

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



**TESIS**

**FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL  
DISTRITO DE BAMBAMARCA**

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

**AUTOR:**

**Bach. Loaiza Sánchez Homero**

**ASESOR:**

**Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón**

**Cajamarca - Perú**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Homero Loaiza Sánchez
2. DNI : 70861338
3. Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
  
4. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani  
Facultad : Ingeniería
  
5. Grado académico o título profesional  
 Bachiller  Título profesional  Segunda especialidad  
 Maestro  Doctor
  
6. Tipo de Investigación:  
 Tesis  Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
  
1. Título de Trabajo de Investigación: **FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA.**
2. Fecha de evaluación : 25 de agosto 2024
3. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)
4. Porcentaje de Informe de Similitud : 6%
5. Código Documento : Oid: 3117:375731146
6. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 26 de agosto 2024

	
<p><b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani</p>	<p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>
<p>DNI : 29243825</p>	<p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258001 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 26/08/2024 20:37:37-0500</p>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

## **AGRADECIMIENTO**

Con estas líneas expreso Mi gratitud a las personas que siempre estuvieron apoyándome incansablemente en mi formación profesional y en la realización de la presente tesis. A mis padres **Dario** y **Aida Marleni**, por la vida, la educación, los valores inculcados desde la niñez y el gusto por la naturaleza. A mis hermanos (as) por su paciencia y apoyo incondicional durante todo este tiempo. A mi asesor de tesis **Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani** por el soporte académico en la línea de investigación, la asesoría, observaciones y sugerencias que permitieron la redacción final de esta investigación.

Agradezco fraternalmente a los docentes de la Escuela Profesional de **Ingeniería Geológica – UNC**, por las enseñanzas impartidas durante los años de formación universitaria y la motivación para ser cada día mejor.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y consejeros de vida, Dario y Aida Marleni, su apoyo es invaluable.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

<b>2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	4
2.1.3. Antecedentes Locales.....	5
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	<b>7</b>
2.2.1. Unidades Litoestratigráficas de Ambiente Volcánico .....	7
2.2.2. Características de los Depósitos Volcanoclásticos .....	8
2.2.3. Facies Volcanoclásticas.....	10
2.2.4. Clasificación de Rocas Volcanoclásticas .....	16
2.2.5. Tipos de Estratificación .....	18
2.2.6. Geometría Depositacional .....	20
2.2.7. Distribución de Facies.....	21

	Pág.
2.2.8. Asociación de Facies Volcanoclásticas .....	24
2.2.9. Modelo de Facies.....	28
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>30</b>

### CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>32</b>
3.1.1. Geográfica .....	32
3.1.2. Política .....	32
3.1.3. Accesibilidad.....	32
<b>3.2. PROCEDIMIENTOS .....</b>	<b>33</b>
3.2.1. Etapa Preliminar a Campo.....	33
3.2.2. Etapa de Campo .....	33
3.2.3. Etapa de Gabinete .....	33
3.2.4. Metodología .....	33
<b>3.3. TÉCNICAS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5. CONTEXTO GEOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>
3.5.1. Geomorfología .....	39
3.5.2. Unidades Morfogenéticas .....	41
3.5.3. Geología Local.....	43
<b>3.6. MARCO VOLCANOCLÁSTICO .....</b>	<b>43</b>
3.6.1. Tectónica y Magmatismo Cenozoico en el Norte del Perú .....	44
3.6.2. Centros Eruptivos Cenozoicos de Cajamarca .....	45
3.6.3. Contexto del Volcánico Huambos .....	47
3.6.4. Litología y Espesor del Volcánico Huambos.....	48
3.6.5. Registro Cronoestratigráfico, Edad y Correlación.....	48
3.6.6. Volcánico Huambos en el Distrito de Bambamarca .....	48

	Pág.
<b>3.7. DESCRIPCIÓN DE LITOFACIES VOLCANOCLÁSTICAS .....</b>	<b>50</b>
3.7.1. Facies Volcanoclásticas en el Sector de Corellama .....	51
3.7.2. Facies Volcanoclásticas en el Sector de Frutillo.....	56
3.7.3. Facies Volcanoclásticas en el Sector de Arascorgue .....	63
<b>3.8. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>69</b>

#### **CAPÍTULO IV**

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

<b>4.1. IDENTIFICACIÓN DE FACIES VOLCANOCLÁSTICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2. COLUMNA DE FACIES VOLCÁNICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3. AMBIENTE GEOLÓGICO .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4. TIEMPO CRONOESTRATIGRÁFICO .....</b>	<b>73</b>
<b>4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>73</b>
<b>4.6. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....</b>	<b>74</b>

#### **CAPÍTULO V**

##### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre el grado de selección de fragmentos en un depósito, considerando los criterios sedimentológicos tradicionales Folk y Ward (1957) con los volcánicos propuestos por Cas y Wright (1987).....	8
Tabla 2. Clasificación y nomenclatura de fragmentos piroclásticos y rocas piroclásticas bien seleccionadas, basado en el tamaño de clastos (Schmid, 1981). ....	16
Tabla 3. Clasificación de rocas Volcanoclásticas con contenido mayor al 10% de fragmentos volcánicos, términos usados para la mezcla de rocas epiclásticas y piroclásticas según Schmid (1981)...	18
Tabla 4. Principales litofacies de ignimbritas recomendadas por Branney y Kokelaar 2002).....	26
Tabla 5. Abreviaturas recomendadas para asociar a litofacies de ignimbritas recomendadas por Branney y Kokelaar (2002). ....	27
Tabla 6. Principales asociaciones de facies volcanoclásticas .....	29
Tabla 7. Coordenadas UTM zona 17s, WGS-84, carta 14f-I (cuadrángulo de Chota).....	32
Tabla 8. Accesibilidad al distrito de Bambamarca, sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue .....	33
Tabla 9. Clasificación de los tipos de investigación (Gallardo, 2017) .....	34
Tabla 10. Definición de las variables .....	35



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Se presenta tres formaciones (X, Y, Z), la formación Y está compuesta de tres facies (A, B, C). En este ejemplo hay 3 unidades volcanoclásticas, una de ellas es la formación X. Modificado de ( Vera, 1994).....	7
Figura 2. Geometría depositacional de caídas piroclásticas cubriendo la topografía. Modificado de (Echevarría, 2008).....	11
Figura 3. (A) Depósitos de caída no soldados, originados por cualquier tipo de explosión. (B) Depósitos de caída soldados, se forman, cuando la acumulación es muy rápida, los fragmentos pueden fundirse y deformarse. Modificado de (McPhie et al., 1993). ....	11
Figura 4. Geometría depositacional de flujos piroclásticos asentados sobre topografía irregular, los depósitos rellenan valles y también pueden cubrir finamente altos topográficos. Modificado de (Echevarría, 2008). ....	12
Figura 5. Geometría depositacional de una oleada piroclástica, atraviesan geometrías irregulares, en las partes más bajas son ligeramente más gruesos y toscos que en las partes altas. Modificado de (Echevarría, 2008). ....	13
Figura 6. (A) Depósito de surge, el tamaño de grano y el espesor disminuyen con respecto a la distancia del centro efusivo. (B) depósitos de explosiones freatomagmáticas, representan poca distancia al origen, aproximadamente hasta 5 km de distancia. Modificado de (McPhie et al., 1993). ....	13
Figura 7. (A) Depósitos de flujos de cenizas y fragmentos líticos angulosos. (B) Ignimbrita no soldada. Modificado de (McPhie et al., 1993)...	13
Figura 8. (A) Depósitos autoclásticos resedimentados, conteniendo pómez, clastos juveniles con vesículas y arena fina. (B) Depósitos de clastos juveniles con vesículas y arenas. Modificado de (McPhie et al., 1993).....	14

	Pág.
Figura 9. Depósitos piroclásticos resedimentados. (A) Flujos de ceniza fina en corrientes de tracción. (B) Unidades de sedimentación muy gruesas que consiste en base masiva roca en clastos cristalinos y líticos normalmente estratificados ricos en pómez. Modificado de (McPhie et al., 1993).....	14
Figura 10. (A) Formación de lahares secundarios por lluvias. (B) Formación de lahares primarios por erupción grande y derretimientos de los glaciares (Almeida et al., 2017). .....	15
Figura 11. Esquema del transporte y depositación de los flujos de escombros, compuesto por fragmentos líticos de diversos tamaños y origen. Modificado de (Vera, 2020). .....	15
Figura 12. Clasificación de rocas piroclásticas por composición en las proporciones de bloques / bombas, lapilli y ceniza, según Fisher (1961). .....	17
Figura 13. Triangulo de clasificación de rocas piroclásticos basados en la granulometría y composición, tomado de Fisher (1966) y Schmid (1981). .....	17
Figura 14. Esquema que muestra los diferentes tipos de gradaciones que pueden presentar los estratos y su relación con el régimen de flujo (Ponce et al., 2015). .....	19
Figura 15. Geometría depositacional de fragmentos piroclásticos. (A) Depositación en valles profundos (Acomodación de valles). (B) Depositación sobrellenando valles (Echevarría, 2008). .....	20
Figura 16. Representación esquemática de las facies volcánicas. Las facies centrales representan la estructura central de un volcán, las facies proximales forman los flancos de la estructura volcánica, mientras que en las facies distales están los depósitos de los restos erosionados más alejados del volcán, así como depósitos piroclásticos. Modificado de ( Williams y McBirney, 1979).....	23

Figura 17. Secciones ideales a través de depósitos de flujos piroclásticos no soldados. (A) Depósito masivo de flujo piroclástico. (B) Depósito de flujo estratificado, capas de piedra pómez 2b. L: líticos que conforman las capas de 2b. Modificado de (Echevarría, 2008).....	24
Figura 18. Límite de flujo en base a una corriente de alta concentración. Aumento gradual de clastos y espesor de estratos puede ser de centímetros a milímetros, es por ello el cambio de perfil que puede hallarse en diferentes afloramientos de facies volcanoclásticas. Modificado de ( Branney y Kokelaar, 2002).....	25
Figura 19. Colina estructural ubicada al sureste del distrito de Bambamarca, sector Arascorgue, corresponde a los afloramientos tobáceos del volcánico Huambos, evento IV. Coordenadas UTM. N: 9256780, E: 771615, C: 2851 msnm. ....	39
Figura 20. Panorámica del sector Arascorgue, presenta un valle en forma de U, originado por la erosión y sedimentación a causa de los glaciares, ríos y arroyos. Coordenadas UTM. N: 9258004, E: 772790, C: 2766 msnm.....	40
Figura 21. Depósito cuaternario fluvial. Ubicado entre los sectores de Frutillo y Arascorgue. Coordenadas UTM. N: 9255652, E: 772360, C: 2655 msnm. ....	40
Figura 22. Planicie, presenta una pendiente suave. Coordenadas UTM. N: 9257004, E: 771115, C: 2851 msnm.....	41
Figura 23. Lomada. Coordenadas UTM. N: 9 257180, E: 771271, C: 2840 msnm.....	42
Figura 24. Ladera en el sector Corellama. Coordenadas UTM. N: 9259504, E: 774205, C: 2570 msnm.....	42
Figura 25. Escarpa, presenta una topografía abrupta, ubicada en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9258724, E: 773400, C: 2639 msnm.....	43
Figura 26. Centros eruptivos cenozoicos de Cajamarca. Modificado de (Navarro et al., 2008).....	46

Figura 27. Mapa de afloramientos de facies del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca.....	50
Figura 28. (A) Afloramiento de flujos de avalancha. (B) Fragmentos clastosoportado, subredondeados a redondeados de composición andesítica color blanquecino a grisáceo. (C) Clastos moderadamente seleccionados. Coordenadas UTM. N: 9259387, E: 774464, C: 2644 msnm. ....	51
Figura 29. (A) Facies de flujos de ceniza color grisáceos pobremente consolidados. (B) Precipitados de carbonato de calcio en fracturas. Coordenadas UTM. N: 9259339, E: 774468, C: 2649 msnm.....	52
Figura 30. Secuencias laminares pseudoestratificadas de ceniza, lapilli y fiammes pobremente consolidados, en la parte superior afloran tobas dacíticas blanquecinas (plagioclasa > biotita > cuarzo > hornblenda) (Longo et al., 2010). Coordenadas UTM. N: 9258637, E: 774777, C: 2684 msnm .....	52
Figura 31. Flujos piroclásticos de ceniza de color blanco a gris con fragmentos andesíticos violáceos y grisáceos. Corresponde a la facie 1 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258957, E: 774619, C: 2679 msnm. ....	53
Figura 32. Facies de flujos de cenizas textura fina en la base y color grisáceo pobremente consolidadas con cenizas de textura gruesa y bloques andesíticos. Corresponde a la facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258867, E: 774651, C: 2679 msnm.....	53
Figura 33. Coladas de ceniza textura gruesa y color verde a grisácea, esta moderadamente consolidado con esporádicos líticos andesíticos < 30cm de diámetro. Corresponde a la facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257962, E: 775496, C: 2704 msnm.....	54

Figura 34. (A) Pseudoestratificación de tobas cristalinas de color gris a blanco. (B) Toba cristalina (plagioclasas 50%, ceniza 31%, cuarzo 10%, anfíboles 4%, biotita 2%, minerales opacos 1%, trazas 2%). ( Ver anexo III – estudios petrográficos por microscopía, M - 01). Corresponde a la facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257880, E: 775711, C: 2703 msnm.....	54
Figura 35. Columna de facies volcanoclásticas del sector Corellama .....	55
Figura 36. Paraconformidad entre los depósitos de lavas andesíticas gris verdosas de la secuencia volcánica Huangas (Jaimes et al., 2013) y rocas andesíticas de color gris a blanco, textura fina a media del Volcánico Huambos (Davies, 2002). Facie 1. Coordenadas UTM. N: 9259201, E: 773815, C: 2553 msnm. ....	56
Figura 37. (A) y (B) Disyunción esferoidal en rocas andesíticas (plagioclasas 80%, feldespato alcalino 15 % y máficos 5%) de color gris a blanco y textura fina a media, tienen característica principal de descascararse en forma de láminas. Coordenadas UTM. N: 9258919, E: 773587, C: 2553 msnm. ....	57
Figura 38. (A) Afloramiento de arena volcanoclástica clasificada por tener fragmentos piroclásticos entre 0 – 20 %, evidencia en (B) Piroclasto resedimentado (Schmid, 1981). Facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257077, E: 773244, C: 2648 msnm.....	57
Figura 39. Flujos de ceniza, lapilli y bloques angulosos a subangulosos de la facie 4 del volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258408, E: 772403, C: 2813 msnm. ....	58
Figura 40. Tobas cristalinas (plagioclasas 54%, cuarzo 9%, anfíboles 5%, biotita 3%, trazas 3%, ceniza 24%) (Ver anexo III, estudios petrográficos por microscopía, M – 02). Facie 4 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255994, E: 771368, C: 2862 msnm.....	58

Figura 41. Estratificación sesgada, con cenizas blanquecinas pobremente consolidadas de textura gruesa y líticos andesíticos pseudoestratificados. Coordenadas UTM. N: 9258743, E: 773676, C: 2656 msnm. ....	59
Figura 42. En el basamento aflora rocas carbonatadas de la formación Cajamarca y sobre ella arena volcanoclástica con lapilli y flujos de escombros clasto soportados, facie 1. Coordenadas UTM. N: 9258221, E: 773500, C: 2677 msnm. ....	59
Figura 43. (A) Lapilli y arena volcanoclástica, contiene piroclásticos resedimentados entre 0 – 20 % (Schmid, 1981). (B) Flujos de escombros mal clasificados. Coordenadas UTM. N: 9258221, E: 773500, C: 2677 msnm.....	60
Figura 44. Flujos de escombros con bloques de pómez con textura vesicular. Facie 3 del volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256968, E: 772256, C: 2642 msnm. ....	60
Figura 45. (A) Fragmento de pómez. (B) Pómez, nótese la textura vesicular. Coordenadas UTM. N: 9256168, E: 772256, C: 2642 msnm.....	61
Figura 46. Afloramiento de flujos piroclásticos de ceniza y lapilli, tiene color blanco a gris, facie 2. Coordenadas UTM. N: 9258518, E: 772847, C: 2657 msnm. ....	61
Figura 47. Columna de facies volcanoclásticas del sector Frutillo .....	62
Figura 48. (A) Afloramiento de sedimentos resedimentados (B) Aglomerado volcanoclástico (< 30 % fragmentos piroclásticos) (C) Arena volcanoclástica (Schmid,1981). Corresponden a la facie 1 del Volcánico Huambos en el sector de Arascorgue. Coordenadas UTM. N: 9255272, E: 773403, C: 2766 msnm.....	63
Figura 49. (A) Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli. (B) Fragmentos dacíticos blanquecinos no soldados, facie 1 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255590, E: 773030, C: 2684 msnm.....	64

Figura 50. (A) Coladas de cenizas textura fina a gruesa. (B) Pómez moderadamente consolidada. Facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255664, E: 772446, C: 2679 msnm.....	64
Figura 51. (A) Flujos de escombros con clastos volcánicos andesíticos blanquecinos mal seleccionados. (B) Flujos de ceniza con fragmentos andesíticos y pómez, moderadamente seleccionados. Facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255692, E: 772329, C: 2751 msnm. ....	65
Figura 52. (A) Afloramiento de flujos de escombros. (B) Pómez con su característica estructura vesicular. Coordenadas UTM. N: 9255949, E: 771819, C: 2717 msnm. ....	65
Figura 53. (A) Flujos piroclastos de ceniza y lapilli, evidencia de una capa de arcillita color rojizo. (B) Fragmento lítico de sílice color blanco a rosado, es producto del vulcanismo explosivo a los que estuvieron expuestos, facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256484, E: 771616, C: 2840 msnm.....	66
Figura 54. (A) y (B). Oleadas de ceniza de textura fina a media, color blanquecino a amarillento con esporádicos fragmentos líticos < 10 cm de diámetro. Presenta formas elipsoides producto de un flujo lento. Coordenadas UTM. N: 9256212, E: 771582, C: 2855 msnm.....	66
Figura 55. Tobas masivas dacíticas (fragmentos de roca 10%, plagioclasas 5%, vidrio 20%, matriz 40%, cristales 25%) (Schmid, 1981). Facie 4 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256656, E: 771444, C: 2890 msnm. ....	67
Figura 56. Cavidades horizontales, conocidas comúnmente como ventanillas de Arascorgue. Fueron realizadas por pobladores del sector de Arascorgue, tienen similitud con las ventanillas de Otuzco – Cajamarca. Coordenadas UTM. N: 9256726, E: 771544, C: 2929 msnm.....	67
Figura 57. Columna de facies volcanoclásticas del sector Arascorgue .....	68

	Pág.
Figura 58. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Corellama. ....	69
Figura 59. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Frutillo.....	69
Figura 60. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Arascorgue .....	70
Figura 61. Gráfico estadístico comparativo de los espesores de las facies volcanoclásticas identificadas y posteriormente plasmadas en la columna estratigráfica.....	70
Figura 62. (A) Secuencia de ceniza fina en la base con pseudoestratos de ceniza gruesa moderadamente consolidados, presenta esporádicos bloques andesíticos < 1 m de diámetro. (B) Piroclasto no soldado en roca andesita color gris verdosa. Facie 3 del volcánico Huambos, en el sector de Corellama. Coordenadas UTM. N: 9258008, E: 775146, C: 2705 msnm.....	89
Figura 63. Medición de pseudoestratos de ceniza textura fina a gruesa y lapilli, pobremente consolidados. Facie 2 en el sector de Corellama. Coordenadas UTM. N: 9258637, E: 774777, C: 2684 msnm.....	89
Figura 64. Afloramiento de un bloque de 1.5 metros de diámetro de composición andesítica, en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9258560, E: 773527, C: 2656 msnm.....	90
Figura 65. (A) Afloramiento de lahares. (B). Guijarros y arenas de grano grueso en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9259142, E: 773742, C: 2556 msnm. ....	90



## ABREVIATURAS

Cm	:	Centímetro
E	:	Longitud
Fm	:	Formación.
Gpo	:	Grupo
Hcl	:	Ácido clorhídrico
Hrs	:	Hora(s)
Km	:	Kilómetro.
Ma	:	Millones de años
N	:	Latitud.
NE	:	Noreste.
NW	:	Noroeste.
Mpx	:	Megapíxeles
M	:	Metro.
Min	:	Minuto.
Mm	:	Milímetro.
Msnm	:	Metros sobre el nivel del mar.
m <sup>2</sup>	:	Metros cuadrados
Ø	:	Diámetro
%	:	Porcentaje
S	:	Sur.
SE	:	Sureste.
SW	:	Suroeste.
WGS	:	Sistema geodésico mundial
UTM	:	Universal Transverse Mercator.
W	:	Oeste

## RESUMEN

Los pulsos eruptivos que sucedieron en la Era Cenozoica (66 Ma.), son importantes porque nos brinda información de la ocurrencia geológica en la región Cajamarca. Así mismo, es la mejor referencia para la sectorización de sedimentos volcánicos y volcanoclásticos, además también estuvieron expuestos a procesos de resedimentación. La presente investigación tiene como propósito identificar las facies volcanoclásticas del Volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca. La metodología empleada se desarrolló en base al enfoque interpretativo, tipo descriptiva – explicativa, diseño no experimental de campo, nivel correlacional. Tomado la muestra a través de la recolección de datos de campo con las equipos y herramientas geológicas, cartografiado e identificación de la petrología, secuencia, y tiempo cronoestratigráfico, que son los aspectos más importantes de la estratigrafía. Es por ello que la técnica utilizada fue el análisis documental, la observación, medición y descripción de rocas volcanoclásticas. Los resultados revelaron que las facies volcanoclásticas están constituidas por tobas cristalinas, flujos de escombros, flujos de avalanchas con clastos < 1m de diámetro, flujos piroclásticos de cenizas pobremente consolidadas con líticos andesíticos, arena volcanoclásticas resedimentadas y tobas masivas dacíticas. Finalmente se recomienda realizar dataciones en diferentes puntos de afloramientos del Volcánico Huambos para saber su relación con el centro volcánico de Tantahuatay.

**Palabras Claves:** Facies Volcanoclásticas, Serravaliano, Volcánico Huambos, petrología volcánica.

## ABSTRACT

The eruptive pulses that occurred in the Cenozoic era (66 Ma.) are important because they provide information on the geological occurrence in the Cajamarca region. Likewise, it is the best reference for the sectorization of volcanic and volcanoclastic sediments, because they were also exposed to re-sedimentation processes. The purpose of this research is to identify the volcanoclastic facies of the Huambos Volcanic in the district of Bambamarca. The methodology used was developed based on the interpretative approach, descriptive - explanatory type, non-experimental field design, correlational level. The sample was taken through field data collection with geological equipment and tools, mapping and identification of petrology, sequence and chronostratigraphic time, which are the most important aspects of stratigraphy. Therefore, the technique used was documentary analysis, observation, measurement and description of volcanoclastic rocks. The results revealed that the volcanoclastic facies are constituted by debris flows, avalanche flows with clasts < 1m in diameter, pyroclastic flows of poorly consolidated ash with andesitic lithics, re-sedimented volcanoclastic sands and massive dacitic tuffs. Finally, it is recommended to date different outcrops of the Huambos volcanic outcrops to know their relationship with the Tantauatay volcanic center.

**Keywords:** Volcanoclastic Facies, Serravalian, Huambos Volcanic, Volcanic Petrology

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En las cercanías del distrito de Bambamarca afloran rocas volcanoclásticas del Volcánico Huambos, que corresponden a diferentes facies de eventos explosivos, las cuales se relaciona en el tiempo y espacio cronoestratigráfico por las características genéticas, litoestratigráficas y geomorfológicas que han modelado los diferentes valles. Esta formación carece de un estudio detallado, No obstante ello, es necesario para reconocer mejor, realizar una investigación y análisis de facies volcanoclásticas e interpretación geológica del Volcánico Huambos, además elaborar columnas estratigráficas de facies volcanoclásticas a detalle que sirva de aporte y antecedente para proyectos futuros que se pretenda realizar. Los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue – distrito de Bambamarca presenta los mejores afloramientos de rocas volcanoclásticas - Volcánico Huambos (Neógeno – Mioceno) las cuales son importantes para su estudio, no obstante, dicha Formación presenta tobas dacíticas con fragmentos de pómez, lapilli y cenizas.

Por todo ello se hace la interrogante ¿Cuáles son las facies volcanoclásticas del Volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca?

Las facies volcanoclásticas de Volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca corresponden a eventos explosivos de facies de pómez, cenizas de color gris blanquecino, flujos de escombros, tobas y fragmentos líticos andesíticos. Su espesor aproximado es de 300 metros; identificadas mediante estructuras masivas, clastos de diferente composición y tamaño, secuencia directa e inversa y su ubicación en el tiempo cronoestratigráfico que corresponde al Langhiano – Serravaliano ( $\pm 15$  m.a). (ISC,2024).

Esta investigación servirá como aporte para diferentes trabajos y artículos de investigación en el área de sedimentología y estratigráfica de facies volcanoclásticas que se pretendan realizar por investigadores de geociencias.

Éste estudio sirve para ampliar nuestros conocimientos con lo referente a su origen, características, espesor y extensión, que la hacen diferenciar de las demás formaciones volcánicas, tomando como base la identificación de las facies volcanoclásticas e interpretación geológica del volcánico Huambos, elaboración de la columna litoestratigráfica a detalle para posteriores correlaciones estratigráficas.

La investigación se llevará a cabo a través de la observación macroscópica, descriptiva y el análisis de estructuras que se identifiquen, las cuales permitirán determinar las características volcanoclásticas; considerando como objetivos específicos; elaborar la columna de facies volcánicas, describir macroscópicamente la petrografía e Interpretar las facies volcanoclásticas. Para la investigación se tiene cinco capítulos, el capítulo II marco teórico, donde se tienen los antecedentes internacionales, nacionales y locales. Así mismo bases teóricas sobre facies volcanoclásticas y la definición de términos básicos. El capítulo III corresponde a materiales y métodos, ubicación, procedimiento, metodología en la investigación. En el capítulo IV análisis y discusión de resultados donde se describe, explica y discute los resultados y el último capítulo corresponde a conclusiones y recomendaciones donde cada objetivo tiene sus conclusiones, así mismo las referencias bibliográficas y anexos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

**Moscoso (2023)**, en su Tesis de Pregrado, Geología del sistema de rift Mercedario en la faja plegada y corrida de la Ramada (32°04'S-32°11'S). Las facies volcanoclásticas y volcánicas de la Formación Rancho de Lata (Triásico Superior - Jurásico Inferior). Caracterizó dicha unidad mediante el análisis e identificación facies, llegó a la conclusión que la Formación Rancho de Lata, presenta una simultaneidad de procesos volcanoclásticos, volcánicos y sedimentarios.

**Viala (2020)**, en su Tesis de Magister, Magmatism and related Au-Cu mineralization in the Hualgayoc mining district, northern Peru. Detalla que la región Cajamarca presenta dos grandes eventos magmáticos. El primero durante el Paleógeno (57 – 35 Ma). Originó la secuencia volcánica basáltica a andesítica Llama – Calipuy. El segundo evento tuvo como resultado el emplazamiento de intrusiones áridas intermedias. Así mismo indica que tanto el magmatismo en la región Cajamarca y en el distrito minero de Hualgayoc tuvo mayor incidencia en el puso IV de la orogenia Inca (23 – 7 Ma).

**Teal y Benavides (2010)**, en su artículo, History and Geologic Overview of the Yanacocha Mining District, Cajamarca, Peru. Afirman que el distrito minero de Yanacocha consiste en 3 unidades depositacionales, la primera constituida por andesitas, tobas de ceniza, bloques e ignimbritas y secuencias epiclásticas laminadas de grano fino. La segunda compuesta por piroclastos de Yanacocha y cristales líticos y la tercera conformada por intercalaciones de flujo de andesita - dacita, dominada por complejo de domos de flujo.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

**Navarro (2014)**, en su artículo, correlación espacial, temporal y metalogenética del magmatismo cenozoico del Grupo Calipuy del norte del Perú en base a nuevas dataciones. Afirma que el segmento volcánico de Cajamarca fue definido en el sector suroeste de dicha región, la cual está caracterizada por abundantes depósitos de piroclásticos intercaladas con secuencias volcanoclásticas y lávicas.

**Mamani et al. (2013)**, en su artículo, características litológicas y geoquímicas más resaltantes de los arcos magmáticos del Perú desde el Ordovícico. Realizaron estudios de arcos y trasarcos magmáticos y establecieron periodos de tiempo en Millones de años en la que sucedieron eventos volcánicos dando origen a batolitos y yacimientos minerales.

**Longo et al. (2010)**, en su artículo, evolution of calc-alkaline volcanism and associated hydrothermal gold deposits at Yanacocha, Perú. Afirma que las rocas volcánicas andesíticas y dacíticas del Mioceno tienen hasta 1800 metros de espesor, con base a exposiciones, además menciona que los volcanes de Yanacocha están compuestos por andesitas y dacíticas, lavas, domos, ignimbritas e intrusiones subvolcánicas menores, diques y brechas.

**Navarro et al. (2008)**, en su artículo, stratigraphy of the synorogenic Cenozoic volcanic rocks of Cajamarca and Santiago de Chuco, northern Peru. Determinan que los depósitos volcánicos en la zona de Cajamarca se generaron a partir de una actividad continua de arco magmático desde el Eoceno temprano al Mioceno Superior ( $54,8 \pm 1,8 - 8,2 \pm 0,2$  Ma), evidenciando cinco periodos eruptivos.

**Chavez et al. (2010)**, en su artículo, variaciones geoquímicas y clasificación por arcos magmáticos de las rocas volcánicas del "Grupo Calipuy": Cajamarca, La Libertad y Ancash. Describen los centros volcánicos según el arco magmático correspondiente, Así mismo afirman que en el Arco magmático Calipuy 10 – 24 ma. (Mioceno) ocurrieron las primeras manifestaciones volcánicas con emisión de flujos de lava de composición andesítica intercalados con flujos piroclásticos de ceniza de composición dacítica y riolítica.

**Pinto (2002)**, en sus Tesis de Pregrado, transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel de kupfertal. Distrito minero de Yanacocha, Cajamarca, Perú. En el capítulo de secuencia estratigráfica, afirma que el Volcánico Huambos está constituido de dos centros eruptivos, al norte el miembro Los Frailones (dacítica) y al sur miembro Otuzco (andesítico), además realiza una comparación de la estratigrafía de Yanacocha con las cartas geológicas de Cajamarca publicadas por el Ingemmet, ésta considera al Volcánico Huambos como parte del Grupo Calipuy.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

**Esparza y Mayorga (2022)**, en su artículo, estratigrafía y petrografía de la secuencia volcánica Tual - Puruay Traverse Puruay - Lluscapampa (sur de Yanacocha) Cajamarca – Perú. Realizaron el cartografiado geológico a escala 1:5000, elaboración de columnas estratigráficas y recolección de muestras para el análisis microscópico. Concluyeron que los afloramientos de rocas pertenecientes al complejo Yanacocha están representadas por tres etapas. La secuencia volcánica Tual, Puruay y el tercer evento de la secuencia San José.

**Mostacero (2022)**, en su Tesis de Pregrado, caracterización petrológica de la Secuencia Volcánica Tantachual (Grupo Calipuy) en las zonas de Pabellón Chico y Espina Amarilla. Llegó a la conclusión que la Secuencia Volcánica Tantachual se caracteriza por presentar depósitos piroclásticos conformados por cenizas, lapilli y bloques de con clastos porfiríticos andesíticos y dacíticas que, combinados y conjugados, permiten diferenciar distintos eventos volcánicos.

**Rodríguez (2019)**, en su Tesis de Pregrado, caracterización petrológica del Volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo. Realizó las mediciones de las facies volcánicas y análisis microscópico de muestras de rocas; concluyendo que dicha zona de investigación evidencia 5 facies de depósitos de flujos piroclásticos, generada por un vulcanismo explosivo ya que identificó fragmentos líticos con gradación directa e inversa.



**Espelucín (2017)**, en su Tesis de Pregrado, caracterización petrológica de la Formación Porculla (Grupo Calipuy), Cumbemayo, Cajamarca. Concluyó que las 3 facies depositacionales descritas en su investigación sucedieron por un vulcanismo explosivo tipo pliniano de 2.5 km de extensión y que tiene un espesor aproximado de 100 metros y está constituido por pómez, fragmentos líticos con gradación inversa y cristales, conocidos genéticamente como ignimbritas.

**Vera (2017)**, en su Tesis de Pregrado, estratigrafía del Volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Encañada – Cajamarca. A través de las mediciones insitu, descripción petrológica y síntesis bibliográfica, clasifica al Volcánico Huambos en facies de escombros y bloques, facie de brecha piroclástica, facie de flujos piroclásticos y facie de oleadas piroclásticas.

**Gallardo (2013)**, en su Tesis de Pregrado, estratigrafía del Volcánico Huambos facies volcánicas y volcanoclásticas en la cuenca de Cajamarca. Empleó estaciones estratigráficas para su investigación, por todo ello identificó y describió cuatro eventos volcánicos en la cuenca Cajamarca. Evento 1 constituido por flujo de escombros, bloques, lahares y brechas piroclásticas. Evento 2 describe emplazamientos piroclásticos. Evento 3, emplazamientos de flujos de tobas, ceniza, lapilli e ignimbritas. Evento 4, emplazamientos de brechas piroclásticas y derrames dacíticas.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Unidades Litoestratigráficas de Ambiente Volcánico

De acuerdo con (Hedberg, 1980) se precisa como unidad litoestratigráfica de ambiente volcánico a un conjunto de sedimentos piroclásticos generado y depositado en un intervalo de tiempo eruptivo determinado, pueden ser pulsos (de segundos a minutos) o fases (de minutos a días) éstas constituyen una unidad o grupo volcánico, por estar compuesto predominantemente por un cierto tipo litológico o de una combinación de tipos litológicos, o por poseer otras características litológicas (color, textura, estructura volcánica y facies), que sirvan para agrupar los estratos (Báez et al., 2015).

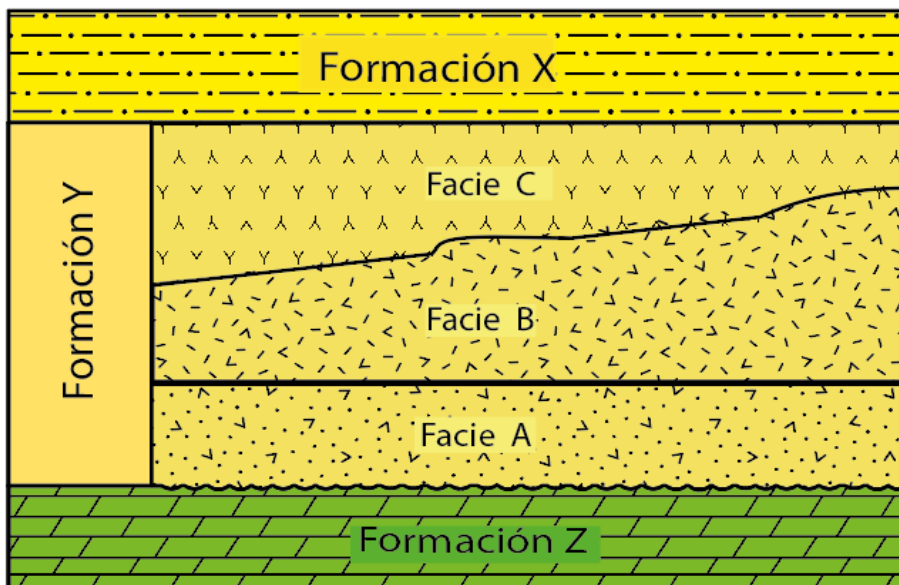


Figura 1. Se presenta tres formaciones (X, Y, Z), la formación Y está compuesta de tres facies (A, B, C). En este ejemplo hay 3 unidades volcanoclásticas, una de ellas es la formación X. Modificado de ( Vera, 1994).

### 2.2.2. Características de los Depósitos Volcanoclásticos

Según Ingram (1954). Las facies volcanoclásticas se detallan siguiendo los procedimientos sedimentológicos establecidos, considerando la identificación de capas, la geometría y disposición de las mismas y su espesor (lámina < 1 cm, capa muy delgada entre 1 y 3 cm, capa delgada entre 3 y 10 cm, capa media entre 10 y 30 cm, capa gruesa entre 30 y 100 cm, capa muy gruesa > 100 cm.

Debe señalarse que, a las características descritas, también debemos tener en cuenta la continuidad, los contactos litológicos que se identifiquen, estructuras volcánicas, secuencia, dirección de flujo o cualquier característica importante.

Algunos autores como (Folk y Ward, 1957; Cas y Wriqth,1987). Difieren para el caso del grado de selección de los depósitos volcanoclásticos, dado que, durante los procesos eruptivos volcánicos, su medio de transporte es gaseoso, por otra parte, cuando el medio de transporte es el agua es allí donde no consiguen desarrollar el mismo nivel de selección, no obstante ello, debería utilizarse una clasificación distinta según el medio de transporte (Murcia et al., 2013).

Tabla 1. Comparación entre el grado de selección de fragmentos en un depósito, considerando los criterios sedimentológicos tradicionales Folk y Ward (1957) con los volcánicos propuestos por Cas y Wright (1987).

<b>Selección</b>	<b>Folk y Ward (1957)</b>	<b>Cas y Wright (1987)</b>
< 0.35 Ø	Muy bien seleccionada	
0.35 a 0.49 Ø	Bien seleccionada	Muy bien seleccionada
0.50 a 0.99 Ø	Moderadamente seleccionada	
1.00 a 1.99 Ø	Pobremente seleccionada	Bien seleccionada
2.00 a 3.99 Ø	Muy pobremente seleccionada	Pobremente seleccionado
> 4.00 Ø	Extremadamente mal seleccionada	Mal Seleccionado

Fuente: Tomado de (Murcia et al., 2013)

## ❖ **Características Texturales de los Fragmentos Volcánicos**

Los diferentes procesos que involucran a los fragmentos son muy diversos, ya que después de vulcanismo explosivo y efusivo, estas rocas y sedimentos volcánicos, están sometidas a diferentes procesos geológicos, erosión, transporte y resedimentación, es por ello que las características que se describirán son las más determinantes para su caracterización en los depósitos volcanoclásticos (Maitre et al., 2002).

### ❖ **Tamaño**

Esta característica es variable de acuerdo con los tipos de depósitos piroclásticos, de allí que para tener una clasificación del tamaño de fragmentos y poder caracterizar adecuadamente, tenemos que tomar como referencia a las clasificaciones que han realizado autores Wentworth y William (1932). Para depósitos volcanoclásticos, que determinan los tamaños en términos de ceniza fina, ceniza gruesa, lapilli, bloques y bombas, (Murcia et al., 2013).

### ❖ **Redondez**

Este término es muy utilizado para depósitos sedimentarios, también podemos emplearlo en depósitos volcanoclásticos y está caracterizado por Wadell (1933). Clasifica a los fragmentos como muy angulosos, angulosos, subangulosos, subredondeados, redondeados y bien redondeados (Murcia et al., 2013).

### ❖ **Vesicularidad**

Es una variable textural indispensable en la caracterización de fragmentos piroclásticos, son visibles macroscópicamente, si este es el caso se utilizan lupas de campo para apreciarlo mejor. El investigador puede calificar el porcentaje vesicular en una roca, clasificarlos e interpretar su origen y ambiente depositacional (Murcia et al., 2013)

### **2.2.3. Facies Volcanoclásticas**

Fisher (1961), Estableció este término para referirse a todo sedimento volcánico formado por cualquier proceso de fragmentación, dispersión, transporte depositación en cualquier tipo de ambiente, de este modo estos pueden estar mezclados en proporciones significativas (Fisher y Schimincke, 1984; Cas y Wrigth, 1988). Sin embargo, Diaz (2019) indica que para considerarse volcanoclástico la roca debe estar compuesto, al menos en un 10% de su volumen, por fragmentos de naturaleza volcánica.

#### **❖ Depósitos Piroclásticos**

De acuerdo con Cas y Wright (1988), Los depósitos piroclásticos se forman directamente de la fragmentación de magma y roca por la actividad volcánica explosiva. Las cuales se dividen de acuerdo a su modo de transporte y depositación.

#### **❖ Caídas Piroclásticas**

Pueden ser generadas por toda clase de erupciones explosivas (magmáticas, freatomagmáticas y explosivas), y por magmas de cualquier composición. Los fragmentos expulsados explosivamente a la atmósfera quedan suspendidos temporalmente y luego vuelven a caer y se acumulan para formar una caída piroclástica (McPhie et al., 1993).

Las características de este tipo de depósitos se fundamentan en capas de espesor uniforme que cubren la topografía, ver figuras 3 y 4. Así mismo presentan secuencia normal e inversa, lapilli acrecional y piroclastos juveniles de tamaño medio (Echevarría, 2008).

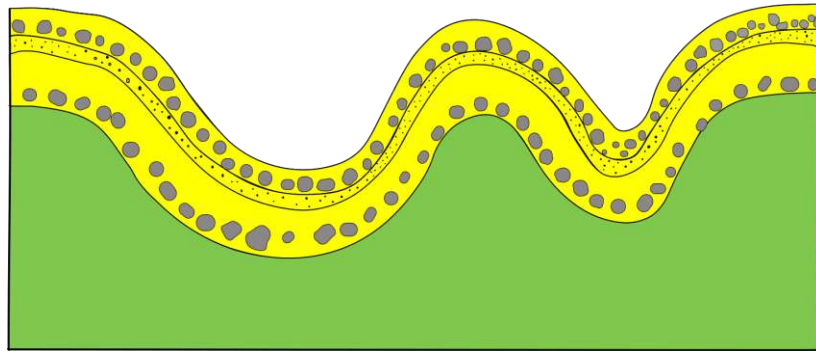


Figura 2. Geometría depositacional de caídas piroclásticas cubriendo la topografía. Modificado de (Echevarría, 2008).

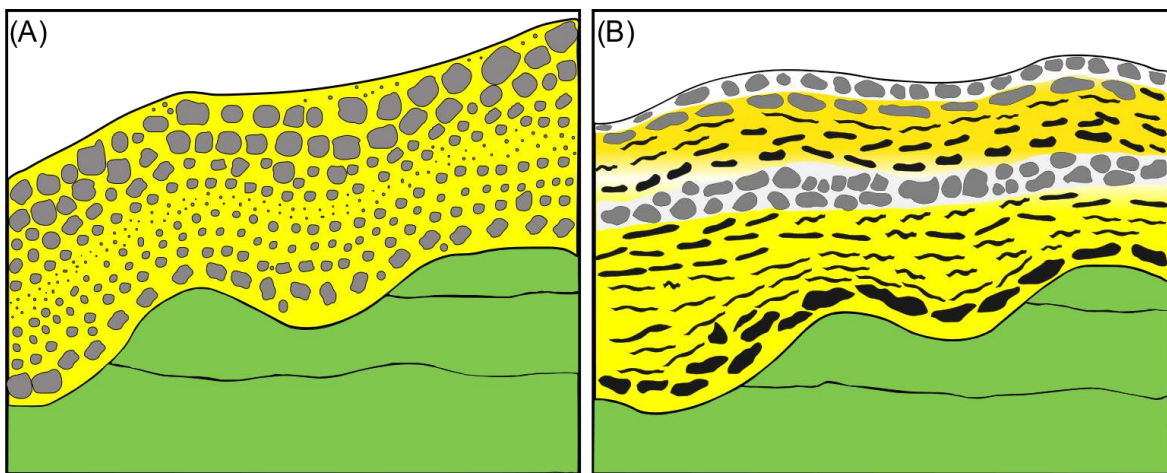


Figura 3. (A) Depósitos de caída no soldados, originados por cualquier tipo de explosión. (B) Depósitos de caída soldados, se forman, cuando la acumulación es muy rápida, los fragmentos pueden fundirse y deformarse. Modificado de (McPhie et al., 1993).

### ❖ **Flujos Piroclásticos**

También son denominados como Pyroclastic Flow. Hacen referencia a las dispersiones de flujos piroclásticos de alta concentración generada por erupciones volcánicas. De este modo pueden originarse directamente a partir de domos de lava caliente y flujos de lava que sufren efectos gravitacionales provocado por explosiones (McPhie et al., 1993)

Echevarría (2008), resalta que los flujos piroclásticos son generados por colapso de columnas eruptivas en magmas ácidos, su transporte es en masa, el ambiente de depósito aéreo es mayor que el acuático, son depositadas en terrenos de pendientes bajas, además forman estructuras masivas, densas y orientadas,

finalmente sus fragmentos son de tamaño variable y se caracterizan por su redondez. Ver figura 4.

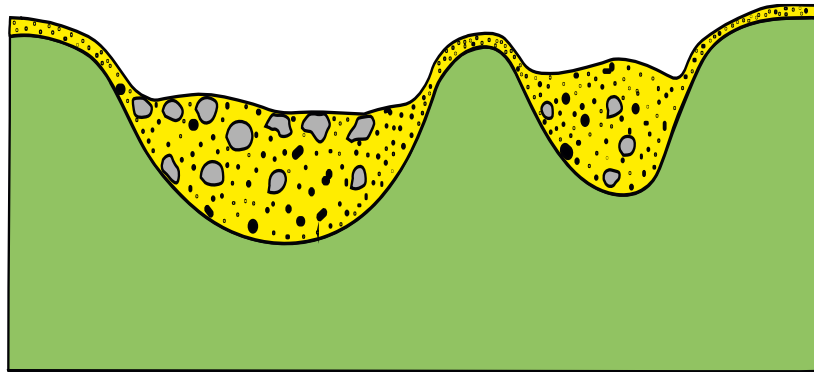


Figura 4. Geometría depositacional de flujos piroclásticos asentados sobre topografía irregular, los depósitos rellenan valles y también pueden cubrir finamente altos topográficos. Modificado de (Echevarría, 2008).

#### ❖ **Oleadas Piroclásticas**

Fisher (1979), utiliza el término surge como equivalente a las oleadas piroclásticas, en base a ello McPhie et al. (1993). Afirma que este tipo de flujo de partículas se generan directamente a partir de erupciones freatomagmáticas y freáticas explosivas (oleadas de base) y en asociación con erupción de emplazamiento de flujos piroclásticos (oleadas de nubes de ceniza y oleadas del suelo).

Sus rasgos distintivos están identificados en capas bien estratificadas en superficies topográficas de baja pendiente, además presenta una textura de grano fino. No obstante, la mayoría de los depósitos de oleada piroclástica o surge están mejor clasificados que los depósitos de flujo piroclástico, pero menos bien clasificados que los depósitos de caída piroclástica (McPhie et al., 1993; Echevarría, 2008).

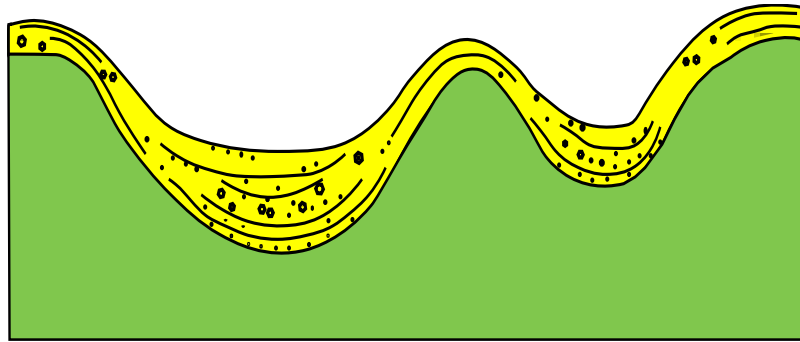


Figura 5. Geometría depositacional de una oleada piroclástica, atraviesan geometrías irregulares, en las partes más bajas son ligeramente más gruesos y toscos que en las partes altas. Modificado de (Echevarría, 2008).

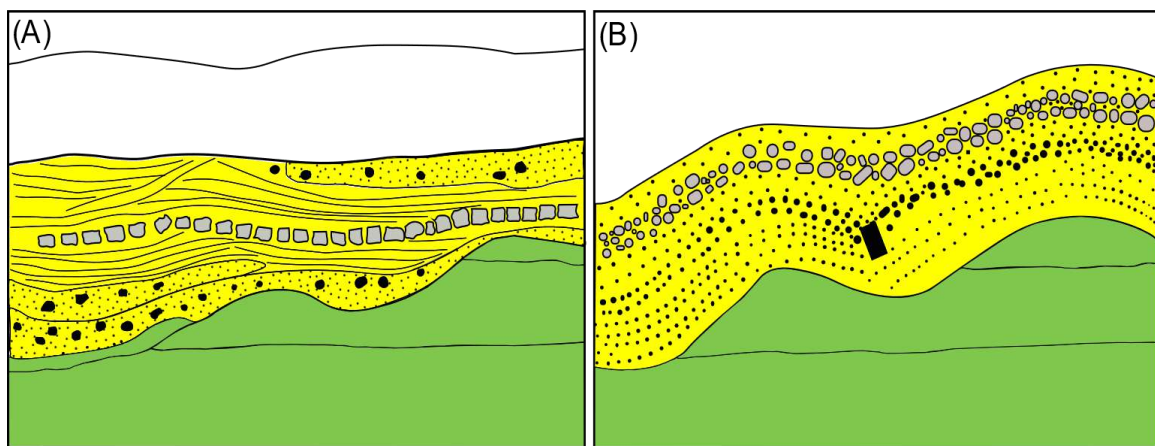


Figura 6. (A) Depósito de surge, el tamaño de grano y el espesor disminuyen con respecto a la distancia del centro efusivo. (B) depósitos de explosiones freatomagmáticas, representan poca distancia al origen, aproximadamente hasta 5 km de distancia. Modificado de (McPhie et al., 1993).

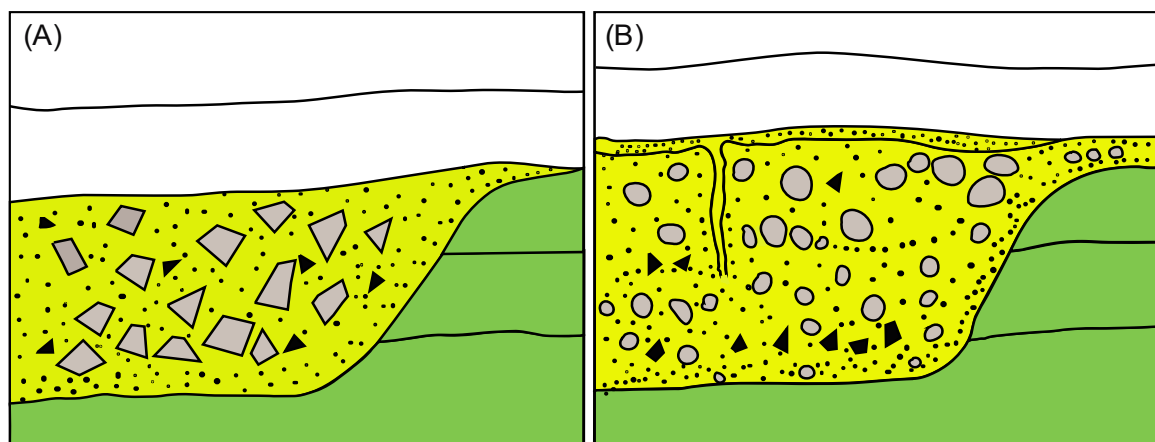


Figura 7. (A) Depósitos de flujos de cenizas y fragmentos líticos angulosos. (B) Ignimbrita no soldada. Modificado de (McPhie et al., 1993).



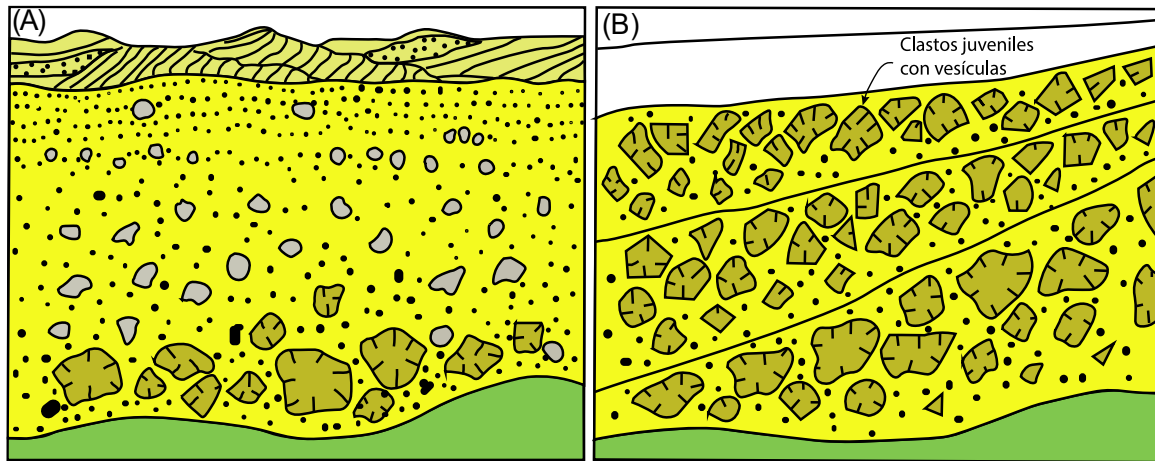


Figura 8. (A) Depósitos autoclásticos resedimentados, conteniendo pómez, clastos juveniles con vesículas y arena fina. (B) Depósitos de clastos juveniles con vesículas y arenas. Modificado de (McPhie et al., 1993).

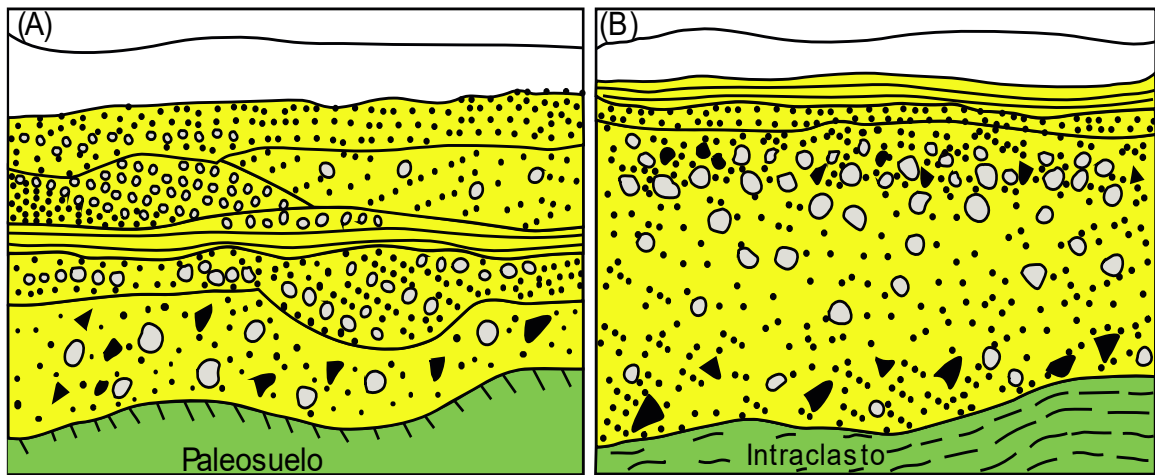


Figura 9. Depósitos piroclásticos resedimentados. (A) Flujos de ceniza fina en corrientes de tracción. (B) Unidades de sedimentación muy gruesas que consiste en base masiva roca en clastos cristalinos y líticos normalmente estratificados ricas en pómez. Modificado de (McPhie et al., 1993).

#### ❖ Lahares

Se le conoce también como flujos de escombros, Fisher (1984), hace referencia a los fragmentos piroclásticos de todo tamaño transportados por agua y lodo. Algunos lahares son desencadenados por terremotos, erupciones volcánicas o lluvias intensas sobre los fragmentos volcánicos no consolidados, al estar en zonas geográficas con alta pendiente ocasionan deslizamientos y avalanchas de escombros (McPhie et al., 1993).

Almeida et al. (2017), propone una clasificación para los flujos de escombros de acuerdo con su modo de ocurrencia, primarios o principales, originado por erupciones y derretimiento de glaciares y secundarios, a consecuencia de las precipitaciones.

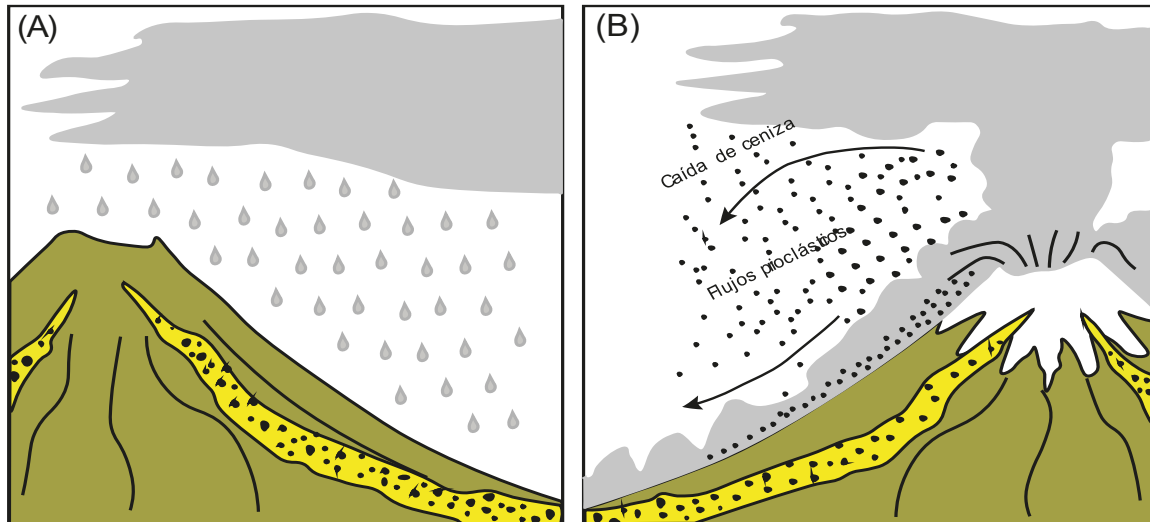


Figura 10. (A) Formación de lahares secundarios por lluvias. (B) Formación de lahares primarios por erupción grande y derretimientos de los glaciares (Almeida et al., 2017).

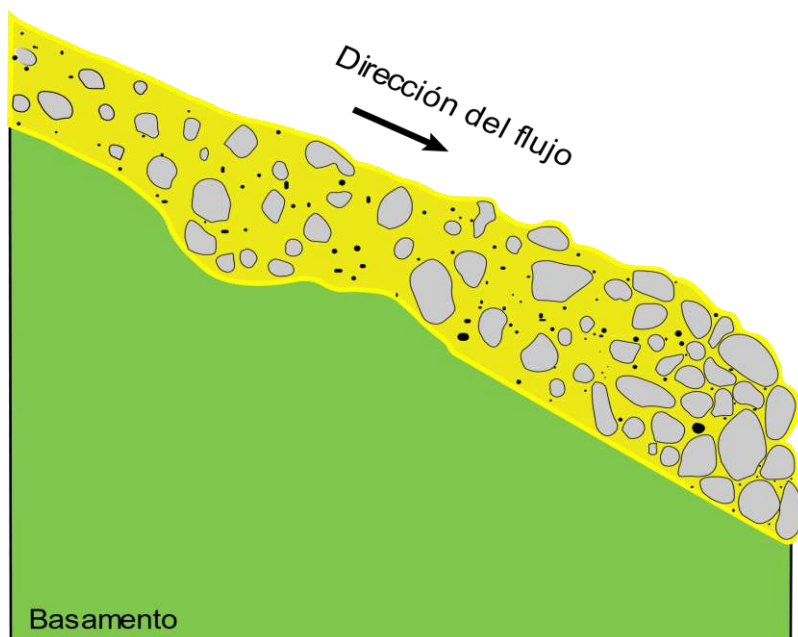


Figura 11. Esquema del transporte y deposición de los flujos de escombros, compuesto por fragmentos líticos de diversos tamaños y origen. Modificado de (Vera, 2020).

## 2.2.4. Clasificación de Rocas Volcanoclásticas

Para la organización de rocas volcánicas es preciso, primeramente, realizar una caracterización descriptiva, detallando los caracteres litológicos tales como la textura, tamaño de grano, redondez y vesicularidad, además de la asociación de facies para tener un mejor panorama acerca de su origen genético y proceso depositacional (Le Maitre et al., 2002). De este modo Schmid (1981). Plantea una clasificación y nomenclatura de fragmentos y rocas piroclásticas. Ver tabla 2.

Así mismo, Echevarría (2008), coincide con las características macroscópicas detalladas por Le Maitre et al. (2002). Pero adicionalmente considera que se deben identificar y caracterizar otros tópicos tales como:

- Características del afloramiento (estratificado, masivo y consolidado)
- Contactos (neto, gradacional)
- Geometría (forma tridimensional y espesor)
- Grado de selección
- Composición de líticos
- Facies relacionadas
- Contexto y ambiente.

Tabla 2. Clasificación y nomenclatura de fragmentos piroclásticos y rocas piroclásticas bien seleccionadas, basado en el tamaño de clastos (Schmid, 1981).

Tamaño del fragmento en mm	Fragmento piroclástico dominante	Sedimento piroclástico	Roca piroclástica
64	Bombas Bloques	Aglomerado de bloques – Tefra de bombas o de bloques	Aglomerado brecha piroclástica
	Lapilli	Capa de lapilli o Tefra de lapilli	Toba de lapilli
2	Grano de ceniza gruesa	Ceniza gruesa	Toba de ceniza gruesa
	Grano de ceniza fina	Ceniza fina	Toba de ceniza fina

Fuente: Tomado de (Schmid, 1981).

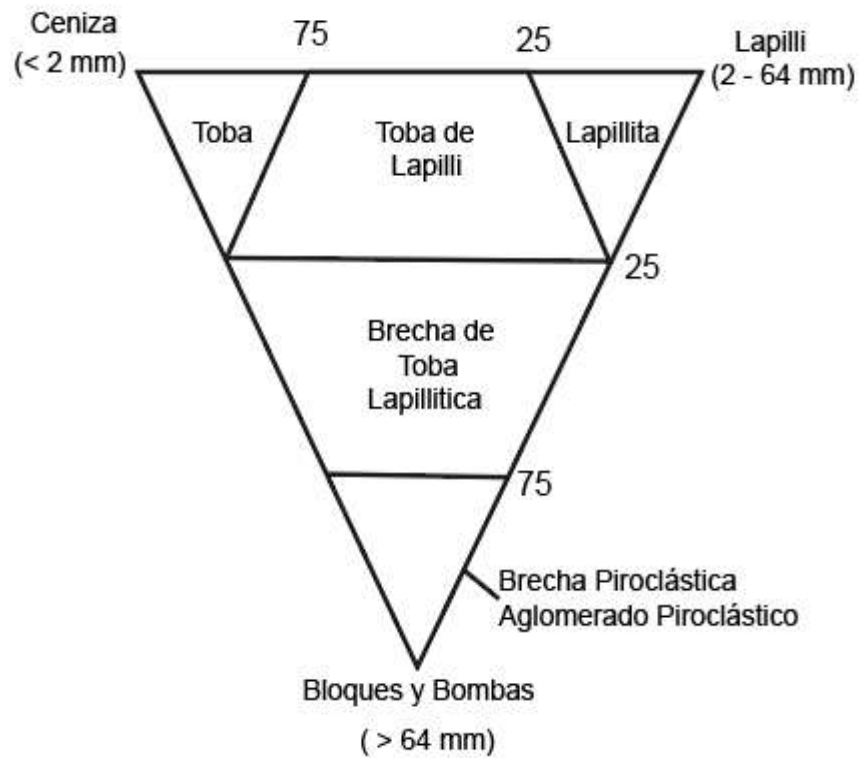


Figura 12. Clasificación de rocas piroclásticas por composición en las proporciones de bloques / bombas, lapilli y ceniza, según Fisher (1961).

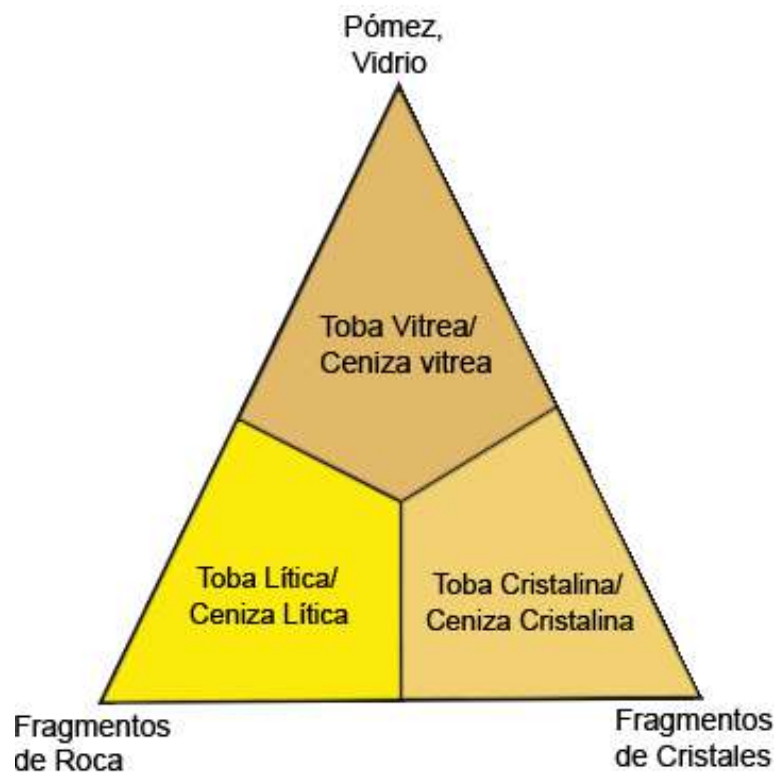


Figura 13. Triángulo de clasificación de rocas piroclásticas basados en la granulometría y composición, tomado de Fisher (1966) y Schmid (1981).

Tabla 3. Clasificación de rocas Volcanoclásticas con contenido mayor al 10% de fragmentos volcánicos, términos usados para la mezcla de rocas epiclásticas y piroclásticas según Schmid (1981).

<b>Tamaño promedio del fragmento en mm</b>	<b>Rocas Piroclásticas</b>	<b>Mezcla de Piroclásticos-Epiclásticos</b>	<b>Roca Volcanoclástica</b>
<b>64</b>	Aglomerado Brecha Piroclástica	Conglomerado Tobáceo	Conglomerado Volcanoclástico
	Toba Lapilli		
<b>2</b>	Toba de ceniza gruesa	Arenisca tobácea	Arenisca volcanoclástica
<b>1/16</b>	Toba de ceniza fina	Limolita tobácea	Limolita volcanoclástica
		Arcillita tobácea	Arcillita volcanoclástica
Cantidad de fragmentos piroclásticos	100 % - 75%	75% - 25%	25% - 0%

Fuente: Tomado de (Schmid, 1981).

### 2.2.5. Tipos de Estratificación

Con respecto a los tipos de estratificación, algunos autores entre ellos, McPhie et al. (1993), adoptan la misma clasificación de facies sedimentarias, ya que durante los pulsos eruptivos y procesos de depositación de fragmentos volcánicos, estos sedimentos están sujetos a diferentes procesos geológicos (erosión, transporte y resedimentación), en ese contexto, las facies volcanoclásticas presentarán diferentes estructuras de estratificación que podemos identificar y caracterizar en el presente trabajo de investigación.

#### ❖ **Maciza o Estratificada**

Este tipo de estructura volcanoclástica está caracterizada por la estratificación de sedimentos en forma laminar < 1 cm de espesor, estratificación fina de 3 cm – 10 cm de espesor, media de 10 cm – 30 cm de espesor, gruesa de 30 cm – 100 cm de espesor y estratificación muy gruesa (> 100 cm de espesor) (Echevarría, 2008).

## ❖ Maciza o Gradada

Como expresa Echevarría (2008), la estratificación se fundamenta en base a los fragmentos piroclásticos identificados en los afloramientos volcanoclásticos, estos son, gradación normal (aumento tamaño de grano hacia el techo ó granocreciente). Inversa (disminuye tamaño de grano hacia el techo), gradación inversa sucedida por gradación normal o viceversa. Ver figura 14.

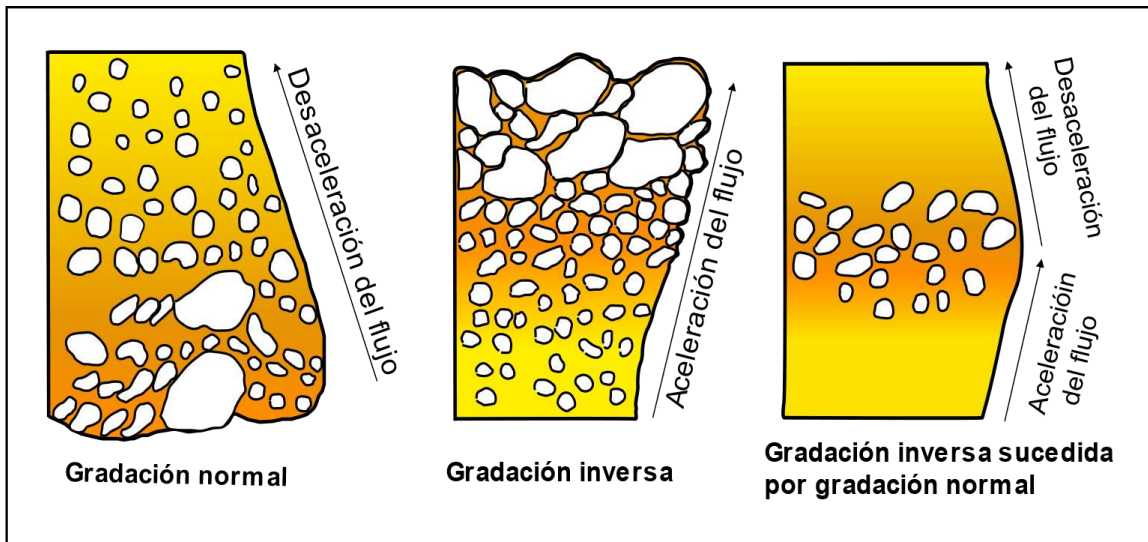


Figura 14. Esquema que muestra los diferentes tipos de gradaciones que pueden presentar los estratos y su relación con el régimen de flujo (Ponce et al., 2015).

## ❖ Disyunción Columnar

Este tipo de estructura en rocas volcánicas resulta de la contracción y deformación de los materiales durante el enfriamiento después del emplazamiento. Estas pueden desarrollarse tanto en lavas como en depósitos de corriente de densidad piroclástica (Calderón y Sánchez, 2023).

### 2.2.6. Geometría Depositacional

Echevarría (2008), Destaca esta forma y señala que está controlada por el relieve pre depositacional (superficie de depositación), volumen de fragmentos depositados y la forma que se acomoda. Por consiguiente, Le Maitre et al. (1989), resalta el tamaño y forma del depósito, distribución en superficie (en abanico y relleno de valles), y distribución vertical (en cuña y lentes).

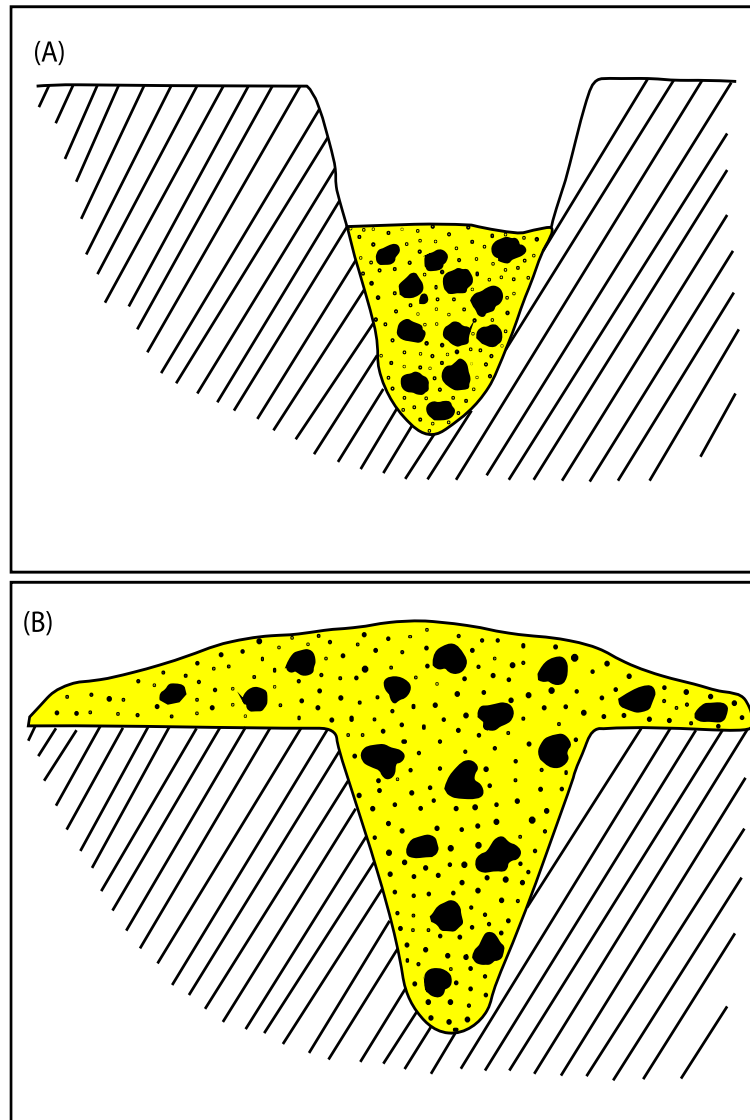


Figura 15. Geometría depositacional de fragmentos piroclásticos. (A) Deposition en valles profundos (Acomodación de valles). (B) Deposition sobrellenando valles (Echevarría, 2008).

### **2.2.7. Distribución de Facies**

Desde el punto de vista estratigráfico, la distribución de litofacies es muy relevante en una investigación, No obstante, algunos autores difieren sobre el radio de depositación de facies. Para (Pérez, 1992; Cas y Wright, 1987). Consideran cuatro sectores en cuanto a la distribución de facies; central, proximal, media y distal. Smith y Landis (1995), concuerdan con esta clasificación, pero difieren en cuanto al radio de extensión de los depósitos volcanoclásticos. Por el contrario, Williams y McBirney (1979), consideran la distribución de fragmentos volcánicos en tres facies, central, proximal y distal, además lo esquematiza y le asigna un radio de extensión depositacional. Ver figura 16.

Cabe considerar que la distribución de facies que se detalla y esquematiza en la figura 16, no es una ley o norma imperativa para caracterizar los diferentes depósitos volcanoclásticos, esto debido a que cada autor que hace referencia a la sectorización de litofacies, lo realiza según la identificación de los sedimentos volcánicos en sus respectivos lugares geográficos, no obstante, los pulsos, fases, épocas y periodos eruptivos son distintos.

#### **❖ Facie Central**

Tal como afirma Díaz (2021), este sector depositacional está comprendido por domos, intrusivos y autobrechas, por eso considera que estas ocurrencias pueden localizarse en un radio que oscila entre los 200 metros y 2 kilómetros desde su colapso eruptivo. En cambio Pérez (1992) afirma que la facie central puede situarse entre 4 y 6.5 kilómetros, además detalla que dentro de ese rango de extensión pueden encontrarse gran densidad de diques con distribución radial, apófisis plutónica, actividad de fumarolas y apilamiento de fragmentos volcánicos sin ningún tipo de orden estratigráfico.



### ❖ **Facie Proximal**

Se localiza en un radio aproximado de 6 kilómetros de extensión con respecto a la facie central, en este sector pueden encontrarse fragmentos piroclásticos, secuencias estratigráficas completas con secuencia directa; se considera que la pendiente relacionada a ésta facie oscila generalmente entre 10° y 30° (Pérez, 1992). Así mismo Díaz (2021). Sostiene que las facies proximales se localizan entre 5 a 10 kilómetros a partir de la facie central, además señala que la litología de este sector está constituida por tobas de lapilli, brechas o aglomerados piroclásticos y dominio de depósitos volcánicos primarios.

### ❖ **Facie Distal**

Las facies distales tienen un radio aproximado que oscila entre los 6 y 15 kilómetros con respecto a la facie proximal, sus características más notables son los afloramientos de lavas almohadilladas, secuencias estratigráficas incompletas, gran parte de los afloramientos presentan morfología lenticular, típico de depósitos encausados a través de red de barrancos, también pueden encontrarse abundante componentes sedimentarios bien seleccionados, afloramientos de capas que tienen un espesor promedio de 1 y 5 metros, depósitos tipo debris Flow (lahares), la pendiente en la cual está identificado esta facie oscila en un rango de 5° y 15° (Pérez, 1992).

Por su parte Díaz (2021), explica que dicha facie está constituido por depositación volcánica y sedimentaria, oleadas piroclásticas o tobas de ceniza, depósitos de caída, lahares, depósitos fluviales (conglomerados), alternancia de arenas y tobas de ceniza además de depósitos lacustres como limolitas.

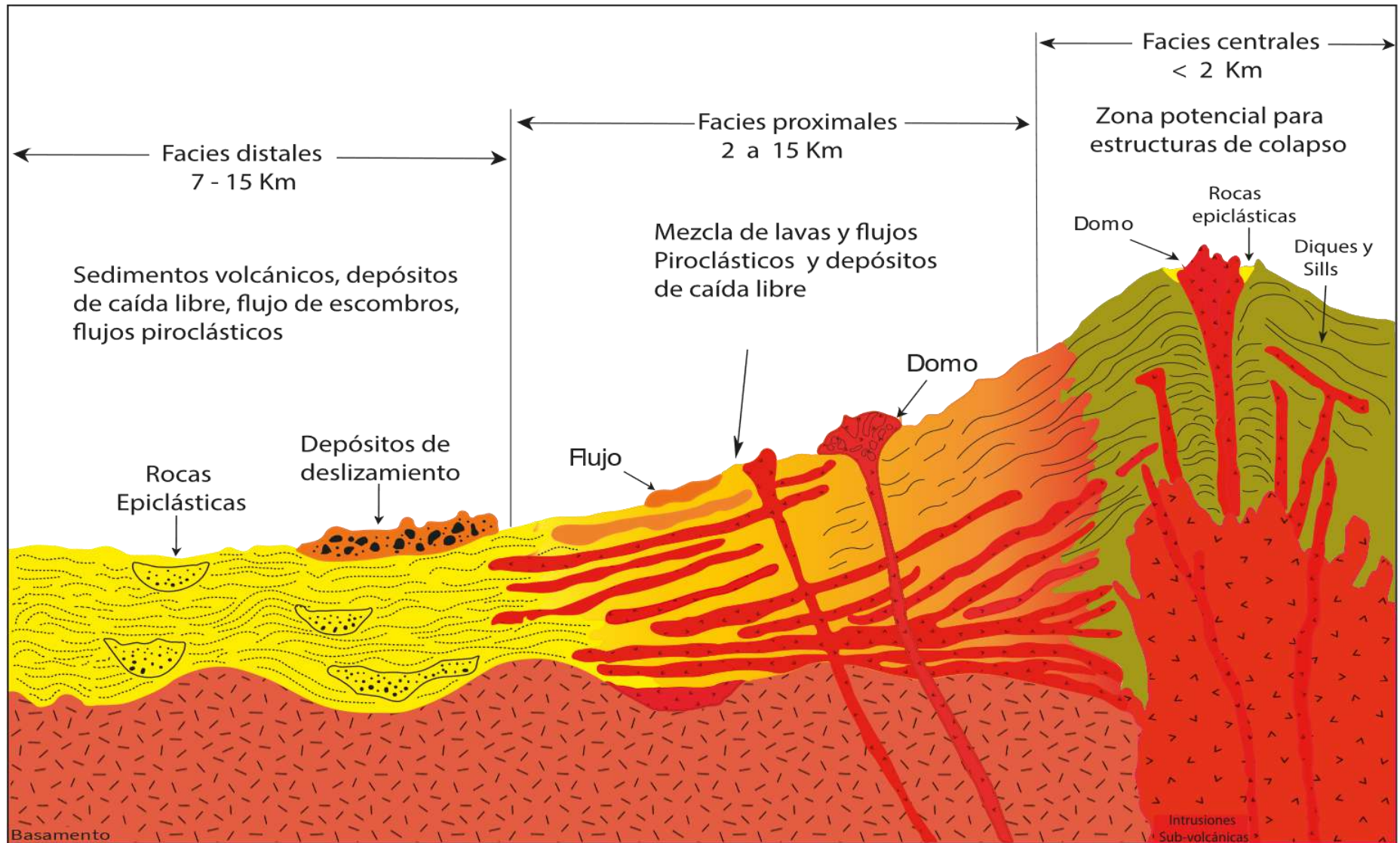


Figura 16. Representación esquemática de las facies volcánicas. Las facies centrales representan la estructura central de un volcán, las facies proximales forman los flancos de la estructura volcánica, mientras que en las facies distales están los depósitos de los restos erosionados más alejados del volcán, así como depósitos piroclásticos. Modificado de ( Williams y McBirney, 1979).

## 2.2.8. Asociación de Facies Volcanoclásticas

Branney y Kokelaar (2002), Presentan el método de correlación de litofacies internas, separadas en litofacies o grupos de litofacies dentro de una unidad de formación de elementos arquitecturales, además muestran las diferentes nomenclaturas para asociar secuencias de facies volcanoclásticas. ver tabla 4 y tabla 5.

En este estudio se adaptará dicho método para la asociación de facies de las secuencias volcanoclásticas del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca. No obstante, se utilizará las nomenclaturas y abreviaturas para dichas asociaciones de facies a medida que se caractericen y se relacionen entre sí.

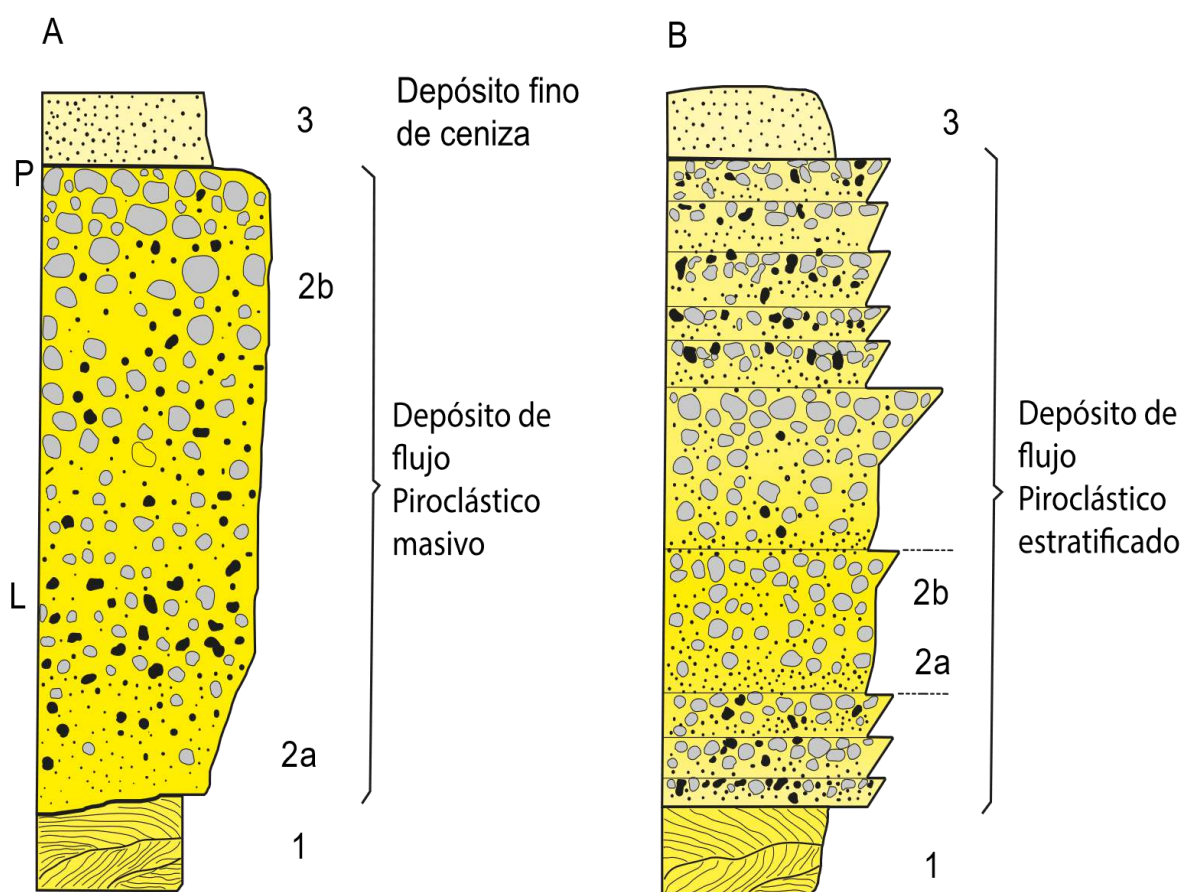


Figura 17. Secciones ideales a través de depósitos de flujos piroclásticos no soldados. (A) Depósito masivo de flujo piroclástico. (B) Depósito de flujo estratificado, capas de piedra pómez 2b. L: líticos que conforman las capas de 2b. Modificado de (Echevarría, 2008).

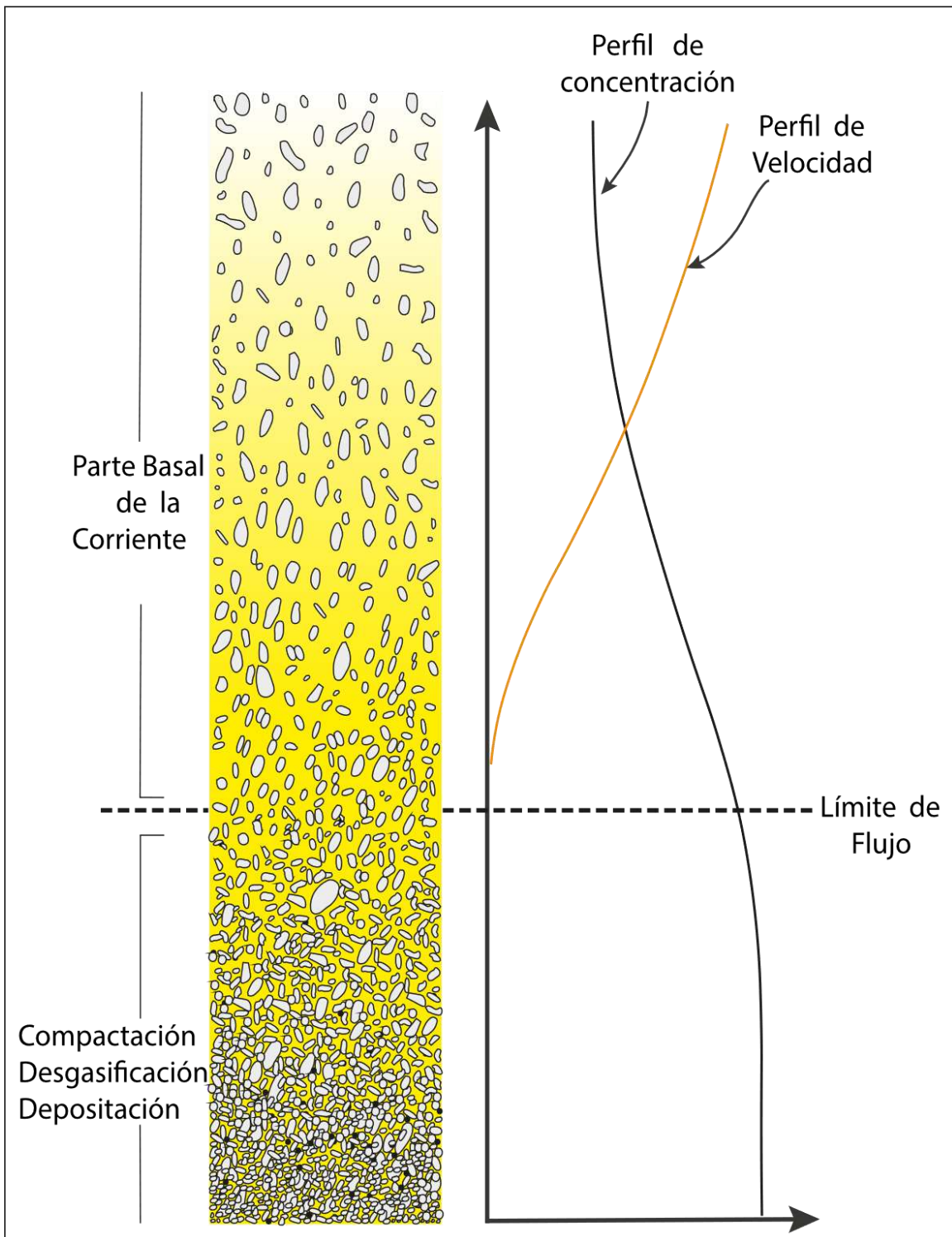


Figura 18. Límite de flujo en base a una corriente de alta concentración. Aumento gradual de clastos y espesor de estratos puede ser de centímetros a milímetros, es por ello el cambio de perfil que puede hallarse en diferentes afloramientos de facies volcanoclásticas. Modificado de ( Branney y Kokelaar, 2002).

Tabla 4. Principales litofacies de ignimbritas recomendadas por Branney y Kokelaar (2002)

<b>Simbología</b>	<b>Litofacies</b>
<b>mLT</b>	Lapilli - toba masiva o lapilli - ceniza
<b>mLT<sub>(nl,ip)</sub></b>	Lapilli - toba / ceniza masiva con gradación normal de líticos y gradación inversa de pómez
<b>mLTf</b>	Lapilli - toba masiva con una fábrica de grano direccional
<b>sLT</b>	Lapilli - toba / lapilli - ceniza estratificada
<b>dsLT</b>	Lapilli - toba / lapilli - ceniza estratificación difusa
<b>bLT</b>	Capa delgada de lapilli - toba / ceniza (capa de centímetros de espesor )
<b>sT</b>	Toba / ceniza estratificada
<b>//sT</b>	Toba / ceniza estratificación paralela
<b>xsT</b>	Toba / ceniza estratificación cruzada
<b>//bpL</b>	Lapilli pumicítica capa paralela
<b>lenspL</b>	Lentes de lapilli pumicíticos
<b>lenspC</b>	Lentes de Pómez gravoso
<b>lenslBr</b>	Lentes de brechas ricas en líticos
<b>FpoorT</b>	Toba / cenizas finas
<b>mLTpip</b>	Lapilli - toba ceniza masiva con chimeneas finas
<b>mIBr</b>	Brecha lítica masiva
<b>mscAg</b>	Aglomerado de escoria masiva

Fuente: Tomado de (Branney y Kokelaar, 2002)

Tabla 5. Abreviaturas recomendadas para asociar a litofacies de ignimbritas recomendadas por Branney y Kokelaar (2002).

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>T</b>	Toba / ceniza
<b>LT</b>	Toba de lapilli/toba de ceniza
<b>L</b>	Lapilli
<b>Br</b>	Brecha
<b>Ag</b>	Aglomerado
<b>Cj</b>	Juntas columnares
<b>M</b>	Masivo
<b>(n)</b>	Gradación normal
<b>(nl)</b>	Líticos con gradación normal
<b>(i)</b>	Gradación inversa
<b>(ip)</b>	Pómez gradado – inverso
<b>(n)-(i)</b>	Gradación normal a inverso
<b>s</b>	Estratificado
<b>xs</b>	Estratificación cruzada
<b>//s</b>	Estratificación paralela (laminar)
<b>//b</b>	Lechos paralelos (lechos delgados)
<b>P</b>	Rico en pómez
<b>I</b>	Rico en líticos
<b>sc</b>	Rico en escoria
<b>O</b>	Rico en obsidiana
<b>Cr</b>	Rico en cristales
<b>fpoor</b>	Pobre en finos
<b>frich</b>	Rico en finos
<b>f</b>	Fábrica direccional
<b>i</b>	Isotrópico: Sin fabrica direccional
<b>lens</b>	Lentes


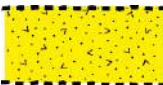

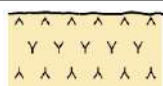

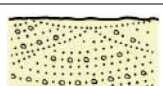

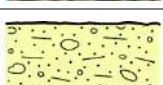
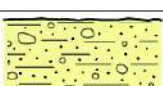
Fuente: Tomado de (Branney y Kokelaar, 2002)

### **2.2.9. Modelo de Facies**

Las facies volcanoclásticas, están expuestas a variaciones en el espacio y tiempo después de su fase eruptiva y posterior depositación, es decir están sujetos a procesos simultáneos (erosión, alteración, resedimentación) o finales a la depositación (alteración prolongada, metamorfismo y deformación) o juntos (Cas y Wright, 1987). En efecto es oportuno tener en cuenta estos aspectos antes de plantear una perspectiva para la descripción de facies y la elaboración de un modelo general de facies volcanoclásticas.

Para la elaboración de la columna estratigráfica de facies volcanoclásticas detalladas en el presente trabajo de investigación, se representó a detalle las facies (geometría depositacional, estructuras volcánicas, secuencia, selección y textura), a estos caracteres mencionados también adoptaremos el análisis macroscópico de muestras de mano extraídas de los afloramientos volcanoclásticos para asociarlas considerando la coherencia genética en cuanto a su origen, componentes y procesos depositacionales que tuvieron lugar hace millones de años.

Tabla 6. Principales asociaciones de facies volcanoclásticas

Facies	Gráfico	Estructura depositacional	Tamaño de grano (Fisher y Schmincke, 1984)	Espesor de afloramientos volcanoclásticos	Interpretación (Branney y Kokelaar, 2002 y McPhie et al., 1993)
mLT		Masivo y también con fragmentos líticos	Clastos < 3 cm, lapilli hasta 2 cm	Oscilan entre 2 – 15 metros de espesor	Flujos piroclásticos
dsTL		Estratificación difusa	Fino a lapilli ≥ 2 mm	3 – 25 metros	Flujos turbulentos de piroclasto
mIBr		Masivo con fragmentos líticos.	Medio a grueso, lapilli de hasta 2 cm	5 - 25 metros	Brechas volcánicas y corrientes de densidad piroclástica
sTsh		Estratificación paralela y estructura de carga	Cenizas finas, gruesas, ≤ 2 cm	2 - 40 metros	Depósitos de caída de cenizas
mT		Masivo y estratificado	Medio a fino	< 50 metros	Flujos piroclásticos de caída
XsT		Estratificación sesgada	Medio a fino	2 - 20 metros	Flujos piroclásticos de surge
mTCo		Deformación plástica	Bloques	2 – 22 metros	Depósitos de bloques y ceniza
mTx		Masivo con fragmentos líticos	Medio a fino	5 - 20 metros	Depósitos de flujos piroclásticos
mIcr		Estratificados	Clastos < 3 cm	4 - 20 metros	Flujos piroclásticos

Fuente: Modificado de (Puy, 2006).



### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Aglomerado volcánico:** Roca piroclástica constituida en más de un 75% de su volumen por fragmentos de diámetro mayor a 64 mm, entre los que predominan las bombas volcánicas (Díaz, 2019).

**Arenisca volcanoclástica:** Roca volcanoclástica compuesta de 0 – 25% de fragmentos piroclásticos (Schmid, 1981).

**Conglomerado tobáceo:** Roca de diámetro mayor a 2 mm (Díaz, 2019).

**Brecha Piroclástica:** Roca que tiene un tamaño superior a los 64 mm y su composición es netamente piroclástica (Schmid, 1981).

**Facie:** Se denomina así a una asociación o sucesión de sedimentos volcánicos, sedimentarios o metamórficos que tienen características litológicas (textura, composición, alteración, mineralogía, geometría y gradación), las cuales favorecen para su reconocimiento y caracterización (Díaz, 2019).

**Litofacies:** Son los aspectos litológicos de una asociación de estratos, además de sus características físicas – químicas en el instante de su depositación (Vera, 1994).

**Intraclasto:** Clasto oriundo del basamento de una cuenca sedimentaria (Folk y Ward, 1957).

**Litoclasto:** Son clastos de cualquier tipo de roca preexistente, que pueden estar formando parte de una facie depositacional (McPhie et al., 1993).

**Paleosuelo:** Suelos enterrados bajo depósitos de sedimentos volcánicos y volcanoclásticos (McPhie et al., 1993).

**Piroclasto:** Fragmento de naturaleza volcánica expulsado a través de columnas eruptivas, (Echevarría, 2008).

**Tefra:** Se llama así a los piroclastos no consolidados producidos por erupciones volcánicas (Schmid, 1981).

**Textura vesicular:** Son pequeñas cavidades en forma de burbuja, esférica, alargada o irregulares originada por fuga de gas retenido durante la solidificación de una roca (McPhie et al., 1993).

**Toba:** Roca formada en más de un 75 % de su volumen por piroclastos.

**Pómez:** Roca de origen volcánico con alta porosidad de color blanco amarillento o gris (Díaz, 2019).

**Fiammes:** Se denominan así a los fragmentos de pómez y vidrio deformados y compactados (Díaz, 2019).

**Facie depositacional:** Se trata de las características de una formación litoestratigráfica (dimensión, estructura, tamaño de grano, tipo, color) (Puy, 2006).

**Fragmentos líticos:** Clastos de rocas preexistentes, éstas pueden ser volcánicos o no volcánicos (Echevarría, 2008)

**Lava almohadillada:** Se le conoce también como Pillow lava, son de composición basáltica, estructuras de forma redondeada a elípticas, semejantes a almohadas. Se forma cuando la lava se enfría rápidamente en el momento que entra en un cuerpo acuático o por vulcanismo submarino (Carracedo et al., 1999).

**Roca epiclástica:** Deposito volcanoclástico que contiene fragmentos de origen volcánico con rasgos de haber sido transportados por algún medio sedimentario (Díaz, 2019).

**Disyunción esferoidal:** Son estructuras volcánicas con forma esferoidal de varios centímetros a 5 metros o más de diámetro, presentan capas concéntricas, borde externo masivo. Tienen varios orígenes, sin embargo, se plantea que son producto del desprendimiento en su frente de avance de fragmentos fundidos de lavas cuando estas fluyen sobre laderas de fuerte pendiente (Ortiz et al., 2018).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicado en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Hualgayoc; distrito de Bambamarca; sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue.

Geográficamente esta investigación se ubica en los Andes Orientales de norte del Perú en la Provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca, a una altitud de 2700 msnm. Tal como se puede revisar en las coordenadas de la tabla 7.

Tabla 7. Coordenadas UTM zona 17s, WGS-84, carta 14f-I (cuadrángulo de Chota).

Vértices	Coordenadas UTM zona 17s, Datum WGS-84	
	Latitud	Longitud
1	9260350	776300
2	9254900	776300
3	9254900	770800
4	9260350	770800

##### 3.1.2. Política

Políticamente el área de investigación se ubica en la región Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca; sectores, Corellama, Frutillo y Arascorgue. Tal como se puede observar en los anexos, plano de ubicación 01.

##### 3.1.3. Accesibilidad

Desde Cajamarca se toma la carretera asfaltada ruta 3N con destino al distrito de Bambamarca y Finalmente la vía afirmada con destino a los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue. Ver tabla 8.

Tabla 8. Accesibilidad al distrito de Bambamarca, sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue

<b>Tramo</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia</b>	<b>Tiempo</b>
Cajamarca - Bambamarca	Asfaltada	116 Km.	3 hrs.
Bambamarca - Corellama	Pavimentada Afirmada	1.5 km	20 min.
Corellama - Frutillo	Afirmada	3 km	40 min
Frutillo - Arascorgue	Afirmada	10 km	50 min

### **3.2. PROCEDIMIENTOS**

#### **3.2.1. Etapa Preliminar a Campo**

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica, referente a las facies volcanoclásticas, análisis de imágenes satelitales, planos geológicos, informes y trabajos anteriores. Además, ver y analizar las rutas de acceso y realizar el cronograma de actividades.

#### **3.2.2. Etapa de Campo**

Se realizó visitas periódicas a campo según el cronograma de actividades elaborado para esta investigación, además empleando la observación y la utilización de fichas de campo para la obtención de datos que permitieron interpretar y realizar la columna estratigráfica.

Descripción macroscópica de muestras de mano, identificación de facies volcanoclásticas. Interpretación de eventos explosivos y depositacionales.

#### **3.2.3. Etapa de Gabinete**

Consistió principalmente en el procesamiento de la información obtenida en campo, elaboración de la columna estratigráfica y redacción del informe final.

#### **3.2.4. Metodología**

##### **❖ Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es básica descriptiva - explicativa porque se aplican los conocimientos teóricos para obtener nuevos conocimientos.

❖ **Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación es correlacional, porque se busca especificar las características y describirlas además de medir y relacionar las variables.

❖ **Diseño de la Investigación**

El diseño aplicado ha sido no experimental de campo, ya que no se manipulará deliberadamente las variables, es decir, se trata de investigación donde no se varia intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos e interpretarlos y llegar a conclusiones.

❖ **Método de Investigación**

El Método utilizado es interpretativo porque a partir de las características y descripción, se llega a una interpretación del modo de ocurrencia de las facies volcanoclásticas. En síntesis, se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de los tipos de investigación.

<b>Tipo</b>	<b>Descriptiva – Explicativa</b>
<b>Nivel</b>	<b>correlacional</b>
<b>Diseño</b>	<b>No experimental de campo</b>
<b>Método</b>	<b>interpretativo</b>

Fuente: Adaptado de (Gallardo, 2017)

❖ **Población de Estudio**

Los afloramientos del Volcánico Huambos de aproximadamente  $\pm 900$  m<sup>2</sup> de extensión ubicado en los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue del distrito de Bambamarca.

❖ **Muestra**

Asociación de facies, Litología, estructuras, secuencia, tiempo cronoestratigráfico.

❖ **Unidad de Análisis**

Las facies volcanoclásticas del Volcánico Huambos, descripción macroscópica de rocas, sedimentos y columnas estratigráficas.

## ❖ Definición de Variables

Para la investigación se han identificado las variables de acuerdo a causa y efecto las variables como independientes (causa): petrología, estructuras volcánicas, gradación, tiempo cronoestratigráfico y como variable dependiente (efecto): facies volcanoclásticas. Ver tabla 10.

Tabla 10. Definición de las variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	
<b>Independientes</b>		<b>Indicadores</b>	<b>Parámetro</b>
<b>Petrología</b>	Estudio de las rocas, a partir de sus características químicas y físicas.	Textura, Estructura, Petrografía	Tamaño de grano, Tipo de roca
<b>Estructuras Volcánicas</b>	Son diversas en los depósitos de oleaje, flujos piroclásticos y de corriente.	Facies	Almohadillada Esferoidal Lenticular laminar
<b>Secuencia</b>	Es el cambio progresivo en el tamaño de grano o clasto de un lado a otro del lecho.	Directa, Inversa	Milímetros Centímetros metros.
<b>Tiempo Cronoestratigráfico</b>	Se define como un conjunto de estratos que están caracterizados por haberse depositado en un intervalo específico de tiempo geológico.	Eón. Eratema, Sistema, Serie, Piso	Millones de Años (Ma.)
<b>Dependientes</b>		<b>Indicador</b>	<b>Parámetro</b>
<b>Facies Volcanoclásticas</b>	Su concepto incluye a el sedimento volcánico formado por cualquier proceso de fragmentación, dispersión, transporte y depositación. Cualquier tipo de ambiente; estos pueden estar mezclados con fragmentos no volcánicos.	Espacio Tiempo (Ma.)	Estratificación

### 3.3. TÉCNICAS

La técnica empleada para la medición de datos es a través de las medidas directas de las facies volcanoclásticas (espesor de facies, azimut y buzamientos), análisis documental, observación directa, toma de fotografías, cartografiado geológico a escala 1/20000 y anotación de datos en fichas de campo. Finalmente se procesa la información en los diferentes softwares Adobe Illustrator 2023, ArcGIS v10.6 y Office 2023.

### 3.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

- ❖ **Brújula Brunton Azimutal:** para medir lineamientos de las estructuras que se encuentran, azimut, buzamientos y pendientes.
- ❖ **Gps Garmin Etrex 30:** configurado a coordenadas UTM WGS-84, utilizado para obtener las coordenadas de las estructuras, cambios de facies y estaciones.
- ❖ **Cámara fotográfica Sony de 20.1 Mpx:** usada para la toma de fotografías de las muestras, eventos, vista panorámica.
- ❖ **Flexómetro 5 m:** para la medición de los afloramientos volcanoclásticos.
- ❖ **Ácido clorhídrico al 15%:** empleada para determinar la presencia de carbonatos.
- ❖ **Lupa 30x:** Para la identificación de minerales y características texturales de las rocas volcanoclásticas.
- ❖ **Bolsas para muestras:** Usada para traer muestras y analizarlas macroscópicamente.
- ❖ **Libreta de campo:** Para realizar las diferentes descripciones de las rocas volcanoclásticas, anotación de coordenadas e interpretaciones hechas en campo.

- ❖ **Mapeador de Aluminio A4:** Para cubrir los diferentes fichas y formatos que se hayan elaborado en campo, así como también para encarpetar los planos del cartografiado geológico.
- ❖ **Formatos de elaboración de columna de Facies volcanoclásticas:** empleada para la elaboración de columnas a mano alzada de acuerdo a la granulometría, espesor y características macroscópicas.
- ❖ **Plano Satelital con coordenadas UTM WGS-84:** Usada para identificar cambios topográficos, lineamientos y cartografiado geológico.
- ❖ **Plano Topográfico con coordenadas UTM WGS-84:** Para la ubicación de puntos GPS y saber la altitud en donde se realizará la investigación.
- ❖ **Plano Geológico con coordenadas UTM WGS-84:** Usada para la ubicación de estaciones de facies volcanoclásticas, identificación de estructuras, contactos litológicos.
- ❖ **Protactor:** Para realizar el cartografiado geológico, ubicación de puntos Gps en el plano y orientación de los afloramientos.
- ❖ **Picota:** Para obtener muestras frescas de rocas volcanoclásticas.
- ❖ **Lápiz de dureza imantado:** Instrumento utilizados para el reconocimiento de las propiedades físicas de las muestras de roca.
- ❖ **Lápiz, lapiceros y marcadores:** Se utilizó para anotaciones en libreta de campo, descripción de litologías, elaboración columna a mano alzada y cartografiado geológico local.
- ❖ **Colores:** Para diferenciar el cartografiado geológico e identificación de facies volcanoclásticas.
- ❖ **Escalas Gráficas de 1 – 5 cm:** Para la referencia de medidas de fragmentos líticos y estructuras volcánicas identificadas insitu.



- ❖ **Laptop Toshiba core i7** : Equipo para la redacción de la tesis, elaboración de planos, columnas estratigráficas y presentaciones digitales.
- ❖ **Office 2023**: Se empleó en el procesamiento de antecedentes y datos obtenidos en campo, edición de fotos, tablas, cuadros y gráficos.
- ❖ **ArcGIS v10.6**: Se utilizó en la elaboración de los diferentes planos del área de investigación.
- ❖ **Sas Planet v20**: Para descargar imágenes satelitales georreferenciadas de alta resolución con zoom 20x.
- ❖ **Adobe Illustrator v2023**: Se utilizó en la elaboración de la columna de facies volcanoclásticas a detalle con escala adecuada.
- ❖ **Earthdata** : Se usó para descargar el Modelo Digital de Elevación (DEM), la cual sirvió para generar curvas de nivel y relieve para los diferentes planos temáticos.
- ❖ **Google Maps**: Para saber el tiempo estimado y distancia en kilómetros desde la ciudad de Cajamarca hasta donde se realizará la investigación.
- ❖ **Global Mapper v22**: Se utilizó en la descarga de curvas de nivel, para la elaboración de los diferentes planos y para saber la topografía del lugar.

### 3.5. CONTEXTO GEOLÓGICO

#### 3.5.1. Geomorfología

El relieve que se evidencia en los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue del distrito de Bambamarca, es producto de los diversos procesos geológicos tales como la orogenia, vulcanismo, erosión, transporte y sedimentación en un espacio y tiempo determinado que tuvieron lugar hace millones de años, No obstante, están representadas por colinas estructurales que oscilan entre los 2100 - 3000 msnm. Sin embargo, los diferentes procesos geológicos externos y la actividad del hombre han ido modelando y modificando dichos relieves.



Figura 19. Colina estructural ubicada al sureste del distrito de Bambamarca, sector Arascorgue, corresponde a los afloramientos tobáceos del volcánico Huambos, evento IV. Coordenadas UTM. N: 9256780, E: 771615, C: 2851 msnm.



Figura 20. Panorámica del sector Arascorgue, presenta un valle en forma de U, originado por la erosión y sedimentación a causa de los glaciares, ríos y arroyos. Coordenadas UTM. N: 9258004, E: 772790, C: 2766 msnm.



Figura 21. Depósito cuaternario fluvial. Ubicado entre los sectores de Frutillo y Arascorgue. Coordenadas UTM. N: 9255652, E: 772360, C: 2655 msnm.

### 3.5.2. Unidades Morfogenéticas

Los procesos geodinámicos internos y externos han sido fundamentales para el modelado del relieve superficial, es por ello que, en base a la clasificación planteada por Rodríguez (2018), se caracterizarán las Unidades Morfogenéticas identificadas en la zona de estudio. Ver tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de Unidades Morfogenéticas.

Unidades Morfogenéticas	Pendiente
Planicies	0° - 8°
Lomadas	8° - 20°
Laderas	20° - 50°
Escarpas	> 50°

Fuente: Rodríguez (2018)



Figura 22. Planicie, presenta una pendiente suave. Coordenadas UTM. N: 9257004, E: 771115, C: 2851 msnm.



Figura 23. Lomada. Coordenadas UTM. N: 9257180, E: 771271, C: 2840 msnm.



Figura 24. Ladera en el sector Corellama. Coordenadas UTM. N: 9259504, E: 774205, C: 2570 msnm.



Figura 25. Escarpa, presenta una topografía abrupta, ubicada en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9258724, E: 773400, C: 2639 msnm.

### 3.5.3. Geología Local

Las unidades litoestratigráficas que afloran en los alrededores del distrito de Bambamarca están constituidas por rocas carbonatadas en el basamento y sobre ellas se hallan asentadas rocas volcanoclásticas del volcánico Huambos y depósitos de lavas andesíticas gris verdosas de la secuencia volcánica Huangas (Pe-hu/1) (Jaimes et al., 2013). De esta manera, tanto al sur este como al sur oeste del distrito de Bambamarca se pueden identificar la litoestratigrafía volcánica y volcanoclástica que se ha depositado hace millones de años a consecuencia de los diferentes eventos explosivos. Ver Figura 27.

### 3.6. MARCO VOLCANOCLÁSTICO

De acuerdo con Navarro et al. (2010), los afloramientos volcánicos del Grupo Calipuy, pertenecientes al volcanismo Cenozoico, en la cordillera occidental de los andes del norte del Perú, ha sido dividida en dos dominios estratigráficos. Dominio estratigráfico occidental y dominio estratigráfico oriental. No obstante ello, Navarro y Monge (2008), destacan que el origen del arco magmático del Grupo Calipuy

está directamente relacionado al proceso dinámico de subducción de la corteza oceánica (placa de Nazca), bajo la corteza continental (placa sudamericana).

En el norte del Perú, el Grupo Calipuy, está caracterizado por una variada litoestratigrafía volcánica y volcanoclástica (Navarro et al., 2010 y Wilson, 1984). Sin embargo, Cossío (1964), señala que esta formación volcánica se manifiesta como una sola unidad litoestratigráfica. Posteriormente con estudios detallados de caracterización petrológica, dataciones radiométricas y cartografiados geológicos de grandes extensiones de afloramientos volcánicos y volcanoclásticos en el norte y centro del Perú, se elevó de rango. Por todo ello es estudiada como Grupo Calipuy, que engloba a los volcánicos Llama y Porculla (Reyes, 1980).

### **3.6.1. Tectónica y Magmatismo Cenozoico en el Norte del Perú**

La Era Cenozoica (66 Ma) en Cajamarca está resaltada por una actividad volcánica importante (Grupo Calipuy). Estas facies volcánicas están plegadas por los estadios tectónicos del Paleógeno - Neógeno, así mismo recubiertas por fragmentos piroclásticos de un vulcanismo explosivo Plioceno - Cuaternario de débil extensión (Dalmayrac et al., 1988).

Dalmayrac et al. (1988), relaciona el vulcanismo explosivo con eventos tectónicos. Además, señala que la particularidad de este magmatismo en la región Cajamarca es casi exclusivamente calco - alcalino. Dentro de ese contexto Pinto (2002), sostiene que las rocas volcánicas del Grupo Calipuy y Volcánico Huambos representan un estadio de vulcanismo continental, cuyo foco principal estuvo situado en la parte occidental de la región Cajamarca.

Mamani et al. (2013), indica que hace 42 – 30 Ma. En el norte del Perú se formaron arcos volcánicos (estratovolcanes y calderas), las cuales se creen que dieron origen a los depósitos volcánicos. En congruencia con dicha afirmación, Navarro et al. (2008), considera que los depósitos volcánicos y volcanoclásticos en la zona de Cajamarca se originaron a partir de una actividad continua de arco magmático que tuvo lugar a partir del Eoceno temprano al Mioceno superior ( $54.8 \pm 1.8 - 8.2 \pm 0.2$  Ma).

Según narra Benavidez (1956) en su artículo “Evolución Orogénica de los Andes peruanos: Ciclo Andino”, afirma que desde el Cretácico superior (Senoniano) hasta el Pleistoceno temprano hubo reincidencia de pulsos compresivos, la cual ocasionó un margen continental de un arco magmático con fuerte actividad plutónica y volcánica. Así mismo generó una sucesión de acontecimientos compresivos: Peruana (84-79 Ma), Incaico I (59-55 Ma), Incaico II (43- 42 Ma), Incaico III (30-27 Ma), Incaico IV (22 Ma), Quechua I (17 Ma), Quechua II (8-7 Ma), Quechua III (5-4 Ma) y Quechua IV (Pleistoceno Temprano). No obstante, Noble et al. (1990), considera que desde el Paleoceno hasta el Plioceno fueron épocas de dinamismo ígneo bastante fuerte, sin embargo, determina cinco eventos compresivos: Peruano (82 Ma), Incaico I (58 Ma), Incaico II (40 Ma), Quechua I (23 – 1.5 Ma), Quechua II (8.5 – 1.2 Ma), Así mismo afirma que durante los eventos tectónicos Incaico II y Quechua I ( 35.4 ± 1.2 Ma), sucedieron episodios de vulcanismo explosivo que dieron origen a los depósitos volcánicos y volcanoclásticos de la Formación Huambos.

### **3.6.2. Centros Eruptivos Cenozoicos de Cajamarca**

Los centros eruptivos catalogados y caracterizados en la región Cajamarca, datan desde el Eoceno temprano hasta el Mioceno superior (54 Ma – 8.2 Ma) (Navarro et al., 2008). Sin embargo, Benavidez (1956), considera que dichos centros eruptivos tuvieron actividad desde finales del Cretácico superior (Senoniano) hasta el Pleistoceno temprano.

Los planos geológicos y estudios estratigráficos a escala regional elaborados y publicados por Navarro et al. (2008) y Cobbing et al. (1981), resaltan la intensa actividad magmática explosiva y efusiva durante el Eoceno temprano al Mioceno superior (54.8 Ma ± 1.8 Ma - 8.2 Ma ± 0.2 Ma). Así mismo Navarro et al. (2008) indica que la actividad volcánica Cenozoica en la región Cajamarca originó la formación de trece centros volcánicos (estratovolcanes y centros volcánicos), los cuales a través de pulsos eruptivos y explosivos en el espacio y tiempo generaron grandes extensiones de depósitos volcánicos y volcanoclásticos. ver figura 26.



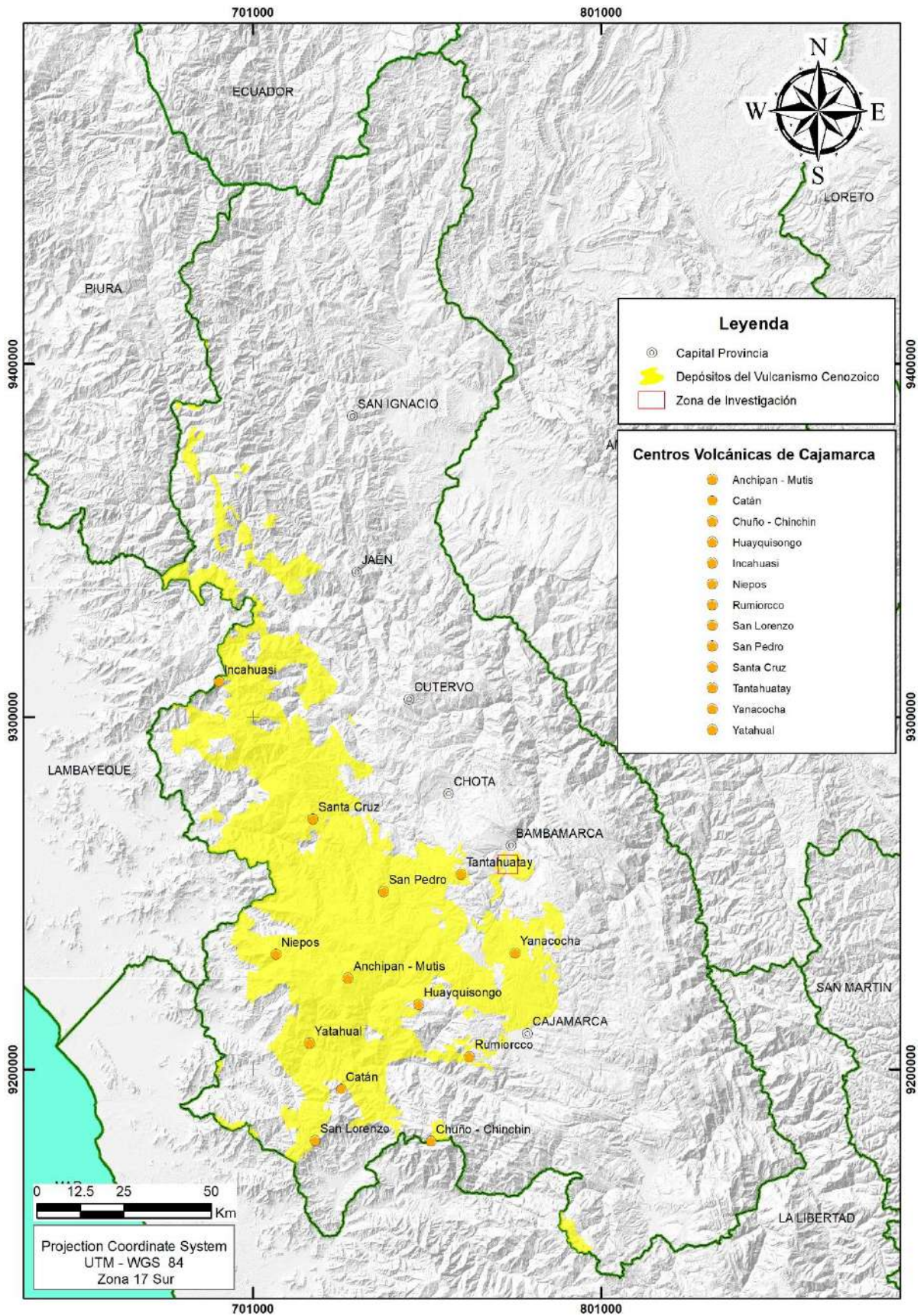


Figura 26. Centros eruptivos cenozoicos de Cajamarca. Modificado de (Navarro et al., 2008)

### **3.6.3. Contexto del Volcánico Huambos**

Cobbing et al. (1981), indica que en la parte superior de la Formación Calipuy que posteriormente se elevó a grupo, se encuentra depositada otra secuencia volcánica delgada y fragmentada de ignimbritas y piroclastos. Es por ello que le asigna diferentes nombres locales, tales como: Formación Yungay (Wilson et al., 1967), Formación Fortaleza, Formación Bosque de Piedras (Farrar y Noble, 1976) y Formación Huambos (Wilson, 1984). Dentro de ese contexto considera que es mejor denominarla globalmente como ignimbritas Mio - Pliocénicas.

Reyes (1980), caracterizó esta unidad volcanoclástica como tobas andesíticas y traquiandesíticas de textura porfirítica, además señala que dichos afloramientos están cubriendo superficies topográficas de baja pendiente y grandes depresiones al norte y noreste de Cajamarca. Así mismo, Wilson (1984), En su estudio estratigráfico de la zona norte del Perú, caracterizó a los farallones y tobas ácidas estratificadas en los alrededores del distrito Huambos, al noroeste de la provincia de Chota, además fue quien le dio la denominación de Formación Huambos. Sin embargo, también resalta las características litológicas que afloran en las cercanías de la ex hacienda de Llaucan, en el distrito de Bambamarca. En esa misma línea coincide con los estudios realizados por Reyes (1980). No obstante ello, este tipo de rocas fueron aprovechados por los pobladores para realizar excavaciones horizontales (forma de nichos), las cuáles se conocen en la actualidad como ventanillas, tanto en Otuzco – Cajamarca como en Arascorgue – Bambamarca.

Otros autores como Turner (1997) y Pinto (2002), afirman que el Volcánico Huambos se desarrolló posterior al levantamiento andino, posiblemente en el Mioceno tardío o Plioceno. Así mismo dan a conocer que dicha unidad volcanoclástica consta al menos de dos centros eruptivos, al norte miembro los frailones (dacítico) y al sur miembro Otuzco (andesítico).

Noble et al. (1990), demuestra a través de dataciones de K-Ar, realizadas a muestras de ignimbrita de código BMC – 4A, Una edad de  $23.2 \text{ Ma} \pm 1.5 \text{ Ma}$ . No obstante, considera que el volcánico Huambos tiene una edad aproximada de  $35.4 \text{ Ma} \pm 1.2 \text{ Ma}$ . Debido a que tuvo varios eventos eruptivos.

#### **3.6.4. Litología y Espesor del Volcánico Huambos**

Reyes (1980), describe las litofacies del Volcánico Huambos como tobas andesíticas y traquiandesíticas subhorizontales de color blanco amarillento. Mientras que Cobbing et al. (1981), expone que, en el centro y norte del Perú, esta unidad volcánica se caracteriza por estar constituido de afloramientos dispersos de ignimbritas y otros piroclastos. Así mismo enfatiza que no excede los 200 metros de espesor.

De acuerdo con Wilson (1984), en las cercanías del distrito de Huambos se puede apreciar la litoestratigrafía volcánica y volcanoclástica de esta formación. No obstante, puntualiza que las litofacies en ese sector están conformadas por tobas y brechas ácidas con fragmentos de cuarzo milimétrico, fragmentos de pómez envueltos por bloques grandes de tobas andesíticas de color rojizo a violáceo y en otros afloramientos presentan coloración verde oscura a gris y rosado a amarillo. Por otra parte, sostiene que dichos afloramientos tienen en promedio de 50 a 100 metros de espesor y un máximo de 400 metros de espesor.

Noble et al. (1990), resalta que al sur este del distrito de Bambamarca la Formación Huambos consta de toba riolítica de flujo de ceniza de 150 metros de espesor y que están cubiertas por 300 metros de capas de arenas volcánicas y toba resedimentada de composición dacítica.

#### **3.6.5. Registro Cronoestratigráfico, Edad y Correlación**

Según la tabla Cronoestratigráfica Internacional versión 2024, la Formación Huambos, corresponde a la edad Langhiano - Serravaliano de  $\pm 15.97 \text{ Ma} \pm 13.82 \text{ Ma}$ . aproximadamente. Así mismo se compara con la Formación Yungay (Wilson et al., 1967), en los andes centrales del Perú con las tobas de la Formación Bosque de Piedras (Farrar y Noble, 1976), y por el sur con el Volcánico Sencca (Wilson, 1984).

#### **3.6.6. Volcánico Huambos en el Distrito de Bambamarca**

La litoestratigrafía del Volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca, está constituida por 4 facies volcanoclásticas, identificados en los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue. Así mismo en dichos eventos se ha identificado y caracterizado facies volcanoclásticas que se plasmará a detalle en la columna

litoestratigráfica de cada sector. No obstante, se representará en una columna general para su mejor entendimiento e interpretación.

Facie 1 (Nm-Hu/1): En la base está constituido por flujos de escombros con clastos de hasta 1 metro de diámetro. Así mismo flujos piroclásticos amarillentos de composición andesítica (Reyes, 1980). Cenizas pseudoestratificadas pobremente consolidadas con lapilli y flujos de avalancha con fragmentos líticos andesíticos, pómez y tobas dacíticas (Noble et al., 1990).

Facie 2 (Nm-Hu/2): Está caracterizado por facies de Tobas de ceniza de textura fina a gruesa, tienen una coloración blanca a grisáceo. Así mismo, consta de fragmentos autoclásticos juveniles de pómez con textura vesicular, flujos de escombros con líticos andesíticos angulosos a subangulosos, cenizas pseudoestratificadas (Longo et al., 2010) y niveles de arena volcanoclástica resedimentada (Noble et al., 1990)

Facie 3 (Nm-Hu/3): Secuencias piroclásticas de oleadas de ceniza pobremente consolidadas, tobas dacíticas moderadamente consolidadas de textura fina a gruesa y color blanquecino (Davies, 2002). Flujos de escombros con bloques de pómez de hasta 1 metro de diámetro, estos presentan textura vesicular (Longo et al., 2010). También están constituidas por arena volcanoclástica producto de resedimentación estos tienen una textura fina a media y su color es blanco y también rojizo (Noble et al., 1990)

Facie 4 (Nm-Hu/4): Lo conforman coladas de cenizas con pómez y lapilli moderadamente consolidadas en la base, así como también líticos de sílice y fragmentos andesíticos menores a 10 cm de diámetro que están dentro de la secuencia tobácea (Wilson, 1984), la cual indica que la fuerza balística con la que fueron expulsados y sedimentados en tobas dacíticas (Longo et al., 2010 y Davies, 2022). En esa misma línea esta facie también está conformado por tobas masivas dacíticas color blanquecino, la cual han servido para realizar excavaciones en forma de nichos. Actualmente se les denomina ventanillas tanto en Otuzco Cajamarca como en Arascorgue Bambamarca (Wilson, 1984).

### 3.7. DESCRIPCIÓN DE LITOFACIES VOLCANOCLÁSTICAS

Las litofacies en los sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue, presentan particularidades que las diferencian de otras unidades volcánicas, ya sea por su textura, granulometría, redondez, secuencia, estructura y tipo de estratificación. No obstante, para cada sector del distrito de Bambamarca se caracterizó siguiendo los parámetros establecidos en esta investigación.

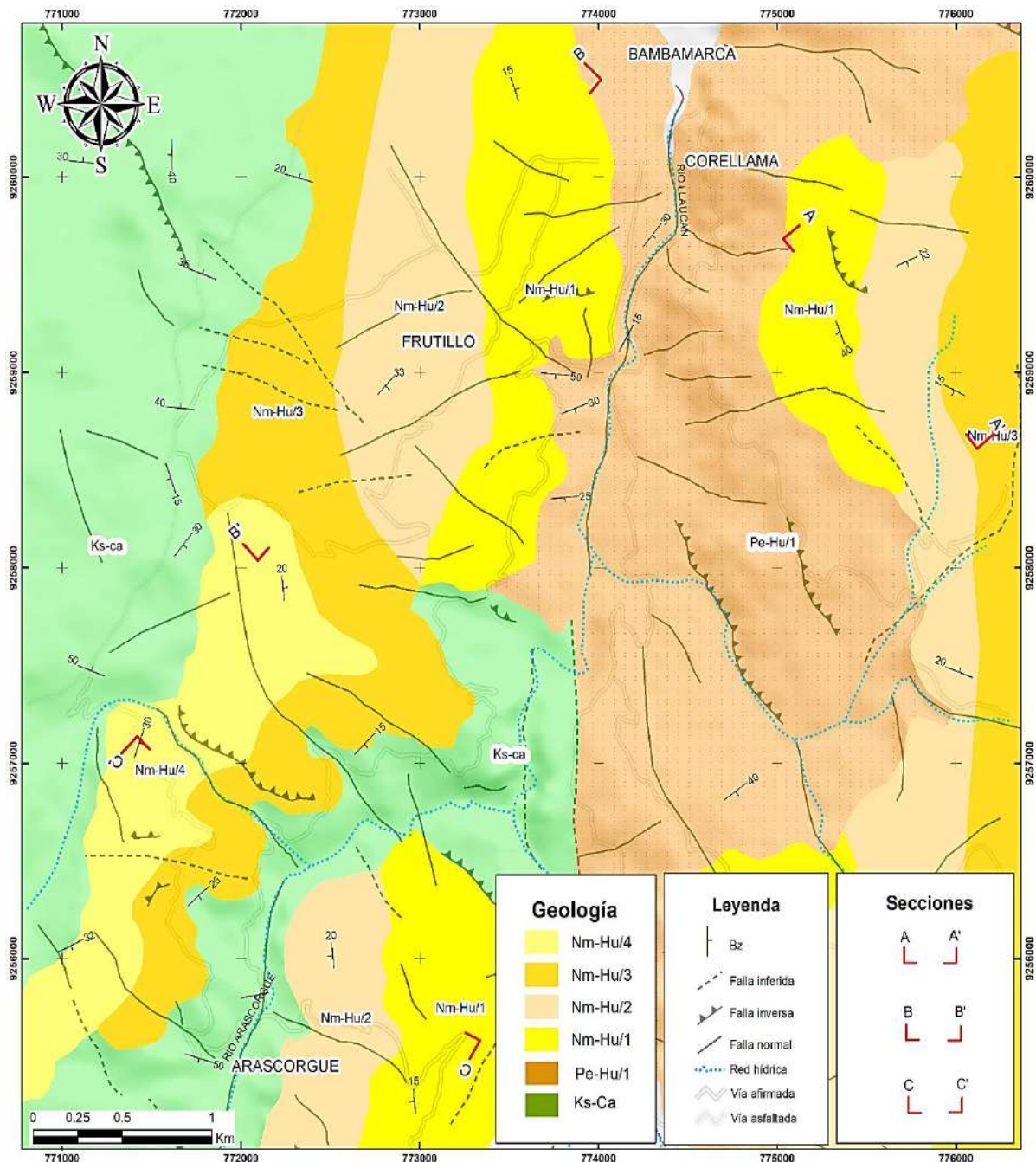


Figura 27. Mapa de afloramientos de facies del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca.

### 3.7.1. Facies Volcanoclasticas en el Sector de Corellama

Las facies caracterizadas en este sector están constituidas por flujos de avalancha y flujos de escombros (mTco) de 8, 9 y 11m de espesor clastosoportado, con fragmentos que oscilan desde 1cm hasta 1m de diámetro.



Figura 28.(A) Afloramiento de flujos de avalancha. (B) Fragmentos clastosoportado, subredondeados a redondeados de composición andesítica color blanquecino a grisáceo. (C) Clastos moderadamente seleccionados. Coordenadas UTM. N: 9259387, E: 774464, C: 2644 msnm.

mTx: flujos de ceniza de 6, 13 y 16m de espesor, de color amarillento a blanquecino pobremente consolidado, secuencias intercaladas de ceniza de textura fina a gruesa con esporádicos fragmentos líticos de composición dacítica < 5cm.

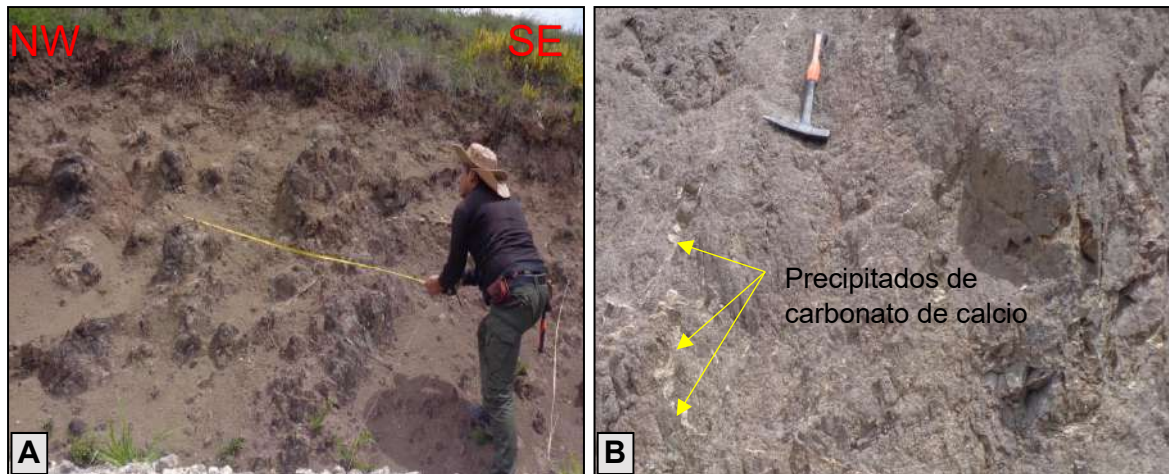


Figura 29. (A) Facies de flujos de ceniza color grisáceos pobremente consolidados. (B) Precipitados de carbonato de calcio en fracturas. Coordenadas UTM. N: 9259339, E: 774468, C: 2649 msnm.

mlcr: secuencias laminares pseudoestratificadas de ceniza, lapilli y fiammes de 4 metros espesor, tobas andesíticas y oleadas piroclásticas de cenizas de 12 y 13m de espesor con esporádicos fragmentos líticos andesíticos < 30 cm de diámetro matriz soportada y débilmente agilizado.

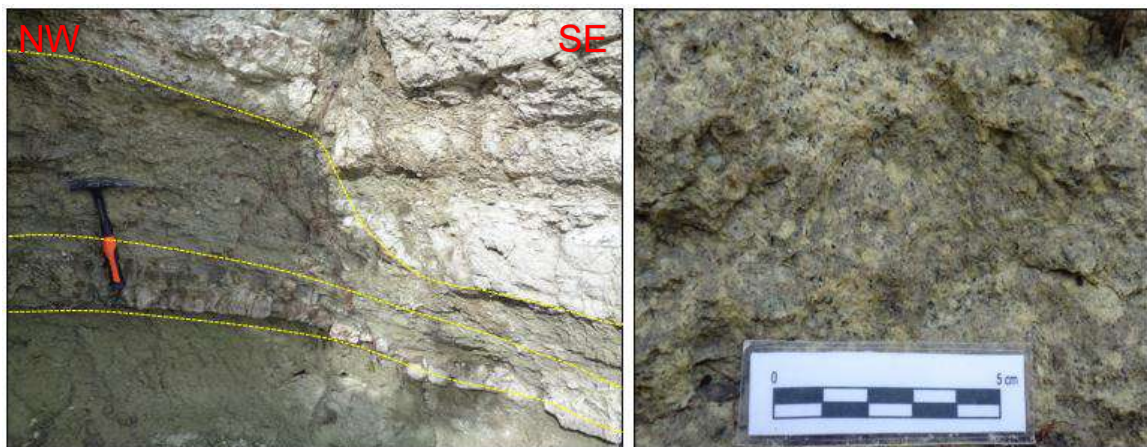


Figura 30. Secuencias laminares pseudoestratificadas de ceniza, lapilli y fiammes pobremente consolidados, en la parte superior afloran tobas dacíticas blanquecinas (plagioclasa > biotita > cuarzo > hornblenda) (Longo et al., 2010). Coordenadas UTM. N: 9258637, E: 774777, C: 2684 msnm.

mIBr: flujos piroclásticos de cenizas con fragmentos andesíticos grisáceos, violáceos y verdes moderadamente débilmente agilizados, secuencias de líticos sub-redondeados a angulosos < 30cm de diámetro matriz soportada, cenizas de textura gruesa pobremente consolidadas, los espesores de estas secuencias tienen 12 y 9m respectivamente.

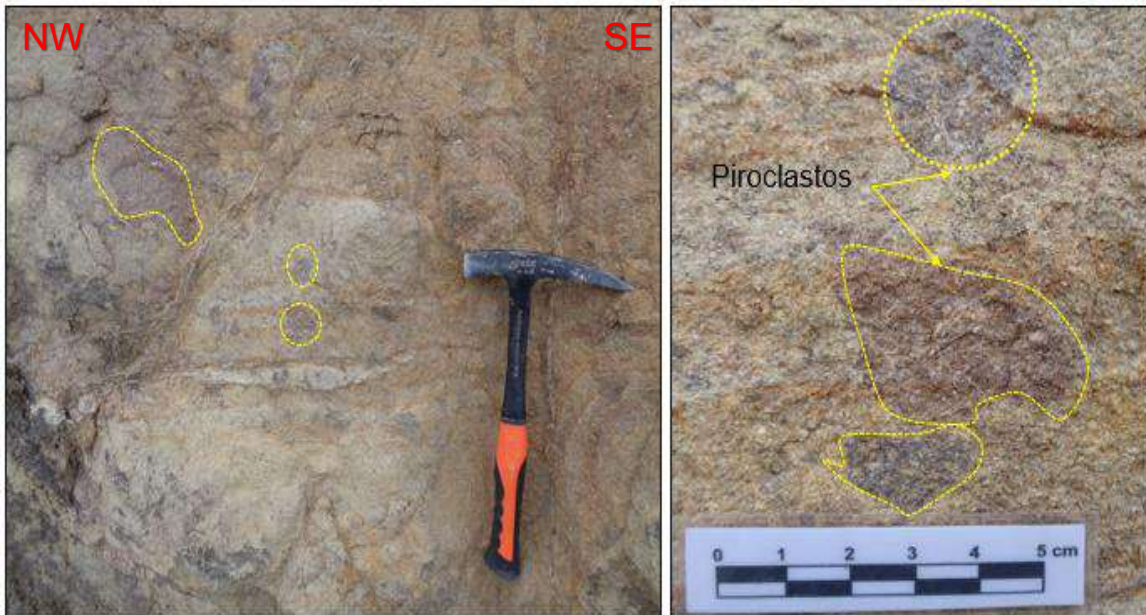


Figura 31. Flujos piroclásticos de ceniza de color blanco a gris con fragmentos andesíticos violáceos y grisáceos. Corresponde a la facie 1 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258957, E: 774619, C: 2679 msnm.

dsTL: secuencias de 11, 15, 17 y 20m de espesor de flujos de cenizas de color grisácea a blanco, textura gruesa pobremente consolidadas en la base ceniza fina y bloques composición andesítica < 1m de diámetro.



Figura 32. Facies de flujos de cenizas textura fina en la base y color grisáceo pobremente consolidadas con cenizas de textura gruesa y bloques andesíticos. Corresponde a la facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258867, E: 774651, C: 2679 msnm.



mLT: secuencias de 9m de coladas de ceniza con fragmentos líticos < 30cm de diámetro.



Figura 33. Coladas de ceniza textura gruesa y color verde a grisácea, esta moderadamente consolidado con esporádicos lítics andesíticos < 30cm de diámetro. Corresponde a la facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257962, E: 775496, C: 2704 msnm.

sTsh: Tobas cristalinas pseudoestratificadas de 15m de espesor.

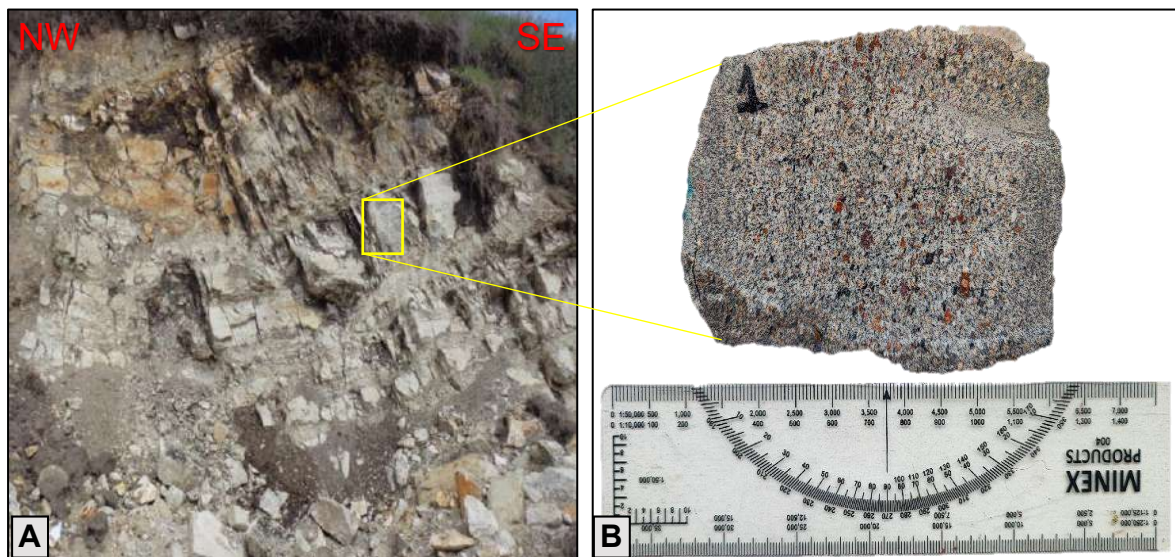


Figura 34. (A) Pseudoestratificación de tobas cristalinas de color gris a blanco. (B) Toba cristalina (plagioclasas 50%, ceniza 31%, cuarzo 10%, anfíboles 4%, biotita 2%, minerales opacos 1%, trazas 2%). (Ver anexo III – estudios petrográficos por microscopía, M-01). Corresponde a la facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257880, E: 775711, C: 2703 msnm.

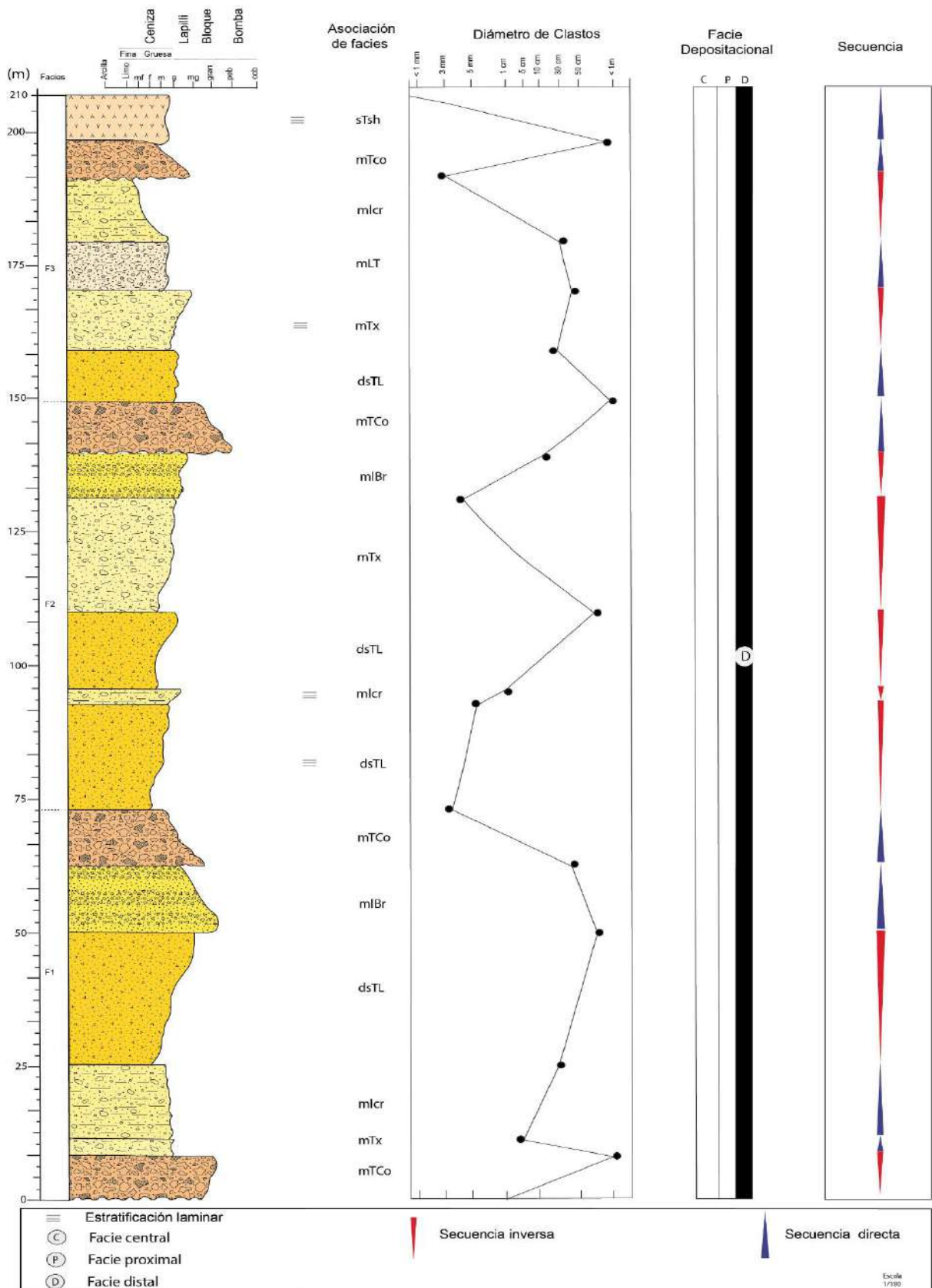


Figura 35. Columna de facies volcanoclásticas del sector Corellama

### 3.7.2. Facies Volcanoclásticas en el Sector de Frutillo

Suprayacen en paracomformidad a los depósitos de lavas andesíticas de la secuencia volcánica de Huangas (Pe-Hu/1) (Jaimes et al., 2013). Así mismo se ha caracterizado como facies de rocas andesíticas moderadamente consolidadas de textura grano fino a medio, arena volcanoclástica de grano fino a medio con líticos andesíticos y flujos piroclásticos dacíticos de textura gruesa a fina, así como también oleadas de ceniza pobremente consolidadas (dsTL). En este sector, esta asociación de facie volcanoclástica tiene espesores de 4.3, 6, 3.2, 18, 15, 17, 12, 20 y 3. 5m respectivamente. Ver anexo columna sector frutillo.



Figura 36. Paraconformidad entre los depósitos de lavas andesíticas gris verdosas de la secuencia volcánica Huangas (Jaimes et al., 2013) y rocas andesíticas de color gris a blanco, textura fina a media del Volcánico Huambos (Davies, 2002). Facie 1. Coordenadas UTM. N: 9259201, E: 773815, C: 2553 msnm.

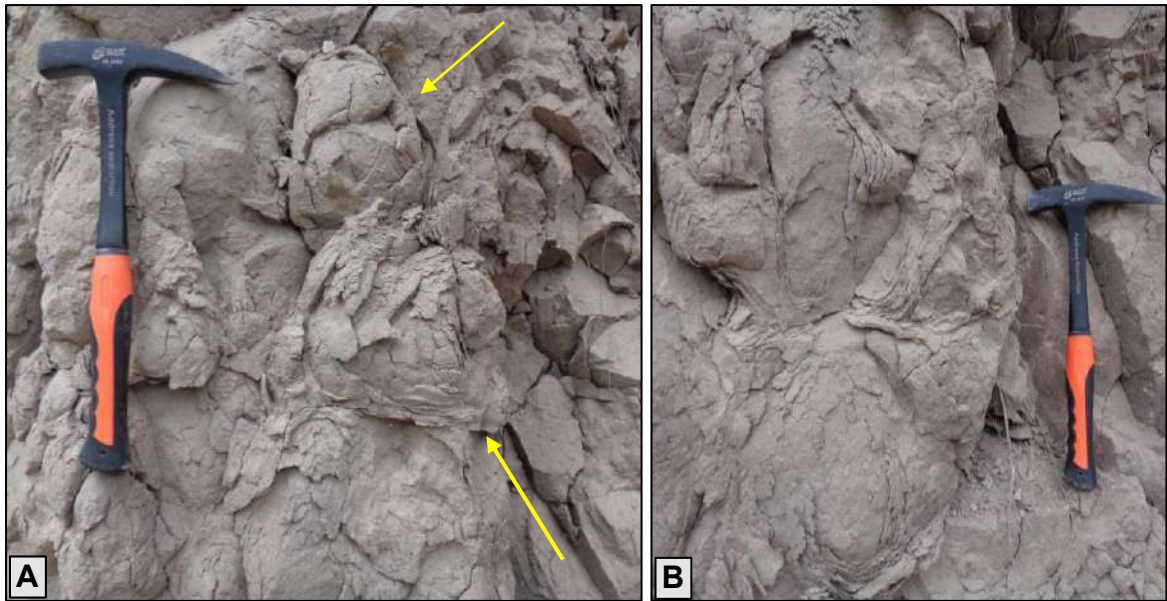


Figura 37. (A) y (B) Disyunción esferoidal en rocas andesíticas (plagioclasas 80%, feldespato alcalino 15 % y máficos 5%) de color gris a blanco y textura fina a media, tienen característica principal de descascararse en forma de láminas. Coordenadas UTM. N: 9258919, E: 773587, C: 2553 msnm.

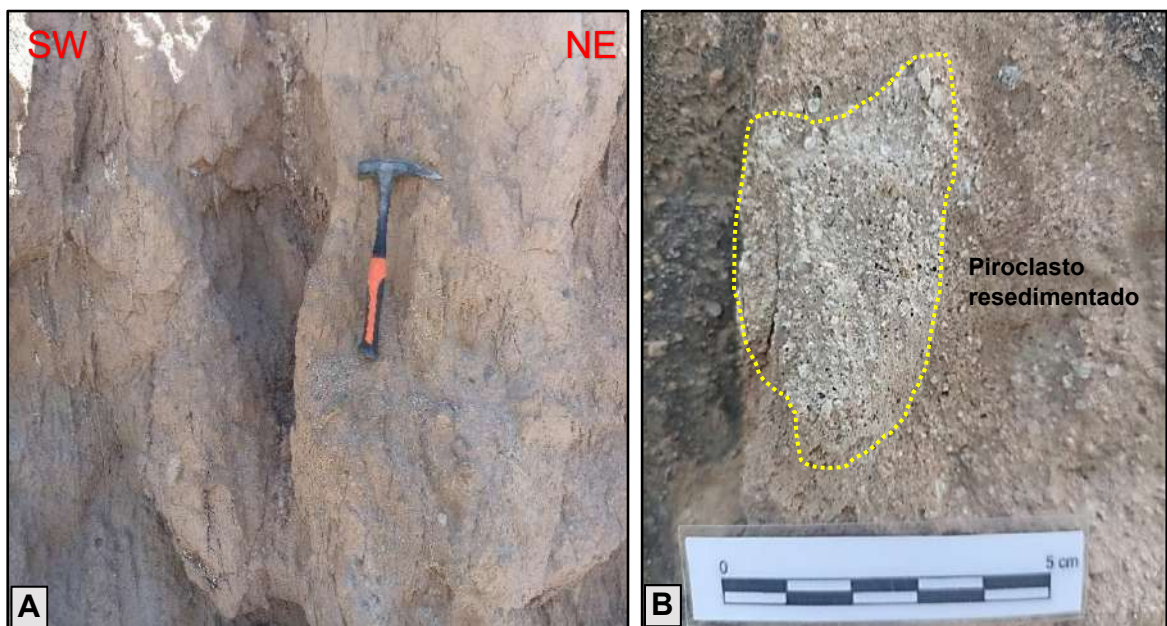


Figura 38. (A) Afloramiento de arena volcanoclástica clasificada por tener fragmentos piroclásticos entre 0 – 20 %, evidencia en (B) Piroclasto resedimentado (Schmid, 1981). Facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9257077, E: 773244, C: 2648 msnm.

mTx: secuencia de flujos de ceniza, lapilli y líticos angulosos a sub angulosos pobremente consolidadas < 30 cm de diámetro, tienen 10 y 9m de espesor.

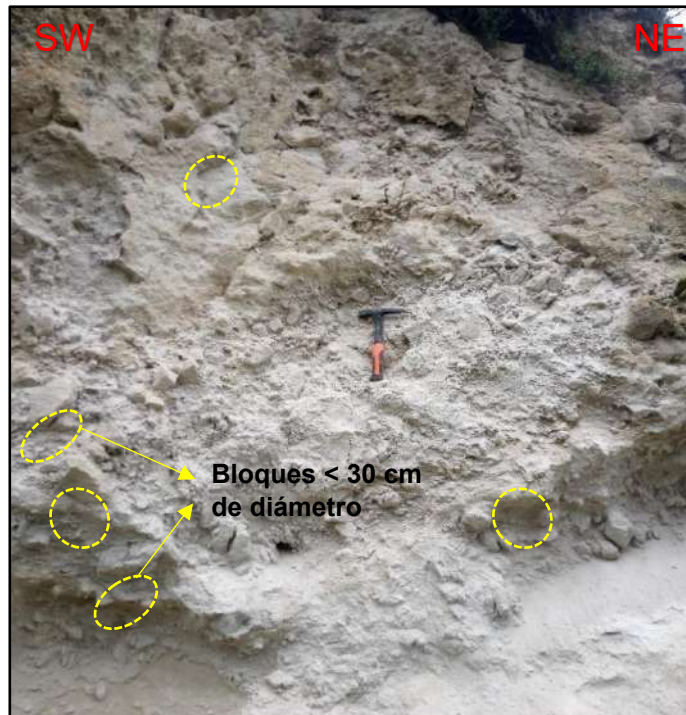


Figura 39. Flujos de ceniza, lapilli y bloques angulosos a sub angulosos de la facie 4 del volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9258408, E: 772403, C: 2813 msnm.

sTsh: facies de oleadas de ceniza moderadamente consolidados textura gruesa y color blanquecino de 2.5m. Así mismo presenta tobas cristalinas blanquecinas de 40 metros de espesor.

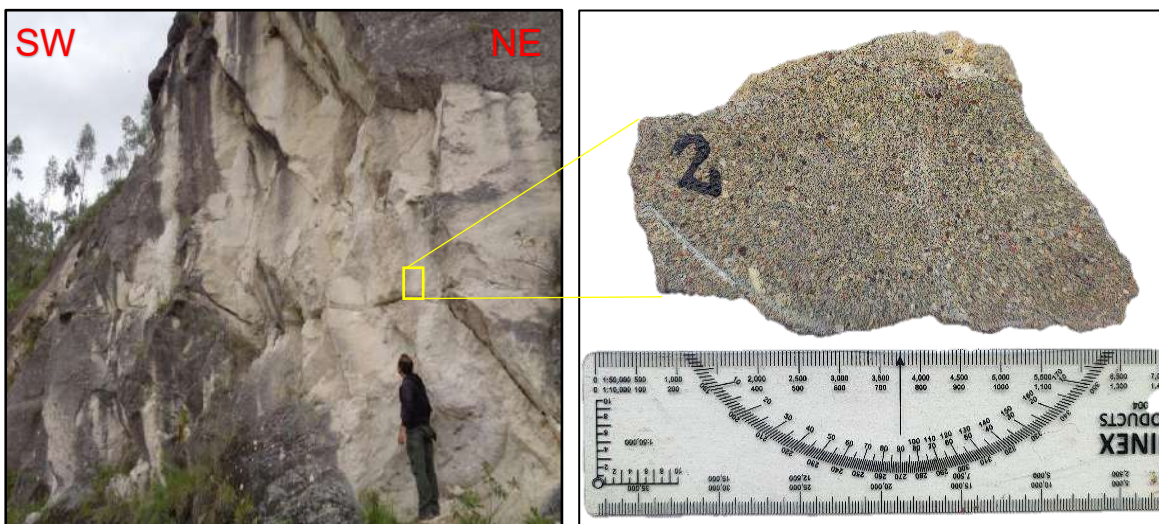


Figura 40. Tobas cristalinas (plagioclasas 54%, cuarzo 9%, anfíboles 5%, biotita 3%, trazas 3%, ceniza 24%) (Ver anexo III, estudios petrográficos por microscopía, M-02). Facie 4 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255994, E: 771368, C: 2862 msnm.

XsT: Cenizas pobremente consolidadas en pseudoestratificación con líticos andesíticos de color blanquecino. Tiene un espesor de 20m.

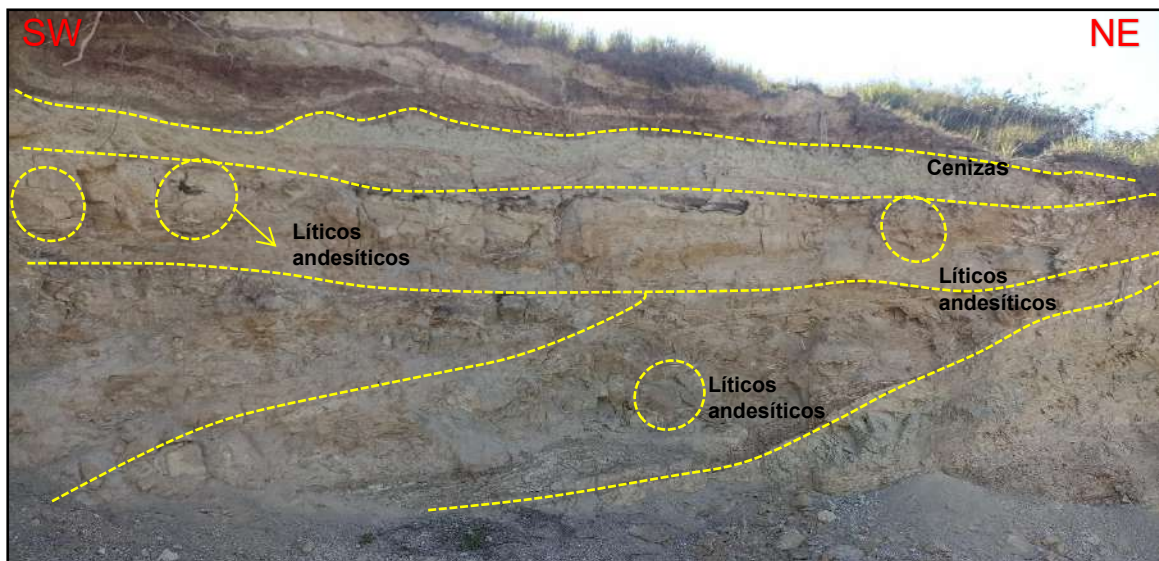


Figura 41. Estratificación sesgada, con cenizas blanquecinas pobremente consolidadas de textura gruesa y líticos andesíticos pseudoestratificados. Coordenadas UTM. N: 9258743, E: 773676, C: 2656 msnm.

mIBr: tiene espesor es 8.5, 17 y 25m. Esta asociación de facies consta de lapilli en la base con arena volcanoclástica pseudoestratificado y en la parte superior flujos de escombros con líticos angulosos a sub angulosos < 30cm de diámetro.

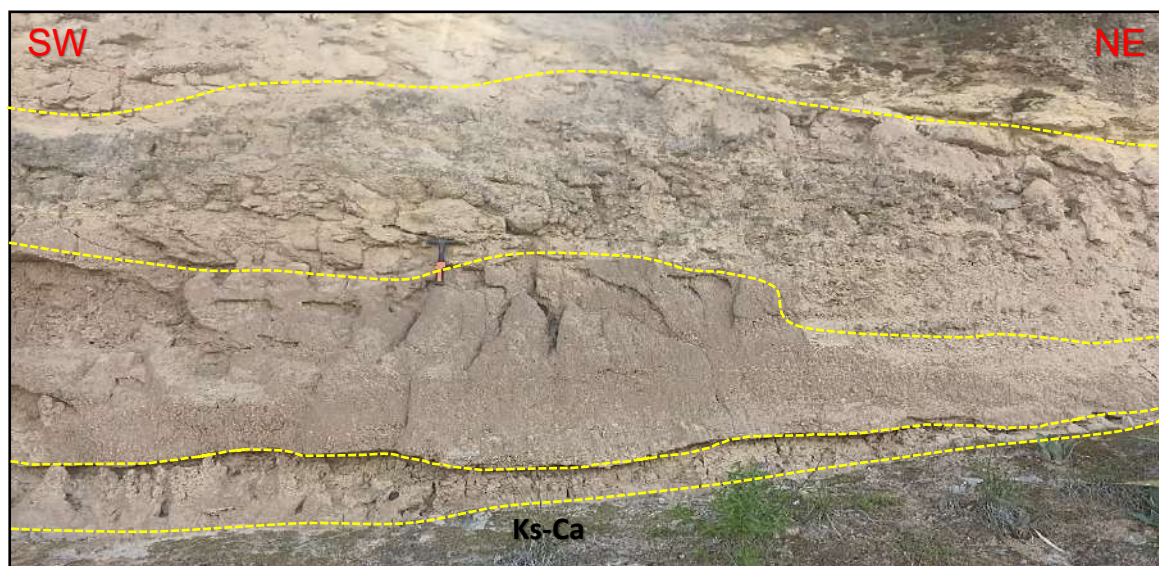


Figura 42. En el basamento aflora rocas carbonatadas de la formación Cajamarca y sobre ella arena volcanoclástica con lapilli y flujos de escombros clasto soportados, facie 1. Coordenadas UTM. N: 9258221, E: 773500, C: 2677 msnm.

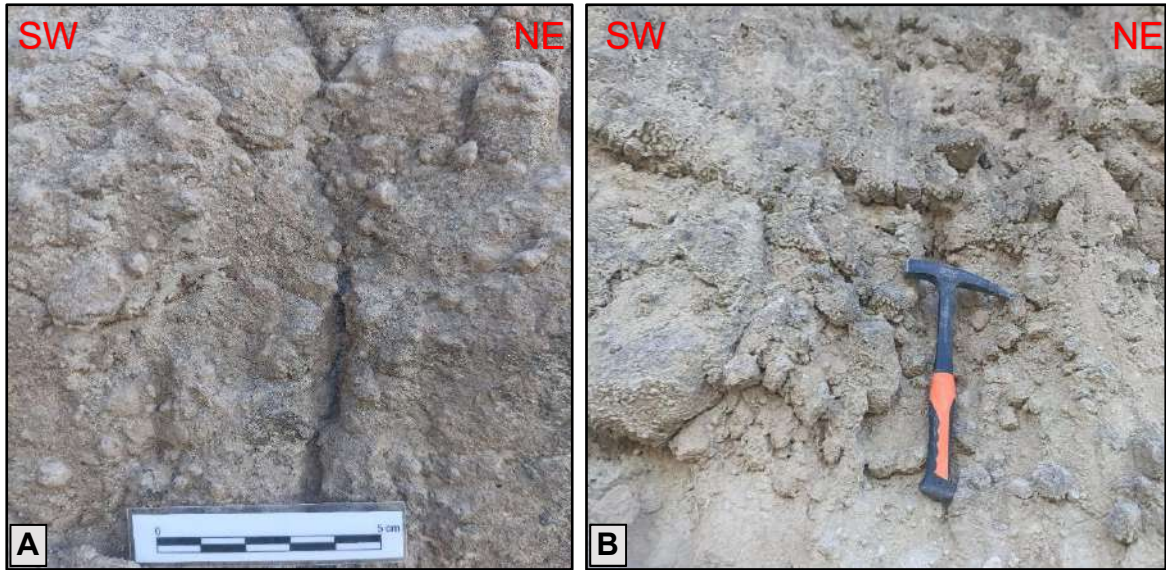


Figura 43. (A) Lapilli y arena volcanoclástica, contiene piroclásticos resedimentados entre 0 – 20 % (Schmid, 1981). (B) Flujos de escombros mal clasificados. Coordenadas UTM. N: 9258221, E: 773500, C: 2677 msnm.

mTco: Flujos de escombros con bloques de pómez < 1 m de diámetro. Esta asociación de facies tiene espesor es de 15, 13, 17 y 22m.

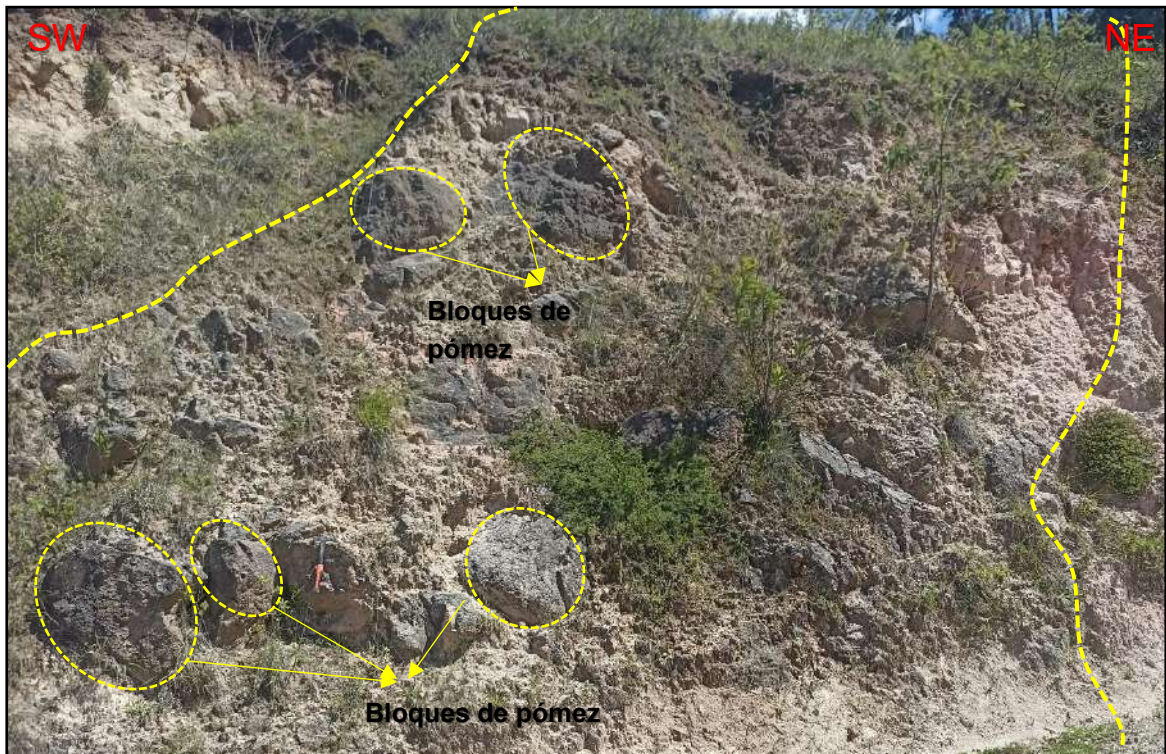


Figura 44. Flujos de escombros con bloques de pómez con textura vesicular. Facie 3 del volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256968, E: 772256, C: 2642 msnm.

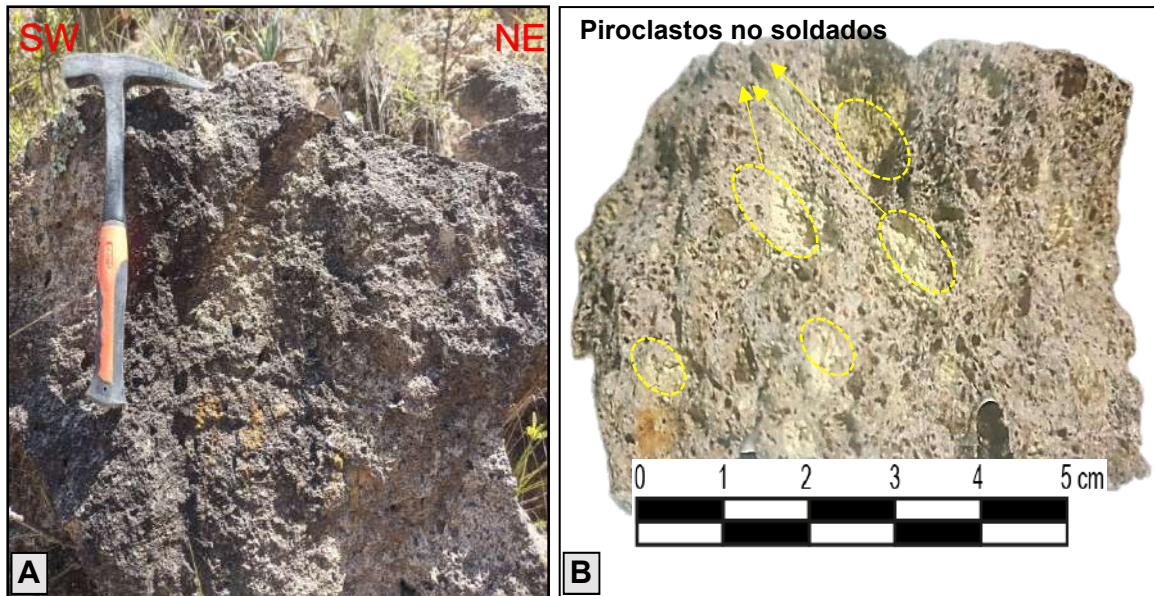


Figura 45. (A) Fragmento de pómez. (B) Pómez, nótese la textura vesicular. Coordenadas UTM. N: 9256168, E: 772256, C: 2642 msnm.

m1cr: Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli con esporádicos líticos volcánicos. Tiene un espesor de 18m y 3.5m.



Figura 46. Afloramiento de flujos piroclásticos de ceniza y lapilli, tiene color blanco a gris, facie 2. Coordenadas UTM. N: 9258518, E: 772847, C: 2657 msnm.



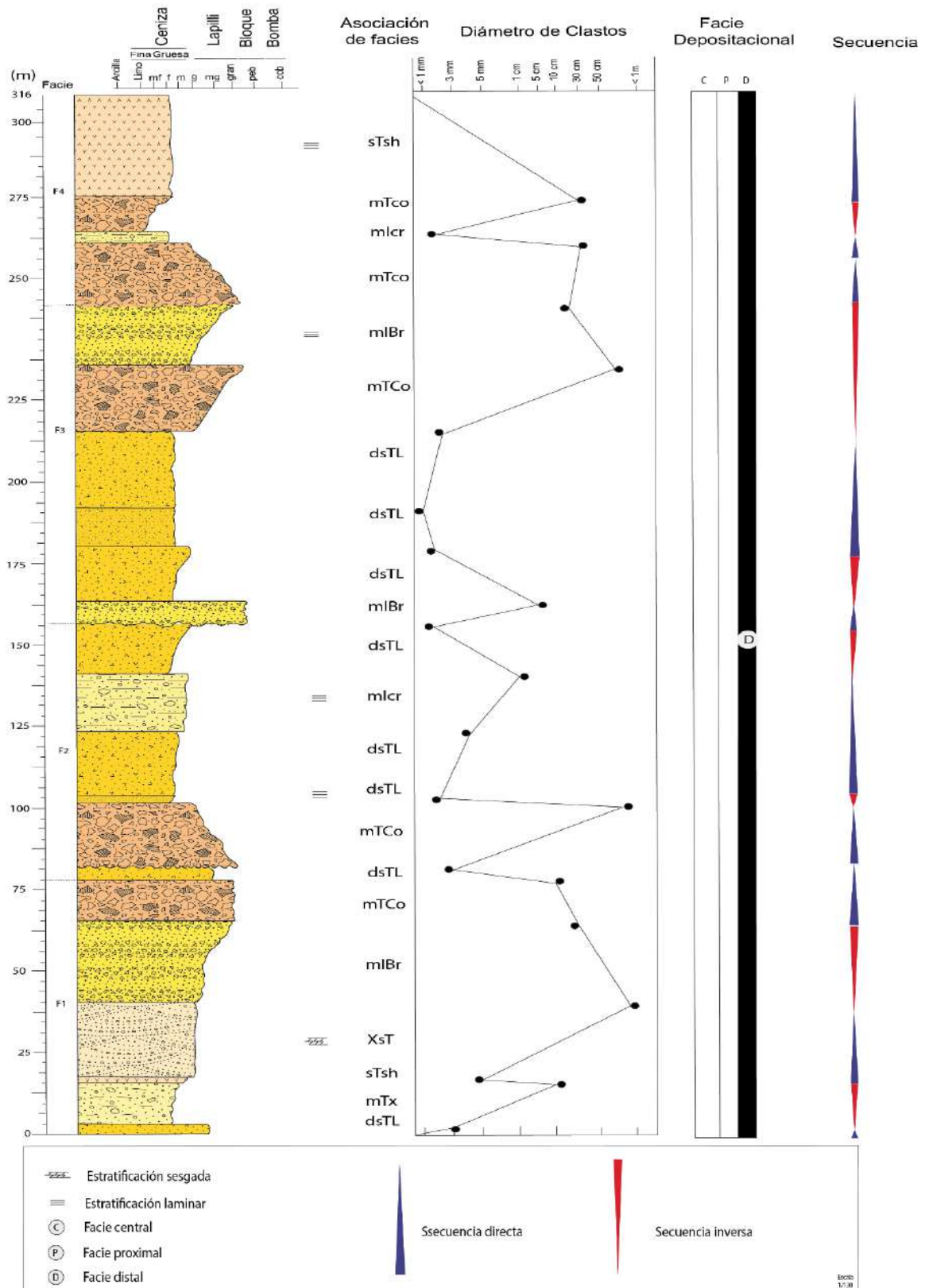


Figura 47. Columna de facies volcanoclásticas del sector Frutillar

### 3.7.3. Facies Volcanoclásticas en el Sector de Arascorgue

Las asociaciones de facies identificadas en este sector están representadas en la base por (dsTL), arena volcanoclástica de textura fina a gruesa de 25 y 17m, su característica principal es contener entre 0 – 25 % de sedimentos piroclásticos (Schmid, 1981).

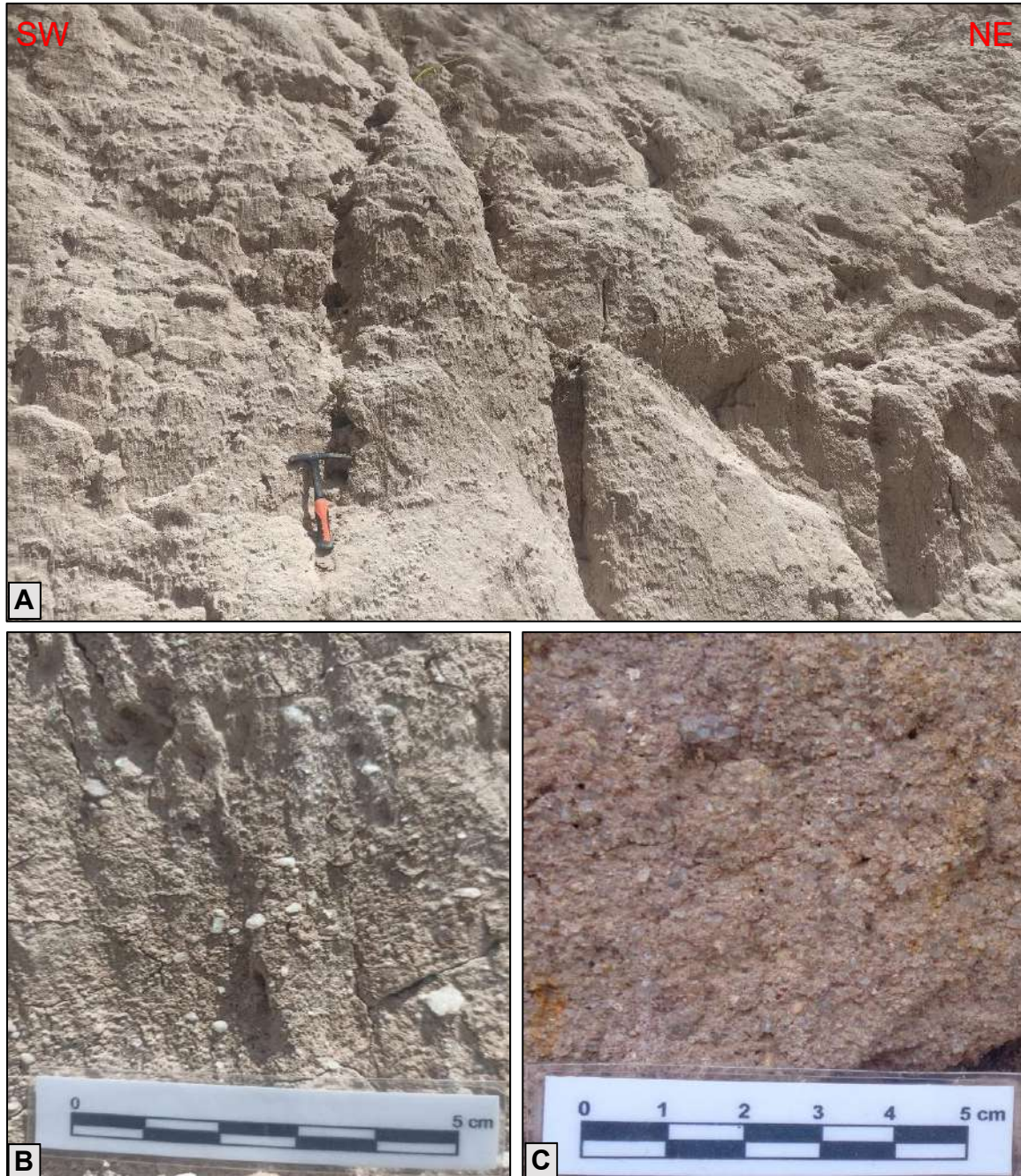


Figura 48. (A) Afloramiento de sedimentos resedimentados (B) Aglomerado volcanoclástico (< 30 % fragmentos piroclásticos) (C) Arena volcanoclástica (Schmid,1981). Corresponden a la facie 1 del Volcánico Huambos en el sector de Arascorgue. Coordenadas UTM. N: 9255272, E: 773403, C: 2766 msnm.

mIcr: Asociación de facies constituido por flujos piroclásticos de ceniza y lapilli moderadamente consolidados de 11.5m de espesor.

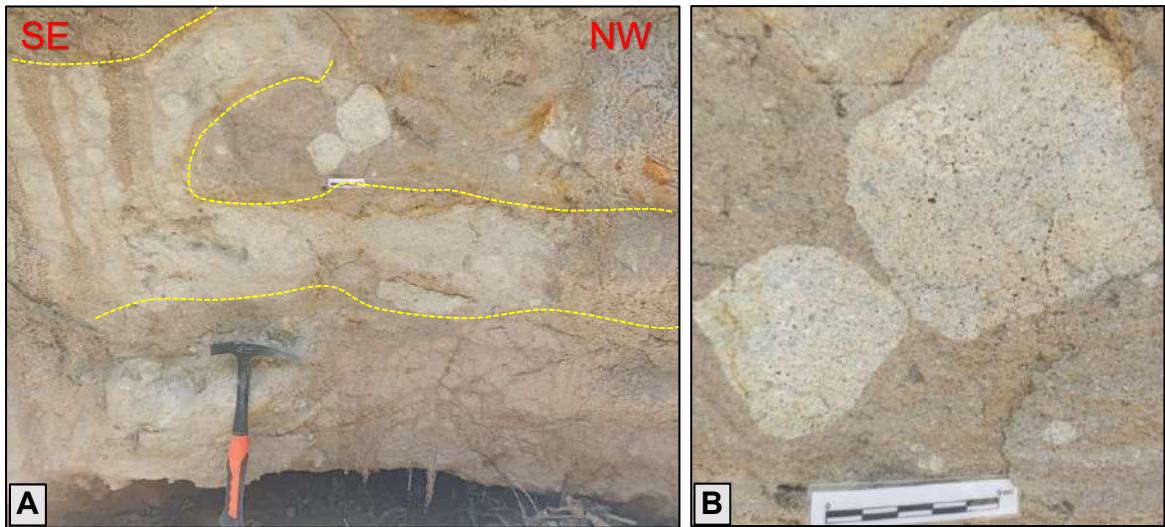


Figura 49. (A) Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli. (B) Fragmentos dacíticos blanquecinos no soldados, facie 1 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255590, E: 773030, C: 2684 msnm.

sTsh: coladas de ceniza y pómez moderadamente consolidados, tiene un espesor de 12m.

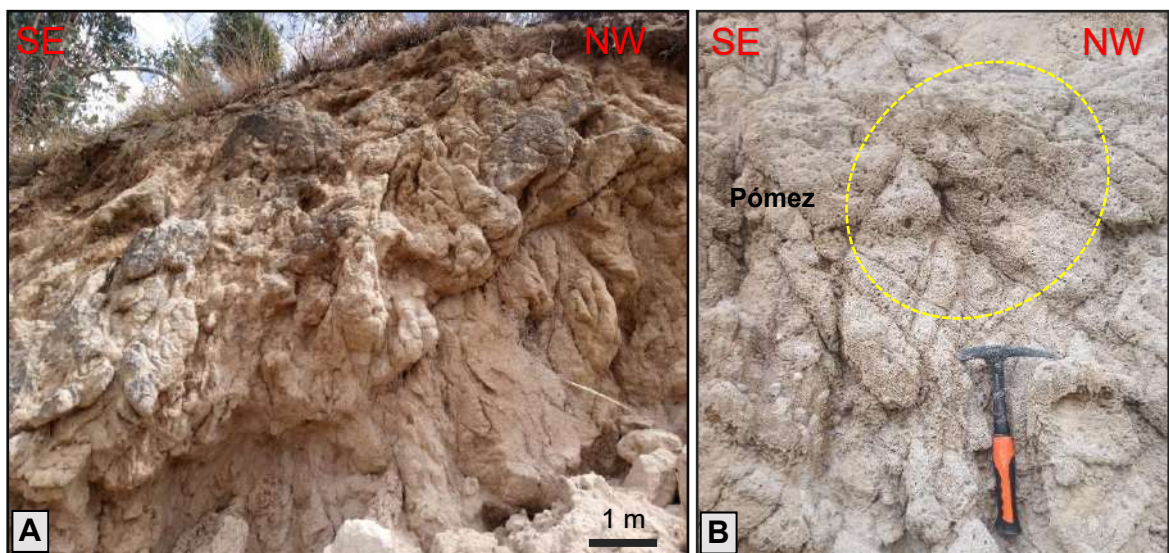


Figura 50. (A) Coladas de cenizas textura fina a gruesa. (B) Pómez moderadamente consolidada. Facie 2 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255664, E: 772446, C: 2679 msnm.

mTco: Están constituidas por flujos de escombros con clastos andesíticos de 1cm a 50cm de diámetro de 4.5 y 13m de espesor Flujos de ceniza pobremente y

fragmentos de pómez angulosos < 50cm de diámetro y 5m de espesor flujos de avalancha con líticos andesíticos < 30cm de diámetro y 10m de espesor.

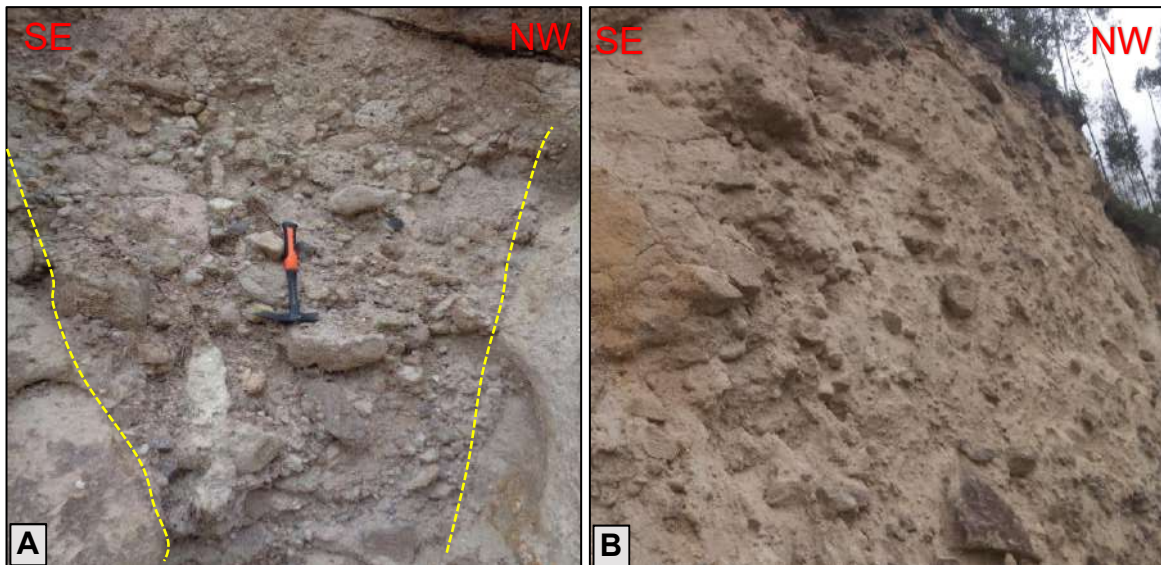


Figura 51. (A) Flujos de escombros con clastos volcánicos andesíticos blanquecinos mal seleccionados. (B) Flujos de ceniza con fragmentos andesíticos y pómez, moderadamente seleccionados. Facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9255692, E: 772329, C: 2751 msnm.

mIBr: Flujos de escombros cono bloques de pómez < 1m mal seleccionados. Tiene un espesor de 10m.

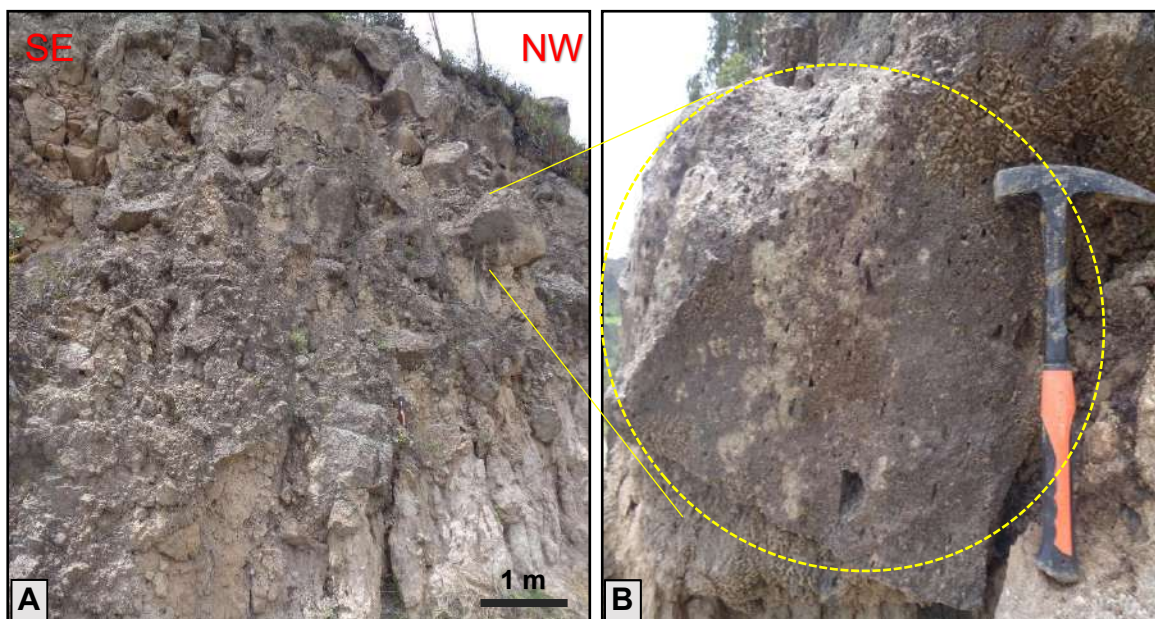


Figura 52. (A) Afloramiento de flujos de escombros. (B) Pómez con su característica estructura vesicular. Coordenadas UTM. N: 9255949, E: 771819, C: 2717 msnm.

mLT: Está constituido por oleadas piroclásticas de ceniza y lapilli tienen color blanquecino a amarillento y textura fina a media, así mismo presenta esporádicos fragmentos líticos de sílice < 10cm de diámetro. Tiene espesor es de 11, 2, 4 y 12m respectivamente.

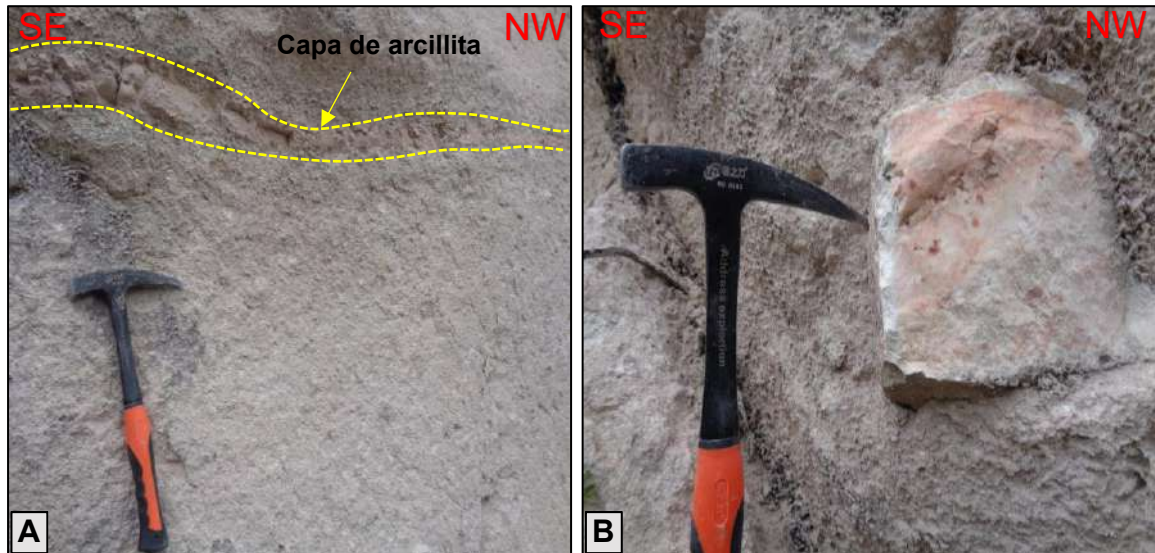


Figura 53. (A) Flujos piroclastos de ceniza y lapilli, evidencia de una capa de arcillita color rojizo. (B) Fragmento lítico de sílice color blanco a rosado, es producto del vulcanismo explosivo a los que estuvieron expuestos, facie 3 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256484, E: 771616, C: 2840 msnm.

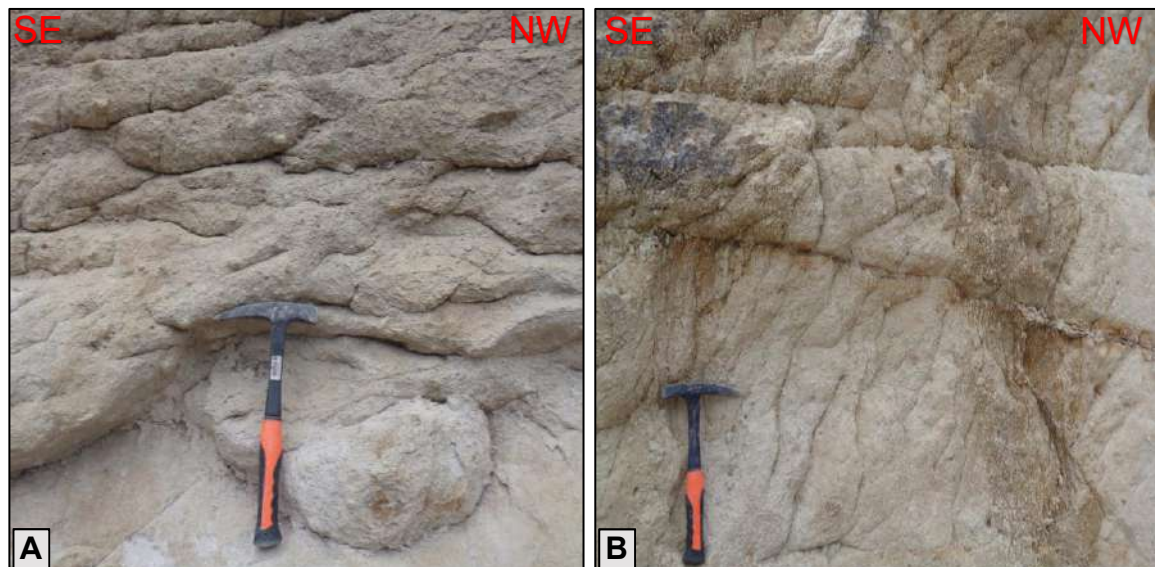


Figura 54. (A) y (B). Oleadas de ceniza de textura fina a media, color blanquecino a amarillento con esporádicos fragmentos líticos < 10 cm de diámetro. Presenta formas elipsoides producto de un flujo lento. Coordenadas UTM. N: 9256212, E: 771582, C: 2855 msnm.

mT: ésta facie consta de tobas masivas dacíticas de color blanquecino, textura fina a media. Tiene un espesor de 8 y 50m.



Figura 55. Tobas masivas dacíticas (fragmentos de roca 10%, plagioclasas 5%, vidrio 20%, matriz 40%, cristales 25%) (Schmid, 1981). Facie 4 del Volcánico Huambos. Coordenadas UTM. N: 9256656, E: 771444, C: 2890 msnm.



Figura 56. Cavidades horizontales, conocidas comúnmente como ventanillas de Arascorgue. Fueron realizadas por pobladores del sector de Arascorgue, tienen similitud con las ventanillas de Otuzco – Cajamarca. Coordenadas UTM. N: 9256726, E: 771544, C: 2929 msnm.

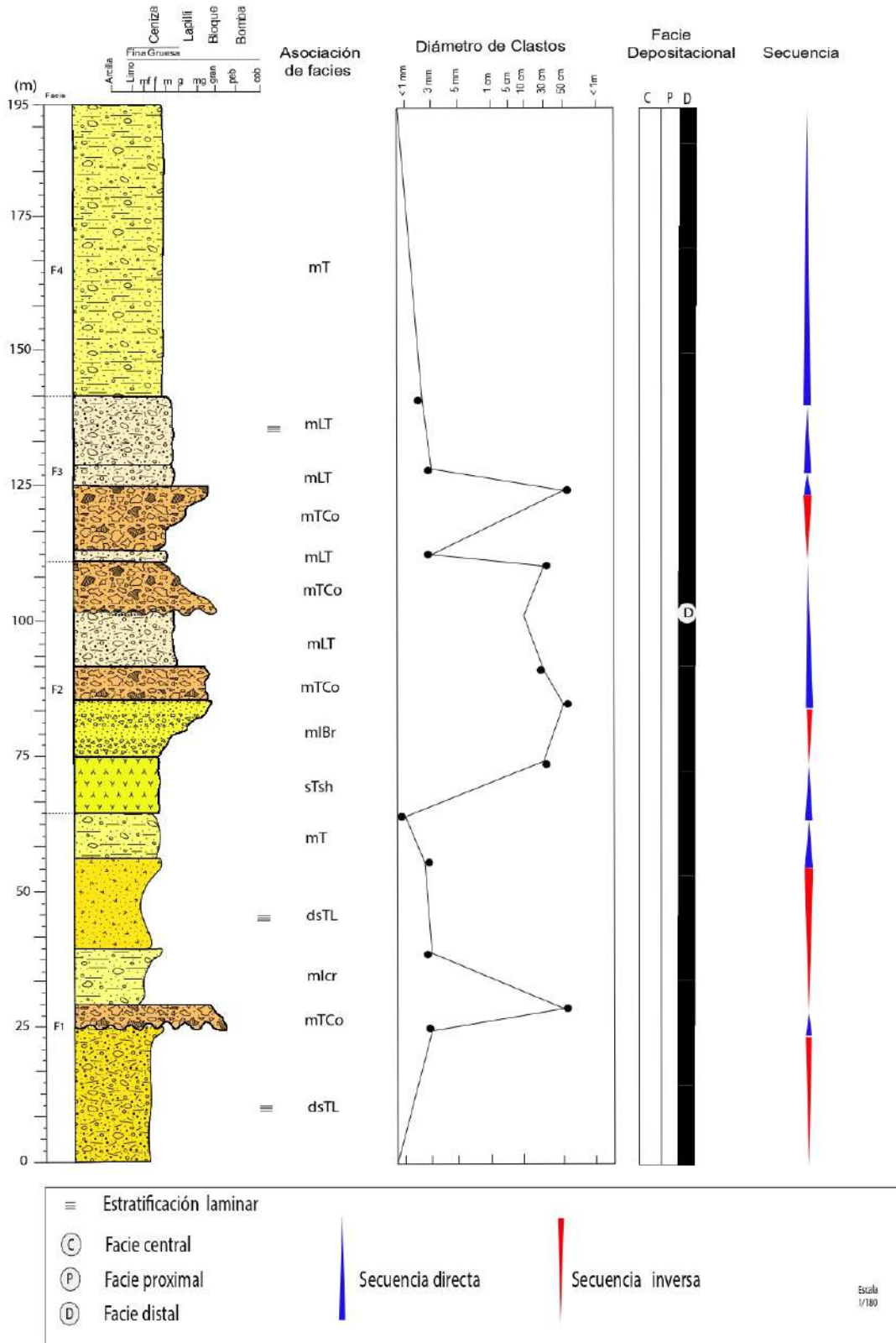


Figura 57. Columna de facies volcanoclásticas del sector Arascorgue

### 3.8. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos recolectados en campo se realizó un análisis estadístico en cuanto a las facies del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca, sectores de Corellama, Frutillo y Arascorgue, la cual se describe los gráficos que resulten de este análisis.

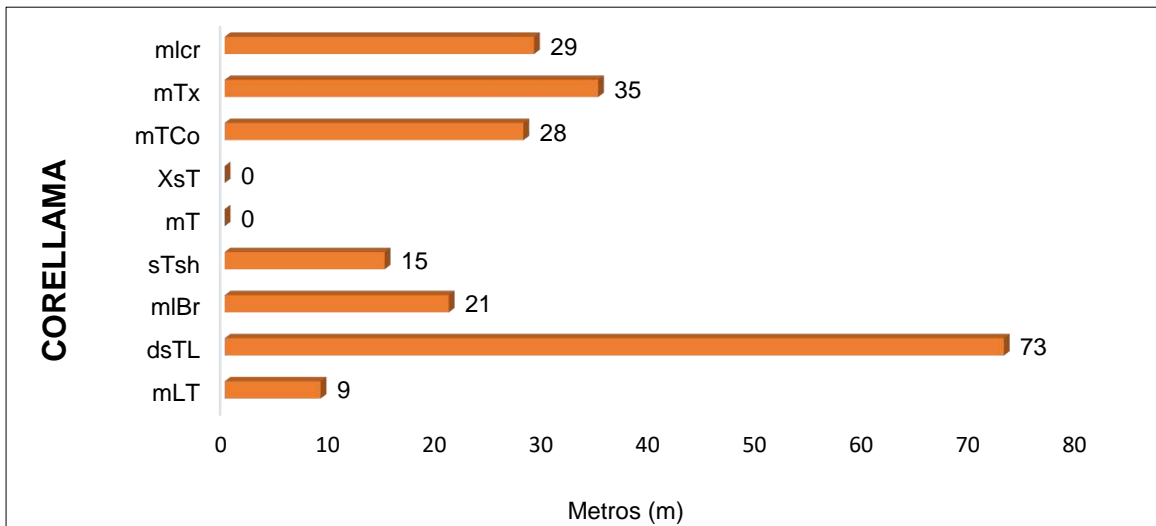


Figura 58. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Corellama.

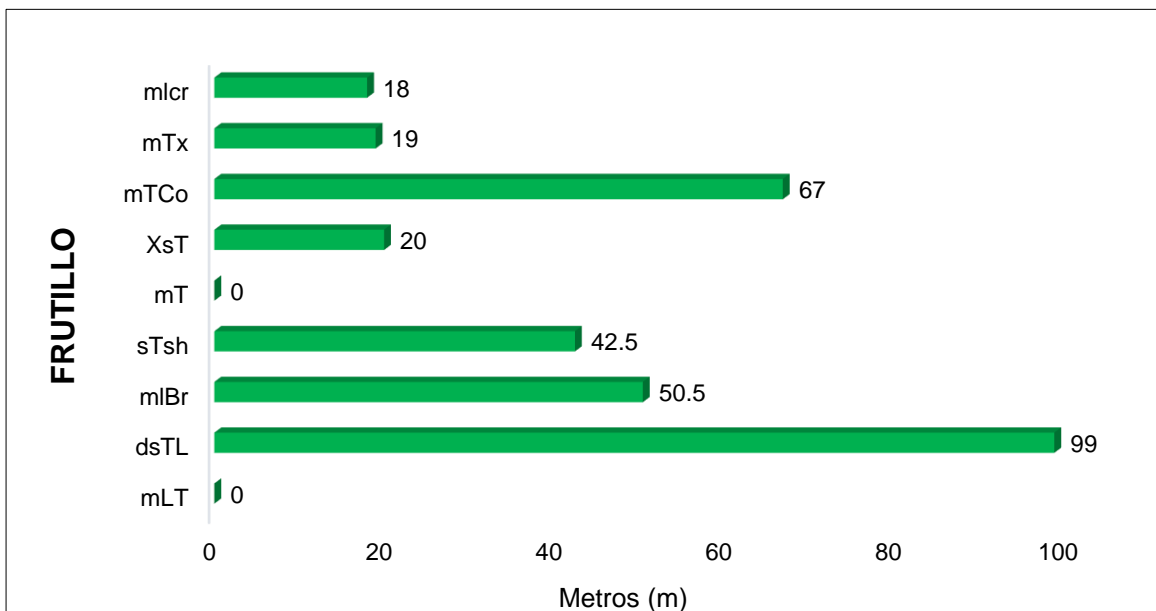


Figura 59. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Frutillo



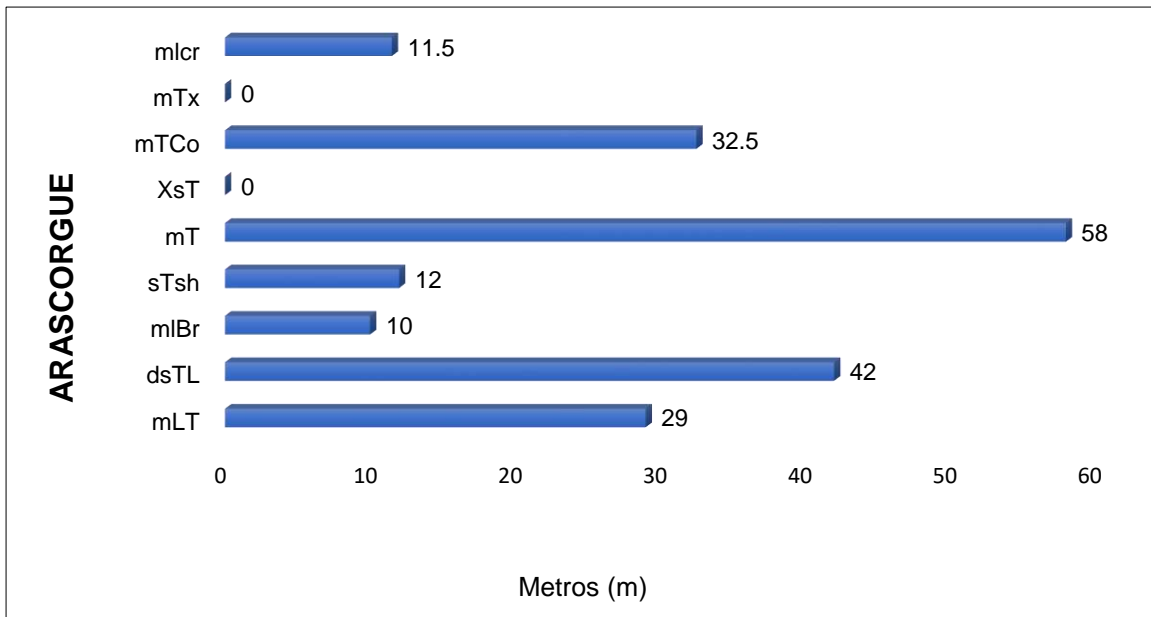


Figura 60. Gráfico estadístico de espesor de facies identificadas en el sector Arascorgue

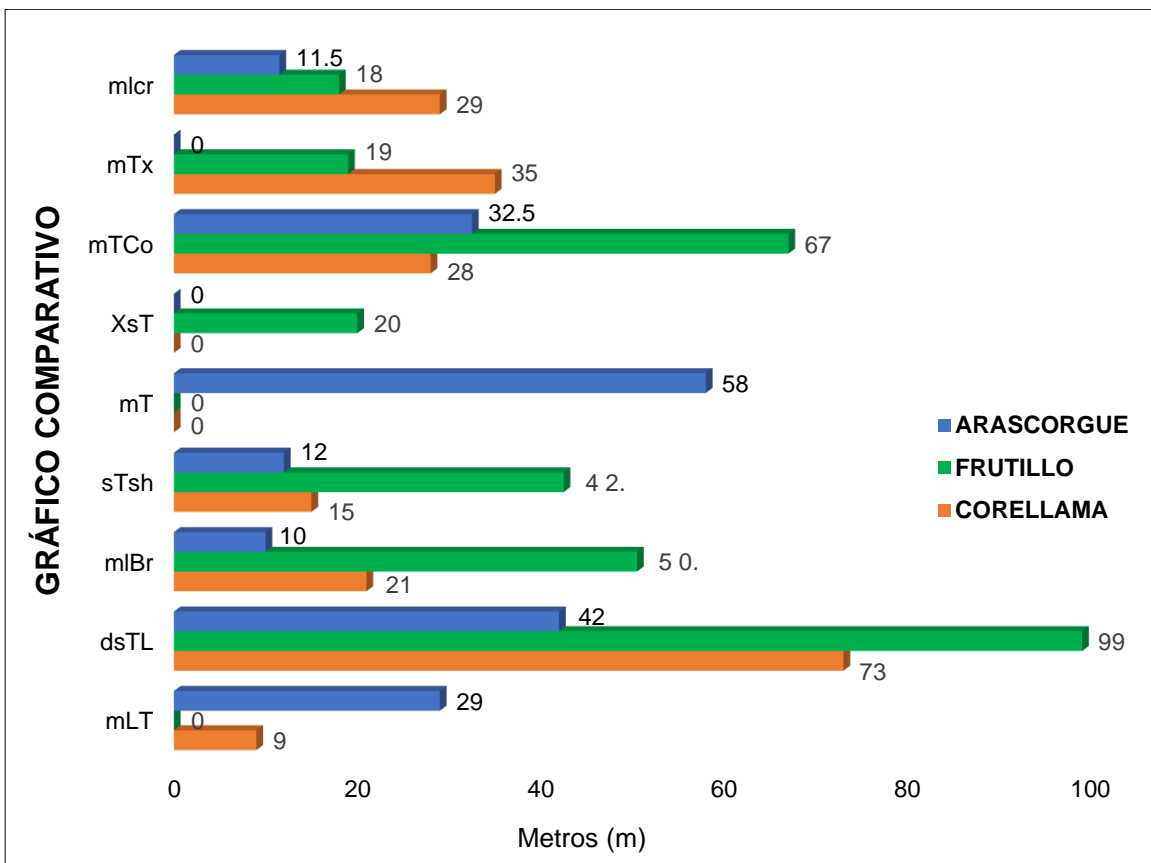


Figura 61. Gráfico estadístico comparativo de los espesores de las facies volcanoclásticas identificadas y posteriormente plasmadas en la columna estratigráfica.

La figura 61. Pone en evidencia lo que mostramos anteriormente en las figuras 58, 59 y 60. Pero desde una perspectiva global del Volcánico Huambos. Las facies volcanoclásticas en el sector de Corellama tiene un espesor total de 210 metros, predominando la asociación de facies constituido por flujos de cenizas de color grisácea a blanco, textura gruesa pobremente consolidadas en la base, ceniza fina y bloques composición andesítica < 1m de diámetro, se simbolizó con la abreviatura dsTL.

En el sector de Frutillo, las facies tienen un espesor de 316 metros. Resaltado la asociación de facies de arena volcanoclástica de textura fina a gruesa ( dsTL), su característica principal es contener entre 0 – 25 % de sedimentos piroclásticos (Schmid, 1981). Cabe precisar que este tipo de facies caracterizados en el sector de Frutillo se debe a sedimentos piroclásticos resedimentados.

En el sector de Arascorgue, las facies tienen un espesor de 195 metros. Siendo la asociación de facies mT la que predomina. Están constituidas de tobas masivas dacíticas de color blanquecino, textura fina a media.

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1. IDENTIFICACIÓN DE FACIES VOLCANOCLÁSTICAS**

La identificación de facies volcanoclásticas del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca, mediante la elaboración de la columna estratigráfica y reconocimiento de las variables que indican el tipo de litología, estructuras volcánicas y tiempo geocronológico; datos recogidos en tablas de elaboración de columnas estratigráficas, así como también haciendo uso de fichas de descripción petrográfica de las rocas volcánicas, determinando composición y textura.

#### **4.2. COLUMNA DE FACIES VOLCÁNICAS**

La descripción de la litología, mediante la extracción de muestras de afloramientos y su análisis microscópico ( 02 muestras) y macroscópico usando lupa, rayador y HCL, para determinar diferentes minerales que están constituyendo las rocas, clasificando estos datos en las fichas de reconocimiento litológico para cada sector (Corellama, Frutillo y Arascorgue), las cuales dieron por resultado el predominio de facies constituido por flujos de cenizas de color grisácea a blanco, textura gruesa pobremente consolidadas en la base, ceniza fina y bloques composición andesítica < 1m de diámetro en el sector de Corellama. Así mismo el sector de Frutillo predominaron la asociación de facies constituido por arena volcanoclástica de textura fina a gruesa. Su característica principal es estar constituido de 0 – 25 % de sedimentos piroclásticos (Schmid, 1981). Mientras que en el sector de Arascorgue la asociación de facies que predominan, Están constituidas de tobas masivas dacíticas de color blanquecino, textura fina a media. No obstante, las columnas elaboradas en cada sector se han plasmado en una columna general de facies volcanoclásticas.

#### **4.3. AMBIENTE GEOLÓGICO**

De acuerdo a las características volcanoclásticas que se ha podido identificar y en campo y las bases teóricas del volcánico Huambos, podemos afirmar que dicha unidad volcánica tiene un origen de ambiente explosivo de facies volcánicas (Noble et al., 1990).

#### **4.4. TIEMPO CRONOESTRATIGRÁFICO**

El volcánico Huambos pertenece al sistema Neógeno, serie medio y piso Langhiano, Serravaliano ( $\pm 15$  Ma.) Esta afirmación se hace en base a la tabla cronoestratigráfica internacional (ISC, 2024).

#### **4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la identificación de facies volcanoclásticas y elaboración de columnas del Volcánico Huambos, se ha identificado facies de flujos de avalancha y flujos de escombros de 8, 9 y 11m de espesor clasto soportado, con fragmentos líticos que oscilan desde 1cm de 1m de diámetro en la base. Estos a su vez están superpuestos por secuencias laminares pseudoestratificadas de ceniza, lapilli de 4m espesor, rocas andesíticas y oleadas piroclásticas de cenizas de 12 y 13m de espesor con esporádicos fragmentos líticos andesíticos < 30 cm de diámetro matriz soportada y débilmente agilizado. El modo de ocurrencia de estas facies en el sector de Corellama se debe a varios eventos explosivos que sucedieron hace millones de años. Mientras en el sector de Frutillo, predomina las facies de arenas volcanoclásticas de color blanco a rojizo, que su origen se debe a un proceso de resedimentación, es decir una vez ocurrido los eventos explosivos y posteriormente depositados, estos estuvieron expuestos a la erosión transporte y sedimentación. Así mismo en el sector de Arascorgue predomina tobas masivas de textura fina a media, color blanquecino a amarillo con esporádicos líticos de sílice y andesíticos en la matriz tobácea. En la parte superior del Volcánico Huambos, se ha podido identificar tobas masivas dacíticas que tiene en promedio 60m de espesor. Han sido fundamentales para la caracterización de esta formación. No obstante, ello, este tipo de roca ha servido a los pobladores precolombinos del sector de Arascorgue, tallar en forma de cavidades horizontales, forma de nichos. Actualmente se conoce como ventanillas de Arascorgue.

Para definir las facies volcanoclásticas del Volcánico Huambos, se ha elaborado una columna para cada sector. Así mismo para efectos de mejor entendimiento y tener una perspectiva global de la investigación se ha elaborado una columna general de facies volcanoclásticas, la cual servirá para posteriores estudios, correlaciones e investigaciones sobre esta formación volcánica.

#### **4.6. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Según la hipótesis propuesta: Las facies volcanoclásticas de Volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca corresponden a eventos explosivos de facies de pómez, cenizas de color gris blanquecino, flujos de escombros, tobas y fragmentos líticos andesíticos. Su espesor aproximado es de 300m; identificadas mediante estructuras masivas, clastos de 1cm hasta 1m de diámetro, secuencia directa e inversa y su ubicación en el tiempo cronoestratigráfico que corresponde al Langhiano – Serravaliano ( $\pm 15$  Ma) (ISC, 2024). Para contrastar esta hipótesis se ha realizado la identificación de facies volcanoclásticas y elaboración de columnas en tres sectores, Corellama, Frutillo y Arascorgue. Se ha reconocido facies de flujos de avalancha, flujos de escombros, predominan las facies de flujos de cenizas de textura gruesa y color grisácea a blanco, pobremente consolidadas. En la base, ceniza fina y bloques composición andesítica < 1m de diámetro, simbolizados con la abreviatura dsTL en el sector de Corellama, así mismo en este sector se tiene un espesor total de facies de 210m. Por otra parte, en el Sector de Frutillo se ha medido un total de 316m, en cuanto a facies volcanoclásticas, predominan las secuencias de arenas volcanoclásticas de textura fina a gruesa (dsTL), su característica principal es contener entre 0 – 25 % de sedimentos piroclásticos (Schmid, 1981). Mientras que en el sector de Arascorgue, predomina la asociación de facies mT. Constituidas por tobas masivas dacíticas de color blanquecino, que corresponden Facie 4 del volcánico Huambos, tiene un promedio de 50m de espesor y un total de 195m respectivamente.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- ❖ Las facies volcanoclásticas del volcánico Huambos en el distrito de Bambamarca, están constituidas por 4 facies de flujos de escombros, flujos de avalanchas con clastos < 1m de diámetros, tobas cristalinas, tobas dacíticas y facies de arenas volcanoclásticas resedimentada.
- ❖ La columna de facies volcánicas en el sector de Corellama tiene un espesor total de 210m. En el sector de Frutillo tiene un espesor de 316m y en el sector de Arascorgue tiene una longitud de 195m. Haciendo un total de 721m.
- ❖ Macroscópicamente se describe como tobas cristalinas de textura fina a medio y color blanquecino a gris en el sector de Corellama. Rocas andesíticas de color gris a blanco, textura fina a media en el sector de Frutillo. Tobas dacíticas masivas de color blanco a gris en el sector de Arascorgue.
- ❖ Los afloramientos del Volcánico Huambos se encuentran tanto al sureste como al suroeste del distrito de Bambamarca, la cual se infiere que posiblemente el centro Volcánico de Tantahuatay sea el que dio origen a estos depósitos volcánicos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ Se recomienda a los investigadores de las ramas de Estratigrafía y Petrología, realizar estudios petrográficos por microscopía para un mejor análisis e interpretación del Volcánico Huambos.
  
- ❖ Realizar dataciones en diferentes puntos de afloramientos del volcánico Huambos, con el fin de saber su relación con el centro volcánico de Tantahuatay.
  
- ❖ Elaborar estudios del Grupo Calipuy y el Volcánico Huambos en conjunto para tener un mejor entendimiento en cuanto a su origen y edad

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez, W; Arnosio, M; Chiodi, A; Ortiz-Yañes, A; Viramonte, J. G; Bustos, Emilce, Giordano, G. & López, J. 2015. Estratigrafía y evolución del Complejo Volcánico Cerro Blanco, Puna Austral, Argentina. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 32(1).
- Branney, M.J. & Kokelaar, P. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. *Geol. Soc. London, Memoirs*
- Benavides, V. E. 1956. Geología de la región de Cajamarca. Sociedad Geológica del Perú. *Boletín*. n.30, 1956
- Calderón, C. E. Y. Sánchez, John J. Geometría y dimensiones de estructuras de disyunción columnar en rocas volcánicas de Colombia. *Bol. geol.* 2023, vol.45, n.1.
- Cas, R. & Wrigth, J. 1988. Sucesión Volcánica: Moderna y antigua. Unwin Hyman, Londres.
- Cas, R. & Wright, J.V., 1987. Volcanic successions, modern and ancient: a geological approach to processes, products and successions., London
- Carracedo, M; Larrea, F. J. Y Alonso, A. 1999. Estructura y organización de las coladas submarinas: características de las lavas almohadilladas de edad cretácica que afloran en la Cordillera Vasco Cantábrica. *Estudios Geológicos*.
- Cobbing, E.J; Pitcher, W.S; Wilson, J; Baldock, J; McCourt, W; Snelling, N.J. 1981. Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte del Perú. *Boletín del INGEMMET, serie D*, v. 10
- Cossio, A. 1964. Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y San Rosa, Com. Carta Geol. Nac., Bol. 8
- Dalmayrac, B; Laubacher, G; Marocco, René. 1988. Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos. *INGEMMET. Boletín, Serie D: Estudios Especiales*; n° 12.
- Díaz, B. C, C. 2021 Análisis de facies de las unidades volcánicas y sedimentarias oligo-miocenas en el cordón cerro las vizcachas (35°45' - 35°50's), región del maule, Chile. Universidad Andrés Bello
- Díaz De Neira Sánchez, J. A; Gallastegui, G; González-Menéndez, L; Y Mancebo M. 2019. Vocabulario de Rocas, Sedimentos y Formaciones Superficiales. Madrid. Instituto Geológico y Minero de España



- Davies, C.R., 2002, Tectono-magmatic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru: Unpublished Ph.D. dissertation, Queensland, Australia, James Cook University
- Echevarría, L. 2008. Mapeo en terrenos volcánicos. Colorado School of Mines
- Edward, F y Donald C. Noble. 1976. Momento de la deformación del Terciario tardío en los Andes del Perú. Boletín GSA; Volumen 97.
- Esparza, E y Mayorga R, JC. 2022. Estratigrafía y petrografía de la secuencia volcánica Tual–Puruay Traverse Puruay - Lluscapampa (sur de Yanacocha) Cajamarca - Perú. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas.
- Fisher, R. V. & Schmincke, H.U. 1984: Pyroclastic rocks. Springer Verlag, Berlín.
- Fisher, R. V. 1979. Models for pyroclastic surges and pyroclastic flows.- J. Volcanol. Geotherm. Res. 6.
- Folk, R.L. & Ward W.C., 1957: Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters.- J. Sediment. Petrol. 27.
- Gallardo, E. 2013. Estratigrafía del volcánico Huambos facies volcánicas y volcanoclásticas en la cuenca de Cajamarca. Tesis de titulación. Cajamarca – Perú.
- Gallardo, E. E. 2017. Metodología de la investigación. Universidad continental. Huancayo.
- Hedberg, H. D. 1980. Guía estratigráfica internacional: Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos. Barcelona, España: Reverté.
- Ingram, R. 1971. Sieve analysis. En: Carver, R.E., ed. Procedures in sedimentary petrology. New York: Wiley-Interscience
- Isc, 2024. Comisión internacional de estratigrafía.
- Jaimes, F; Navarro J; P. Alan, S. 2013. Mapa geológico del cuadrángulo de Chota (14-f), Hoja 14-f-I. Ingemmet
- Le Maitre, R. W; Streckeisen, A; Zanettin, B; Le Bas, M.J; Bonin, B; Bateman, P; Bellieni, G; Dudek, A; Efremova, S; Keller, J; Lameyre, J; Sabine, P.A; Schmid, R; Sorensen, H. Y; Woolley, A. R. 2002. Igneous rocks. A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University.

- Chavez, 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
- Longo, A. A; Dilles, J. H; Grunder, A. L. & Duncan, R. A. 2010. Evolution of calc-alkaline volcanism and associated hydrothermal gold deposits at Yanacocha, Peru. *Economic Geology*. v.105, n.7,
- McPhie, J. Doyle, M; Allen, R. 1993. *Texturas Volcánicas*
- Mamani, M; Rodríguez, R; Acosta, H; Jaimes, F; Navarro, P. y Carlotto, V. 2013. Características litológicas y geoquímicas más resaltantes de los arcos magmáticos del Perú desde el Ordovícico. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, v. 107.
- Moscoso, M. 2023. Geología del sistema de rift Mercedario en la faja plegada y corrida de la Ramada (32°04'S-32°11'S) : las facies volcanoclásticas y volcánicas de la Formación Rancho de Lata (Triásico Superior - Jurásico Inferior). Tesis de Grado. Universidad de Buenos Aires
- Mostacero, J. 2022. Caracterización Petrológica de la secuencia volcánica Tantachual (Grupo Calipuy) en las zonas de Pabellón Chico y Espina Amarilla. Tesis de titulación. Cajamarca – Perú.
- Murcia, H.G; Borrero, C.A; Pardo, N; Alvarado, G.E; Arnosio, M. Y Scolamacchia, T. 2013. Depósitos volcanoclásticos: Términos y conceptos para una clasificación en español *Revista Geológica de América Central*
- Navarro, P; Rivera, M; Monge, R. 2010. Geología del Grupo Calipuy (volcanismo cenozoico), Segmento Santiago de Chuco, norte del Perú. Resúmenes extendidos, XV Congreso Peruano de Geología, Cusco,
- Navarro, P. 2014. Correlación espacial, temporal y metalogenética del magmatismo Cenozoico del Grupo Calipuy del norte del Perú en base a nuevas dataciones. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 109
- Navarro, P. 2012. Nuevas dataciones en el segmento sur de Cajamarca, INGEMMET.
- Navarro, P; Cereceda, I. & Rivera, M. 2008. Stratigraphy of the synorogenic Cenozoic volcanic rocks of Cajamarca and Santiago de Chuco, northern Peru.. En: Simposio Internacional sobre Geodinámica Andina, 7. Niza, 2008. Resúmenes ampliados. París: IRD Editions,
- Navarro, P; Monge, R; Flores, A. 2008. Centros volcánicos oligo-miocénicos (Grupo Calipuy) en la zona sur de Cajamarca.

- Noble, C; Edwin, H; McKee; Mourier, T; Megárd, F. 1990, Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation, and uplift in northern Peru. *Boletín GSA* 1990; 102 (8): 1105-1113.
- Ortiz, H. L. E; Escamilla Casas, J. C. & Cruz Chávez, E. 2018. Bolas de lava acrecionales en la formación Atotonilco el Grande, Estado de Hidalgo, México. *Tópicos De Investigación En Ciencias De La Tierra Y Materiales*, 5(5)
- Pérez, T. F.J. 1992. Volcanoestratigrafía del Grupo Roque Nublo (Gran Canaria). Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Pinto, R. M. 2002. Transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel en Kupfertal, distrito minero de Yanacocha, Cajamarca, Perú. Tesis de titulación.
- Ponce, JJ; Carmona, N. Y Montagna, A.O. 2018. Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas: descripción, análisis e interpretación a partir de afloramientos, testigos corona y registros de imágenes de pozo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación YPF – UNRN.
- Puy, M. 2006. Caracterización de facies, ambientes sedimentarios y procesos de depósito de la sucesión volcanosedimentaria el coyote, baja California Sur, México. Tesis de Doctor. Ciudad de México. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Reyes, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos Cajabamba. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 31.
- Rodríguez, R. 2018. Impactos geotécnico-ambientales en cabeceras de subcuencas por implantación de minas conga. Tesis Doctoral. Cajamarca - Perú.
- Rodríguez, C. H. 2019. Caracterización petrológica del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo. Tesis de titulación. Cajamarca - Perú.
- Stefanie, A; Daniel, S; Daniel, A. 2017. Definición, lahares primarios y secundarios, tipos de flujo, comportamiento, afectación y monitoreo de la amenaza. Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional.
- Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUSG Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks.- *Geology*, 9.
- Teal, L., & Benavides, A. 2010. History and Geologic Overview of the Yanacocha Mining District, Cajamarca, Peru. *Economic Geology*, 105(7), 1173-1190.

- Turner, S.J. 1997. The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Perú: High-Sulfidation Mineralization in a Flow Dome Setting. Colorado School of Mines, Colorado, U.S.A.
- Vera, C.E. 2020. Análisis de metodologías para la evaluación del riesgo por avenidas torrenciales aplicadas a cuencas de alta montaña en Colombia. UNAD.
- Vera, J. 2017. Estratigrafía del Volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Encañada – Cajamarca - Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca
- Vera, J. 1994. Estratigrafía – Principios y métodos. Madrid.
- Viala, M. 2020. Magmatism and Related Au-Cu Mineralization in the Hualgayoc Mining District, Northern Peru. Tesis de Magister. University of Ottawa – Canadá.
- Wadell, H. 1933. Sphericity and roundness of rock particles, Journal of Geology 41.
- Wilson, J.J; Reyes, L; Garayar, J. 1967. Geología de 10s cuadrangulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuas y Huari. Serv. Geol. Mkzeh, vol. 16, Lima
- Wilson J. 1984. Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 38.
- Williams, H. Le. Mcbirney, A. 1979: Volcanology. Ed. Freeman Cooper, San Francisco

## **ANEXOS**

ANEXO I - FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

ANEXO II - PANEL FOTOGRÁFICO.

ANEXO III - ESTUDIOS PETROGRÁFICOS POR MICROSCOPIA.

ANEXO IV - PLANOS.

Plano N° 01 - Plano de Ubicación.

Plano N° 02 - Plano de Accesibilidad.

Plano N° 03 - Modelo Digital de Elevación.

Plano N° 04 - Plano Geológico.

Carta Geológica Nacional 14f – I.

ANEXO V - SECCIONES Y COLUMNAS.

Sección 1.

Columna del Sector Corellama.

Sección 2.

Columna del Sector Frutillo.

Sección 3.

Columna del Sector Arascorgue.

Columna General.

ANEXO I  
FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Ficha de recolección de datos del sector Corellama.

PUNTO	COORDENADAS UTM	UNIDAD	FACIE	SECTOR	DESCRIPCIÓN	ESPESOR (m)	ASOCIACIÓN DE FACIES	FACIE DEPOSITACIONAL
01	E: 774464, N: 9259387 C: 2644 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Flujos de avalancha, clastos subredondeados a redondeados, clasto soportado.	8	mTCo	Distal (D)
02	E: 774468, N: 9259339 C: 2649 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Flujos de ceniza color amarillento a blanquecino < 5cm de diámetro pobremente consolidado.	6	mTx	Distal (D)
03	E: 774599, N: 9259270 C: 2651 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Tobas de ceniza con esporádicos fragmentos líticos andesíticos < 30cm diámetro.	12	mlcr	Distal (D)
04	E: 774632, N: 9259129 C: 2656 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli	20	dsTL	Distal (D)
05	E: 774619, N: 9258957 C: 2670 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Flujos piroclásticos de ceniza con fragmentos andesíticos grisáceos y violáceos.	12	mIBr	Distal (D)
06	E: 774634, N: 9258921 C: 2666 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Corellama	Flujos de escombros con bloques líticos tobáceos, angulosos a sub angulosos clasto soportado	10	mTCo	Distal (D)
07	E: 774651, N: 9258867 C: 2679 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Flujos de ceniza pseudoestratificada, color blanquecino de textura fina a gruesa.	17	dsTL	Distal (D)
08	E: 774777, N: 9258637 C: 2684 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Secuencias pseudoestratificadas laminares de ceniza, lapilli y tobas dacíticas.	4	mlcr	Distal (D)
09	E: 774910, N: 9258601 C: 2689 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Cenizas pobremente consolidadas en la base con lapilli y bloque andesíticos de < 1m diámetro.	15	dsTL	Distal (D)
10	E: 775008, N: 9258399 C: 2691 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Cenizas de textura fina en la base y pseudoestratos de cenizas de textura gruesa.	16	mTx	Distal (D)
11	E: 775028, N: 9258328 C: 2694 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Flujos de ceniza de textura gruesa con líticos angulosos a subredondeados < 30cm diámetro	9	mIBr	Distal (D)
12	E: 775051, N: 9258292 C: 2699 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Corellama	Flujos de escombros con bloques angulosos a subredondeados < 1m diámetro.	11	mTCo	Distal (D)
13	E: 775199, N: 9258210 C: 2695 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Flujos piroclásticos de ceniza con bloques de pómez	11	dsTL	Distal (D)
14	E: 775146, N: 9258008 C: 2705 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Secuencias pseudoestratificadas de ceniza color verde a gris con esporádicos líticos redondeados	13	mTx	Distal (D)
15	E: 775353, N: 9258013 C: 2704 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Coladas de ceniza con líticos < 30cm diámetro.	9	mLT	Distal (D)
16	E: 775496, N: 9257962 C: 2706 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Oleadas piroclásticas de ceniza textura fina con psudoestratificacion de ceniza de textura gruesa.	13	mlcr	Distal (D)
17	E: 775585, N: 9257832 C: 2706 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Flujos de escombros con líticos angulosos clasto soportado.	9	mTCo	Distal (D)
18	E: 775711, N: 9257880 C: 2703 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Corellama	Secuencias pseudoestratificadas de tobas cristalinas (M – 01) color blanco a gris.	15	sTsh	Distal (D)

Ficha de recolección de datos del sector Frutillo.

PUNTO	COORDENADAS UTM	UNIDAD	FACIE	SECTOR	DESCRIPCIÓN	ESPESOR (m)	ASOCIACIÓN DE FACIES	FACIE DEPOSITACIONAL
01	E: 773815, N: 929201 C: 2553 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Rocas andesíticas moderadamente consolidadas, Textura fina a gruesa – Disyunción esferoidal	4.3	dsTL	Distal (D)
02	E: 773587, N: 9258919 C: 2557 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Cenizas pobremente consolidadas con fragmentos angulosos a subangulosos.	10	mTx	Distal (D)
03	E: 773676, N: 9258743 C: 2614 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Cenizas moderadamente consolidadas, textura gruesa.	2.5	sTsh	Distal (D)
04	E: 773527, N: 9258560 C: 2656 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Estratificación sesgada, cenizas pobremente consolidadas con líticos andesíticos	20	XsT	Distal (D)
05	E: 773500, N: 9258221 C: 2677 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Lapilli en la base con pseudoestratificación de líticos tobáceos de color amarillo a blanco	25	mBr	Distal (D)
06	E: 773160, N: 9258051 C: 2662 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Frutillo	Flujos de escombros con fragmentos de pómez < 10cm de diámetro.	15	mTCo	Distal (D)
07	E: 772972, N: 9259880 C: 2672 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Arena volcanoclástica de textura gruesa con líticos tobáceos < 5 cm de diámetro.	6	dsTL	Distal (D)
08	E: 773119, N: 9259404 C: 2676 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Flujos de ceniza con bloques de pómez < 1 m de diámetro.	22	mTCo	Distal (D)
09	E: 773244, N: 9259077 C: 2648 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Arena volcanoclástica de grano fino a grueso	3.2	dsTL	Distal (D)
10	E: 773033, N: 9258034 C: 2658 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Tobas de ceniza en la base con arena volcanoclástica de grano fino a gruesa.	18	dsTL	Distal (D)
11	E: 772847, N: 9258518 C: 2677 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli con fragmentos andesíticos	18	mlcr	Distal (D)
12	E: 772901, N: 9258167 C: 2663 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Frutillo	Flujos piroclásticos de ceniza con esporádicos fragmentos de toba dacítica.	15	dsTL	Distal (D)
13	E: 772403, N: 9258408 C: 2718 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Flujos de escombros con fragmentos andesíticos angulosos.	8.5	mBr	Distal (D)
14	E: 772489, N: 9258065 C: 2657 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli	17	dsTL	Distal (D)
15	E: 773127, N: 9257326 C: 2651 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Oleadas de ceniza pobremente consolidadas	12	dsTL	Distal (D)
16	E: 772473, N: 9257224 C: 2637 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Arena volcanoclástica de grano fino a grueso	20	dsTL	Distal (D)



17	E: 772256, N: 9256968 C: 2642 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Flujos de escombros con bloques de pómez < 1 m de diámetro.	17	mTCo	Distal (D)
18	E: 771921, N: 9256508 C: 2679 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Frutillo	Coladas de ceniza con líticos andesíticos angulosos a subangulosos	17	mIBr	Distal (D)
19	E: 771407, N: 9257085 C: 2648 msnm	Nm-H/4	Facie 4	Frutillo	Flujos de escombros con líticos angulosos < 30 cm de diámetro.	13	mTCo	Distal (D)
20	E: 771586, N: 9256882 C: 2730 msnm	Nm-H/4	Facie 4	Frutillo	Cenizas pobremente consolidadas de textura gruesa	3.5	mlcr	Distal (D)
21	E: 771438, N: 9256586 C: 2813 msnm	Nm-H/4	Facie 4	Frutillo	Flujos de ceniza, lapilli y líticos < 30 cm de diámetro.	9	mTx	Distal (D)
22	E: 771368, N: 9255994 C: 2862 msnm	Nm-H/4	Facie 4	Frutillo	Tobas cristalinas (plagioclasas 54%, cuarzo 9%, anfíboles 5%, biotita 3%, trazas 3%, ceniza 24%). (M-02)	40	sTsh	Distal (D)

Ficha de recolección de datos del sector Arascorgue.

PUNTO	COORDENADAS UTM	UNIDAD	FACIE	SECTOR	DESCRIPCIÓN	ESPESOR (m)	ASOCIACIÓN DE FACIES	FACIE DEPOSITACIONAL
01	E: 773403, N: 9255272 C: 2766 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Arascorgue	Aglomerado volcanoclástico, arena volcanoclástica de grano fino a medio	25	dsTL	Distal (D)
02	E: 773134, N: 9254985 C: 2689 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Arascorgue	Flujos de escombros con clastos de hasta 1 m de diámetro	4.5	mTCo	Distal (D)
03	E: 772993, N: 9255131 C: 2684 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Arascorgue	Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli moderadamente consolidados.	11.5	mlcr	Distal (D)
04	E: 773116, N: 9255377 C: 2677 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Arascorgue	Arena volcanoclástica con lapilli resedimentada	17	dsTL	Distal (D)
05	E: 773030, N: 9255590 C: 2677 msnm	Nm-H/1	Facie 1	Arascorgue	Tobas dacíticas de color blanquecino moderadamente consolidado	8	mT	Distal (D)
06	E: 772908, N: 9255456 C: 2679 msnm	Nm-H/2	Facie 1	Arascorgue	Coladas de ceniza y pómez, moderadamente consolidados	12	sTsh	Distal (D)
07	E: 772869, N: 9255603 C: 2667 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Arascorgue	Flujos de escombros con líticos de pómez y ceniza moderadamente consolidados	10	mIBr	Distal (D)
08	E: 772776, N: 9255665 C: 2717 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Arascorgue	Flujos de ceniza con fragmentos de pómez angulosos pobremente consolidados	5	mTCo	Distal (D)
09	E: 772663, N: 9255630 C: 2727 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Arascorgue	Oleadas piroclásticas de ceniza fina color blanquecino con líticos < 10 cm de diámetro.	11	mLT	Distal (D)
10	E: 772446, N: 9255664 C: 2757 msnm	Nm-H/2	Facie 2	Arascorgue	Flujos de avalancha con líticos < 30 cm de diámetro.	10	mTCo	Distal (D)

11	E: 772329, N: 9255692 C: 2764 msnm	Nm-H/3	Facie 2	Arascorgue	Coladas de ceniza moderadamente consolidadas.	2	mLT	Distal (D)
12	E: 771683, N: 9256040 C: 2751 msnm	Nm-H/3	Facie 2	Arascorgue	Flujos de escombros con ceniza y bloques de pómez angulosos < 50 cm de diámetro.	13	mTCo	Distal (D)
13	E: 771582, N: 9256216 C: 2781 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Arascorgue	Tobas dacíticas de textura fina y color amarillo.	4	mLT	Distal (D)
14	E: 771616, N: 9256484 C: 2840 msnm	Nm-H/3	Facie 3	Arascorgue	Oleadas piroclásticas de ceniza y lapilli, de color blanco a amarillo con fragmento lítico de sílice.	12	mLT	Distal (D)
15	E: 771444, N: 9256656 C: 2929 msnm	Nm-H/4	Facie 4	Arascorgue	Tobas masivas dacíticas de textura fina y color blanquecino, esporádicos líticos andesíticos.	50	mT	Distal (D)

ANEXO II  
PANEL FOTOGRÁFICO.

**Panel fotográfico.**

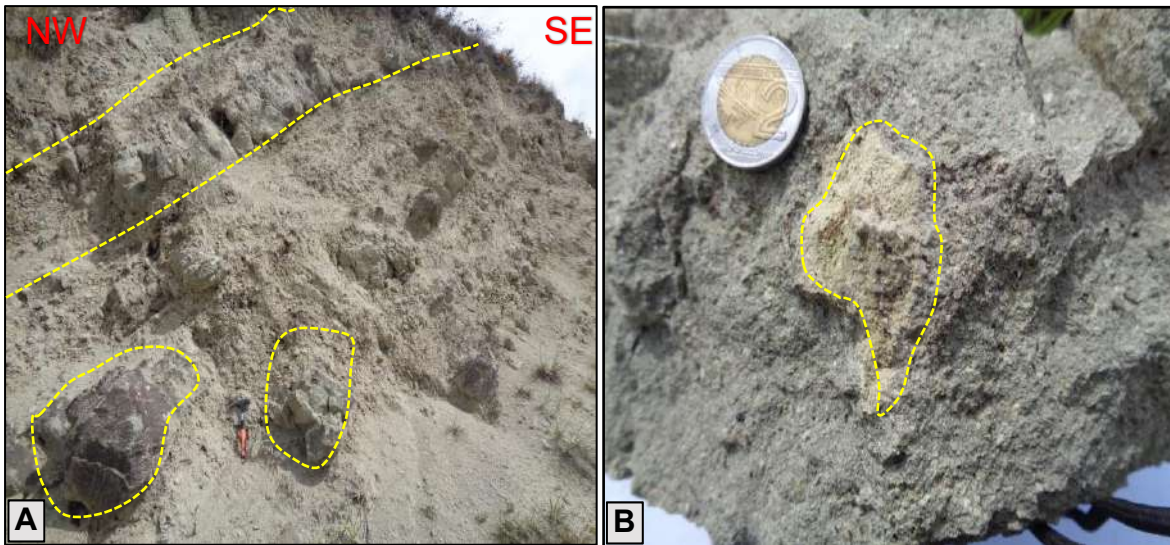


Figura 62. (A) Secuencia de ceniza fina en la base con pseudoestratos de ceniza gruesa moderadamente consolidados, presenta esporádicos bloques andesíticos < 1 m de diámetro. (B) Piroclasto no soldado en roca andesita color gris verdosa. Facie 3 del volcánico Huambos, en el sector de Corellama. Coordenadas UTM. N: 9258008, E: 775146, C: 2705 msnm.

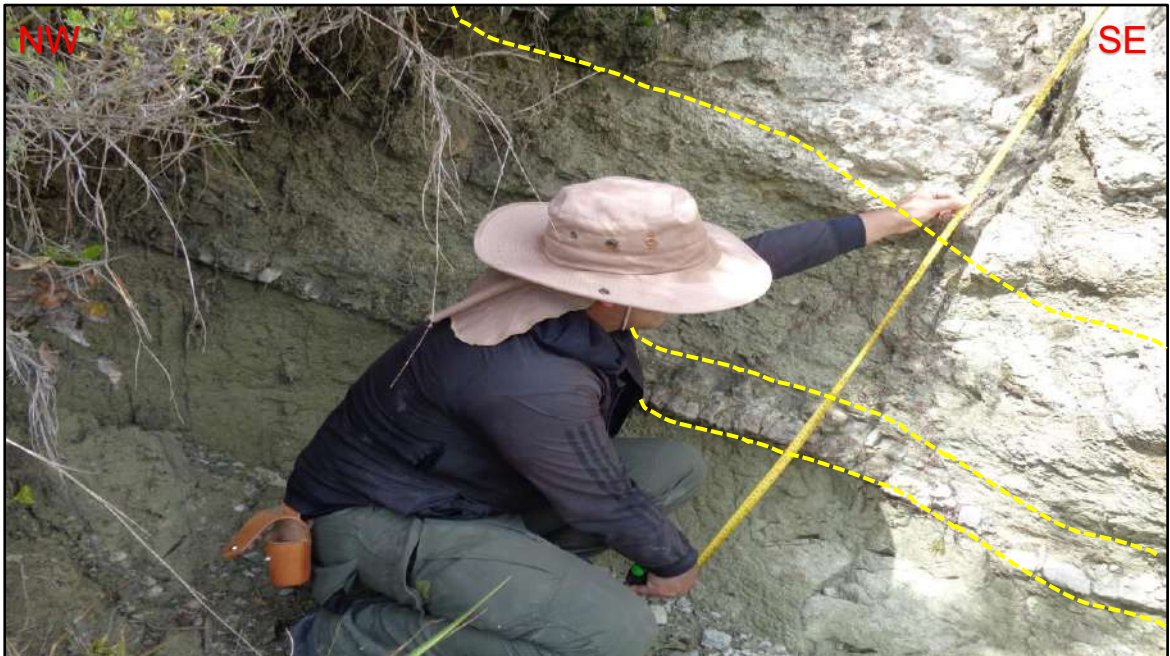


Figura 63. Medición de pseudoestratos de ceniza textura fina a gruesa y lapilli, pobremente consolidados. Facie 2 en el sector de Corellama. Coordenadas UTM. N: 9258637, E: 774777, C: 2684 msnm.



Figura 64. Afloramiento de un bloque de 1.5 metros de diámetro de composición andesítica, en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9258560, E: 773527, C: 2656 msnm.

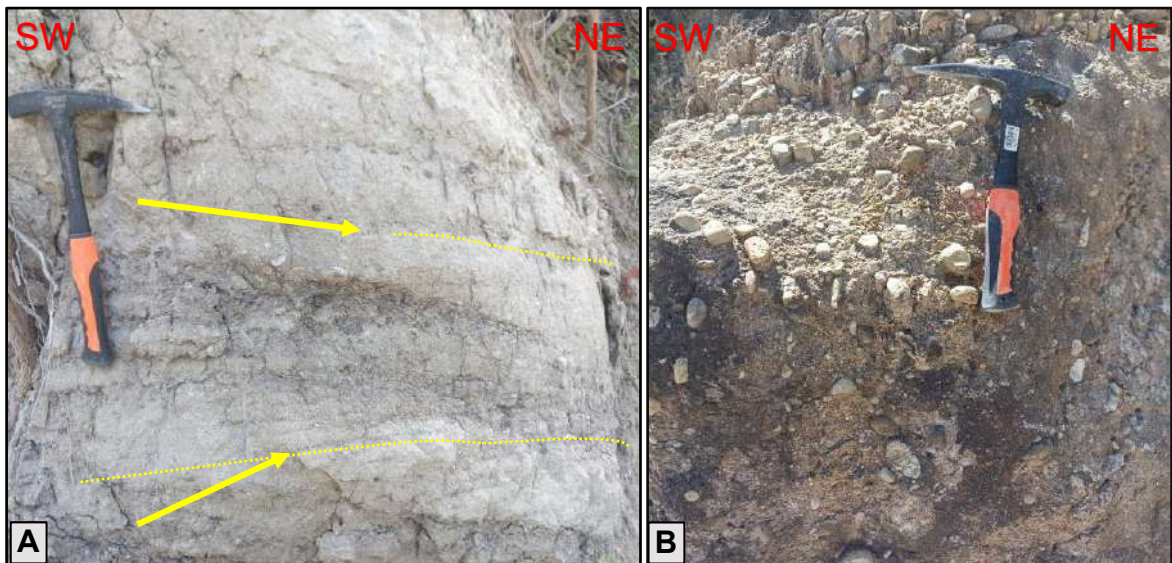



Figura 65. (A) Afloramiento de lahares. (B). Guijarros y arenas de grano grueso en el sector de Frutillo. Coordenadas UTM. N: 9259142, E: 773742, C: 2556 msnm.

### ANEXO III

ESTUDIOS PETROGRÁFICOS POR MICROSCOPIA.

	<b>FORMATO</b>	Fecha elabor.: 19/08/2024
	<b>ESTUDIO PETROMINERAGRÁFICO</b>	Página : 1 de 10


## INTRODUCCIÓN

A solicitud del **Sr. HOMERO LOAIZA SÁNCHEZ**, se realizaron 02 estudios petrográficos, correspondiente a 02 muestras de roca de acuerdo a la Solicitud N°001-2024-SAMPLESOLUTION.

### DEFINICIÓN DEL SERVICIO


El estudio petrográfico consta en la descripción macroscópica y microscópica de una muestra de afloramiento. La descripción macroscópica consiste en describir la roca de manera general, identificando los minerales a través de sus propiedades físicas, mediante el uso de una lupa de 20x y el estereomicroscopio, además de pruebas químicas simples con ácido clorhídrico al 10%. A continuación, se realiza la descripción microscópica de cada sección delgada mediante el uso del microscopio óptico de polarización, el cual consiste en la determinación y descripción de los minerales constituyentes de la roca, asociaciones, aspectos texturales, secuencias de formación mineral, porcentajes, alteraciones y finalmente la clasificación modal de la roca. Finalmente, se realiza la toma de fotografiado de la roca donde se muestra un sector característico de la sección acompañado de su respectiva descripción. La fotomicrografía se realiza de la ayuda de una cámara marca Nikon 3600.

### RESULTADOS OBTENIDOS

<b>Elaborado por:</b>	<b>Juan Carlos Lazo Huaruco</b>	<b>Firma:</b>	
-----------------------	---------------------------------	---------------	---

#### Estudios petrográficos:

N°	CÓDIGO DE LA MUESTRA	ESTUDIO PETROGRÁFICO (Clasificación de la roca)
1	M-01	Toba cristalina
2	M-02	Toba cristalina

	<b>FORMATO</b>	Fecha elabor.: 19/08/2024
	<b>ESTUDIO PETROMINERAGRÁFICO</b>	Página : 2 de 10

**ESTUDIO PETROGRÁFICO**

<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA</b>	M - 01
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	<b>TOBA CRISTALINA</b>

**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

<p>Roca ígnea compacta de color gris blanquecino y textura fragmental. Está compuesta por fragmentos angulosos de cristales de feldespatos y ferromagnesianos; todos ellos, inmersos en una matriz afanítica blanquecina formada por sílice y arcillas. Posee densidad media y no presenta magnetismo.</p>	
--	--

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

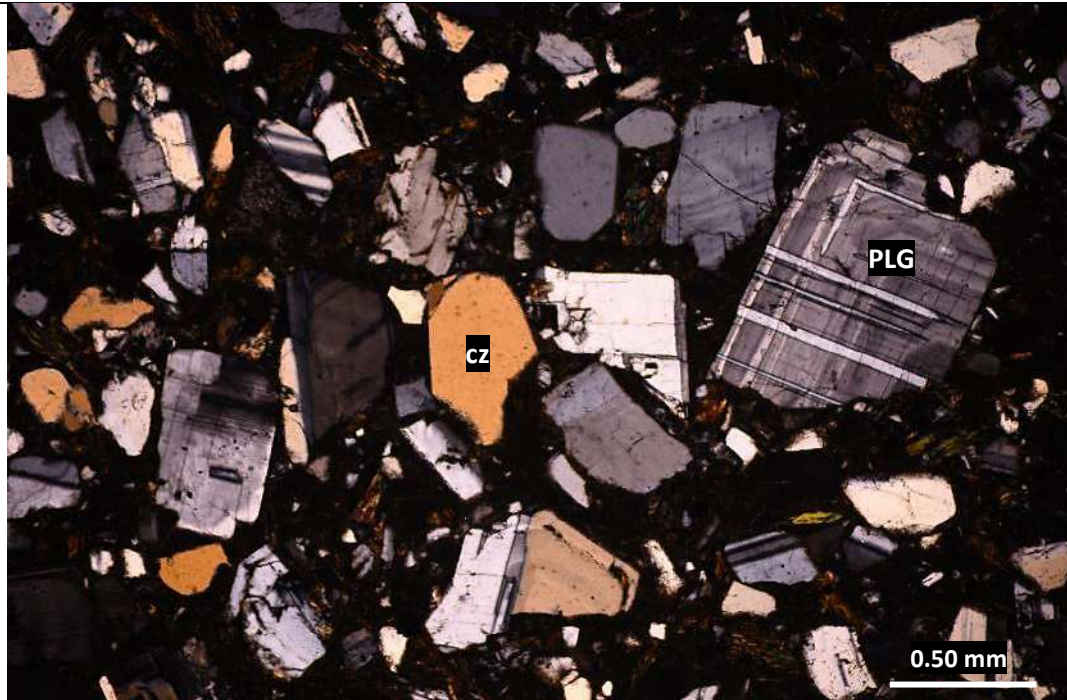
	<p>Roca volcánica con textura fragmental. Está formada por fragmentos angulosos y subangulosos de cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita y minerales opacos; en la mayoría de los casos, con desarrollo de bordes de reabsorción. Además, presenta fragmentos líticos I alterados y fragmentos líticos II de origen volcánico. Por sectores, presenta agregados de zeolitas en cavidades. La matriz está formada por agregados terrosos y microfibrosos de arcillas y sílice que, por sectores, presenta restos de morfologías (shards) propias del material vítreo preexistente (ceniza).</p>
--	---

<b>MINERALES PRIMARIOS</b>			
<b>MINERAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Plagioclasas</b>	Fragmentos de cristales muy angulosos y angulosos. Presentan desarrollo de maclas de tipo polisintética, zonación concéntrica oscilatoria; y en muchos casos, presenta bordes ligeramente corroídos.	50	1,1
<b>Cuarzo</b>	Cristales angulosos y muy angulosos. Exhiben desarrollo de bordes de reabsorción y se encuentran dispersos de forma aleatoria en la muestra.	10	1,2
<b>Anfíboles</b>	Cristales angulosos y muy angulosos. Exhiben clivaje perfecto en dos direcciones. Además, se observa con incipiente oxidación y bordes ligeramente corroídos.	4	0,8

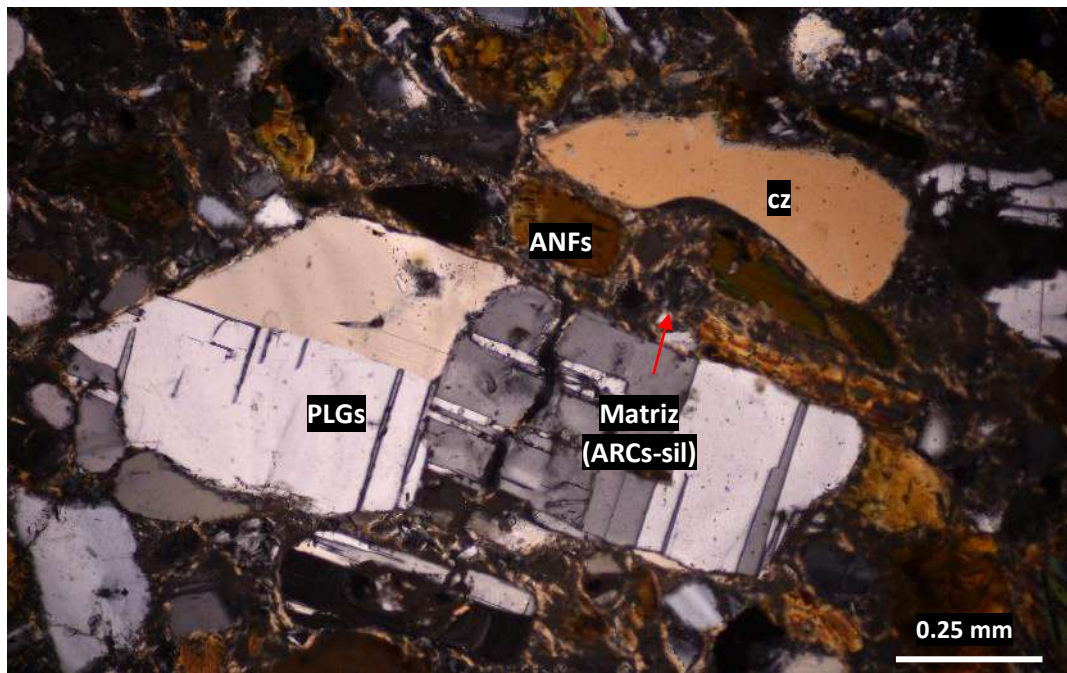


<b>Biotita</b>	Fragmentos de cristales fibrosos laminares. Se encuentran débilmente oxidados, corroídos y, a menudo ocurren ligeramente flexionados. Se encuentran dispersos en la muestra.	2	1,2
<b>Minerales opacos</b>	Cristales con formas anhedrales. Presentan bordes de reabsorción y se encuentran diseminados o a modo de cristales flotantes en la matriz.	1	0,5
<b>Zeolitas</b>	Cristales euhedrales con hábito prismático tabular. Se presenta a modo de agregados de cristales subradiados relleno de cavidades.	Traza	0,1
<b>Óxidos de hierro</b>	Ocurren a modo de agregados criptocristalinos puntuales y a modo de parches en la matriz.	Traza	< 0.05
<b>Matriz</b>	Está formada por agregados terrosos y microfibrosos de arcillas y sílice. Por sectores, se observan restos de morfologías (shards) propias del material vítreo preexistente (ceniza). Ocurre como soporte de los fragmentos de cristales y fragmentos líticos.	31	< 0.05

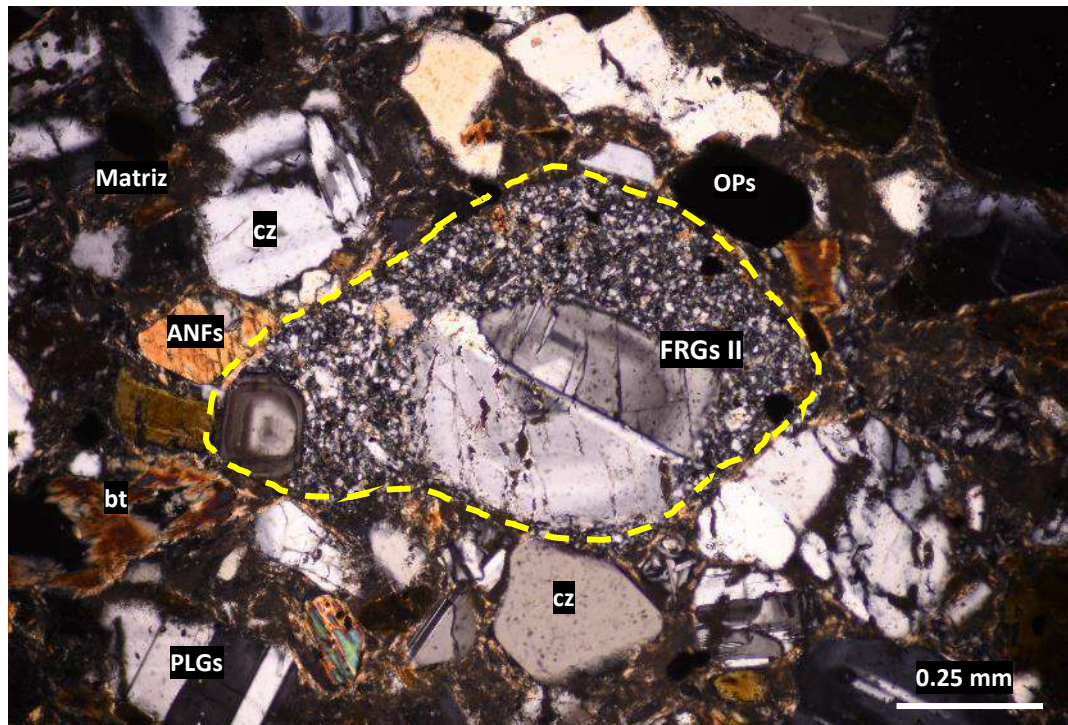
<b>FRAGMENTOS DE ROCA</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Fragmentos de roca alterada (FRGs I).</b> Presentan formas subangulosas y angulosas con bordes de reabsorción. Están compuestos por agregados de sílice y sericita. Además, se reconocen restos de cuarzo primario y agregados puntuales de óxidos de hierro. Posible protolito: roca volcánica.	1	2.05
<b>Fragmentos de roca volcánica (FRGs II).</b> Se exhiben angulosos y subangulosos con bordes de reabsorción. Presentan textura porfirítica y están compuestos por fenocristales de plagioclasas y anfíboles inmersos en una matriz micro a criptocristalina de composición cuarzo - feldespática. En algunos fragmentos, los anfíboles se encuentran oxidados.	1	1.15



**Fotomicrografía 1: Toba cristalina.** Fragmentos angulosos y subangulosos de cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita. **Abrev.:** **PLGs:** Plagioclasas; **cz:** Cuarzo.



**Fotomicrografía 2:** Cristales de cuarzo, plagioclasas y anfíboles con bordes de reabsorción de cuarzo inmersos en una matriz de agregados microfibrosos y arcillosos de arcillas y sílice. **Abrev.:** **PLGs:** Plagioclasas; **ANFs:** Anfíboles; **cz:** Cuarzo; **ARCs:** Arcillas; **Sil:** sílice.



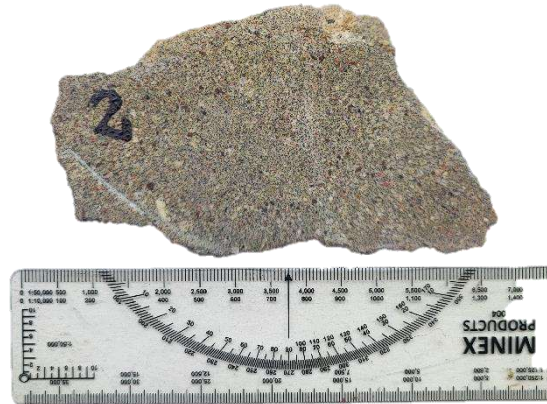
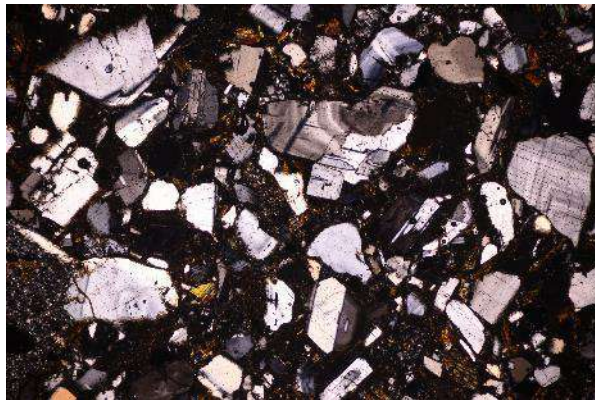
**Fotomicrografía 3:** Nótese el fragmento lítico II de naturaleza volcánica junto a fragmentos cristalinos de cuarzo, plagioclasas, anfíboles y biotitas; dispuestos en una matriz de agregados microfibrosos y arcillas. **Abrev.:** **FRGs II:** Fragmento lítico II; **PLGs:** Plagioclasas; **ANFs:** Anfíboles; **cz:** Cuarzo; **bt:** Biotita; **OPs:** Opacos.

**ESTUDIO PETROGRÁFICO**
**CÓDIGO DE LA MUESTRA**

M - 02

**CLASIFICACIÓN DE LA ROCA**
**TOBA CRISTALINA**
**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea compacta de color gris blanquecino y textura fragmental. Constituida por fragmentos angulosos de cristales de feldespatos y ferromagnesianos y ocasionales fragmentos líticos polimícticos; todos ellos, inmersos en una matriz afanítica blanquecina constituida por sílice y arcillas. Posee densidad media y no presenta magnetismo.


**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**


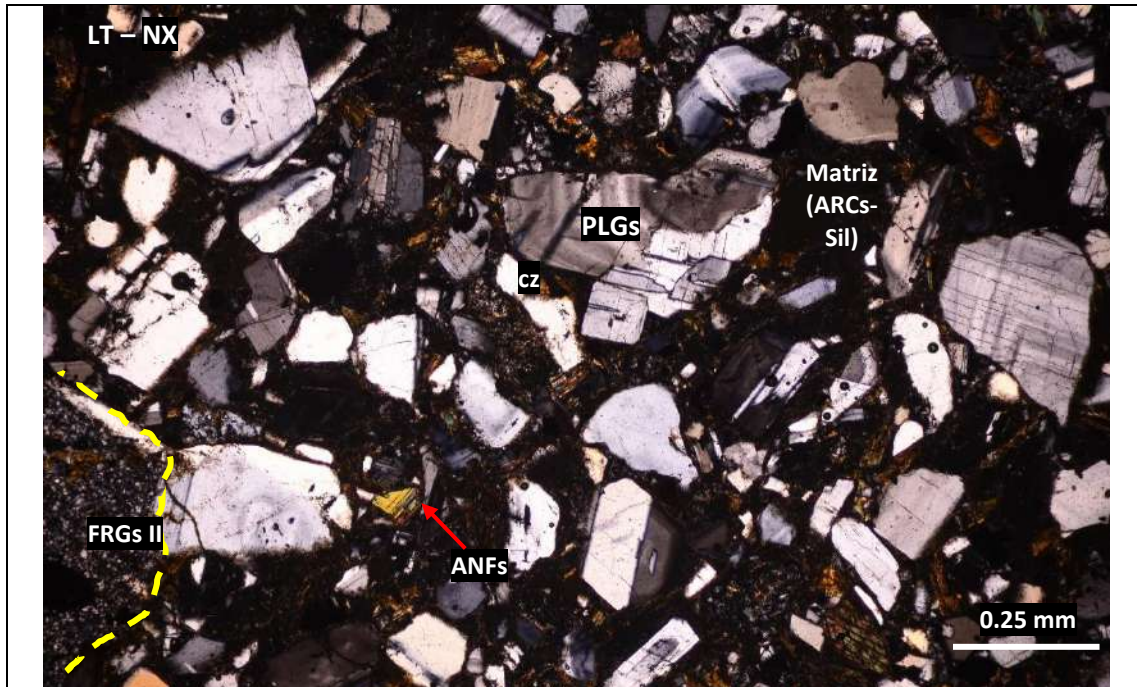
Roca volcánica con textura fragmental. Lo conforman fragmentos angulosos y subangulosos de cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita y minerales opacos. Los cristales muestran frecuentemente bordes de reabsorción. Asimismo, se reconocen fragmentos líticos I con alteración pervasiva y fragmentos líticos II con origen de naturaleza volcánica. Por zonas, presentan cristales de zeolitas en agregados rellenando cavidades. La matriz está constituida por material terroso en agregados y cristales microfibrosos de arcillas y sílice que. Por zonas muestran partículas vítreas con estructura tipo shards y ceniza.

**MINERALES PRIMARIOS**

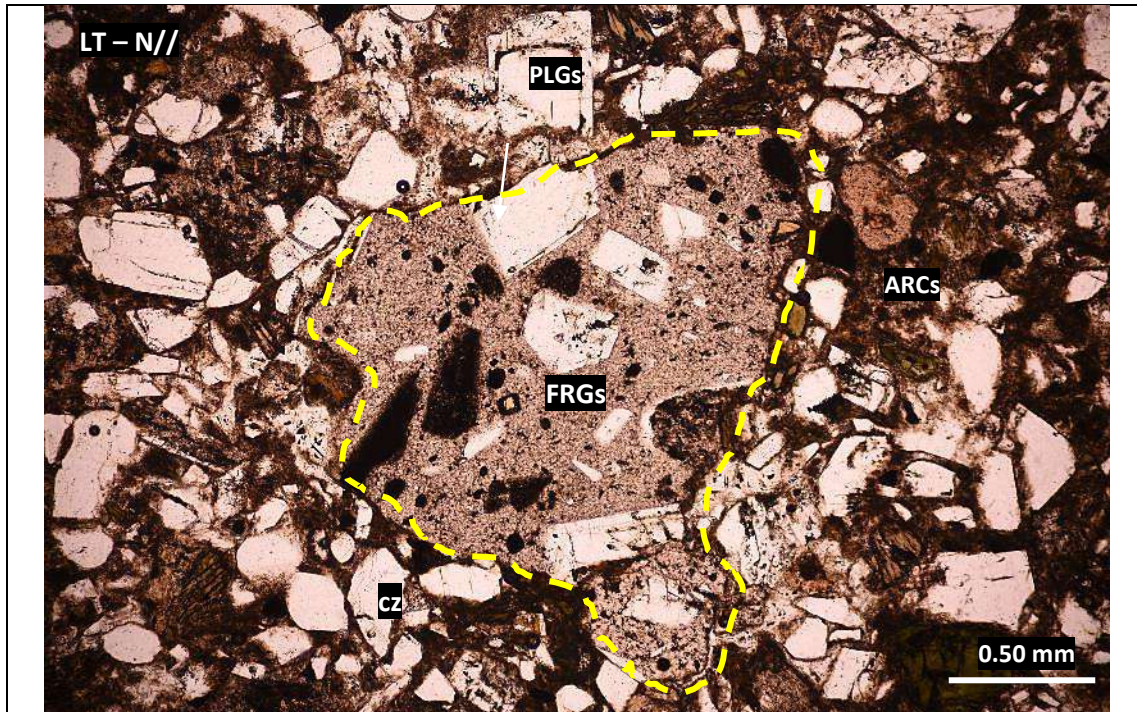
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	mm
<b>Plagioclasas</b>	Ocurren como cristales rotos con formas muy angulosas a angulosos. Exhiben desarrollo de maclas de tipo polisintética y zonación concéntrica oscilatoria en la roca y en los fragmentos líticos. Se observan comúnmente con bordes ligeramente corroídos.	54	1,15
<b>Cuarzo</b>	Se encuentran como cristales con formas angulosas y muy angulosas. Muestran bordes de reabsorción y se presentan de manera dispersa en la muestra.	9	1,31
<b>Anfíboles</b>	Cristales con formas angulosos y muy angulosos. Presentan con clivaje perfecto en dos direcciones. Asimismo, presenta oxidación incipiente y contornos ligeramente corroídos.	5	0,8

<b>Biotita</b>	Se muestran como fragmentos de cristales micáceos, fibrosos y laminares. Se encuentran con bordes corroídos y, frecuentemente flexurados. Se encuentran dispersos en la roca. Se presentan reemplazados débilmente por óxidos de hierro.	3	1,2
<b>Minerales opacos</b>	Cristales con formas anhedrales. Se muestran con bordes de reabsorción dispuestos de forma diseminada, como cristales inmersos en la matriz.	1	0,5
<b>Zeolitas</b>	Se presentan como cristales con formas euhedrales y hábito prismático tabular. Se muestran como agregados de cristales subradiados rellenando cavidades.	Traza	0,1
<b>Óxidos de hierro</b>	Se muestran a modo de parches y agregados criptocristalinos puntuales dispersos en la matriz.	Traza	< 0.05
<b>Matriz</b>	Está constituida por agregados terrosos y microfibrosos de arcillas y sílice. Por zonas, se muestran relictos con morfologías tipo shards propias del material vítreo preexistente (ceniza). Ocurre como material de soporte de los fragmentos de cristalinos y líticos.	24	< 0.05

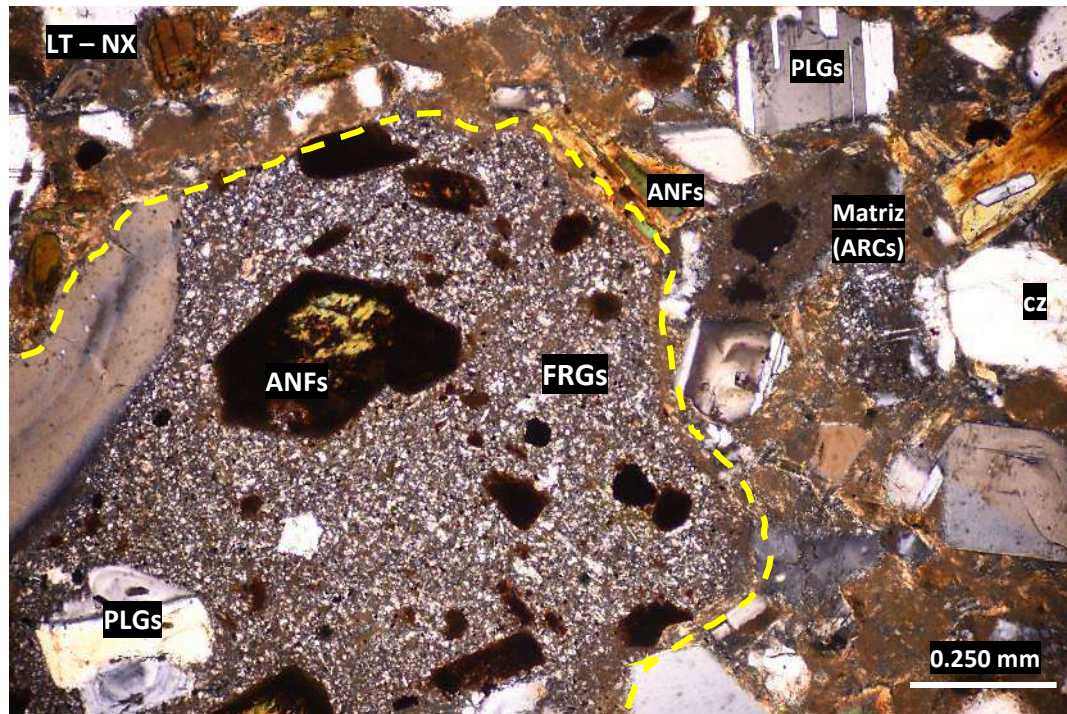
<b>FRAGMENTOS DE ROCA</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Fragmentos de roca alterada (FRGs I).</b> Se presentan con contornos subangulosos y angulosos con bordes de reabsorción. Está constituido por un agregado de sílice y microcristales de sericita. Asimismo, se observa relictos de cuarzo primario y agregados terrosos y discretos de óxidos de hierro. Posible protolito: roca volcánica	2	2.1
<b>Fragmentos de roca volcánica (FRGs II).</b> Se muestran con formas angulosas y subangulosas con bordes de reabsorción. Presentan textura porfírica y están compuestos por fenocristales de plagioclasas con zonación oscilatoria, cuarzo y anfíboles inmersos en una matriz micro a criptocristalina de constituida por cuarzo-feldespatos. En algunos fragmentos, los anfíboles se encuentran oxidados.	2	1.9



**Fotomicrografía 4:** Toba cristalina con textura fragmental. Nótese los fragmentos de cristales de plagioclasas con desarrollo de zonación oscilatoria.  
**Abrev.:** FRGs II: Fragmento lítico II; PLGs: Plagioclasas; ANFs: Anfíboles; cz: Cuarzo; ARCs: Arcillas; Sil: sílice.



**Fotomicrografía 5:** Fragmento lítico con bordes corroídos inmerso en la matriz junto a cristales rotos. Nótese el aspecto turbio en la matriz correspondiente al contenido de arcillas. **Abrev.:** **FRGs:** Fragmento lítico; **PLGs:** Plagioclasas; **ANFs:** Anfíboles; **cz:** Cuarzo; **ARC's:** Arcillas; **Sil:** sílice.

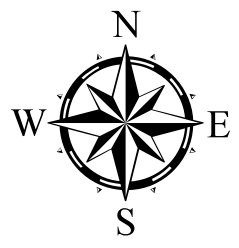
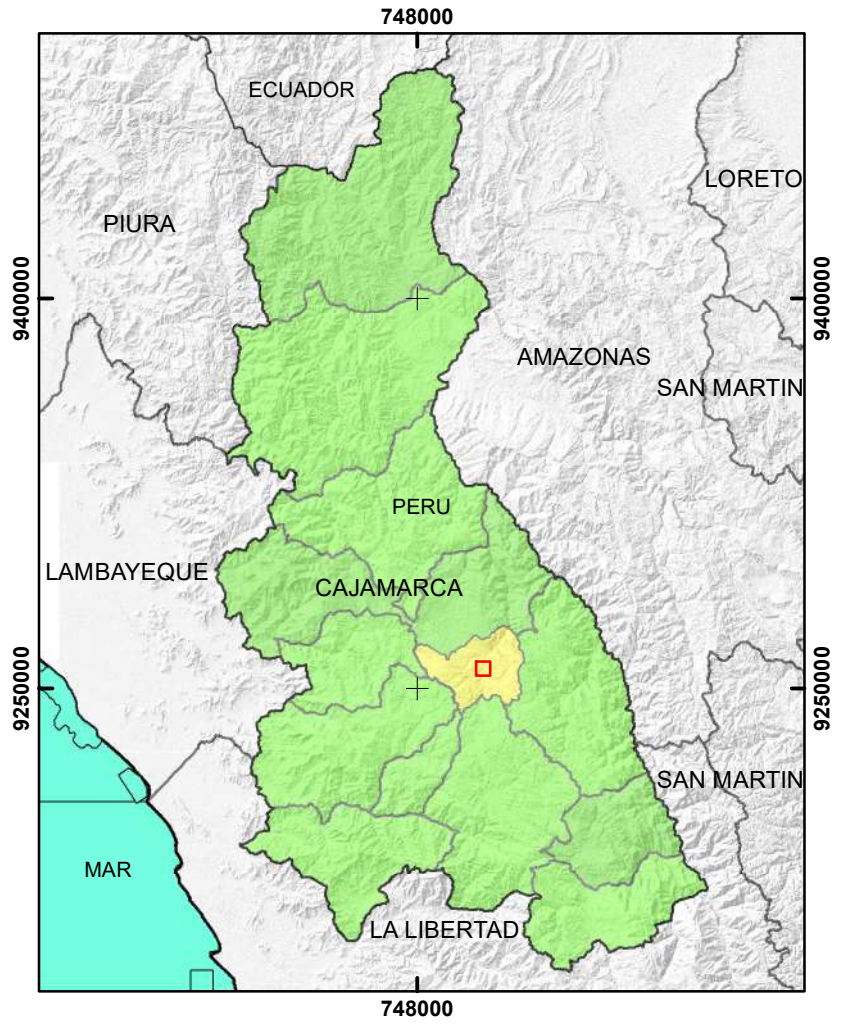
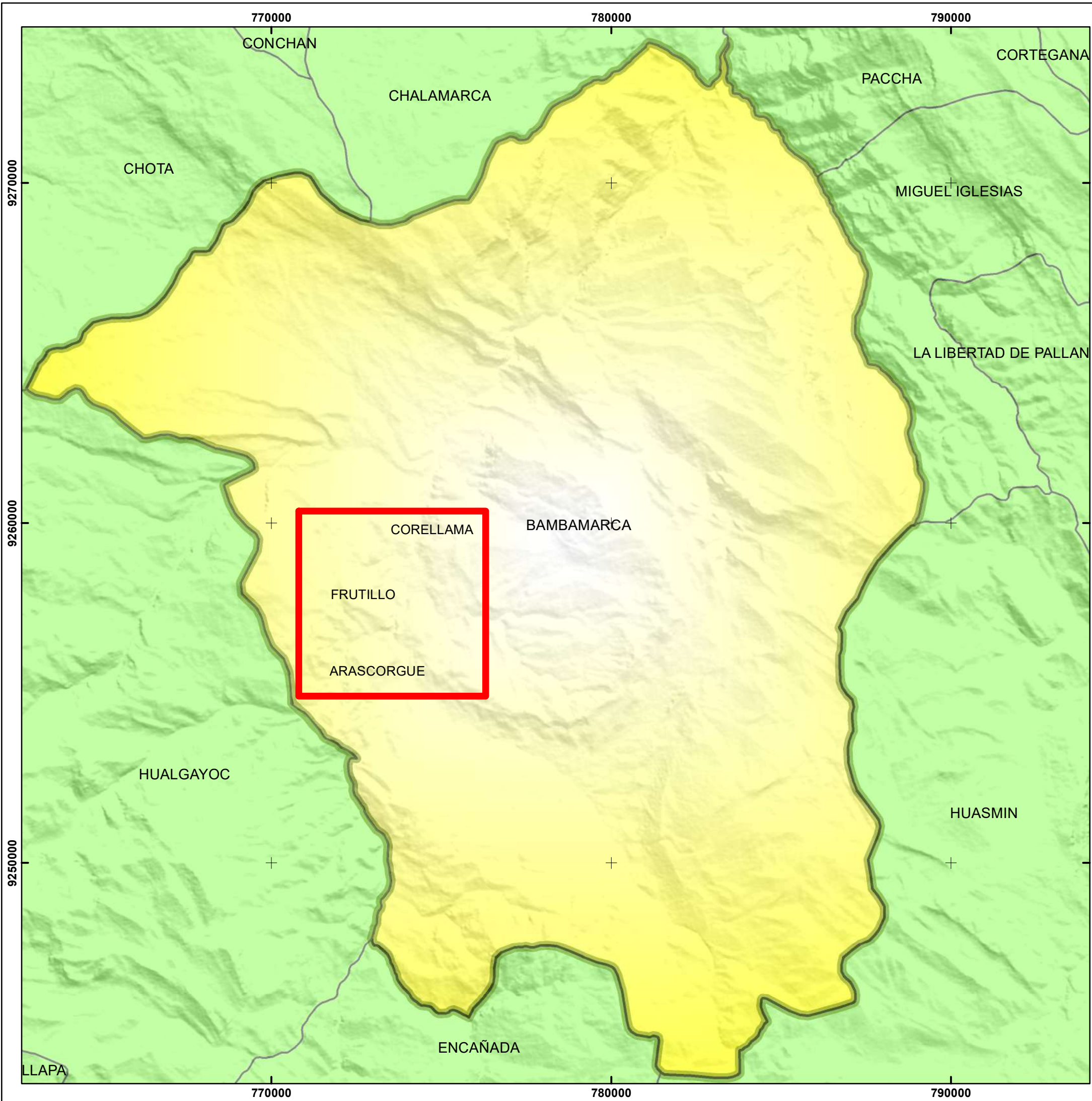


**Fotomicrografía 6:** **FRGs:** Fragmento lítico con bordes ligeramente reabsorbidos mostrando textura porfírica con fenocristales de plagioclasas y anfíboles inmersos en una matriz micro a criptocristalina cuarzo-feldespática. Además, se observa cristales rotos de plagioclasas con macla polisintética y zonación oscilatoria. **Abrev.:** **FRGs:** Fragmento lítico; **PLGs:** Plagioclasas; **ANFs:** Anfíboles; **cz:** Cuarzo; **ARCs:** Arcillas.



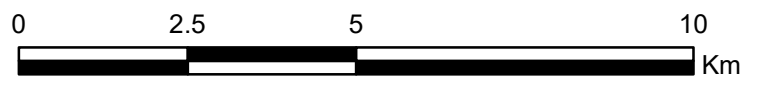
ANEXO IV

PLANOS.

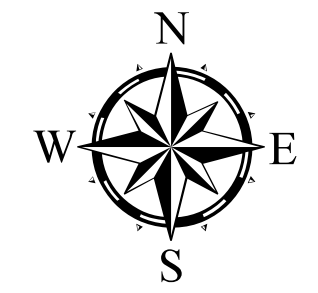


**Leyenda**

- Bamamarca
- Zona de investigación

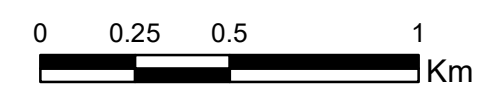


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		<b>Plano N°:</b> <b>01</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
<b>Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>			
<b>FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA</b>			
<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>			
Tesisista:	Bach. Homero Loaiza Sánchez	Escala:	1:100000
Asesor:	Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani	Fecha:	Agosto de 2024
			Datum: WGS 84 - Zona 17 sur

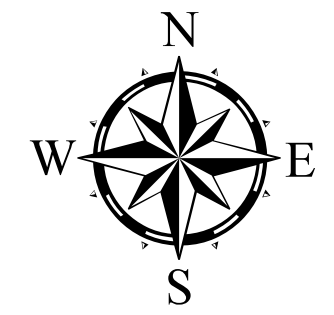
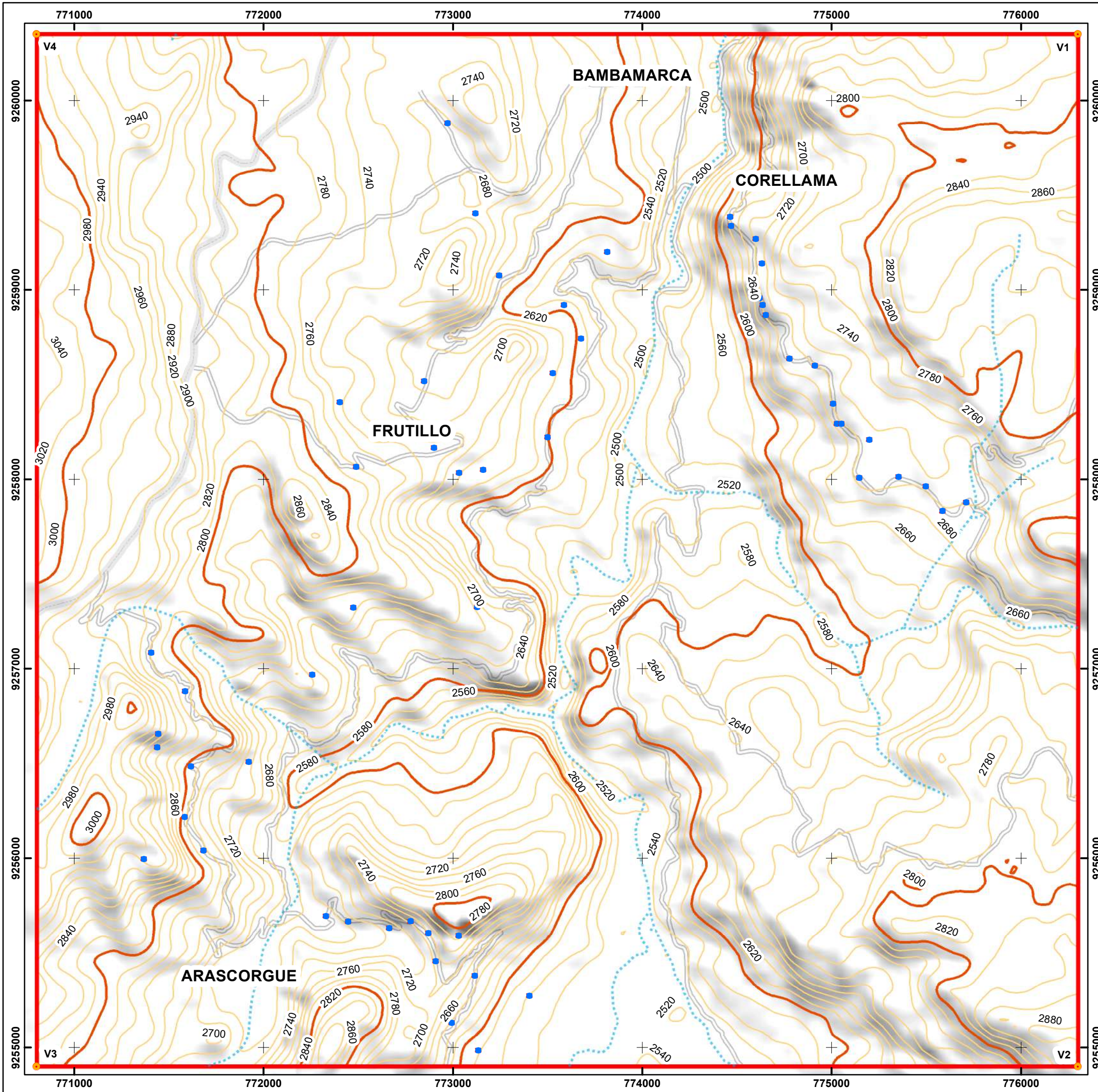


### Leyenda

- Red hídrica
- Vertices
- Vía afirmada
- Vía asfaltada
- Zona de investigación

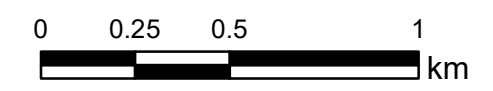


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		02
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	<b>FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA</b>		
PLANO DE ACCESIBILIDAD			Plano N°:
Tesis: <b>Bach. Homero Loaiza Sánchez</b>		Escala: 1:20000	02
Asesor: <b>Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani</b>		Fecha: Agosto de 2024	
		Datum: WGS 84 - Zona 17 sur	

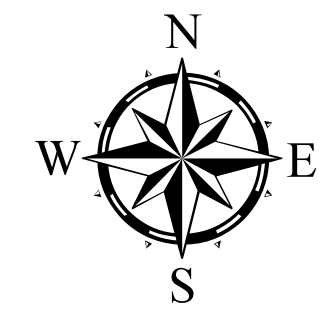
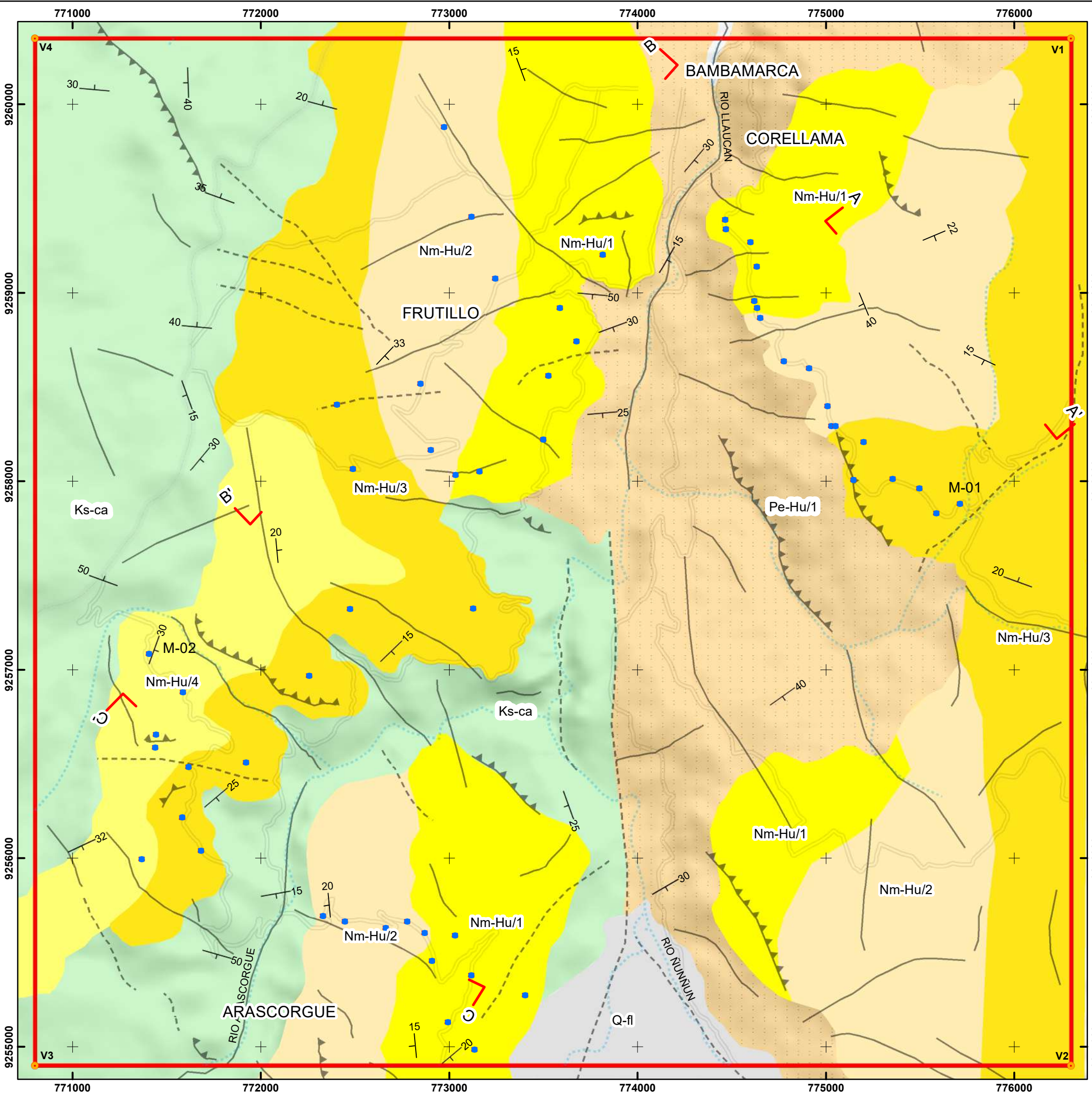


### Leyenda

- Curvas mayores
- Curvas menores
- Estaciones
- Red hídrica
- Vertices
- Via afirmada
- Via asfaltada
- Zona de investigación



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		03
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	<b>FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA</b>		
MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN		Plano N°:	
Tesista: <b>Bach. Homero Loaiza Sánchez</b>		Escala: 1:20000	
Asesor: <b>Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani</b>		Fecha: Agosto de 2024	
		Datum: WGS 84 - Zona 17 sur	



### Geología

- Q-fl
- Nm-Hu/4
- Nm-Hu/3
- Nm-Hu/2
- Nm-Hu/1
- Pe-Hu/1
- Ks-Ca

### Leyenda

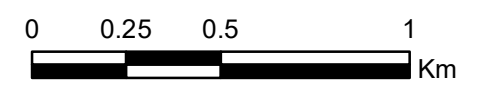
- Estaciones
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla normal
- Red hídrica
- Vertices
- Vía afirmada
- Vía asfaltada
- Zona de investigación

### Secciones

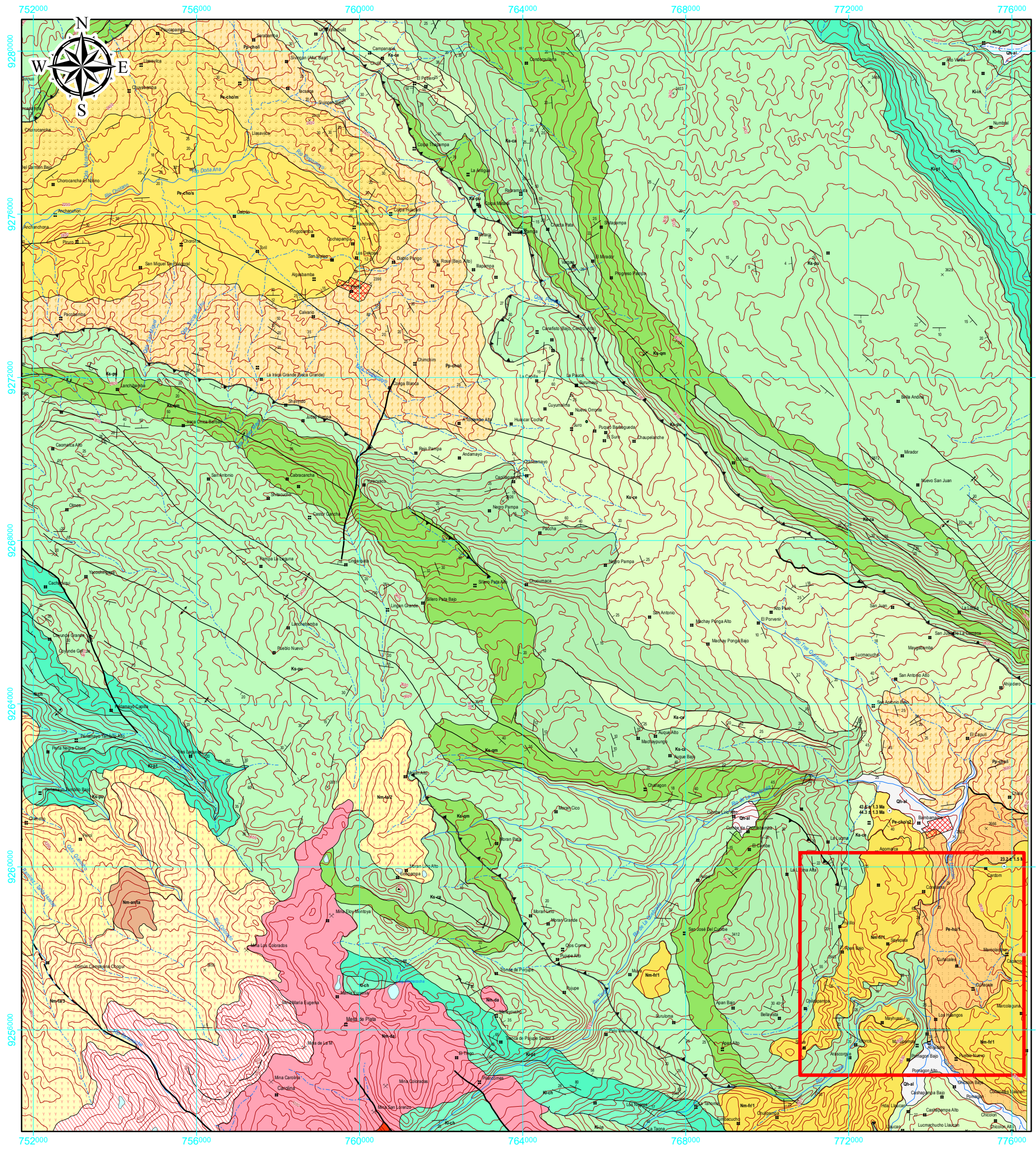
A
A'

B'
B

C
C'



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		<b>Plano N°:</b>  <b>04</b>
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA		
PLANO GEOLÓGICO			
Tesista:	Bach. Homero Loaiza Sánchez	Escala:	1:20000
Asesor:	Dr. Crispin Zenón Quispe Mamani	Fecha:	Agosto de 2024
			Datum: WGS 84 - Zona 17 sur



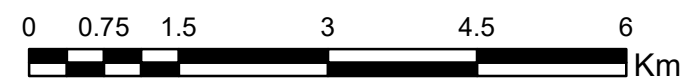
LEYENDA

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCAS ÍGNEAS	ROC.
<b>Qh-al</b>	Depósitos Aluviales: Gravas, arenas, limos que se encuentran formando terrazas en los valles, áreas de cultivos y centros poblados.		
Rocas del Centro Volcánico Tantahtatay			
<b>Nm-ta/3</b>	Fujos piroclásticos de ceniza, gris clara. Edad: 12.74 Ma. Con espesor de 250 m.	<b>Nm-gd</b>	Granodiorita: Holocristalinas, equigranulares, gris verdosas, con cristales de plagioclasa.
<b>Nm-ta/2</b>	Fujos piroclásticos con pómez. Rico en cristales, color gris rosado a blanquecino, espesor aproximado de 180 m.	<b>Nm-da</b>	
<b>Nm-fr/1</b>	Rocas de la Secuencia Volcánica Fralones Fujos piroclásticos con pómez, gris blanquecinos a amarillento, rico en cristales y fragmentos líticos afaníticos y porfíricos. Espesor aprox. 150 m.	<b>Nm-an-ta</b>	
Rocas de la Secuencia Volcánica de Huangas			
<b>Pe-cho/s</b>	Formación Chota superior (45-42 Ma) Fujos piroclásticos re trabajados con líticos sub-redondeados de color gris blanquecinos, con lentes conglomerádicos y niveles de tobas ríolíticas de cristales cuarzo redondeado	<b>Pe-hu/1</b>	Depósitos de lavas andesíticas porfíricas gris verdosas
<b>Pe-cho/m</b>	Secuencia de arenisca polimíctica feldespática, gris verdosa a pardo, laminación horizontal con canales conglomerádicos.		
<b>Pe-cho/i</b>	Formación Chota inferior (66-45 Ma) Conglomerados con clastos redondeados principalmente de cuarcitas y escasos clastos volcánicos, tamaño promedio de 10 cm, envueltos en una matriz arenolimsa		
<b>Ks-ce</b>	Formación Calendín Calizas mudstone a packstone, grises en capas de 2 a 5 cm, intercaladas con niveles de margas amarillentas. Espesor 150 m		
<b>Ks-ca</b>	Formación Cajamarca Calizas mudstone gris oscura, bien estratificada en estratos de 0.2 a 0.5 m. Espesor 300 m.		
<b>Ks-gm</b>	Formación Quilquián Calizas packstone, color grises en capas de 2 a 5 cm intercaladas con niveles de margas pardo amarillentas y lutitas gris calcáreas. Espesor de 150 m.		
<b>Ks-pu</b>	Formación Puliucana Calizas mudstone a wackstone nodulares gris oscura en capas de 0.2 a 0.5 m. Alcanza un espesor de 500 m.		
<b>Ki-pt</b>	Formación Pariatambo Calizas mudstone bituminosas con olor fétido, coloración gris oscura en capas delgadas tabulares, intercaladas con lutitas oscuras. Conforman un espesor de 200 m.		
<b>Ki-ch</b>	Formación Chulec Calizas packstone a groundstone fosilífera nodular, color grises a pardas en estratos de 0.3 a 0.5 m, intercalada con niveles de pelitas grises oscuras laminadas. Alcanzan un espesor de 250 m.		
<b>Ki-in</b>	Formación Inca Intercalaciones de arenisca de grano fino y limo-arcillas rojo amarillentas a parda, con espesor de 150 m.		
<b>Ki-fa</b>	Formación Farat Cuarcitas blancas, de grano medio a grueso, ligeramente rojizas por oxidación del hierro, en estratos de 0.1 a 1.0 m, presenta principalmente laminaciones oblicuas y escasas laminaciones horizontales. Espesor promedio es de 600 m.		

SIMBOLOGÍA

	Contacto geológico		Pueblos
	Rumbo y buzamiento de estratos		D cota
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado		Curvas de nivel
	Rumbo y buzamiento de equistocidad		Quebrada
	Rumbo y buzamiento de estrato invertido		Carretera asfaltada
	Eje de anticlinal		Carretera afirmada
	Eje de sincinal		Camino carrozable
	Eje de sincinal invertido		Camino de herradura
	Falla normal		Laguna
	Falla inferida		
	Falla inversa		
	5 Datación Radiométrica		
	Centro Volcánico		
	Zona de alteración		

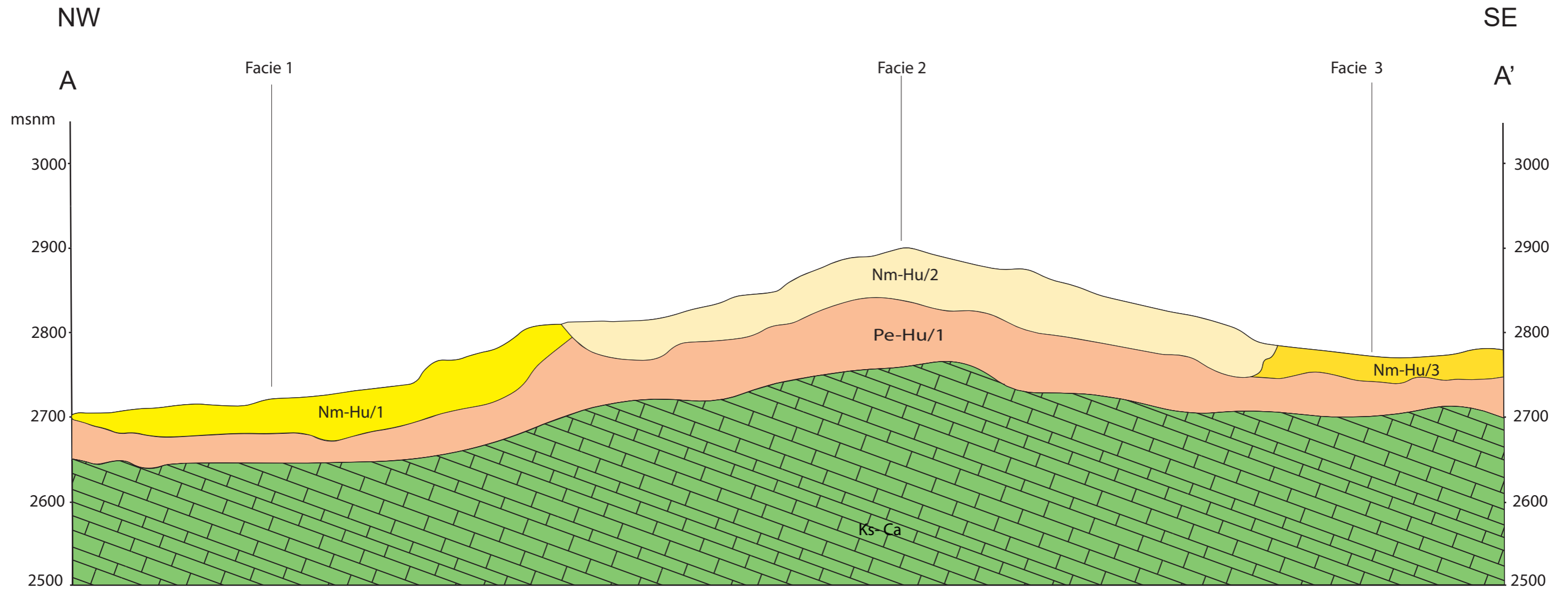
Zona de investigación



Escala 1: 50000

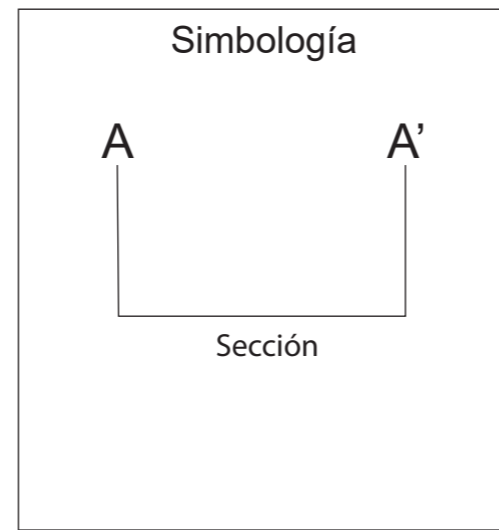
ANEXO V  
SECCIONES Y COLUMNAS.

# SECCIÓN A - A'



Escala vertical : 1/5000  
Escala horizontal : 1/600

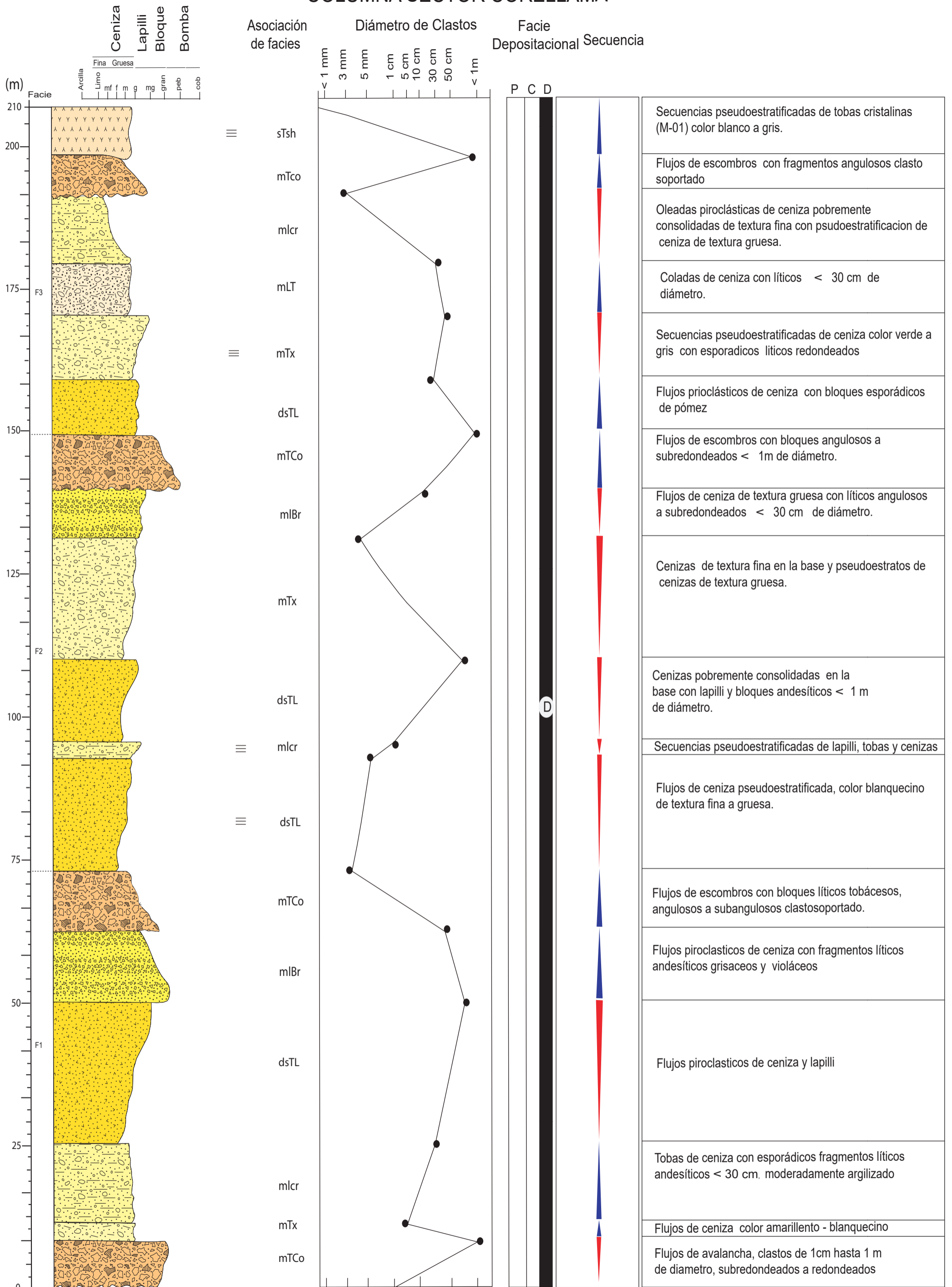
Litología	
Volcánico Huambos	Nm-Hu/3
	Nm-Hu/2
	Nm-Hu/1
Secuencia Volcánica Huangas	Pe-Hu/1
Formación Cajamarca	Ks-Ca



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA	
SECCIÓN A - A'		Sección N°:
		<b>S1</b>
Tesista:	Bach. Homero Loaiza Sánchez	Escala: Indicada
Asesor:	Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani	Fecha: Agosto de 2024
		Cajamarca - Perú



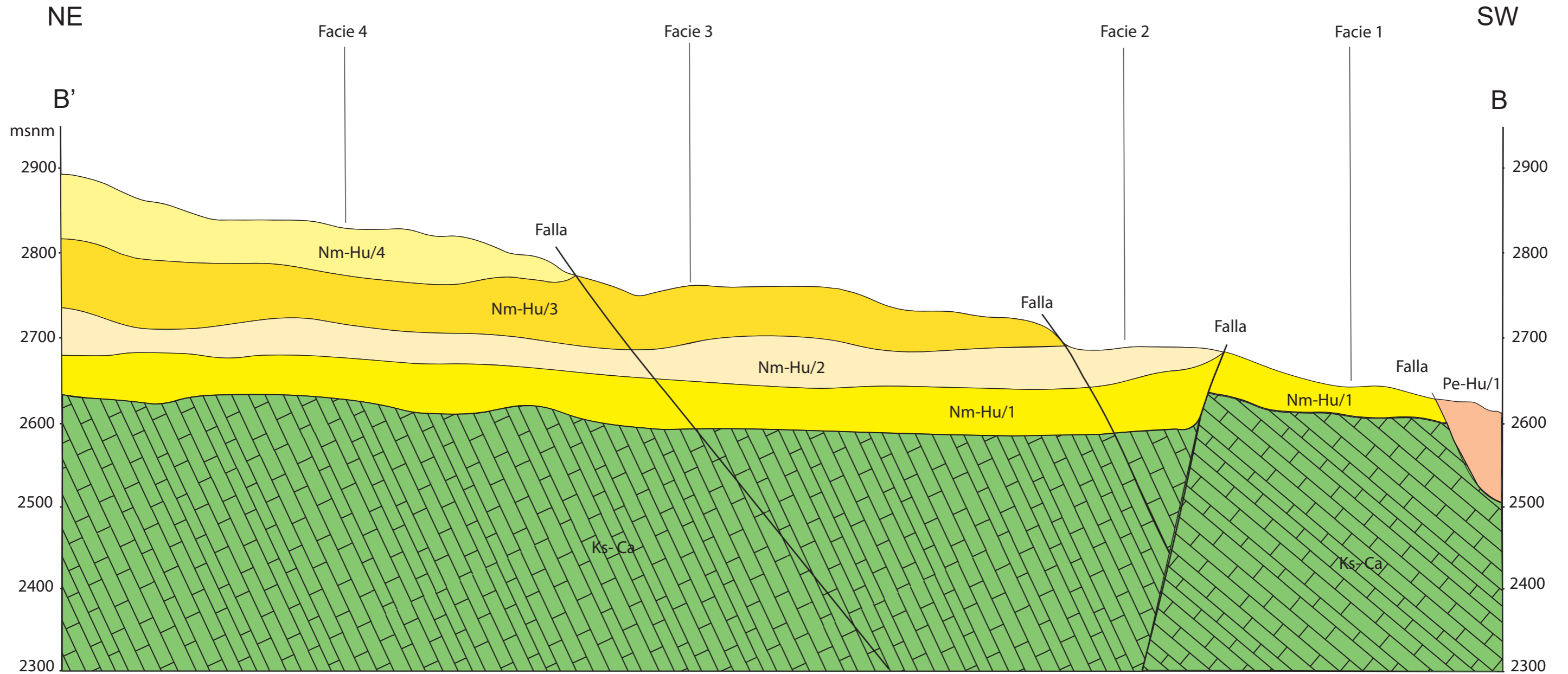
# COLUMNA SECTOR CORELLAMA



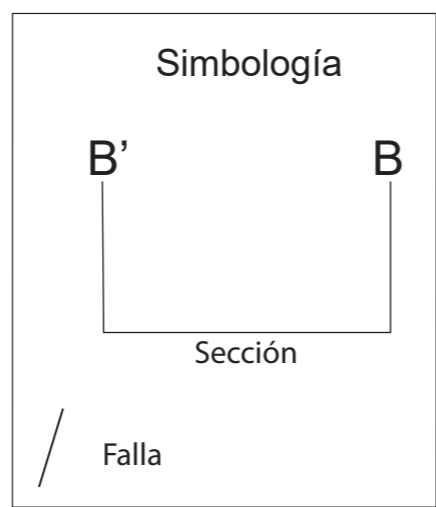
≡ Estratificación laminar  
 (C) Facie central  
 (P) Facie proximal  
 (D) Facie distal

Secuencia directa  
 secuencia inversa

# SECCIÓN B' - B



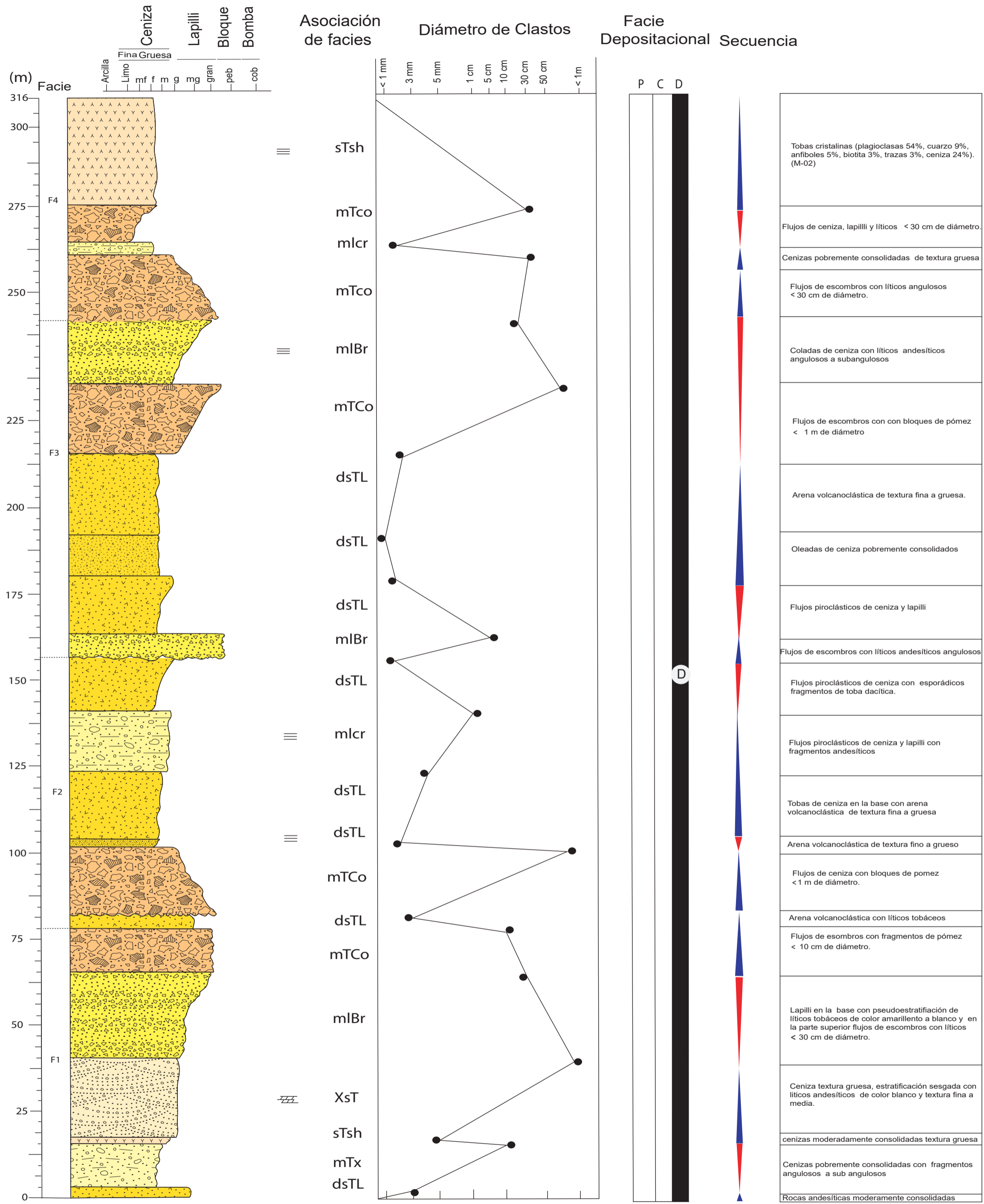
Litología	
Volcánico Huambos	Nm-Hu/4
	Nm-Hu/3
	Nm-Hu/2
	Nm-Hu/1
Secuencia Volcánica Huangas	Pe-Hu/1
Formación Cajamarca	Ks-Ca



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

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	
	<b>Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>	
	<b>FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA</b>	
	<b>SECCIÓN B' - B</b>	
<b>Tesista:</b> Bach. Homero Loiza Sánchez	<b>Asesor:</b> Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani	<b>Sección N°:</b> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">S2</div>
<b>Fecha:</b> Agosto de 2024		<b>Cajamarca - Perú</b>

# COLUMNA DEL SECTOR FRUTILLO

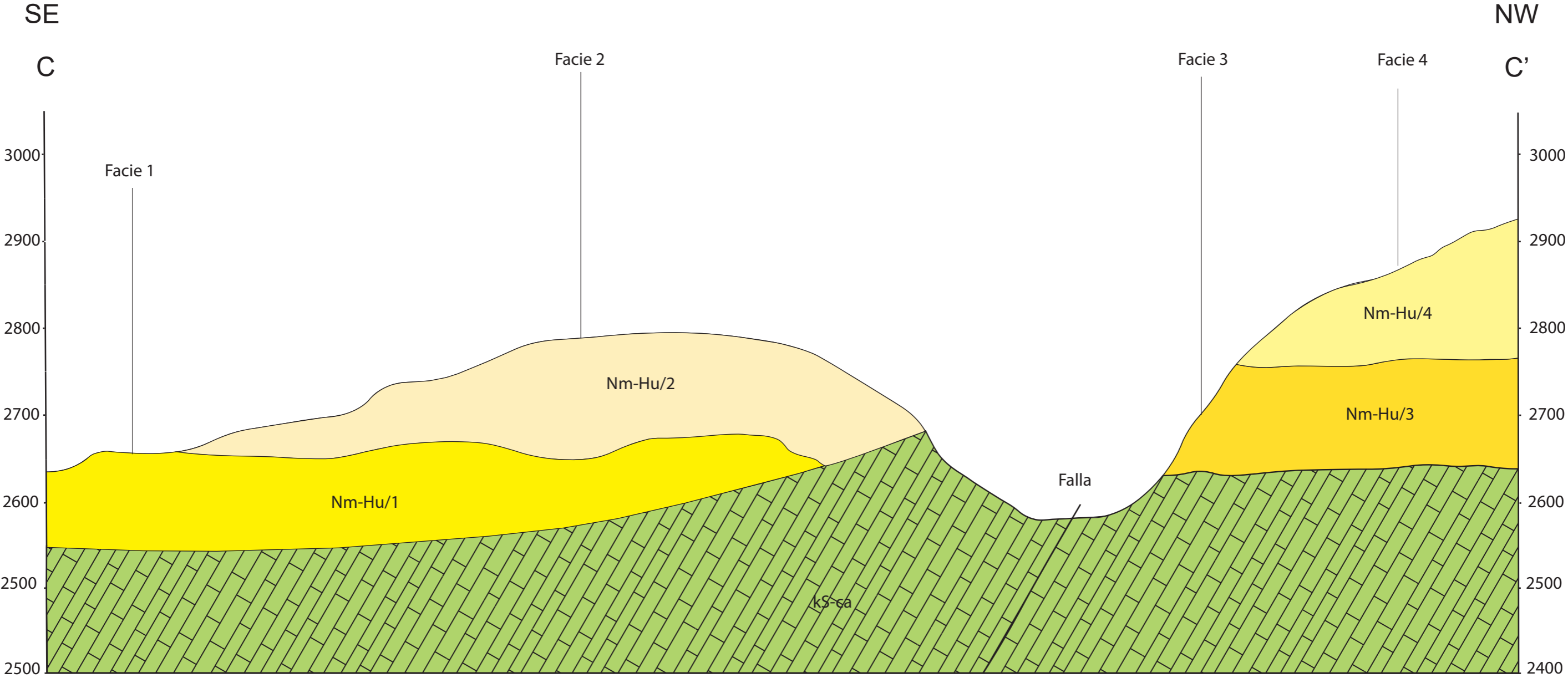


- Estratificación sesgada
- Estratificación laminar
- Facie central
- Facie proximal
- Facie distal

secuencia directa

secuencia inversa

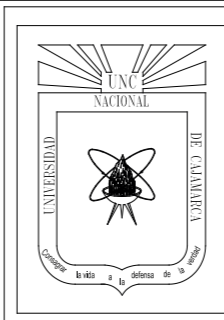
# SECCIÓN C - C'



Litología	
Volcánico Huambos	Nm-Hu/4
	Nm-Hu/3
	Nm-Hu/2
	Nm-Hu/1
Formación Cajamarca	Ks-Ca

Simbología	
C	C'
Sección	
/	Falla

Escala vertical : 1/5000  
Escala horizontal : 1/500



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA

**FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA**

Sección N°:

**S3**

SECCIÓN C - C'

Tesista: **Bach. Homero Loaiza Sánchez**

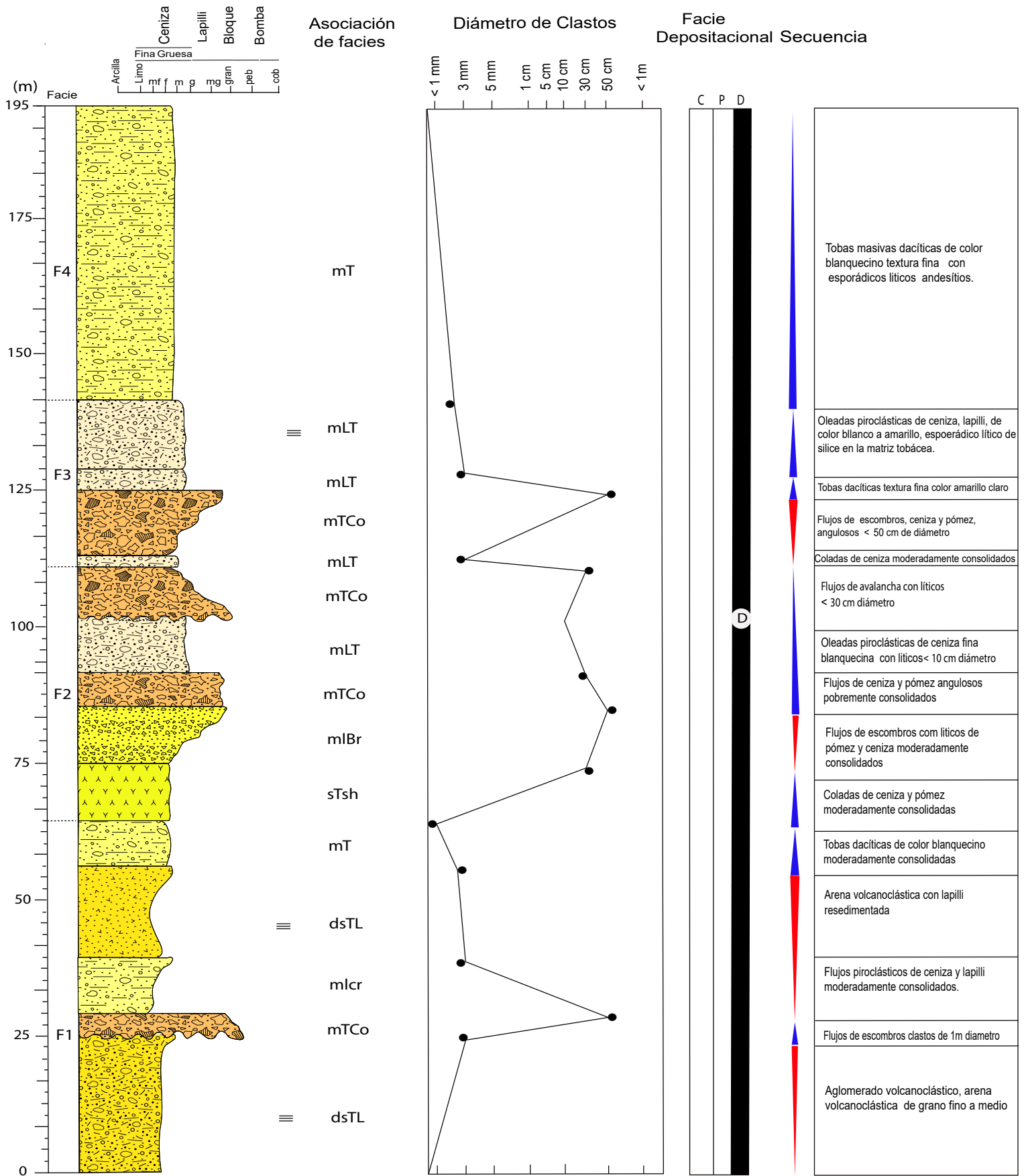
Escala: Indicada

Asesor: **Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani**

Fecha: Agosto de 2024

Cajamarca - Perú

# COLUMNA SECTOR DE ARASCORGUE

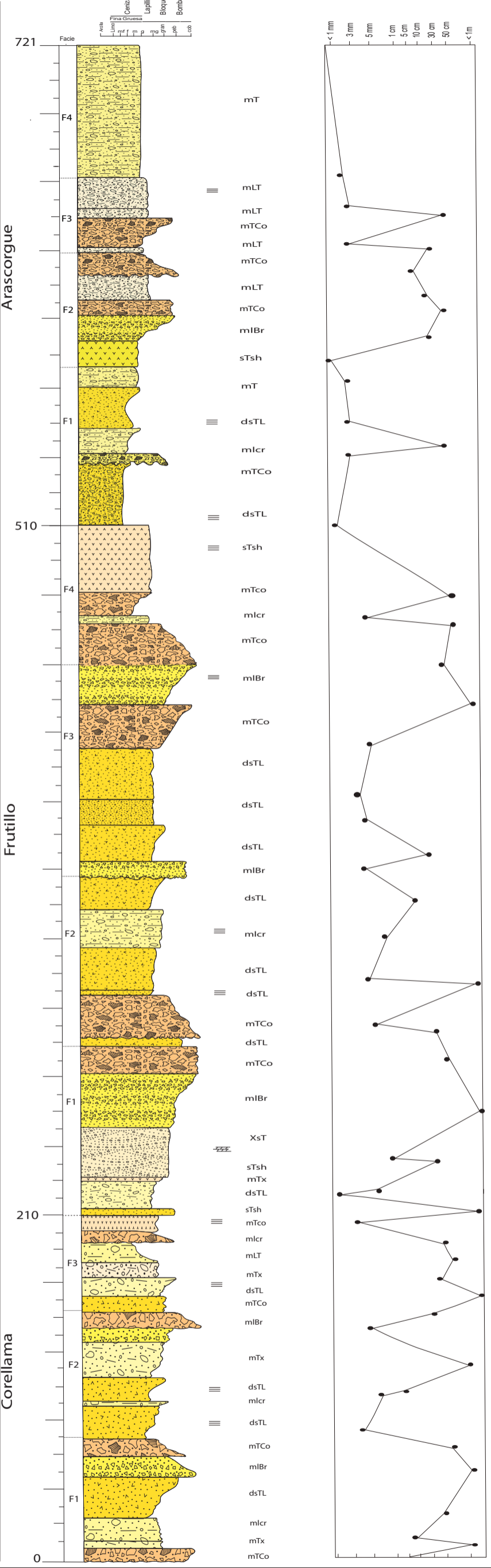


- ≡ Estratificación Sugada
- ⊙ Facie Central
- ⊙ Facie Proximal
- ⊙ Facie Distal



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	FORMACIÓN	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	ASOCIACIÓN DE FACIES Y ESTRUCTURAS	DIÁMETRO CLASTOS	DISTRIBUCIÓN FACIES	SECUENCIA	DESCRIPCIÓN
---------	---------	-------	------	-----------	-------------	-----------	------------------------------------	------------------	---------------------	-----------	-------------

CENOZOICO	NEÓGENO	MIOCENO	SERRAVALIANO	
			VOLCÁNICO HUAMBOS	
			LANGHIANO	



**DESCRIPCIÓN**

Tobas masivas dacíticas de textura fina y color y color blanquecino, esporádicos líticos andesíticos

Oleadas piroclásticas de ceniza y lapilli de color blanco a amarillo con fragmento lítico de sílice.

Tobas dacíticas de textura fina y color amarillo.

Flujos de escombros con ceniza y bloques de pómez angulosos < 50 cm de diámetro.

Coladas de ceniza moderadamente consolidadas

Flujos de avalancha con líticos < 30 cm de diámetro

Oleadas piroclásticas de ceniza fina de color blanquecino con líticos < 10 cm de diámetro.

Flujos de ceniza con fragmentos de pómez angulosos pobremente consolidados.

Flujos de escombros con líticos de pómez y ceniza moderadamente consolidados.

Coladas de ceniza y pómez, moderadamente consolidadas.

Tobas dacíticas de color blanquecino moderadamente consolidado.

Arena colcanoclástica con lapilli resedimentada.

Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli moderadamente consolidados.

Flujos de escombros con clastos de hasta 1 m de diámetro.

Aglomerado volcanoclástico, arena volcanoclástica de grano fino a medio .

---

Tobas de flujos piroclásticos, cenizas blanquecinas de textura fina con piroclastos no soldados.

Flujos de ceniza, lapilli y líticos < 30 cm de diámetro.

Cenizas pobremente consolidadas de textura gruesa.

Flujos de escombros con líticos angulosos < 30 cm de diámetro.

Coladas de ceniza con líticos andesíticos angulosos a subangulosos.

Flujos de escombros con bloques de pómez < 1 m de diámetro.

Arena volcanoclástica de grano fino a grueso.

Oleadas de ceniza pobremente consolidadas.

Fujos piroclásticos de ceniza y lapilli.

Fujos de escombros con fragmentos andesíticos angulosos.

Fujos piroclásticos de ceniza con esporádicos fragmentos de toba dacítica.

Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli con fragmentos andesíticos

Tobas de ceniza en la base con arena volcanoclástica de grano fino a grueso.

Arena volcanoclástica de grano fino a grueso

Flujos de ceniza con bloques de pómez < 1 m de diámetro.

Arena volcanoclástica de textura gruesa con líticos tobáceos < 5 cm de diámetro.

Flujos de escombros con fragmentos de pómez < 10 cm de diámetro.

Lapilli en la base con pseudoestratificación de líticos tobáceos de color amarillo a blanco.

Estratificación sesgada, cenizas pobremente consolidadas con líticos andesíticos.

Cenizas moderadamente consolidadas de textura gruesa.

Cenizas pobremente consolidadas con fragmentos angulosos a subangulosos.

Rocas andesíticas de textura fina a gruesa moderadamente consolidada.

Secuencias pseudoesteatificadas de tobas cristalovitrreas de textura fina, presenta cristales de biotita desarrollados.

Flujos de escombros con fragmentos angulosos clasto soportado

Oleadas piroclásticas de ceniza pobremente consolidadas de textura fina con pseudoestratos de ceniza de textura gruesa.

Flujos piroclásticos de cenizas pobremente consolidadas en la base con lapilli y bloques < 1 m de diámetro de composición andesítica y color amarillento.

Secuencias de cenizas pobremente consolidadas en la base con con lapilli, tobas dacíticas y cenizas.

Flujos de ceniza pseudoestratificada, color blanquecino de textura fina a gruesa pobremente consolidado con secuencia inversa

Flujos de escombros con bloques líticos tobáceos, angulosos a subangulosos

Flujos piroclásticos de ceniza y lapilli

Tobas de ceniza con esporádicos fragmentos líticos andesíticos

Flujos de ceniza color amarillento a blanquecino

Flujos de avalancha, clastos de 1 cm hasta 1 m de diámetro, subredondeados a redondeados

**LEYENDA**

- Estratificación sesgada
- Estratificación laminar
- Facie central
- Facie proximal
- Facie distal
- Secuencia directa
- Secuencia inversa

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Profesional de INGENIERÍA GEOLÓGICA

**FACIES VOLCANOCLÁSTICAS DEL VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA**

COLUMNA GENERAL

Columna N°: **C4**

Tesista: **Bach. Homero Loiza Sánchez**

Asesor: **Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani**

Escala: 1:3000

Fecha: Agosto de 2024

Cajamarca - Perú