs). **2.** Fragmento lítico (FRs I) de roca volcánica compuestos por agregados de plagioclasas (PGLs) con intersticios rellenos de vidrio alterado a cloritas y arcillas (CLOs-ARCs). También se observan fragmentos de cristales de plagioclasas alterados a sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs) inmersos en la matriz alterada a cloritas, cuarzo II y arcillas (CLOs-cz II-ARCs). **3.** Detalle de un fragmento lítico (FRs I), se observa un fenocristal de plagioclasas (PGLs) remplazado por carbonatos (CBs), inmerso en la matriz compuesta por cristales prismáticos de plagioclasas con espacios rellenos de vidrio alterado a cloritas y arcillas. **4.** Fragmento lítico (FRs II) de roca hipabisal con textura porfirítica constituido por fenocristales de plagioclasas alterados a arcillas y sericita (PGLs-ARCs-ser) y feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPs K-ARCs) inmersos en una matriz granulr compuesta por cuarzo, feldespatos y biotita secundaria (cz-FPs-bt). **5.** Detalle de un fragmento lítico (FRs II) hipabisal, se observa un fenocristal de feldespatos potásicos alterado a arcillas, sericita y carbonatos (FPKs-ARCs-ser-CBs) inmerso en la matriz conformada por cuarzo (cz), plagioclasas (PGLs) y biotita secundaria (bt). También presenta minerales opacos (OPs) diseminados. **6.** Fragmento de roca volcánica (FRs III) conformado por un cristal de biotita inmersos en una matriz vítrea alterada a esferulitos de feldespatos. También se observan fragmentos de cristales de cuarzo (cz), feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPKs-ARCs) y fragmentos de plagioclasas alterado a sericita y carbonatos (PGLs-ser-CBs), inmersos en la matriz de cuarzo II, cloritas y arcillas (czII-CLOs-ARCs).



**Fotomicrografía 5.-** 1. Fragmentos líticos de roca volcánica (FRs III) conformados por cristales de plagioclasas inmersos en una matriz originalmente vítrea, alterada a sílice y arcillas. También se observan fragmentos de cristales de cuarzo (cz), feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPKs-ARCs) y fragmentos de plagioclasas alterado a sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), inmersos en la matriz (czII-CLOs-ARCs). 2. Cristal de biotita (bt) flexionado, con inclusiones de minerales opacos (OPs), apatito (ap) y zircón (zir). Nótese que el cristal se encuentra parcialmente corroído por la matriz. 3. Detalle de la matriz originalmente vítrea alterada a agregados de cloritas (CLOs), cuarzo II (cz II) y mezcla de cloritas y arcillas (CLOs-ARCs). La matriz esta también compuesta por fragmentos de cristales.

**Tabla 23.** Descripción Petrográfica de la muestra E – 2.

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	<b>E - 2</b>
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	<b>TOBA CRISTALOLÍTICO ANDESÍTICO</b>

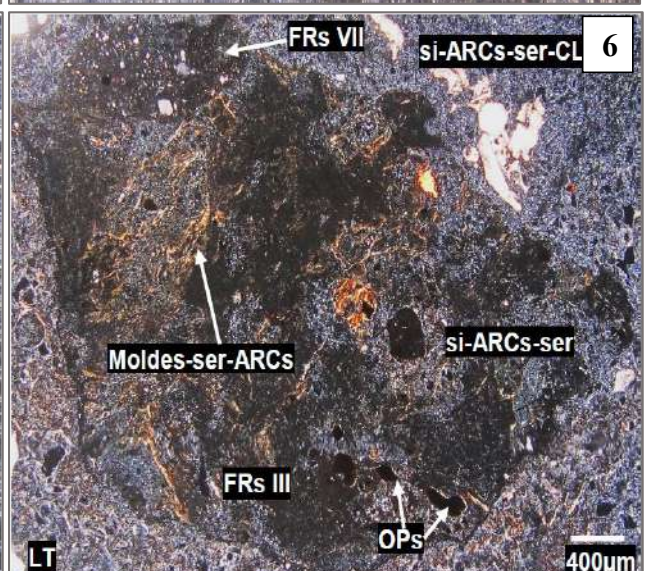
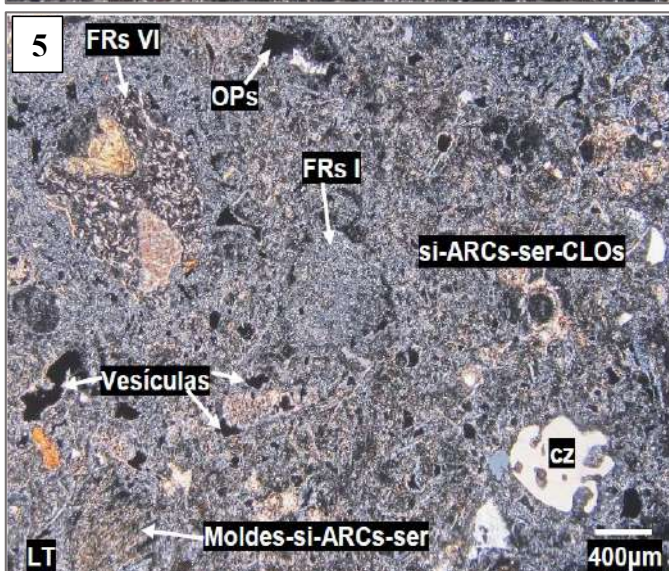
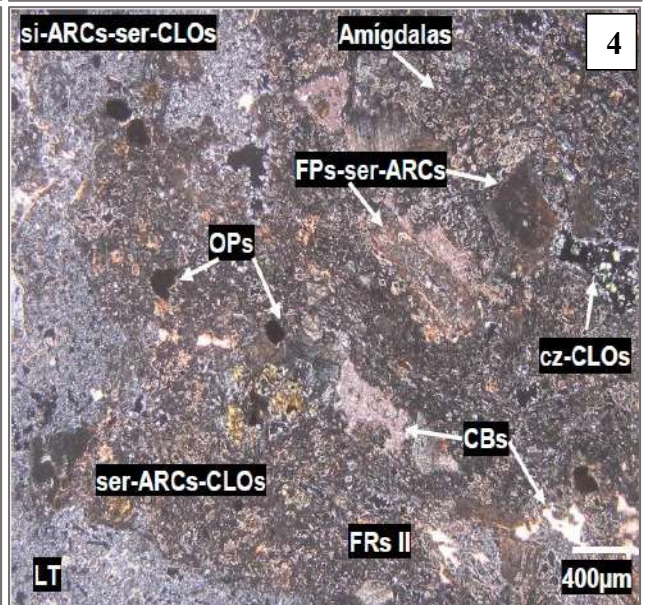
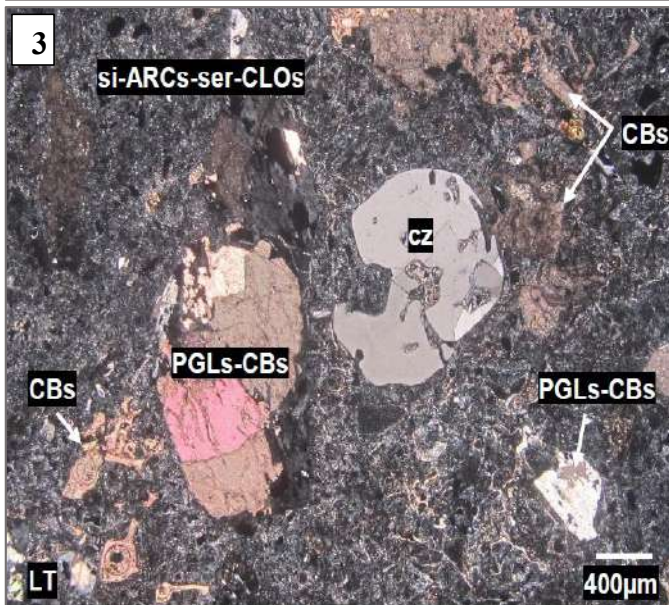
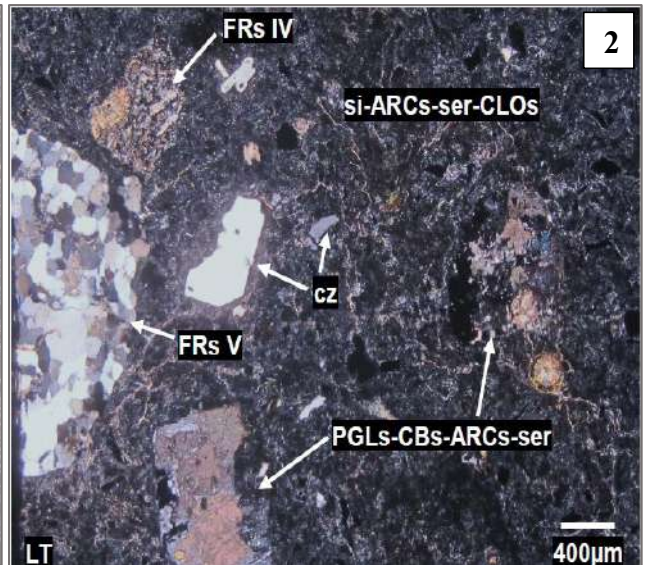
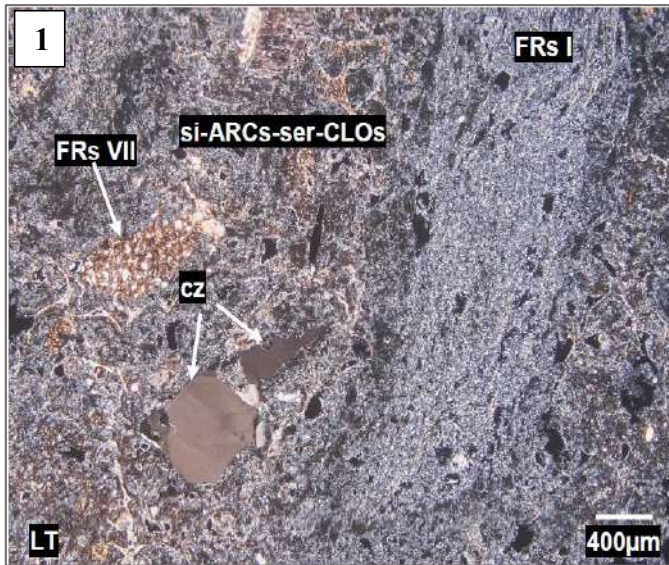
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>
<p>La muestra es una roca volcánica con textura fragmental. Se observan principalmente fragmentos de roca volcánica (alterada por sílice, arcillas, sericita y cloritas), escasos fragmentos de roca sedimentaria (arenisca cuarzosa y limolitas), además fragmentos y fenocristales de plagioclasas (alteradas por carbonatos, arcillas y sericita), fenocristales de cuarzo, biotita (alterada por cloritas), con diseminación de minerales opacos. Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas, además presenta abundantes estructuras de vidrio volcánico relícticos, tales como shards, fiammes y perlitas intensamente devitrificados a sericita y arcillas, algunos a cloritas; por sectores se encuentra reemplazada por agregados de carbonatos.</p>

<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA</b>			%	Tamaño (mm)
<b>C R I S T A L E S</b>	<b>Esenciales</b>	Plagioclasas: Fragmentos de cristales con hábitos prismáticos y formas subangulosas; microfracturados y con bordes reabsorbidos por la matriz de sílice, arcillas, sericita y cloritas.	10	≤ 2800
		Cuarzo: Fragmentos de fenocristales con formas subangulosas y algunos subredondeados, con sus bordes de aspecto engolfado por encontrarse reabsorbidos por la matriz de sílice, arcillas, sericita y cloritas.	8	≤ 2000
	<b>Accesorios</b>	Minerales Opacos: Cristales anhedrales con formas irregulares. Se encuentran diseminados tanto en la matriz de sílice, arcillas, cloritas y sericita, así como en algunos fragmentos de roca.	2	≤ 100
		Sericita: Agregados microescamosos que junto con sílice, arcillas y cloritas han alterado completamente la matriz de la muestra, producto de desvitrificación. Además, se hallan junto a arcilla que han alterado estructuras de vidrio volcánico como shards, fiammes y perlitas.	8	≤ 30
		Biotita: Fragmentos de cristales con formas tabulares y subangulosas que han sido alterados por cloritas. Ocurren puntualmente en algunas zonas junto con plagioclasas.	1	≤ 800
		Cloritas: Agregados microfibrosos que, junto con agregados de sílice, arcillas y sericita han alterado por completo la matriz de la muestra y en ocasiones a estructuras de vidrio volcánico como shards, fiammes y	5	≤ 40

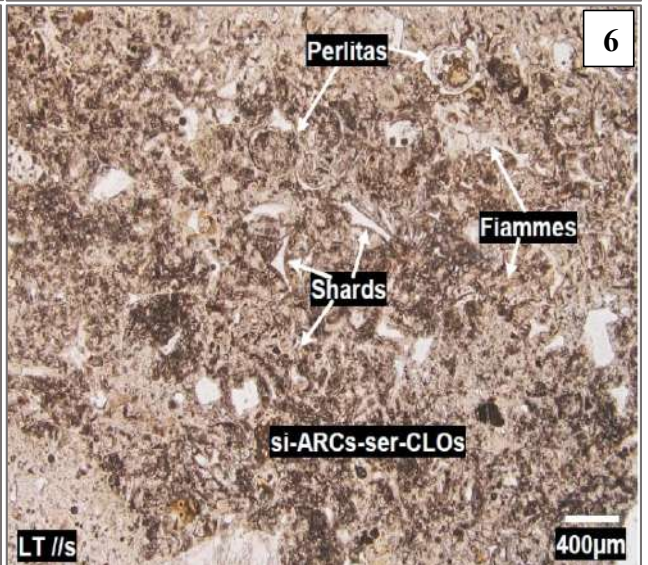
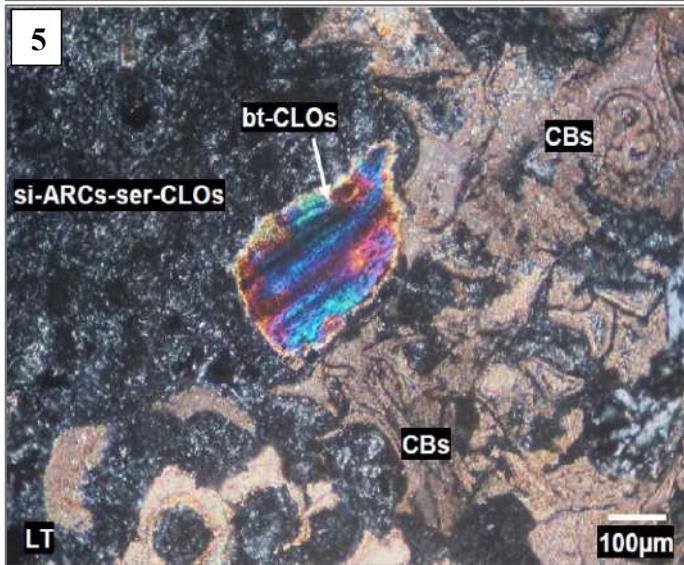
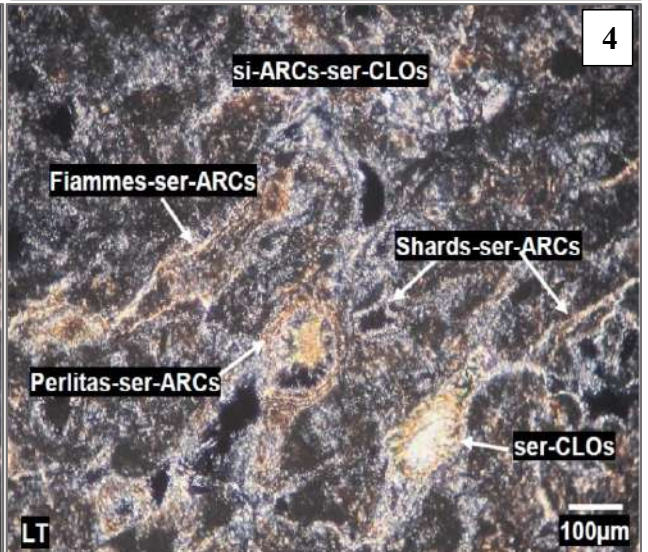
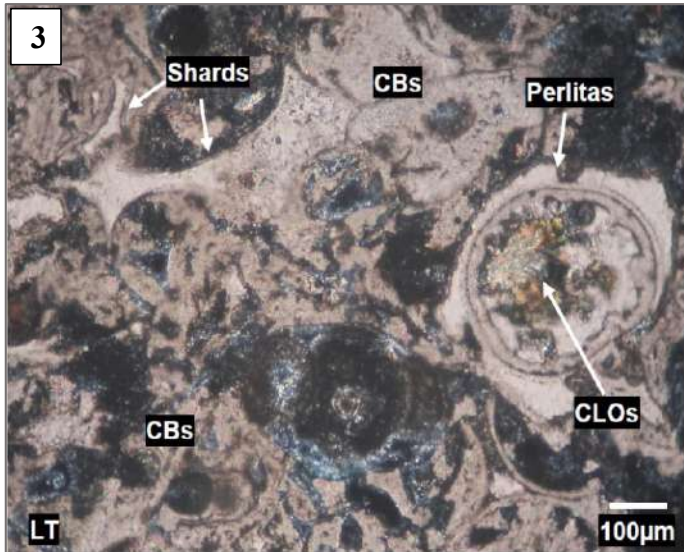
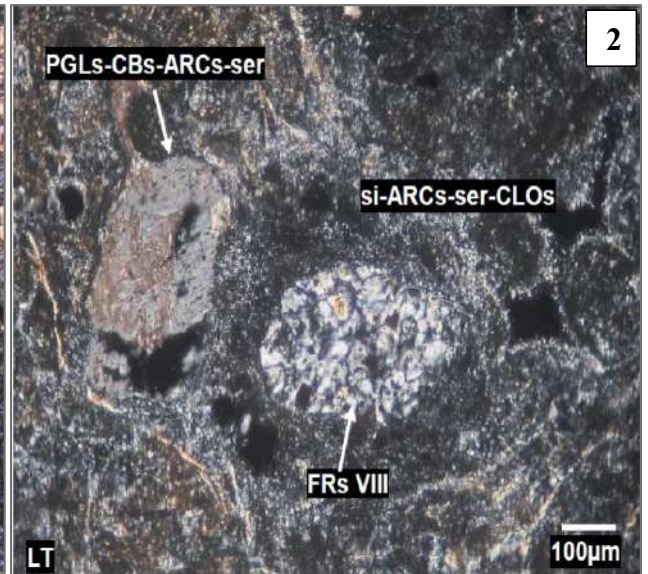
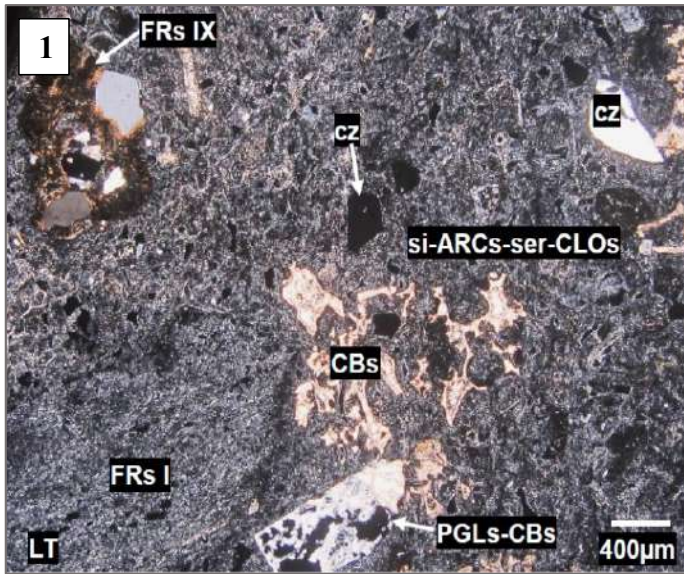
		perlitas. También se hallan como producto de alteración de fragmentos de cristales de biotita y de algunos fragmentos de roca.		
		Carbonatos: Agregado de cristales con formas irregulares, ocurren como reemplazamiento de algunos sectores de la matriz alterando por completo algunos agregados de shards, fiammes y perlitas; además como alteración de fragmentos de cristales de plagioclasas junto con arcillas y sericita, en ocasiones dejando moldes de plagioclasas. Además, reemplazan algunos fragmentos de roca.	10	≤ 1000
	<b>Secundarios</b>	Arcillas: Agregados terrosos que, junto con sílice, sericita y cloritas han alterado completamente la matriz de la muestra, producto de desvitrificación. Además, se hallan junto a sericita que han alterado estructuras de vidrio volcánico como shards, fiammes y perlitas.	13	≤ 4
		Sílice: Agregados Criptocristalinos han alterado la matriz producto de la desvitrificación.	17	≤ 4
	<b>MATRIZ</b>	La matriz está conformada por esquirlas relícticas de vidrio volcánico tales como shards, fiammes y perlitas que aún preservan sus formas aplanadas y circulares, los cuales se encuentran completamente desvitrificados a sericita y arcillas, en ocasiones a cloritas, estos, en general fueron englobados por agregados amorfos de vidrio volcánico completamente desvitrificados por agregados criptocristalinos a microcristalinos de sílice, arcillas, sericita y cloritas	-	-
	<b>LÍTICOS</b>	Fragmentos de roca volcánica y sedimentaria	26	-

Textura	Fragmental
---------	------------

<b>ALTERACIONES</b>		
<b>TIPO</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>ENSAMBLE</b>
Cloritización	Moderada	Cloritas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro
Carbonatación	Débil	Carbonatos
Argilización	Débil	Arcillas
Seritización	Muy débil	Sericita



**Fotomicrografías 6.-** **1.** Fragmento de roca volcánica (FRs I), completamente alterada por sílice, sericita, arcillas y cloritas, ligeramente orientados; fragmento de limolitas (FRs VII); fragmentos de cuarzo (cz). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs). **2.** Fragmento de una arenisca cuarzosa (FRs V) de textura grano soportado, conformado por granos de cuarzo y escasa matriz de sericita y arcillas; fragmento de cristales de cuarzo (cz); plagioclasas completamente alteradas por carbonatos (PGLs-CBs). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs). **3.** Fragmento de un cristal de cuarzo (cz) con bordes reabsorbidos; plagioclasas completamente alteradas por carbonatos (PGLs-CBs). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs), además presenta reemplazamiento de carbonatos (CBs). **4.** Fragmento de roca volcánica alterada (FRs II) conformada por feldespatos alterados por sericita y arcillas (FPs-ser-ARCs), con disseminación de minerales opacos (OPs). En una matriz alterada por sericita, arcillas y cloritas (ser-ARCs-CLOs); además presenta abundantes amígdalas rellenas por sericita, arcillas y cloritas; con algunas vesículas irregulares parcialmente rellenas por carbonatos (CBs), cuarzo y cloritas (cz-CLOs). Inmerso en matriz desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs) **5.** Fragmento de andesita (FRs VI) de textura porfirítica con matriz fluidal; fragmentos de roca I (FRs I); moldes de fragmentos de cristales alterados por sílice, arcillas y sericita (Moldes-si-ARCs-ser); fragmentos de cuarzo con bordes reabsorbidos (cz); con disseminación de minerales opacos. Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs), con escasas vesículas. **6.** Detalle de un fragmento de roca volcánica de textura vitrofídica (FRs III), conformada por moldes de feldespatos alterados por sericita y arcillas (Moldes-ser-ARCs), con disseminación de minerales opacos (OPs), en matriz completamente desvitrificada por sílice, arcillas y sericita (si-ARCs-ser); se encuentran en contacto con un fragmento de limolitas (FRs VII). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs).



**Fotomicrografía 7.-** **1.** Fragmento de roca de posible dacita (FRs IX) alterada por arcillas y sericita; fragmento de roca volcánica alterada por sílice, arcillas y sericita (FRs I); fragmento de un cristal de plagioclasa alterada principalmente por carbonatos (PGLs-CBs); fragmentos de cristales de cuarzo (cz). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs), con reemplazamiento de carbonatos (CBs). **2.** Fragmento de un cristal de plagioclasa alterada por carbonatos, arcillas y sericita (PGLs-CBs-ARCs-ser); fragmento de roca silicificada por cuarzo (FRs VIII). Inmersos en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs). **3.** Detalle de estructuras vítreas, como shards y perlitas completamente reemplazadas por carbonatos (CBs), algunos por cloritas (CLOs). **4.** Detalle de la matriz, conformada por esquirlas de vidrio volcánico tales como shards, fiammes y perlitas desvitrificadas a sericita y arcillas, algunos a cloritas. Estos fragmentos de vidrio se encuentran englobados por material desvitrificado a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs). **5.** Detalle de un cristal de biotita alterada por cloritas (bt-CLOs); en una matriz completamente desvitrificada a sílice, arcillas, sericita y cloritas (si-ARCs-ser-CLOs), además se observa esquirlas de vidrio volcánico completamente reemplazados por carbonatos (CBs). **6.** Detalle de la matriz, conformada por esquirlas de vidrio volcánico tales como shards, fiammes y perlitas, se encuentran completamente desvitrificados a sericita y arcillas, algunos reemplazados por carbonatos. Estos fragmentos de vidrio se encuentran englobados por agregados de sílice, arcillas, sericita y cloritas como producto de desvitrificación de la matriz (si-ARCs-ser-CLOs).

## 4.1.2 Evolución Eruptiva

### Evento 1

El primer evento presenta depósitos de flujos de lava andesítica formado después de que el material es eyectado efusivamente desde el centro volcánico, con tonalidades de color gris oscuro, gris verdoso, con cristales de plagioclasas, biotitas y Horblenda, presenta textura porfirítica; las fracturas se encuentran rellenas de óxidos, producto de la oxidación de los minerales máficos.



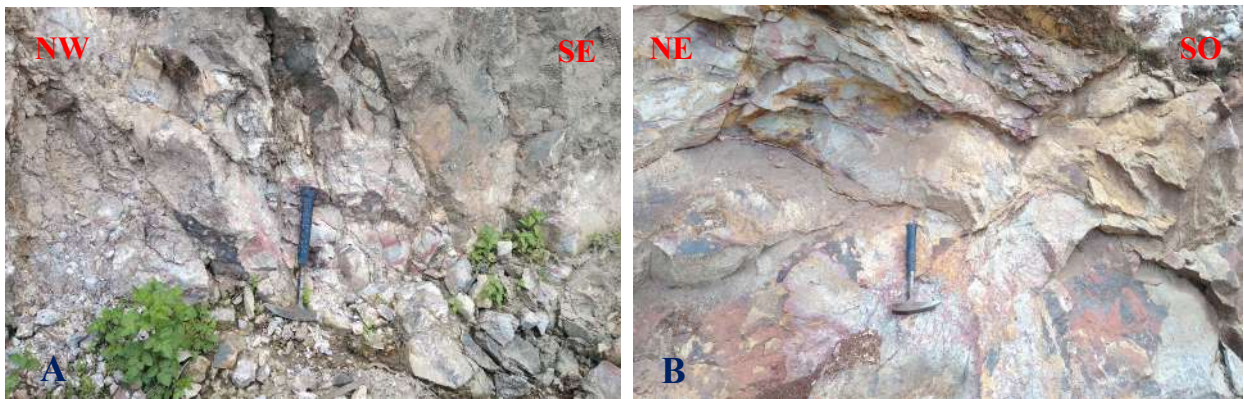
**Foto 06.** A. Ubicación N: 9222946, E: 750153, Cota: 3034. Afloramiento del Primer evento, macizo rocoso de composición andesítica, de coloración amarillento. B. Ubicación N: 9213104, E: 739823, Cota: 2835; Afloramiento rocoso de color gris oscuro, moderadamente fracturado, de composición andesítica. C. Ubicación N: 9213770, E: 740009, Cota: 2973, Afloramiento de color gris oscuro de composición andesítica, moderadamente fracturada.

## Evento 2

El segundo evento presenta depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza de composición riolítica, formado después de que el material es eyectado violentamente del centro volcánico, con tonalidades de color blanquecino y gris blanquecino con cristales de cuarzo (rotos), con textura porfirítica, las fracturas presentan oxidación, las zonas oxidadas presentan coloración amarillenta.



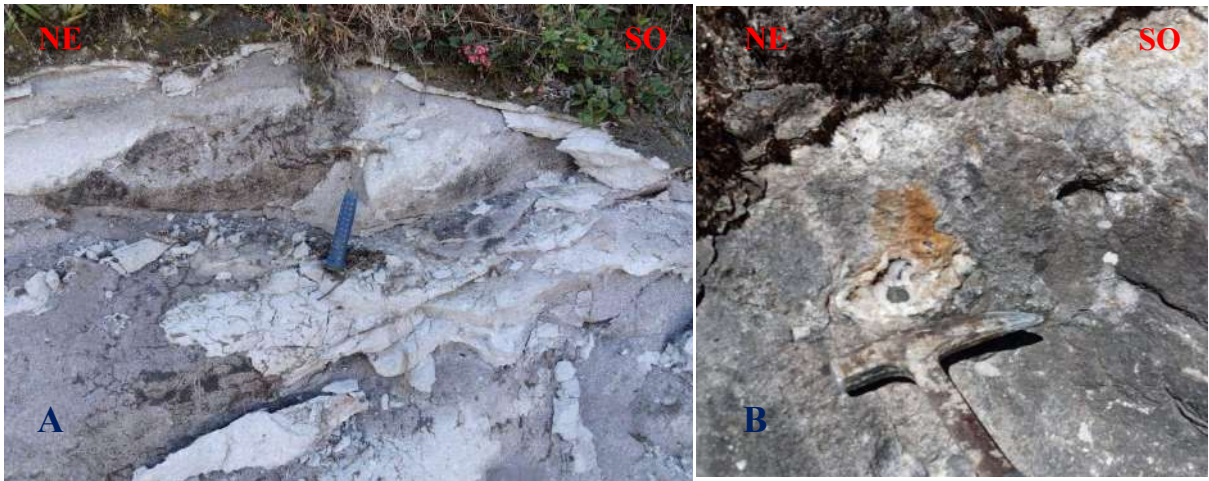
**Foto 07.** A. ubicación N: 9212374, E: 741381, Cota: 2784. Afloramiento del segundo evento, macizo rocoso de composición riolítica, de coloración blanquecina, moderadamente fracturada. B. Ubicación N: 9212461, E: 711407, Cota: 2810; Afloramiento rocoso de color blanquecino, moderadamente fracturado, de composición riolítica.



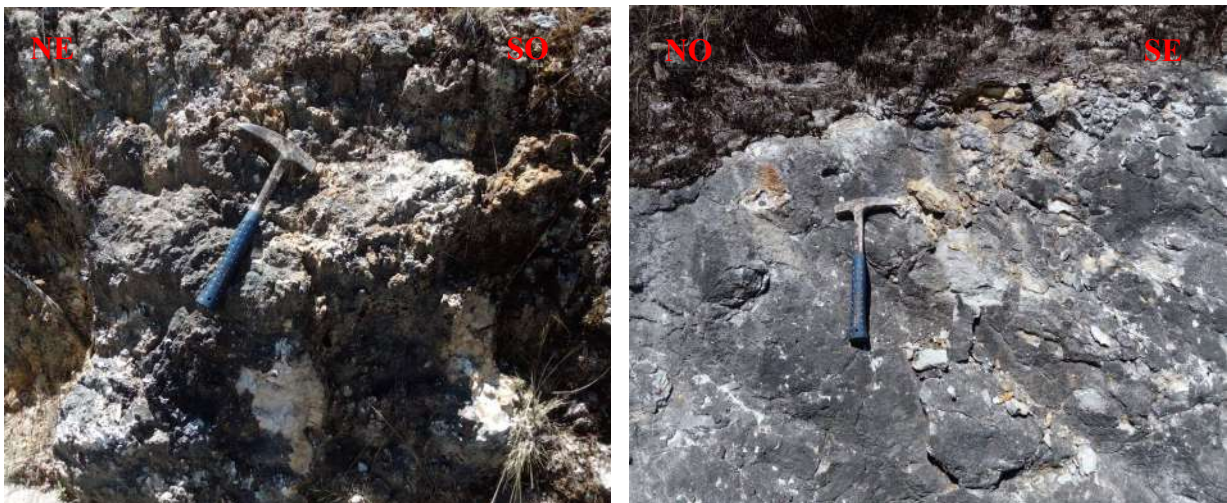
**Foto 08.** A. Ubicación N: 9213479, E: 741059, Cota: 2895. Afloramiento del segundo evento, macizo rocoso de composición riolítica, de coloración blanquecina, moderadamente fracturada. B. Ubicación N: 9212945, E: 740932, Cota: 3246; Afloramiento rocoso de color blanquecino, moderadamente fracturado, de composición riolítica, moderadamente fracturada y con venillas oxidadas.

### Evento 3

El tercer evento presenta de depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, de composición andesítica, con tonalidades de coloración gris blanquecino, con presencia de fenocristales de Plagioclasas, se presentan también bombas con diámetros de hasta 1.50 m, las bombas son de composición andesítica.



**Foto 09.** Ubicación N: 9219927, E: 744029, Cota: 2855.A. Afloramiento Rocoso del tercer evento, macizo rocoso de composición andesítica, de coloración blanquecina a gris blanquecina, moderadamente fracturada y con alteración moderada de plagioclasas a arcillas. B. Afloramiento rocoso de color blanquecino con patinas y venillas de oxidación, de composición andesítica.



**Foto 10.** Ubicación N: 9219596, E: 745604, Cota: 2824. Afloramiento rocoso de coloración gris en la superficie y blanquecino como roca fresca, de composición andesítica y patinas de oxidación.

#### Evento 4

El cuarto evento está formado litológicamente por tobas cristalolíticas de composición riolítica de coloración gris verdosa, gris azulina y gris blanquecina, con presencia de ojos de cuarzo, biotita y Horblenda, los minerales máficos presentan oxidación; genéticamente consiste en depósitos de flujos piroclásticos de ceniza, intercalada con flujos de lava.



**Foto 11.** Ubicación N: 9221253, E: 750912, Cota: 3162. Vista panorámica del afloramiento del Cuarto evento, compuesto por flujos piroclásticos de color gris oscuro en superficie producto de la oxidación.



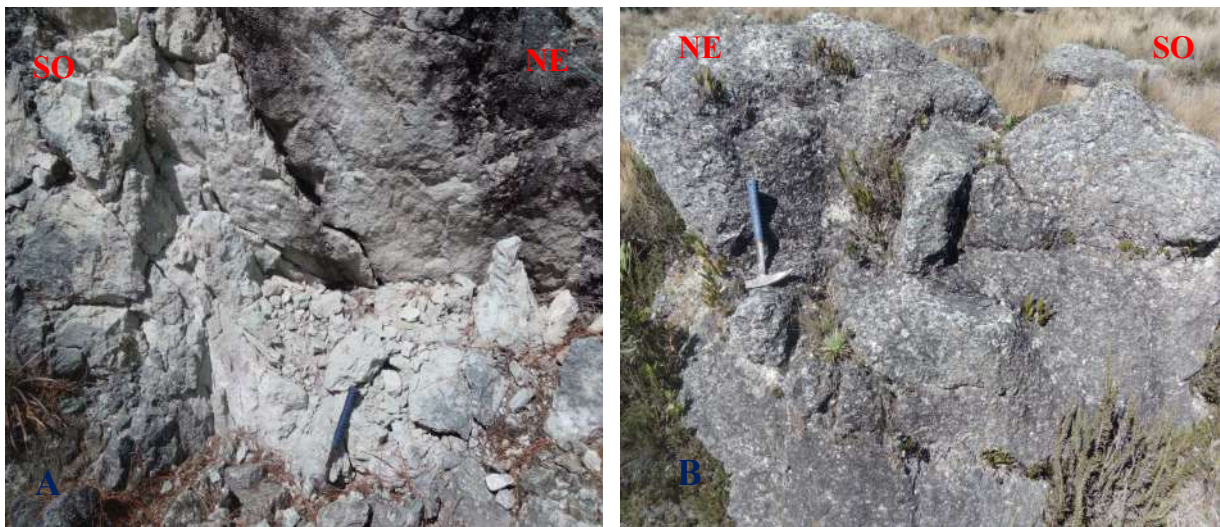
**Foto 12.** A. Ubicación N: 9222526, E: 751699, Cota: 2978. Macizo rocoso de Coloración gris verdoso, fracturado. B. Ubicación N: 9222211, E: 752418, Cota: 2865. Macizo rocoso de composición andesítica, toba cristalolítica de composición riolítica de coloración gris, producto de la meteorización.

## Evento 5

El quinto evento está formado litológicamente por tobas cristalolíticas de composición intermedia, composición andesítica, de coloración gris verdosa, con presencia de plagioclasas y líticos Polimícticos de composición Volcánica y Sedimentaria, por efecto de la meteorización las plagioclasas se están alterando a arcillas; Genéticamente consiste en depósitos piroclásticos de bloques y cenizas, se caracteriza, además, por la presencia de bombas de hasta 1.40 m de diámetro.



**Foto 13.** Ubicación N: 9220190, E: 752781, Cota: 3452. Vista panorámica del afloramiento del quinto evento, compuesto por flujos piroclásticos de color gris oscuro en superficie, presencia de disyunción Columnar.



**Foto 14.** Ubicación N: 9220371, E: 752626, Cota: 3445. Depósito de piroclástico de cenizas y bloques. (A) depósitos piroclásticos de coloración gris blanquecina a gris verdosa en superficie inalterada. (B) depósitos piroclásticos de coloración gris oscura en superficie producto de la meteorización.



**Foto 15.** Ubicación N: 9220618, E: 752669, Cota: 3450: Bomba volcánica de 1.40m de diámetro de composición andesítica.

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

La investigación realizada de la Caracterización Petrológica del centro volcánico Huayquishongo, que aflora en la provincia de san Pablo, en los Distritos de San Pablo Y Tumbadén, se caracteriza por un Primer evento de flujos lávicos y los cuatro restantes por flujos Piroclásticos de composición Andesítica, se presenta también tobas vítreas, tobas cristalinas y tobas Cristalolíticos, además de bombas de composición Andesítica de hasta 1.50m de diámetro producto de eventos eruptivos; Mediante la observación y análisis de la etapa de campo, descripción de muestras de mano de sus propiedades físicas, análisis macroscópicos y microscópicos, secciones delgadas, y análisis de eventos volcánicos nos permite concluir que la hipótesis inicialmente planteada es corroborada.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Se determinó 07 muestras de toba Litocristalina Andesítica, 06 muestras de toba Litocristalina Riolítica, 24 muestras de roca lávica Andesítica, 27 muestras de toba de cristales Riolítica y 16 muestras de toba de Cristales Andesítica.

Se realizó la clasificación Microscópica de 5 muestras de clasificación petrográfica, las que corroboraron la clasificación Petrológica.

Se realizó la descripción de características físicas y mineralógica utilizando tabla 15, Determinando la categoría Textural Mayor, el color, la granularidad, los hábitos y Formas, el grado de cristalización, relación mutua de cristales, composición Mineralógica y otros componentes de 80 muestras de la zona de estudio.

El primer evento presenta depósitos lávicos de composición andesítica, el segundo evento presenta depósitos piroclásticos de composición riolítica, El tercer evento presenta depósitos piroclásticos de bloques y cenizas de composición andesítica, el cuarto evento presenta depósitos piroclásticos de composición riolítica con líticos volcánicos y el quinto evento presenta depósitos piroclásticos de composición andesítica con líticos volcánicos y sedimentarios.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda a los estudiantes de la universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Ingeniería Geológica, realizar el estudio mineralógico económico, porque en la fase 3 de proceso eruptivo se observó presencia de Sulfuros, lo que indicaría presencia de mineralización.

Se recomienda a los estudiantes de la universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Realizar el estudio geotécnico de la estabilidad de taludes de la carretera Cajamarca San Pablo porque dicha estructura, Corta el centro Volcánico en taludes de alta pendiente, lo que originaría deslizamientos y posibles accidentes futuros.

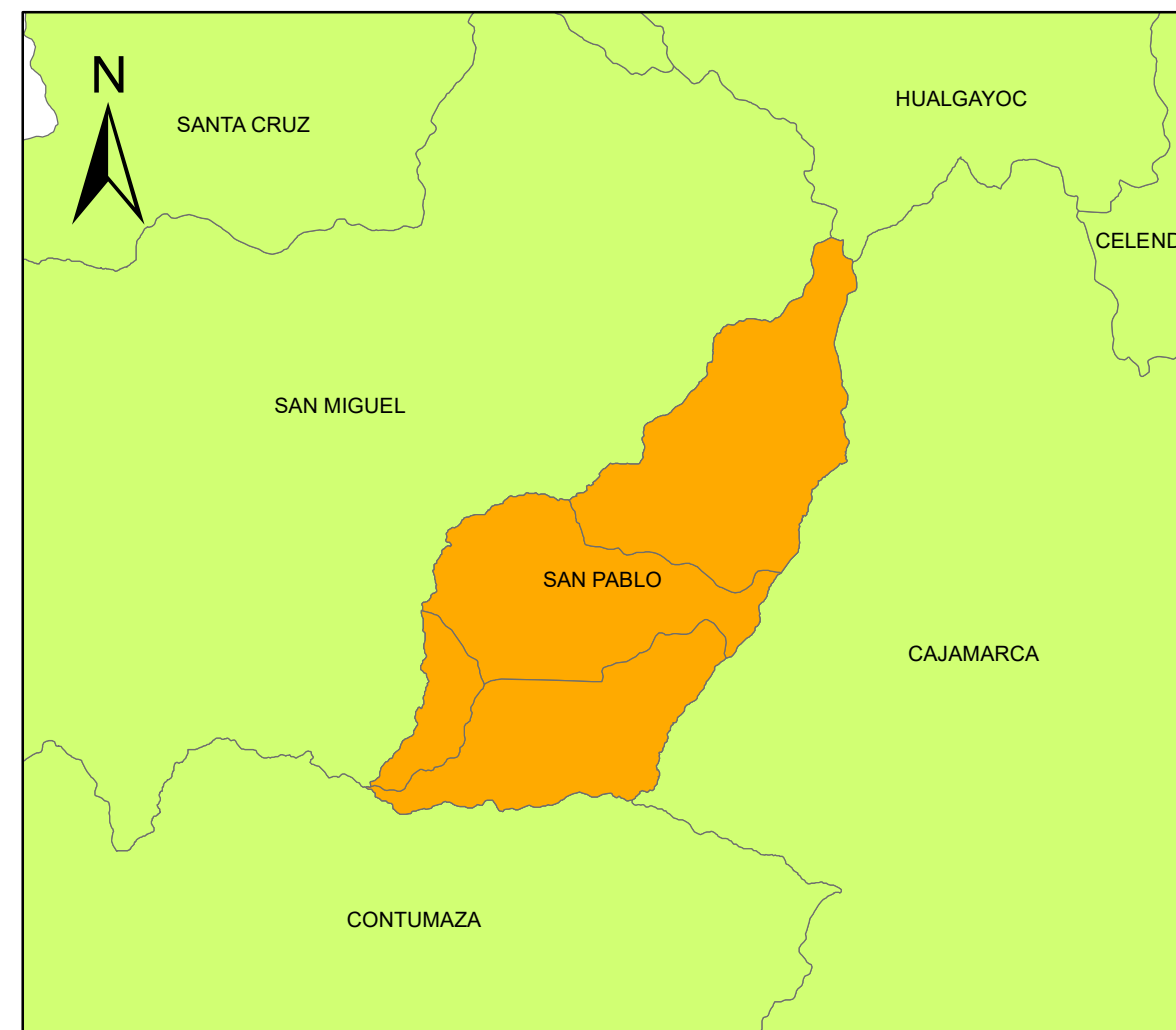
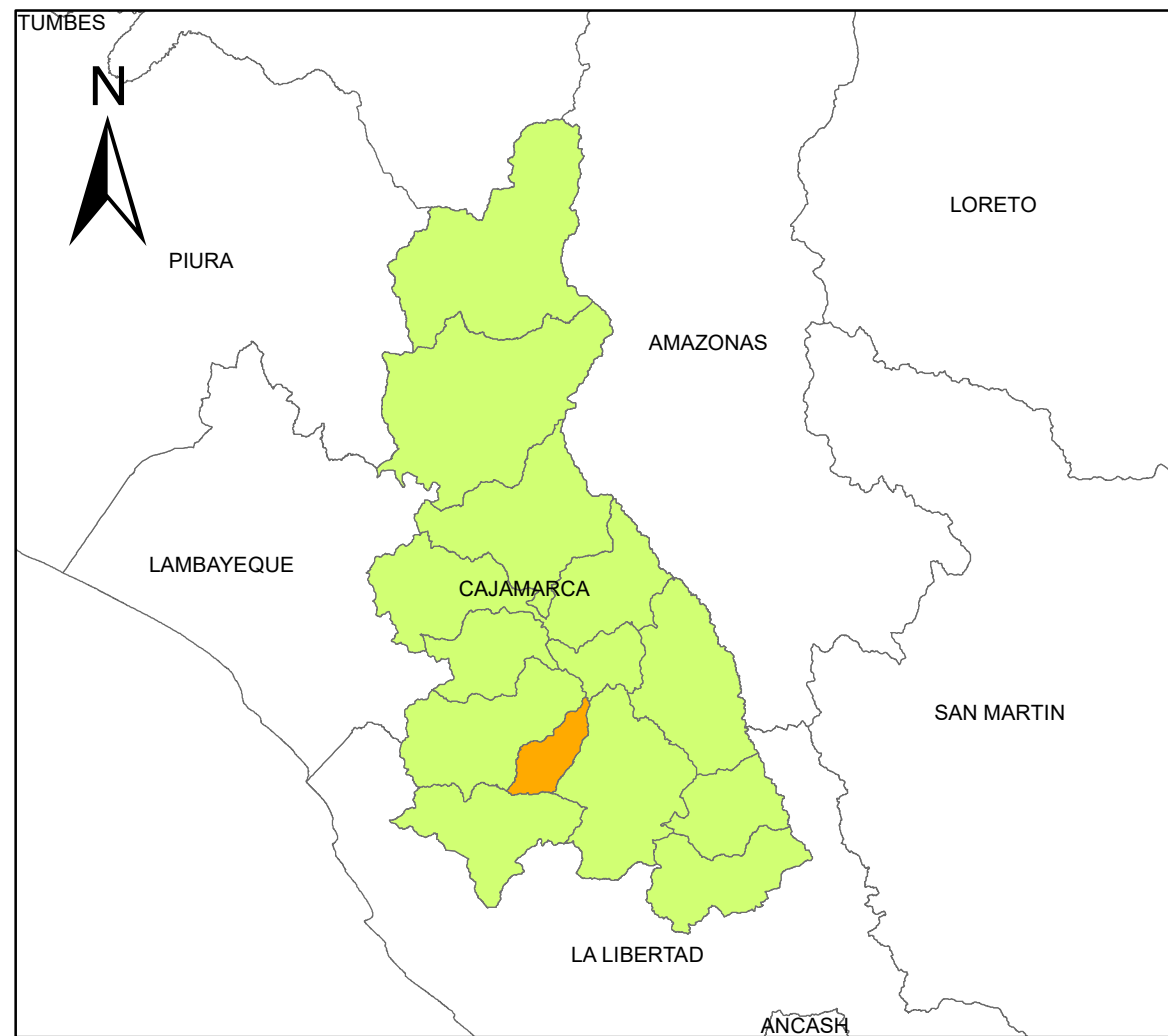
Se recomienda a los estudiantes de la universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Realizar el estudio Hidrogeológico en la zona de estudio, porque en el recorrido del área se determinó abundantes ojos de agua, originado mayor beneficio a la población. Evidenciándose rocas Permeables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancochea S. 2013. Petrología y geocronología Rb-Sr de plutones del Sector Central de la Sierra de Guadarrama (Macizos de Alpedrete y de La Atalaya Real – España.
- Atlas de Rocas, Departamento de Petrología y Química. Disponible en: <https://petroigne.wordpress.com/>
- Bazán, E. 2011. Características geológicas y geoquímicas del prospecto Huayquishong, Provincia de San Pablo Departamento de Cajamarca. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Facultad de Ingeniería – Universidad nacional de Cajamarca.
- Caballero, C. 2017. Rocas Volcanoclásticas.
- Cabanillas, L. 2017. Estudio Petro - Mineralogico, para determinar estudio de ocurrencia de Mineralización en la zona de Supac. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca.
- Castro, D. 1989. Petrografía Básica. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/189145262/Castro-Dorado-1989-Petrografia-Basica> Textura Clasificación-y-Nomenclatura-de-Rocas
- Cataño, S. 1997. Mecánica de los diagramas ternarios: Aplicación en el diagrama de Aplicación de las rocas ígneas de Streckeisen. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21381/93337>
- Cisterna, C. 2010. Efusiones subácneas del arco volcánico ordovícico en el norte del Sistema de Famatina
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico.
- Echevarría, L. 2002. Mapeo en Terrenos Volcánicos. Disponible en <https://es.slideshare.net/laurarojasperea/mapeo-en-terrenos-volcanicos>
- Fisher, R.V. 1961: Clasificación propuesta de sedimentos y rocas volcánicas. Geol. Soc. Amer. Bull. 72: 1409-1414.

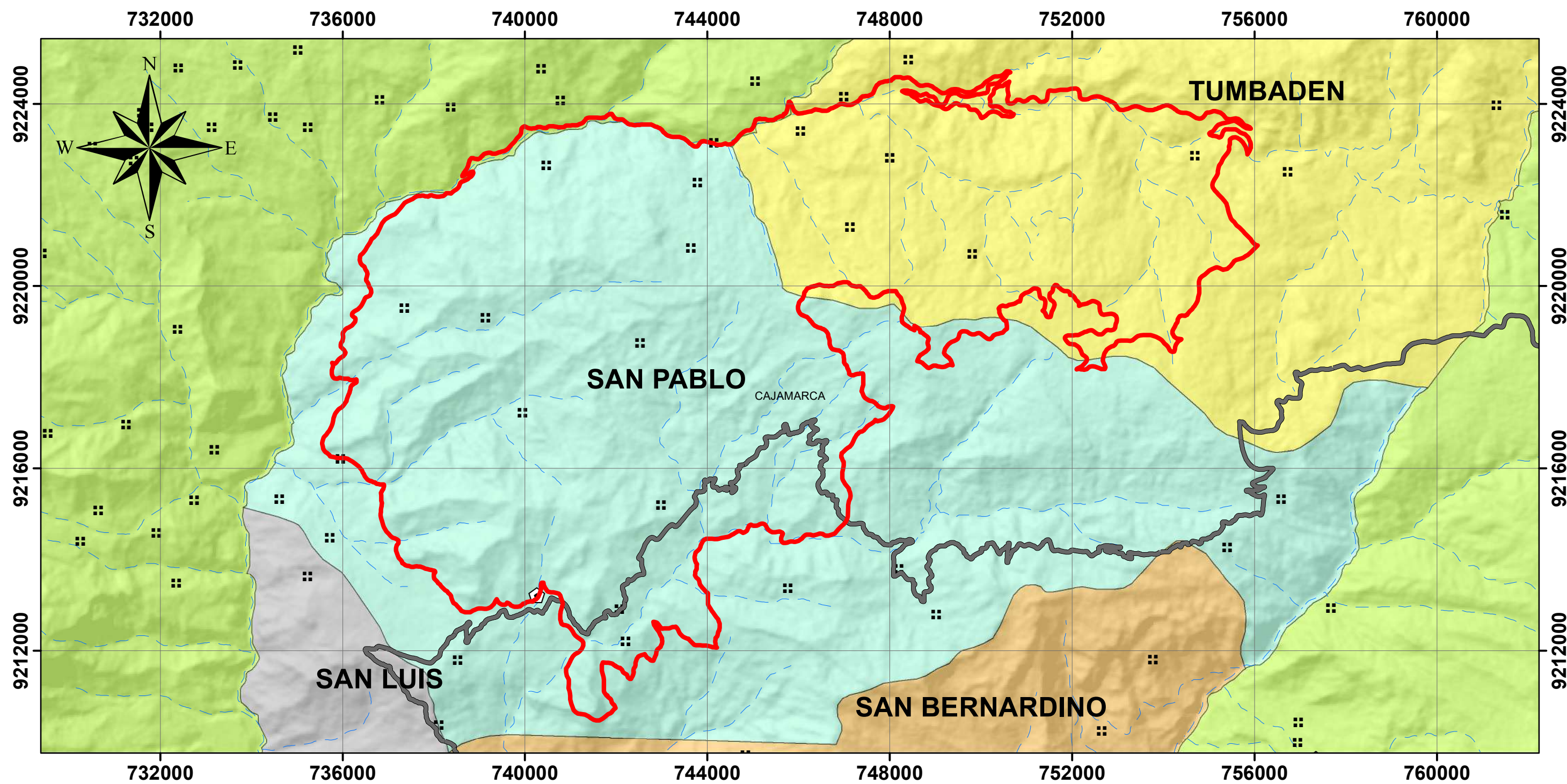
- Franco M y Gonzalo P (2000). Taller de petrología enseñanza de la petrología con elMicroscopio petrográfico. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/viewFile/88652/132726>
- Griem, 2015. Denominación – Streckeisen (QAFP). Disponible en: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/PDF-04-05-Streckeisen.pdf>
- Heinrich, E. “Petrografía Microscópica”. 1972. Ediciones Omega S.A. Versión Castellana:  
Traducción Pablo Martínez. Barcelona – España.
- Murcia, H. et. al. 2013. Depósitos volcanoclásticos: Términos y conceptos para una Clasificación en español. Navarro, P. 2013. Nuevas dataciones en el segmento sur de Cajamarca. Disponible en [http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/746/1/NavarroNuevas\\_dataciones\\_segmento\\_sur\\_de\\_Cajamarca.pdf](http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/746/1/NavarroNuevas_dataciones_segmento_sur_de_Cajamarca.pdf)
- Navarro, P. 2009. Centros Volcánicos Oligo-Miocénicos (Grupo Calipuy) en la Zona Sur de Cajamarca. Disponible en <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet>
- Spelucín, J. 2017. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca
- Walker, G. 1983. Tipos de Ignimbritas, Diario de vulcanología y recursos geotérmicos

# Anexos



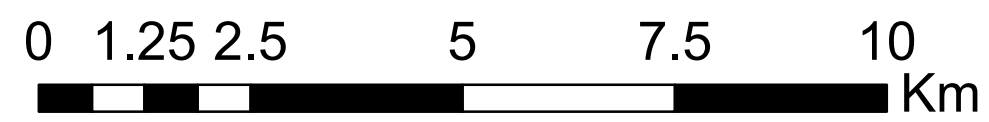
### LEYENDA

- Distrito de San Bernardino
- Distrito de San Luis
- Distrito de San Pablo
- Distrito de Tumbaden
- Departamento de Cajamarca

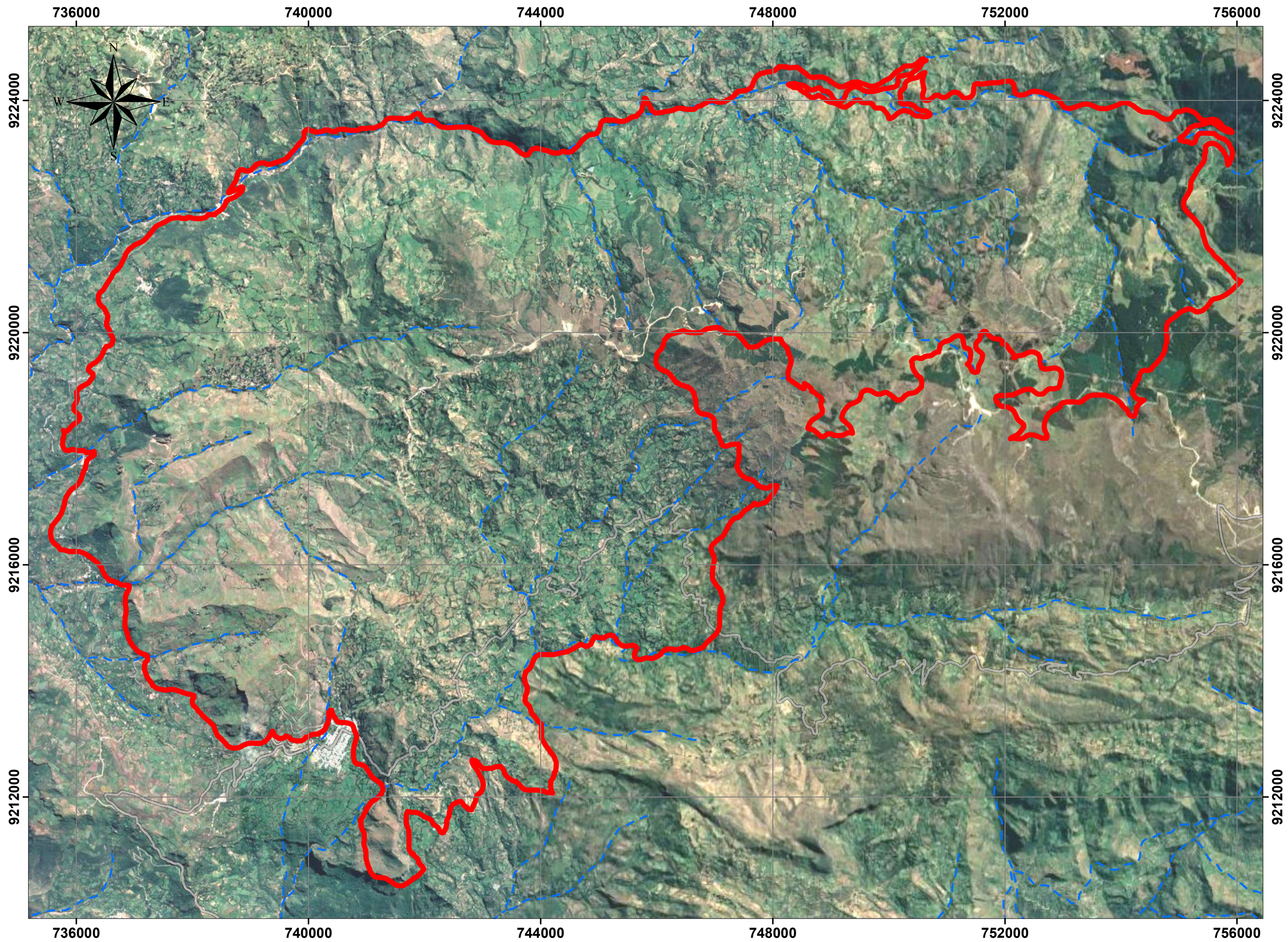


### SIMBOLOGÍA

- Área de estudio
- Vía de acceso principal
- Ciudad
- Centros poblados
- Río
- Quebrada

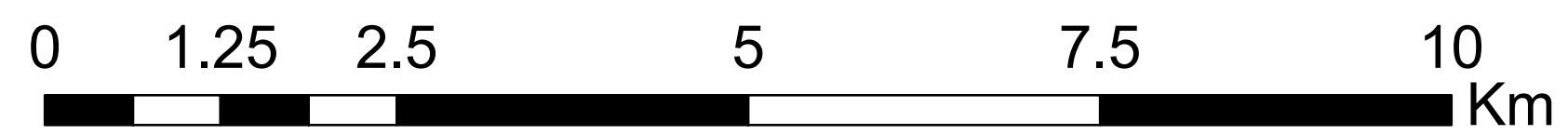


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
TESIS	CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL CENTRO VOLCÁNICO HUAYQUISHONGO - SAN PABLO	
PLANO	PLANO DE UBICACIÓN	
ASESOR	Ing. Victor Arapa Vilca	<b>PLANO N° 01</b>
TESISTA	Bach. Eider Chilón Tongombol	
Fecha	Noviembre, 2021	Escala: 1/100000

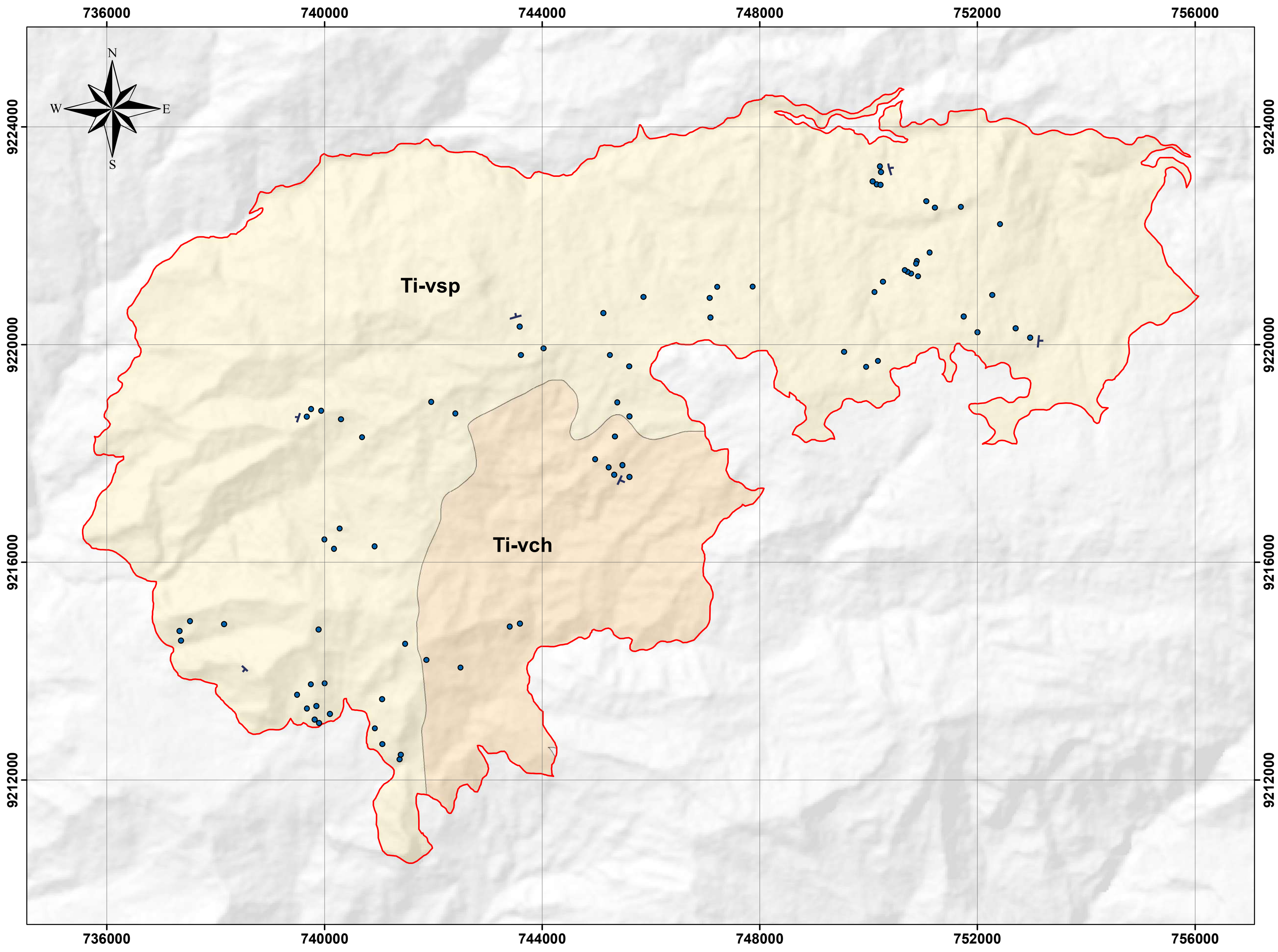


### SIMBOLOGÍA




- Área de estudio
- Río
- Quebrada
- Vía de acceso principal





<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
TESIS	<b>CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL CENTRO VOLCÁNICO          HUAYQUISHONGO - SAN PABLO</b>
PLANO	PLANO DE SATELITAL
ASESOR	Ing. Victor Arapa Vilca
TESISTA	Bach. Eider Chilón Tongombol
Fecha	Noviembre, 2021
<b>PLANO N° 02</b>	
Escala: 1/50000	

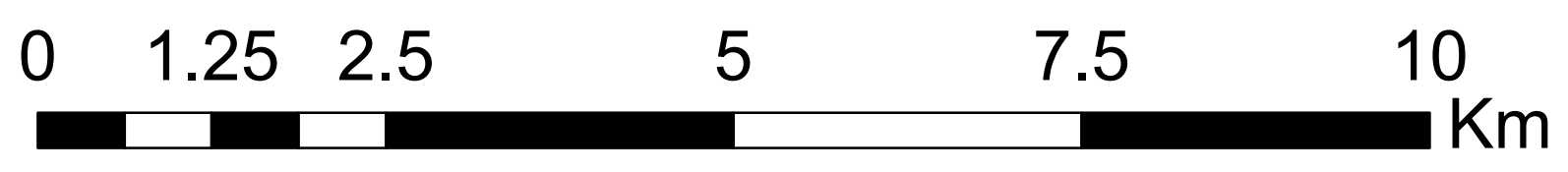




**SIMBOLOGÍA**

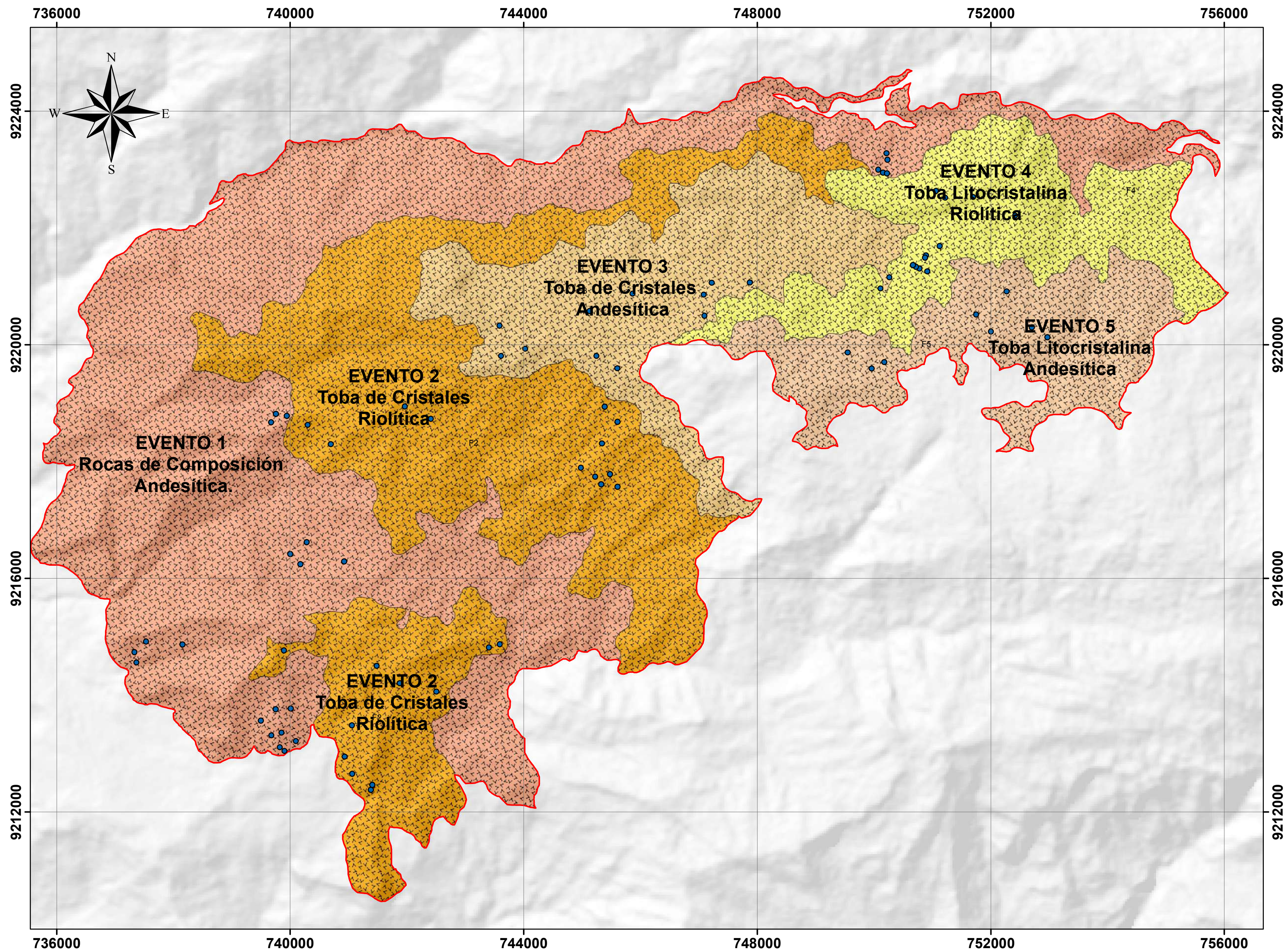
-  Buzamiento
-  Punto de Muestreo
-  Área de estudio

**LEYENDA**

-  Volcánico San Pablo (Ti-vsp)
-  Volcánico Chilete (Ti-vch)



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
TESIS	CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL CENTRO VOLCÁNICO HUAYQUISHONGO - SAN PABLO	
PLANO	PLANO DE GEOLÓGICO	
ASESOR	Ing. Victor Arapa Vilca	<b>PLANO N° 03</b>
TESISTA	Bach. Eider Chilón Tongombol	
Fecha	Noviembre, 2021	Escala: 1/50000

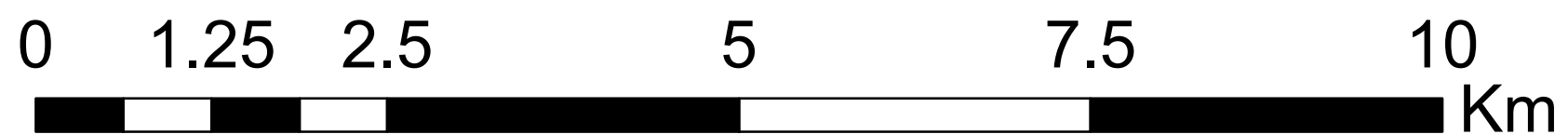


### SIMBOLOGÍA

- Punto de Muestreo
- Área de estudio

### LEYENDA

- Evento 1
- Evento 2
- Evento 3
- Evento 4
- Evento 5



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica 		
TESIS	CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL CENTRO VOLCÁNICO HUAYQUISHONGO - SAN PABLO	
PLANO	PLANO DE PETROLÓGICO	
ASESOR	Ing. Victor Arapa Vilca	<b>PLANO N° 04</b>
TESISTA	Bach. Eider Chilón Tongombol	
Fecha	Noviembre, 2021	Escala: 1/100000