

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



**TESIS PROFESIONAL**

**CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LAS ZONAS  
DE TUAL Y PORCÓN BAJO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO GEÓLOGO**

Presentado por:

**Bach. CRISTHIAN HUGO RODRÍGUEZ CARRASCO**

Asesor:

**MCs. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI**

CAJAMARCA - PERÚ

2019

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a la Escuela Académico profesional de Ingeniera Geológica, a mis docentes quienes con su enseñanza contribuyeron grandemente en mi formación profesional.

Además quiero brindar mi más sincero agradecimiento a nuestro señor Padre todo poderoso, por demostrarme su amor infinito, y al no tener miedo porque a su lado todo es posible, mis padres por el apoyo constante e incondicional, han sido pilares fundamentales para alcanzar otra meta más en mi vida.

Un agradecimiento especial a mí asesor en MCs. Crispín Zenón Quispe Mamani, por el interés mostrado y la constante supervisión durante el desarrollo de la Tesis.

## DEDICATORIA

Con infinita gratitud, a mis padres Eduar y Victoria, por su sacrificio y abnegación de toda una vida, por haberme inculcado disciplina y enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se puede. Mis hermanos Mabel, Roció y Kevin, mis compañeros de vida, con los que he compartido grandes momentos y brindarme siempre su apoyo, comprensión, y consejos. A mi hija Ghaela por ser mi motivo y la fuerza que me empuja a seguir adelante, para hacer de mí una mejor persona. A mi futura esposa Carmen por brindarme su amor, confianza, apoyo incondicional y el tiempo necesario para realizarme profesionalmente. A la señora Maritza y el señor Juan por su apoyo incondicional. A todos ellos, por quienes cualquier esfuerzo nunca será suficiente.

# ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE.....	iii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Locales.....	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. Petrología de Rocas Volcánicas.....	4
2.2.2. Productos Volcánicos.....	5
2.2.3. Características de los Depósitos de Flujos Piroclásticos.....	16
2.2.4. Lahares.....	20
2.2.5. Facies.....	20
2.2.6. Secuencias Volcánicas.....	22
2.2.7. Características Físicas.....	23
2.2.8. Características Mineralógicas.....	27
2.2.9. Diagrama de Streckeisen.....	28
2.2.10. Características Químicas.....	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1.1. Geográfica.....	35
3.1.2. Política.....	35
3.1.3. Accesibilidad.....	35
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	36



	<b>Pág.</b>
3.2.1. Metodología.....	37
3.2.2. Identificación de Variables .....	38
3.2.3. Técnicas.....	38
3.2.4. Instrumentos y Equipos .....	39
3.2.5. Elaboración de instrumentos de recolección de datos .....	40
3.3. CONTEXTO GEOLÓGICO .....	41
3.3.1. Geomorfología.....	41
3.3.2. Geología Estructural.....	46
3.3.3. Geología Local .....	47
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
4.1. PETROGRAFÍA VOLCÁNICA .....	51
4.1.1. Clasificación Macroscópica.....	51
4.1.2. Clasificación Microscópica.....	68
4.1.3. Geoquímica .....	85
4.1.4. Evolución Eruptiva.....	90
4.1.5. Centro Eruptivo .....	100
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS .....	101
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	102
5.2. RECOMENDACIONES.....	103
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tipos de cristalinidad en rocas ígneas.....	24
Tabla 2. Tamaño absoluto de cristales.....	25
Tabla 3. Clasificación y granulometría de fragmentos piroclásticos. (Fisher, 1961). ....	32
Tabla 4. Tipo, Nivel, diseño y método de la Investigación. ....	37
Tabla 5. Identificación de Variables.....	38
Tabla 6. Unidades Geomorfométricas.....	45
Tabla 7. Ubicación de muestras para descripción petrográfica.....	52
Tabla 8. Descripción petrográfica macroscópica de muestra de mano (Lupa 20x - Iwamoto).....	54
Tabla 9. Muestras de mano con sus respectivos códigos.....	56
Tabla 10. Vista al microscopio Leitz 215x de las muestras de mano.....	61
Tabla 11. Clasificación de rocas volcánicas según Streckeisen, 1979 y Schmidt, 1981.....	64
Tabla 12. Muestras utilizadas para análisis petrográfico, secciones delgadas.....	69
Tabla 13. Descripción de la sección delgada muestra: G-01.....	70
Tabla 14. Descripción de la sección delgada muestra G-19.....	73
Tabla 15. Descripción de la sección delgada muestra G-27.....	76
Tabla 16. Descripción de la sección delgada muestra G-31.....	79
Tabla 17. Descripción de la sección delgada muestra G-36.....	82
Tabla 18. Análisis químico de roca total de elementos mayores de rocas volcánicas del Volcánico Huambos por medio de XRF.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: La salida del magma (1) a la superficie se realiza en tres formas: líquido o lavas (2), gas (3) y sólido o piroclastos (4) (Sieron, 2009). ....	5
Figura 2: Origen de Flujo de Lava. (Sieron, 2009).....	6

	<b>Pág.</b>
Figura 3. Diagrama esquemático de un Depósito de caída piroclástica (Cas y White, 1988). .....	7
Figura 4. Diagrama esquemático de un Depósito de una Oleada Piroclástica (Cas y White, 1988). .....	9
Figura 5. Diagrama esquemático de un Depósito de Flujo piroclástico (Cas y White, 1988). .....	10
Figura 6: Columna eruptiva pliniana con colapso de su parte inferior, formándose su flujo de densidad piroclástico, groseramente estratificado, con un flujo en el base más denso que el resto. La parte superior del flujo de densidad puede llegar a ser convectivo ascendente, formando columnas coignimbríticas o coignimbritas. En el frente de avance del flujo de densidad se pueden producir violentas explosiones que originan oleadas piroclásticas. Los bloques más gruesos quedan en las cercanías del conducto formando brechas proximales -Laf breccias. (Druitt ,1988).....	11
Figura 7. Columna general para depósitos piroclástico primarios, generados a partir de un flujo piroclástico (Cas y White, 1988). .....	14
Figura 8. Geometría y relación de aspecto de flujos Piroclásticos (Walker, 1983) .....	17
Figura 9. Principal variación de secuencias volcánicas relacionadas con la distancia del centro de emisión central. ....	22
Figura 10. Clasificación modal de rocas volcánicas en el doble triángulo (Streckeisen, 1979).....	30
Figura 11. Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas. (Schmidt, 1981), según el tipo de material (A), según las dimensiones del material (B).....	31
Figura 12. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas. Diagrama TAS - Total Álcalis vs. Silica - (Le Maitre, 2002). ....	33
Figura 13. Resumen de la caracterización petrológica del Volcánico Huambos en la zonas de Tual y Porcón bajo según Streckeisen. ....	66
Figura 14. Resumen de la caracterización petrológica del Volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón bajo según Schmidt. ....	67

	<b>Pág.</b>
Figura 15. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas, del Volcánico Huambos. Diagrama TAS – Total Alkalis vs Silica (Le Maitre et al 2002).....	86
Figura 16. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas del Volcánico Huambos según Miyashiro (1974). .....	87
Figura 17. Diagrama de AFM propuesto por Irvine and Baragar (1971). .....	88
Figura 18. Diagrama propuesto por Pearce et al 1975 para discriminar entre ambientes continentales y oceánicos.....	89

### **ÍNDICE DE FOTOS**

Foto 1. Superficie de erosión 3240 - 3460 m.s.n.m .....	41
Foto 2. Río Porcón. ....	42
Foto 3. Quebrada presente en el área de estudio. ....	43
Foto 4. Valle Joven Tipo V. ....	43
Foto 5. Fracturamiento irregular formadas por enfriamiento rápido. Carretera al centro Poblado de Tual – Cajamarca.....	44
Foto 6. Foto panorámica de las Unidades Geomorfométricas. ....	46
Foto 7. Ubicación N: 9213893, E: 773057. Al Sureste de la zona de estudio en Huambocancha Baja, se evidencia un anticlinal y a continuación un sinclinal en la Formación Farrat; Asimismo, una Falla normal regional con dirección NW-SE. ....	47
Foto 8. Ubicación N: 9214057, E: 771998. Se aprecia estratos de areniscas de un espesor pequeño entre 10 a 20 cm de espesor. ....	48
Foto 9. Vista Panorámica del Volcánico Huambos, que presenta cinco Facies en la zona de estudio. ....	49
Foto 10. Depósitos Cuaternarios. (A) Deposito Fluvial en río Porcón, (B) Deposito Aluvial. ....	50

Foto 11. Ubicación N: 9213661, E: 771927, C: 2835. Vista panorámica de la discordancia angular formada por los depósitos de Flujo piroclásticos subhorizontales del Volcánico Huambos (1), que sobreyacen al basamento Cretáceo Inferior de la Formación Farrat (2). Se localiza al NE del rio Porcón. ....	91
Foto 12. Ubicación N: 9214924, E: 770392, C: 2936. Depósito de flujo piroclástico de Bloques y Cenizas. ....	92
Foto 13. Ubicación N: 9215408, E: 770467, C: 3149. Depósito de Flujo Piroclástico de Pómez y ceniza (A). Presencia de Fiamme (B).....	93
Foto 14. Ubicación N: 9215408, E: 770472, C: 3150. Contacto neto, no discontinuo entre la Facie II y la Facie III. El contacto entre la Facie II y la Facie III presenta un Azimuth N 320° y Buzamiento 50 NE. ....	94
Foto 15. Ubicación N: 9215517, E: 770514, C: 3155. Depósito de Flujo de Bloques y Cenizas. Gradación directa.....	95
Foto 16. Ubicación N: 9215427, E: 770507, C: 3179. Grietas por enfriamiento (Disyunción Columnar). ....	95
Foto 17. Ubicación N: 9215528, E: 770433, C: 3182. Depósito de Lahar que posee cerca de 4 metros de espesor. Gradación Inversa.....	96
Foto 18. Veta de Sílice amorfa (Ópalo), parte superior de la Facie III. ....	97
Foto 19. Ubicación N: 9216036, E: 770401, C: 3231. Depósito de Flujo Piroclástico de Bloques y Cenizas. Gradación Inversa (A), Erosión cataclástica en los Bloques (B).....	98
Foto 20. Ubicación N: 9216322, E: 770538, C: 3238. Mega Bloques (2.50 metros de diámetro) parte superior de la Facie IV. ....	99
Foto 21. Depósito de Flujo piroclástico de Bloques y cenizas Facie V. ....	100

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>PGLs:</b>	Plagioclasas
<b>bt:</b>	Biotita
<b>CLOs:</b>	Cloritas
<b>OPS:</b>	Minerales opacos
<b>PXs:</b>	Piroxenos
<b>OXsFe:</b>	Óxidos de Hierro.
<b>FPs:</b>	Feldespatos
<b>ARCs:</b>	Arcillas
<b>ANFs:</b>	Anfíboles
<b>Qz:</b>	Cuarzo
<b>H:</b>	Horblenda
<b>olv:</b>	Olivino
<b>M:</b>	Minerales máficos
<b>Py:</b>	Pirita
<b>XRF:</b>	Fluorescencia de rayos X
<b>AFM:</b>	Álcali, óxidos de hierro y oxido de magnesio
<b>M.a:</b>	Millones de años

## RESUMEN

La Formación Huambos, caracterizada por una espesa secuencia de rocas piroclásticas, que presenta el desarrollo de un importante episodio volcánico explosivo producido en el Mioceno Superior (Farrar y Noble. 1976; Rivera et al, 2005). El objetivo de la investigación es 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. La clasificación petrográfica macroscópica de 45 muestras utilizando el diagrama de Streckeisen, determinó que son de composición andesíticas, según la proporción y tipo de clastos se utilizó el diagrama de Schmidt: definiéndose 4 Tobas de cristales, 26 Tobas Cristalolíticas y 5 Tobas Cristalovítricas, se realizaron 5 secciones delgadas las cuales se confirma la clasificación macroscópica. Los análisis geoquímicos de las 5 muestras mediante el diagrama TAS (Total Alkali Silica) determinó una serie magmática calcoalcalina, de ambiente continental – margen activo relacionados a procesos de subducción. Las rocas piroclásticas de las 5 Facies elaborados en la columna estratigráfica vulcanogénica, permiten interpretar la génesis del depósito como flujos piroclásticos producto del colapso de la columna eruptiva generada por un vulcanismo explosivo tipo Pliniano; la dirección N 280° y 320° con lineamiento andino indica la probable fuente de emisión denominada Centro eruptivo miembro Otuzco (Basurto, 2014).

Palabras Claves: Petrología, Petrografía, Depósitos de Flujos Piroclásticos, Microscopia, geoquímica.

## ABSTRACT

The Huambos Formation, characterized by a sequence of pyroclastic rocks, which presents the development of an explosive volatile episode in the Upper Miocene (Farrar and Noble, 1976, Rivera et al, 2005). The objective of the research is to determine the petrological characteristics of the Huambos volcano in the areas of Tual and Porcón Bajo; through petrographic classification, geochemistry, determining the formation processes of the volcanic deposits and interpreting the location of the volcanic emission center. The macroscopic petrographic classification of 45 samples is used in the Streckeisen diagram, it was determined that they are of andesitic composition, it is explained in the Schmidt diagram: defining 4 Tobas of crystals, 26 Cristalolitic Tobas and 5 Crystallobitrite Tobs, yes 5 thin sections which confirms the macroscopic classification. The geochemical analyzes of the 5 samples using the TAS (total alkaline silica) diagram determined a calc-alkaline magmatic series, of continental environment - active margin related to subduction processes. The pyroclastic rocks of the 5 facies elaborated in the stratigraphic vulcanogenic column, allow to interpret the genesis of the deposit as the amount of pyroclastics product of the eruptive column generated by an explosive Plinian volcanism; the N 280 ° and 320 ° direction with Andean guidelines indicates the probable source of emission Eruptive Center member Otuzco (Basurto, 2014).

Key Words: Petrology, Petrography, Pyroclastic Flow Deposits, Microscopy, Geochemistry.



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La petrología de rocas volcánicas permite conocer procesos de formación, génesis y relación con otras rocas, mediante el estudio de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas, espaciales y cronológicas, interrelacionando conocimientos con vulcanología, estratigrafía volcánica, petrografía, microscopía y geoquímica, enriqueciendo el contenido de la investigación.

La Formación Huambos, caracterizado por una espesa secuencia de rocas piroclásticas, que presenta el desarrollo de un importante episodio volcánico explosivo producido en el Mioceno Superior (Farrar y Noble. 1976; Rivera et al, 2005). Sin embargo, no existe suficiente investigación ni bibliográfico acerca de las características y clasificación petrológica, propiedades físicas y la génesis y/o modo de ocurrencia de esta unidad volcánica, por ello la necesidad de ampliar el conocimiento geológico con un estudio petrológico detallado. Además, en este contexto al no existir trabajos, antecedentes en dicha zona que nos permita tener un conocimiento más detallado con el fin de ser utilizado como base de otros estudios, por lo que es importante formularnos la siguiente interrogante ¿Cuáles son las características petrológicas del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo? Lo cual nos conduce a la siguiente conjetura de la investigación: Las características petrológicas del volcánico Huambos que aflora en las zonas de Tual y Porcón Bajó, se caracteriza por la intercalación de flujos piroclásticos, coladas piroclásticas de composición andesítica – dacítica, Tobas y secuencias laháricas, existiendo también la presencia de bloques angulosos a sub redondeados de 2mm a más de diámetro, distribuidos en una matriz volcánica de composición intermedia, provenientes de algún centro volcánico, debido a las características litológicas y disposición de las diferentes capas que conforman esta secuencia volcánica, se deduce que su depositación se produjo en distintos eventos volcánicos.

En la zona de Tual y Porcón Bajo, encontramos formaciones geológicas volcánicas de gran espesor que incluyen flujos piroclásticas, oleadas piroclásticas (Surges), cenizas, poco se sabe de sus orígenes; con esta investigación se busca brindar una mayor comprensión de la petrogénesis y un aporte al conocimiento de la disposición final de los productos volcánicos de los diferentes procesos geológicos del vulcanismo cenozoico región Cajamarca.

El proyecto de investigación pretende aportar conocimiento detallado de características petrológicas y procesos genéticos del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo. Como objetivo general de la presente investigación es, Determinar las características petrológicas del volcánico Huambos entre las zonas de Tual y Porcón Bajo; a través de realizar el cartografiado geológico, realizar la clasificación petrográfica, determinar los procesos de formación de los depósitos volcánicos y la interpretación de la posible ubicación del centro de emisión volcánico. La culminación del presente trabajo de investigación trajo consigo algunas limitaciones, entre ellas: No contar con estudios previos específicos del tema en la zona a investigar, además de no tener equipos petromineográficos y presupuesto.

Finalmente, el desarrollo de la tesis se encuentra estructurada en cinco capítulos: Capítulo I Introducción, Capítulo II Marco Teórico, en este capítulo, se mencionan algunos autores con sus respectivos libros u obras, con la finalidad de establecer una relación con cada una de ellas y servir de base, para el realce y sostenimiento de la misma, Capítulo III Materiales y métodos, en este capítulo muestra la ubicación geográfica del área de estudio, metodología de la investigación y procedimiento de investigación, conteniendo también el tratamiento, análisis de datos y resultados, para finalizar con el contexto geológico; dentro del cual ubicamos la geología - litología, geomorfología y estructural, Capítulo IV Análisis y Discusión de Resultados. Donde se hizo el procesamiento de la información y presentación de resultados; por último contiene la contracción de la hipótesis, determinando así la veracidad de ella, Capítulo V Conclusión y Recomendaciones; este es el último capítulo, finalmente se presentan las referencias bibliográficas y anexos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

**Palacios (1995).** Estudio geológico del mesozoico en el norte del Perú. Esta tesis busca determinar las características geológicas, litológicas, estructural de eventos mesozoicos en el norte del Perú.

##### **2.1.2. Antecedentes Locales**

**Longo (2005).** Evolution of Volcanism and Hydrothermal Activity in the Yanacocha Mining District, Northern Perú: Realizó la interpretación de la evolución del vulcanismo en el distrito minero de Yanacocha y sus alrededores, en base a dataciones, caracterización petrográfica, descripción de secuencias estratigráficas, y descripción de eventos mineralizantes: reconociendo secuencias volcánicas en áreas aledañas a la zona de estudios, importantes para correlacionar datos geológicos.

**Gallardo (2013).** Estratigrafía del Volcánico Huambos facies volcánicas y Volcaniclásticas en la cuenca de Cajamarca. Realizo el cartografiado geológico, estudio estratigráfico (elaboración de columnas estratigráficas) del volcánico Huambos en la cuenca de Cajamarca.

**Vera (2017).** Estratigrafía del Volcánico Huambos entre los Caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, Centro Poblado Combayo – La Encañada- Cajamarca. Esta tesis busca determinar las características estratigráficas del volcánico Huambos.

**Spelucín (2017).** Caracterización petrológica de la Formación Porculla (Grupo Calipuy), Cumbemayo, Cajamarca. Realizó la caracterización petrológica, geoquímica, determinando procesos y ambiente de formación de la Formación Porculla.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Petrología de Rocas Volcánicas**

La petrología se ocupa del estudio de las rocas desde el punto de vista genético y de relaciones con otras rocas. Aquella parte de la Petrología que se ocupa de los aspectos descriptivos de las rocas, tales como la forma, estructura, Texturas y clasificación, se denomina petrografía, mientras que la que trata de explicar su origen es la petrogénesis. Para efectuar todos estos estudios la Petrología se apoya en observaciones de campo y en análisis de laboratorio; estos últimos caen en los campos de la química, físico – química y mineralogía óptica.

La petrología se encarga de tres tipos de rocas específicamente. La primera y más abundante de todas se basa en estudios de las rocas ígneas que deben su origen al enfriamiento lento del magma en el interior de la Tierra (rocas ígneas intrusivas) o a de la lava expulsada por los volcanes (rocas ígneas extrusivas). Las rocas ígneas cristalizan a partir de magmas y lavas fundidos, tanto la composición inicial del magma como la forma en la cual viaja a través de la corteza terrestre y la velocidad de enfriamiento determina su composición y características finales. Estas características incluyen el tamaño de grano, la forma del cristal, el contenido en minerales y el color. El segundo tipo son las rocas sedimentarias se originan por la erosión, desgaste de las rocas por el viento, agua o hielo. El tercer tipo son las rocas metamórficas que se forman cuando los tipos anteriores se ven sometidos a elevadas presión y temperatura en el interior de la tierra.

Una amplia variedad de procesos volcánicos genera rocas volcánicas, en diferentes ambientes tectónicos, dividiéndose en: erupciones explosivas y efusivas, donde la

condición principal para que se produzca una erupción efusiva de magma formando una lava coherente es que la erupción no sea explosiva. Para ello se necesita que el contenido en volátiles separados del líquido dentro del conducto magmático inmediatamente antes de la erupción y del magma durante la erupción sea suficientemente bajo como para impedir el aumento de presión del gas, el cual podría causar la fragmentación explosiva del magma.

Mientras que las condiciones principales para las erupciones explosivas dependen de diversos factores, como son la cantidad de gases disueltos en el magma, la forma y dimensiones de la boca de emisión y, especialmente, del volumen de magma extruido. Estas erupciones tienen lugar a conducto abierto y se caracterizan por la formación de una columna eruptiva vertical, constituida por gases de gran altura de 30 km o más: (Sarks-Walker, 1973)

### 2.2.2. Productos Volcánicos

La salida del magma a la superficie se produce en tres formas: líquido (lavas), gases y proyección de fragmentos sólidos (piroclastos, de piro fuego y clasto fragmento). La cantidad de gas presente en el magma es el condicionante para que la erupción sea tranquila o explosiva, y de que predomine la emisión de lavas o de piroclastos.

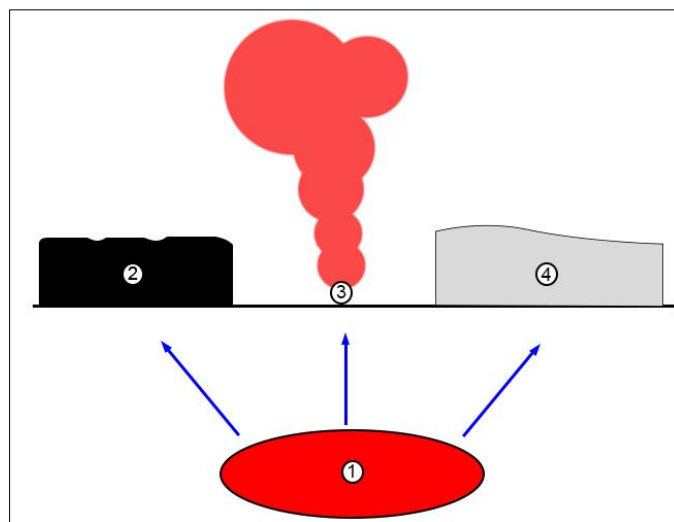


Figura 1: La salida del magma (1) a la superficie se realiza en tres formas: líquido o lavas (2), gas (3) y sólido o piroclastos (4) (Sieron, 2009).

- Flujos de Lava.
- Flujos de densidad caliente: Flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas y depósitos piroclásticos de caída.
- Flujos de densidad frío: avalanchas y lahares.

### 2.2.2.1. Flujos de lava

Un flujo de lava es una corriente de roca fundida que se derrama desde el respiradero de un volcán en erupción. Esta sustancia puede entrar en erupción, ya sea durante una actividad explosiva o debido a un evento no explosivo.

La velocidad del flujo dependerá de diferentes factores que pueden incluir la viscosidad de la sustancia, la pendiente de la colina, la canalización en la zona y la cantidad producida en el respiradero del volcán.

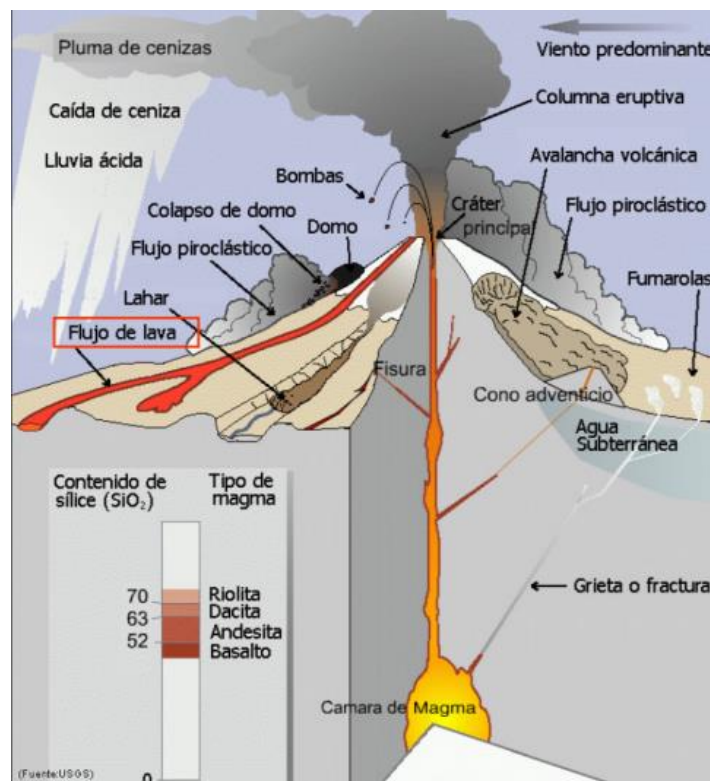


Figura 2: Origen de Flujo de Lava. (Sieron, 2009).

Según Sarks – Walker (1973) los productos piroclásticos se clasifican genéticamente en tres tipos de depósitos de acuerdo a su modo de transporte y deposición:

- Depósitos de caída piroclásticas.
- Depósitos de flujo piroclásticos.
- Depósitos de Oleada Piroclásticas.

### 2.2.2.2. Depósitos de caída Piroclásticas

La caída de piroclastos implica que el materia eruptado 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).

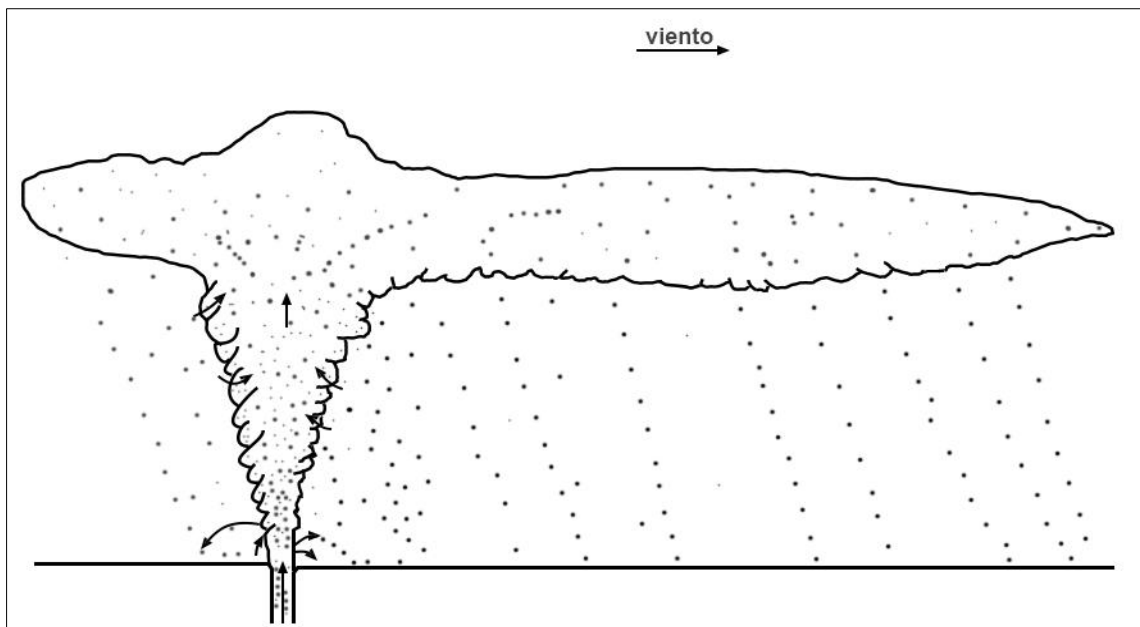


Figura 3. Diagrama esquemático de un Depósito de caída piroclástica (Cas y White, 1988).

### **2.2.2.3. Depósito de 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:

#### **2.2.2.3.1 Depósitos de Oleadas Basal**

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

#### **2.2.2.3.2 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.



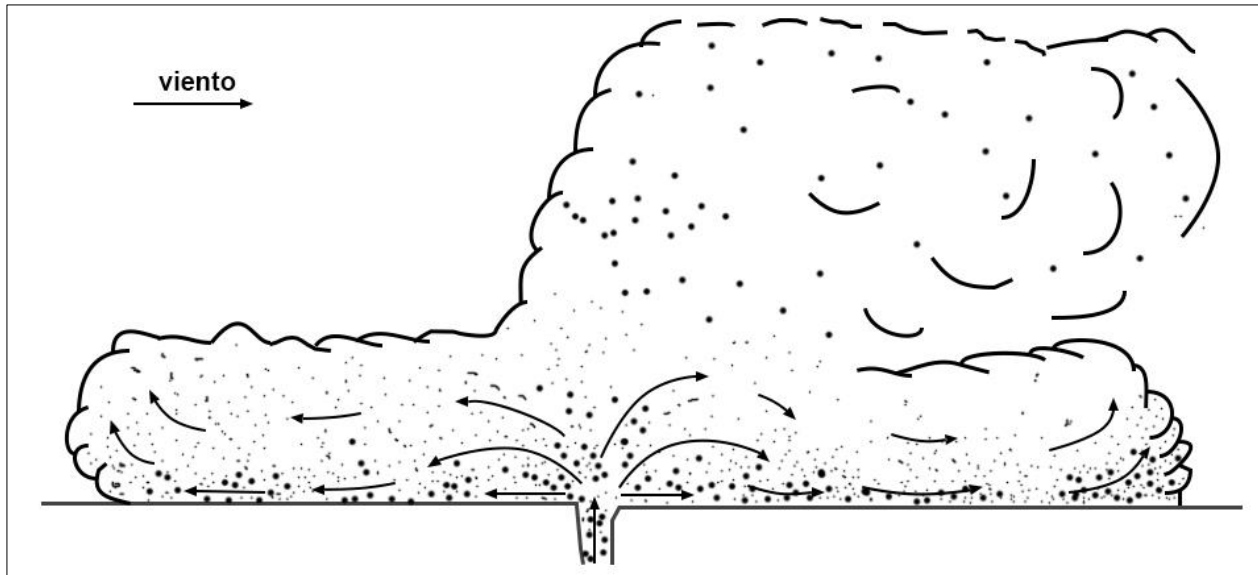


Figura 4. Diagrama esquemático de un Depósito de una Oleada Piroclástica (Cas y White, 1988).

#### 2.2.2.4. Depósitos de Flujo Piroclásticos

Se denomina flujo piroclástico, colada piroclástica, nube ardiente o corriente de densidad piroclástica, como ocurre con las oleadas piroclásticas, 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). Las coladas piroclásticas pueden desplazarse a gran velocidad recorriendo distancias considerables y viajando a más de 25 km del centro emisor (Griggs, 1922).

Debido a su elevada densidad y a la alta concentración de partículas sólidas, los depósitos de las coladas piroclásticas tienen a ser masivos y estar mal clasificados, presentando tenues variaciones granulométricas.

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).

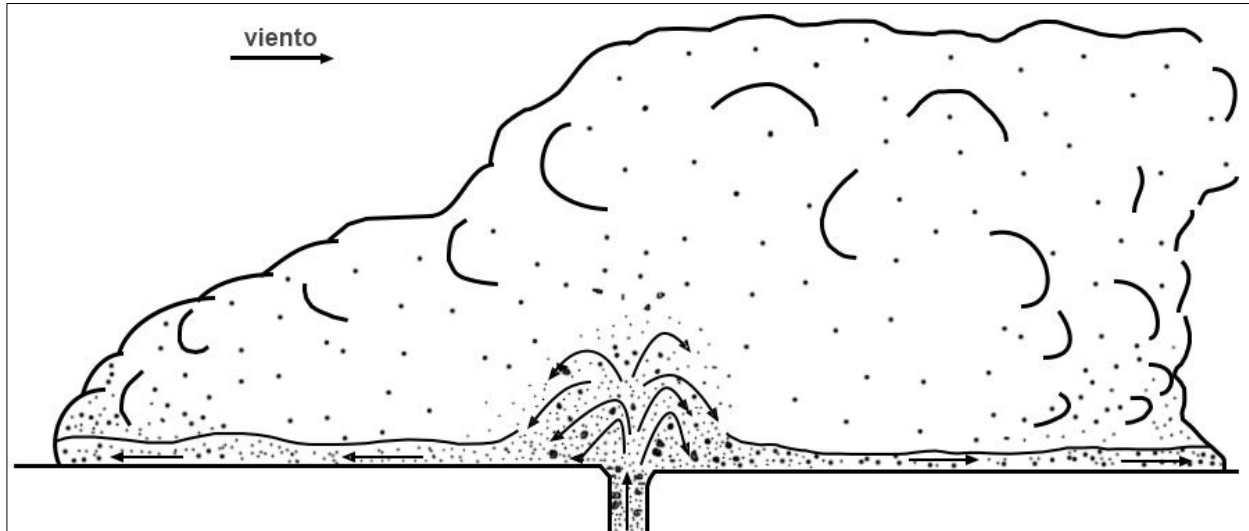


Figura 5. Diagrama esquemático de un Depósito de Flujo piroclástico (Cas y White, 1988).

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, previas o sincrónicas a la generación de la columna eruptiva. 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 soldados, aunque también hay depósitos no soldados. Los depósitos con soldamiento poseen textura eutaxítica, fiames y concentrados de obsidiana.

Los flujos de densidad originados por la fragmentación del magma se denominan flujos de densidad piroclástica y fueron referidos como nubes ardientes por Lacroix al describir la erupción de 1902 del Mount Pelée, en la Isla de Martinica.

La parte inferior del flujo de densidad piroclástico es más densa que el resto porque contiene mayor proporción de partículas, además de tener mayor tamaño, desplazándose

por los valles fluviales o cualquier otra depresión. A esta sección inferior también se la describe como un flujo piroclástico y a las rocas resultantes como ignimbritas. En su parte superior también se expanden lateralmente formando un sombrero, desde el cual se produce la caída de ceniza.

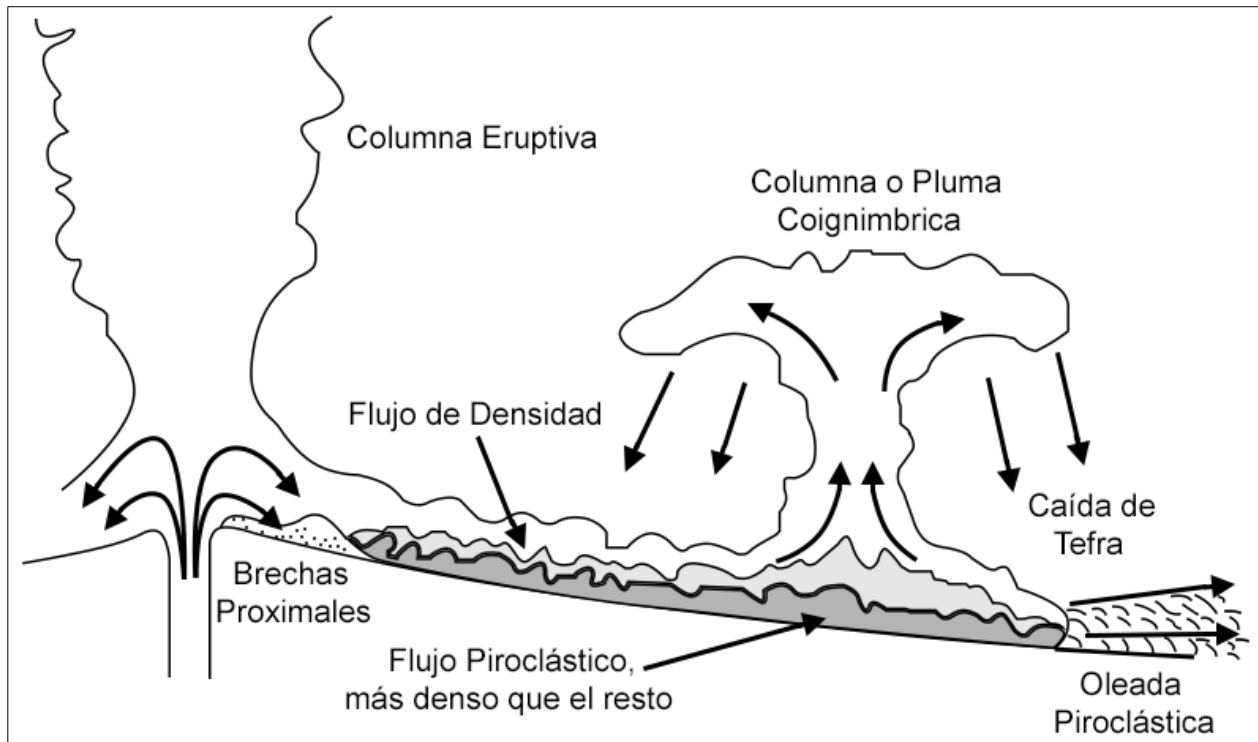


Figura 6: Columna eruptiva pliniana con colapso de su parte inferior, formándose su flujo de densidad piroclástico, groseramente estratificado, con un flujo en el base más denso que el resto. La parte superior del flujo de densidad puede llegar a ser convectivo ascendente, formando columnas coignimbríticas o coignimbritas. En el frente de avance del flujo de densidad se pueden producir violentas explosiones que originan oleadas piroclásticas. Los bloques más gruesos quedan en las cercanías del conducto formando brechas proximales -Las breccias. (Druitt ,1988)

#### **2.2.2.4.1 Tipos de Depósitos de Flujo piroclástico**

- **Depósito de Flujo de Bloques y Ceniza**

Bloques líticos angulares, 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, compuesto por lapilli escoriáceo andesítico o basáltico. Soldamiento común. Gradación inversa de los clastos mayores. Estructuras de escape de gas y madera carbonizada.

- **Ignimbritas o Depósitos de Flujo Pumíceos**

Son las rocas producidas por los Flujos Piroclásticos. El nombre de ignimbrita fue acuñado por Marshall (1935) desde esa época ha tenido varios significados, habiendo sido empleado en numerosas ocasiones como sinónimo de toba soldada.

En la actualidad el término ignimbrita comprende a todas las rocas formadas por flujos piroclásticos, independientes del grado de soldamiento y, en consecuencia, de la temperatura. Las composiciones de las ignimbrita varían desde intermedias hasta ácidas. Normalmente muestran una matriz microcristalina con minerales amorfos (vidrios).

Con frecuencia estas rocas son denominadas simplemente como ignimbritas. Sin embargo, en estos casos solamente se hace referencia a la textura o al tipo de procesos que las formó, pero no se incluye la composición. Por esta razón, es necesario especificar

la composición, por ejemplo, ignimbrita dacítica, riolita ignimbrítica, etc. Los magmas basálticos raramente forman ignimbritas, debido a su incapacidad de formar columnas eruptivas.

### ➤ Génesis

Las ignimbritas se generan por colapsos de las columnas eruptivas en las erupciones plinianas y de domos o coladas lávicas de viscosidad elevada. Debido a la velocidad del flujo piroclástico, puede llegar a más de 400 km/h, durante su avance puede vencer obstáculos y sobrepasar elevaciones. La magnitud de la velocidad del flujo piroclástico depende: la altura del colapso de la columna eruptiva, transformándose la energía potencial en cinética, la velocidad de extrusión, la proporción sólido/gas, las pendientes topográficas. Las ignimbritas formadas por el colapso de un domo tienen abundante proporción de material fino, de bloques, clastos y matriz de cristales, son pobres en pómez. En muchos casos adquieren en aspectos de avalancha de bloques.

En general el volumen de estos flujos es pequeño. Estas características permiten diferenciarlas de las ignimbritas formadas por el colapso de la columna eruptiva. Las ignimbritas en general están acompañadas por otros productos volcánicos que se originan durante el episodio eruptivo.

Es frecuente que la erupción de una ignimbrita sea precedida por depósitos de caída originados en una fase pliniana precursora, y/o por depósitos formados por oleadas piroclásticas sobre las cuales puede fluir la ignimbrita. Asimismo, la porción menos densa del flujo de densidad y la conectividad ascendente de las columnas co-ignimbríticas producen depósitos secundarios, de pequeño volumen, que pueden originar flujos piroclásticos secundarios y depósitos por caída piroclástica.

Con frecuencia estos depósitos se interdigitan con la ignimbrita principal, formando complicadas secuencias difíciles de interpretar. Esta gran variedad se debe a la violencia

de los mecanismos eruptivos y a los rápidos cambios que se producen durante su desarrollo.

### ➤ Estructura

En las ignimbritas se desarrollan flujos laminares (unidad de mayor densidad) y flujos turbulentos en los niveles superiores (nube acompañante) que determinan diferentes unidades en el depósito. La velocidad de fluidización determinara la estructura interna del mismo.

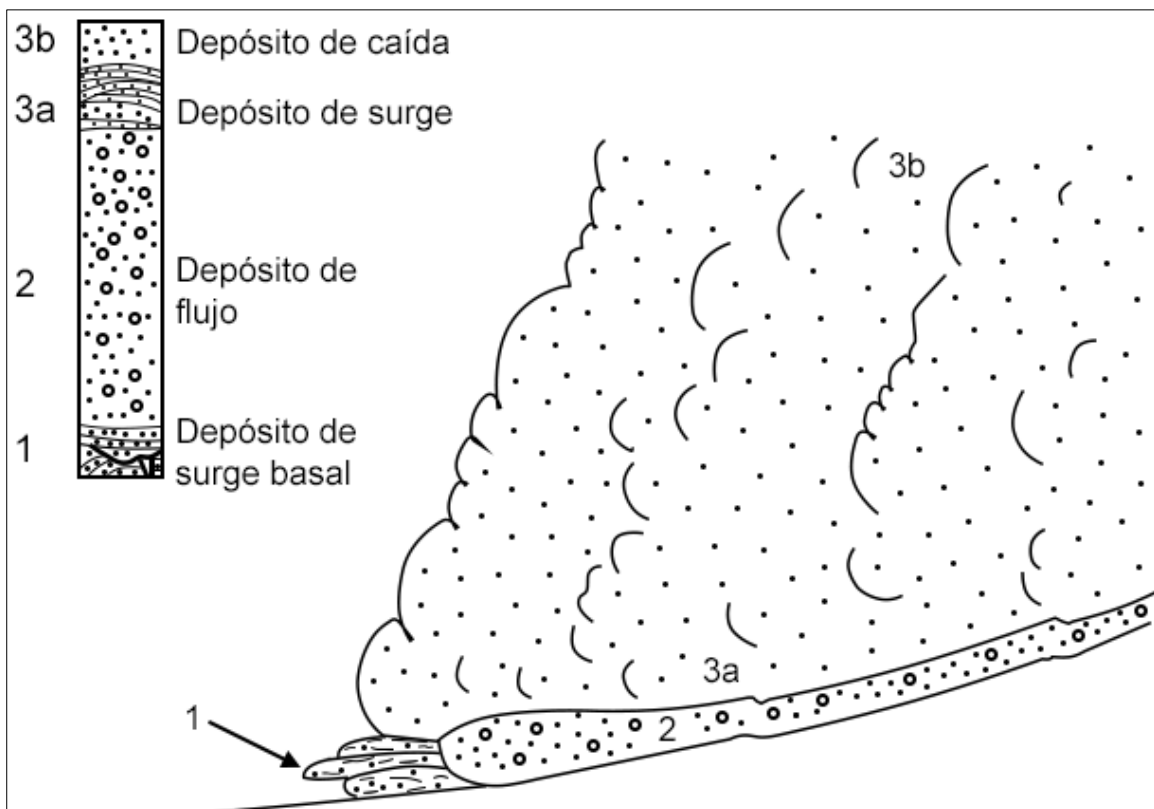


Figura 7. Columna general para depósitos piroclástico primarios, generados a partir de un flujo piroclástico (Cas y White, 1988).

## ➤ Tipos

De acuerdo a la temperatura del flujo en el momento de su detención se distinguen ignimbritas soldadas o no soldadas. La relación entre potencia del depósito y área ocupada determina dos tipos principales de ignimbritas: HARI y 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.

En los depósitos de ignimbritas se observa con frecuencia la presencia de fragmentos de obsidiana, más o menos alterados y aplastados, de forma alargada que se denominan flamas. En la descripción de las ignimbritas es importante referirse a la relación de aspecto, que es la relación entre el promedio del espesor y el diámetro de un círculo equivalente a la superficie del depósito (Walker et al., 1980; Walker, 1983). Esta relación implica la capacidad de distribución de cada flujo piroclástico.

Las ignimbritas con elevada relación de aspecto, son las que se concentran en valles, fluyen con forma de lóbulos, tiene alta densidad y en muchos casos alta temperatura. Las ignimbritas con una relación de aspecto baja, tiene menor densidad y sus respectivos flujos pudieron sortear obstáculos topográficos. Las ignimbritas de alta relación de aspecto, son ricas en vidrio y los vitroclastos y fiames tienen elevada deformación, con evidencias de haber fluido como una lava. Las ignimbritas con baja relación de aspecto, son poco densas, están escasamente soldadas y se encuentran en niveles topográficos con distintas alturas, lo cual significa que no hay un estricto control topográfico durante su desplazamiento.

## **2.2.3. Características de los Depósitos de Flujos Piroclásticos**

### **2.2.3.1. Soldamiento, desvitrificación y cristalización**

El soldamiento es la fusión y deformación plástica de piroclásticos calientes de baja viscosidad (principalmente pómez, escoria y trizas) 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).

- **Condiciones 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.

- **Desvitrificación:**

Los piroclastos juveniles están formados por vidrio. Dichos componentes inicialmente vítreos, pueden cristalizar o desvitrificarse, poco después del emplazamiento. En depósitos silíceos, cristobalitas y feldespatos alcalinos de grano fino cristalizan reemplazando al vidrio.

- **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. (Echavarría, 2008)



### 2.2.3.2. Grado:

Termino descriptivo que se refiere al estado de soldamiento. Depósitos de flujo piroclástico de extremadamente alto grado: soldamiento extremo, en parte puede ser texturalmente indiferenciable de flujos lávicos. (Echavarria, 2008)

Depósitos de flujo piroclástico de alto grado o reomórficos: 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.

### 2.2.3.3. Geometría y Relación de Aspecto:

En general los flujos piroclásticos se acomodan a la topografía, es decir que son potentes en los bajos topográficos y se adelgazan en las zonas altas. (Echavarria, 2008)

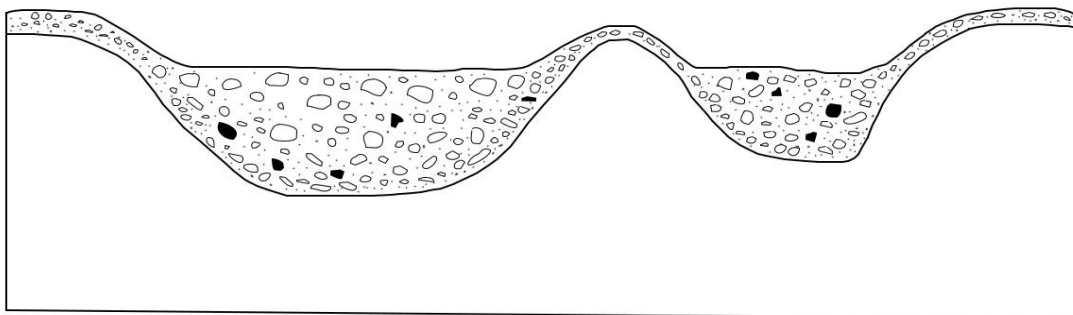


Figura 8. Geometría y relación de aspecto de flujos Piroclásticos (Walker, 1983)

### 2.2.3.4. Relación de aspecto

Es la relación entre espesor y extensión lateral. Hay dos tipos los de Baja relación y Alta relación.

Baja relación: depósitos muy delgados y extensos (Ej.: 1/70000), los cuales son formados a partir de flujos de alta velocidad. Se reconocen dos facies mapeables: Rellenos de valles, son depósitos relativamente gruesos, macizos o gradados, con superficie superior plana. Depósitos de altos topográficos, son depósitos delgados, sin clastos gruesos.

Alta relación: Son depósitos potentes y de extensión restringida (Ej.: 1/400), formados a partir de flujos de baja velocidad.

#### **2.2.3.5. Dimensiones de los Flujos Piroclásticos**

Menores de 1Km<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. (Echavarría, 2008)

#### **2.2.3.6. 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. (Echavarría, 2008)

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

#### **2.2.3.7. Zonación Composicional:**

La variación composicional refleja zonación composicional del magma. La variación puede ser conspicua (Ej. De riolita a basalto), o puede ser suave, además puede ser transicional o de contactos netos.

### **2.2.3.8. Componentes de los Depósitos Piroclásticos:**

Los depósitos piroclásticos están compuestos por piroclastos, que es el término utilizado para cualquier fragmento generado por una explosión volcánica o eruptiva. Los piroclastos pueden ser de cualquier tamaño. (Echavarria, 2008)

El material expulsado, fragmentado y distribuido por el viento, no compactado y el término colectivo para todos los depósitos piroclásticos se denomina Tefra.

Existen 3 tipos de componentes principales:

- **Fragmentos Juveniles**

Son fragmentos del magma que se está erupando y se está expulsando por el cono volcánico. 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 (o cristaloclastos)**

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

- **Fragmentos Líticos (o litoclastos)**

Pueden ser fragmentos juveniles no vesiculares (líticos cognatos), o pedazos de roca de caja arrancada durante la erupción (líticos accesorios o xenolitos).

#### **2.2.4. Lahares**

Lahares se pueden formar cuando material piroclástico suelto, que se acumula en los flancos de un volcán, se mezcla con agua (que puede provenir de glaciares, lluvias fuertes) para formar flujos de lodo (o de escombros).

Los lahares incluyen dos tipos de flujos: hiperconcentrados y de escombros. Los flujos hiperconcentrados: son mezclas fluidas de agua y sólidos granulares donde la concentración de partículas sólidas es de 55 a 60% en peso o 35 a 40% en volumen. Los flujos de escombros son mezclas fluidas de agua y sólidos granulares, sumamente viscosas, capaces de transportar partículas del tamaño de la grava y la concentración de partículas sólidas es de 75 a 80% en peso o 55 a 60% en volumen.

Las áreas de inundación y alcance de un lahar dependen fuertemente de su volumen, tamaño de los detritos, transformaciones durante el flujo y la topografía.

#### **2.2.5. Facies**

El término facies es más utilizado en el ambiente sedimentario, sin embargo es de suma utilidad en sucesiones volcánicas. Una facie es un cuerpo o intervalo de roca o sedimento que posee características únicas definidas que lo distingue de otras facies o cuerpos de

roca o sedimento. El carácter distintivo puede ser textural o composicional, o puede estar basado en la presencia de estructuras sedimentarias o en el contenido fosilífero.

Podemos encontrar facies con características muy diferentes, pero sin embargo que estén genéticamente relacionados entre sí. Por ejemplo, una ignimbrita puede estar formada por distintas facies.

Para hacer una descripción de facies se debe comenzar con la descripción de los afloramientos (o testigos) utilizando para ello términos descriptivos litológicos o de facies, pero sin utilizar términos que tengan implicancias genéticas.

- Términos litológicos: Información sobre composición, componente y tamaño de grano.
- Términos faciales: Estructura, organización interna, geometría (Brecha matriz sostén con estratificación gradada).
- Términos genéticos: Información sobre procesos de erupción y emplazamiento, procesos de erosión, transporte y redepositación. (Domo, ignimbrita)

Tal vez, la mejor base descriptiva y analítica de facies sea la propuesta por (Selley, 1978), quien estableció cinco descriptores de facies:

**Geometría:** Forma en las tres dimensiones de la facies. La forma está controlada por: relieve predeposicional (superficie de depositación), volumen de material depositado y la forma en que se acomoda dicho material.

**Litología:** Componentes de las sucesiones volcánicas. En rocas Volcaniclásticas: clastos magmáticos (pómez, escoria, vidrio volcánico), clastos líticos y cristales. Composición: geoquímica y mineralógica. Textura: Tamaño de grano, redondez, selección, forma de grano y fábrica (arreglo y relación entre los componentes de un agregado).

**Estructuras sedimentarias:** Probablemente la herramienta más importante en análisis de facies. Reflejan las condiciones de sedimentación y los modos de transporte y deposición.

**Fósiles:** Útiles como indicadores de edad, paleoclima, ambiente de deposición.

## 2.2.6. Secuencias Volcánicas

Las secuencias volcánicas están definidas por cambios laterales y verticales en el aspecto físico de los cuerpos de roca depositados dentro de un intervalo específico de tiempo geológico, suelen ser nombradas de acuerdo a: la cercanía a la fuente (central, proximal, distal), el ambiente de depósito (Subaérea, poco profunda subacuática, sub – glacial, etc.), el tipo de depósito (secuencias de flujo piroclástico, secuencias lávicas, secuencias ignimbríticas, secuencias laháricas.)

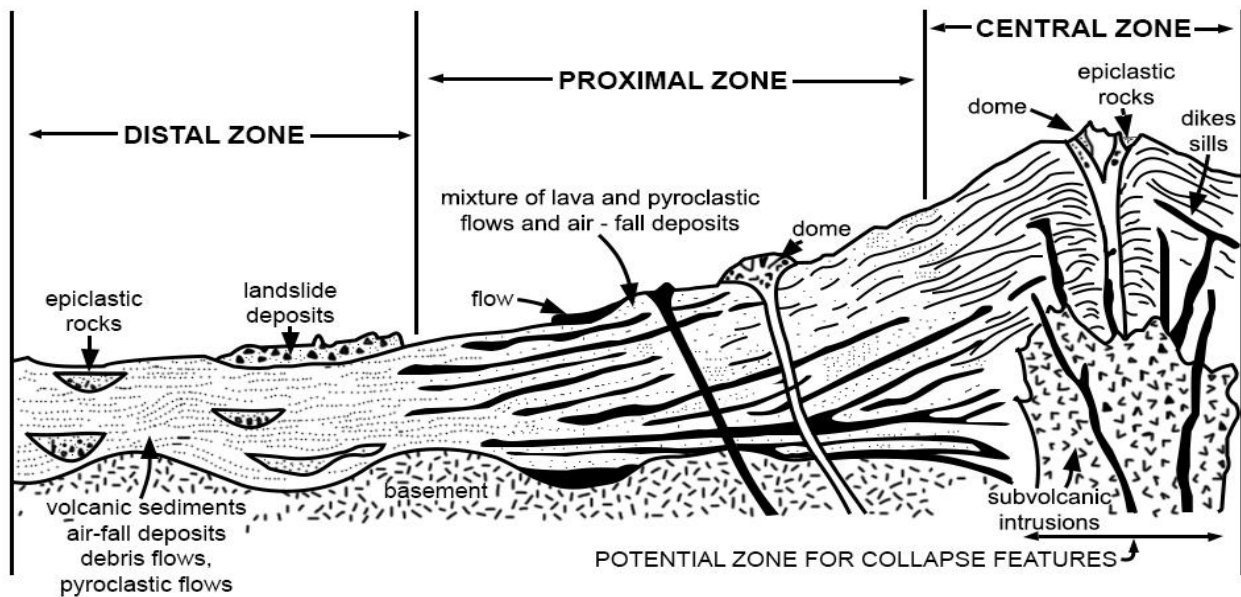


Figura 9. Principal variación de secuencias volcánicas relacionadas con la distancia del centro de emisión central.

## **2.2.7. Características Físicas**

### **2.2.7.1. Textura**

El ambiente de formación de las rocas se ve reflejado en la textura, y por lo tanto, la descripción de la textura nos ayuda a clasificarla. La correcta observación y definición de las texturas es indispensable para la clasificación e interpretación genética de las rocas.

La textura es un elemento de relevancia a la hora de identificar el enfriamiento de una roca si ha sido rápido, o lento, o de un cambio en la velocidad de enfriamiento.

La información de la textura de la roca se va describir como el conjunto de relaciones geométricas entre los componentes que la forman, reflejada en función del tamaño, forma y ordenamiento de los cristales (también grado de cristalinidad) que la componen y/o relación entre los fragmentos (tamaño, forma y relación geométrica entre ellos).

El desarrollo de las características texturales de las rocas volcánicas se debe a tres principales factores: Creación de la textura original, por procesos de erupción y emplazamiento.

La modificación de la textura original debido a procesos sin – volcánicos son: oxidación, desgasificación, hidratación, desvitrificación a altas temperaturas, alteración hidrotermal. La modificación de las texturas originales debido a procesos post-volcánicos son: hidratación, desvitrificación, alteración hidrotermal, diagénesis, metamorfismo, deformación, meteorización.

### **2.2.7.2. Características Texturales**

**Volcaniclásticas:** Todo depósito compuesto predominantemente por partículas o fragmentos volcánicos. Las partículas pueden ser de cualquier forma y tamaño.

Esta subdivisión textural incluye a las rocas piroclásticas, autoclásticas y sedimentos volcánicos redepositados.

**Coherente:** Textura formada directamente por enfriamiento y solidificación de lava o magma. El primer paso para avanzar correctamente en la descripción y clasificación de una roca volcánica es decidir si es coherente o volcanoclástica. En el caso del Proyecto de investigación en las zonas de Tual y Porcón Bajo, tenemos rocas con características texturales volcanoclásticas.

### 2.2.7.3. Cristalinidad

Son las proporciones relativas de vidrio y cristales en la roca. Este parámetro se relaciona directamente con la velocidad de enfriamiento del magma. Así, una roca holocristalina, cuando haya tenido suficiente tiempo para alcanzar un desarrollo cristalino completamente; todas las rocas plutónicas lo son, como también pueden serlo las rocas volcánicas. Una roca holohialina tiene una historia de enfriamiento lo suficientemente rápida como para que no se haya formado ningún cristal, es una roca compuesta casi en su totalidad por pasta o masa afanítica que implica la presencia de vidrio y una roca en parte cristalina y en parte vítrea, denominada merocristalina (o merohialina) tendrá una historia más compleja, con al menos dos etapas de enfriamiento, una primera lenta, que permite el desarrollo de cristales y una segunda más rápida, que da lugar a la formación de vidrio; caracteriza a rocas ígneas formadas cerca de la superficie terrestre.

Tabla 1. Tipos de cristalinidad en rocas ígneas.

<b>CRISTALINIDAD</b>	<b>COMPONENTE</b>
Holocristalina	90% cristales
Holohialina	90% vidrio
Hialocristalinas/Merocristalinas	Proporción variable entre cristales y vidrio



#### 2.2.7.4. Tamaño de grano

Se refiere al tamaño de los granos minerales. Los tamaños relativos de los cristales, se divide en:

**Faneríticas:** Se caracteriza por estar formada por un grupo de cristales intercrecidos aproximadamente del mismo tamaño y lo suficientemente grandes (1 -10 mm) como para que los minerales individuales puedan identificarse sin la ayuda del microscopio. Se forma cuando grandes masas de magma se solidifican lentamente a bastante profundidad, lo que permite la formación de cristales grandes de los diferentes minerales.

**Afanítica:** Formada por cristales de tamaño microscópico que en algunos casos es imposible distinguir a simple vista los minerales que componen la roca. La roca es cristalina, pero con grano tan fino que aparece como homogénea, normalmente caracterizamos las rocas de grano fino por su color claro, intermedio u oscuro. La textura se origina cuando el enfriamiento del magma es relativamente rápido. Ej.: La riolita, el Basalto.

Tabla 2. Tamaño absoluto de cristales.

Muy grueso: > 16 mm	Fino: 1 – 0.1 mm
Grueso: 16 – 4 mm	Muy fino: 0.1 – 0.01 mm
Medio: 4 – 1 mm	Ultra fino: < 0.01 mm

#### 2.2.7.5. Granularidad

Se utiliza para indicar rocas homogéneas o heterogéneas, en lo que tamaño se refiere.

**Equigranular:** Los cristales minerales son principalmente del mismo tamaño; esta textura es muy común en una roca plutónica, el tamaño de los cristales generalmente varía entre 2 y 10 mm.

**Inequigranulares:** Aquella roca cuyos granos y/o cristales son claramente distintos. Existen distintas variedades de este tipo de texturas, siendo una de las más comunes la textura porfídica, que se supone cristales relativamente grandes (denominado fenocristales) englobados en una matriz de grano más fino, en algunos casos dicha matriz es de vidrio. Esta textura se genera cuando el magma asciende a profundidades someras a intermedias (hipabisales), donde se generan dos estados al momento de enfriarse o solidificarse. Debido al crecimiento lento de los fenocristales suspendido en la mezcla, estos son típicamente euhedrales o subhedrales, completos y no rotos.

#### **2.2.7.6. Hábito y Formas Cristalinas**

La descripción de las formas de los Minerales que forman los minerales está referido al mayor o menor desarrollo de caras cristalográficas; pudiendo ser:

**Euhedrales:** Cuando los minerales presentan varias caras que facilitan su determinación dentro del sistema cristalográfico. Caras cristalinas desarrolladas.

**Subhedrales:** Caras cristalinas parcialmente desarrolladas.

**Anhedrales:** Caras cristalinas no desarrolladas; solo se aprecian granos minerales (el cuarzo es un ejemplo típico, solo rellena intersticios).

#### **2.2.7.7. Relaciones mutuas entre los cristales**

El término está referido a la mayor o menor cantidad porcentual de las diferentes formas de los cristales pudiendo ser los siguientes:

**Panidiomórficas:** Rocas en las que más del 50% de sus minerales son cristales euhedrales.

**Hipidiomórficas:** Cuando las rocas presentan más del 50% de cristales subhedrales.

**Alotriomórficas:** Cuando las rocas se componen del más del 50% de cristales anhedrales.

#### 2.2.7.8. Color

El índice de color utiliza el porcentaje de minerales máficos. (Lépez,2006)

**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.

#### 2.2.8. Características Mineralógicas

La abundancia de un mineral en una roca se denomina abundancia modal. La moda de una roca es, la abundancia volumétrica de sus minerales constituyentes expresadas en %. Desde el punto genético los minerales se clasifican en:

**Minerales primarios – singenéticos:** Formados por procesos magmáticos.

**Pirogenéticos:** Formados directamente a partir del fundido magmático.

**Minerales de reacción:** Por reacciones de minerales pirogenéticos con el fundido residual.

**Minerales xenógenos:** Por asimilar fragmentos de rocas encajantes en el magma.

**Minerales secundarios o postmagmáticos:** Procesos hidrotermales, metasomáticos o metamorfismo que afectan la roca.

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:** Contenido entre el 2% y 5% en la roca.

**Minerales accesorios:** Su contenido es inferior al 2% en la roca.

### 2.2.9. Diagrama de Streckeisen

Para clasificar una roca ígnea en base a su moda, se utilizan diagramas ternarios en los que se representan los contenidos de minerales primarios (no se utilizan los secundarios, formados después de la cristalización del magma).

El diagrama Streckeisen o QAPF es actualmente el diagrama más oficial" en la denominación de las rocas ígneas. El diagrama permite en una manera bastante fácil la denominación de rocas plutónicas y volcánicas. Solamente el contenido modal de 4 minerales en una muestra (y la textura) definen al final el nombre de la roca. Existen solamente pocas excepciones: Nombres como "ignimbrita" o piedra pómez no tienen su origen en este diagrama.

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

**F:** Feldespatoides (leucita, pseudoleucita, nefelina, analcima, sodalita, noseana, kalsilita, haiiyana, cancrinita).

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

El diagrama QAPF de doble triángulo, se utiliza para clasificar rocas ígneas volcánicas en base a su composición mineralógica. El acrónimo, 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%).

Clasificación de las rocas ígneas volcánicas	
<b>Según Streckeisen (1979)</b>	<b>Q:</b> Cuarzo
M menor de 90%	<b>A:</b> Feldespato potásico o feldespato alcalino.
<b>M= 100 - (Q+A+P+F)</b>	<b>P:</b> Feldespato sódico (Plagioclasas)
	<b>F:</b> Feldespatoides.
	<b>M:</b> Minerales máficos.
<b>1:</b> Riolita de feldespato alcalino.	<b>7:</b> Andesitas y Basaltos (M mayor a 35%)
<b>2:</b> Riolita.	<b>7a:</b> Andesita calcoalcalina.
<b>3:</b> Dacita	<b>7b:</b> Basalto toleitico.
<b>4:</b> Traquitas de feldespato alcalino.	<b>7c:</b> Mugearita.
<b>4a:</b> Cuarzo- traquita de feldespato alcalino	<b>7d:</b> Basalto calcoalcalino rico en Al
<b>4b:</b> Traquita de feldespato alcalino.	<b>7e:</b> Mugearita.
<b>4c:</b> Traquita de feldespato alcalino con feldespatoides.	<b>7f:</b> Basalto alcalino y Hawaiiita.
<b>5:</b> Traquitas	<b>8:</b> Fonolita.
<b>5a:</b> Cuarzo - traquita.	<b>9:</b> Fonolita Tefritica.
<b>5b:</b> Traquita.	<b>10:</b> Tefrita fonolítica (Basanita si Ol es mayor de 10%)
<b>5c:</b> Traquita con feldespatoides.	<b>11:</b> Tefrita (Basanita si Ol es mayor de 10%)
<b>6:</b> Lacitas o Latitas	<b>12:</b> Foídita
<b>6a:</b> Cuarzo - Lacitas	<b>12a:</b> Foídita fonolítica
<b>6b:</b> Lacita	<b>12b:</b> Foidita tefrítica
<b>6b:</b> Lacita con feldespatoides.	<b>12c:</b> Foidita

Si M es mayor de 90 %:  
**Ultramafita.**

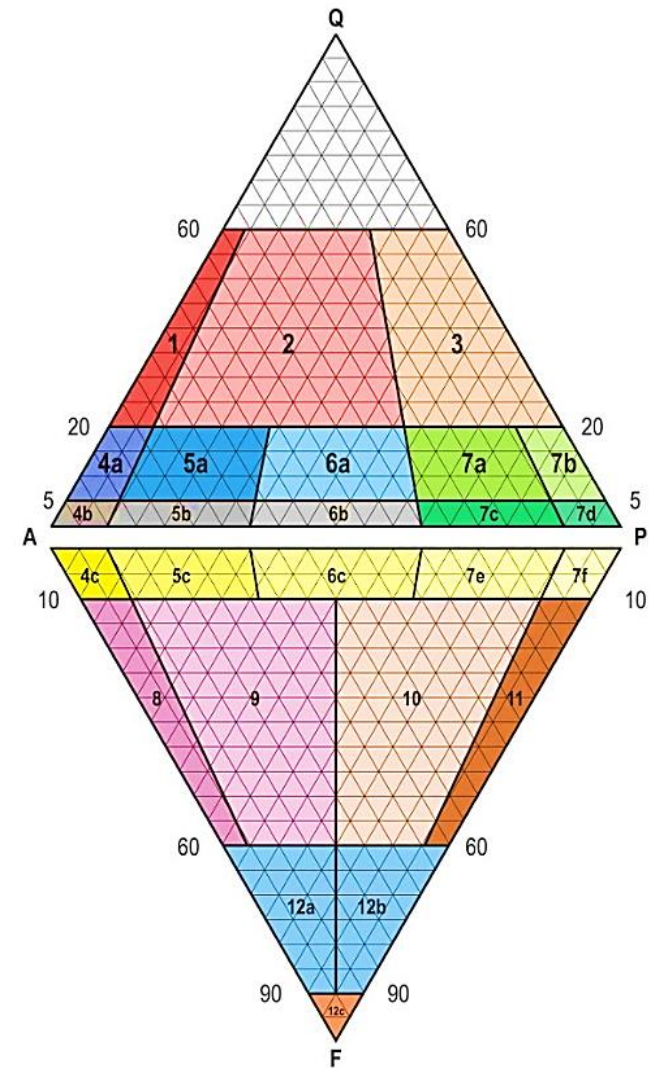


Figura 10. Clasificación modal de rocas volcánicas en el doble triángulo (Streckeisen, 1979)

Existe una clasificación complementaria para rocas volcánicas de acuerdo al contenido de feldespatos:

- **Rocas alcalinas:** Feldespatos alcalinos (Na – K)
- **Rocas calcoalcalinas:** Feldespatos alcalinos y plagioclasas.
- **Rocas calcosódicas:** Plagioclasas.

Las rocas volcánicas piroclásticas (explosivas) contienen fragmentos volcánicos y cuando se dispone de la composición química, las rocas volcánicas piroclásticas deben ser clasificadas de la misma manera que cualquier roca volcánica (clasificación TAS). 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.

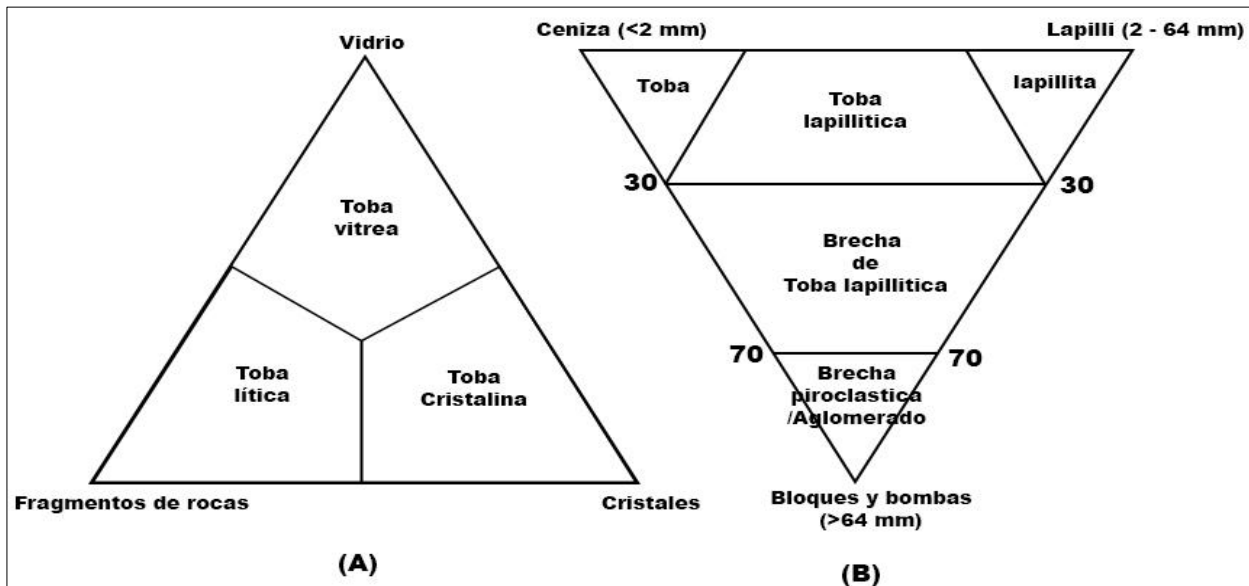


Figura 11. Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas. (Schmidt, 1981), según el tipo de material (A), según las dimensiones del material (B).

Tabla 3. Clasificación y granulometría de fragmentos piroclásticos. (Fisher, 1961).

TAMAÑO DE GRANO (mm)	FRAGMENTO PIROCLÁSTICO		NOMBRE LITOLÓGICO
256	gruesa	Bombas (forma redondeada)	Aglomerado
	fina	Bloques (forma angulosa)	Brecha piroclástica
64	Lapilli		Toba de lapilli
2			
1/16	gruesa	ceniza	Toba de ceniza
	fina		

### 2.2.10. Características Químicas

Cuando no es posible determinar la composición mineralógica cuantitativa de una roca, bien debido a la presencia de vidrio o a la pequeñez del tamaño de grano, se recurre a las clasificaciones del tipo químico, en base al porcentaje en peso de los elementos constituyentes mineralógicos expresados en forma de óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , etc.), utilizando directamente los resultados del análisis, como es el caso de la clasificación T.A.S. (Total Alkali Silica) utilizada para rocas volcánicas y en que se enfrentan en X el peso en  $\text{SiO}_2$ , frente a la suma de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  en Y. En este diagrama no se utilizan términos modales (máficos, félsicos, etc.) sino químicos: rocas ultrabásicas, básicas, intermedias, y ácidas.



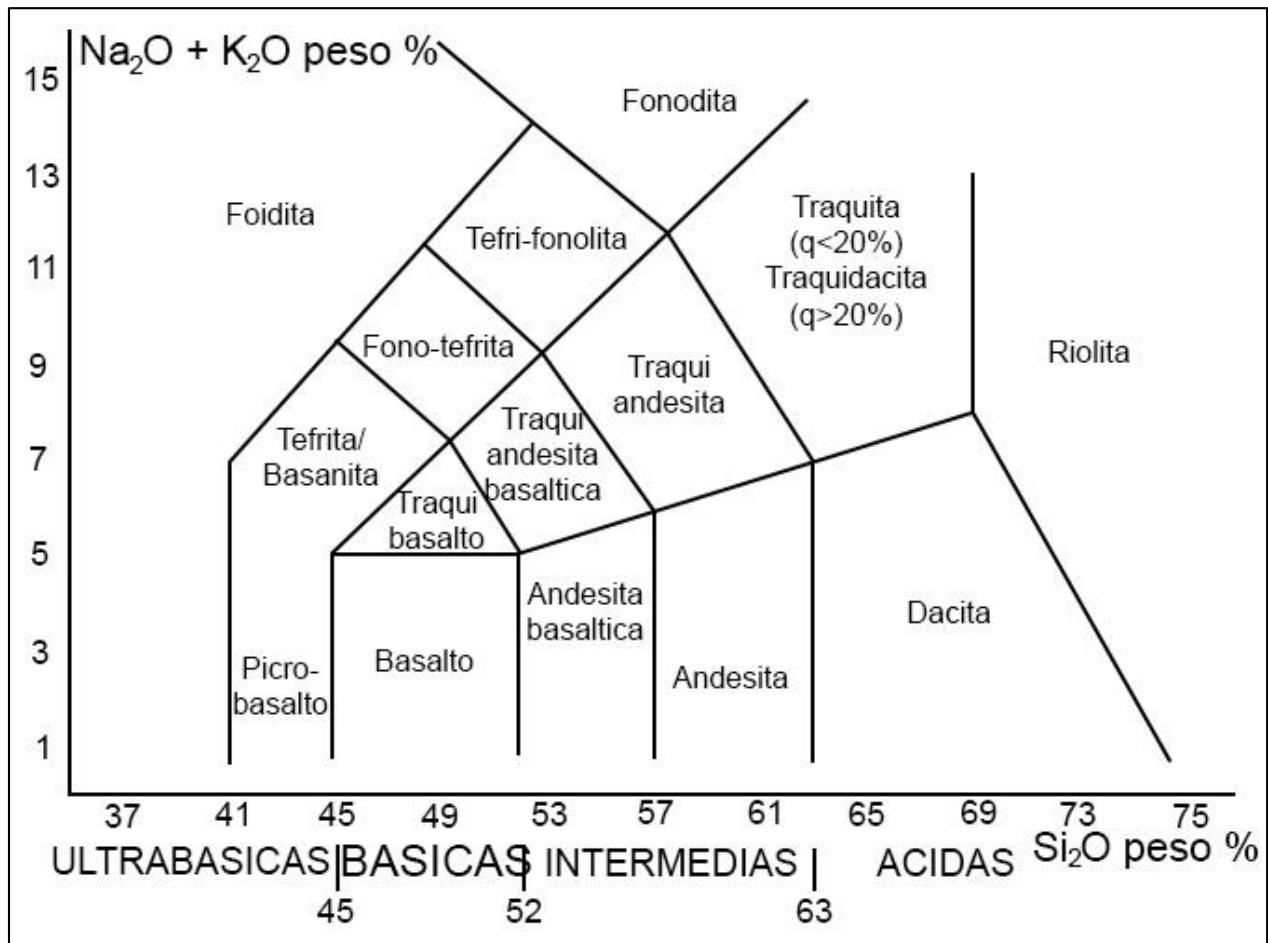


Figura 12. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas. Diagrama TAS - Total Álcalis vs. Silica - (Le Maitre, 2002).

### 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).

**Textura porfirítica.** Cristales de gran tamaño, englobados en una matriz de cristales de menor tamaño. Fenocristales relativamente grandes dispersos en una pasta afanítica mucho más fina, o incluso vítrea. (Dávila, 2011).

**Fenocristales.** Cristales de minerales de tamaños mayores que se destacan de una masa de cristales denominados matriz, característico de las rocas ígneas denominadas rocas porfiríticas. La textura de estas rocas se denomina porfirítica, también se encuentran inmersos en una pasta Afanítica en las texturas coherentes. Se encuentra en lavas e intrusiones sin volcánicas, pueden ocupar desde el 1 al 55% del volumen de la roca. Tamaño de 1 mm a 3 cm. La mineralogía, abundancia y distribución de los fenocristales es más o menos constante en una unidad de emplazamiento o flujo lávico. (Echavarría, 2008).

**Cristales y Fragmentos de Cristales.** Proviene de magmas porfiríticos y se encuentran en gran variedad de depósitos volcanogénicos. Pueden hallarse en depósitos volcánicos primarios (piroclásticos) o secundarios por el trabajo sedimentario. (Dávila 2011).

**Pómez.** Vidrio volcánico muy vesicular (puede o no tener cristales) de composición ácida. (Dávila 2011).

**Bloques.** Fragmento de roca piroclástica erupcionada de 5 cm. de diámetro o mayores. Tiene formas irregulares generadas a partir de magmas de viscosidad alta. (Dávila 2011).

**Fiamme.** Fragmento de pómez o lava aplastado, lentes vítreos con forma similar a una llama de fuego en depósitos piroclásticos bien soldados. Son lenticulares o en forma de disco. La alineación de fiamme define una foliación paralela a la estratificación atribuida a la compactación durante el soldamiento (textura eutaxítica). (Echavarría, 2008).

**Soldamiento.** Es la fusión y deformación plástica de piroclastos calientes de baja viscosidad (principalmente pómez, escoria y trisas) donde los poros son eliminados y el agregado piroclástico original es transformado en una roca relativamente densa. (Dávila 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Geográfica**

El área de investigación se encuentra ubicada al NE de la ciudad de Cajamarca perteneciente al cuadrángulo de Cajamarca carta 15f, delimitada por las coordenadas de sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) Datum WGS-84, y está contenida dentro de los siguientes vértices: V<sub>1</sub>. 9218120, 768835; V<sub>2</sub>. 9218120 773150; V<sub>3</sub>. 9214170, 773150; V<sub>4</sub>. 9214170, 768835.

##### **3.1.2. Política**

El área de investigación se encuentra ubicada en los centros poblados de Tual y Porcón Bajó, que pertenecen al Distrito de Cajamarca, y están dentro del Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca y Región de Cajamarca.

##### **3.1.3. Accesibilidad**

Para poder acceder al Volcánico Huambos en el área de investigación, se realizó 2 estaciones puntuales correspondientes a los centros poblados de Tual y Porcón Bajo, una vez en estos lugares hay dos posibilidades de acceso la primera es la carretera asfaltada Cajamarca – Tual aproximadamente 12 km, teniendo que recorrer aproximadamente un tiempo de 1 hora y 20 minutos en vehículo. La segunda posibilidad de acceso es Cajamarca – Porcón Bajo teniendo que recorrer por la carretera asfaltada

Cajamarca – Bambamarca con un promedio de 9 km, teniendo que recorrer aproximadamente un tiempo de 40 minutos en vehículo.

### **3.2. PROCEDIMIENTOS**

- **Etapa preliminar al trabajo de campo**

Consiste en recopilar toda la información previa al trabajo de campo mediante libros, boletines informativos, revistas informativas, trabajos de investigación relacionados al tema, etc. En la actualidad existe abundante información geográfica que se puede utilizar para realizar aspectos básicos como determinar la ubicación exacta del área de investigación, ubicando los principales accesos (carreteras, caminos de herradura y trochas carrozables), identificar la topografía y ríos, quebradas y afloramientos rocosos, centros poblados cercanos que pueden ser muy útiles en el caso de cualquier incidente que puedan ocurrir en el trabajo de campo.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó información cartográfica obtenida del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (geología), a través de su portal en internet GEOCATMIN, Global Mapper (topografía básica), SAS Planet (Imágenes satelitales de alta resolución).

- **Etapa de Campo**

El procedimiento consistió en la delimitación, ubicación y reconocimiento fisiográfico del Volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo, con ayuda del plano topográfico e imágenes satelitales; luego con la toma de muestras para la observación, descripción, explicación e interpretación de las características petrológicas: textura, mineralogía, color y modo de ocurrencia, identificación y delimitación de características petrológicas, de cada tipo de roca definida en campo. En el proceso se realizó algunas observaciones y anotaciones puntuales tales como: ubicación, elevación, azimut, buzamiento y algún otro dato que se considere necesario para el tema de investigación.

- **Etapa de Gabinete**

Consiste en utilizar la data obtenida en campo, como la ubicación de los puntos estratégicos de muestreo, descripción de las características petrológicas, uso de los diagramas de estimación visual de minerales, análisis macroscópico y microscópico de las muestras, y la utilización de los triángulos de Streckeisen y T.A.S. donde se podrá tipificar la roca dándoles una denominación.

### **3.2.1. Metodología**

El tipo de investigación fue descriptiva, porque implica observar y describir las características petrológicas, explicativa, porque busca la explicación de determinar los procesos de formación de los depósitos volcánicos. Por otro lado, los métodos de investigación utilizados son: Descriptivo, analítico y explicativo.

Tabla 4. Tipo, Nivel, diseño y método de la Investigación.

<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	Descriptiva - Explicativa
<b>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Descriptivo
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	No experimental
<b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b>	Descriptiva – Explicativa

Fuente: Supo (2016)

#### **3.2.1.1. Población de estudio**

La población de estudio es el volcánico Huambos entre las zonas de Tual y Porcón Bajo comprendida en un área aproximado de 16 km<sup>2</sup>.

#### **3.2.1.2. Muestra**

Para la investigación se tiene los factores de: Litología, Estructura, textura, mineralogía, eventos volcánicos y modo de ocurrencia del origen de la actividad volcánica.

### 3.2.1.3. Unidad de análisis

Características petrológicas y mineralógicos de cada uno de las facies de la unidad volcánica que se han formado de acuerdo al tiempo geológico.

### 3.2.2. Identificación de Variables

Para la investigación se ha identificado las siguientes variables. Variable dependiente características petrográficas y como variables independientes litología, Estructura, textura, mineralogía y modo de ocurrencia, tal como se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 5. Identificación de Variables.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Litología	Características Petrológicas
Estructura	
Textura	
Mineralogía	
Modo de Ocurrencia	

### 3.2.3. Técnicas

#### 3.2.3.1. Elaboración de instrumentos de recolección de datos.

Para la obtención de datos en campo se elaboraron fichas de recolección de datos, las cuales permiten ubicar espacialmente a las muestras litológicas, además de describir sus características petrográficas y secuencias volcánicas. 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, además de un equipo profesional y necesario para la realización de las secciones o láminas delgadas, y la experiencia necesaria para la identificación de minerales bajo un microscopio petrográfico.

### **3.2.4. Instrumentos y Equipos**

#### **3.2.4.1. Instrumentos:**

Los instrumentos a utilizar en el siguiente trabajo de investigación son:

- Mapa geológico (esc. 1/15000)
- Mapa topográfico (esc. 1/15000)
- Imagen Satelital (SAS Planet)
- Registro Geológico, para la toma de datos de las muestras tomadas en la fase de campo.

#### **3.2.4.2. Equipos:**

Los equipos a utilizar en el siguiente trabajo de investigación son:

- GPS Garmin eTrex 20 para la ubicación de las muestras tomadas en campo, además de la ubicación de los contactos de las unidades de la Facies.
- Libreta de Geólogo, para las anotaciones más importantes en la fase de campo.
- Brújula tipo Brunton, para orientarnos y medir, rumbo, buzamiento e inclinación de las unidades de las Facies.
- Picota de Geólogo, la cual no sirvió para sacar muestras representativas en la zona de estudio.
- Flexómetro de 5m, para medir el espesor de las unidades de las Facies.
- Lápiz de dureza Diamantada, para determinar la dureza de los minerales de las muestras representativas tomadas en la fase de campo.
- Lupa (20x – 10x), para observar e identificar los diferentes minerales de las muestras representativas tomadas en la fase de campo.
- Protactor, para medir nuestra ubicación en el plano satelital.
- Colores, para codificar cada muestra representativa en la fase de campo.

- Cámara digital 14 Mpx, para fotografiar las muestras representativas tomadas en la fase de campo y las unidades de las Facies.

### **3.2.5. Elaboración de instrumentos de recolección de datos**

#### **3.2.5.1. Etapa I: Recolección de datos**

Para la recolección de datos en campo se elaboraron formatos de recolección de datos, las cuales le dan una ubicación espacial a las muestras litológicas, además de describir sus características petrográficas y su tipo de secuencia volcánica.

#### **3.2.5.2. Etapa II: Salidas al Campo**

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 alcalino y plagioclasas. Además de este gráfico se utilizó los triángulos de Schmid, importantes para clasificar rocas piroclásticas.

#### **3.2.5.3. Etapa III: Procesamiento de Datos**

Para la columna estratigráfica que se levantó en campo, y se manejó un formato pre – establecido donde se especifica su descripción, su tipo de secuencia volcánica y su altura en metros.



### 3.3. CONTEXTO GEOLÓGICO

#### 3.3.1. Geomorfología

El área de estudio presenta una geomorfología muy irregular, debido a la depositación de Facies en el área de estudio y estas presentan comportamientos diferentes frente a la erosión.

##### 3.3.1.1. Superficies de Erosión

Se considera la existencia de una sola superficie de erosión siguiendo los niveles topográficos comprendidos entre los 3240 – 3460 m.s.n.m, generada por procesos erosivos controlados principalmente por la composición litológica.



Foto 1. Superficie de erosión 3240 - 3460 m.s.n.m

### 3.3.1.2. Drenaje

#### 3.3.1.2.1. Río

La existencia del Río Porcón, con una dirección NW – SE, siendo el tributario de mayor orden localizado en la zona de estudio.



Foto 2. Río Porcón.

#### 3.3.1.2.2. Quebrada

Distinguiéndose varias quebradas, con una dirección promedio NW-SE, con un flujo muy variado dependiendo de las temporadas de precipitación.



Foto 3. Quebrada presente en el área de estudio.

### 3.3.1.3. Valles Jóvenes

La existencia de valles jóvenes, originados por los flujos hídricos de las quebradas. Tomando una morfología en V.



Foto 4. Valle Joven Tipo V.



#### 3.3.1.4. Disyunción Columnar

Los depósitos piroclásticos de la Formación Huambos se forman por la depositación de flujos de alta temperatura, rellenando paleo topografías, una vez detenido este flujo ardiente continua el proceso de enfriamiento y solidificación, que no es homogéneo, ya que la parte superficial y la que está en contacto con el suelo se enfrían más rápidamente; este hecho provoca la disminución de su volumen y el diaclasado que se forma por tensiones cuando la lava y el magma se enfría.



Foto 5. Fracturamiento irregular formadas por enfriamiento rápido. Carretera al centro Poblado de Tual – Cajamarca.

#### 3.3.1.5. Unidades Geomorfométricas

Para realizar la zonificación de las unidades geomorfométricas se consideró los parámetros de altura máxima y mínima, que van desde 2800 m.s.n.m hasta una cota máxima de 3464 m.s.n.m. Para esto empleamos el software ArcGis, mediante la clasificación de alturas y pendientes, para lo cual tomamos como referencia los intervalos definidos en la tabla siguiente:

Tabla 6. Unidades Geomorfométricas.

<b>UNIDADES GEOMORFOMÉTRICAS</b>			
<b>Pendientes</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Área %</b>
0 -8°	Planicies	3.9	20.10
8° - 25°	Lomadas	12.10	62.37
25° - 50°	Laderas	3.2	16.50
>50°	Escarpas	0.2	1.00
		19.4	100

Fuente: Rodríguez (2014)

#### **3.3.1.5.1. Planicies**

Terreno de superficie homogénea, ligeramente ondulada, producto de la depositación de erosión, manejada para actividades agrícolas y ganaderas. Comprendida dentro del rango de 0° a 8°.

#### **3.3.1.5.2. Lomadas**

Terreno con elevaciones de bajo ángulo y pendientes suaves ya que está comprendida entre los 8° a 25°, aprovechadas para pastoreo por las personas aledañas.

#### **3.3.1.5.3. Laderas**

Terrenos relativamente inclinados, con inclinaciones comprendidas entre 25° a 50 °, áreas aprovechadas para el pastoreo.

#### **3.3.1.5.4. Escarpas**

Son relieves de fuerte desnivel con pendientes que superan los 50°. Esta topografía es menos abundante, en el área de estudio.



Foto 6. Foto panorámica de las Unidades Geomorfométricas.

### 3.3.2. Geología Estructural

La depositación de la Formación Huambos en el área de estudio fue controlada por estructuras que originaron una paleo depresión en las zonas de Tual y Porcón Bajó.

Asimismo, al Sureste de la zona de estudio en el Centro Poblado de Huambocancha Baja, se evidencia una zona intensamente plegada y fallada. Litológicamente está constituida por areniscas de grano fino a medio de color blanquecino. Se infiere una Falla Normal regional con dirección Andina NW-SE (Ver Foto N°7)



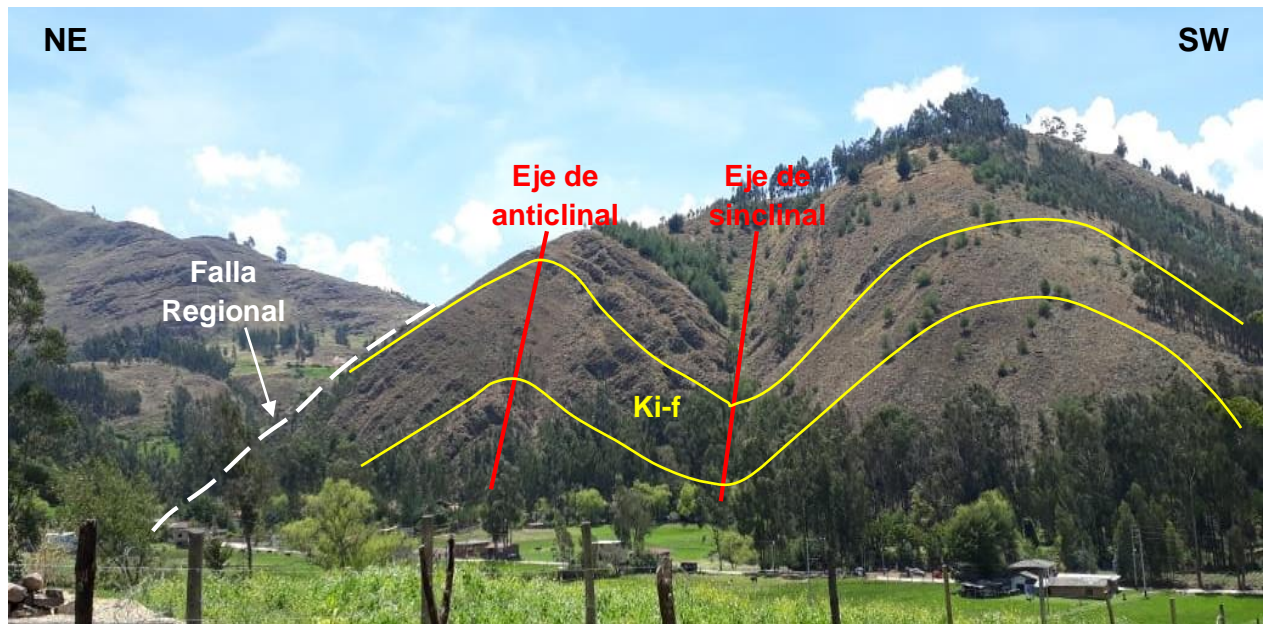


Foto 7. Ubicación N: 9213893, E: 773057. Al Sureste de la zona de estudio en Huambocancha Baja, se evidencia un anticlinal y a continuación un sinclinal en la Formación Farrat; Asimismo, una Falla normal regional con dirección NW-SE.

### 3.3.3. Geología Local

#### 3.3.3.1. Grupo Goyllarisquizga

##### 3.3.3.1.1. Formación Farrat

Esta Formación, en el área de estudio se observa en discordancia angular con el Volcánico Huambos, está compuesta por areniscas blanquecinas de grano fino a medio, donde se aprecia estratos de areniscas de un espesor pequeño entre 10 a 20 centímetros.



Foto 8. Ubicación N: 9214057, E: 771998. Se aprecia estratos de areniscas de un espesor pequeño entre 10 a 20 cm de espesor.

### 3.3.3.2. Volcánicos Huambos

El Volcánico Huambos, aflora en toda su dimensión en el Distrito de Huambos, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, de ahí viene la denominación Huambos. Al Volcánico Huambos se le domina también Formación Bambamarca, la cual suprayace al Grupo Calipuy e infrayace a la Formación Cajabamba, en el área de estudio se observa en discordancia angular con rocas del Cretáceo Inferior de la Formación Farrat.

Caracterizado por una espesa secuencia de rocas piroclásticas, que presenta el desarrollo de un importante episodio volcánico explosivo producido en el Mioceno Superior (Farrar y Noble, 1976; Rivera, 2005). Los estudios vulcanológicos desarrollados ponen en evidencia el emplazamiento del Volcánico Huambos durante diversos eventos y secuencias piroclásticas emplazadas en el Cenozoico.



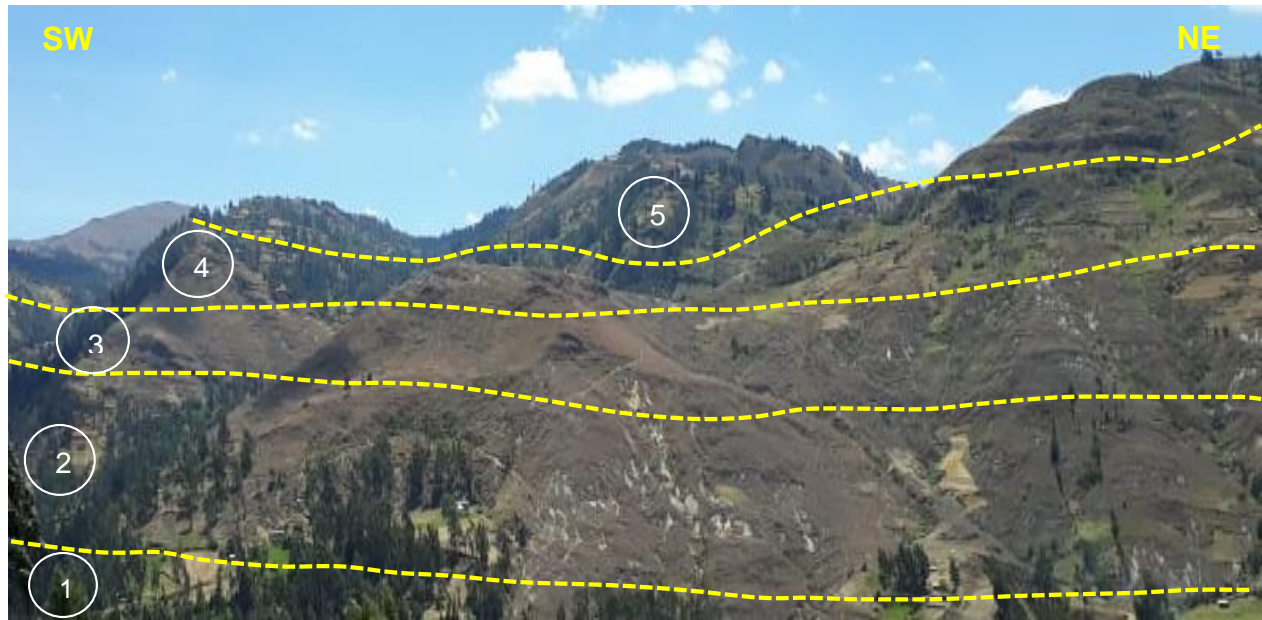


Foto 9. Vista Panorámica del Volcánico Huambos, que presenta cinco Facies en la zona de estudio.

### 3.3.3.3. Depósitos Cuaternarios

Estos depósitos se ubican cronológicamente en el Holoceno, son sedimentos de cobertura, generalmente no consolidados y que se distribuyen en forma irregular en el área de estudio, los cuales son productos de la acumulación de diversos materiales geológicos y están formados por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, debido principalmente al medio de transporte (agua y viento) y a la meteorización. Sobreyace en discordancia angular al Volcánico Huambos.

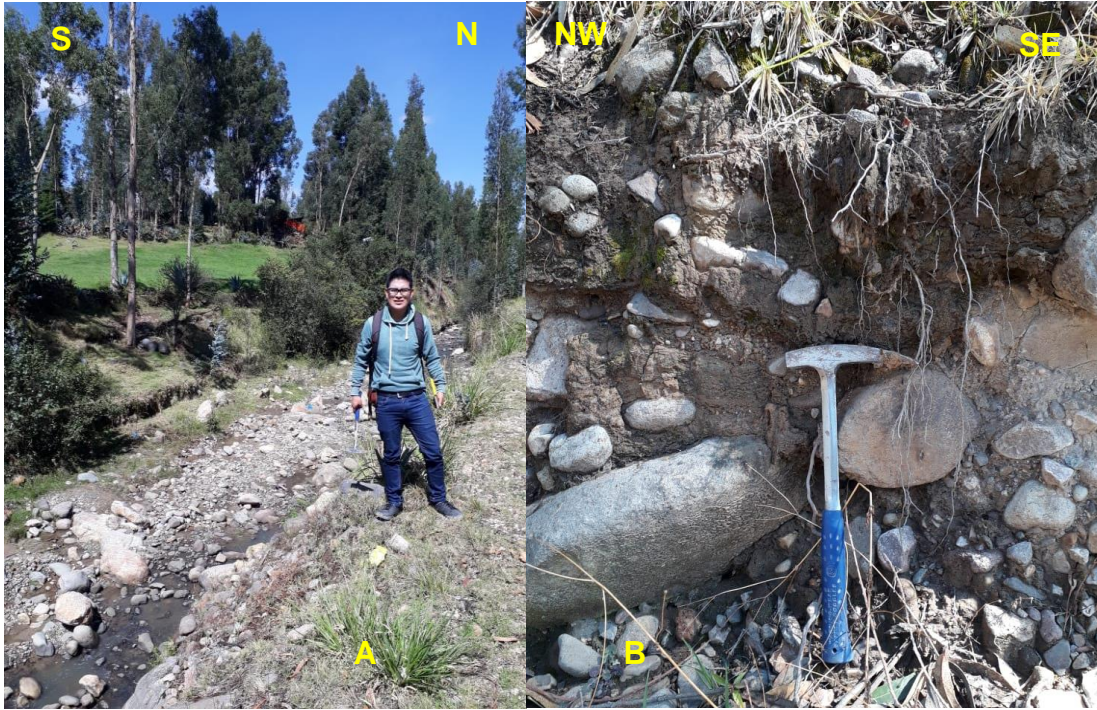


Foto 10. Depósitos Cuaternarios. (A) Deposito Fluvial en río Porcón, (B) Deposito Aluvial.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. PETROGRAFÍA VOLCÁNICA**

Las rocas volcánicas del Volcánico Huambos expuestas en la zona de Tual y Porcón Bajo, se depositaron siguiendo una tendencia con orientación NW, emitidos desde un centro volcánico al NW activo en el Mioceno Superior.

##### **4.1.1. Clasificación Macroscópica**

La caracterización petrográfica macroscópicamente se realizó mediante la clasificación de 45 muestras de mano del Volcánico Huambos, con dimensiones variables de 5 – 15 centímetros aproximadamente y distribuidas en toda la zona de interés.

Tabla 7. Ubicación de muestras para descripción petrográfica.

CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS 84		
	ESTE	NORTE	COTA
G-01	770392	9214924	2936
G-02	772123	9215556	2934
G-03	770674	9214712	2935
G-04	771289	9214385	2926
G-05	770443	9215065	2982
G-06	771150	9214744	3065
G-07	772596	9215097	3140
G-08	770996	9215086	3015
G-09	771431	9215184	3060
G-10	770501	9215139	3005
G-11	770400	9215129	3005
G-12	770329	9215177	3013
G-13	770403	9215219	3056
G-14	770365	9215286	3067
G-15	770240	9215495	3088
G-16	770120	9215757	3114
G-17	770232	9215654	3124
G-18	770374	9215505	3158
G-19	770467	9215408	3149
G-20	770601	9215438	3159
G-21	770534	9215529	3153
G-22	771634	9215798	3182
G-23	772142	9215882	3153
G-24	772469	9216558	3179
G-25	769433	9216081	3210
G-26	770459	9215550	3177
G-27	770430	9215680	3190
G-28	771233	9216739	3235
G-29	770391	9215807	3200
G-30	770401	9216036	3213
G-31	770538	9216322	3238
G-32	771331	9216280	3314
G-33	770505	9216462	3249
G-34	770427	9218073	3371
G-35	770416	9218077	3372
G-36	770074	9217788	3409
G-37	769067	9217679	3344
G-38	770017	9217889	3424
G-39	771029	9217978	3433
G-40	771173	9217729	3435
G-41	771849	9214396	2934
G-42	772482	9217803	2936
G-43	769084	9214237	3025
G-44	769435	9215063	2990
G-45	769101	9215403	3030

Para la visualización de la composición macroscópicamente de las rocas se utilizó una lupa de 20x y para los minerales presentes en la matriz y difícil de reconocer, se utilizó un microscopio EMZ-5.

En base a lo observado se realizó un análisis cuantitativo, cualitativo e interpretativo de la proporción mineralógica, para determinar la composición de la roca, utilizando el diagrama de Clasificación modal de rocas volcánicas (Streckeisen, 1979).

La determinación del tipo de roca volcánica piroclástica se basó en la descripción de dimensión/ volumen de cristales – líticos, utilizando el diagrama de Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas (Schmidt, 1981).

El resumen de todas las muestras descritas se muestra en la Tabla 08, en esta tabla los ítems a describir son código de muestras, características físicas (Textura, grado de cristalización, granularidad, Hábito y formas cristalinas, relación mutua entre los cristales y color), composición mineralógica, modo de ocurrencia y observaciones.

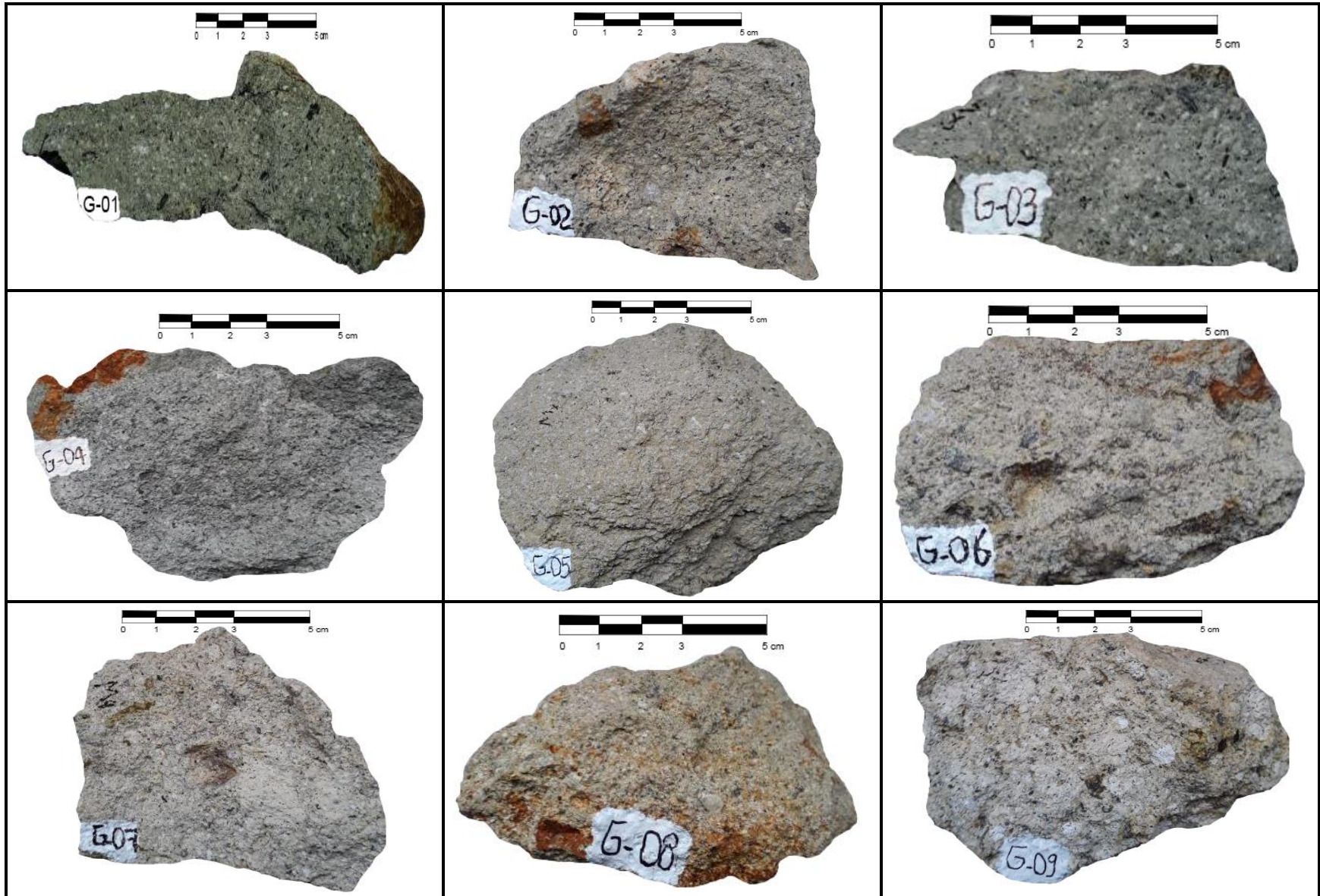
Tabla 8. Descripción petrográfica macroscópica de muestra de mano (Lupa 20x - Iwamoto)

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA														
CÓDIGO DE MUESTRA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS						COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)				OTROS (%)		MODO DE OCURRENCIA	OBSERVACIONES
	Textura	Grado de Cristalización	Granularidad	Hábito y formas Cristalinas	Relación mutua entre los cristales	Color	Oz	Fds	PGLs	M	Líticos	Pómez		
G-01	Porfírica	Holocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	5	5	60	30			Subvolcánico	Alteración selectiva de PGLs a Arcillas.
G-02	Fragmental	Holocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	5	2	60	30	3		Flujo Piroclástico	Eventuales Líticos lávicos.
G-03	Porfírica	Holocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	2	3	70	25			Subvolcánico	Eventuales Fenocristales de H.
G-04	Porfírica	Holocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	2	3	65	30			Subvolcánico	Py Diseminada.
G-05	Porfírica	Holocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	3	2	70	25			Subvolcánico	Alteración selectiva de PGLs a Arcillas.
G-06	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	3	2	60	15	20		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-07	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	5		60	20	5	10	Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas.
G-08	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	2	3	65	20	10		Flujo Piroclástico	Patinas de OxsFe.
G-09	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	5		70	15	10		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-10	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	2	3	65	20	10		Flujo Piroclástico	Alteración selectiva de PGLs a Arcillas
G-11	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	5		60	25	10		Flujo Piroclástico	Patinas de Ox.
G-12	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	3	2	50	30	15		Flujo Piroclástico	Alteración selectiva de PGLs a Arcillas
G-13	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Hololeucocráticas	5		65	10	15	5	Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-14	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	1	3	55	25	15	1	Flujo Piroclástico	Alteración selectiva de PGLs a Arcillas
G-15	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Anhedrales	Alotriomórficas	Hololeucocrática	3	2	60	10	25		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-16	Fragmental	Merocrystalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomórficas	Leucocrática	1	3	55	25	15	1	Flujo Piroclástico	Patinas de Ox.

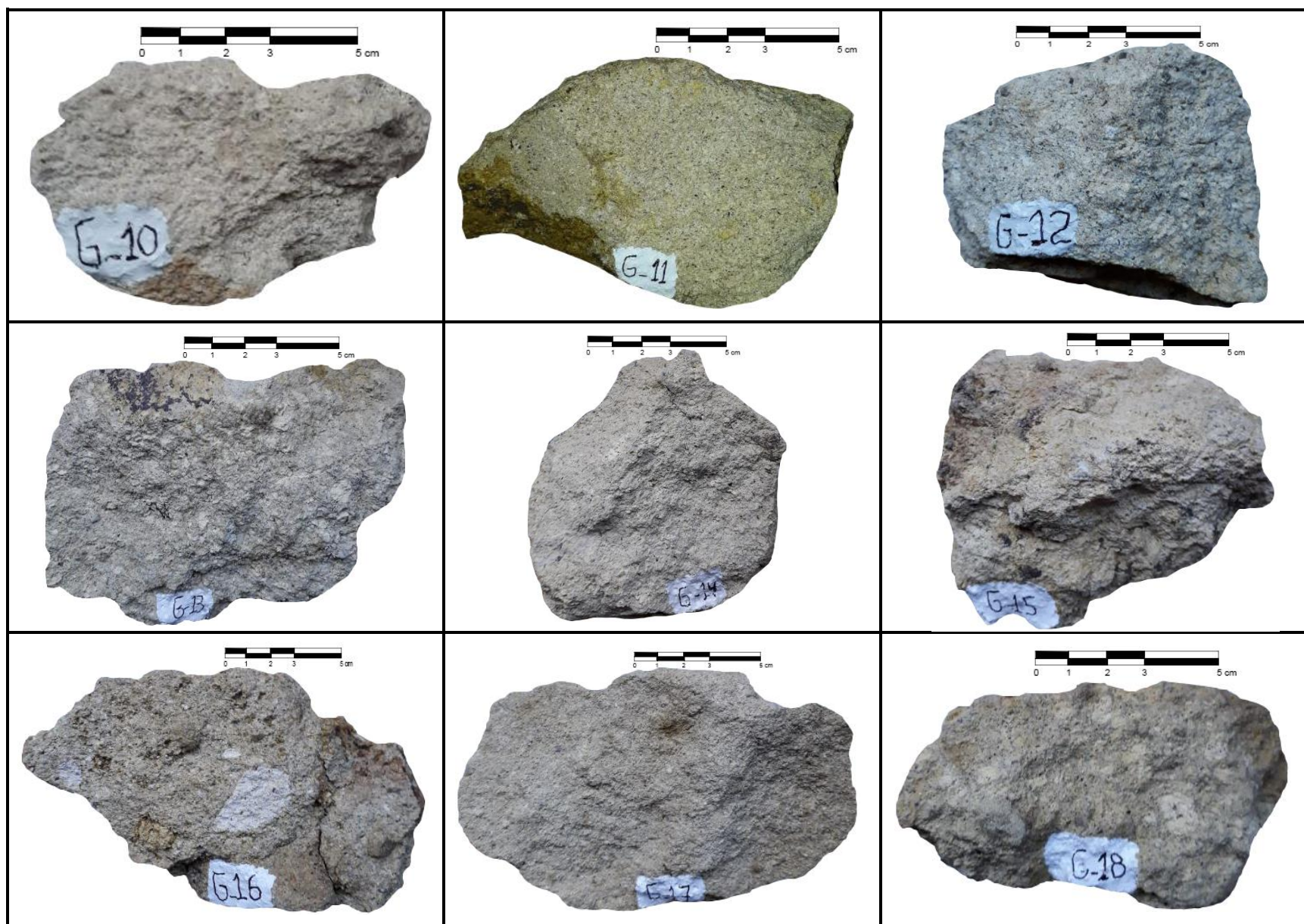
G-17	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		55	25	15		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-18	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	2	3	45	25	10	15	Flujo Piroclástico	Eventuales Fenocristales de H
G-19	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	2	3	40	20	25	10	Flujo piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica, patinas de Ox
G-20	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		55	25	15		Flujo Piroclástico	Eventuales Fenocristales de H
G-21	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	2	3	50	15	30		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica
G-22	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		50	20	25		Flujo Piroclástico	Eventuales Fenocristales de H
G-23	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		55	15	25		Flujo Piroclástico	Fenocristales de H
G-24	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		45	20	30		Flujo Piroclástico	Eventuales Fenocristales de H.
G-25	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	2	23	55	30	10		Flujo Piroclástico	Eventuales Líticos de naturaleza volcánica.
G-26	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		50	15	30		Flujo Piroclástico	Patinas de Ox
G-27	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		45	30	20		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica.
G-28	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Hololeucocráticas	5		65	10	20		Flujo Piroclástico	Patinas de Ox
G-29	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		45	20	30		Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
G-30	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	3	2	55	15	25		Flujo Piroclástico	Patinas de Ox
G-31	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		75	20			Flujo Piroclástico	Eventuales Fenocristales de PGLs
G-32	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Anhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		75	15	5		Flujo Piroclástico	Alteración de PGLs a Arcillas
G-33	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		65	30			Subvolcánico	Cristales alineados con una cierta orientación
G-34	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5	5	65	25			Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcillas
G-35	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	3	2	65	30			Subvolcánico	Alteración de PGLs a Arcilla.
G-36	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		65	25			Flujo Piroclástico	Cristales deformados
G-37	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		75	20			Flujo Piroclástico	Cristales deformados
G-38	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática			70	30			Subvolcánico	Fenocristales de H
G-39	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		65	20	10		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica
G-40	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Anhedrales	Alotriomórficas	Leucocrática			65	25	10		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica
G-41	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		75	20			Subvolcánico	Fenocristales de H
G-42	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática			65	20	15		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica
G-43	Porfírica	Holocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		75	20			Subvolcánico	Fenocristal de H y PGLs
G-44	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática			65	20	15		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica
G-45	Fragmental	Merocristalina	Inequigranular	Subhedrales	Hipidiomorficas	Leucocrática	5		50	25	20		Flujo Piroclástico	Líticos de naturaleza volcánica, fenocristal de H



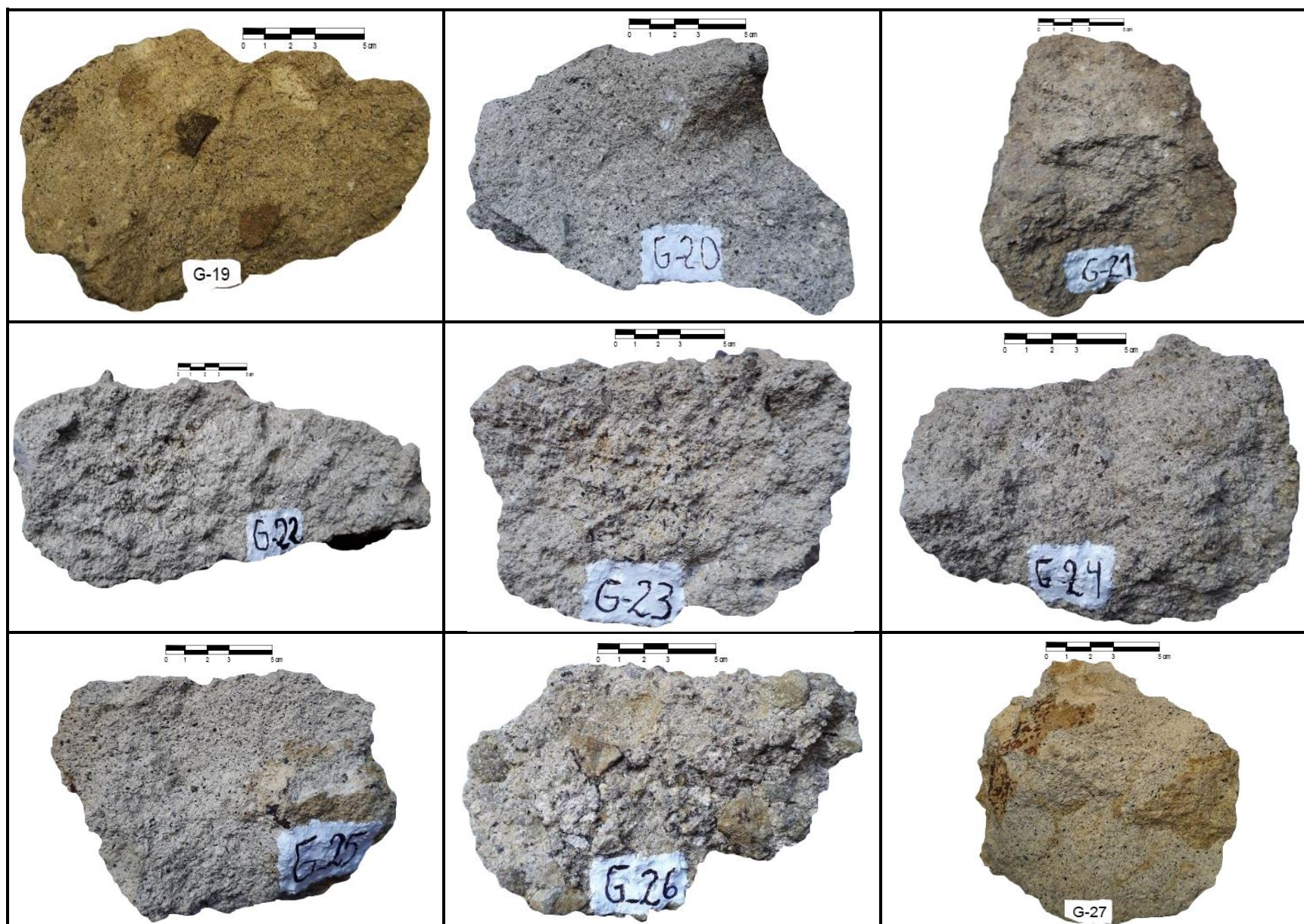
Tabla 9. Muestras de mano con sus respectivos códigos

















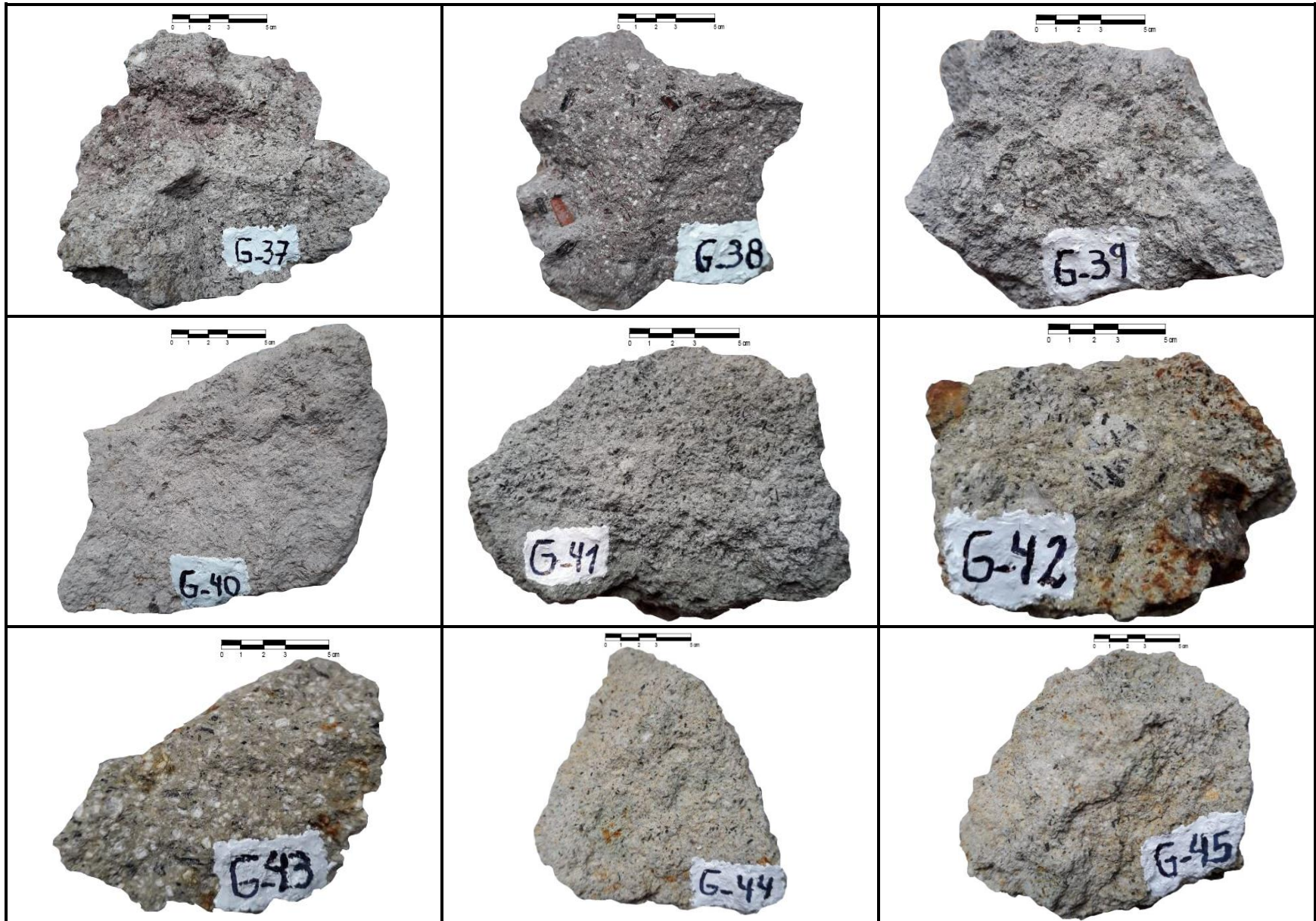
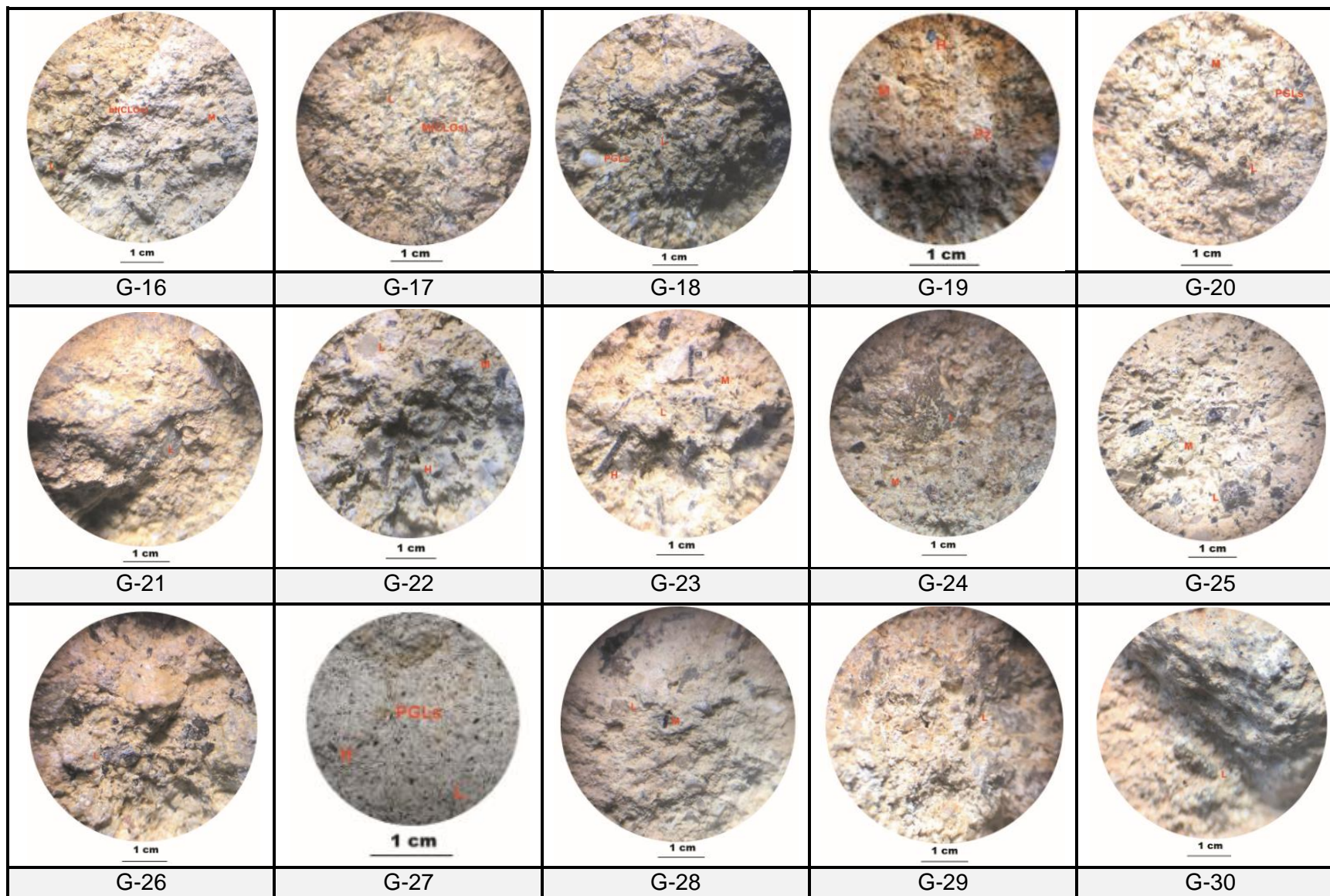


Tabla 10. Vista al microscopio Leizt 215x de las muestras de mano.

				
G-01	G-02	G-03	G-04	G-05
				
G-06	G-07	G-08	G-09	G-10
				
G-11	G-12	G-13	G-14	G-15





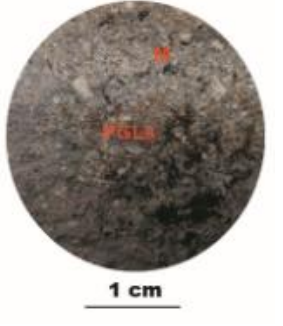
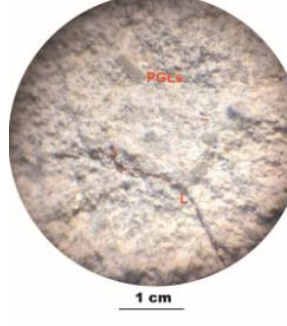
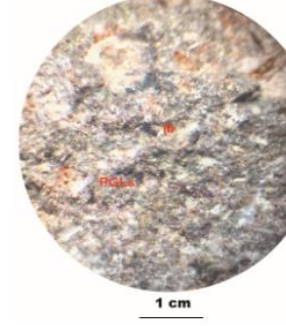
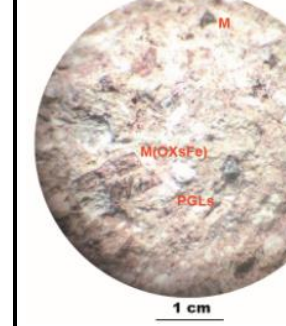
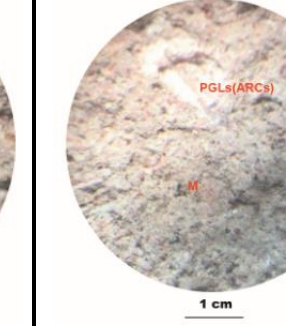

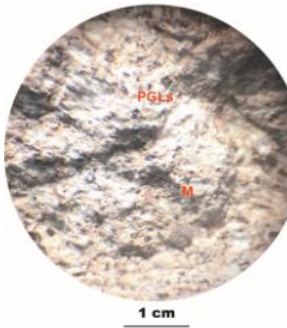
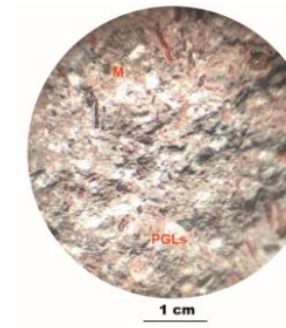
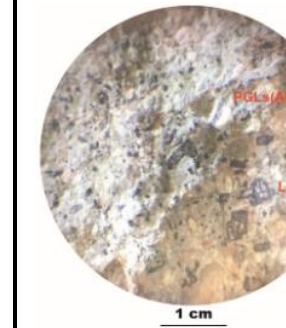
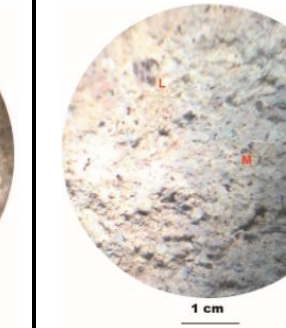
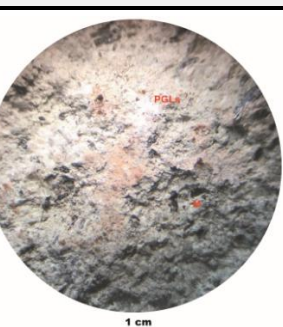
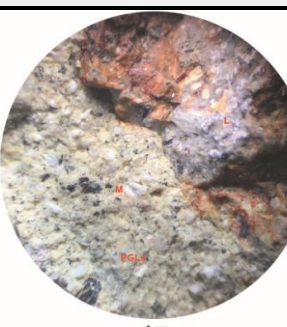
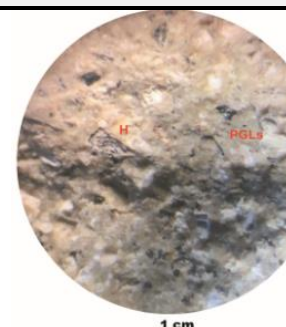

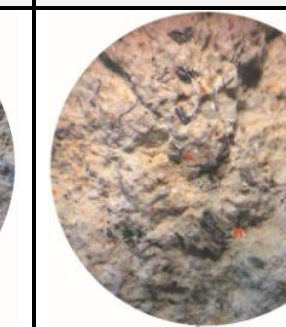
 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>
G-31	G-32	G-33	G-34	G-35
 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>
G-36	G-37	G-38	G-39	G-40
 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>	 <p>1 cm</p>
G-41	G-42	G-43	G-44	G-45



Tabla 11. Clasificación de rocas volcánicas según Streckeisen, 1979 y Schmidt, 1981

<b>CLASIFICACIÓN DE ROCAS VOLCÁNICAS</b>			
<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	<b>STRECKEISEN 1979</b>	<b>SCHMIDT - 1981</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
G-01	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-02	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-03	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-04	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-05	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-06	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-07	Andesita	Toba Cristalovítrico	Toba Cristalovítrico Andesítico
G-08	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-09	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-10	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-11	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-12	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-13	Andesita	Toba Cristalovítrico	Toba Cristalovítrico Andesítico
G-14	Andesita	Toba Cristalovítrico	Toba Cristalovítrico Andesítico
G-15	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-16	Andesita	Toba Cristalovítrico	Toba Cristalovítrico Andesítico
G-17	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-18	Andesita	Toba Cristalovítrico	Toba Cristalovítrico Andesítico
G-19	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-20	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-21	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-22	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-23	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-24	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-25	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-26	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-27	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-28	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-29	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-30	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-31	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
G-32	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
G-33	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-34	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-35	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-36	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
G-37	Andesita	Toba de Cristales	Toba de Cristales Andesítico
G-38	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-39	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-40	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-41	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-42	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-43	Andesita	Roca Subvolcánico	Andesita
G-44	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico
G-45	Andesita	Toba Cristalolítico	Toba Cristalolítico Andesítico



Con la descripción macroscópicamente de las 45 muestras de mano se obtuvo:

45 muestras son de composición andesítica, con porcentajes que van de 40% - 75% de plagioclasas cálcica – sódicas, 1% - 5% de cuarzo, 10% – 30% de máficos, 3% - 30% de fragmentos líticos.

Clasificación de las rocas ígneas volcánicas	
<b>Según Streckeisen (1979)</b>	<b>Q:</b> Cuarzo
M menor de 90%	<b>A:</b> Feldespato potásico o feldespato alcalino.
<b>M= 100 - (Q+A+P+F)</b>	<b>P:</b> Feldespato sódico (Plagioclasas)
	<b>F:</b> Feldespatoides.
	<b>M:</b> Minerales máficos.
<b>1:</b> Riolita de feldespato alcalino.	<b>7:</b> Andesitas y Basaltos (M mayor a 35%)
<b>2:</b> Riolita.	<b>7a:</b> Andesita calcoalcalina.
<b>3:</b> Dacita	<b>7b:</b> Basalto toleítico.
<b>4:</b> Traquitas de feldespato alcalino.	<b>7c:</b> Mugearita.
<b>4a:</b> Cuarzo- traquita de feldespato alcalino	<b>7d:</b> Basalto calcoalcalino rico en Al
<b>4b:</b> Traquita de feldespato alcalino.	<b>7e:</b> Mugearita.
<b>4c:</b> Traquita de feldespato alcalino con feldespatoides.	<b>7f:</b> Basalto alcalino y Hawaiiita.
<b>5:</b> Traquitas	<b>8:</b> Fonolita.
<b>5a:</b> Cuarzo - traquita.	<b>9:</b> Fonolita Tefritica.
<b>5b:</b> Traquita.	<b>10:</b> Tefrita fonolítica (Basanita si Ol es mayor de 10%)
<b>5c:</b> Traquita con feldespatoides.	<b>11:</b> Tefrita (Basanita si Ol es mayor de 10%)
<b>6:</b> Lacitas o Latitas	<b>12:</b> Foídita
<b>6a:</b> Cuarzo - Lacitas	<b>12a:</b> Foídita fonolítica
<b>6b:</b> Lacita	<b>12b:</b> Foidita tefrítica
<b>6b:</b> Lacita con feldespatoides.	<b>12c:</b> Foidita

Si M es mayor de 90 %:  
**Ultramafita.**

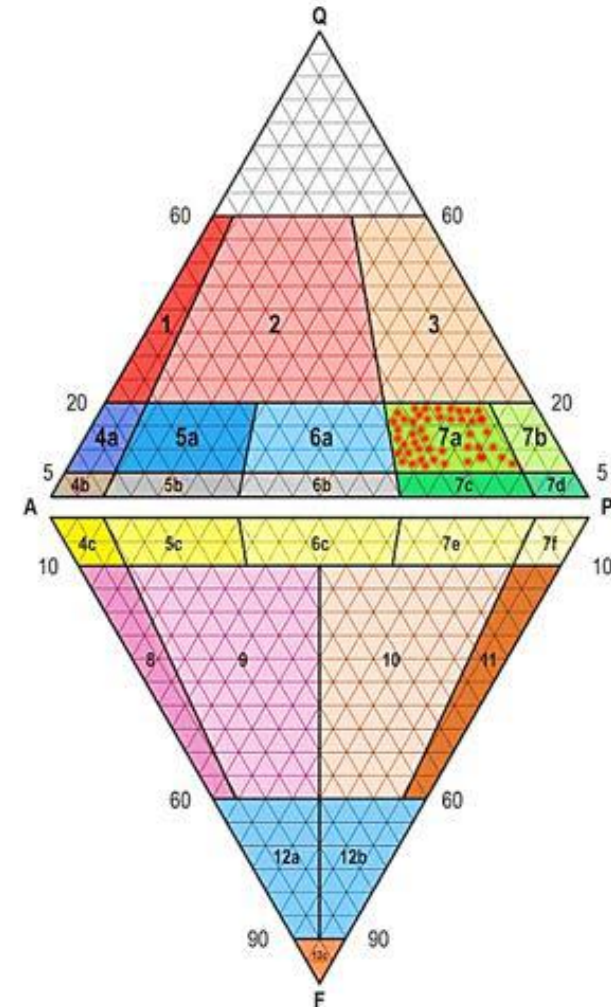


Figura 13. Resumen de la caracterización petrológica del Volcánico Huambos en la zonas de Tual y Porcón bajo según Streckeisen.

Además se analizó la dimensión de los fragmentos, contenido de líticos, cristales y vidrio, según Schmidt (1981) con lo cual se concluyó:

4 muestras como Tobas de Cristales, corresponden a tobas de matriz fina de composición andesítica, que contienen cristales de plagioclasas, hornblenda, biotitas y esporádicos fenocristales de minerales máficos alineados.

26 muestras de Tobas Cristalolíticas, corresponden a tobas que incluyen fragmentos líticos de naturaleza volcánica, de tamaño variable con cristales de Hornblendas, Plagioclasas y eventuales fenocristales de minerales máficos.

5 muestras como tobas Cristalovítricos, corresponden a tobas con abundante pasta, ceniza o vidrio volcánico (pómez) de composición andesítica.

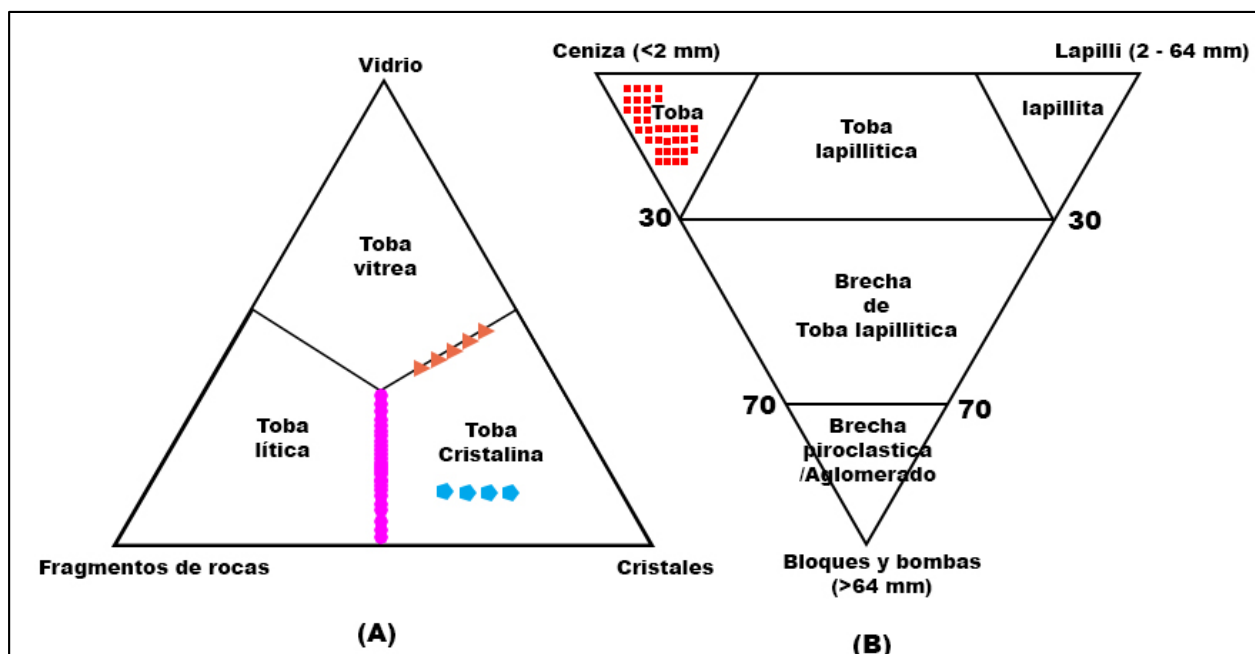


Figura 14. Resumen de la caracterización petrológica del Volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón bajo según Schmidt.

#### **4.1.2. Clasificación Microscópica**

Para el estudio y el análisis microscópico se seleccionaron 5 muestras representativas, de las rocas volcánicas de la Formación Huambos de los 45 ejemplares de mano: Muestra G-01, muestra G-19, muestra G-27, muestra G-31, muestra G-36; para la realización de secciones delgadas. Las muestras fueron analizadas con un microscopio petrográfico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, definiendo características petrográficas como textura, estructura, mineralogía y rasgos accesorios en cada lámina.

Tabla 12. Muestras utilizadas para análisis petrográfico, secciones delgadas.


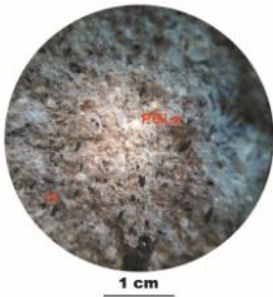
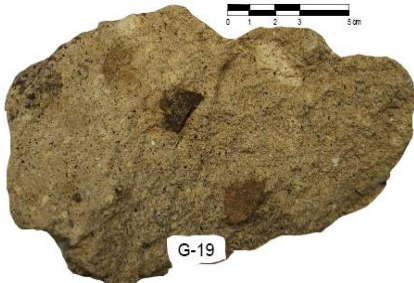
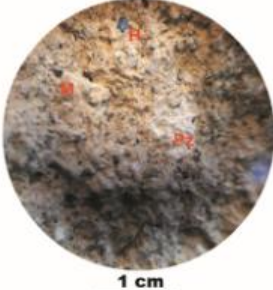





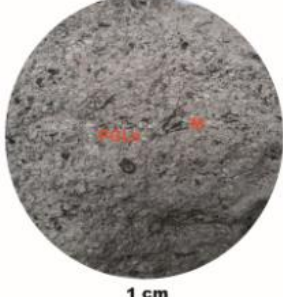
Código	Muestra de Mano	Microscopio EMZ-5
G-01		
G-19		
G-27		
G-31		
G-36		

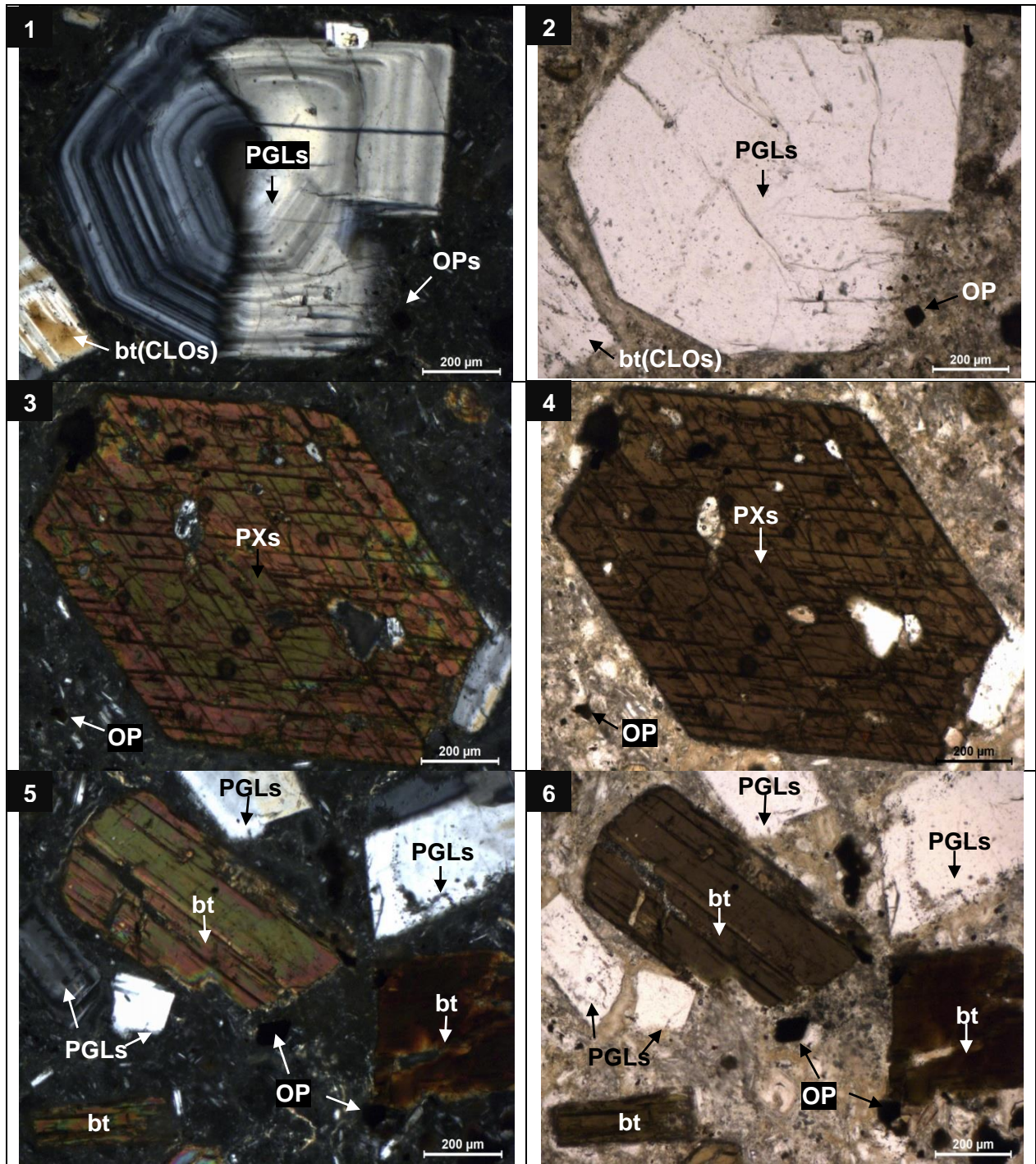
Tabla 13. Descripción de la sección delgada muestra: G-01.

<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	G - 01
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	ANDESITA

<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
Roca ígnea volcánica compuesta por cristales de plagioclasas con alteración de arcillas e impregnaciones de óxidos de hierro; biotita con inclusiones de zircón y apatito; piroxenos; y minerales opacos diseminados. Inmersos en una matriz criptocristalina de feldespatos y vidrio intersticial, con alteración de arcillas y óxidos de hierro.					
<b>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:</b>				Tamaño (mm)	%
<b>CRISTALES</b>	<b>Ese</b>	<b>cial</b>	<b>Plagioclasas</b> , cristales de formas subhedrales, prismáticos con macla polisintética y zonadas. Algunas presentan alteración de arcillas e impregnaciones de óxidos de hierro.	1,8 a 0,05	40
	<b>Accesorios</b>	<b>Piroxenos</b> , cristales de formas euhedrales y subhedrales, prismáticos hexagonales, con inclusiones de minerales opacos.	≤ 0,6	6	
		<b>Biotita</b> , cristales de formas subhedrales, tabulares, con inclusiones de cristales de apatito y zircón. Algunos se hallan con alteración de cloritas.	1,3 a 0,1	4	
		<b>Minerales opacos</b> , cristales de formas euhedrales (cúbicos) y anhedrales posibles cristales de pirita. Se hallan inmersos en la matriz.	≤ 0,06	Traza	
		<b>Apatito</b> , cristales de formas subhedrales prismáticos con bordes subredondeados se hallan como inclusiones en cristales de plagioclasas y biotita.	≤ 0,08	Traza	
		<b>Zircón</b> , cristales de formas subhedrales prismáticos con bordes angulosos, se hallan como inclusiones biotita.	≤ 0,05	Traza	
	<b>Secundarios</b>	<b>Arcillas</b> , agregados criptocristalinos se presentan por alteración de plagioclasas y de la matriz.	≤ 0,005	12	
		<b>Óxidos de hierro</b> , ocurren por alteración de minerales opacos y como impregnaciones en la matriz.	≤ 0,005	3	
		<b>Cloritas</b> , agregados criptocristalinos, ocurren como alteración de cristales de biotita.	≤ 0,005	Traza	
	<b>MATRIZ</b>	<b>Feldespatos</b> , agregados microcristalinos y criptocristalinos, presentan alteración de arcillas y óxidos de hierro.		≤ 0,005	30
<b>Vidrio</b> , cristales de formas anhedrales, se hallan en intersticios de la matriz.		≤ 0,5	5		
<b>LITICOS</b>	No presenta				
<b>Textura</b>		Porfirítica.			

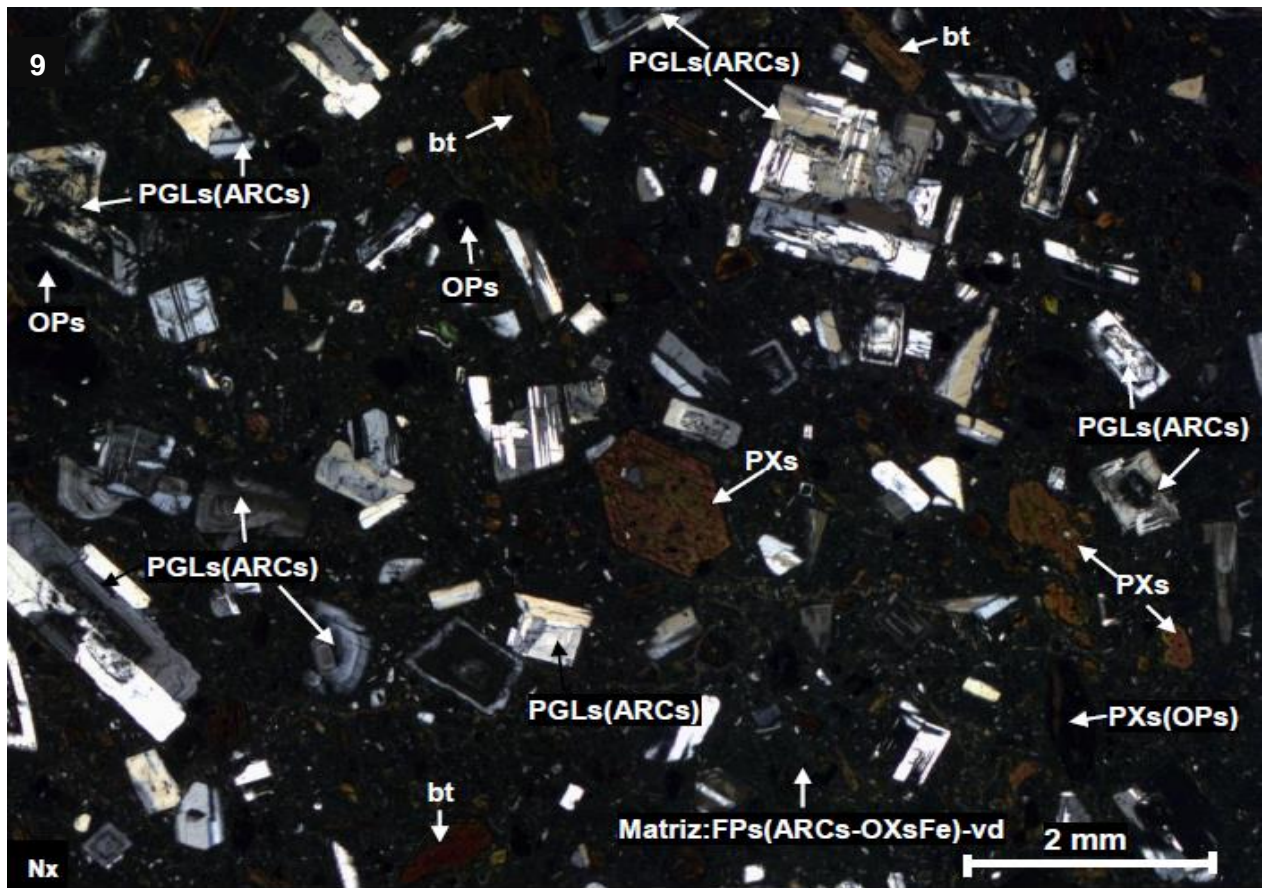
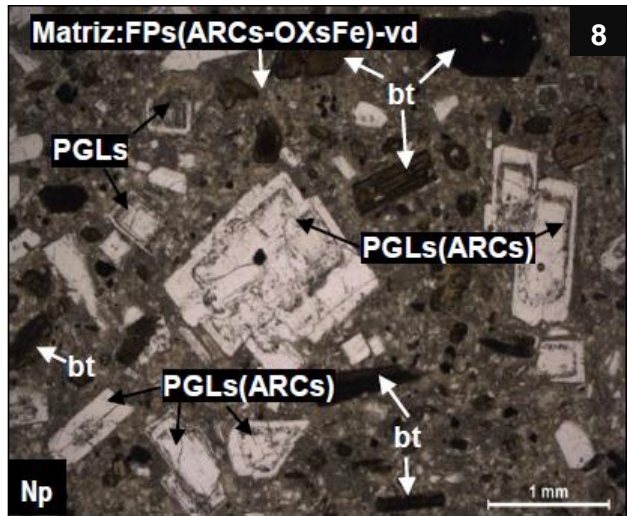
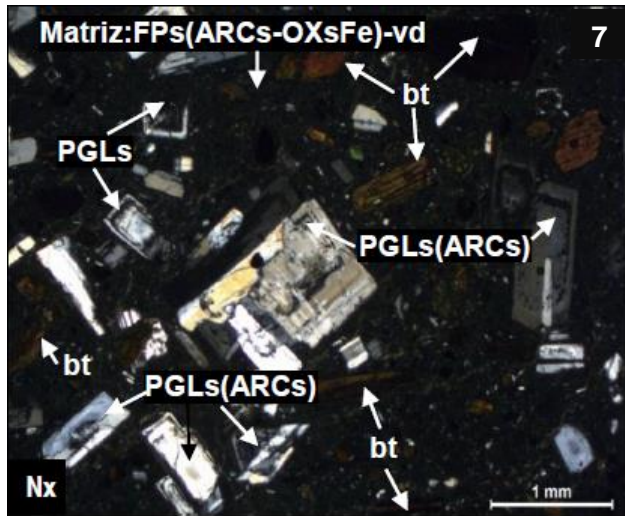
<b>Alteración</b>	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización y oxidación.		X		
Cloritización.	X			





Fotomicrografías 1. **Nx:** 1,3 y 5; **Np:** 2,4 y 6; **1 y 2.** Plagioclasas zonadas: PGLs, biotita con alteración de cloritas: bt (CLOs), y minerales opacos: OPS; **3 y 4.** Cristales de piroxenos: PXs y diseminación de minerales opacos: OPS; **5 y 6.** Cristales de biotita: bt, plagioclasas: PGLs, y minerales opacos: OPS.





Fotomicrografías 2. Nx: 7 y 9; Np: 8; 7. Cristales de plagioclasas: PGLs, con alteración incipiente de arcillas: PGLs (ARCs), cristales de biotita: bt, algunos presentan alteración de óxidos de hierro: OXsFe. Inmersos en una matriz microcristalina de feldespatos alterados a arcillas y óxidos de hierro, vidrio intersticial: Matriz: FPs (ARCs-OXsFe)-vd; 9. Plagioclasas con alteración incipiente de arcillas: PGLs (ARCs), piroxenos: PXs, algunos se hallan reemplazados por minerales opacos: PXs (OPs), cristales de biotita: bt. Dispuestos en una matriz microcristalina de feldespatos alterados a arcillas y óxidos de hierro, vidrio intersticial: Matriz: FPs (ARCs-OXsFe)-vd.



Tabla 14. Descripción de la sección delgada muestra G-19.

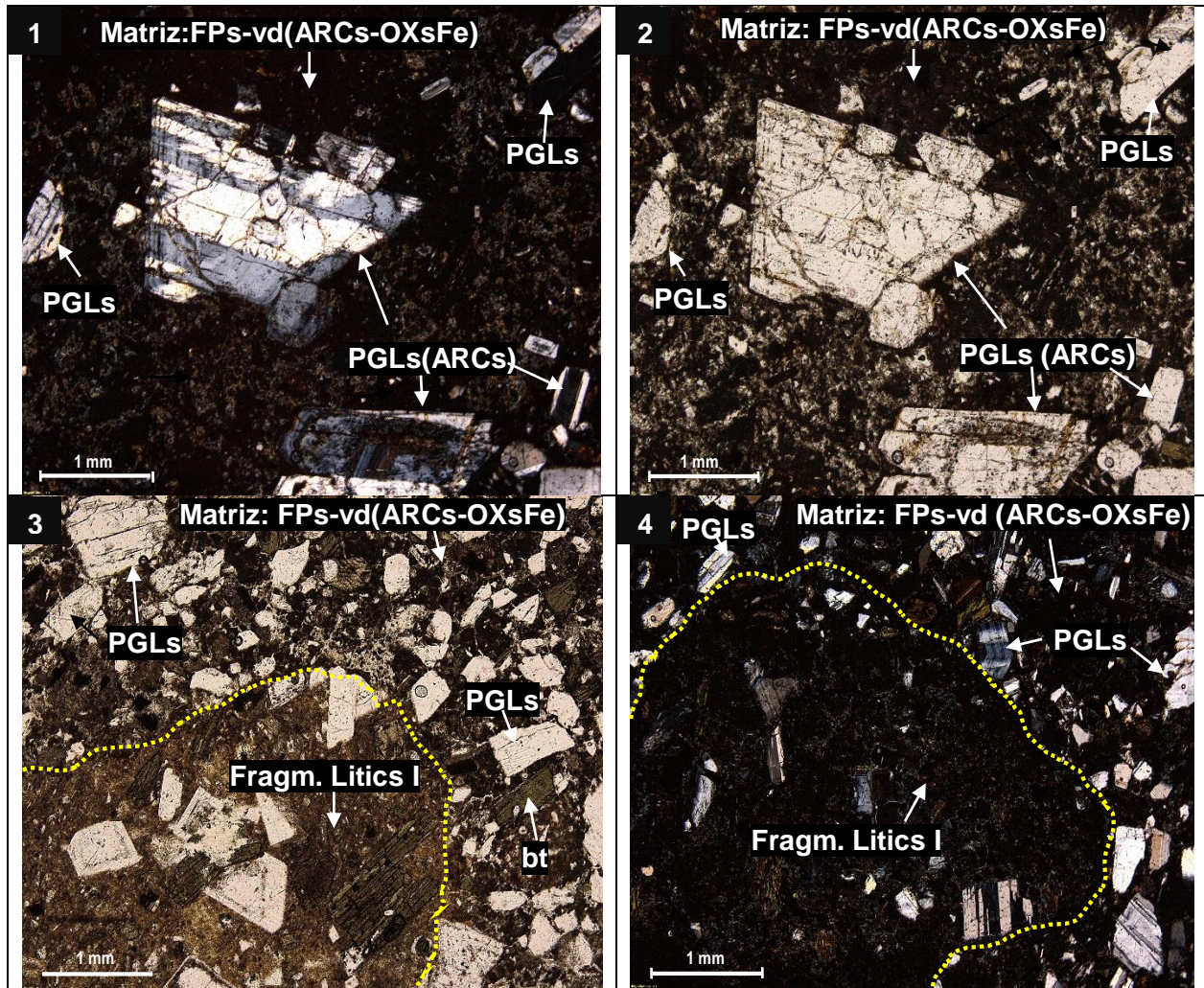
CODIGO DE MUESTRA	G - 19
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA	TOBA CRISTALOLITICA

<u>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</u>					
Roca ígnea volcánica de textura tobacea, se halla compuesta por cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas con alteración incipiente de arcillas; biotita con alteración de cloritas; anfíboles y piroxenos con impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos diseminados. Inmersos en una matriz microcristalina de feldespatos y vidrio volcánico con alteración de arcillas y óxidos de hierro. La muestra presenta fragmentos líticos I y II, de naturaleza volcánica de composición andesítica.					
<u>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:</u>				Tamaño (mm)	%
Esencia	les	<b>Plagioclasas</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales, micro fracturados, prismáticos con macla polisintética, algunos flexionados, otros zonados. Se hallan con alteración incipiente de arcillas.	2,5 a 0,3	38	
		<b>Biotita</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales, tabulares con bordes subangulosos, presentan alteración de cloritas, e inclusiones de zircón y apatito.	1,1 a 0,1	5	
Accesorios		<b>Anfíboles</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales prismáticos, presentan alteración de óxidos de hierro. Otros presentan alteración de cloritas.	1,5 a 0,6	3	
		<b>Piroxenos</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales, microfracturados, se hallan junto con plagioclasas.	≤ 0,9	2	
		<b>Minerales opacos</b> , cristales de formas subhedrales y anhedrales con bordes irregulares. Se hallan inmersos en la matriz.	≤ 0,05	Traza	
		<b>Apatito</b> , cristales de formas subhedrales prismáticos con bordes subredondeados se hallan como inclusiones en cristales de plagioclasas y biotita.	≤ 0,08	Traza	
		<b>Zircón</b> , cristales de formas subhedrales prismáticos con bordes angulosos, se hallan como inclusiones biotita.	≤ 0,05	Traza	
		<b>Arcillas</b> , agregados criptocristalinos ocurren como alteración de plagioclasas, de la matriz y de los fragmentos líticos I y II. Se hallan asociados a óxidos de hierro.	≤ 0,005	7	
Secundarios		<b>Óxidos de hierro</b> , ocurren por alteración de la matriz y de fragmentos líticos I y II.	≤ 0,005	4	
		<b>Feldespatos</b> , agregados microcristalinos y criptocristalinos, presentan alteración de arcillas y óxidos de hierro.	≤ 0,05	16	
MATRIZ		<b>Vidrio</b> , cristales de formas anhedrales, se hallan en intersticios de la matriz.	≤ 0,05	4	
		<b>Fragmentos líticos I</b> , de naturaleza volcánica de composición andesítica, se halla constituida por fenocristales de		15	

	plagioclasas y biotita, inmersos en una matriz microcristalina de feldespatos y vidrio intersticial, con alteración de arcillas y óxidos de hierro.	5,00 a 1,0	6
	<b>Fragmentos líticos II</b> , de naturaleza volcánica lávica de composición andesítica de halla compuesta por microcristales de plagioclasas y vidrio intersticial. Se observa minerales opacos disseminados. Presenta alteración de arcillas y óxidos de hierro.	1,0 a 0,5	

TEXTURAS	Tobacea
----------	---------

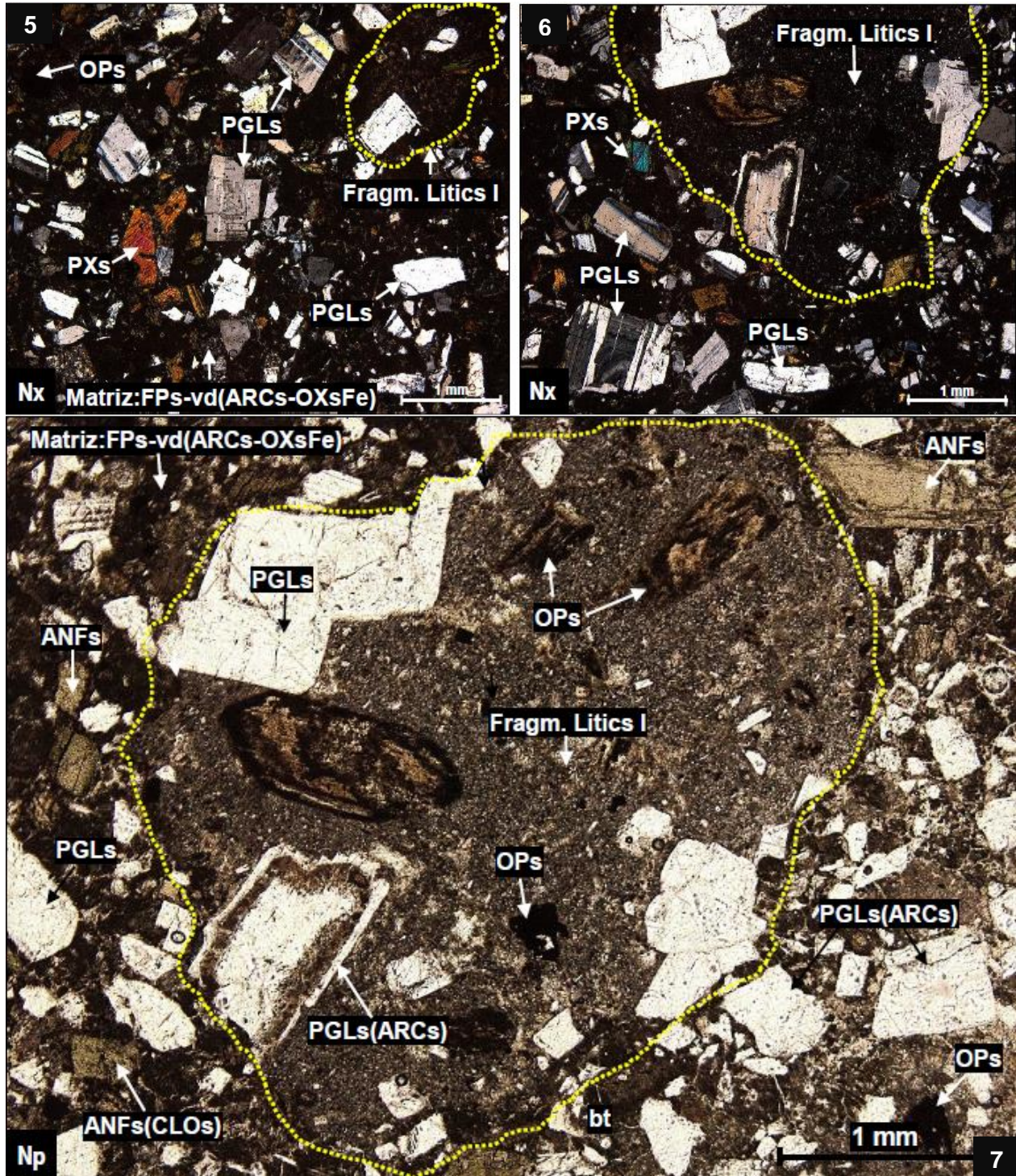
Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización y oxidación.		X		



Fotomicrografías 3. **Nx:** 1 y 4; **Np:** 2 y 3; **1 y 2.** Cristales de plagioclasas: PGLs, algunos con alteración de arcillas: PGLs (ARCs), inmerso en una matriz microcristalina de feldespatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd (ARCs-OXsFe); **3 y 4.** Cristales de plagioclasas: PGLs, biotita:



bt, inmersos en una matriz compuesta de feldespatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro, se observa fragmentos líticos I, de composición andesítica: Fragn.Litics I.



Fotomicrografías 4. **Nx: 5 y 6; Np: 7; 5,6 y 7.** Plagioclasas con macla polisintética: PGLs, algunos con alteración de arcillas: PGLs (ARCs), anfíboles: ANFs, algunos con alteración de cloritas y óxidos de hierro: ANFs (CLOs), y minerales opacos: OPs. Dispuestos en una matriz microcristalina compuesta de feldespatos y vidrio volcánico con alteración de arcillas e impregnaciones de óxidos de hierro: Matriz: FPs-

vd (ARCs-OXsFe). Se observa fragmentos líticos I, de naturaleza volcánica de composición andesítica: Fragn. Lits I.

Tabla 15. Descripción de la sección delgada muestra G-27.

CODIGO DE MUESTRA	G - 27
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA	TOBA CRISTALOLITICA

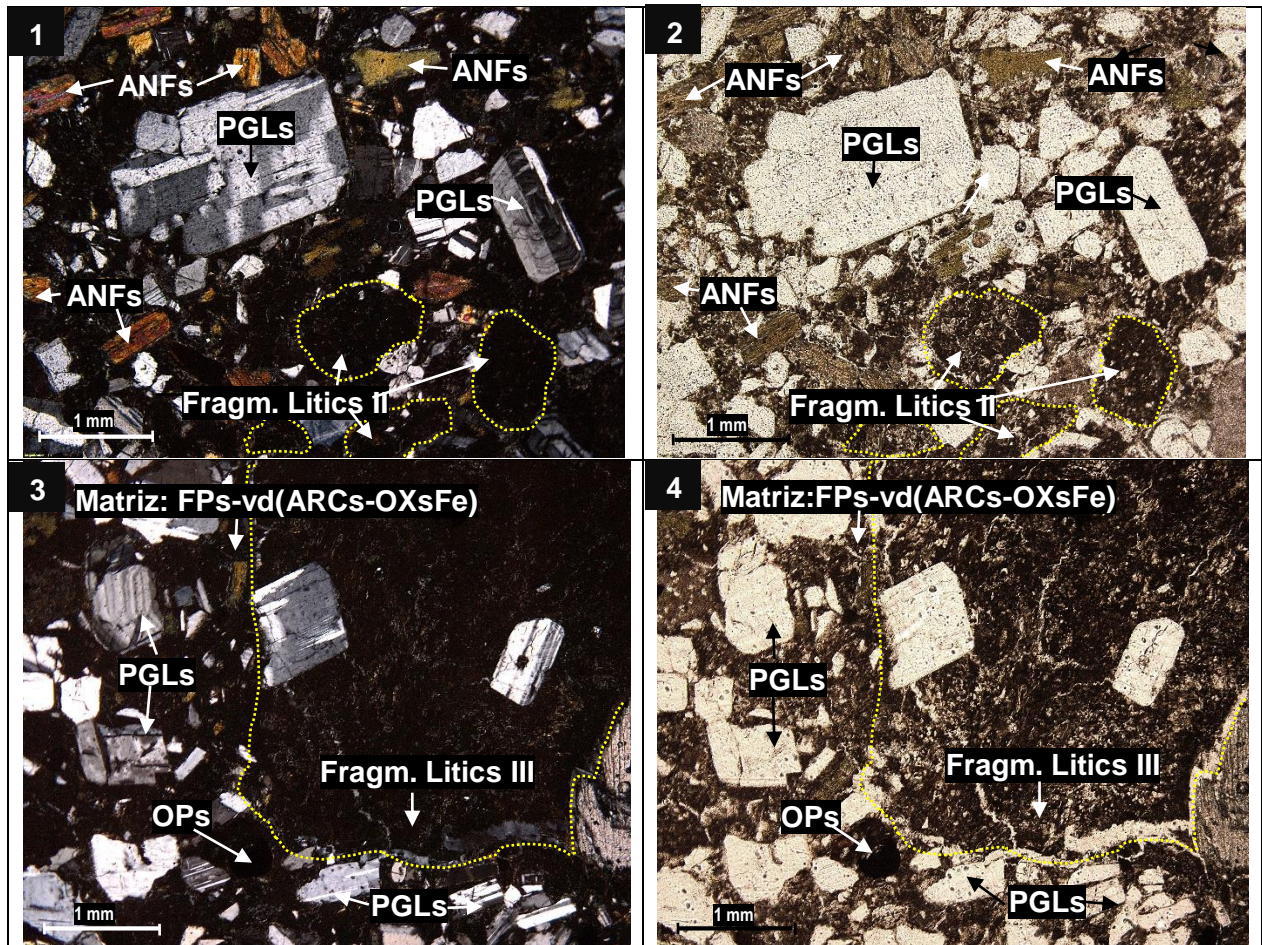
<u>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</u>					
Roca ígnea volcánica de textura tobacea, constituida por cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas con alteración incipiente de arcillas, anfíboles y piroxenos con impregnaciones de óxidos de hierro, feldespatos potásicos con alteración de arcillas, biotita y minerales opacos. Inmersos en un matriz microcristalina de feldespatos y vidrio intersticial. La muestra presenta de fragmentos líticos I, II y III, de naturaleza volcánica de composición andesítica.					
<u>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:</u>				Tamaño (mm)	%
<b>CRISTALES</b>	<b>Esen ciale</b>	<b>Plagioclasas</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales y anhedrales, prismáticos con macla polisintética y zonados. Se hallan con alteración incipiente de arcillas.	2,5 a 0,3	40	
	<b>Accesorios</b>	<b>Anfíboles</b> , cristales de formas subhedrales, prismáticos presentan alteración de cloritas e impregnaciones de óxidos de hierro.	1,0 a 0,5	5	
		<b>Piroxenos</b> , cristales de formas euhedrales y subhedrales, prismáticos hexagonales, con inclusiones de minerales opacos. Algunos presentan impregnaciones de óxidos de hierro.	1,2 a 0,5	3	
		<b>Feldespatos potásicos</b> , cristales y fragmentos de cristales de formas subhedrales, con bordes subangulosos, presentan alteración de arcillas.	1,2 a 0,6	2	
		<b>Biotita</b> , cristales de formas subhedrales, tabulares, con inclusiones de cristales de zircón.	≤ 0,5	Traza	
		<b>Minerales opacos</b> , cristales de formas anhedrales, con bordes irregulares, se hallan como inclusiones en anfíboles y dispersos en la matriz.	≤ 0,4	Traza	
		<b>Zircón</b> , cristales de formas subhedrales prismáticos con bordes angulosos, se hallan como inclusiones en anfíboles.	≤ 0,04	Traza	
	<b>Secund arios</b>	<b>Arcillas</b> , agregados criptocristalinos se presentan por alteración de plagioclasas y de la matriz.	≤ 0,005	5	
		<b>Óxidos de hierro</b> , ocurren por alteración de minerales opacos y como impregnaciones en la matriz.	≤ 0,005	4	
	<b>MATRIZ</b>	<b>Feldespatos</b> , agregados microcristalinos y criptocristalinos, presentan alteración de arcillas y óxidos de hierro.	≤ 0,005	10	
<b>Vidrio</b> , cristales de formas anhedrales, se hallan en intersticios de la matriz.		≤ 0,05	4		
<b>LITICOS</b>	<b>Fragmento lítico I</b> , de naturaleza volcánica de composición andesítica, presenta fenocristales de plagioclasas con alteración de arcillas y óxidos de hierro, anfíboles y minerales opacos con alteración de óxidos de hierro. Dispuestos en una	7,0 a 1,0	13		



	matriz microcristalina de plagioclasas, feldespatos potásicos y vidrio volcánico con alteración de arcillas y óxidos de hierro. <b>Fragmento lítico II</b> , de naturaleza volcánica de composición andesítica, presenta microlitos de plagioclasas constituyendo la matriz, con alteración de arcillas e impregnaciones de hierro.	1,2 a 0,5	10
	<b>Fragmento lítico III</b> , de naturaleza volcánica de composición andesítica, compuesta por fenocristales de plagioclasas con macla polisintética, inmersos en una matriz criptocristalina de esferulitos de feldespatos con alteración de arcillas y óxidos de hierro.	3,0 a 0,7	4

TEXTURAS	Tobacea
----------	---------

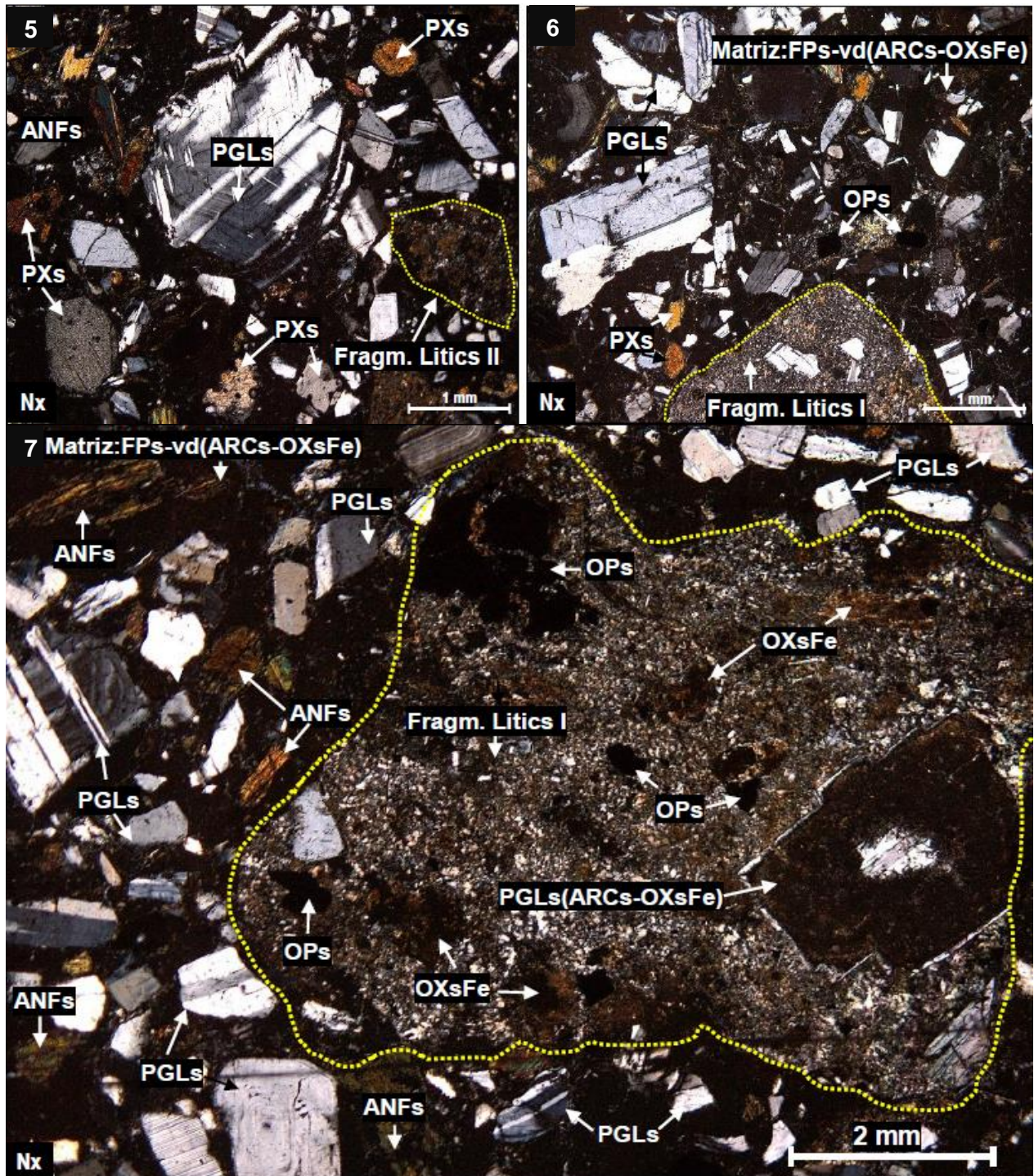
Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización y oxidación.		X		



Fotomicrografías 5. **Nx**: 1 y 3; **Np**: 2 y 4; **1 y 2**. Cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas: PGLs, anfíboles: ANFs y fragmentos líticos II, de naturaleza volcánica de composición andesítica: **Fragm. Líticos II**; **3 y 4**. Cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas: PGLs y minerales opacos: OPs. Inmersos en una matriz de feldespatos y vidrio intersticial con alteración de arcillas y óxidos de hierro: **Matriz: FPS-vd (ARCS-**



OXsFe). Se observa fragmentos líticos III, de naturaleza volcánica de composición andesítica: Fragn. Litics III.



Fotomicrografías 6. Nx: 5-7; 5. Se observa cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas: PGLs, anfíboles: ANFs, piroxenos: PXs y fragmentos líticos II: Fragn.Litics II; 6. Plagioclasas fracturadas: PGLs y minerales opacos: OPs inmersos en una matriz de feldespatos y vidrio intersticial con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd(ARCs-OXsFe), y fragmentos líticos I, de composición andesítica, presenta fenocristales de plagioclasas dispuestos en una matriz microcristalina de feldespatos y vidrio:

Fragm. Líticos I; 7. Cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas: PGLs, anfíboles: ANFs, y fragmentos líticos II: Fragn.Líticos II; Dispuestos en una matriz de feldspatos y vidrio intersticial con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd (ARCs-OXsFe).

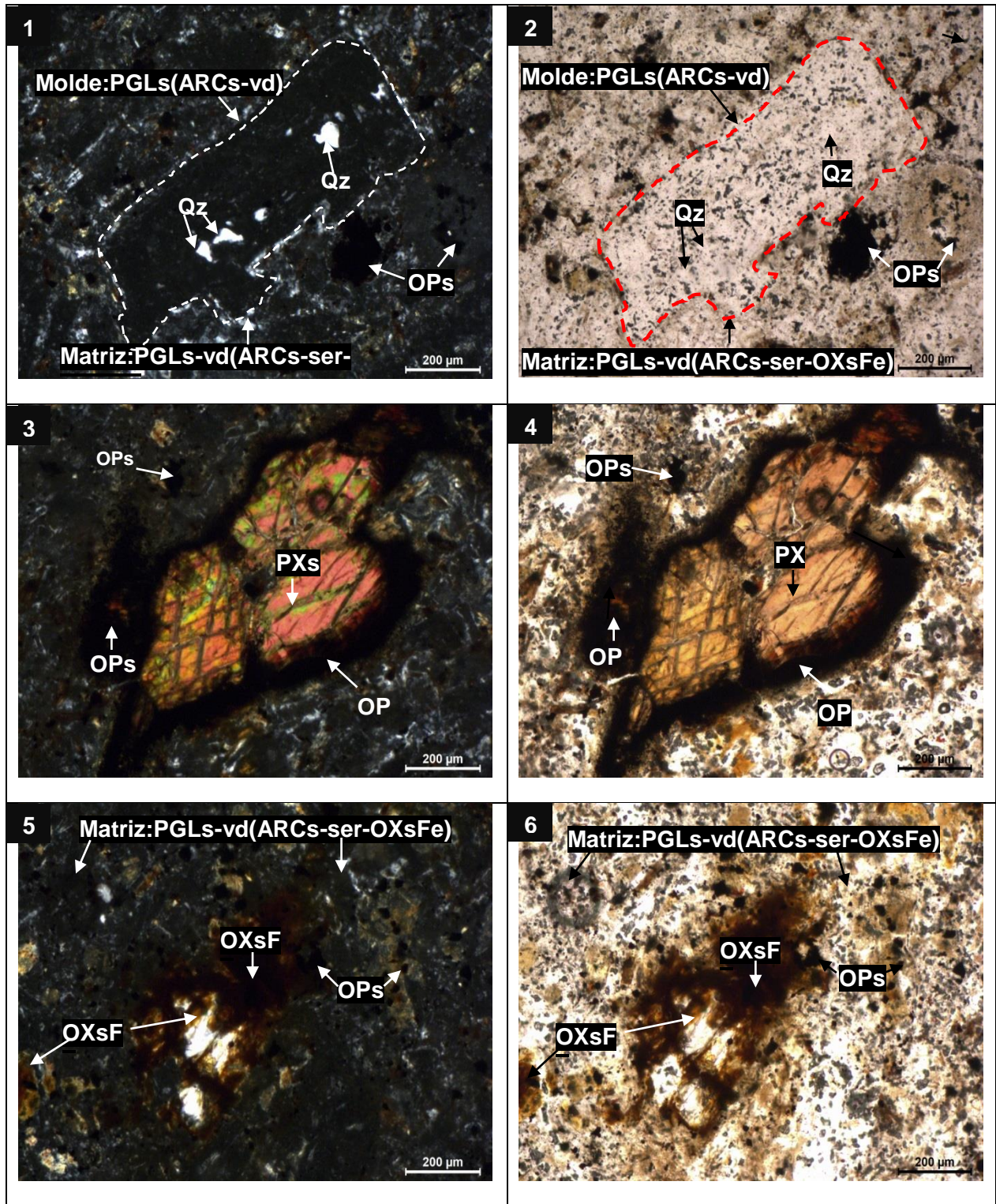
Tabla 16. Descripción de la sección delgada muestra G-31.

CODIGO DE MUESTRA		G - 31			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA		TOBA DE CRISTALES ANDESÍTICA			
<u>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</u>					
Roca ígnea volcánica de textura tobacea, constituida por cristales, posibles plagioclasas alteradas moderadamente por arcillas y sericita, piroxenos con alteración de minerales opacos e impregnaciones de óxidos de hierro; y minerales opacos diseminados en una matriz microcristalina de plagioclasas y vidrio intersticial con alteración de arcillas y óxidos de hierro.					
<u>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:</u>				Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	<b>Moldes de cristales</b> , posibles plagioclasas de formas subhedrales, prismáticos, se hallan intensamente alteradas por arcillas y sericita.	2,6 a 0,5	34	
		<b>Piroxenos</b> , cristales de formas subhedrales y anhedrales, prismáticos o con bordes irregulares, presentan reemplazamiento de minerales opacos en los bordes con impregnaciones de óxidos de hierro.	≤ 0,05	6	
	Acce sorio	<b>Minerales opacos</b> , cristales de formas euhedrales (cúbicos) y anhedrales con bordes irregulares, posibles cristales de piritita. Se hallan dispersos en la matriz.	≤ 0,05	4	
	Secundarios	<b>Arcillas</b> , agregados criptocristalinos se presentan por alteración de moldes de plagioclasas y de la matriz.	≤ 0,005	9	
		<b>Óxidos de hierro</b> , ocurren por alteración de minerales opacos y como impregnaciones en la matriz.	≤ 0,005	4	
		<b>Sericita</b> , agregados microescamosos se hallan como alteración de los moldes de cristales junto con arcillas.	≤ 0,05	3	
		<b>Cuarzo II</b> , agregados microcristalinos se presentan reemplazando a los moldes de cristales, con bordes corroídos.	≤ 0,03	Traza	
MATRIZ	<b>Plagioclasas</b> , agregados microcristalinos, presentan alteración de arcillas, sericita y óxidos de hierro.	≤ 0,005	35		
	<b>Vidrio</b> , cristales de formas anhedrales, se hallan en intersticios de la matriz.	≤ 0,5	5		
LITICOS	No presenta				

TEXTURAS	Tobacea
----------	---------

Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización, oxidación y sericitización.		X		

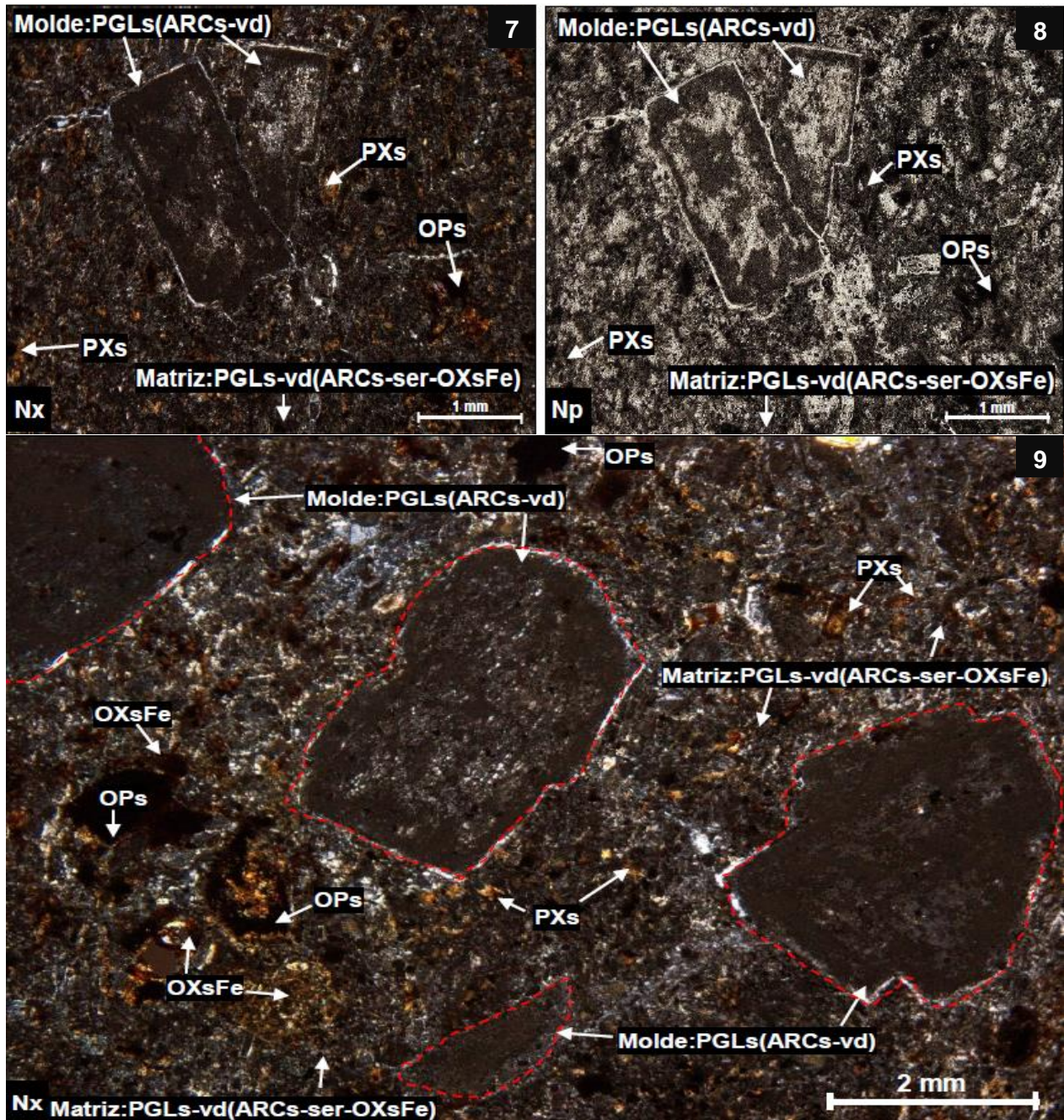




Fotomicrografías 7. **Nx**: 1,3 y 5; **Np**: 2,4 y 6; **1 y 2**. Moldes de plagioclasas reemplazados con arcillas y vidrio intersticial: Molde: PGLs (ARCs-vd), cuarzo: Qz, minerales opacos: OPs. Dispuestos en una matriz de plagioclasas y vidrio con alteración de arcillas, sericita y óxidos de hierro: Matriz: PGLs-vd (ARCs-ser-OXsFe); **3 y 4**. Cristales de piroxenos: PXs, reemplazados con minerales opacos en sus bordes o dispersos en la matriz: OPs; **5 y 6**. Minerales opacos: OPs, algunos presentan alteración de impregnaciones de óxidos



de hierro: OXsFe, dispuestos en una matriz microcristalina de plagioclasas y vidrio con alteración de arcillas, sericita y óxidos de hierro: Matriz: PGLs-vd (ARCs-ser-OXsFe).



Fotomicrografías 8. **Nx:** 7 y 9; **Np:** 8; **7 y 8.** Moldes de cristales posibles plagioclasas reemplazados por arcillas y vidrio intersticial: Molde: PGLs(ARCs-vd), piroxenos: PXs, minerales opacos: OPs. Englobados en una matriz microcristalina de plagioclasas y vidrio con alteración de arcillas, sericita y óxidos de hierro: Matriz: PGLs-vd (ARCs-ser-OXsFe); **9.** Se observa moldes de cristales posibles plagioclasas reemplazados por arcillas y vidrio intersticial: Molde: PGLs (ARCs-vd), cristales de piroxenos: PXs, minerales opacos diseminados: OPs. Inmersos en una matriz microcristalina de plagioclasas y vidrio con alteración de arcillas, sericita y óxidos de hierro: Matriz: PGLs-vd(ARCs-ser-OXsFe).

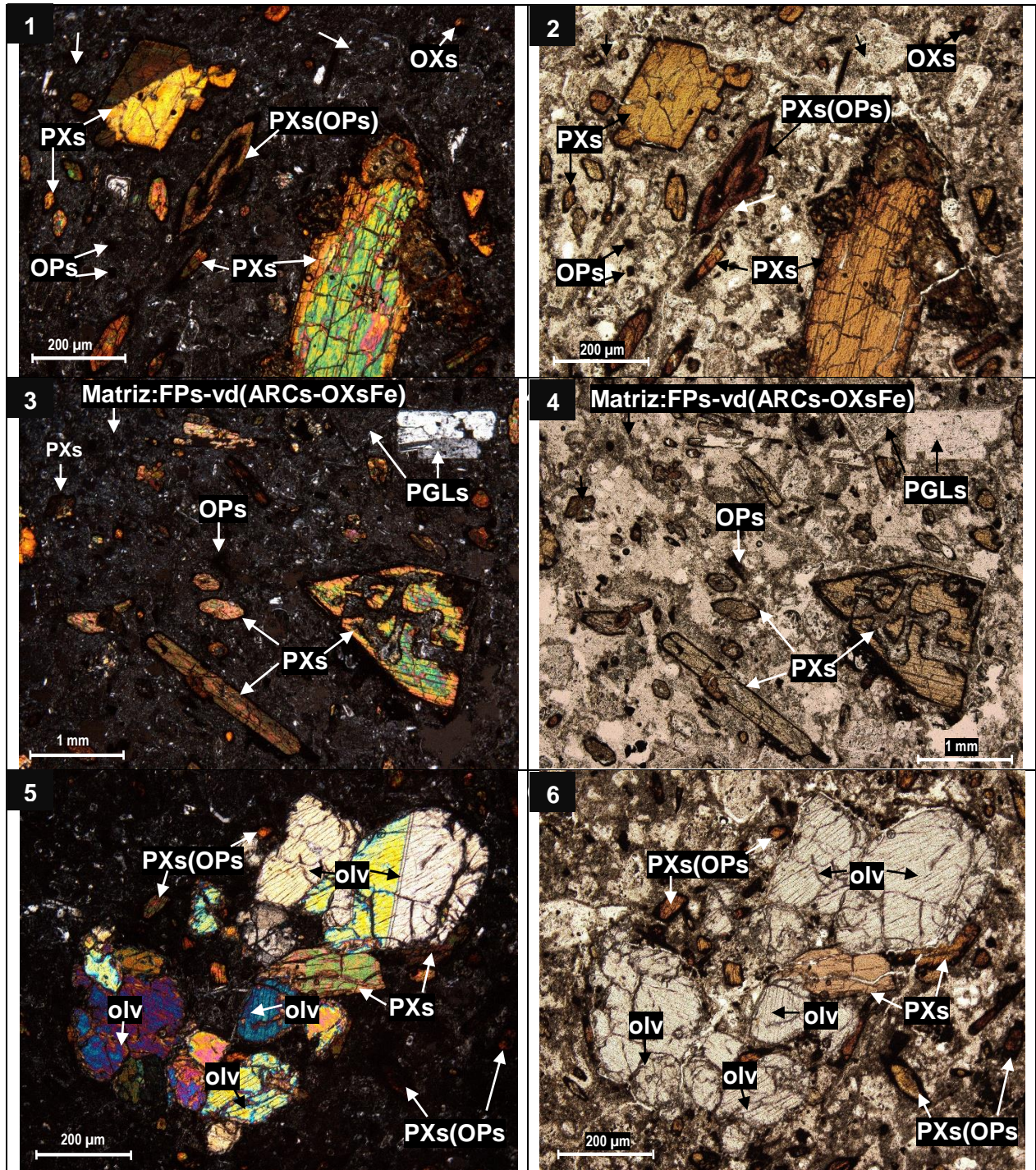
Tabla 17. Descripción de la sección delgada muestra G-36.

CODIGO DE MUESTRA		G - 36			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA		ANDESITA			
<u>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</u>					
Roca ígnea volcánica con textura porfírica, se halla compuesta por cristales de plagioclasas con alteración incipiente de arcillas, piroxenos con impregnaciones de óxidos de hierro, moldes de cristales reemplazados por arcillas y vidrio, olivino agrupado por sectores y minerales opacos. Inmersos en una matriz microcristalina de feldespatos y vidrio intersticial con alteración de arcillas e impregnaciones de óxidos de hierro.					
<u>DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:</u>				Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	<b>Plagioclasas</b> , cristales de formas subhedrales, prismáticos con macla polisintética y algunos zonados. Presentan alteración incipiente de arcillas.	1,3 a 0,7	32	
		<b>Piroxenos, cristales</b> de formas euhedrales y subhedrales, prismáticos, algunos hexagonales, con inclusiones de minerales opacos. Algunos se hallan reemplazados por minerales opacos.	3,5 a 0,3	14	
	Accesorios	<b>Minerales opacos</b> , cristales de formas subhedrales y anhedrales con bordes irregulares, se presentan manera de diseminación y reemplazando a cristales de piroxenos.	≤ 0,3	5	
		<b>Olivino</b> , cristales de formas subhedrales con bordes subredondeados, se hallan agrupados por sectores.	≤ 0,7	4	
		<b>Moldes de cristales</b> , posibles cristales de plagioclasas, se hallan reemplazados por arcillas y vidrio en intersticios.	3,3 a 0,7	-	
	Secundarios	<b>Arcillas</b> , agregados criptocristalinos se presentan por alteración de plagioclasas y de la matriz.	≤ 0,005	10	
		<b>Óxidos de hierro</b> , ocurren por alteración de minerales opacos y como impregnaciones piroxenos y la matriz.	≤ 0,005	4	
		<b>Cloritas</b> , agregados micro escamosos, se presentan por la alteración de la matriz y rellenando vacuolas.	≤ 0,06	Traza	
	MATRIZ	<b>Feldespatos</b> , agregados microcristalinos y criptocristalinos, presentan alteración de arcillas y óxidos de hierro.	≤ 0,005	26	
<b>Vidrio</b> , cristales de formas anhedrales, se hallan en intersticios de los moldes de plagioclasas y la matriz.		≤ 0,04	5		
LITICOS	No presenta				

TEXTURAS	Porfírica.
----------	------------

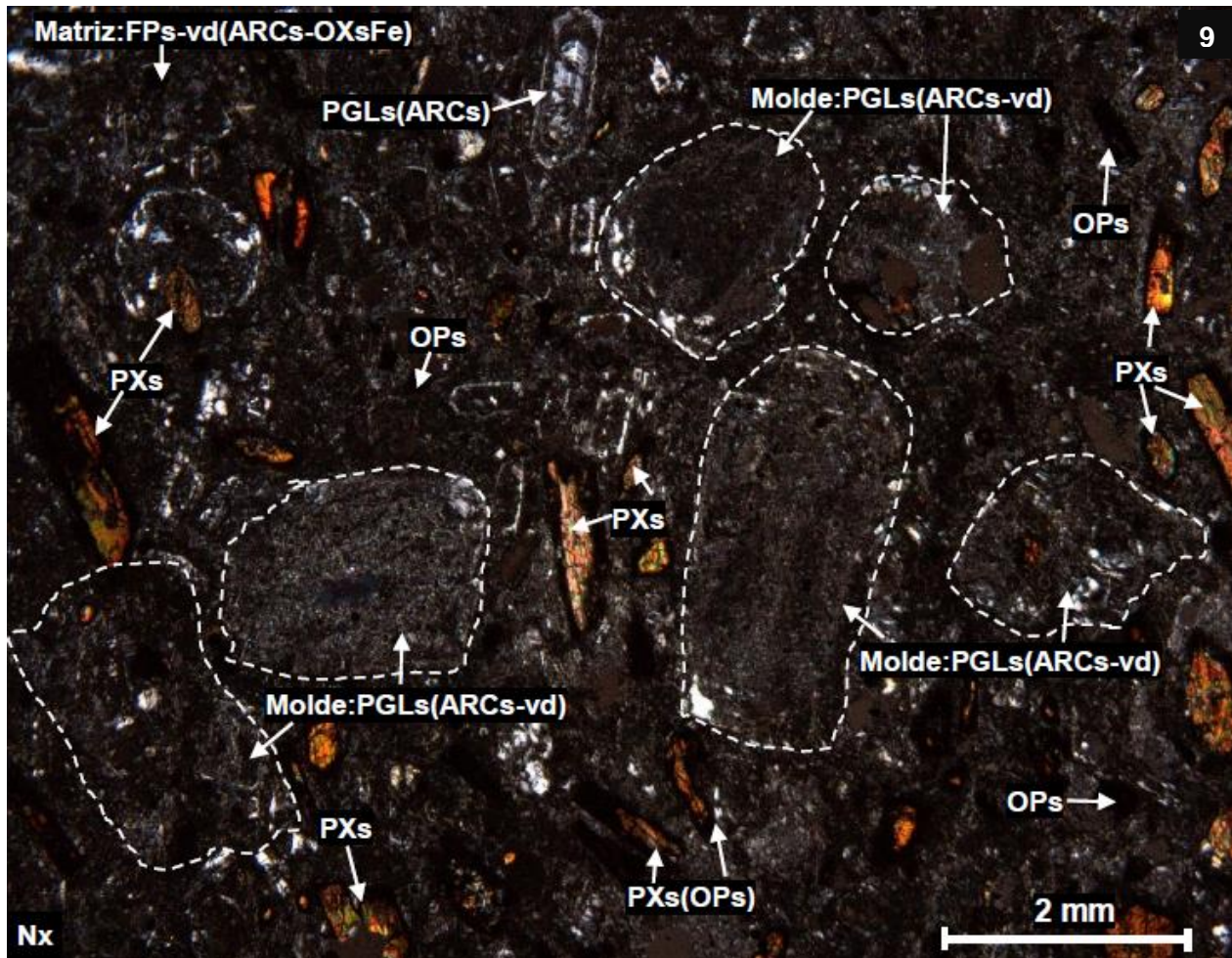
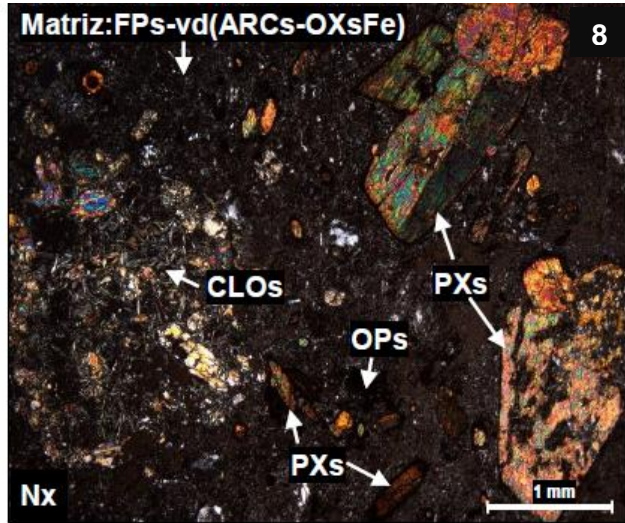
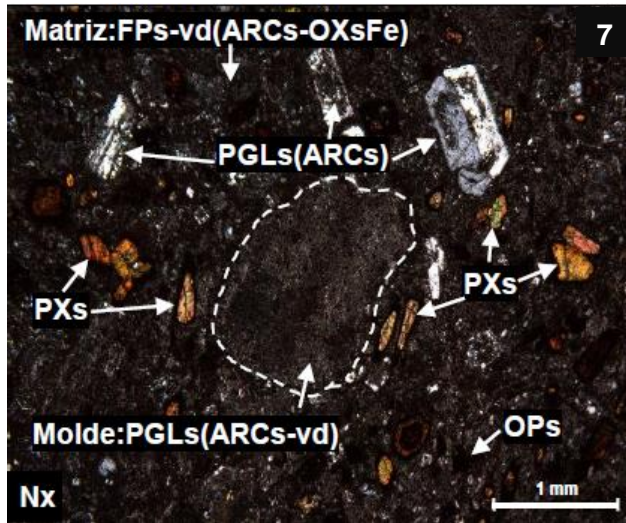
Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización y oxidación.		X		
Cloritización.	X			





Fotomicrografías 9. **Nx:** 1, 3 y 5; **Np:** 2,4 y 6; **1 y 2.** Cristales de piroxenos: PXs, algunos se hallan reemplazados por minerales opacos: OPs, Dispuestos en una matriz compuesta de feldspatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd (ARCs-OXsFe); **3 y 4.** Cristales de plagioclasas: PGLs, piroxenos: PXs y minerales opacos diseminados: OPs, Inmersos en una matriz compuesta de feldspatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd (ARCs-OXsFe); **5 y 6.** Cristales de piroxenos: PXs, con alteración de minerales opacos: PXs (OPs) y cristales de olivino: olv.





Fotomicrografías 10. Nx 7, 8 y 9; 7 y 9. Plagioclasas alteradas a arcillas: PGLs (ARCs), piroxenos: PXs, minerales opacos: OPs y moldes de cristales posibles plagioclasas se hallan reemplazados por arcillas y vidrio: Molde: PGLs (ARCs-vd), inmersos en una matriz de feldespatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz: FPs-vd (ARCs-OXsFe); 8. Piroxenos: PXs, minerales opacos: OPs, cloritas relleno de vacuolas: CLOs, junto con piroxenos. Dispuestos en una matriz de feldespatos y vidrio con alteración de arcillas y óxidos de hierro: Matriz FPs-vd (ARCs-OXsFe).

### 4.1.3. Geoquímica

Los estudios geoquímicos realizados consistieron en el análisis de 5 muestras, las mismas que se utilizaron para hacer secciones delgadas. Los estudios fueron realizados mediante Fluorescencia de rayos X (equipo portátil XRF Delta Premium de Innovex). Todas las muestras se analizaron por óxidos mayores: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Tabla 18. Análisis químico de roca total de elementos mayores de rocas volcánicas del Volcánico Huambos por medio de XRF.

<b>OXIDO (%)</b>	<b>MUESTRA G-01</b>	<b>MUESTRA G-19</b>	<b>MUESTRA G-27</b>	<b>MUESTRA G-31</b>	<b>MUESTRA G-36</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	60.99	58.99	57.80	59.53	58.22
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.48	0.47	0.79	0.51	0.69
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	25.16	26.80	28.53	25.93	28.25
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.15	1.85	1.46	1.74	1.64
<b>FeO</b>	1.04	1.67	1.32	1.57	1.48
<b>MnO</b>	0.09	0.03	0.07	0.09	0.13
<b>MgO</b>	2.58	2.88	2.45	2.51	2.36
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.07	2.04	2.09	2.05	2.09
<b>CaO</b>	3.47	3.13	3.37	3.18	3.02
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2.82	2.04	2.04	2.82	2.03
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.15	0.10	0.08	0.07	0.09

#### 4.1.3.1. Clasificación geoquímica

Las rocas volcánicas son clasificadas químicamente basados en el contenido total de álcalis (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) versus el contenido total de sílice (SiO<sub>2</sub>) (Le Maitre et al 2002), confirmando así la caracterización petrográfica microscópica y macroscópica de las rocas presentes en el área de estudio, con 5 muestras de composición andesítica.

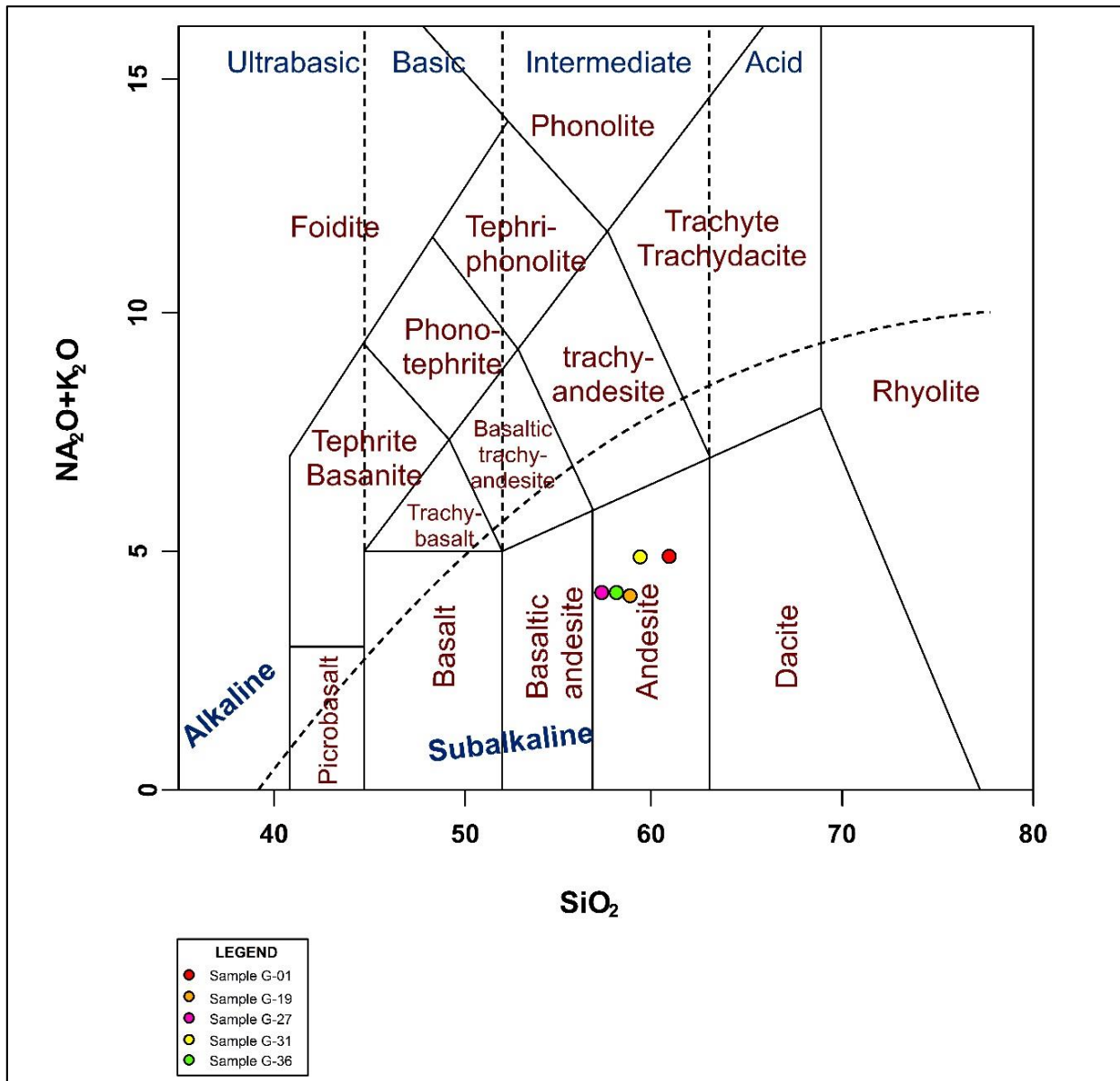


Figura 15. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas, del Volcánico Huambos. Diagrama TAS – Total Alkalís vs Silica (Le Maitre et al 2002).

Según la clasificación geoquímica y utilizando el diagrama FeO/ MgO – SiO<sub>2</sub> propuesto por Miyashiro (1974) , para determinar series magmaticas, se han graficado las 5 muestras donde se observa que tienen un carácter calcoalcalino y bajo contenido de Hierro.

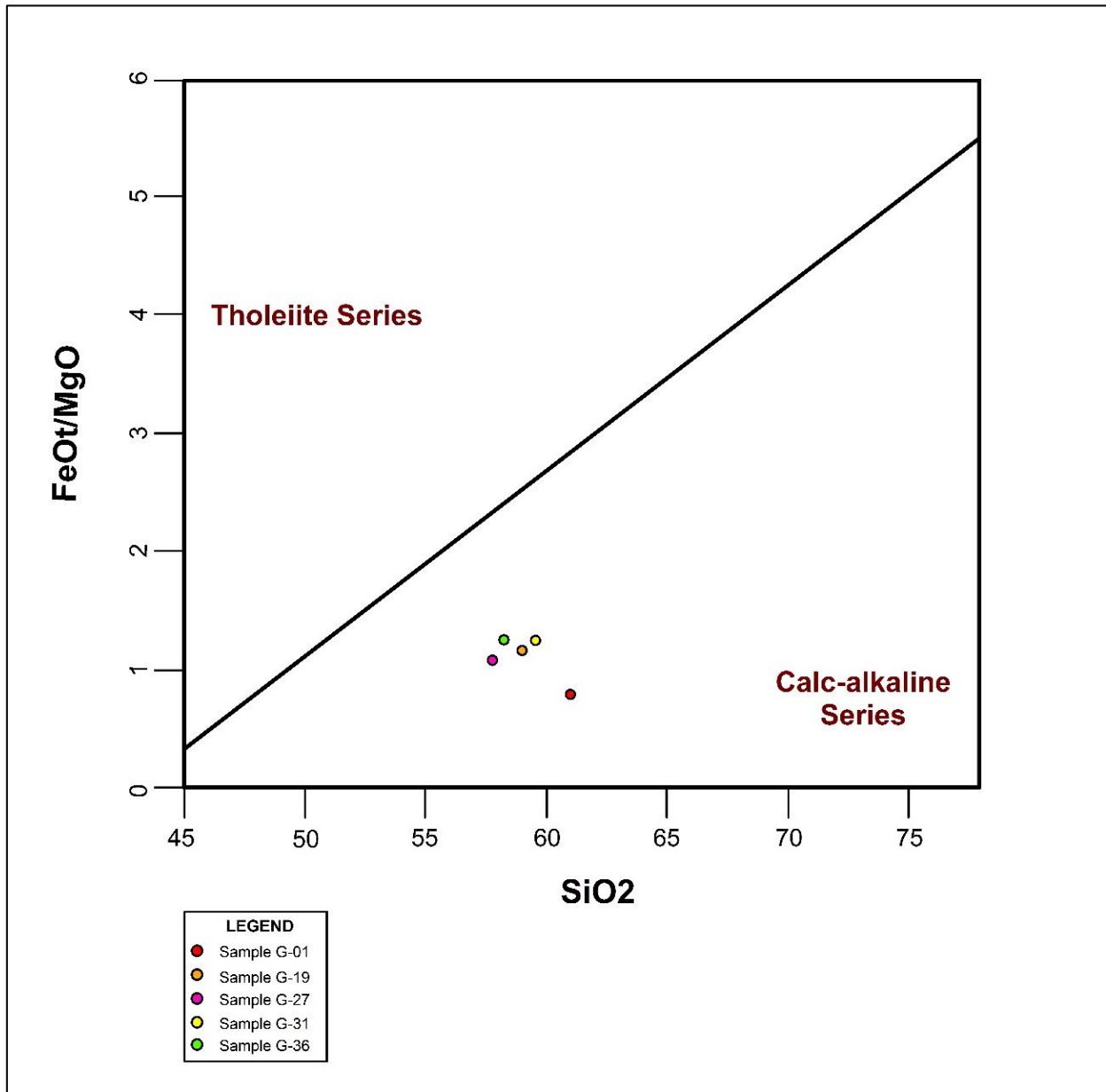


Figura 16. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas del Volcánico Huambos según Miyashiro (1974).



Irvine y Baragar (1971) proponen un diagrama de discriminación entre las series magmáticas de tipo calco-alcalina y toleítico. Se han graficado las muestras del área de estudio, las muestras han quedado en su totalidad dentro del área que corresponde a la serie calco-alcalina, con un progresivo enriquecimiento en álcalis y bajos contenidos de hierro. Las series magmáticas calco-alcalinas se encuentran restringidos a zonas de subducción de placas tectónicas.

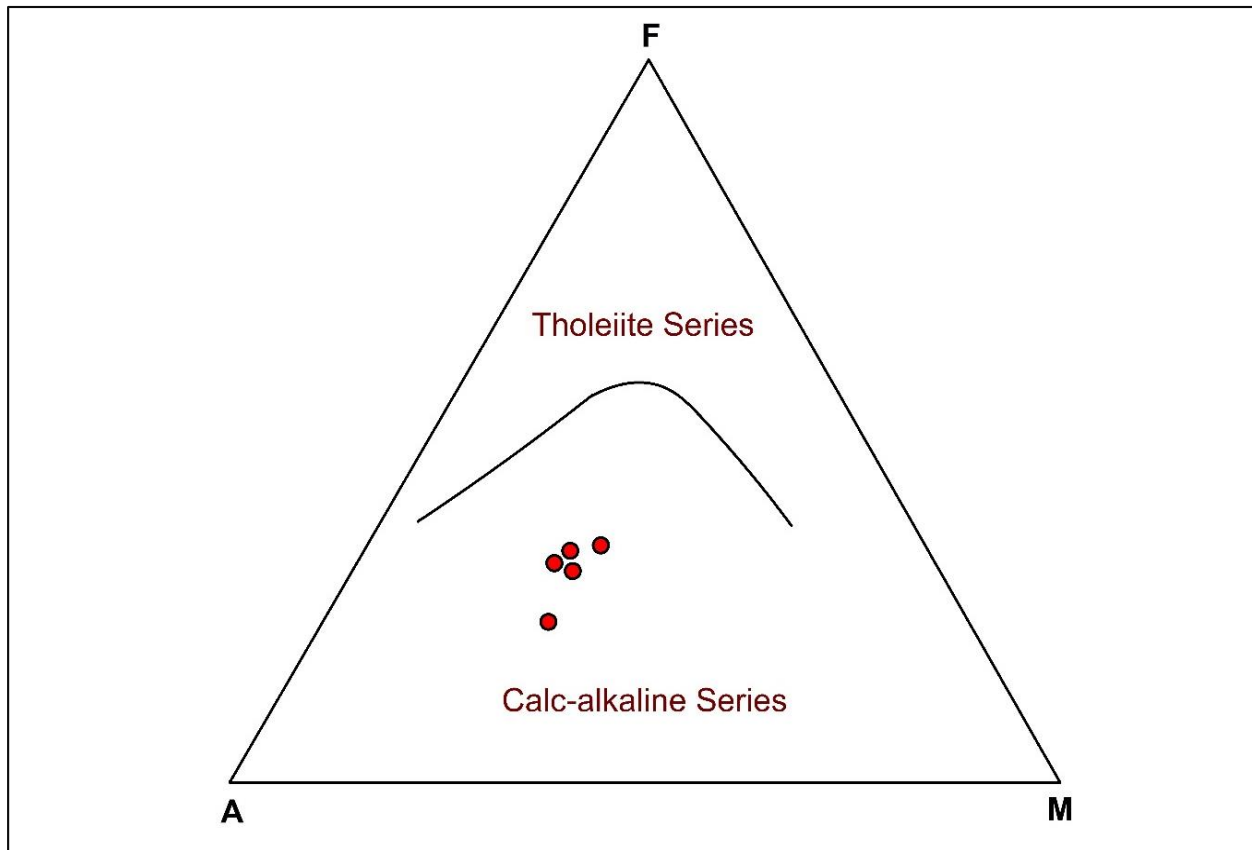


Figura 17. Diagrama de AFM propuesto por Irvine and Baragar (1971).



Para discriminar si las rocas se generaron en un ambiente oceánico o continental se utiliza el diagrama de Pearce et al. (1975), donde se observa una afinidad con el magmatismo continental, lo que nos indica que el magma que le dio origen es de naturaleza del tipo calcoalcalino, el cual procede de un margen activo, un ambiente de régimen comprensivo relacionado a un proceso de subducción.

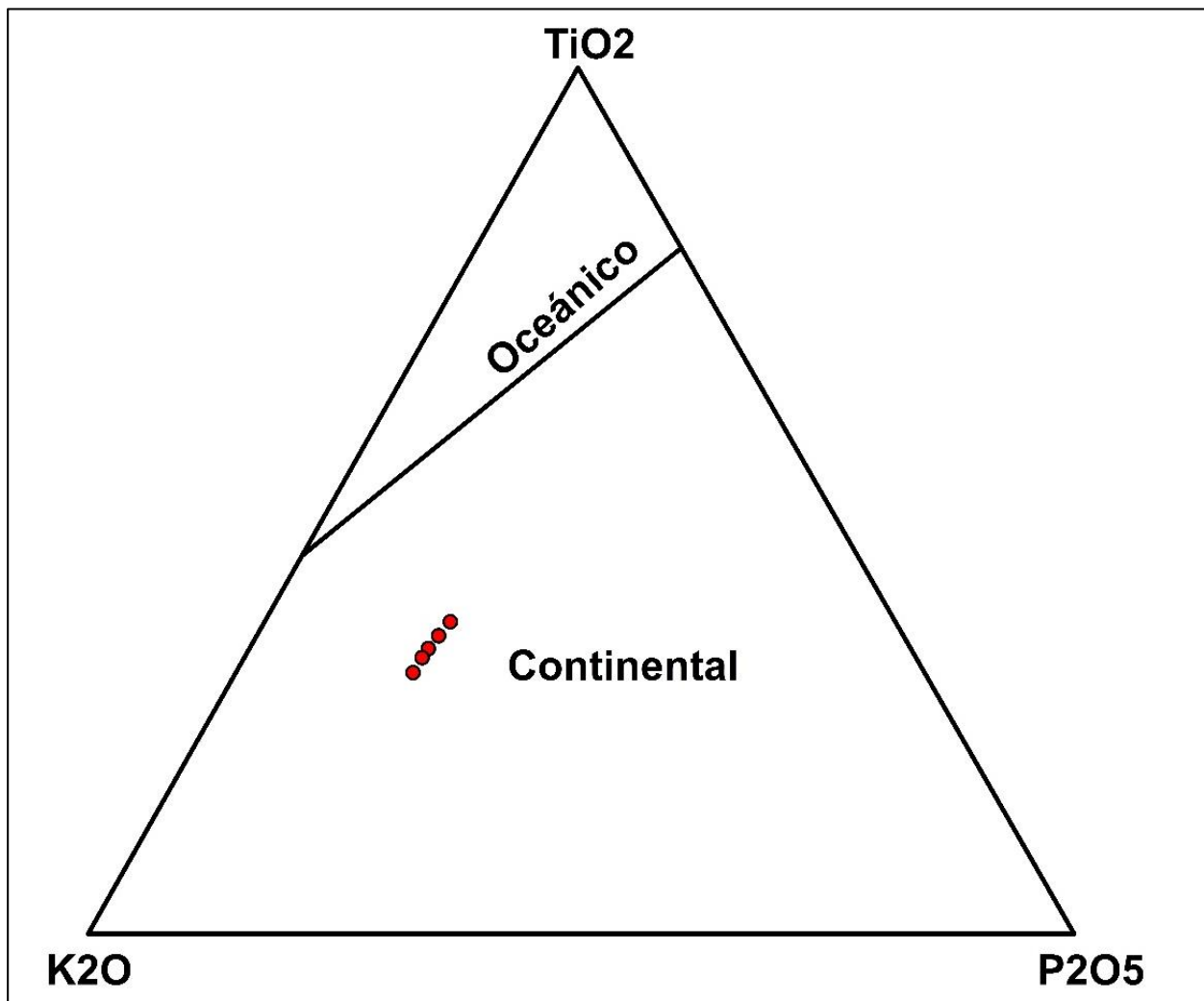


Figura 18. Diagrama propuesto por Pearce et al 1975 para discriminar entre ambientes continentales y oceánicos.

El análisis relacionados a los diferentes aspectos de la petrología tales como la descripción macroscópica, microscópica y geoquímica de las muestras, dan un Serie magmática definida (Serie Calco – alcalina), el cual marcara las características eruptivas de la Formación Huambos en el área de estudio.

#### **4.1.4. Evolución Eruptiva**

##### **4.1.4.1. Procesos de Formación**

El estudio detallado de la petrografía y geoquímica define los tipos de rocas presentes, la descripción y reconocimiento en campo de las diferentes Facies que juntas conforman la Formación Huambos, nos indica que son rocas formadas por flujos de alta densidad, provenientes de un centro eruptivo más cercano, ubicado al NW, caracterizado por su violenta explosión que es evidenciado por bloques que alcanzan hasta 2.50 metros de diámetro encontrados en la Facie IV, tipificándolo como un vulcanismo tipo Pliniano.

Las rocas presentes en el área de estudio se tipifican genéticamente como depósitos de Flujo piroclástico, formados por el colapso y la violenta fragmentación de la columna eruptiva esto es identificado por la presencia de líticos en gradación inversa y por el gran volumen que presentan observadas en toda la columna estratigráfica.

Los Flujos Piroclásticos presentan una lineación N 280° - N 320° aproximadamente, producto que la cristalización de la roca tuvo lugar en un magma o flujo en movimiento, además son flujos sub horizontales con una estratificación interna, la cual se forma por diferencias de densidad debido a la variación en la proporción de gases.

##### **4.1.4.2. Secuencia Eruptiva**

El área de estudio comprende 16 km<sup>2</sup> aproximadamente, las rocas volcánicas se depositaron en zonas favorables de baja pendiente de una la paleo depresión formada por la interacción de las estructuras geológicas antes mencionadas.

Se identificaron 5 facies las cuales se describen a continuación:

## **Facie I**

Sobreyacen en discordancia angular al basamento Cretáceo Inferior (areniscas blancas de la Formación Farrat). Genéticamente constituye un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas que alcanzan hasta 42 metros de espesor. Los bloques alcanzan hasta 10 centímetros de diámetro, con cristales de plagioclasas y horblendas, con textura porfirítica, de composición andesítica. Litológicamente están formados por Tobas Cristalolíticos, de composición intermedia, Andesita. Presencia de una ligera alteración propilítica (Selectiva). Fracturas rellenas por óxidos, producto de la oxidación de los minerales máficos (intemperismo), estructuras esferoidales. Presencia de pseudo estratos. Gradación directa.



Foto 11. Ubicación N: 9213661, E: 771927, C: 2835. Vista panorámica de la discordancia angular formada por los depósitos de Flujo piroclásticos subhorizontales del Volcánico Huambos (1), que sobreyacen al basamento Cretáceo Inferior de la Formación Farrat (2). Se localiza al NE del río Porcón.





Foto 12. Ubicación N: 9214924, E: 770392, C: 2936. Depósito de flujo piroclástico de Bloques y Cenizas.

## **Facie II**

Presenta un contacto discontinuo con la Facie I. Genéticamente constituyen un depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza, gris amarillento con cristales de plagioclasas y hornblenda con fragmentos líticos lávicos de composición Andesítica. Los fragmentos de pómez presentan un color blanco, tiene un aspecto sedoso y contienen pequeñas vesículas, lo cual le da una textura fibrosa y poseen entre 1 a 4 centímetros de diámetro. En la parte central se puede observar una mayor concentración de bloques monolíticos, que alcanzan hasta 35 centímetros de diámetro sub angulosos a sub redondeados, con textura porfirítica, de composición andesítica. En la parte superior se puede observar una estratificación interna, formados por los diferentes episodios de depositación que está relacionado con los cambios en la intensidad de la erupción, además de la presencia de fiammes. Toda esta Facie alcanza un espesor total de 193 metros. Gradación Simétrica.



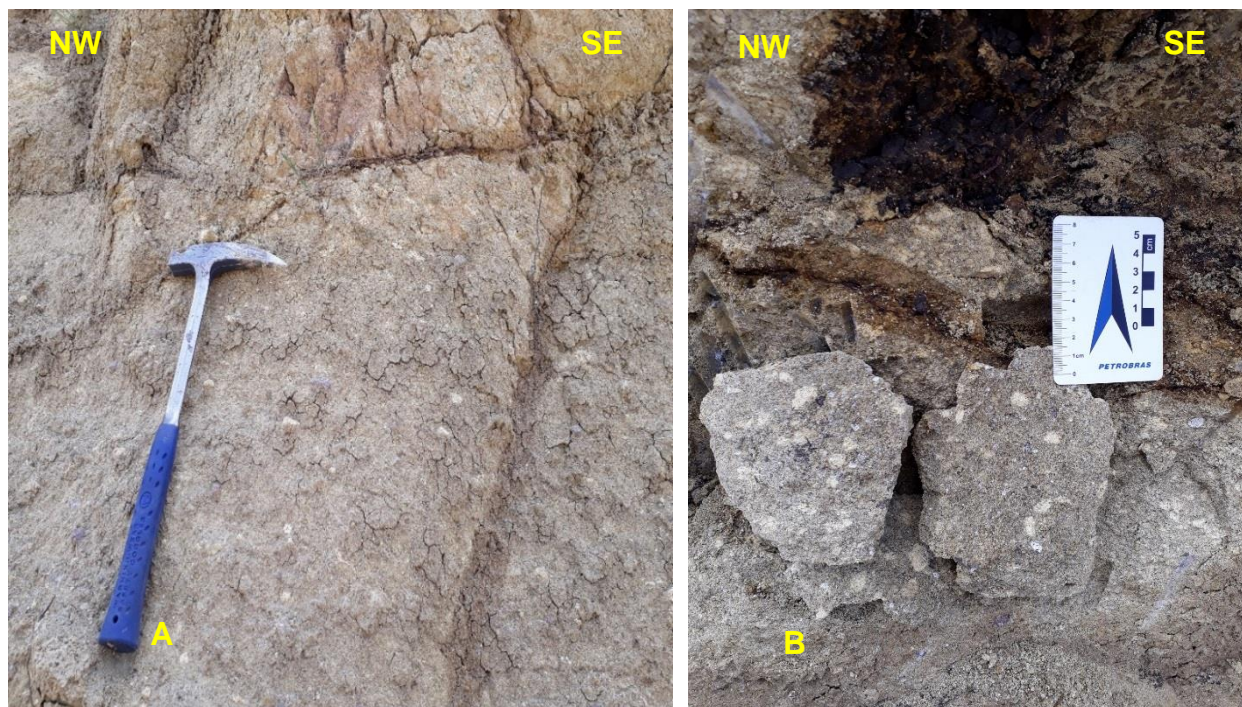


Foto 13. Ubicación N: 9215408, E: 770467, C: 3149. Depósito de Flujo Piroclástico de Pómez y ceniza (A). Presencia de Fiamme (B).

### Facie III

Presenta un contacto neto, no discontinuo con la Facie II. Genéticamente constituye un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas. Los bloques alcanzan hasta 50 centímetros de diámetro, sub angulosos a sub redondeados (monolíticos), con textura porfirítica. En un pequeño tramo se observa grietas por enfriamiento conocidos como disyunción columnar, con fracturas rellenas por óxidos de Hierro, y un depósito de lahares, formado por el material piroclástico suelto, que se acumula en los flancos de un volcán y se mezcla con agua para formar flujos de lodo, se caracteriza por ser depósitos masivos y compactos, con una depositación sub horizontal. Se encuentra mal clasificados y contiene fragmentos líticos heterométricos y heterogéneos, predomina la matriz compuesto por ceniza de grano fino y fuertemente compactada. En la parte superior de la Facie III se observa genéticamente un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas. Los bloques alcanzan hasta 10 centímetros de diámetro, pero abundan los de 2 a 8 centímetros de diámetro, angulosos a sub redondeados con textura Porfirítica.



Litológicamente la Facie III está formado por Tobas Cristalolíticos. Gradación Inversa. En contacto con la Facie IV se observa una veta de sílice amorfa (Ópalo) que tiene un Azimuth N70° y un buzamiento 75° SE.



Foto 14. Ubicación N: 9215408, E: 770472, C: 3150. Contacto neto, no discontinuo entre la Facie II y la Facie III. El contacto entre la Facie II y la Facie III presenta un Azimuth N 320° y Buzamiento 50 NE.





Foto 15. Ubicación N: 9215517, E: 770514, C: 3155. Depósito de Flujo de Bloques y Cenizas. Gradación directa.



Foto 16. Ubicación N: 9215427, E: 770507, C: 3179. Grietas por enfriamiento (Disyunción Columnar).





Foto 17. Ubicación N: 9215528, E: 770433, C: 3182. Depósito de Lahar que posee cerca de 4 metros de espesor. Gradación Inversa.



Foto 18. Veta de Sílice amorfa (Ópalo), parte superior de la Facie III.

#### **Facie IV**

Presenta un contacto discontinuo con la Facie III. Genéticamente constituye un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas. Los bloques alcanzan hasta 30 centímetros de diámetro, pero abundan los de 2 a 10 centímetros de diámetro, sub angulosos a sub redondeados, textura Porfirítica. El depósito posee bloques monolíticos. En los bloques se observan una erosión cataclástica. En la parte superior de la Facie IV se observa genéticamente un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas. Los bloques alcanzan hasta 2.50 metros de diámetro (mega bloques), pero abundan los de 0.8 a 2 metros de diámetro, sub redondeados. El depósito posee bloques monolíticos, con presencia de estructuras esferoidales. Litológicamente la Facie IV está formado por Tobas Cristalinos y Cristalolíticos. Gradación Inversa.





Foto 19. Ubicación N: 9216036, E: 770401, C: 3231. Depósito de Flujo Piroclástico de Bloques y Cenizas. Gradación Inversa (A), Erosión cataclástica en los Bloques (B).





Foto 20. Ubicación N: 9216322, E: 770538, C: 3238. Mega Bloques (2.50 metros de diámetro) parte superior de la Facie IV.

## **Facie V**

Presenta un contacto neto con la Facie IV. Genéticamente constituye un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas que alcanza hasta 193 metros de espesor. Los bloques alcanzan hasta 20 centímetros de diámetro, redondeados a sub angulosos, con estructuras esferoidales. Litológicamente la Facie V está constituido por Tobas de Cristalolíticos. Gradación directa.





Foto 21. Depósito de Flujo piroclástico de Bloques y cenizas Facie V.

#### **4.1.5. Centro Eruptivo**

Posterior a la gran actividad volcánica – Plutónica Miocénica se produce el levantamiento Andino y erosión, seguidamente se deposita el volcanismo de la Formación Huambos (8.2 Ma – Noble, 1989) constituido por coladas piroclásticas andesíticas – dacíticas que recubren valles y depresiones. El volcánico Huambos ocurre en dos secuencias de distinta composición de flujos piroclásticos. La primera de composición dacítica, corresponde al miembro Fraylones y la segunda de composición andesítica corresponde al miembro Otuzco, ambos asociadas a distintos centros eruptivos (Basurto, 2014).

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

Las características petrológicas del volcánico Huambos que aflora en las zonas de Tual y Porcón Bajo, se caracteriza por la intercalación de flujos piroclásticos de composición andesítica, Tobas y con algunas facies de lahar, existiendo también la presencia de bloques angulosos a sub redondeados desde 2mm. a mayor diámetro, distribuidas en cinco Facies vulcanogénicas de composición intermedia, provenientes del centro eruptivo miembro Otuzco durante el Mioceno Superior 8Ma. (Basurto, 2014). Debido a las características litológicas observadas durante la etapa de cartografiado, estudios petrográficos como descripción macroscópica, microscópica y secciones delgadas para el análisis geoquímicos, la elaboración de sección geológica, columna estratigráfica y la disposición de las diferentes capas que conforman esta secuencia volcánica corresponden al volcanismo del tipo explosivo - Pliniano, con lo cual la investigación realizada permite concluir que la hipótesis inicialmente planteada es corroborada.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Las características petrológicas del volcánico Huambos entre las zonas de Tual y Porcón Bajo de las 45 muestras de roca seleccionadas, utilizando el diagrama de Streckeisen y Schmidt concluyeron que es de composición andesítica; 4 Tobas de cristales, 26 Tobas Cristalolíticos y 5 Tobas Cristalovítricos.

El cartografiado geológico a escala 1:15000 caracteriza al volcánico Huambos en 5 Facies vulcanogenéticas, rocas sedimentarias silico clásticas de la Formación Farrat y sedimentos coluviales recientes de Depósitos Cuaternarios (Fluvial y Aluvial).

Los procesos de formación de los depósitos volcánicos de la Formación Huambos en la zona de Tual y Porcón Bajo muestran 5 Facies de depósitos de Flujos Piroclástico, identificados en una sucesión de eventos, generada por un vulcanismo explosivo tipo Pliniano, ocupando los 16 km<sup>2</sup> , abundantes fragmentos líticos con Gradación directa e inversa.

El centro eruptivo De acuerdo y a la cristalización interna de las rocas muestran una dirección en general al NW, siendo posible fuente de emisión denominada Centro Volcánico Miembro Otuzco activo a finales del Mioceno Superior de composición andesítica (Basurto, 2014).

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Realizar un mayor número de secciones delgadas para tener un mayor detalle del contenido mineralógico de las rocas presentes en el área de estudio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baragar, W y Irvine, T. 1971. Guía para la clasificación química de las rocas volcánicas.
- Basurto, A. 2014, Tesis profesional "Validación del muestreo de blastholes por canales en zonas de mineralización de sulfuros, proyecto Yanacocha Verde-Cajamarca"
- Castro, A. 1989. Petrografía Básica. Madrid
- Cas. R y White. J. 1988. Sucesión Volcánica: Moderna y antigua. Unwin Hyman, Londres
- Clive, P 2004. Volcanoes, Oxford University.
- Echevarria, L. 2002. Mapeo en Terrenos Volcánicos, Colorado School of Mines
- Fisher, V. 1961: Clasificación propuesta de sedimentos y rocas volcánicas. Geol. Soc. Amer. Bull. 72
- Gallardo, E. 2013, Tesis profesional "Estratigrafía del Volcánico Huambos facies Volcánicas y volcánicas en la cuenca de Cajamarca"
- Griggs, C. 1922. Vulcanología, California.
- Lépez, J. et. al. 2006, Texturas y Estructuras de las Rocas Igneas: Significado Petroológico e Implicancias en las Condiciones de Formación de las Rocas.
- Longo, A. (2005). Evolution of Volcanism and Hydrothermal Activity in the Yanacocha Mining District, Northern Peru. In partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Oregon University State.
- McPhie J. et.al, 1993. Texturas Volcánicas.
- Miyashiro. A 1975. Series de rocas Volcánicas y su configuración tectónica.
- Pearce J, Gorman, B. and Birkett, T. 1975. Diagrama de  $TiO_2-K_2O-P_2O_5$ ; un método de discriminación entre basaltos oceánicos u no oceánicos.
- Sarks y Walker, 1973. Estudios en Vulcanología.
- Sieron A. 2009. Igneous and Metamorphic Petrology

Simpson, 1977. Edificios Volcanicos y reservorios magmaticos superficiales

Spelucin J. 2017 Tesis profesional “Caracterización petrologica de la Formación Porculla (Grupo Calipuy) Cumbemayo, Cajamarca”

Supo J. 2015. Como empezar una Tesis.

Vera, J. 2017, Estratigrafía del Volcánico Huambos entre los Caseríos

Yerba Buena Chica y Maraypata, Centro Poblado Combayo – La Encañada-  
Cajamarca.

Walker, G. 1983. Diario de vulcanologia y recursos geotermicos.

# Anexos