

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



TESIS

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LOS
CENTROS POBLADOS DE PAMPA CABRERA Y CERRO ESCALERA.
PROVINCIA DE CELENDÍN.**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

Bach. Rivera López Kevin Alexánder

ASESOR:

Dr. Ing. Lagos Manrique Alejandro Claudio

CAJAMARCA-PERÚ


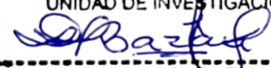
2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : RIVERA LÓPEZ KEVIN ALEXÁNDER
DNI : 72707405
Escuela Profesional : INGENIERÍA GEOLÓGICA
2. Asesor : ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE
Facultad : INGENIERÍA
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LOS CENTROS
POBLADOS DE PAMPA CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
6. Fecha de evaluación: 05 DE ENERO DE 2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 15%
9. Código Documento: oid:3117:419396250
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 05/01/2025

| | |
|---|---|
|  Ing. Alejandro C. Lagos Manrique | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz DIRECTORA |
| <hr/> FIRMA DEL ASESOR Alejandro Claudio Lagos Manrique DNI: 09224934 | <hr/> UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI |

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN"

ASESOR : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0053-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 17 de enero de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **siete días del mes de febrero de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.", presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica KEVIN ALEXÁNDER RIVERA LÓPEZ, asesorado por el Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

- EVALUACIÓN PRIVADA : 4 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 15 PTS (En letras) Quince

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de Quince acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11.00 am horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

[Signature of Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado]

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

[Signature of Crispín Zenón Quispe Mamani]

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Vocal

[Signature of Víctor Ausberto Arapa Vilca]

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

[Signature of Alejandro Claudio Lagos Manrique]

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a todos mis docentes.

Un agradecimiento especial a mi asesor, el Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique, por sus sugerencias y correcciones oportunas para el mejoramiento de esta tesis.

KEVIN

DEDICATORIA

A mis señores padres, por darme la educación que tengo, por su comprensión y apoyo durante mi etapa como estudiante en la Universidad Nacional de Cajamarca y en todo el transcurso de mi vida; y a mi pequeña sobrina Madisson que está cuidándome desde el cielo.

KEVIN

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | ix |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| | |
| CAPÍTULO I | 12 |
| INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| | |
| CAPÍTULO II | 16 |
| MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS | 16 |
| 2.1.1 Internacionales | 16 |
| 2.1.2 Nacionales..... | 16 |
| 2.1.3 Locales..... | 16 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 17 |
| 2.2.1. Vulcanismo | 17 |
| 2.2.2. Actividad Volcánica | 18 |
| 2.2.3. Manifestaciones Volcánicas..... | 19 |
| 2.2.4. Textura y Organización Interna de Depósitos de Flujos Piroclásticos | 22 |

| | Pág. |
|---|--------|
| 2.2.5. Lavas, Intrusiones Sin-Volcánicas y Depósitos Volcanoclásticos | |
| Relacionados | 22 |
| 2.2.6. Colapso de Columna de Gas y Piroclastos | 25 |
| 2.2.7. Facies Volcánicas..... | 26 |
| 2.2.8. Clasificación de Rocas Volcánicas TAS | 28 |
| 2.2.9. Rocas Piroclásticas..... | 29 |
| 2.2.10. Discriminación Tectónica..... | 30 |
| 2.2.11. Clasificación por Arcos Magmáticos del Grupo Calipuy y su Relación con los Volcánicos Huambos..... | 30 |
| 2.2.12. Propiedades descriptivas importantes en rocas volcánoclasticas | 36 |
| 2.3. Definición de Términos Básicos | 37 |
| CAPÍTULO III | 39 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 39 |
| 3.1. UBICACIÓN | 39 |
| 3.1.1. Geográfica..... | 39 |
| 3.1.2. Política | 39 |
| 3.2. ACCESIBILIDAD | 41 |
| 3.3. GEOLOGÍA LOCAL..... | 41 |
| 3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 44 |
| 3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y método de la investigación | 44 |
| 3.4.2. Población de Estudio..... | 44 |
| 3.4.3. Muestras | 44 |
| 3.4.4. Unidad de Análisis | 44 |

| | Pág. |
|--|------|
| 3.4.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos | 45 |
| 3.4.6. Análisis e Interpretación de Datos..... | 46 |
| | |
| CAPÍTULO IV | 47 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 47 |
| 4.1. VOLCÁNICO HUAMBOS..... | 47 |
| 4.1.1. Caracterización Litológica del Evento 1 (60 m) | 52 |
| 4.1.2. Caracterización Estratigráfica del Evento 1 (60 m) | 53 |
| 4.1.3. Caracterización Litológica del Evento 2 (125 m)..... | 54 |
| 4.1.4. Caracterización Estratigráfica del Evento 2 (125 m) | 55 |
| 4.1.5. Caracterización Litológica del Evento 3 (75 m) | 58 |
| 4.1.6. Caracterización Estratigráfica del Evento 3 (75 m) | 58 |
| 4.2. REPRESENTACIÓN DE ÁLCALIS TOTAL VS SÍLICE (TAS)..... | 59 |
| 4.3. DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA..... | 62 |
| 4.4. ESTUDIO MACROSCÓPICO DE LAS ROCAS..... | 63 |
| 4.5. COMPORTAMIENTO REGIONAL DEL VOLCÁNICO HUAMBOS | 76 |
| | |
| CAPÍTULO V | 80 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 80 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 80 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 81 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 82 |
| ANEXOS..... | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Partes de un volcán..... | 18 |
| Figura 2. Origen de los flujos piroclásticos; flujos lávicos y domos..... | 21 |
| Figura 3. Tipos de depósitos volcánicos..... | 23 |
| Figura 4. Transporte de los productos volcánicos..... | 24 |
| Figura 5. Actividad volcánica con depósitos de caída, flujos de lava y ceniza. | 24 |
| Figura 6. Figura colapso de una columna eruptiva..... | 26 |
| Figura 7. Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas..... | 29 |
| Figura 8. Clasificación de rocas piroclásticas..... | 30 |
| Figura 9. Ubicación y localización de las muestras de los diferentes centros volcánicos del Cenozoico. La leyenda muestra la nueva clasificación de los Centros volcánicos según arcos magmáticos. | 32 |
| Figura 10. Ubicación Política de la zona de investigación..... | 40 |
| Figura 11. Depósitos aluviales que se observan en la parte alta. | 42 |
| Figura 12. Plano Geológico de la zona de investigación. | 43 |
| Figura 13. Perfil sección geológica..... | 48 |
| Figura 14. Columna Estratigráfica del Evento 01. | 49 |
| Figura 15. Columna Estratigráfica del Evento 02. | 50 |
| Figura 16. Columna Estratigráfica del Evento 03. | 51 |
| Figura 17. Vista panorámica de los tres eventos del Volcánico Huambos. | 52 |
| Figura 18. Estrados de cenizas que aumentan progresivamente de tamaño hacia la parte superior seguidos por estratos de lapillis. | 53 |
| Figura 19. Fragmento de roca andesítica angulosa..... | 54 |

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 20. Afloramiento conteniendo estratos gruesos de lapillis grueso..... | 54 |
| Figura 21. Afloramiento conteniendo estratos gruesos de lapillis grueso..... | 55 |
| Figura 22. Bloque redondeado de naturaleza andesítica, englobado dentro del evento 2. Foto tomada al SO del CP Cerro Escalera..... | 56 |
| Figura 23. Flujo constituido de bloques y cenizas..... | 56 |
| Figura 24. Bloques redondeados andesíticos indicando redepositación | 57 |
| Figura 25. Los estratos del evento 2 disminuyen de grosor para entrar a el evento 3..... | 57 |
| Figura 26. Afloramiento del Evento 3..... | 58 |
| Figura 27. Fiames que muestran una orientación de Oeste a Este del flujo piroclástico que caracteriza al evento 3..... | 59 |
| Figura 28. Representación de las muestras en el diagrama TAS | 61 |
| Figura 29. Representación de las muestras dentro del triángulo de Pearce | 62 |
| Figura 30. Muestra 01 en función de las proporciones de piroclastos..... | 64 |
| Figura 31. Muestra 02 en función de las proporciones de piroclastos..... | 66 |
| Figura 32. Muestra 03 en función de las proporciones de piroclastos..... | 68 |
| Figura 33. Muestra 04 en función de las proporciones de piroclastos..... | 70 |
| Figura 34. Muestra 05 en función de las proporciones de piroclastos..... | 72 |
| Figura 35. Muestra 06 en función de las proporciones de piroclastos..... | 74 |
| Figura 36. Mapa regional compuesto por los Cuadrángulos de Chota, Cajamarca, Celendín y San Marcos..... | 77 |
| Figura 37. Ubicación del conducto de emisión y una distancia probable de 20 km hasta los Centro Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera..... | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Nombres de agregado volcánico consolidado y el nombre del individuo . | 19 |
| Tabla 2. Edades radiométricas de las diferentes Arcos Magmáticos..... | 36 |
| Tabla 3. Accesibilidad | 41 |
| Tabla 4. Tipo de investigación | 44 |
| Tabla 5. Eventos volcánicos definidos para las rocas del Volcánico Huambos | 47 |
| Tabla 6. Resultado del análisis químico de las rocas volcánicas de los Volcánicos Huambos | 60 |
| Tabla 7. Suma de los elementos Na ₂ O%+ K ₂ O% vs SiO ₂ % | 60 |
| Tabla 8. Estudio macroscópico de la muestra KR-01 | 63 |
| Tabla 9. Estudio macroscópico de la muestra KR-02..... | 65 |
| Tabla 10. Estudio macroscópico de la muestra KR-03..... | 67 |
| Tabla 11. Estudio macroscópico de la muestra KR-04..... | 69 |
| Tabla 12. Estudio macroscópico de la muestra KR-05..... | 71 |
| Tabla 13. Estudio macroscópico de la muestra KR-06..... | 73 |
| Tabla 14. Cuadro resumen descripción macroscópico..... | 75 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | | |
|-------|---|--|
| Ag | : | Plata |
| Au | : | Oro |
| Cu | : | Cobre |
| E | : | Este |
| Fe | : | Hierro |
| GPS | : | Global Positioning System |
| h | : | Hora |
| IUGS | : | Unión Internacional de Ciencias Geológicas |
| Ki | : | Cretácico Superior |
| Km | : | Kilómetro |
| Ks | : | Cretácico Inferior |
| m | : | Metro |
| Ma | : | Millones de Año |
| Mo | : | Molibdeno |
| Mpx | : | Megapíxeles |
| msnm | : | Metros sobre el nivel de mar |
| N | : | Norte |
| NE | : | Noreste |
| NO | : | Noroeste |
| O | : | Oeste |
| Ox | : | Óxido |
| QAPF | : | Diagrama de Streckeisen |
| Qh-cl | : | Cuaternario Holoceno Coluvial |
| Qp-al | : | Cuaternario Pleistoceno Aluvial |
| S | : | Sur |
| SE | : | Sureste |
| SO | : | Suroeste |
| TAS | : | Total de Álcalis vs Sílica |
| UTM | : | Universal Transversal Mercator |

RESUMEN

La investigación se realizó en los Centros Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera y consistió en la caracterización estratigráfica del Volcánico Huambos. Cabe precisar que estudios realizados recientemente sobre rocas volcánicas infrayacentes efectuados por Chávez et al (2010), determinan edades radiométricas entre 45 a 3 Ma por lo que las rocas del Volcánico Huambos pertenecen al Pleistoceno Terminal-Pleistoceno debido a que se encuentran suprayaciendo a dichas rocas. Estas rocas volcánicas abarcan un 40%. Los afloramientos están dispuestos en forma sub-horizontal y sobreyacen a secuencias plegadas del Cretácico superior indicando un evento volcánico post- tectónica Incaica (Navarro 2014). Regionalmente se aprecia que los mayores afloramientos se ubican en el sector Oeste (Cuadrángulos de Cajamarca y de Chota) y una notoria ausencia en el sector Este en el Cuadrángulo de Bolívar. La columna estratigráfica tiene 260m de espesor dividido en tres (03) eventos volcánicos. El primer evento posee un espesor de 60m y está constituido por cenizas, lapillis y pocos bloques, y que indica baja energía de la actividad volcánica. El segundo evento de un espesor de 125 m posee lapillis gruesos, aglomerados volcánicos y bloques lo que evidencia alta energía de la actividad volcánica, el tercer evento posee un grosor de 75 m y que está compuesta por cenizas, lapillis y que indica baja energía. Se observan fiames orientados en dirección Oeste – Este. La orientación que poseen estos fiames es un posible indicativo que los productos volcánicos tuvieron su área de proveniencia desde el Oeste. Por su litología indican una actividad volcánica explosiva y que se encuentran rellenado paleo - depresiones.

Palabras claves: fiames, lapillis, cenizas.

ABSTRACT

The research was carried out in the Populated Centers of Cerro Escalera and Pampa Cabrera and consisted of the stratigraphic characterization of the Huambos Volcanic. It should be noted that studies recently carried out on underlying volcanic rocks carried out by Chávez et al (2010), determine radiometric rock ages between 45 to 3 Ma, so the rocks of the Huambos Volcanic belong to the Terminal Pleistocene-Pleistocene because they are found overlying said rocks. These volcanic rocks cover 40%. The outcrops are arranged subhorizontally and overlie folded sequences from the Upper Cretaceous indicating an Inca post-tectonic volcanic event (Navarro 2014). Regionally, it can be seen that the largest outcrops are located in the Western sector (Cajamarca and Chota Quadrangles) and a notable absence in the Eastern sector in the Bolívar Quadrangle. The stratigraphic column is 260m thick divided into three (03) volcanic events. The first event has a thickness of 60m and is made up of ash, lapillis and few blocks, and indicates low energy of volcanic activity. The second event with a thickness of 125 m has horrible lapillis, volcanic agglomerates and blocks which shows high energy of the volcanic activity, the third event has a thickness of 75 m and is composed of ash, lapillis and indicates low energy. Flames are observed oriented in a west-east direction. The orientation of these flames is a possible indication that the volcanic products had their area of origin from the West. Due to their lithology, they indicate explosive volcanic activity and that paleo-depressions are filled.

Keywords: flames, lapillis, ashes.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En gran parte del país, posteriormente a la depositación de las secuencias sedimentarias del Cretácico Superior, se da inicio a una intensa actividad volcánica que genera grandes acumulaciones de rocas volcánicas. Es por ello que en los Centros Poblados Cerro Escalera y Pampa Cabrera que se ubican en la parte norte del Perú, afloran rocas pertenecientes al Volcánico Huambos que requieren ser estudiadas en forma puntual con la finalidad de proporcionar mayores aportes al conocimiento de la caracterización estratigráfica lo que permitirá realizar una correlación estratigráfica vulcanoclástica entre estos dos Centros Poblados lo cual servirá para futuras investigaciones.

Para la realización del estudio partiremos por analizar planos: topográfico, geológico y satelital los cuales serán generados mediante el software ArcGIS 10.8. En campo se realizará un perfil geológico y se identificará visualmente el volcánico Huambos mediante la toma de datos como: secuencias estratigráficas, litología, texturas y estructuras, para proceder con estos datos obtenidos a elaborar las columnas estratigráficas utilizando para ello la ayuda de los softwares Strater V.3 y AutoCAD 2019.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

General

¿Cuál es caracterización estratigráfica del Volcánico Huambos en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera Provincia de Celendín?

Específico

¿Cuántas facies volcánicas poseen los afloramientos del Volcánico Huambos?

HIPÓTESIS

General

Los afloramientos del Volcánico Huambos en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera- provincia de Celendín, se caracterizan por poseer estratos constituidos por tobas traquíticas y andesítica intercalado con flujos piroclásticos y bloques, indicando que hubo tres eventos volcánicos y que corresponden a una actividad volcánica explosiva.

Específica

La correlación estratigráfica de las columnas levantadas en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera indican que las tres facies volcánicas determinadas poseen una continuidad tanto vertical como lateral.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto de tesis se justifica porque permitirá realizar estudios con la finalidad de determinar la caracterización estratigráfica de los afloramientos del Volcánico Huambos, de esta manera lograr una interpretación del modo de depositación, de los tipos de facies, de su variación lateral, vertical y del tipo de actividad volcánica eruptiva. En esta investigación se aplicará el método directo que consistirá en la recolección de muestras de rocas volcánicas para el estudio petrográfico, estudio de las texturas, estructuras y elaboración de columnas estratigráficas en puntos estratégicos. Este trabajo servirá como una guía para futuros trabajos de investigación similares que se puedan realizar.

ALCANCES

Esta investigación se realizará en los Centros poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera y abarcará una extensión de 32 km² aproximadamente. Consistirá en el estudio de

las texturas y estructuras, recolección de muestras de rocas y de esta manera determinar los tres eventos volcánicos.

OBJETIVOS

General

Caracterizar la estratigrafía de los afloramientos del Volcánico Huambos, en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera- Provincia de Celendín.

Específicos

Determinar las facies volcánoclasticas.

Correlacionar la estratigrafía entre los Centro Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera.

Caracterizar la petrología de las rocas volcánicas.

Describir macroscópicamente las rocas volcánicas.

DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

Esta investigación está constituida por cuatro capítulos.

El capítulo I esta referido a la parte de la Introducción consistente en una especie de indicación de cómo está formada la tesis. El Capítulo II correspondiente al marco teórico que trata los asuntos de antecedentes donde hacemos referencia a trabajos previos sobre el tema los cuales guiaron y encaminaron nuestra investigación. El capítulo III, el cual se denomina Materiales y Métodos, contiene: la ubicación geográfica y política del área de estudio, contiene también la metodología utilizada en la investigación, la identificación de las variables dependientes e independientes, las técnicas utilizadas, los instrumentos, equipos utilizados, también están descritos tanto el clima el clima, la vegetación, la geomorfología. El Capítulo IV, titulado Análisis y Discusión de Resultados, contiene el trabajo propiamente dicho en donde se desarrollan los objetivos planteados, los resultados son contrastados con la

Hipótesis y que consiste en la comparación de los resultados obtenidos con la hipótesis planteada. El capítulo V, esta referido a las Conclusiones y Recomendaciones, en primer lugar, contiene las conclusiones los que están relacionadas a los objetivos planteados, seguidamente las recomendaciones. En la parte final de esta tesis contiene las referencias bibliográficas y por último están los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacionales

Litvak y Poma (2005) Estratigrafía y facies volcánicas y vulcanoclásticas de la Formación Valle del Cura: magmatismo paleógeno en la Cordillera Frontal de San Juan. Llegan a las siguientes conclusiones: las facies volcánicas y vulcanoclásticas de la Formación Valle del Cura son: las primeras corresponden a los afloramientos aislados de riolitas e ignimbritas de alto grado que afloran en las quebradas de las Máquinas y que corresponden a una actividad eruptiva; los flujos piroclásticos de bajo grado y sus facies epiclásticas asociadas, aflorantes en las quebradas del Zancarrón representan una intensa actividad eruptiva y sedimentaria durante el Eoceno- Oligoceno Inferior.

2.1.2 Nacionales

Navarro (2014), En su estudio, examina la correlación espacial, temporal y metalogenética del magmatismo cenozoico del Grupo Calipuy del norte de Perú, basándose en nuevas fechas. Sostiene que el segmento volcánico de Cajamarca se estableció en la zona suroeste de esa región, la cual se distingue por numerosos depósitos de piroclásticos que se entrelazan con secuencias lávicas y vulcanoclásticas.

2.1.3 Locales

Rodríguez (2019) Caracterización Petrológica del Volcánico Huambos en las Zonas de Tual y Porcón Bajo. Llegó a las siguientes conclusiones: las rocas son de composición andesíticas, se definió 4 Tobas de cristales, 26 Tobas Cristalolíticos y 5 Tobas Cristalovítricos; los análisis geoquímicos de las 5 muestras determinaron una serie magmática calcoalcalina, de ambiente continental- margen activo relacionados a procesos de subducción. Las rocas

piroclásticas 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.

Vera (2017) Estratigrafía del volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo- La Eencañada- Cajamarca. Concluye que: las características estratigráficas del volcánico Huambos fue originado por dos episodios volcánicos del tipo explosivo y explosivo- efusivo; el primero constituido por una alternancia de flujos de cenizas, lapilli, pómez y bloques; el segundo por secuencias de lava piroclástica ignimbríticas y tobáceas cada una de estas caracterizada por diferentes litofacies; las facies del Volcánico Huambos se clasificaron en: facies de escombros y bloques, facies de brechas piroclásticas, facies de flujos piroclásticos y facies de oleadas piroclásticas; el estudio macroscópico de las rocas volcánicas determinó como: toba lítica, toba de cristales y tobas de lapilli.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Vulcanismo

Es el fenómeno de erupción de roca fundida (magma) en la superficie de la Tierra, donde la lava, los piroclásticos y los gases volcánicos entran en erupción a través de una ruptura en la superficie llamada ventilación. Es el proceso durante el cual el magma asciende hacia la corteza y son emitidos hacia la superficie de la Tierra y la atmósfera. Sieron (2022).

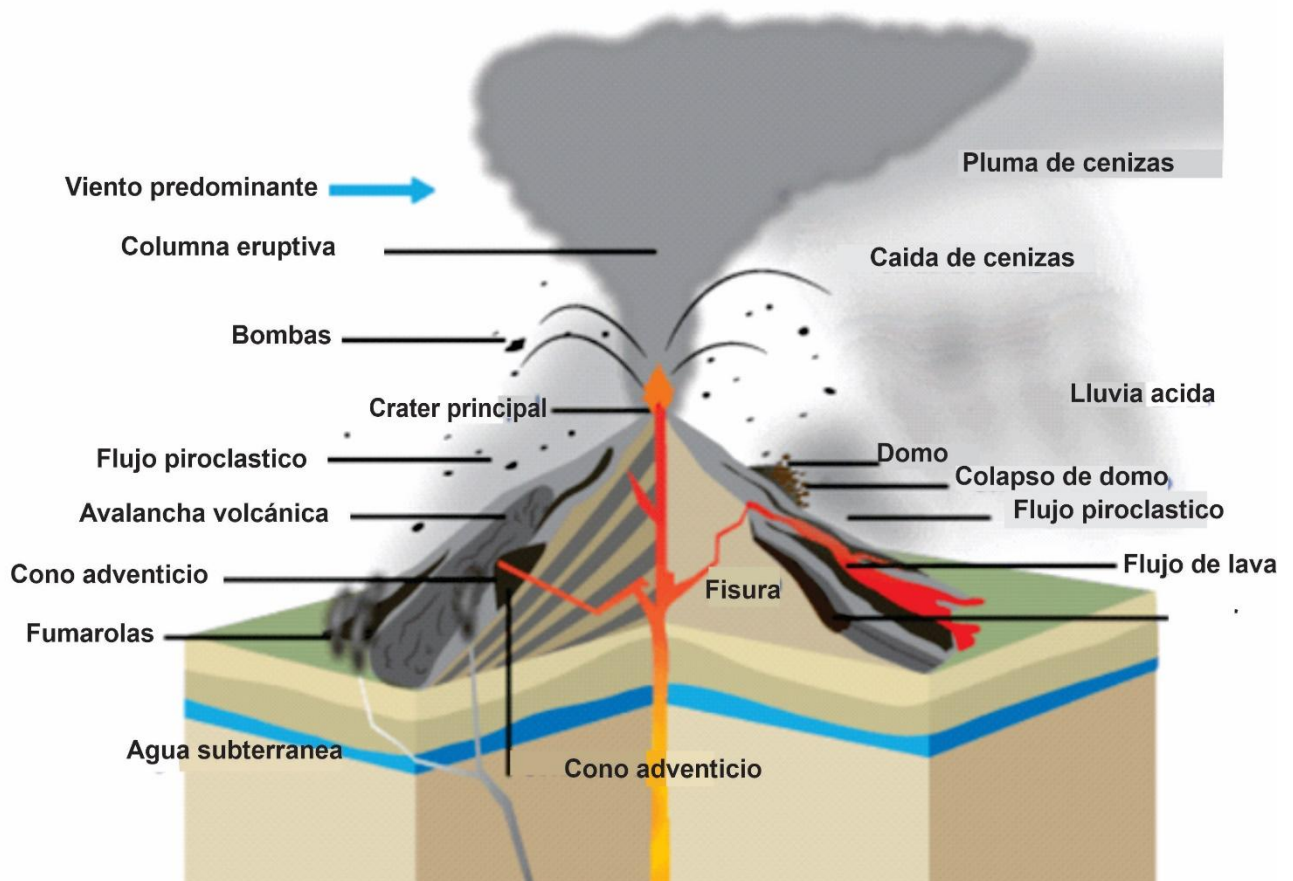


Figura 1 Partes de un volcán
Fuente: Sieron, (2022).

2.2.2. Actividad Volcánica

El magma puede contener sólidos en suspensión y gases. Su componente principalmente de silicato y según este se clasifica en: Básico, cuyo contenido es menor a 52%. Ácido, más del 63%. Intermedio, cuando el porcentaje se dentro del rango de 52% y el 63%. Las propiedades del magma dependen de la roca de origen predecesora y una vez que el magma sale y a medida que comienza ascender a la superficie, se produce el enfriamiento, generándose cambios físicos y químicos en su estructura. El análisis de la composición de las rocas volcánicas nos proporciona información sobre su origen. Cada ambiente geológico que puede generar magma tiene unas características geoquímicas determinadas. Sieron (2022).

Tabla 1 Nombres de agregado volcánico consolidado y el nombre del individuo

| PIROCLASTO (individuo) | TEFRA (Agregado consolidado) | Roca piroclástica (Agregado consolidado) | Tamaño (mm) |
|------------------------------------|--|---|------------------------|
| Bloque Bomba | Aglomerado Piroclástico Estrato de bloques y bombas | Aglomerado Brecha piroclástica | 64 2 |
| Lapilli | Estrato o capa de lapilli | lapillita | |
| Ceniza de grano de grano grueso | Estrato de capa de ceniza gruesa | Toba gruesa | 0.062 |
| Ceniza de grano fino | Estrato o capa de ceniza fina (polvo) | Toba fina | |

Fuente: Schmid, (1991)

2.2.3. Manifestaciones Volcánicas

2.2.3.1. Las Fumarolas

Las fumarolas ocurren muchas veces cerca de los volcanes y emiten gases y vapor (como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno). Se crea el vapor cuando el agua supracalentada se transforma en vapor y disminuye la presión al ascender. Una solfatara es una fumarola que emite gases con mucho contenido de azufre.

2.2.3.2. Fuentes Termales

Fuentes termales se producen cuando agua subterránea calentada sale a la superficie.

2.2.3.3. Geiser

Un géiser, viene del islandés (geysa-apurarse hacia adelante), es una fuente termal, la cual expulsa el agua en intervalos regulares o irregulares como fuente.

2.2.3.4. Flujos Piroclásticos

Los flujos piroclásticos, son generados a partir del colapso de una columna eruptiva y presentan una gran variedad dependiente de las condiciones del emplazamiento. Presentan una alta variación en los componentes que están reflejando las condiciones tanto del evento explosivo que generó los materiales, como en las circunstancias que controlaron el flujo durante el emplazamiento. (Sparks y Walker, 1977).

2.2.3.5. Depósitos de Flujo de Bloques y Ceniza

Compuesta por bloques líticos angulosos, poco vesiculares, algunos con fracturas radiadas de enfriamiento. La matriz es de ceniza (trizas angulosas). 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 (Echevarria, 2008).

2.2.3.6. Depósitos de Flujo de Escoria y Ceniza

Son depósitos no seleccionados, controlados por la topografía, compuestos por lapilli escoriáceo andesítico o basáltico. Soldamiento común. Gradación inversa de los clastos mayores. Estructuras de escape de gas y madera carbonizada (Echevarria, 2008).

2.2.3.7. Ignimbritas o Depósitos de Flujo Pumíceos

Formado por lapilli y bloques pumíceos, trizas y cristaloclastos, también litoclastos subordinados. Amplio rango de soldamiento y texturas de desvitrificación y recristalización. Fragmentos pumíceos mayores pueden estar inversamente gradados, mientras que los clastos líticos están normalmente gradados. Poseen estructuras de escape de gas, madera carbonizada. Relacionados a calderas. (Echevarria, 2008).

2.2.3.8. Depósitos Primarios de Flujos Piroclásticos

Los flujos piroclásticos son dispersiones altamente concentradas de gas, partícula, calientes, muy móviles, originados por erupciones volcánicas. Las partículas son piroclastos formados por desintegración explosiva del magma y roca de caja. Están relacionados a extrusiones de flujos lávicos y domos, por colapso gravitacional, o relacionados a erupciones explosivas que acompañan a la extrusión de domos. Dichos flujos se denominan: flujos de bloques y cenizas o nubes ardientes, y los depósitos: depósitos de flujos de bloques y cenizas o depósitos de avalanchas calientes. Por colapso vertical de columnas eruptivas explosivas. En vulcanismo tipo vulcaniano, con producción de pequeños volúmenes de flujos de escoria y ceniza, los depósitos se denominan: depósitos de flujo de escoria y cenizas. Mientras que en vulcanismo tipo pliniano se generan flujos piroclásticos voluminosos cuyos depósitos se denominan ignimbritas. Por flujo directamente del cráter del volcán.

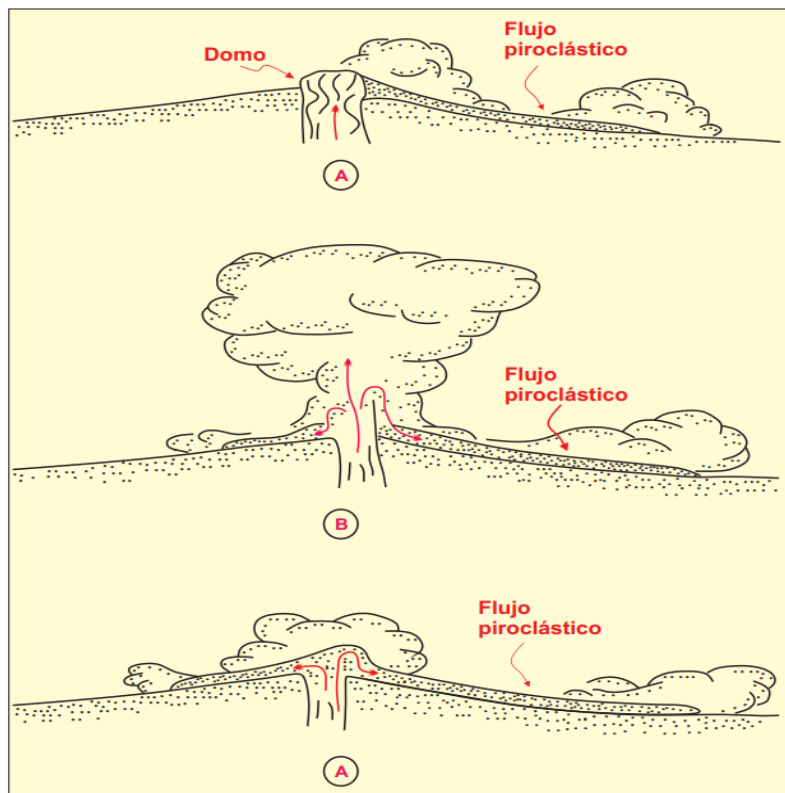


Figura 2 Origen de los flujos piroclásticos; flujos lávicos y domos (A), colapso vertical de columnas eruptivas explosivas (B), flujo directamente del cráter del volcán (C)

Fuente: Echevarria, (2008).

2.2.4. Textura y Organización Interna de los Depósitos de Flujos Piroclásticos

Los depósitos de flujo piroclástico son, en general, muy poco seleccionados. Piroclastos de tamaño lapilli y bloques están dispersos en una matriz tamaño ceniza (que puede estar algo gradada). Los cristaloclastos euhedrales son abundantes. Los fragmentos mayores suelen estar redondeados debido a abrasión durante el flujo. 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 es: hidratación, desvitrificación, alteración hidrotermal, diagénesis, metamorfismo, deformación, meteorización (Echevarria, 2008).

2.2.5. Lavas, Intrusiones Sin-Volcánicas y Depósitos Volcanoclásticos Relacionados

Erupciones efusivas generan flujos lávicos o domos. En la mayoría de los casos, los flujos lávicos y las intrusiones sin-volcánicas están formados por facies coherentes y autoclásticas. Las facies coherentes consisten en lava o magma solidificado, con texturas porfíricas, afíricas, con pasta vítrea, criptocristalina o afanítica. Los procesos autoclásticos de fragmentación no explosiva generan cantidades significativas de autobrechas e hialoclastitas.

2.2.5.1. Autobrechas

Las autobrechas es resultado de la fragmentación no explosiva de lava durante su fluencia. En general, los bordes de la lava, que están más fríos, forman una capa rígida que durante el flujo se rompe y se incorpora al resto de la lava. El resultado final es un flujo lávico formado por una parte central de textura coherente, con bordes superior e inferior con autobrechas. Las autobrechas están formadas por bloques o clastos de lava de distintas formas, son típicos los clastos pumíceos y bandeados. Los agregados son monolíticos, clasto

sostén, con escasa matriz, pobremente seleccionados, y gradan a lava con textura coherente, pasando por texturas en rompecabezas.

2.2.5.2. Hialoclastitas

Las hialoclastitas son agregados clásticos formados por fracturación no explosiva debido a enfriamiento y contracción de lavas e intrusiones. Afecta a todos los rangos composicionales. Principalmente en efusiones subacuáticas, o subaéreas que penetran en un cuerpo de agua. Los clastos formados son angulosos, con grandes variaciones de tamaño (<1 mm a decenas de cm), en general poseen texturas en rompecabezas.

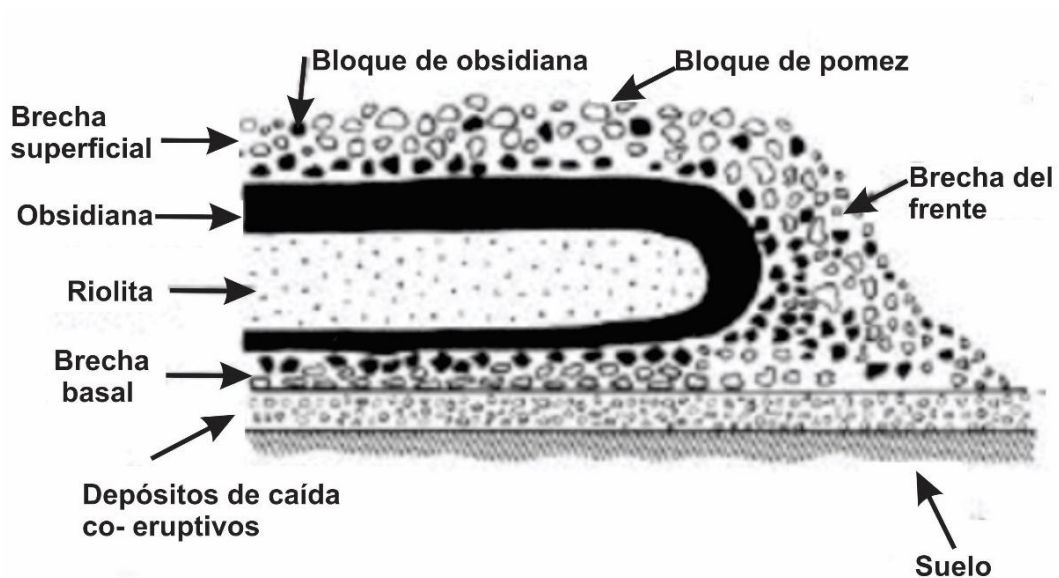


Figura 3 Tipos de depósitos volcánicos
Fuente: Echevarría, (2008).

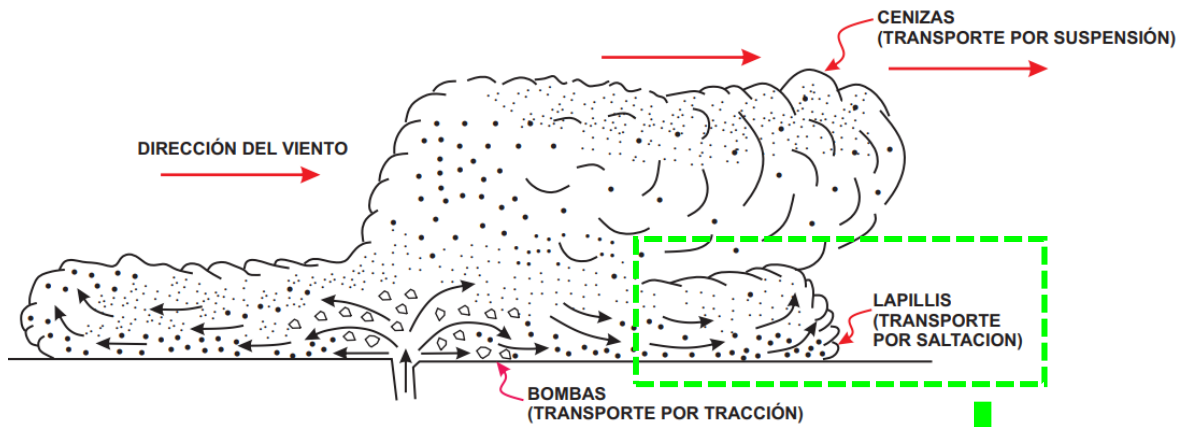


Figura 4 Transporte de los productos volcánicos
Fuente: Druitt y Sparks,(1982)

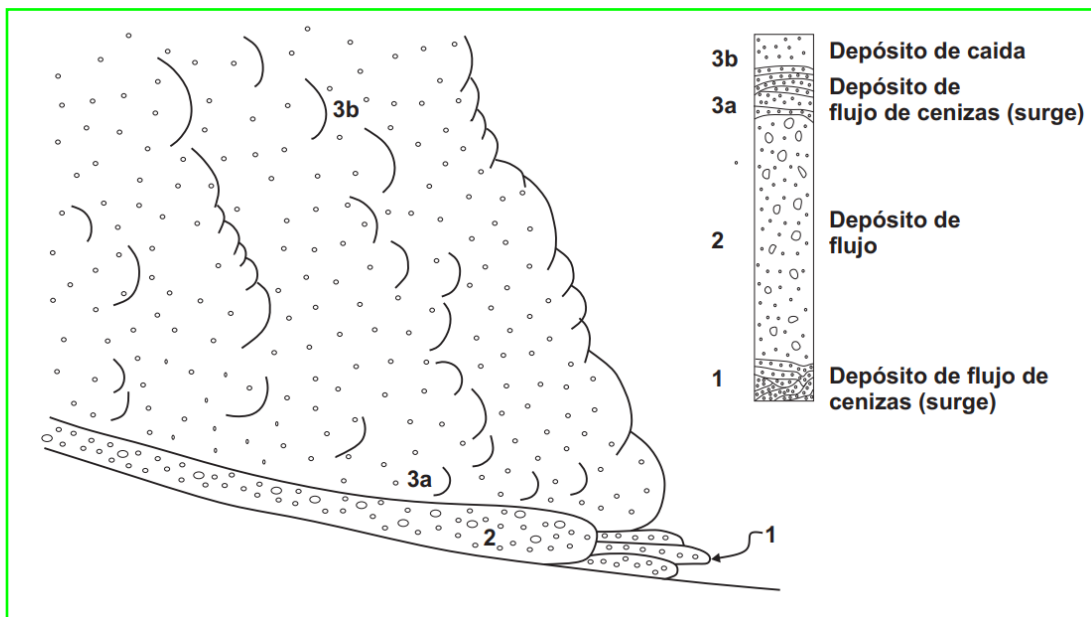


Figura 5 Actividad volcánica con depósitos de caída, flujos de lava y de ceniza.
Fuente: Druitt y Sparks,(1982).

2.2.6. Colapso de Columna de Gas y Piroclastos

El ascenso de la columna eruptiva está controlado por la energía cinética inicial por la capacidad de disipación de la energía térmica y la incorporación y la incorporación de aire exterior. El descenso de los materiales de la columna es común en el caso de que sea la energía cinética el mecanismo predominante siendo la velocidad de descenso la velocidad límite de caída de los piroclastos, en función de su tamaño y densidad. Si la columna evoluciona en forma estable alimentándose del aire exterior, los materiales se dispersan a gran altura, descendiendo también con su velocidad límite. El tercer caso, corresponde a una columna que por su tamaño o desarrollo ha establecido celdas de convección interna de gran amplitud vertical, incorporando cantidades muy pequeñas de aire exterior, en estas circunstancias los materiales sólidos descienden con velocidades similares a la del ascenso, formando una envoltura descendiente alrededor de la columna constituyendo el modelo más típico de colapso de una columna eruptiva. Una disminución de la capacidad ascensional originada por un descenso en el contenido en volátiles (agua) del magma, una caída en la velocidad de emisión o un aumento por erosión en el tamaño en el tamaño de los conductos, puede conducir al colapso violento de una columna que se desarrollaba en forma estable. En la figura se observa que cerca de la boca eruptiva (donde los depósitos son de poco espesor y contienen una importante fracción gruesa) destaca la fuerte compresión de los materiales, bajo el peso de la nube que colapsó y el flujo presenta caracteres de no turbulencia iniciándose seguidamente la separación de dos niveles. En el nivel inferior, los materiales fluidizados tienen un movimiento laminar, mientras que en el nivel superior predomina la fase gaseosa y régimen turbulento que provoca una gran dispersión de las partículas finas, formándose una nube de cenizas que puede separarse para desplazarse independientemente y depositarse en zonas distales o laterales. Por su parte en la cabecera o frente de la nube se produce una mayor fluidización por efecto del aire incorporado, que también junto con una fracción importante de la desgasificación del material original, genera

un colchón de aire el que la nube puede alcanzar grandes velocidades, mientras que si este colchón es insuficiente se origina fuertes fenómenos de erosión.

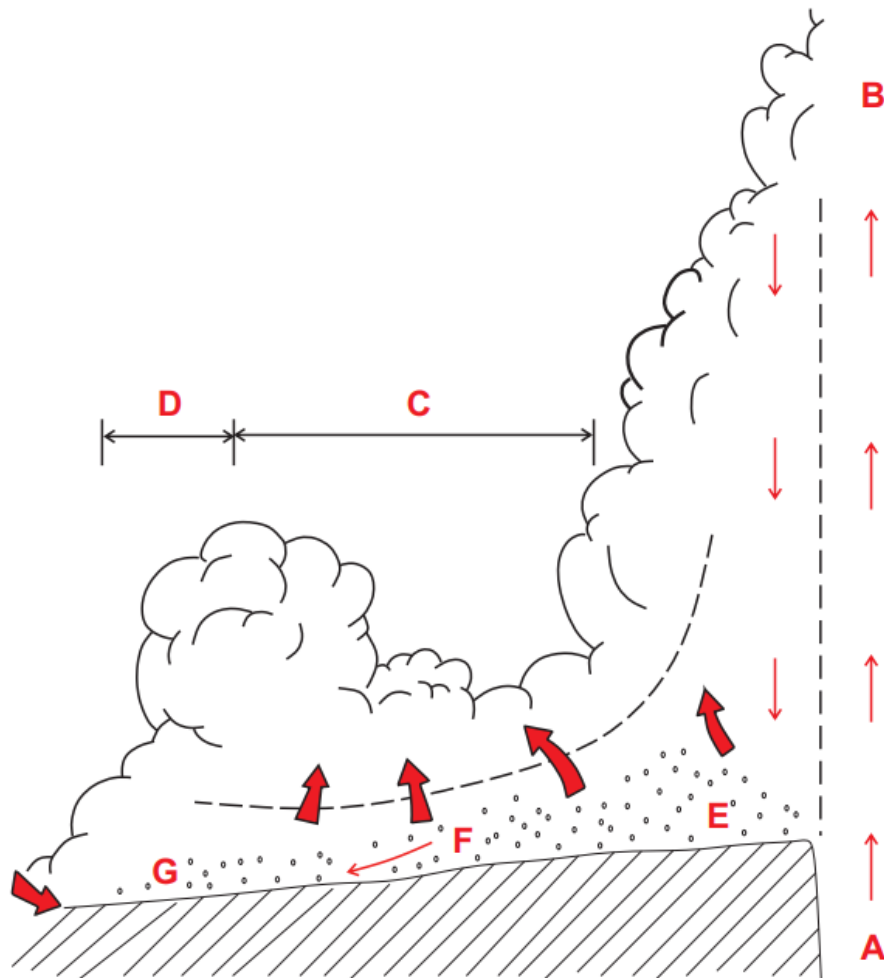


Figura 6 Figura colapso de una columna eruptiva. A. Conductos de emisión. B. Columna eruptiva. C. Cuerpo. D. Cabeza "frente". E. Zona de compresión y acumulación. F. Separación de un nivel de flujo piroclástico fluidizado y una nube turbulenta superior. G. Nivel de fuerte fluidización debido al aire incorporado frontalmente.

Fuente: Druitt y Sparks, (1982).

2.2.7. Facies Volcánicas

El término facies es más utilizado en el ambiente sedimentario, sin embargo, es de suma utilidad en sucesiones volcánicas. Una facies 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. Las facies pueden ser definidas a cualquier escala. Podemos encontrar facies con características muy diferentes, pero sin embargo que estén genéticamente relacionadas entre sí. Por ejemplo, una ignimbrita puede estar formada por distintas facies (Echevarria, 2008).

2.2.7.1. Descripción de Facies

El cartografiado debe comenzar con la descripción de los afloramientos utilizando para ello términos descriptivos litológicos o de facies, pero sin utilizar términos que tengan implicancias genéticas. Términos litológicos: información sobre composición, componentes y tamaño de grano. Términos faciales: estructura, organización interna, geometría. Términos genéticos: información sobre procesos de erupción y emplazamiento, procesos de erosión, transporte y redepositación. Según Echevarria (2008) la descripción y el análisis de las facies se realizan teniendo en cuenta tres descriptores (geometría, biología y estructuras sedimentarias volcánicas):

a. Litología Volcánica

Está constituida por los componentes de las sucesiones volcánicas: en lavas: cristales (fenocristales y microlitos), vidrio volcánico, xenolitos, xenocristales. En rocas volcanoclásticas: 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) (Echevarría,2008).

b. Estructuras Sedimentarias Volcánicas

Probablemente la herramienta más importante en análisis de facies. Reflejan las condiciones de sedimentación y los modos de transporte y depositación.

Una vez que se tienen registradas y descritas las facies individuales es importante analizar las asociaciones de facies y las relaciones entre ellas. Ya que diferentes facies pueden estar genéticamente relacionadas a un mismo evento volcánico, según Echevarria (2008).

2.2.8. Clasificación de Rocas Volcánicas TAS

Uno de los diagramas más utilizados para la clasificación de las rocas volcánicas es el diagrama TAS (Total de álcalis vs sílica). Se utilizan términos químicos: rocas ultrabásicas, básicas, intermedias, y ácidas, en función de la abundancia de SiO₂ en porcentajes en peso. Clasificación "TAS" para las rocas volcánicas

Esta clasificación es recomendada por la (IUGS) Subcomisión Internacional de Sistemática de las rocas Ígneas, se utiliza cuando se carece de análisis modales. Entre otros han propuesto esta clasificación, Zanettin (1984), Le Maitre (1984). La construcción de la clasificación TAS se basa en los siguientes criterios:

- a) Los campos identificados fueron elegidos de acuerdo, con el uso corriente de los nombres empleados.
- b) Se consideraron como rocas frescas aquellas con H₂O+ <2% y CO₂<0,5%.
- c) Todos los análisis son re-calculados a 100, libres de H₂O y CO₂
- d) Los límites de sílice para los campos de microbasaltos, basaltos, andesitas basálticas y dacitas, son de 45, 52 y 63% en peso respectivamente y coinciden con los usados para distinguir rocas ultrabásicas, básicas e intermedias. El valor 52% para los basaltos es el aceptado en la clasificación QAPF de Streckeisen.
- e) Algunos límites se determinan, localizando su contraparte en la clasificación QAPF. La clasificación TAS debe ser usada con las siguientes restricciones:
 - 1) La clasificación es puramente descriptiva, no hay implicancias genéticas.

- 2) Es independiente de la asociación de campo, excepto que la roca es volcánica.
- 3) La relación FeO a Fe₂O₃ se toma del análisis.
- 4) La clasificación no es aplicable para rocas que han sufrido enriquecimiento cristalino o han sufrido metasomatismo.

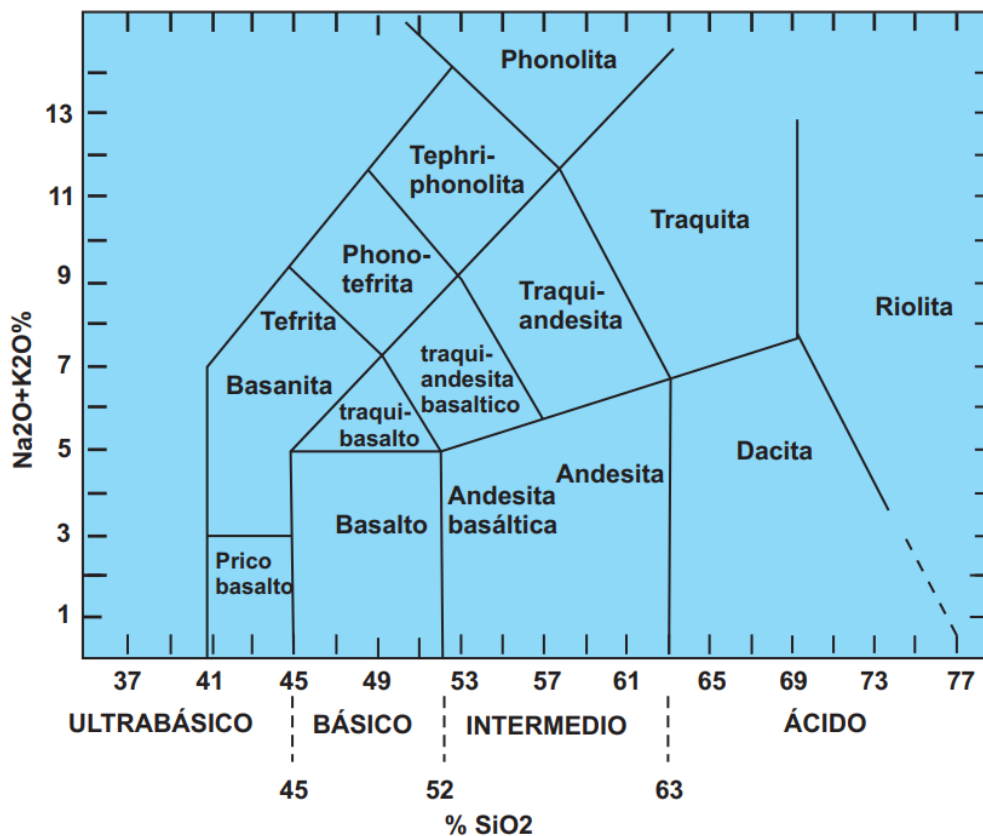


Figura 7 Clasificación química de las rocas ígneas volcánicas.
Fuente: Zanettin, (1984).

2.2.9. Rocas Piroclásticas

Cuando se dispone de la composición química, las rocas piroclásticas deben ser clasificadas de la misma manera que cualquier roca volcánica (clasificación TAS), pero ellas pueden contener impurezas significativas y sólo cuando el material extraño es mínimo puede aplicarse con confianza el nombre. 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 que se muestran a continuación.

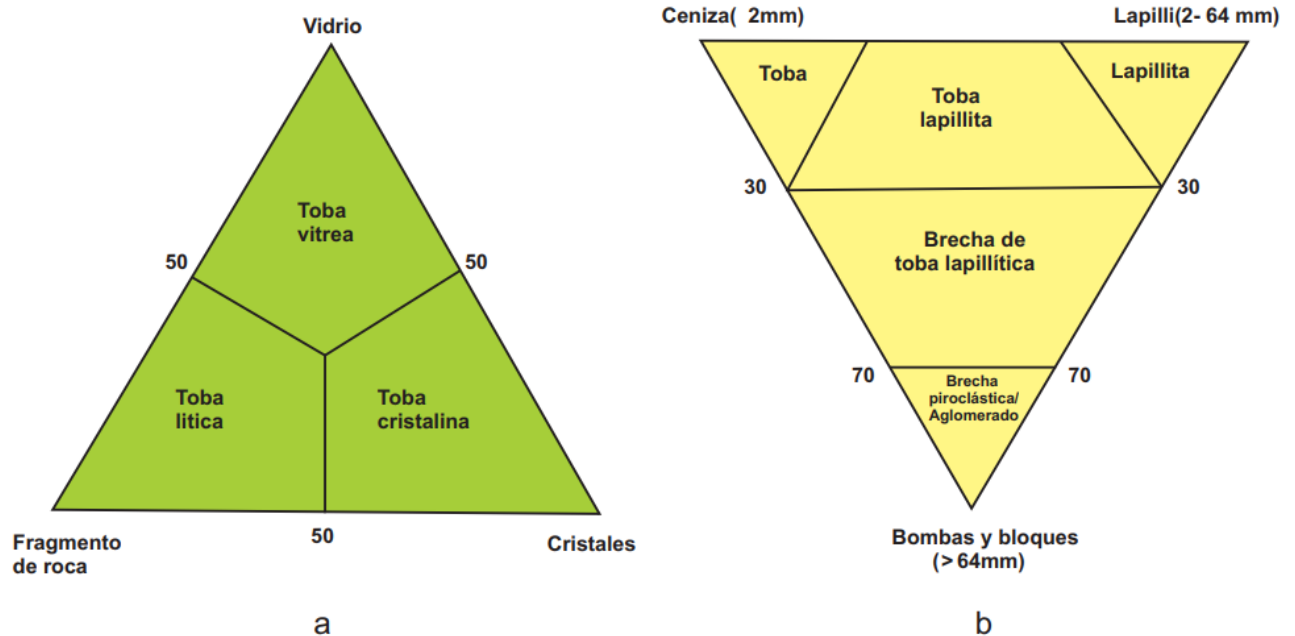


Figura 8 Clasificación de rocas piroclásticas. a) basado en el tipo de material, b) basado en el tamaño de material. Fisher (1966).

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

2.2.10. Discriminación Tectónica

Para discriminar si las rocas se generaron en un ambiente oceánico o continental se utiliza el diagrama de Pearce (2008), observándose nuevamente un contraste entre los ambientes tectónicos de las rocas ácidas asociadas a un ambiente continental y las básicas formadas en ambientes oceánicos; en el diagrama de (Pearce, 2008), las rocas básicas se proyectan en el campo de interacción pluma.

2.2.11. Clasificación por Arcos Magmáticos del Grupo Calipuy y su Relación con los Volcánicos Huambos

A lo largo de la Cordillera Occidental de los Andes del norte del Perú, en parte de los departamentos de Cajamarca, La Libertad y Ancash, aflora una gruesa y extensa secuencia

de rocas volcánicas denominadas como Grupo Calipuy y emplazadas entre el Eoceno al Mioceno. Las ocurrencias metálicas de Au, Au-Ag y Cu-Au del Mioceno están relacionados a este vulcanismo. Se han reconocido y cartografiado 35 centros volcánicos, de los cuales se han recolectado 224 muestras entre lavas e ignimbritas, así como 100 muestras de rocas intrusivas. Todas ellas han sido sometidas a análisis químicos que proviene de datos del proyecto y de la recopilación bibliográfica. La estratigrafía volcánica está dividida en secuencias de flujos piroclásticos (riolíticos, dacíticos) y lavas, con edades que fluctúan entre los 55 y 3 Ma. Las rocas intrusivas tienen edades de 75 a 18 Ma. El presente trabajo tiene como objetivo proponer una evolución espacial y temporal más detallada de las rocas volcánicas del Grupo Calipuy en base al cartografiado de los centros volcánicos, a los datos de geocronología y a las interpretaciones geoquímicas de elementos mayores y elementos traza. Este estudio permitirá clasificar a los complejos volcánicos por arcos magmáticos y así entender mejor la relación entre las ocurrencias metálicas del Mioceno y las rocas de los diferentes arcos magmáticos en el norte de Perú (Vidal, 1980 y Cobbing, 2000).

2.2.11.1. Volcanismo, Magmatismo y Geocronología

A continuación, se describen los centros volcánicos según el arco magmático correspondiente:

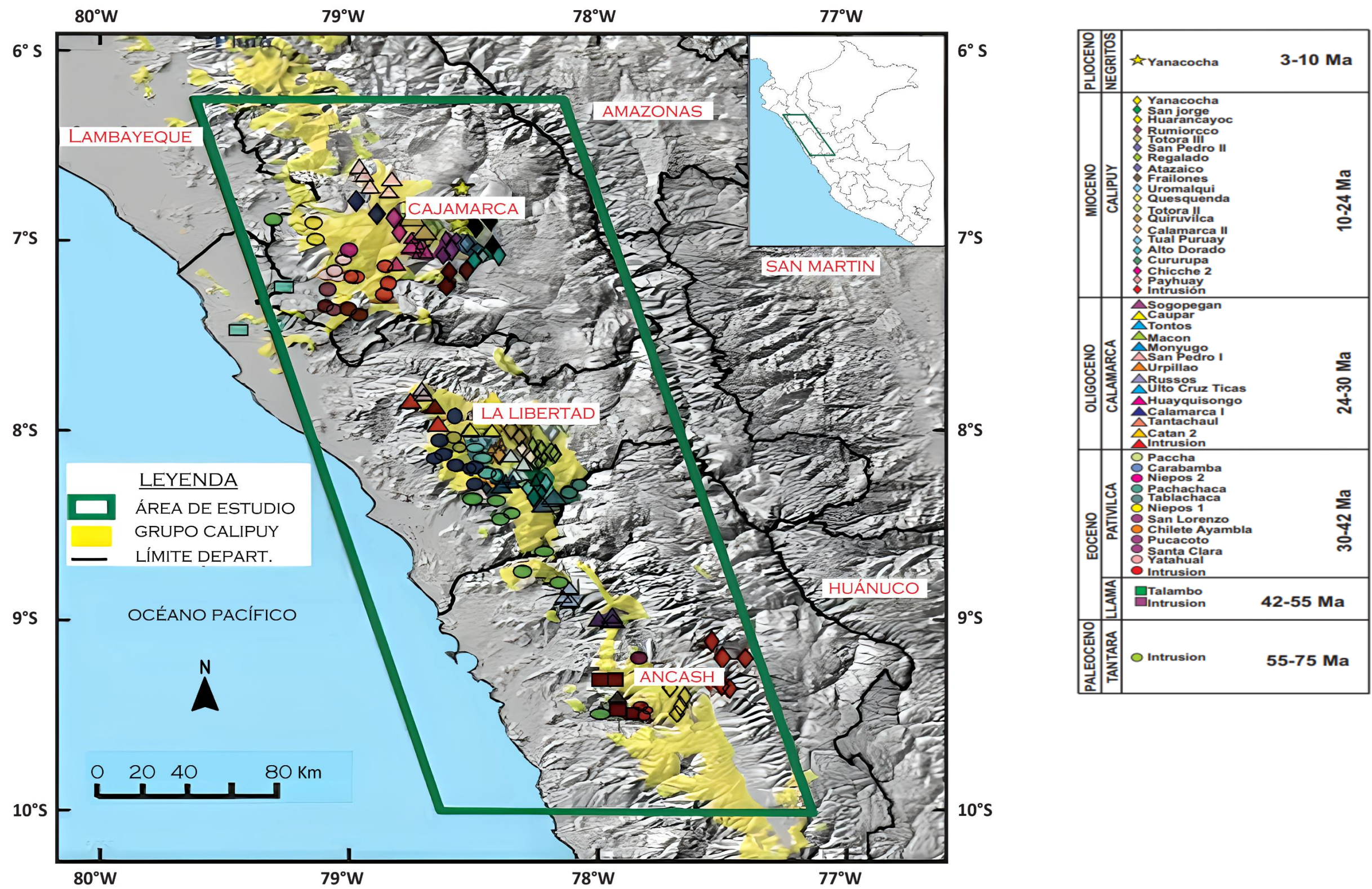


Figura 9 Ubicación y localización de las muestras de los diferentes centros volcánicos del Cenozoico. La leyenda muestra la nueva clasificación de los Centros volcánicos según arcos magmáticos. Fuente: Chávez et, al, (2010).

2.2.11.2. Arco Magmático Tantará: 55 - 75 Ma (Cretácico Superior-Paleoceno)

Está compuesto solo por rocas intrusivas de composición tonalitas, granodioritas y granitos, generados por eventos magmáticos ocurridos entre 75 y 55 Ma (Vidal, 1980 y Cobbing, 2000).

2.2.11.3. Arco Magmático Llama: 42 - 55 Ma (Eoceno Inferior)

Existe solo muestras de un centro volcánico conocido como Talambo y cuerpos intrusivos que forman parte del arco magmático Llama. Aflora al oeste del área de estudio, es la más antigua manifestación volcánica, están conformadas por flujos de lavas andesitas basálticas, se intercalan con depósitos de flujos piroclásticos riolíticos (Vidal, 1980 y Cobbing, 2000).

2.2.11.4. Arco Magmático Pativilca: 30 - 42 Ma (Eoceno Superior-Oligoceno Inferior)

Está conformado por once centros volcánicos principales, siendo los siguientes: Yatahual, Santa Clara, Pucacoto, Chilete-Ayambla, San Lorenzo, Niepos 1, Tablachaca, Pachachaca, Niepos 2, Caldera Carabamba y Paccha. En este periodo se emplazó las secuencias volcano-sedimentarias Tablachaca y también se encuentra la Caldera más antigua que debe su origen a erupciones explosivas de gran magnitud. La Secuencia Tablachaca reporta una edad de 35.2 ± 0.4 Ma secuencia Chilete-Ayambla reporta una edad de 33.3 ± 0.8 Ma , el volcán Paccha reporta una edad de 30.2 ± 1.2 Ma (Vidal, 1980 y Cobbing, 2000).

2.2.11.5. Arco Magmático Calamarca: 24 – 30 Ma (Oligoceno)

El conjunto de centros volcánicos importantes que comprenden al arco magmático Calamarca consisten de trece centros volcánicos y son los siguientes: Catán 2, Tantachaul, Calamarca I, Huayquisongo, Ulto Cruz, Ticas, Rushos, Urpillao, San Pedro 1, Monyugo,

Macón, Toritos, Caúpar, Sogopegán. Para este arco magmático, los depósitos en su mayoría son flujos de lavas andesíticas porfirítica y afírica, gris verdoso a gris oscuro. Se intercalan con depósitos de flujos piroclásticos de cenizas; probablemente en la etapa final existe una emisión de flujos lávicos andesíticos afírica, gris verdosa. El volcán Rushos reporta una edad de 24.81 ± 0.18 Ma. Payhual reporta una edad de 24.6 ± 1.1 Ma y una muestra de lava del volcán Cururupa reportan una edad de 23.7 ± 0.3 Ma (Vidal, 1980 & Cobbing, 2000).

2.2.11.6. Arco Magmático Payhuay: 10 – 24 Ma (Mioceno)

Se encuentra comprendido por diecinueve centros volcánicos importantes y son los siguientes: Payhual, Chicche 2, Cururupa, Alto Dorado, Tual Puruay, Calamarca II, Quiruvilca, Totorá II, Quesquenda, Uromalqui, Frailones, Atazaico, Regalado, San Pedro 2, Totorá III, Rumiorcco, Huarancayoc, San José, Yanacocha. Las primeras manifestaciones volcánicas ocurren con una emisión de flujos de lava de composición andesítica y andesitas basálticas, que generalmente se encuentran cerca a los centros de emisión en forma de capas con buzamiento muy suave; a su vez se encuentran intercalados con diferentes flujos. 917 piroclásticos de cenizas de composición dacítica y riolítica. El volcán Payhual reporta una edad de 24.6 ± 1.1 Ma, el volcán Quiruvilca reportan una edad de 24.2 ± 0.7 Ma, el volcán Alto Dorado reportan una edad de 23.47 ± 0.3 Ma, el volcán Quesquenda reportan una edad de 19.5 ± 0.5 Ma, el volcán Totorá II reportan una edad de 18.7 ± 0.4 Ma (Vidal, 1980 y Cobbing, 2000).

2.2.11.7. Arco Magmático Negritos: 3 – 10 Ma (Mioceno Superior - Plioceno)

Existen muestras de rocas tomadas del cuarto evento eruptivo del complejo volcánico Yanacocha. Este evento está constituido de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, dacitas gris claras, textura afírica y reportaron una edad de 8.43 ± 0.04 Ma.

Las rocas de los diferentes eventos de los volcanes y complejos volcánicos del arco magmático de Calipuy tienen edades que varían desde el Eoceno al Mioceno y un rango amplio de variación geoquímica, principalmente en la zona de Cajamarca (Yanacocha) y la Libertad (Calamarca, Payhual-Caupar, San Pedro) lo cual es una evidencia para la evolución de cámaras magmáticas reactivadas. Estos cambios en la geoquímica se pueden explicar por procesos de asimilación a diferentes profundidades, cristalización fraccionada y por mezcla entre magmas. Por otro lado, la fusión parcial de una corteza inferior granate anfibolita parece que ocurre cuando el fundido deriva del manto y la contaminación cortical fue menor para los magmas de los arcos magmáticos de Tantara, Llama y Pativilca y se incrementó para los magmas de los arcos magmáticos de Calamarca, Calipuy y Negritos. Como consecuencia se tiene que la signature de anfíbol para la mayoría de los magmas de arco magmático de Calipuy, quizás derivan de los fundidos de la corteza inferior de composición granate anfibolita. Lo que confirma que la corteza en esta parte de Perú es distinta a la del sur (sur de 16°S), ya que, según el cálculo de balance de masas de fusión parcial realizado, por muchos autores, los magmas del sur fusionaron una corteza de composición anfibolita-eclogita.

Las mayores variaciones geoquímicas se observan en las rocas del arco magmático de Calipuy, quizás esto se debió al incremento del espesor de la corteza en el Mioceno. Esto indujo a que los magmas demoraran en su ascenso y fueron forzados a formar cámaras magmáticas intermedias entre la corteza inferior y superior. Durante las edades entre 24 y 10 Ma, se tiene la mayor producción de depósitos de piroclastos en respuesta a la maduración termal de la corteza debido al engrosamiento cortical y al incremento en la velocidad de convergencia de la subducción. Estos magmas según sus características geoquímicas estarían marcados también por su relación con las ocurrencias metálicas de Au, Au-Ag, Cu-Au y Mo, por lo tanto, los yacimientos durante el desarrollo del arco magmático de Calipuy estarían ligados al engrosamiento cortical en el norte de Perú (Chávez et al, 2010).

Tabla 2. Edades radiométricas de las diferentes Arcos Magmáticos

| Arco magmático | Edad absoluta (Ma) | Edad relativa |
|----------------|--------------------|------------------------------------|
| Tantará | 55 - 75 | Cretácico superior-Paleoceno |
| Llama | 42 - 55 | Eoceno inferior |
| Pativilca | 30 - 42 | Eoceno superior-Oligoceno inferior |
| Calamarca | 24 - 30 | Oligoceno |
| Calipuy | 10 - 24 | Mioceno |
| Negritos | 03 - 10 | Mioceno superior - Plioceno |

Fuente: Chávez et al, (2010)

2.2.12. Propiedades descriptivas importantes en rocas volcánoclasticas

2.2.12.1. Textural Volcánica

Textura ígnea cristalina coherente versus textura fragmentaria. Las rocas porfíricas se caracterizan por cristales euhedrales o subhedrales en una pasta fina, vítrea o desvitrificada. No poseen vitroclastos ni litoclastos.

2.2.12.2. Soldamiento

Es indicativo de origen piroclástico. (Ejemplo: textura eutaxítica o foliación lenticular pumícea). Aunque no es exclusiva de flujo piroclástico, ya que depósitos de caída también pueden estar soldados.

2.2.12.3. Tamaño de Grano

Es la característica más obvia, aunque no es indicativo de ningún origen, ni posición. Las brechas no indican cercanía al centro efusivo.

2.2.12.4. Forma de Grano

La forma de grano (especialmente de vitroclastos) es determinativa del tipo de fragmentación, aunque luego puede ser depositado en una gran variedad de depósitos diferentes. La angularidad y redondez de clastos debe ser tomada con cuidado. Angularidad no implica cercanía al centro efusivo. El redondeamiento indica retrabajo posterior a la depositación, aunque hay excepciones: el lapilli acrecionario es redondeado y su origen es primario, clastos pumíceos suelen redondearse al transportarse dentro de una ignimbrita (Chávez, 2010).

2.2.12.5. Composición

a. Afinidad Composicional

La composición no es indicativa de origen. Aunque conviene tener en cuenta que la mayoría de los basaltos son lavas y la mayoría de las rocas ácidas son piroclásticas.

b. Homogeneidad Composicional

Refleja el grado de retrabajo. Componentes clásticos: abundancia de trizas, pómez y escoria, indican una erupción piroclástica y posiblemente (aunque no siempre) una depositación por procesos piroclásticos.

2.3. Definición de Términos Básicos

Facies Volcánicas: Se denomina facies sedimentarias al conjunto de características litológicas y fosilífera de una unidad estratigráficas que es de mucha utilidad para distinguirla de las otras facies adyacentes (Gressly, 1838).

Secuencia Volcánica: 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), el tipo de depósito (secuencias de flujo piroclástico, secuencias lávicas, secuencias ignimbríticas, secuencias laháricas. (Echevarría, 2008).

Toba Volcánica: Denominado también como tufo volcánico es un tipo de roca ígnea volcánica, ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de cenizas u otros elementos volcánicos muy pequeños expelidos por los respiraderos durante una erupción volcánica. Se forma principalmente por el depósito de cenizas y lapilli durante las erupciones piroclásticas (Echevarría, 2008).

Litología Volcánica: Está formada por los componentes de las sucesiones volcánicas: en lavas, vidrio volcánico, xenolitos, xenocristales. En rocas volcanoclásticas: clastos magmáticos (pómez, escoria, vidrio volcánico, clastos líticos y cristales) (Echevarria, 2008).

Evento Volcánico: Es un fenómeno que ocurre cuando el magma es expulsado fuera de los volcanes, ascendiendo junto con los gases que también se encuentran en el interior del volcán. Por lo general, se encuentran donde las placas tectónicas se unen o se separan, pero también pueden ocurrir en el medio de las placas debido a los puntos calientes volcánicos. Un evento volcánico se produce cuando un volcán libera gas y/o lava, a veces de forma explosiva. (Echevarria, 2008).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. Geográfica

Geográficamente la zona de investigación se localiza en el territorio peruano en la parte Noroccidental, en el Departamento de Cajamarca, provincia de Celendín; entre los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera. Pertenece al cuadrángulo de Celendín (14-g) en la zona 17S.

3.1.2. Política

Los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera se encuentran ubicados entre los distritos de Celendín y José Gálvez, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.

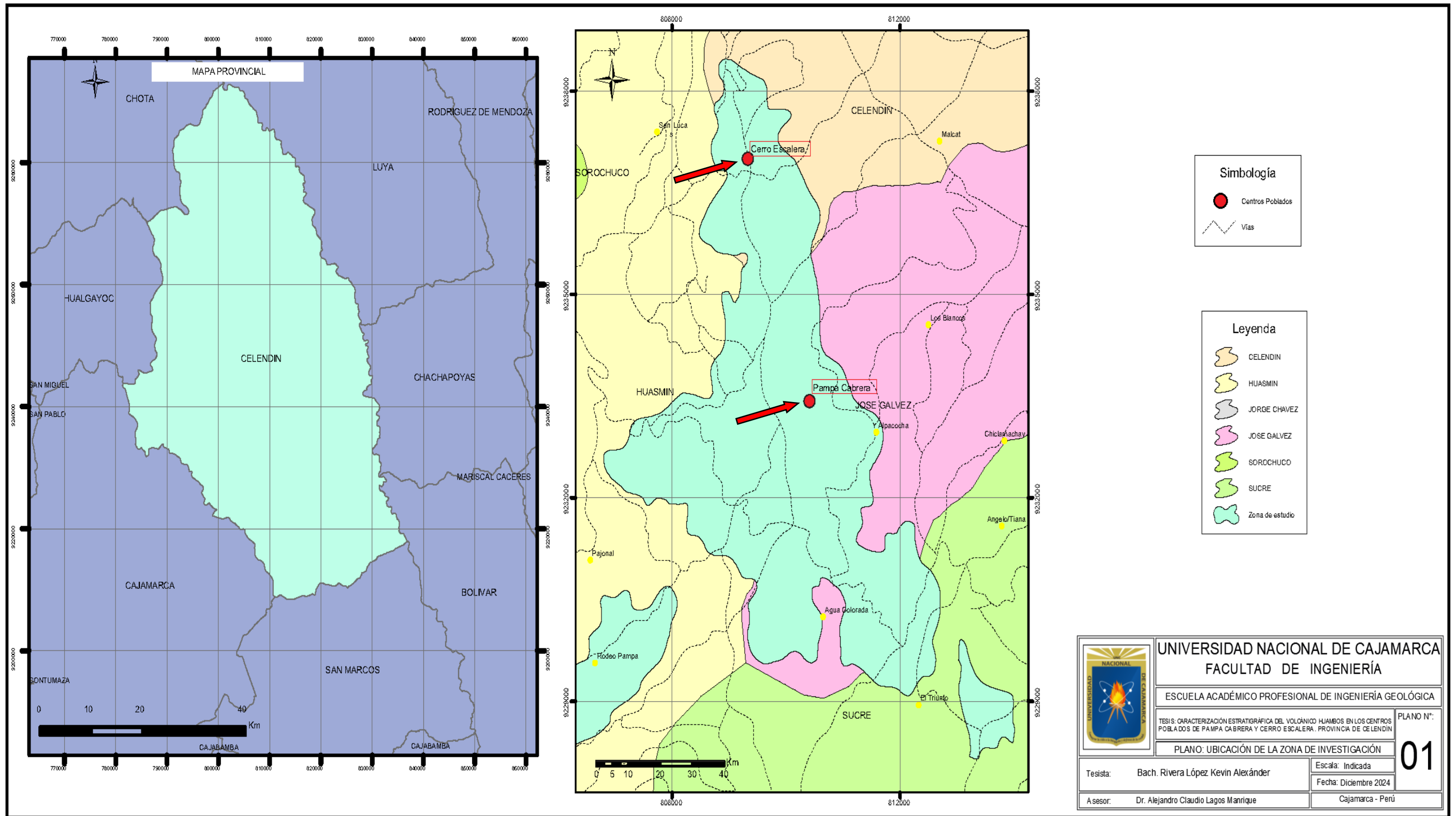


Figura 10 Ubicación Política de la zona de investigación.

3.2. ACCESIBILIDAD

La zona de investigación se ubica al NO De Cajamarca, contamos con un solo acceso por carretera principal de Cajamarca a Pampa Cabrea, pasamos por el Distrito de la Encañada para posteriormente seguir avanzando por la misma carretera hasta el Distrito de Celendín, para finalmente llegar al cruce del acceso que nos dirigirá al Centro Poblado Pampa Cabrera 102 Km en un tiempo aproximado de una hora con 50 minutos como se detalla en la tabla 3. Pasando La Encañada seguimos por la carretera 8B que va hacia Celendín, para luego de triente minutos llegar a nuestro destino.

Tabla 3 Accesibilidad

| Tramo | Tipo | Tiempo (hrs) | Dist. (Km) |
|---------------------------------------|------------|--------------|------------|
| Cajamarca - Pampa Cabrera | Asfaltado | 1.50 | 102 |
| Celendín - Pampa Cabrera | Carrozable | 0.30 | 4.5 |
| Sucre - Pampa Cabrera | Carrozable | 0.45 | 6 |
| Pampa Cabrerac- Cerro Escalera | Asfaltado | 0.40 | 5 |

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

Alrededor del área de estudio se crean unidades litoestratigráficas que se componen de rocas carbonatadas en su base y en su parte superior se encuentran rocas volcánicas. El área del Volcánico Huambos, situado en la provincia de Celendín, Región Cajamarca, muestra la evolución geológica de un sistema volcánico en el marco de los Andes del norte de Perú. Este sistema se encuentra bajo el control de procesos volcánicos y tectónicos que han dejado un registro de sucesos de diferente intensidad energética a través del tiempo.

La zona está ubicada en la cordillera andina, en un territorio marcado por una compleja interacción tectónica entre las placas de Nazca y Sudamérica. Esto ha creado un entorno geodinámico propicio para la actividad de los volcanes, manifestada en el Volcánico Huambos.

El área incluye depósitos volcánicos cuyas edades radiométricas oscilan entre 45 y 3 Ma, lo que indica que las rocas son del Plioceno Tardío - Pleistoceno debido a que se encuentran suprayaciendo a dichas rocas



Figura 11 Depósitos aluviales que se observan en la parte alta.

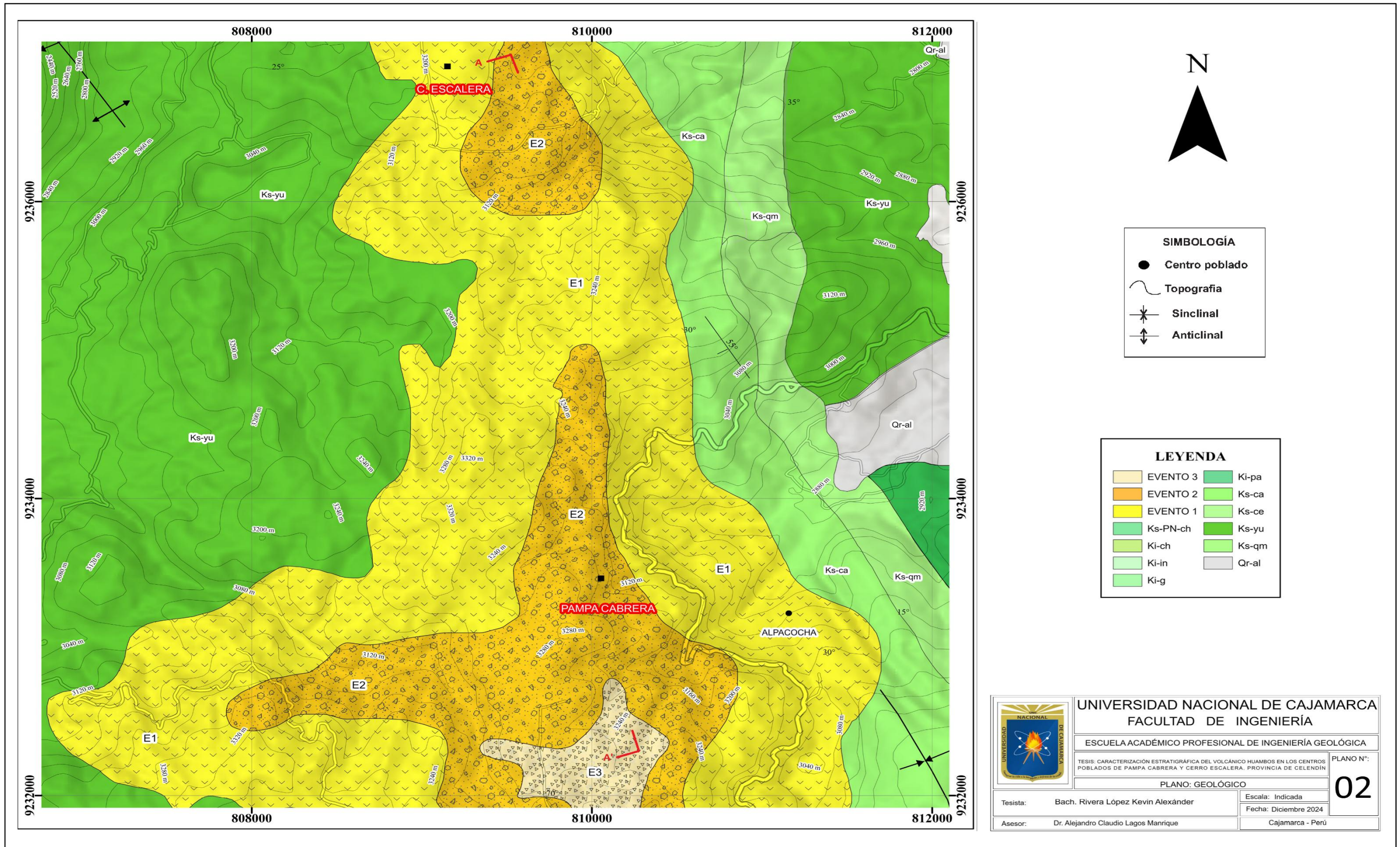


Figura 12 Plano Geológico de la zona de investigación.

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y método de la investigación

Tabla 4 Tipo de investigación

| | |
|--------------------------------|--|
| Tipo de investigación | Es de carácter exploratorio, correlacional porque busca nuevos conocimientos y relaciones potenciales entre las variables. |
| Nivel de investigación | Es de carácter cualitativo y cuantitativo combinado porque evaluará las cualidades de las rocas y el espesor de los estratos. |
| Diseño de investigación | Es de sección transversal debido a que se estudia en un lapso de tiempo determinado. |
| Método de investigación | Es de carácter descriptivo y explicativo porque se describirán la litología de las rocas del Volcánico Huambos y con ello dar una explicación. |

Fuente: Modificado de (Hernández, 2018)

3.4.2. Población de Estudio

Todas las secuencias vulcanoclásticas del Volcánico Huambos que afloran en los Centros Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera lo que abarcará un área aproxima de +/- 32km².

3.4.3. Muestras

Columnas estratigráficas del Volcánico Huambos. Se realizó el análisis de la litología de las rocas volcánicas, determinación de sus texturas y estructuras para llegar a determinar su caracterización estratigráfica volcánica.

3.4.4. Unidad de Análisis

Dada por la medición de los espesores de las facies volcánicas, el tipo de roca volcánica, el modo de ocurrencia, la textura, composición y estructuras volcánicas.

3.4.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.5.1. Técnicas

Esta investigación se ha realizado considerando en su primera parte: en una búsqueda de todo el material bibliográfico referente a investigaciones anteriores y la elaboración de planos satelital, geológico y topográfico a escala 1/25000. Posteriormente se realizó las salidas al campo utilizando el método directo con la finalidad de realizar la recolección de datos, toma de muestras y fotografías; a través del uso de fichas estratigráficas, formatos para recolección de datos, brújula, GPS navegador, lupa de 20X, protactor 1/100000, rayador, picota, colores, libreta de campo, cámara fotográfica de 16 Mpx, ácido Clorhídrico diluido 10%, bolsas de muestras. Posteriormente, ya en gabinete, se realizó el análisis macroscópico de las rocas volcánicas y la elaboración de las columnas estratigráficas. Finalmente se procedió a la correlación estratigráfica y de su interpretación.

3.4.5.2. Instrumentos y Equipos

Instrumentos

GPS Navegatorio: Este instrumento utiliza la información dada por 24 satélites en órbita sobre la tierra que envía información sobre la posición de un objeto en cualquier horario y condiciones climáticas.

Google Earth: Es un Sistema de información geográfica que permite visualizar la topografía en base a imágenes satelitales de cuya información se puede confeccionar mapas temáticos

Brújula Tipo Brunton: Instrumento que se utiliza para determinar la orientación y la inclinación de las estructuras geológicas y poder representarlas en los diferentes mapas.

Picota del Geólogo: instrumento del geólogo y sirve para obtener una muestra de mano fresca de roca con la finalidad de realizar una serie de estudios.

Protáctor a Escala 1/10000. Es una especie de regla que sirve para representar los rumbos y buzamientos en el plano de una manera fácil y práctica.

Wincha 10 m: Es una cinta flexible, enrollada dentro de una caja de plástico o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado de la cinta y en pulgadas en el otro.

Libreta de Campo: Es una herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando ejecutan trabajos de campo

Cámara Fotográfica Digital Marca Canon: Sirve para tomar fotografías que se utilizaran para confeccionar el informe de la investigación.

Fichas de Recolección de Datos para las Columnas Estratigráficas. Sirve para plasmar las medidas de los espesores de los estratos, rumbos y buzamientos y coordenadas de ubicación.

3.4.6. Análisis e Interpretación de Datos

El análisis e interpretación de los datos se realizó en gabinete utilizando tres planos: geológico, imagen satelital y topográfico generados mediante el apoyo del Software ArGis 10.8. La elaboración y la correlación de las columnas estratigráficas volcanoclásticas ubicadas en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera sirvieron para su correlación e interpretación final.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. VOLCÁNICO HUAMBOS

Las rocas de la unidad estratigráfica del Volcánico Huambos se encuentran aflorando en la parte central en los Centros Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera. Sus afloramientos muestran una orientación N-S aproximadamente y una disposición horizontal los cuales están compuestos de tobas, cenizas, lapillis y bloques/ bombas de coloraciones gris blanquecinas corresponden una actividad volcánica explosiva debido a la manera que se generan durante este tipo de erupciones y generalmente se les encuentra rellenando paleo depresiones.

Se encuentra sobreyaciendo a secuencias plegadas del Cretácico superior (Formación Yumagual, Formación Cajamarca y Formación Celendín) en clara discordancia angular (Ver figura 13, página 49).

Litológicamente se pueden diferenciar tres facies sedimentarias que representan a tres eventos volcánicos. Estos tres eventos poseen espesores de 60, 125 y 75 m respectivamente dando un total de 260 m.

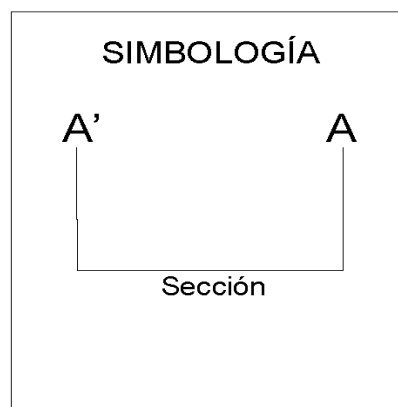
Tabla 5 Eventos volcánicos definidos para las rocas del Volcánico Huambos

| Eventos volcánicos | Lugar | Espesor (m) |
|--------------------|--|-------------|
| Evento 3 | CP Rodeo Pampa a 1200m al SO del CP Pampa Cabrera. | 75 |
| Evento 2 | CP Cerro Escalera | 125 |
| Evento 1 | 200m al SO del CP Pampa Cabrera | 60 |
| Total | | 260 |

SECCIÓN A' - A



| LEYENDA | |
|-------------------|----------|
| Volcánico Huambos | EVENTO 3 |
| | EVENTO 2 |
| | EVENTO 1 |
| Ks-yu | |
| Ks-ca | |
| Ks-ce | |



Escala vertical : 1/5000
Escala horizontal : 1/900

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|
| | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | |
| | FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| | ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| | TESIS: CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN | |
| PLANO: PERFIL GEOLÓGICO SECCIÓN A'-A | | PLANO N°: |
| | | 03 |
| Tesista: | Bach. Rivera López Kevin Alexander | Escala: Indicada |
| Asesor: | Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique | Fecha: Diciembre 2024 |
| | | Cajamarca - Perú |

Figura 13 Perfil sección geológica. Se observa a los Volcánicos Huambos que sobreyacen a facies Cretácicas plegadas en clara discordancia angular.

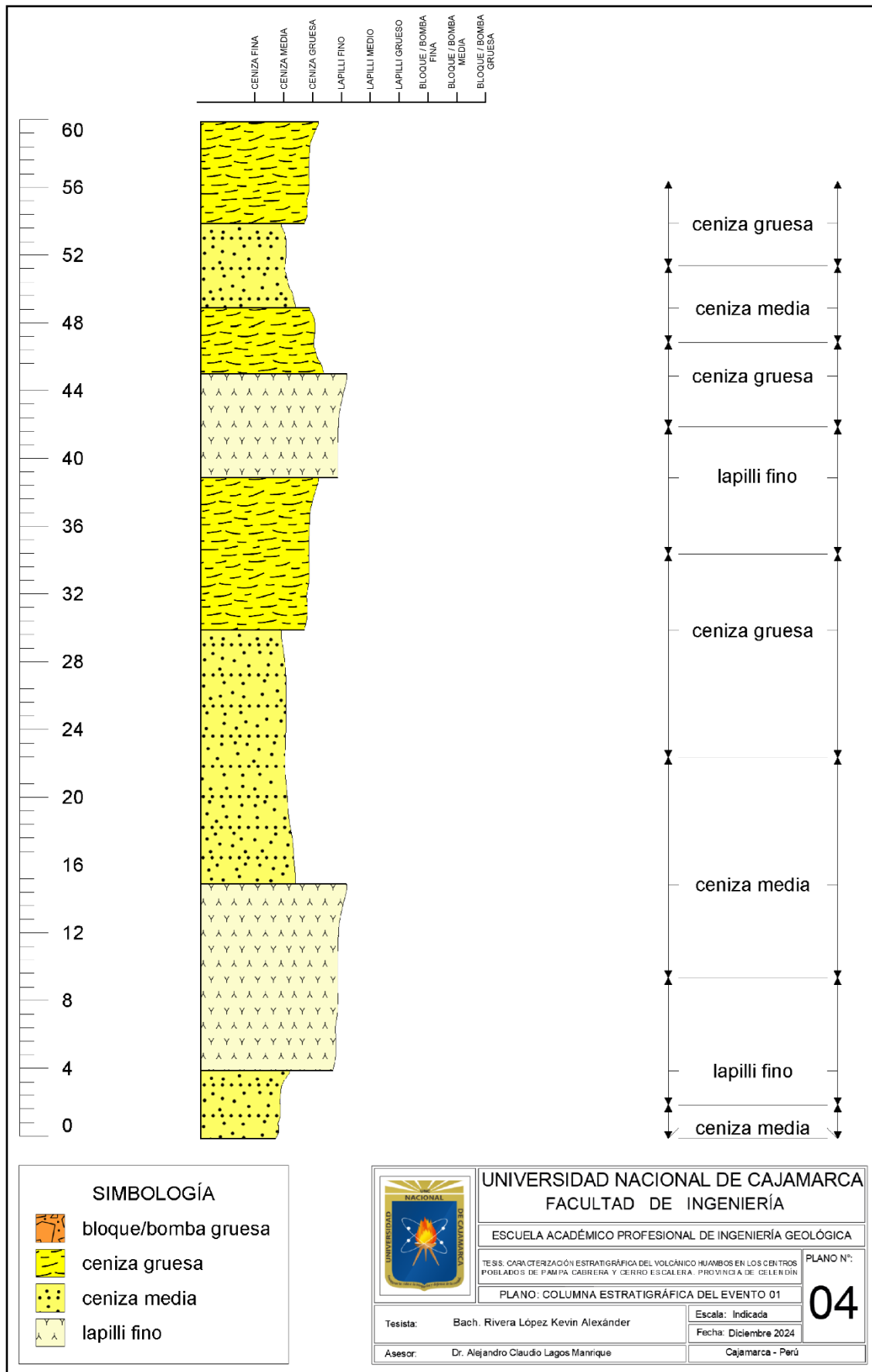


Figura 14 Columna Estratigráfica del Evento 01.

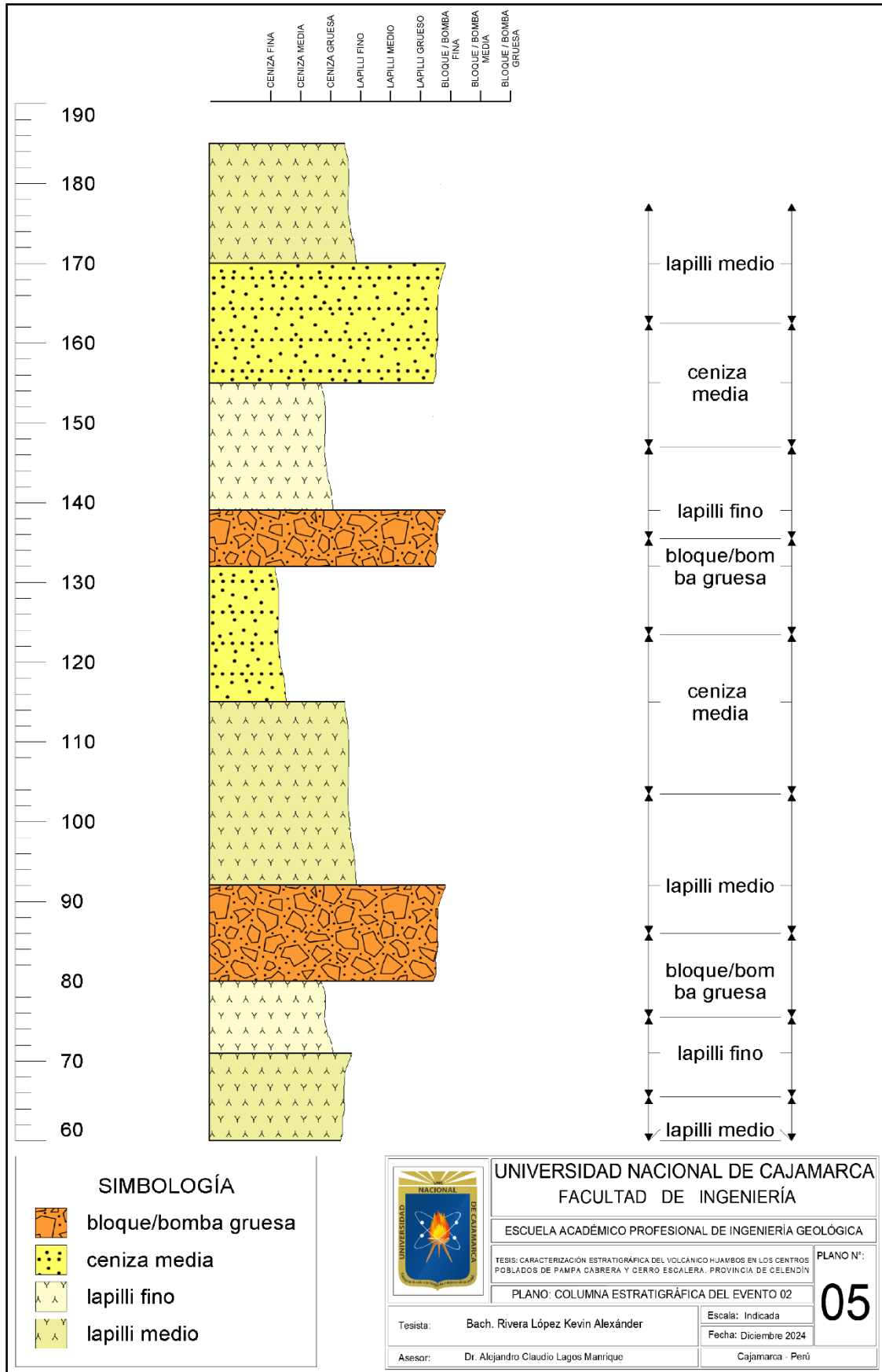


Figura 15 Columna Estratigráfica del Evento 02.

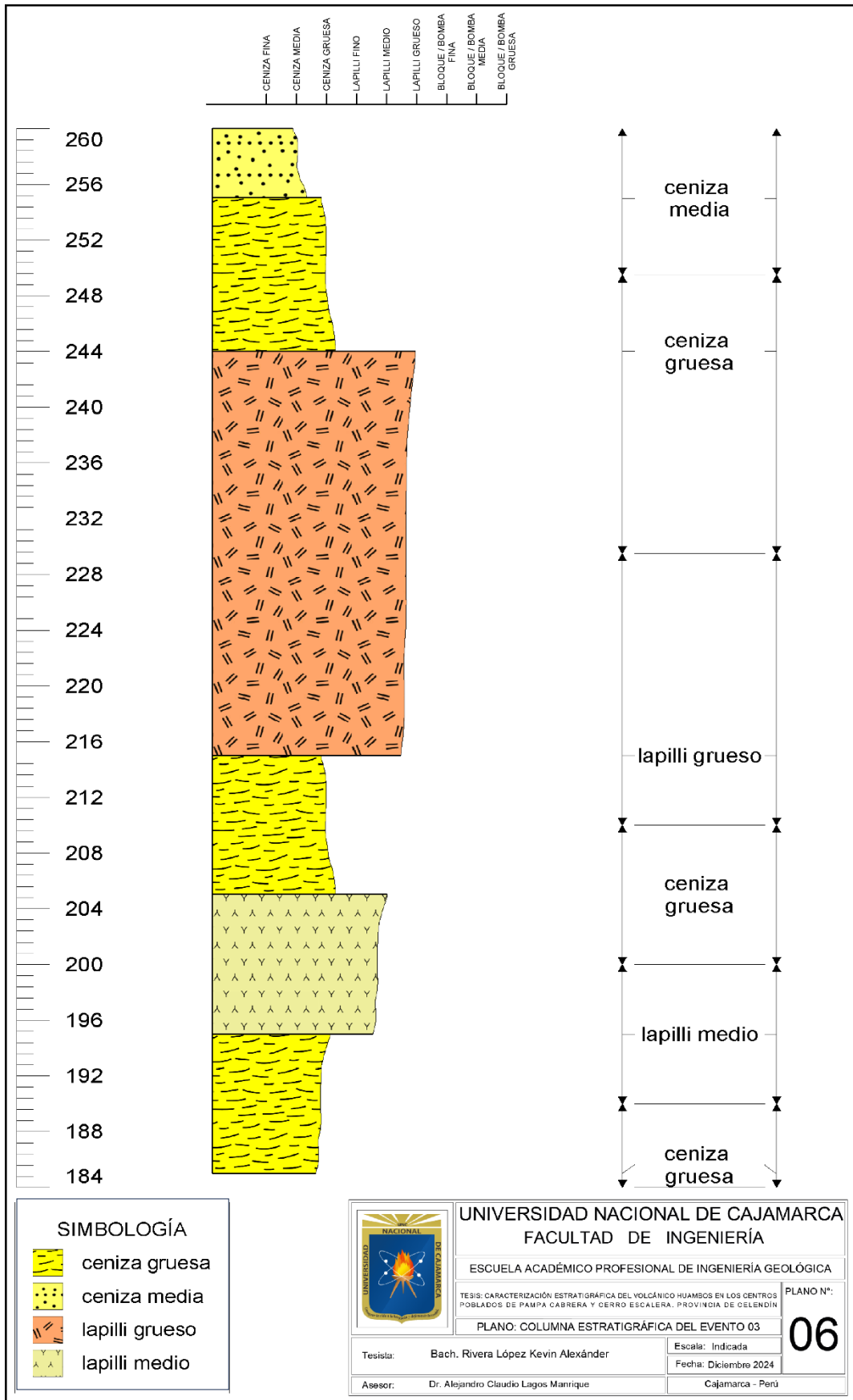


Figura 16 Columna Estratigráfica del Evento 03.



Figura 17 Vista panorámica de los tres eventos del Volcánico Huambos en el Centro Poblado Pampa Cabrera.

4.1.1. Caracterización Litológica del Evento 1 (60 m)

Para la descripción litológica en campo se ha utilizado la tabla propuesta por Schmid (1991).

Este primer evento se ubica en la parte inferior de la columna estratigráfica, se encuentra sobreyaciendo, en discordancia angular, a rocas calcáreas del Cretácico superior (Formación Yumagual, Grupo Quilquiñán- Mujarrúm, Formación Cajamarca) y que forman sinclinales y anticlinales producto de la Fase Tectónica Incaica. Navarro (2014). Litológicamente se caracteriza por tener en la base una intercalación de estratos delgados y gruesos de tobas, intercaladas a su vez con estratos de cenizas gruesas y finas en la parte intermedia hacia la parte superior estratos de lapillis conteniendo fragmentos de roca andesítica de una coloración gris verdosa a gris violácea. (Ver figura 18, página 54). Por los tamaños de los materiales volcánicos se sugiere que este evento fue de mediana a baja energía con una leve intermitencia de alta energía en el nivel intermedio. Algunas tobas y lapillis contienen fragmentos angulosos de roca andesítica. (Ver figura 19, página 54)

4.1.2. Caracterización Estratigráfica del Evento 1 (60 m)

Posee estratos medianos a delgados. Los contactos entre ellos no son nítidos. Hacia la parte intermedia los estratos aumentan su tamaño llegando a tener 90cm de grosor.

Hacia la parte superior los estratos aumentan su tamaño para ingresar al Evento 2. Se observa estratificación Gradada inversa. Laminación paralela que indica una depositación tranquila y regular. (Ver figura 18)



Figura 18 En la base se observa estratos de cenizas que aumentan progresivamente de tamaño hacia la parte superior seguidos por estratos de lapillis.



Figura 19 Fragmento de roca andesítica angulosa dentro de estrato de lapilli.

4.1.3. Caracterización Litológica del Evento 2 (125 m)

Para la descripción litológica en campo se ha utilizado la tabla propuesta por Schmid (1991).

Este segundo evento es el de mayor grosor con 125m, se ubica en la parte intermedia de la columna estratigráfica. Se encuentra sibreyaciendo en forma concordante al Evento 1. Litológicamente está compuesta por lapillis gruesos (Ver figura 20), medianos en la parte inferior, intercalado por brechas piroclásticas (Ver figura 21). Se muestra muy conservado con respecto al evento 1.



Figura 20 Afloramiento conteniendo estratos gruesos de lapillis grueso. Foto tomada al SO del CP Cerro Escalera.



Figura 21 Afloramiento conteniendo estratos gruesos de lapillis grueso. Foto tomada al SO del CP Cerro Escalera.

4.1.4. Caracterización Estratigráfica del Evento 2 (125 m)

Posee estratos medianos a gruesos. Los contactos entre ellos no son nítidos. Hacia la parte intermedia los estratos aumentan su tamaño llegando a tener 1.50cm de espesor (Ver figura 21). Hacia la parte superior los estratos disminuyen de grosor para ingresar al evento 3 (EV3) (Ver figura 24, página 57). Por la presencia de fragmentos grandes este evento representa alta energía de la actividad volcánica (Ver figura 21). Fragmentos de rocas andesítica de color gris plomizo y, flujo de bloques y cenizas. (Ver figura 22)



Figura 22 Bloque redondeado de naturaleza andesítica, englobado dentro del evento 2.
Foto tomada al SO del CP Cerro Escalera.



Figura 23 Flujo constituido de bloques y cenizas.



Figura 24 Bloques redondeados andesíticos que estaría indicando redepositación.



Figura 25 Los estratos del evento 2 disminuyen de grosor para entrar a el evento 3.

4.1.5. Caracterización Litológica del Evento 3 (75 m)

Para la descripción litológica en campo se ha utilizado la tabla propuesta por Schmid (1991). Este tercer evento volcánico denominado (EV3) posee un grosor de 75 m, se ubica en la parte superior coronando de esta manera la columna estratigráfica. Sus afloramientos forman una topografía bastante suave, y se muestra muy alterada (Ver figura 25). Este Evento se encuentra sobreyaciendo en forma concordante al Evento 2. Litológicamente está compuesta por lapillis finos, gruesos intercalados con cenizas gruesas a medianas. Esta característica se observa muy cerca al CP Pampa Cabrera.



Figura 26 Afloramiento del Evento 3.

4.1.6. Caracterización Estratigráfica del Evento 3 (75 m)

Está conformado por estratos delgados a medianos de cenizas volcánicas finas, medianas a gruesas, intercaladas con lapillis finos, medianos a gruesos, indicando la energía baja de la actividad volcánica, su característica principal es la presencia de flujos piroclásticos donde los fiames nos indican que la dirección del desplazamiento es de Oeste a Este (Ver figura 27). Este evento se caracteriza por estar bastante erosionado. Esta característica se observa en cerca al CP Pampa Cabrera.

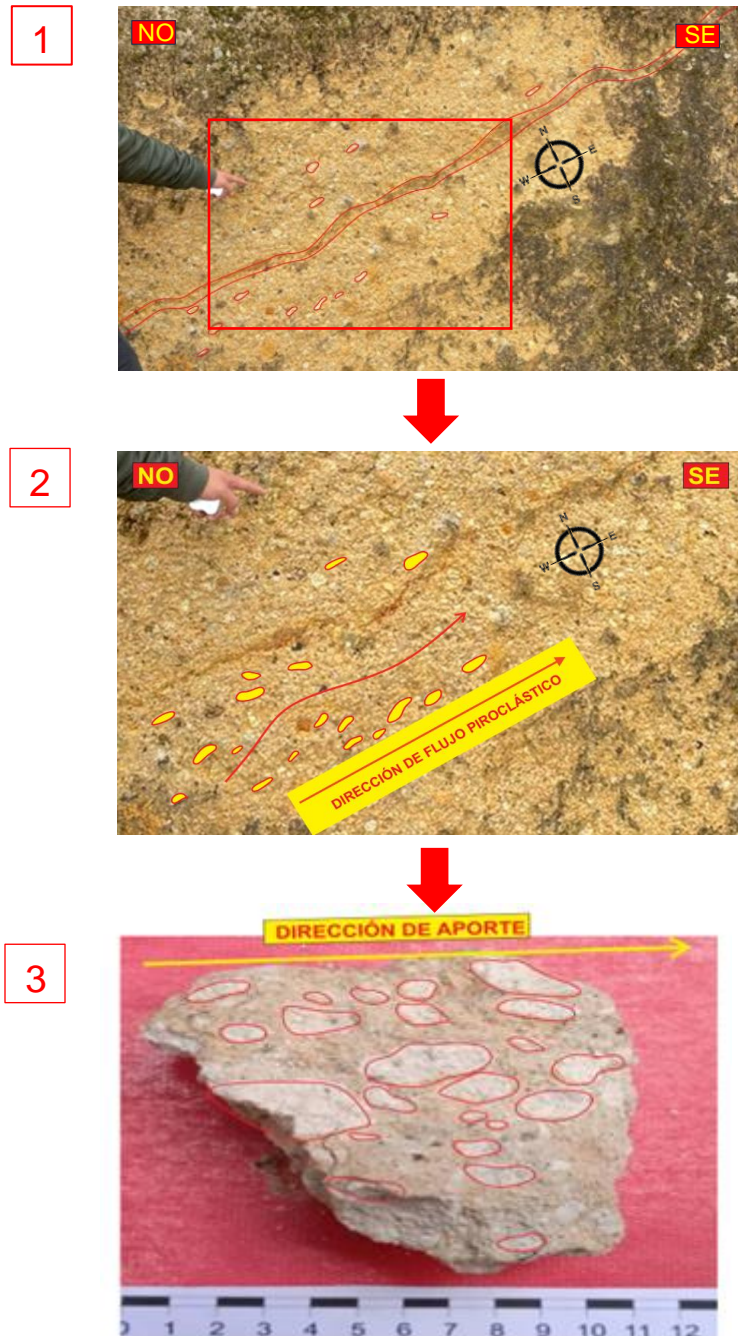


Figura 27 Fiames que muestran una orientación de Oeste a Este del flujo piroclástico que caracteriza al evento 3.

4.2. REPRESENTACIÓN DE ÁLCALIS TOTAL VS SÍLICE (TAS)

Los resultados obtenidos por el Laboratorio INGEOCONSULT SRL, se muestran en la siguiente tabla. Estos resultados se utilizaron para ser representados en el diagrama TAS y el triángulo de Pearce. (Ver anexo 4)

La clasificación TAS se basa en la relación entre la suma de los porcentajes del Na₂O y K₂O frente al porcentaje de SiO₂%. Esta representación ubica a las 6 muestras

del Volcánico Huambos, en el campo de traquita, traquiandesita tendiendo a ir hacia el campo de las riolitas, tal como se puede observar en la figura 28.

Tabla 6 Resultado del análisis químico de las rocas volcánicas de los Volcánicos Huambos

Fuente: INGEOCONSULT LAB SRL (2023)

Tabla 7 Suma de los elementos Na₂O%+ K₂O% vs SiO₂%

| Muestra | SiO ₂ % | TiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Na ₂ O% | K ₂ O% | P ₂ O ₅ % |
|---------|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|
| KER- 01 | 63.44 | 0.97 | 17.44 | 7.34 | 5.98 | 0.95 | 0.85 |
| KER- 02 | 62.22 | 0.77 | 16.43 | 7.55 | 6.68 | 0.88 | 0.89 |
| KER- 03 | 64.44 | 0.87 | 16.99 | 6.55 | 6.77 | 0.91 | 1.01 |
| KER- 04 | 62.22 | 0.86 | 17.03 | 6.55 | 6.61 | 0.72 | 0.87 |
| KER- 05 | 61.33 | 0.75 | 15.99 | 6.33 | 5.88 | 0.84 | 0.77 |
| KER- 06 | 59.98 | 0.77 | 16.01 | 7.01 | 5.99 | 0.97 | 0.99 |

Fuente: INGEOCONSULT LAB SRL (2023)

| Muestra | SiO ₂ % | Na ₂ O%+ K ₂ O% |
|---------|--------------------|---------------------------------------|
| KER- 01 | 63.44 | 6.93 |
| KER- 02 | 62.22 | 7.56 |
| KER- 03 | 64.44 | 7.68 |
| KER- 04 | 62.22 | 7.33 |
| KER- 05 | 61.33 | 6.72 |
| KER- 06 | 59.98 | 6.96 |

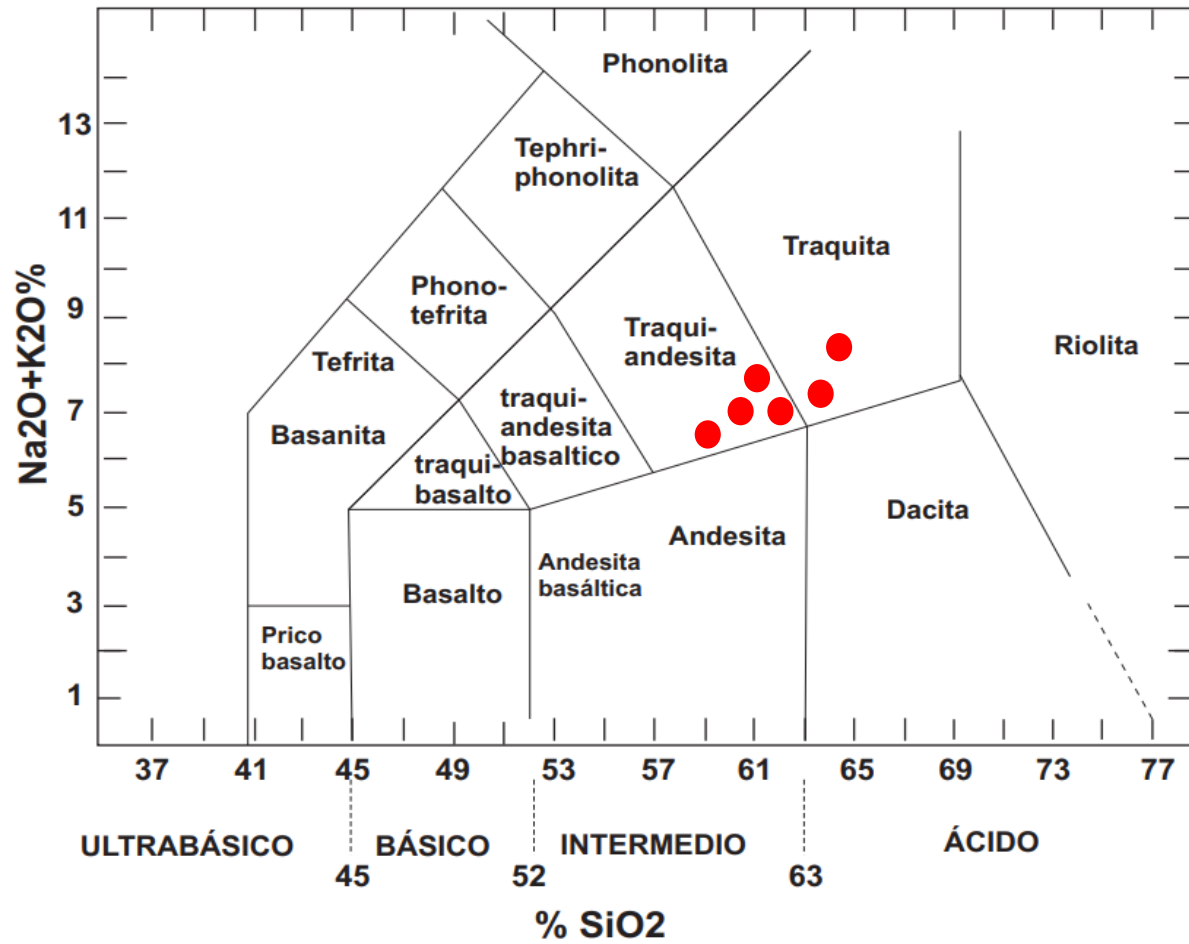


Figura 28 Representación de las muestras en el diagrama TAS que caen dentro del sector de rocas traquiandesitas y traquitas

4.3. DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA

Para determinar si las rocas del Volcánicos Huambos fueron productos de una actividad volcánica producido en un ambiente marino o en un ambiente continental se utiliza el diagrama propuesto por Pearce (2008), en este diagrama se hace la comparación entre el contenido de P_2O_5 , TiO_2 y K_2O realizandose para ello la normalización.

La representación de las 6 muestras en el triángulo de Pearce se ubica en la zona de un ambiente continental (Figura 29).

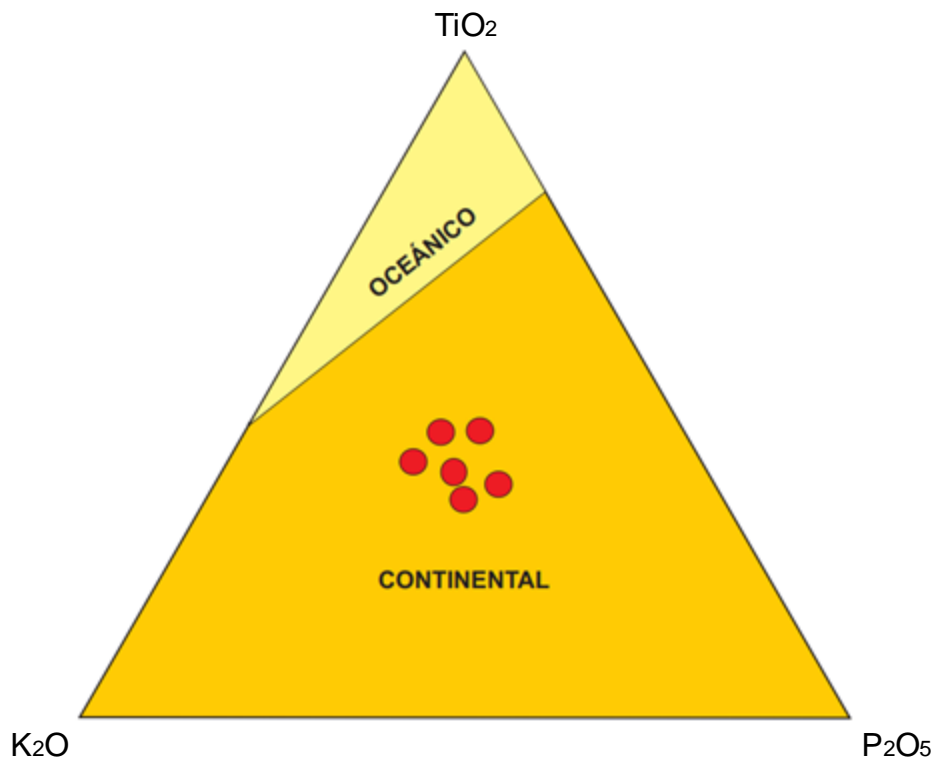



Figura 29 Representación de las muestras dentro del triángulo de Pearce. Que las ubica dentro de un ambiente continental

4.4. ESTUDIO MACROSCÓPICO DE LAS ROCAS

A continuación, se muestran los estudios macroscópicos realizados a las rocas del Volcánico Huambos:

Tabla 8 Estudio macroscópico de la muestra KR-01

| MUESTRA KR-01 | |
|--|---|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| Aspectos generales | |
| Color en superficie intemperizada | Gris blanquecino en partes gris anaranjadas |
| Color en superficie fresca | Gris blanquecino |
| Dureza | Baja |
| Componentes | |
| Ceniza | 75% |
| Lapilli | 20% |
| Bloques | 5% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 5% |
| Fragmento de roca | 10% |
| Cristales | 85% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Toba (Fisher, 1966) Toba cristalina (Pethijhon, 1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

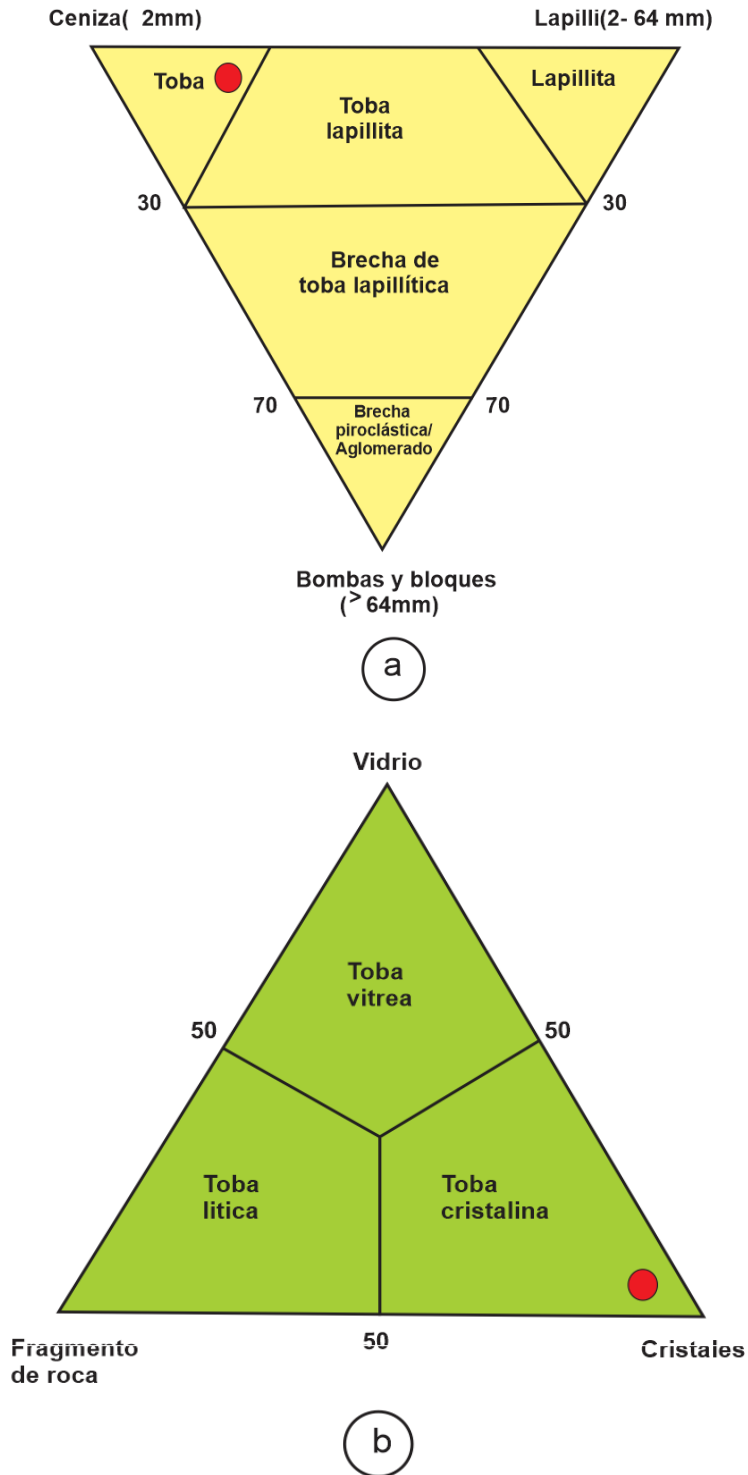



Figura 30 a y b indican ubicación de la muestra 01 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

Tabla 9 Estudio macroscópico de la muestra KR-02

| MUESTRA KR-02 | |
|--|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| Aspectos generales | |
| Color en superficie intemperizada | Gris rojizo en partes |
| Color en superficie fresca | Gris marrón |
| Dureza | Media |
| Componentes | |
| Ceniza | 43% |
| Lapilli | 55% |
| Bloques | 02% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 07% |
| Fragmento de roca | 08% |
| Cristales | 85% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Toba lapillita(Fisher, 1966), Toba cristalina (Pethijhon, (1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

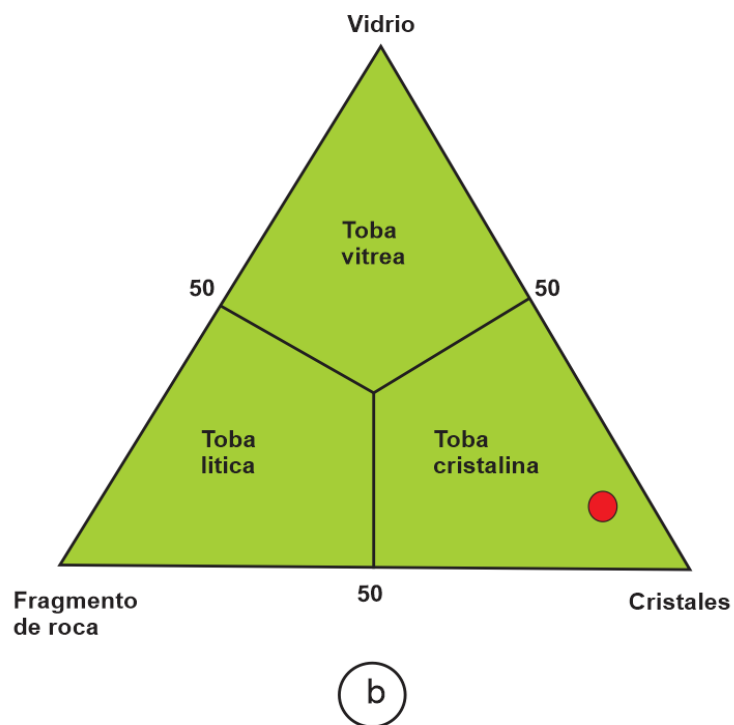
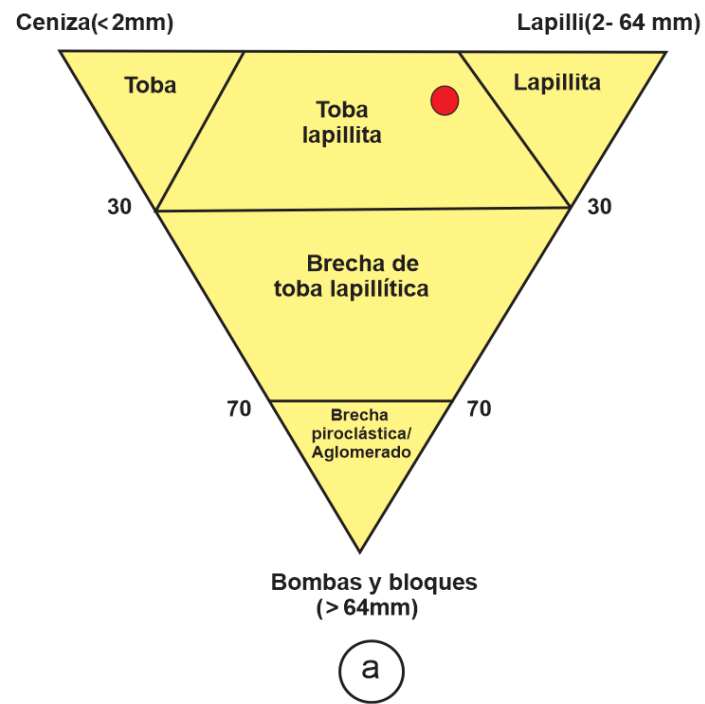



Figura 31 a y b indican la ubicación de la muestra 02 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

Tabla 10 Estudio macroscópico de la muestra KR-03

| MUESTRA KR-03 | |
|--|-------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| Aspectos generales | |
| Color en superficie intemperizada | Gris marrón |
| Color en superficie fresca | Gris violáceo |
| Característica | Espécimen perteneciente a un bloque |
| Dureza | Alta |
| Componentes | |
| Ceniza | 44% |
| Lapilli | 55% |
| Bloques | 1% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 5% |
| Fragmento de roca | 10% |
| Cristales | 85% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Toba lapillita(Fisher, 1966), Toba cristalina (Pethijhon, (1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

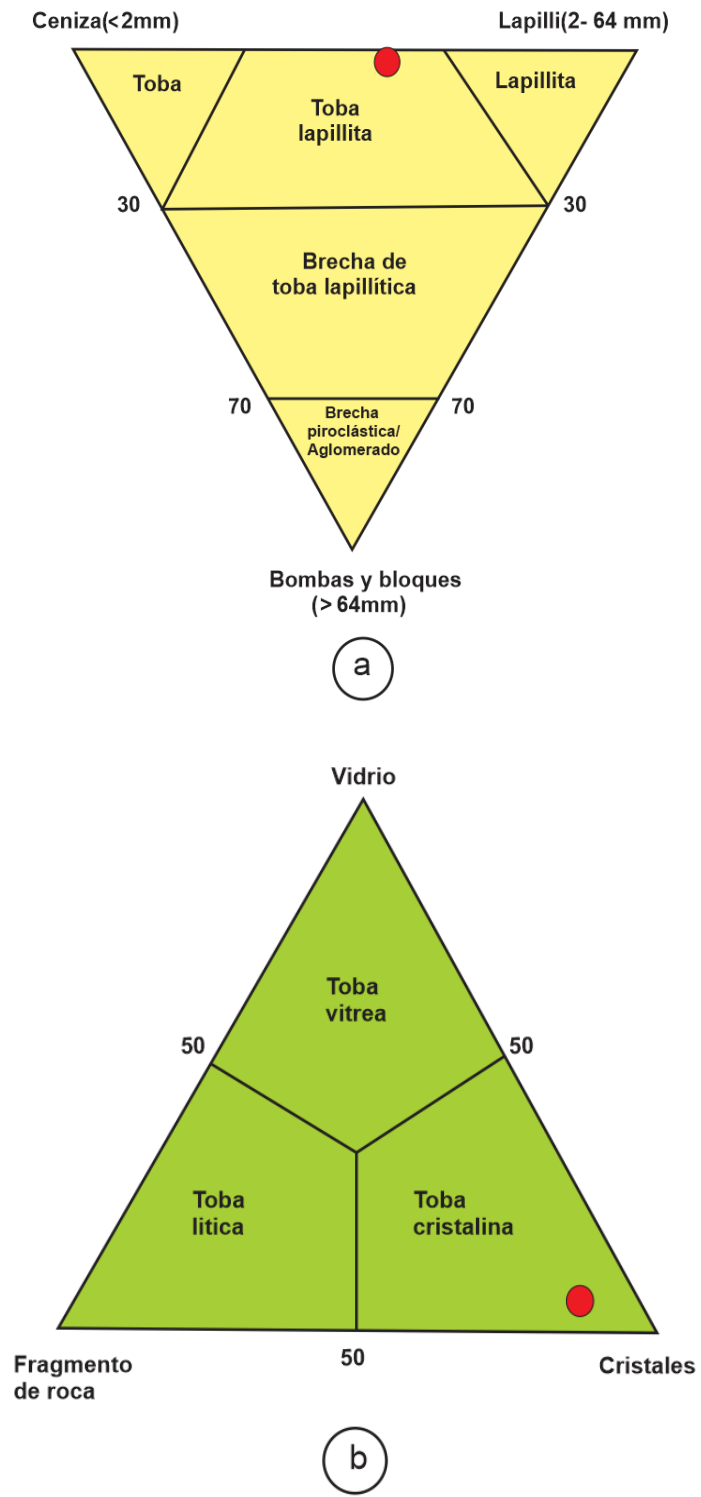



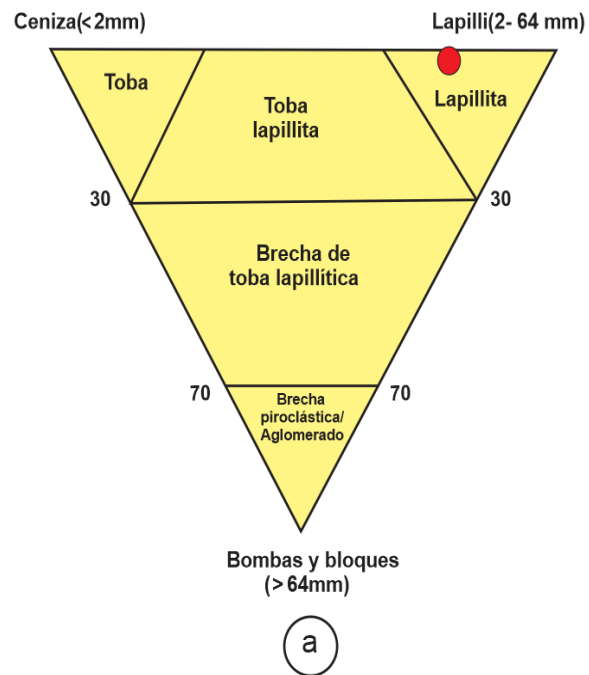
Figura 32 a y b indican la ubicación de la muestra 03 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

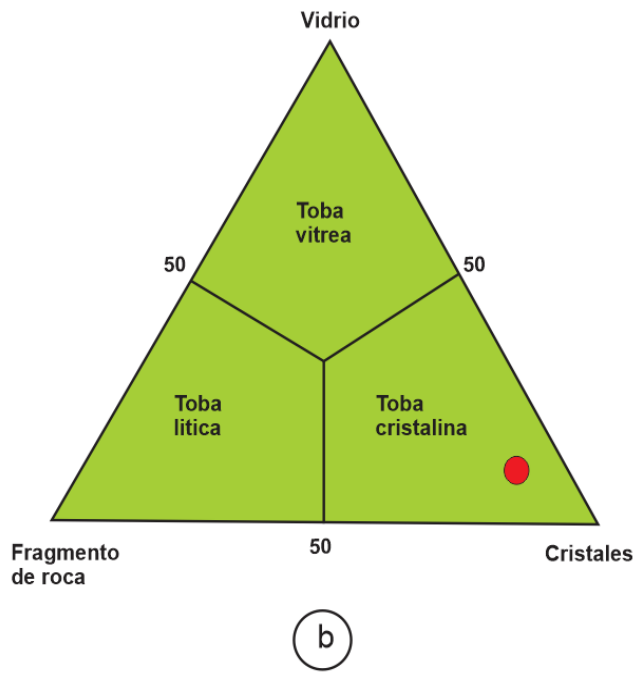
Tabla 11 Estudio macroscópico de la muestra KR-04

| MUESTRA KR-04 | |
|---|-------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| ASPECTOS GENERALES | |
| Color en superficie intemperizada | Gris marrón |
| Color en superficie fresca | Gris verdoso |
| Característica | Bloque redondeado de roca volcánica |
| Dureza | Alta |
| Componentes | |
| Ceniza | 19% |
| Lapilli | 80% |
| Bloques | 1% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 15% |
| Fragmento de roca | 10% |
| Cristales | 75% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Lapillita(Fisher, 1966), Toba cristalina (Pethijhon, (1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)



(a)




(b)

Figura 33 a y b indican la ubicación de la muestra 04 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

Tabla 12 Estudio macroscópico de la muestra KR-05

| MUESTRA KR-05 | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| ASPECTOS GENERALES | |
| Color en superficie intemperizada | Gris amarillento |
| Color en superficie fresca | Gris blanquesina |
| Características | Muestra con pequeñas manchas de oxidación |
| Dureza | Alta |
| Componentes | |
| Ceniza | 18% |
| Lapilli | 80% |
| Bloques | 1% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 13% |
| Fragmento de roca | 13% |
| Cristales | 74% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Lapillita(Fisher, 1966), Toba cristalina (Pettijhon, (1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

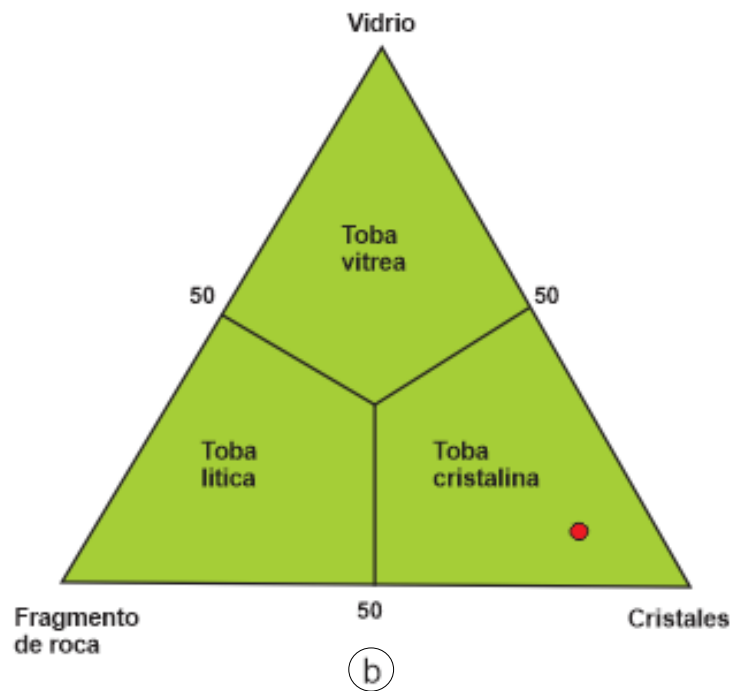
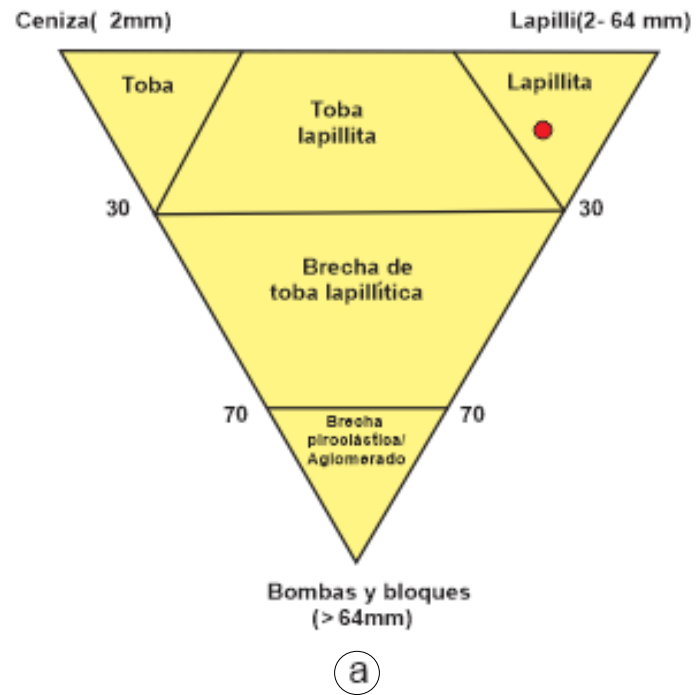



Figura 34 a y b indican la ubicación de la muestra 05 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

Tabla 13 Estudio macroscópico de la muestra KR-06

| MUESTRA KR-06 | |
|--|---|
| DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA | |
| ASPECTOS GENERALES | |
| Color en superficie intemperizada | Gris amarillento |
| Color en superficie fresca | Gris blanquesina |
| Características | Muestra con pequeñas manchas de oxidación |
| Dureza | Alta |
| Componentes | |
| Ceniza | 400% |
| Lapilli | 55% |
| Bloques | 05% |
| Total | 100% |
| Vidrio | 20% |
| Fragmento de roca | 10% |
| Cristales | 70% |
| Total | 100% |
| Nombre de la roca: Toba lapillita(Fisher, 1966), Toba cristalina (Pethijhon, (1975) | |
|  | |

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

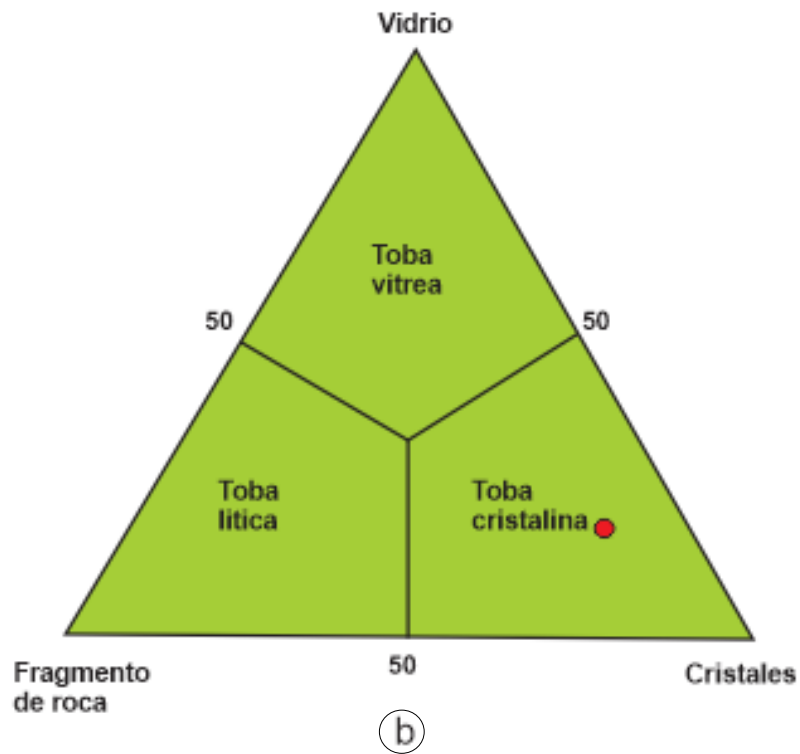
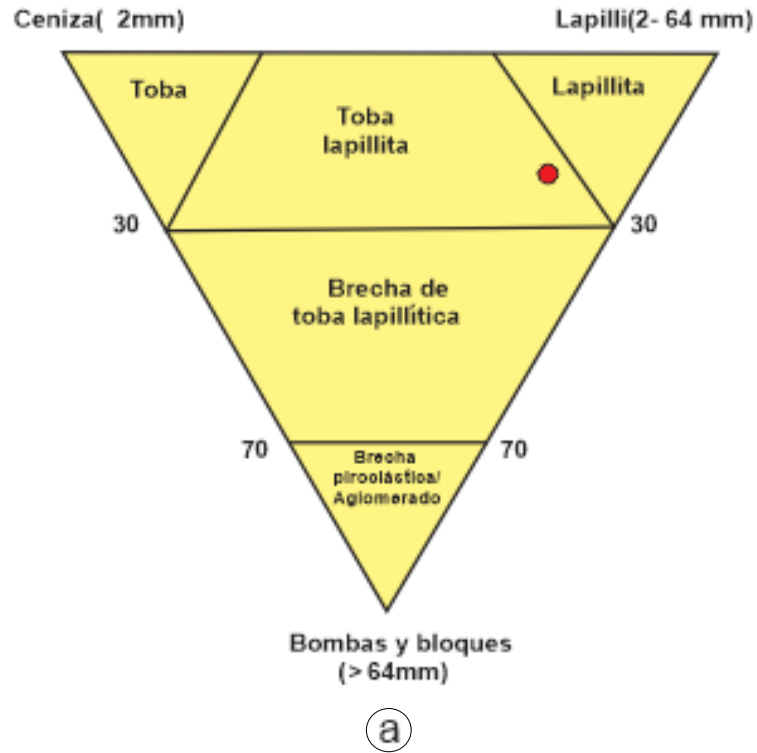








Figura 35 a y b indican la ubicación de la muestra 06 en función de las proporciones de piroclastos de varios tamaños.

Fuente: Pettijhon, (1975) y Fisher, (1966)

Tabla 14 Cuadro resumen descripción macroscópico

| MUESTRA | IMAGEN | NOMBRE DE LA ROCA |
|------------|---|---|
| Muestra 01 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Toba (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |
| Muestra 02 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Toba lapillita (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |
| Muestra 03 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Toba lapillita (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |
| Muestra 04 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Lapillita (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |
| Muestra 05 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Lapillita (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |
| Muestra 06 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Toba lapillita (Fisher,1966) • Toba cristalina (Pethijhon, 1975) |

4.5. COMPORTAMIENTO REGIONAL DEL VOLCÁNICO HUAMBOS

Se ha realizado la unión de los cuadrángulos de Celendín (14-g), San Marcos (15-g), Cajamarca (15-f) y Chota (14-f) del INGEMMET a escala 1:100 000, esta unión se realizó con la finalidad de analizar la interpretación regional de los afloramientos del Volcánico Huambos. El mapa así elaborado muestra mayores afloramientos en el sector de los cuadrángulos de Cajamarca y de Chota. Los afloramientos son menores, disminuyendo hasta desaparecer hacia el sector Este. Esta característica de la distribución regional sumada a la orientación de los fiames presentes en el flujo piroclástico (Oeste-Este) (ver figura 27, página 59) y a los bloques redondeados (ver figura 23, página 57) nos permite sugerir que la zona de alimentación probablemente se encuentre más al Oeste tal como la representación hipotética de las figuras 36 y 37.

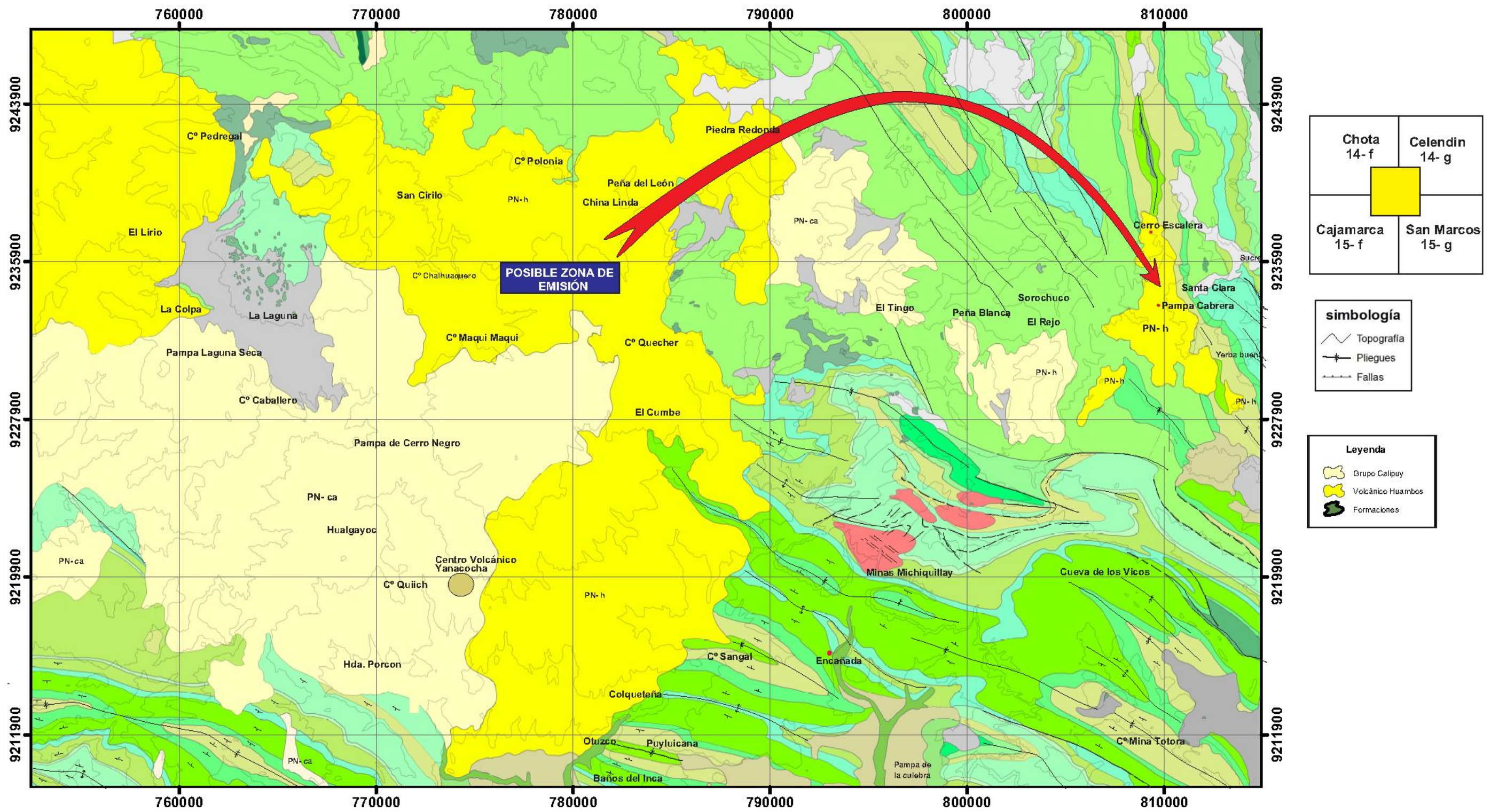


Figura 36 mapa regional compuesto por los Cuadrángulos de Chota, Cajamarca, Celendín y San Marcos.
fuente: modificado y mejorado de INGEMMET.

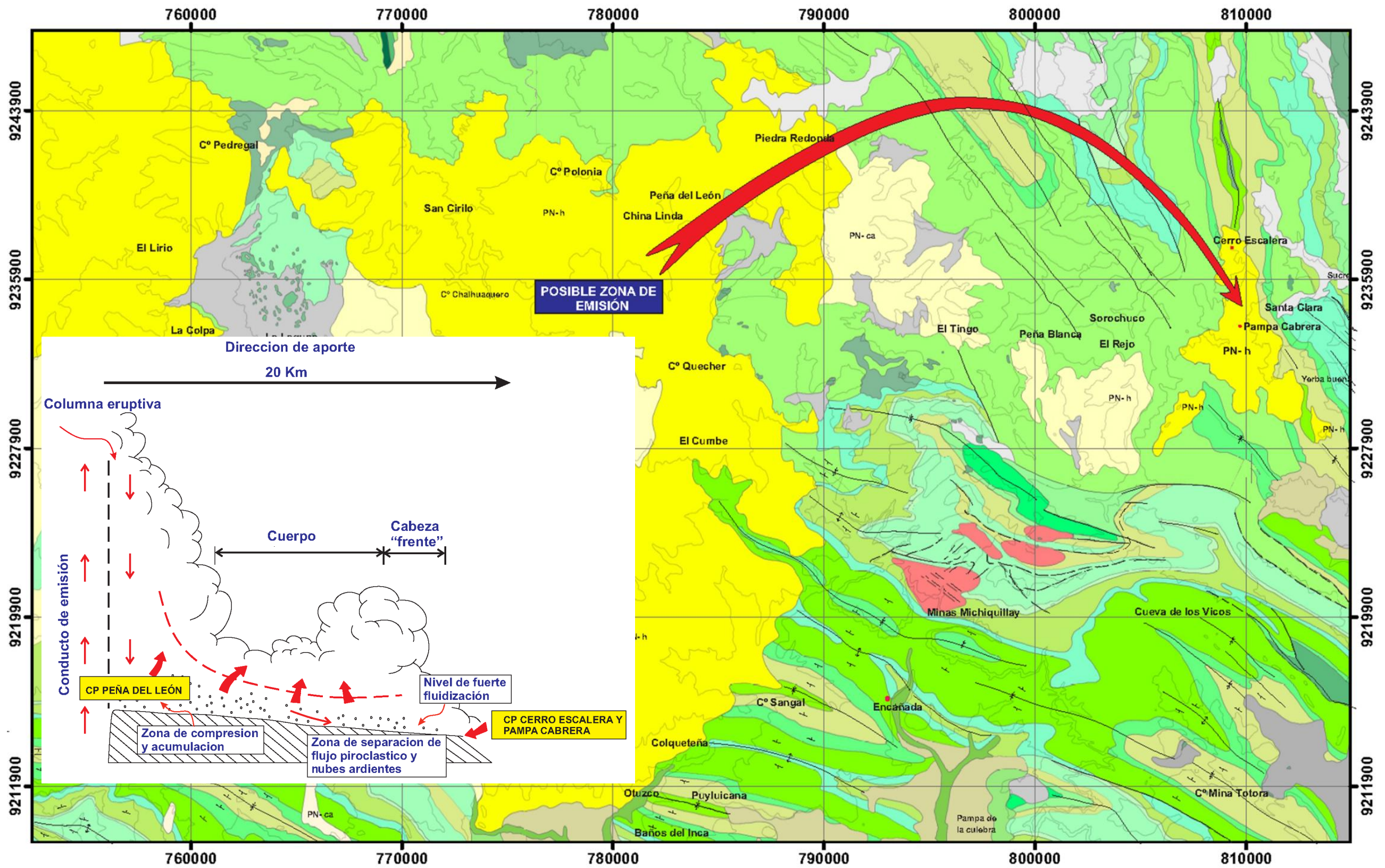


Figura 37 Ubicación del conducto de emisión y una distancia probable de 20 km hasta los Centros Poblados de Cerro Escalera y Pampa Cabrera.
fuente: modificado y mejorado de INGEMMET.

CONTRASTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con el análisis e interpretación a través del análisis estratigráfico y litológico realizado a los afloramientos del Volcánico Huambos, se han identificado tres facies claramente diferenciadas en el campo, las cuales se denominan eventos en este trabajo de investigación. Estos eventos son: Evento 1, Evento 2 y Evento 3, que de abajo hacia arriba, suman un espesor total de 260 metros. Cada evento posee características distintivas que permiten su interpretación y comparación con la hipótesis planteada.

El Evento 1, con un espesor de 60 metros, se interpreta como un evento de baja energía, caracterizado por la presencia de cenizas y lapillis con pocos bloques, indicando una actividad volcánica explosiva de menor intensidad. El Evento 2, que tiene un espesor de 125 metros, presenta una mayor cantidad de lapillis, aglomerados volcánicos, y abundantes bloques y bombas, lo cual sugiere una actividad volcánica de alta energía. Finalmente, el Evento 3, con un espesor de 75 metros, muestra una combinación de cenizas y lapillis que nuevamente indica una baja energía volcánica.

Las características litológicas y estratigráficas de estos eventos apoyan la hipótesis de que la actividad volcánica en la zona de estudio fue mayormente explosiva. El considerable espesor de los depósitos y su distribución local sugieren que la fuente de alimentación se encontraría en una ubicación distinta, posiblemente hacia el oeste, según la orientación de los fiames observados en los flujos piroclásticos y los bloques redondeados. Estas observaciones y análisis contrastan afirmativamente la hipótesis planteada inicialmente en esta investigación. La hipótesis proponía que la actividad volcánica registrada en los afloramientos del Volcánico Huambos era de naturaleza explosiva y que los eventos volcánicos podrían estar correlacionados con una fuente de alimentación no localizada en el área inmediata de estudio. Los datos obtenidos confirman que, efectivamente, la actividad fue explosiva y que los eventos identificados reflejan variaciones en la energía eruptiva, validando así la hipótesis.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se determinaron tres facies volcánicas principales en los afloramientos del Volcánico Huambos en los Centros Poblados de Pampa Cabrera y Cerro Escalera, sumando un espesor total de 260 metros. Cada facie está asociada a eventos volcánicos específicos que reflejan variaciones en la energía eruptiva, desde baja hasta alta, mostrando coherencia estratigráfica entre los sitios.

Las rocas estudiadas incluyen cenizas, tobas traquíticas y andesíticas, intercaladas con flujos piroclásticos y bloques, lo que confirma que la actividad volcánica fue predominantemente explosiva.

Se logró correlacionar las columnas estratigráficas de los sitios de estudio, indicando que ambos fueron afectados por los mismos eventos volcánicos, lo cual mejora la comprensión de la evolución geológica de la región.

Las descripciones macroscópicas revelaron diversidad en textura y estructura de las rocas volcánicas, reflejando las condiciones eruptivas y la energía involucrada en cada evento.

La investigación permitió una caracterización detallada del origen y naturaleza de las rocas volcánicas, complementando análisis petrográficos y aportando significativamente al entendimiento de la historia volcánica de la región.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo estudios detallados de vulcanología para identificar con precisión el centro de emisión de las facies volcánicas que afloran en los Centros Poblados Cerro Escalera y Pampa Cabrera. Este conocimiento permitirá entender mejor la distribución y las características de las erupciones en la región.

Realizar un análisis geoquímico comparativo más amplio que incluya muestras de otras regiones volcánicas cercanas, para entender mejor las diferencias y similitudes en la composición y los procesos eruptivos.

Elaborar dataciones radiométricas de las rocas del Volcánico Huambos. Esto permitirá establecer con mayor exactitud la cronología de los eventos volcánicos y su posición dentro de la columna estratigráfica de la Región de Cajamarca, aportando a la historia geológica regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chávez, L., Mamani, M., Navarro, P., Martiarena, R., Rodríguez, F. 2010 Variaciones Geoquímicas y clasificación por arcos magmáticos de las rocas volcánicas del Grupo Calipuy: Cajamarca, La Libertad y Ancash. XV CPG. Resúmenes Extendidos. SGP, Pub. Esp. N° 9 (2010), Cusco p. 916-920.
- Cobbing, E. 2000. The Coastal Batholith and other aspects of Andean magmatism in Peru. Bol. Soc. Geol. Perú, 88, 5-20.
- Druitt, T. y Spark, R. 1982 A proximal ignimbrite breccia on Santorine, Greece. J. Volcanol. Geotherm. Res.,13:147-171.
- Echevarria, L. 2008 Mapeo en Terrenos Volcánicos, Colorado School of Mines.55p.
- Fisher, R. 1966 Rocks composed of volcanic fragments and their classification. Earth-Science Reviews, 1(4), 287-298.
- Gressly, A. 1838 Observations géologiques sur le Jura soleurois. Nouveaux mémoires de la Société Helvetique des Sciences Naturelles. Neuchatel, 2, 349 p.
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2018 Metodología de la Investigación. Las rutas cualitativas y cuantitativas y mixtas. Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Litvak, D. & Poma, S. 2005 Estratigrafía y Facies volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Valle del Cura: Magmatismo paleógeno en la Cordillera Frontal de San Juan. Universidad de Buenos Aires- Argentina.
- Le Maitre, R. 2002. Igneous rocks: a classification and glossary of trms. Cambridge: Cambridge University

- Navarro, P. 2014. Correlación espacial, temporal y metalogenética del magmatismo Cenozoico del Grupo Calipuy del norte del Perú en base a nuevas dataciones, 109.
- Pearce, 2008 Geochemical fingerprinting of oceanicbasalt with applications to ophiolite classification AND THE SEARCH FOR Archean Oceanic crust: Lhos, 100, 14.48.
- Rodríguez, C. 2019 Caracterización Petrológica del Volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Schmid, R. 1991 Descriptive nomenclature and classification of pyroclasticdeposits and fragments: recomendations of the IUGS Subcomission on the Systematics Igneous Rocks. Geology. The Geological of America. Boulder, Co. 9: 42-43.
- Sieron, K. 2022 Vulcanismo. Universidad de Veracruz. México. Vol. 1. 73p
- Vera. J. 2017 Estratigrafía del Volcánico Huambos entre los Caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, Centro Poblado Combayo – La Eencañada – Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vidal, C. 1980. Mineral deposits associated with the Peruvian Coastal Batholith and its volcanic country rocks: with special reference to the Huaura-Ica region, 11°-14° S. Ph.D. Thesis, University of Liverpool, 304 p.
- Zanettin, B.1984. Proposed new chemical classification of volcanic rocks. Episodes 7: 19-20.

ANEXOS

1. Análisis químico de rocas calizas para representación de álcalis total vs sílice (TAS)

**ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCAS CALIZAS PARA REPRESENTACIÓN DE
ÁLCALIS TOTAL VS SÍLICE (TAS)**

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO PAMPA CABRERA
MUESTRA : KER-01
UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
EDAD : CENOZOICO
FECHA : 10/07/2023

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

| Muestra | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| KER- 01 | 63.44% | 0.97% | 17.44% | 7.34% | 5.98% | 0.95% | 0.85 |

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
 TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
 HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
 CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
 PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO PAMPA CABRERA
 MUESTRA : KER-02
 UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
 EDAD : CENOZOICO
 FECHA : 10/07/2023

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

| Muestra | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| KER- 02 | 62.22% | 0.77% | 16.43% | 7.55% | 6.68% | 0.88% | 0.89 |

NOMAS UTILIZADAS:
 ASTM C113
 NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Masqueva Estraver
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 27564

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
 TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
 HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
 CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
 PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO PAMPA CABRERA
 MUESTRA : KER-03
 UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
 EDAD : CENOZOICO
 FECHA : 10/07/2023

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

| Muestra | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| KER- 03 | 64.44% | 0.87% | 16.99% | 6.55% | 6.77% | 0.91% | 1.01 |

NOMAS UTILIZADAS:
 ASTM C113
 NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
 RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
 TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
 HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
 CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
 PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO CERRO ESCALERA
 MUESTRA : KER-04
 UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
 EDAD : CENOZOICO
 FECHA : 10/07/2023

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

| Muestra | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| KER- 04 | 62.22% | 0.86% | 17.03% | 6.55% | 6.61% | 0.72% | 0.87 |

NOMAS UTILIZADAS:
 ASTM C113
 NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosqueña Estróver
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO CERRO ESCALERA
MUESTRA : KER-05
UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
EDAD : CENOZOICO
FECHA : 10/07/2023

| Muestra | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| KER- 05 | 61.33% | 0.75% | 15.99% | 6.33% | 5.88% | 0.84% | 0.77 |

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

**Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793**

SOLICITA : KEVIN ALEXANDER RIVERA LOPEZ
 TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL VOLCÁNICO
 HUAMBOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE PAMPA
 CABRERA Y CERRO ESCALERA. PROVINCIA DE CELENDÍN.
 PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO CERRO ESCALERA
 MUESTRA : KER-06
 UNIDAD : VOLCÁNICO HUAMBOS
 EDAD : CENOZOICO
 FECHA : 10/07/2023

| Muestra | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | Na2O | K2O | P2O5 |
|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| KER- 06 | 59.98% | 0.77% | 16.01% | 7.01% | 5.99% | 0.97% | 0.99 |

ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCA VOLCÁNICA

NOMAS UTILIZADAS:
 ASTM C113
 NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 27664