

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO**

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



TESIS

**EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA
CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA**

PRESENTADO POR:

Br. DAVID BHERNIC ARTEAGA UTANI

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
GEÓLOGO**

ASESOR:

Mg. JOSÉ DIONICIO CÁRDENAS ROQUE

**CUSCO – PERÚ
2024**

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Evolución del complejo volcánico Chachani a partir de la caracterización Petrográfica y geoquímica.

presentado por: Bs. David Bhermic Ardega Utani con DNI Nro.: 7382318.1 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de Noviembre de 2024



Firma

Post firma: José Dionicio Cardenas Roque

Nro. de DNI: 23873595

ORCID del Asesor: 0000-0002-5261-4194

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:408105284

David Arteaga

EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQU...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:408105284

178 Páginas

Fecha de entrega

21 nov 2024, 6:36 p.m. GMT-5

81,088 Palabras

Fecha de descarga

21 nov 2024, 7:41 p.m. GMT-5

382,460 Caracteres

Nombre de archivo

Tesis-impresión_Observ levantadas.pdf

Tamaño de archivo

17.0 MB

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones


- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1256 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada a mis dos mamás Irma y Olinda Utani Orcco, gracias por cuidarme, protegerme y darme todas oportunidades que podían, muchas gracias por no soltarme en ningún momento, no me alcanzará la vida para retribuirles todo lo que hacen por mí. Es un honor y un privilegio ser su hijo.

A papá Wilver, hermana Luz, tío Emilio y tía Aleja, por su apoyo, confianza, alentarme a seguir adelante y darme el impulso necesario en el momento preciso.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis queridos abuelos: Aquiles y Concepción, esta obra es un homenaje a su legado.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de esta tesis. En primer lugar, quiero agradecer al Msc. Rigoberto Aguilar, quien me apoyó y orientó a lo largo de este proceso, por darme además la oportunidad de crecer personal y profesionalmente. También quiero agradecer a la Msc. Nélida Manrique, quien siempre me impulso con el ejemplo a superarme continuamente, gracias por sus palabras de aliento, por su apoyo desinteresado y sobre todo por las enseñanzas sobre la vulcanología. De igual forma quiero agradecer a mi asesor de tesis el Msc. José Cardenas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por su disposición y apoyo desde mi etapa estudiantil.

Finalmente, agradezco al Instituto geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET) por darme la oportunidad a la institución desde practicante en la Dirección de Laboratorios (DL) y como geólogo asistente a La Dirección Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), muchas gracias a las personas que participaron en esta investigación, por su colaboración y disposición. Sin su ayuda, este proyecto no habría sido posible.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1. CAPITULO I: GENERALIDADES	4
1.1. Ubicación y accesibilidad	4
1.2. Antecedentes	5
Antecedentes internacionales.....	5
Antecedentes nacionales.....	6
1.3. Planteamiento del problema.....	7
1.3.1. Formulación del problema.....	7
1.3.1.1. Problema general	7
1.3.1.2. Problemas específicos	7
1.4. Justificación del problema.....	7
1.5. Objetivos.....	8
1.5.1. Objetivo general.....	8
1.5.2. Objetivos específicos	8
1.6. Formulación de la hipótesis	8
1.6.1. Hipótesis general.....	8
1.6.2. Hipótesis específicas.....	8
1.7. Variables	9
1.7.1. Variables independientes.....	9
1.7.2. Variable dependiente.....	9
1.8. Metodología de la investigación.....	9
1.8.1. Enfoque	9
1.8.2. Nivel.....	10
1.8.3. Método	10
1.8.4. Diseño	10
1.9. Etapas de la investigación.....	10
1.9.1. Recopilación y estudio de material bibliográfico	10
1.9.3. Trabajo en laboratorio	11
1.9.4. Procesamiento de la información y redacción de la tesis	11
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Evolución magmática o diferenciación magmática	12
2.2. Cristalización fraccionada.....	12

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

2.3.	Asimilación	12
2.4.	Fragmentación magmática	12
2.5.	Recarga magmática.....	13
2.6.	Mezcla de magma.....	13
2.7.	Movimientos convectivos	13
2.8.	Vulcanología	14
2.9.	Volcán.....	14
2.10.	Complejo volcánico	14
2.11.	Cámara magmática	14
2.12.	Cristalización magmática	15
2.13.	Ensamble o asociación mineralógica	15
2.14.	Tipos de erupciones	15
2.15.	Productos o depósitos volcánicos	16
2.16.	Petrología	17
2.17.	Petrografía.....	18
2.18.	Petrografía en rocas ígneas.....	18
2.19.	Microscopio de polarización (petrográfico).....	18
2.20.	Minerales.....	18
2.21.	Grado de cristalinidad (Castroviejo, 1998)	18
2.22.	Morfología de los cristales	19
2.23.	Tamaño relativo de los minerales (Castroviejo, 1998)	19
2.24.	Tamaño absoluto de los cristales (Castroviejo, 1998)	19
2.25.	Propiedades ópticas de los minerales (Nicoles paralelos).....	19
2.26.	Propiedades ópticas de los minerales (Nicoles cruzados).....	19
2.27.	Texturas.....	20
2.27.1.	Texturas de tamaño absoluto de los cristales.....	20
2.27.2.	Texturas de orientación	20
2.27.3.	Texturas de desequilibrio y morfológicas	21
2.28.	Moda mineral	22
2.29.	Estratigrafía cristalina.....	22
2.30.	Clasificación y nomenclatura de rocas ígneas volcánicas.....	22
3.	CAPITULO III: CONTEXTO MORFOESTRUCTURAL, GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO.....	25
3.1.	UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.....	25
3.1.1.	Cordillera Occidental	25
3.1.2.	Faja de conos volcánicos.....	25
3.2.	MARCO TECTÓNICO REGIONAL Y LOCAL	26
3.3.	GEOMORFOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI.....	26

3.3.1.	Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	26
3.3.2.	Geoformas de carácter deposicional y agradacional	26
3.3.3.	Geoforma de carácter denudacional.....	27
3.3.4.	Geoforma de carácter volcánico	28
3.3.5.	Geoforma de carácter glaciar.....	33
3.3.6.	Geoforma de carácter periglacial	33
3.3.7.	Geoforma de carácter fluvial	33
3.2.8.	Geoforma de carácter antrópico.....	34
3.3.	GEOLOGÍA REGIONAL.....	36
3.3.1.	Marco geológico regional.....	36
3.4.	GEOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI	41
3.4.2.	EDIFICIOS ANTIGUOS	42
3.4.3.	EDIFICIOS JÓVENES	44
4.	CAPITULO IV: PETROGRAFÍA.....	51
4.1.	Base Chachani	58
4.1.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-29	58
4.1.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-08	59
4.2.	Edificio Chingana.....	60
4.2.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-121A.....	60
4.2.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-121B.....	61
4.2.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-90	62
4.2.4.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-91	63
4.3.	Edificio Nocarane	64
4.3.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-59	64
4.3.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-68	65
4.3.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-73	66
4.3.4.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-76	67
4.3.5.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-82	68
4.3.6.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-83	69
4.3.7.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-33	70
4.4.	Edificio Estribo.....	71
4.4.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-110	71
4.4.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-33	72
4.4.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-102	73
4.4.4.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-10	74
4.4.5.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-36	75
4.4.6.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-35	76

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

4.4.7.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-87	77
4.5.	Edificio El Colorado	78
4.5.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-72	78
4.5.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-80	79
4.6.	Edificio El Ángel	80
4.6.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-37	80
4.6.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-119	81
4.6.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-93	82
4.6.4.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-89	83
4.7.	Domos Potrero	84
4.7.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24A	84
4.7.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24B	85
4.7.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24C	86
4.7.4.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-12	87
4.7.5.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-09	88
4.7.6.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-11	89
4.7.7.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-05	90
4.7.8.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-30	91
4.7.9.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-15	92
4.8.	Estratovolcán La Horqueta	93
4.8.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-17	93
4.9.	Estratovolcán El Rodado	94
4.9.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-21	94
4.9.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-28	95
4.9.3.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-23	96
4.10.	Uyupampa	97
4.10.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-22	97
4.11.	Estratovolcán Chachani	98
4.11.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-32	98
4.12.	Estratovolcán Cabrería	99
4.12.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-31	99
4.12.2.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-13	100
4.13.	Estratovolcán Volcancillo	101
4.13.1.	Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-92	101
5.	CAPITULO V: GEOQUÍMICA	102
5.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS VOLCÁNICOS	102
5.1.1.	Variación composicional en los edificios antiguos	102

5.1.2. Variación composicional en los edificios jóvenes.....	103
5.2. EVOLUCIÓN DE ELEMENTOS MAYORES.....	103
5.3. EVOLUCIÓN DE ELEMENTOS TRAZA.....	104
5.4. DIAGRAMAS MULTIELEMENTOS.....	108
6. CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	109
4.1. Variación modal mineralógica en los edificios antiguos y jóvenes.....	109
4.2. Variación textural de los minerales que componen el complejo volcánico Chachani 113	
4.3. Evolución de la composición magmática de los depósitos piroclásticos y lávicos que componen el complejo volcánico Chachani	115
4.4. Interpretación de texturas como evidencia de la evolución del complejo volcánico Chachani.....	116
CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS I.....	130
ANEXOS II.....	132
ANEXOS III.....	134
ANEXOS IV.....	152

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Cuadro de operacionalización de variables.	9
Cuadro 2.1 Clasificación de las rocas ígneas según el porcentaje del constituyente máfico “M”.	22
Cuadro 2.2 Clasificación de las rocas ígneas según el contenido de sílice.	22
Cuadro 4.1. Características petrográficas de los edificios del complejo volcánico Chachani.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación del complejo volcánico Chachani.	4
Figura 2.1. Diagrama esquemático que muestra el principio detrás de la cristalización fraccionada en un magma. Mientras se enfría, la composición del magma evoluciona porque diferentes minerales cristalizan a partir del fundido. 1: el olivino cristaliza; 2: cristalizan olivino y piroxeno; 3: cristalizan piroxeno y plagioclasa; 4: la plagioclasa cristaliza. En el fondo del depósito de magma se forma una roca acumulada.	12
Figura 2.2. Diagrama de concepto de movimiento convectivos y perfil de temperatura.	13
Figura 2.3. Volcán Misti, vista desde la ciudad de Arequipa.	14
Figura 2.4. Series de reacción de Bowen de cristalización fraccionada.	15
Figura 2.5. Tipos de volcanes según su explosividad y altura de columna eruptiva.....	16
Figura 2.6. Tipos de peligros volcánicos.....	17
Figura 2.7. Textura de las rocas ígneas según el grado de cristalización o cristalinidad.	18
Figura 2.8. Clasificación de las rocas ígneas basado en el contenido de sílice, índice de color y minerales ferromagnesianos.	23
Figura 2.9. Clasificación química y nomenclatura de las rocas volcánicas usando el diagrama de sílice vs total alcalinos.	23

Figura 2.10. Clasificación y nomenclatura de rocas volcánicas de acuerdo al contenido modal (cuantitativo) de los minerales usando el diagrama QAPF.	24
Figura 2.11. Composición mineral proporcional entre rocas volcánicas y plutónicas.	24
Figura 3.1 Mapa regional de unidades morfoestructurales.....	25
Figura 3.2. Cañón del Río Chili, observándose hacia la base de las laderas se encuentra la ignimbrita La Joya.	27
Figura 3.3. Montaña en roca sedimentaria, mostrando los depósitos del Grupo Yura.	27
Figura 3.4. Vista del complejo Chachani de norte a sur, observándose el Estratovolcán El Ángel, Chachani, La Horqueta y El Rodado.....	28
Figura 3.5. Volcán Misti, mostrando la geoforma estratocono superior e inferior.	28
Figura 3.6. volcán Nicholson, ubicado al suroeste del complejo chachani.	29
Figura 3.7. Planicie ignimbrítica surcada por quebradas del Chachani.	29
Figura 3.8. Lomadas de ignimbrita de pendiente fuerte >15°, ubicadas al este del complejo Chachani y Misti.....	30
Figura 3.9. Colinas y laderas de ignimbrita, correspondiente al Tufo Yura, al oeste del Chachani.	30
Figura 3.10. Ladera piroclástica y volcanoclástica, ubicada al sureste de los edificios La Horqueta y Domos Potrero.	31
Figura 3.11. Flujos de lava del edificio Potreros mostrando estructuras tipo levées y cuerdas, generadas durante el emplazamiento del depósito.	31
Figura 3.12. Conjunto de domos y domos colada del edificio Potreros.....	32
Figura 3.13. Domos Potrero, mostrando centros de emisión en dirección noreste-suroeste, hacia el fondo la ciudad de Arequipa.	32
Figura 3.14. Morrenas neoglacial, asociado a los estratovolcanes glaciados.	33
Figura 3.15. Abanico Aluvial ubicada al sursureste de Domo Potreros, surcado por quebradas.	33
Figura 3.16. Cauce de quebrada antropizada ubicada al suroeste del complejo volcánico Chachani.	34
Figura 3.17. Mapa geomorfológico del complejo volcánico Chachani.....	35
Figura 3.18. Formaciones sedimentarias que conforman el grupo Yura.	37
Figura 3.19. Ladera del cañón del río Chili, mostrando los depósitos de ignimbritas y flujos de lava del volcán Misti.....	38
Figura 3.20. Unidad blanca y rosada de la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, superpuesta por depósitos de lahares en sectores puntuales.	39
Figura 3.21. Depósito de ignimbrita Tufo Yura ubicado al oeste del complejo volcánico Chachani.	40
Figura 3.22. Lavas basales Chachani del suroeste sobreyaciendo a la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa.....	42
Figura 3.23. Unidad inferior e intermedia (Qp-Chi/3-6), apiladas y erosionadas por el sureste del edificio Chingana.....	42
Figura 3.24. Unidades medias (Qp-No/4-7) del edificio Nocarane; superpuestos por depósitos periglaciares y glaciares.	43
Figura 3.25. Unidad inferior, media y superior del Estratovolcán Estribo (Qp-Est/2-3-5-8).....	43
Figura 3.26. Unidad basal (Qp-Col/1) superpuesta por la unidad superior (Qp-Col/2), emplazados sobre los depósitos del edificio Nocarane.	44
Figura 3.27. Unidades del edificio El Ángel, depositados sobre los edificios Estribo y Chingana.	45
Figura 3.28. Depósitos basales (PF. Potreros) e intermedios (Qp-Dp/4-5-7-8) ubicados al sureste del Chachani.....	45
Figura 3.29. Unidades intermedias y superiores (Qp-Rod/5-7) del edificio El Rodado emplazados sobre las lavas basales Chachani (Qp-Bch/1).....	46

Figura 3.30. Unidad superior de los Flujos Uyupampa (Qp-Uyu/3) emplazado sobre depósitos lacustres y el Tufo Yura.	47
Figura 3.31. Unidad inferior, intermedia y superior del edificio Chachani, vista desde la ciudad de Arequipa.	47
Figura 3.32. Domo Volcancillo, al lado derecho el estratovolcán Chingana.	48
Figura 3.33. Mapa geológico del complejo volcánico Chachani.	49
Figura 4.1. Mapa de ubicación de muestras para el estudio petrográfico del complejo volcánico Chachani.	51
Figura 4.2. Fotografías unidas de la sección delgada (izquierda) y la ubicación de 6 campos circulares aleatorios para el conteo mineral (derecha).	52
Figura 4.3. Captura de pantalla de la aplicación Rock.AR v.2.	52
Figura 4.4. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-29. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) muestra zonación (ZO), sineusis (SI), tamiz grueso (TG) y finaliza con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO), sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristales de ortopiroxeno (OPX) de bordes redondeados (BR) y textura aglomerádica (AG) inmerso en matriz compuesto por microlitos de plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB), seguido por bordes de descomposición (BD). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).	58
Figura 4.5. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-08. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) muestra al menos tres secuencias de zonación (ZO), intercaladas con al menos dos secuencias de tamiz fino (TF) y textura sineusis (SI). b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta textura tamiz grueso (TG). c) y d) Fenocristales de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR) y de forma puntual formando aglomerados (AG) asociado a la plagioclasa (PGL). Además, se encuentran vesículas redondeadas y la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX) y óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).	59
Figura 4.6. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-121A. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG), zonación textura aglomerádica (AG) y superficies de reabsorción (SR). b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y tamiz grueso (TG). c) Fragmento de cristal roto (CR) de ortopiroxeno (OPX) formando textura aglomerádica (AG), inmerso en matriz vítrea (VD). d) Microlitos de ortopiroxenos (OPX) y plagioclasa (PGL) formando textura aglomerádica (AG). Nícoles cruzados (NC).	60
Figura 4.7. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-121B. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO). c) Fragmento de cristal roto (CR) de anfíbol (ANF) con forma subhedral y fragmento de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). d) Fragmento de cristal roto (CR) de biotita (BT) con forma subhedral. Nícoles cruzados (NC).	61
Figura 4.8. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-90. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y tamiz grueso (TG) hacia el borde. b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y textura sineusis (SI). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes de descomposición (BD). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).	62
Figura 4.9. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-91. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO) y al menos tres secuencias de textura en tamiz grueso (TG). b) y c) Fenocristal de olivino (OLV) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con textura aglomerádica (AG) asociada a plagioclasa (PGL). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).	63

Figura 4.10. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-59. a) y b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) mostrando al menos cinco secuencias de zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro. c) Fragmento de fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR). d) Matriz compuesta por vidrio volcánico (VD) y vesículas de forma redondeada de alta esfericidad. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).	64
Figura 4.11. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-68. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) muestra por al menos tres secuencias de zonación (ZO), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro, de forma puntual se presenta como aglomerados (AG). c) Fragmento de cristal de clinopiroxeno (CPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG) asociada al anfíbol (ANF). d) Fragmentos de cristales de ortopiroxeno (OPX) y plagioclasa (PGL), formando textura aglomerádica (AG). Nicoles cruzados (NC).....	65
Figura 4.12. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-73. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO), tamiz grueso hacia el borde (TG). b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta textura en tamiz grueso (TG) y bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de anfíbol (ANF), presentando superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de cristal roto (CR) de biotita (BT). Nicoles cruzados (NC).....	66
Figura 4.13. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-76. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL), mostrando textura en tamiz grueso (TG) y bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de anfíbol (ANF), presentando bordes de descomposición (BD) compuesto por piroxenos (PX). d) Fragmento de cristal de ortopiroxeno con superficies de reabsorción (SR). Nicoles cruzados (NC).	67
Figura 4.14. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-82. a) Fenocristales de plagioclasas (PGL): La primera generación presenta textura en tamiz fino (TF) y sineusis (SI), la segunda generación presenta bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), de forma subhedral y biotita (BT), con textura black (TB) hacia el borde y superficies de reabsorción (SR). d) Xenocristal de cuarzo (CZ) con bordes redondeados (BR) y bordes de descomposición (BD). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).	68
Figura 4.15. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-83. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y textura sineusis (SI). b) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) de forma subhedral y fenocristal de clinopiroxeno (CPX) con superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). d) Enclave de composición andesítica. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).	69
Figura 4.16. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-33. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB). c) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes de descomposición (BD). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).	70
Figura 4.17. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-110. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presenta al menos 2 secuencias de zonación (ZO) separadas por superficies de reabsorción (SR) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presentando textura tamiz grueso (TG) hacia el centro y superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando textura black (TB) y bordes redondeados (BR). d) Matriz compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).....	71
Figura 4.18. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-33. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) en el núcleo. b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), seguido por textura sineusis (SI). c) Fenocristales	

de anfíbol (ANF) con textura black (TB). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), formando textura aglomerádica (AG). Nícoles cruzados (NC).....	72
Figura 4.19. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-102. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) muestra zonación (ZO) y superficies de reabsorción (SR). b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presentando textura tamiz grueso (TG) y superficies de reabsorción (SR). c) Fragmento de cristal roto (CR) de anfíbol (ANF) con forma subhedral con microfracturas. d) Matriz compuesto por vidrio volcánico (VD), siguiendo cierta orientación, englobando a los fragmentos, se localiza también vesículas de formas irregulares y subredondeadas de baja esfericidad. Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).	73
Figura 4.20. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-10. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG). b) Fragmento de cristal de clinopiroxeno (CPX) formando textura aglomerádica (AG) asociado a plagioclasa (PGL), además bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de olivino (OLV) con bordes de descomposición (BD). d) Matriz compuesta por bandas intercaladas por vidrio volcánico (VD) y por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).	74
Figura 4.21. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-36. a) y b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO). c) Fragmento de cristal roto (CR) de ortopiroxeno (OPX) inmerso en matriz vítrea (VD). d) Fragmento de cristal roto (CR) de clinopiroxeno (CPX) y anfíbol (ANF) con formas subhedrales y vesículas de forma subredondeada. Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....	75
Figura 4.22. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-35. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro. b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO) y textura sineusis (SI). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), formando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristales de plagioclasa (PGL), ortopiroxeno (OPX) y anfíbol (ANF), inmersos en matriz granular compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....	76
Figura 4.23. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-87. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta al menos tres secuencias de zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).	77
Figura 4.24. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-72. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con tamiz grueso (TG), textura aglomerádica (AG) con superficies de reabsorción (SR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presentando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....	78
Figura 4.25. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-80. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), tamiz grueso (TG) y posterior acumulación, formando textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), con bordes de descomposición (BD), formado por clinopiroxeno (CPX). d) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando bordes de descomposición (BD), compuesto por biotita (BT). Además, la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi) mostrando cierto direccionamiento. Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....	79
Figura 4.26. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-37. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF) hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con al	

menos tres secuencias de zonación y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes de descomposición (BD), formado por piroxenos (PX). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Además, se observa que la matriz está compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi); presenta cierto direccionamiento u orientación. Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....80

Figura 4.27. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-119. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos dos secuencias de zonación (ZO) seguido por bordes redondeados (BR) y finalizando con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) mostrando al menos seis secuencias de zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).81

Figura 4.28. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-93. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR) y bordes de redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con secuencias de zonación (ZO), intercaladas con superficies de reabsorción (SR), textura de tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).82

Figura 4.29. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-89. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes de redondeados (BR). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), formando textura aglomerádica (AG), junto a fenocristales de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). c y d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR), inmersos en matriz compuesta por vidrio volcánico (VD). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).83

Figura 4.30. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24A. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando tres secuencias de zonación (ZO), intercalados con dos superficies de reabsorción (SR) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fragmento de anfíbol (ANF), mostrando bordes redondeados (BR) al igual que un fragmento de clinopiroxeno (CPX). c) Fragmento de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). d) Enclave de origen volcánico (ENCLAVE), inmerso en matriz vítrea (VD), plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).84

Figura 4.31. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24B. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), intercalados con al menos 2 superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes redondeados (BR). b) Fragmento de plagioclasa (PGL), con al menos tres secuencias de zonación (ZO), con textura en tamiz fino (TF) y borde de sobrecrecimiento (BS). c) Fragmento de anfíbol (ANF), con superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Además, se observa la matriz compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL), anfíbol (ANF) y piroxeno (PX). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).85

Figura 4.32. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24C. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO), con bordes de sobrecrecimiento (BS) y finaliza con textura sineusis (SI). b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL), presentando textura de tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fragmento de anfíbol (ANF) y biotita (BT), mostrando superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).86

Figura 4.33. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-12. a y b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con

superficies de reabsorción (SR), bordes de sobrecrecimiento (BS) de forma puntual textura de tamiz grueso (TG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) y biotita (BT) formando textura black (TB). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR), inmersos en matriz compuesta por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).....87

Figura 4.34. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-09. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos cinco secuencias de zonación (ZO), seguido por textura tamiz grueso (TG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), tamiz fino (TF) hacia el borde y textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), con bordes de descomposición (BD); detalle en la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), anfíbol (ANF), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). d) Fenocristal de biotita (BT), con bordes de descomposición (BD). Nícoles cruzados (NC).88

Figura 4.35. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-11. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), textura en tamiz fino (TF) hacia el borde y con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos dos secuencias de zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), se presenta dos generaciones; la primera con bordes de descomposición (BD) y la segunda generación con textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT), se encuentra dos generaciones: La primera con bordes de descomposición (BD) y la segunda generación con incipiente textura black (TB). Nícoles cruzados (NC).....89

Figura 4.36. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-05. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), encontrándose como cristal roto (CR), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO) intercalado con dos superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presentándose como cristales rotos (CR) mostrando superficie de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) se encuentra como dos generaciones: La primera con superficies de reabsorción (SR) y la segunda generación con bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de biotita (BT), presenta superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).90

Figura 4.37. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-30. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), seguido por textura aglomerádica (AG) y bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando textura tamiz fino (TF) de forma generalizada y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), se encuentra con textura black (TB), con superficies de reabsorción (SR) en el centro de mineral y bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR); detalle de la matriz que es compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).91

Figura 4.38. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-15. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), intercalado con al menos tres superficies de reabsorción (SR), con bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos dos superficies de reabsorción (SR), seguido por textura tamiz fino (TF) y con bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta bordes redondeados (BR), al igual que el ortopiroxeno (OPX), también se encuentra biotita (BT) con textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT) y anfíbol (ANF) con bordes de descomposición (BD); detalle de la matriz, compuesta por plagioclasa (PGL), vidrio volcánico (VD), piroxeno (PX), anfíbol (ANF), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC). 92

Figura 4.39. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-17. a) La primera generación de fenocristal de plagioclasa (PGL), muestra al menos dos secuencias de zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y textura tamiz fina (TF) hacia el borde; mientras que la otra

generación de plagioclasa (PGL), se encuentra como cristales rotos (CR) y textura aglomerádica (AG). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), con textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), presenta bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).93

Figura 4.40. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-21. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta al menos siete secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos seis superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando al menos 4 secuencias de zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG) en el borde, textura sineusis (SI) y superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB); además, presenta fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR). Detalle de la matriz mostrando microlitos compuestos por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC). 94

Figura 4.41. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-28. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura en tamiz grueso (TG) hacia el centro, textura tamiz fino (TF) hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con textura en tamiz fino (TF) hacia el borde, textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando dos generaciones: La primera con textura black (TB) y la segunda además con bordes de descomposición (BD). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).95

Figura 4.42. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-23. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con al menos cinco secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos cuatro superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). Además, fenocristales de anfíbol (ANF), con textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT) con textura black (TB) y bordes redondeados (BR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).96

Figura 4.43. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-22. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos 2 secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura aglomerádica (AG). b) y c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB) y bordes de descomposición (BD) y de forma aislada presenta textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).97

Figura 4.44. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-32. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), la primera generación formando textura black (TB) y la segunda generación con bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con superficies de reabsorción (SR). d) Fenocristal de olivino (OLV) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).98

Figura 4.45. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-31. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura tamiz grueso (TG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) mostrando textura aglomerádica (AG) y bordes redondeados (BR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).99

Figura 4.46. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-13. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura de tamiz grueso (TG) hacia el centro, zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) se encuentra

zonado (ZO) y textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con borde redondeado (BR) y otro fenocristal con textura black (TB) con borde de descomposición (BD). d) Enclave de composición andesítica compuesta por fenocristales de plagioclasa (PGL); inmerso en matriz acicular compuesto por anfíbol (ANF) y plagioclasa (PGL). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).....	100
Figura 4.47. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-92. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR), textura tamiz fino (TF), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura sineusis (SI). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG), borde de sobrecrecimiento (BS) y textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con borde redondeado (BR). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).	101
Figura 5.1. Diagrama de clasificación de rocas “Total de alcalinos vs. sílice” (TAS) del complejo volcánico Chachani de Le Bas et al. (1986), comparado con datos de depósitos del pleistoceno – Holoceno de la zona volcánica central de los andes, (INGEMMET, 2024 [Tesis pregrado inédita]; puntos grises).....	102
Figura 5.2. Composición de rocas del complejo volcánico Chachani, en el diagrama K ₂ O en función de SiO ₂ de Peccerillo y Taylor (1976).....	103
Figura 5.3. Diagrama de variación de elementos mayores versus SiO ₂ . Puntos grises corresponden a datos de depósitos del pleistoceno – Holoceno de la zona volcánica central de los andes.	104
Figura 5.4. Diagramas de variación de los elementos trazas con relación a la SiO ₂ . Todos los tenores de los elementos (salvo la SiO ₂) están expresados en ppm.....	105
Figura 5.5. Diagramas de elementos múltiples normalizados al manto primitivo (Sun y McDonough, 1989) que muestran las tendencias de elementos traza de las muestras de roca de los edificios antiguos y jóvenes del Chachani.	108
Figura 6.1. Variación modal de los fenocristales de los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.	109
Figura 6.2. Variación modal de la plagioclasa en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.	110
Figura 6.3. Variación modal del anfíbol en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.....	111
Figura 6.4. Variación modal del piroxeno en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.	111
Figura 6.5. Variación modal de la biotita en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.	112
Figura 6.6. Variación modal del olivino en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.....	113
Figura 6.7. Variación textural de los cristales de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, biotita y olivino que componen el complejo volcánico Chachani.....	114
Figura 6.8. A. Variación de la composición a través del tiempo de todos los edificios que componen el Chachani. B. Variación de composición de los flujos y caídas piroclásticas del complejo volcánico Chachani. C. Variación de la composición de los flujos y domos de lava del complejo volcánico Chachani.....	115
Figura 6.9. Modelo esquemático de los procesos que pudieron ocurrir en el complejo volcánico Chachani, donde se muestra: (1) Descompresión parcial del magma, (2) Recarga magmática hacia una cámara más somera, (3) Movimientos convectivos relacionados a la gradiente geotérmica dentro de la cámara magmática, (4) Sedimentación cristalina producto de la diferencia de densidades dentro de la cámara magmática, (5) Descompresión por erupción producto de la disminución abrupta de la temperatura y presión del magma.	117

RESUMEN

El complejo volcánico Chachani, se localiza a 22 km al noroeste de la ciudad de Arequipa, considerado como uno de los complejos volcánicos más grandes (Aguilar R. , 2015), se encuentra formando parte de la zona volcánica central de los andes. Emplazado sobre la Ignimbrita Aeropuerto Arequipa de edad ~ 1.65 Ma. Todo el complejo se encuentra compuesto por flujos de lava, depósitos de caídas junto a flujos piroclásticos. El Chachani inicia su periodo eruptivo con el emplazamiento de flujos lávicos basales, seguido de al menos doce edificios volcánicos diferenciados por edificios antiguos y jóvenes (Aguilar, 2015 y 2022). A pesar de su gran extensión e interés volcánico, a la fecha no se han realizado estudios petrológicos detallados de los diferentes depósitos. El objetivo principal de la presente tesis es caracterizar petrográficamente y geoquímicamente las muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos para determinar la evolución del complejo volcánico Chachani. Según el estudio petrográfico del complejo volcánico Chachani, el ensamble mineralógico de las muestras son similares en la mayoría de los edificios volcánicos y se encuentra compuesto principalmente por plagioclasa y piroxeno en mayor proporción, anfíbol y biotita en menor proporción y olivino de forma puntual en los edificios Chingana, Estribo y Chachani. Se identifican las texturas de tamiz grueso, tamiz fino, sineusis, textura aglomerádica, superficies de reabsorción, bordes de sobrecrecimiento, textura black, bordes redondeados y cristales rotos. El estudio geoquímico indica composiciones entre andesitas basálticas a riolíticas (54.37-74.34 wt. % SiO₂) para los flujos basales y edificios antiguos del Chachani, mientras que los edificios jóvenes poseen composiciones más silíceas ubicándose entre andesitas a dacitas (58.66-68.40 wt. % SiO₂). Los diagramas de elementos mayores y trazas respaldan la hipótesis que la evolución del complejo volcánico Chachani es mucho más compleja que una simple cristalización fraccionada (formación de cristales). Finalmente se concluye que el complejo volcánico Chachani pudo estar asociado a diferentes procesos como la mezcla de magmas por recarga magmática, movimientos convectivos, descompresión parcial del magma, sedimentación cristalina por diferencia de densidades y la descompresión rápida por una erupción violenta.

Palabras clave: Petrografía, textura, geoquímica, proceso magmático.

ABSTRACT

The Chachani volcanic complex is located 22 km northwest of the city of Arequipa, considered one of the largest volcanic complexes (Aguilar R., 2015), and is part of the central volcanic zone of the Andes. It is located on the Arequipa Airport Ignimbrite, which is ~1.65 Ma old. The entire complex is composed of lava flows, fall deposits, and pyroclastic flows. Chachani begins its eruptive period with the emplacement of basal lava flows, followed by at least twelve volcanic buildings differentiated by old and young buildings (Aguilar, 2015 and 2022). Despite its large area and volcanic interest, to date no detailed petrological studies of the different deposits have been carried out. The main objective of this thesis is to characterize petrographically and geochemically the representative samples of rocks and/or volcanic products to determine the evolution of the Chachani volcanic complex. According to the petrographic study of the Chachani volcanic complex, the mineralogical assembly of the samples is similar in most of the volcanic buildings and is composed mainly of plagioclase and pyroxene in greater proportion, amphibole and biotite in lesser proportion and olivine punctually in the Chingana, Estribo and Chachani buildings. The textures of coarse sieve, fine sieve, syneusis, agglomeradic texture, resorption surfaces, overgrowth edges, black texture, rounded edges and broken crystals are identified. The geochemical study indicates compositions ranging from basaltic to rhyolitic andesites (54.37-74.34 wt. % SiO₂) for the basal flows and old buildings of Chachani, while the young buildings have more silicic compositions ranging from andesites to dacites (58.66-68.40 wt. % SiO₂). The major and trace element diagrams support the hypothesis that the evolution of the Chachani volcanic complex is much more complex than a simple fractional crystallization (crystal formation). Finally, it is concluded that the Chachani volcanic complex could have been associated with different processes such as the mixing of magmas by magmatic recharge, convective movements, partial decompression of magma, crystalline sedimentation by density differences and rapid decompression by a violent eruption.

Keywords: Petrography, texture, geochemistry, magmatic process.

INTRODUCCIÓN

La evolución de un complejo volcánico comprende diversos eventos volcánicos durante su etapa eruptiva, generados a partir de procesos magmáticos como la cristalización fraccionada, evolución de una fase fluida, asimilación de rocas encajonantes, inmiscibilidad de líquidos y diferenciación de flujo (Cullers, 1998). Los estudios petrográficos y geoquímicos permiten inferir estos procesos que controlan la evolución magmática.

El complejo volcánico Chachani, es uno de los más grandes centros eruptivos (Aguilar, 2022) de la Zona Volcánica Central de los Andes (de Silva & Francis, 1991), ubicado en el sur del Perú. Forma parte diversos volcanes Plio-cuaternarios potencialmente activos (Chachani, Sara Sara, Solimana y Ampato). El Chachani presenta una geomorfología compleja formada por domos, domos colada, campos de lava y estratovolcanes (Aguilar, 2022). El substrato sobre el cual se emplazó el Chachani está compuesto por depósitos volcanoclásticos y potentes secuencias volcánicas representativas divididas en 4 unidades: Ignimbrita Río Chili, Ignimbrita La Joya, Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa y el “Tufo Yura” (Paquereau-Lebti et al, 2006).

La presente tesis se elabora con el fin de conocer los posibles procesos durante la evolución del complejo volcánico Chachani, mediante el estudio petrográfico y geoquímico, de esta manera este trabajo podrá ofrecer y aportar estudios más detallados sobre la mineralogía y sus texturas generadas en los diferentes depósitos del Chachani con el respaldo de la geoquímica.

Finalmente, la tesis se divide en seis capítulos, la misma que está estructurada de la siguiente manera: El capítulo I, Generalidades, donde se describe la ubicación, antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos, hipótesis, variables, metodología de la investigación y etapas de investigación. El capítulo II, constituye el marco teórico, donde se definen los términos básicos utilizados en la tesis. El capítulo III, abarca el contexto morfoestructural geomorfológico y geológico de la zona de estudio. El capítulo IV, comprende la petrografía con la descripción microscópica detallada de las muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani. El capítulo V, se plasma la geoquímica del Chachani mediante diferentes diagramas para caracterizar la evolución del complejo. El capítulo VI, constituye el análisis e interpretación de datos donde se analizan las características petrográficas y geoquímicas. Finalmente se da a conocer las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos planteados y finalmente se presentan los anexos de la tesis.

Esta tesis fue desarrollada en el marco del “Proyecto GA17D y GA17F: Estudio y evaluación de peligros del complejo volcánico Chachani”, de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), en colaboración con la Dirección de Laboratorios del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Ubicación y accesibilidad

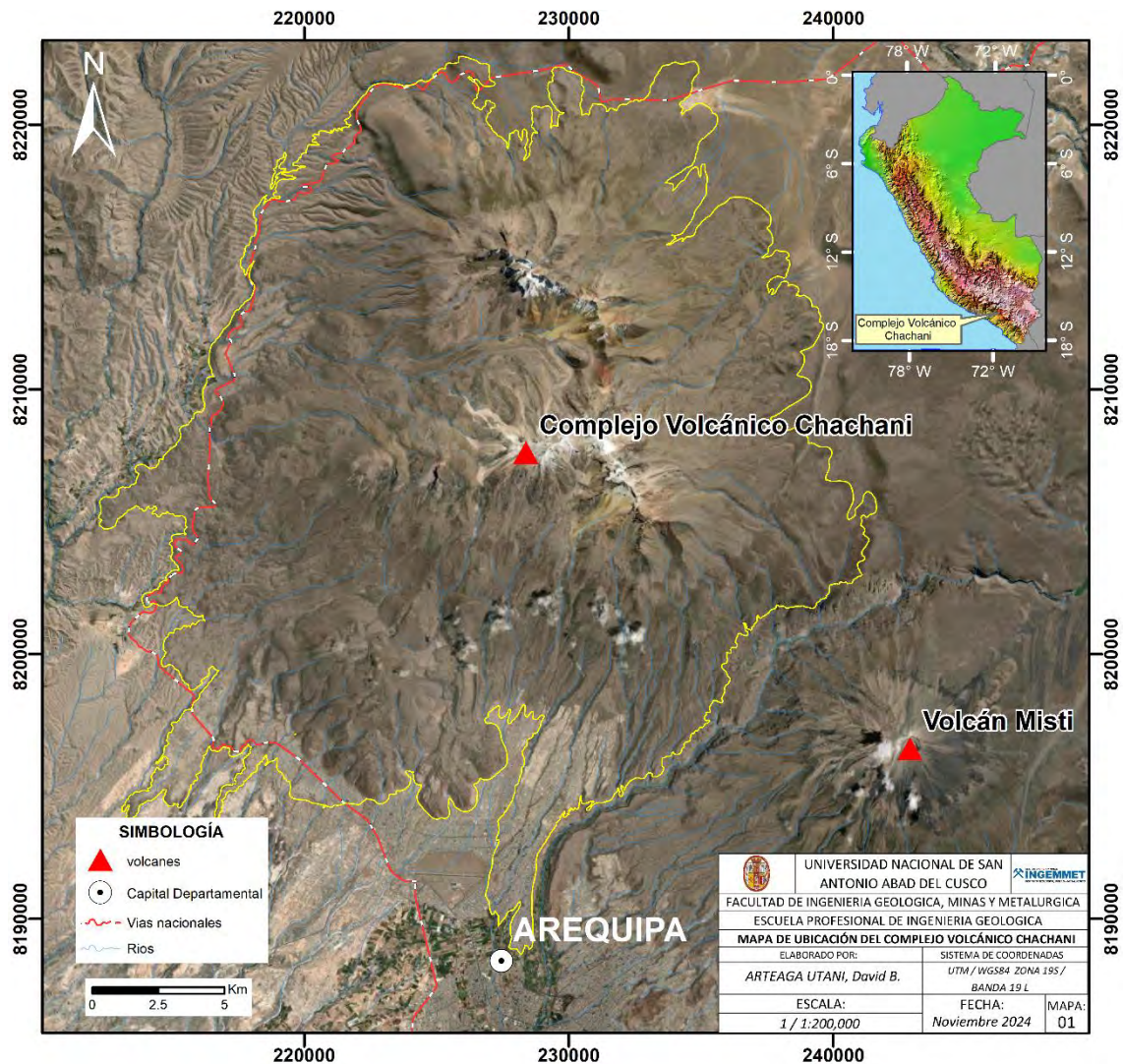
El complejo volcánico Chachani (Figura 1.1) se ubica en el sur de Perú, aproximadamente a 22 km al noroeste de la ciudad de Arequipa. Es uno de los centros eruptivos más grandes (Aguilar, 2022), de la Zona Volcánica de los Andes Centrales (ZVC) (de Silva & Francis, 1991), y forma parte del grupo de volcanes potencialmente activos localizados en la Cordillera Occidental de los Andes del sur peruano.

Las coordenadas UTM WGS84, Zona 19S, que delimitan el área de estudio son las siguientes:

215382.207E – 8220911.77N; 239163.843E – 8220911.77N

239163.843E – 8195333.679N; 215382.207E – 8195333.67N

Figura 1.1 Mapa de ubicación del complejo volcánico Chachani.



Fuente: Google earth. (s.f.). [Complejo volcánico Chachani],2023.

1.2. Antecedentes

El complejo volcánico Chachani ha sido objeto de algunas investigaciones respecto a su geología, dataciones radiométricas, geoquímica y peligros geológicos (e.g. Aguilar R, 2022; Sanz, 2020; Alavi H, 2020; Aguilar R, 2015; Suaña E, 2012). Sin embargo, no se conocen estudios específicos y detallados sobre la petrografía de los distintos productos emitidos en los edificios que componen el complejo volcánico Chachani como los flujos y caída piroclástica.

Antecedentes internacionales

Ant 1. Aguilar, R., Thouret J. C., Samaniego, P., Worner, G., Jicha, B., Paquette, J-L., Suaña, E., Finizola, A., (2022). **“Growth and evolution of long-lived, large volcanic clusters in the Central Andes: The Chachani Volcano Cluster, southern Peru”** - Journal of Volcanology and Geothermal Research. Este artículo presenta datos volumétricos, radiométricos, petrográficos, geomorfológicos, petrográficos (domos y flujos de lava) y geoquímicos de los edificios antiguos y jóvenes que componen el complejo volcánico Chachani.

El aporte de este artículo al trabajo de tesis fue el estudio geomorfológico y geológico detallado de la zona de estudio, así como el estudio petrográfico de los flujos lávicos del complejo volcánico Chachani.

Ant 2. Paquereau-Lebti P., Fonari M., Roperch P., Thouret J-C., Macedo O. (2008). **“Paleomagnetic, magnetic fabric, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, of Neogene - Quaternary ignimbrites in the Arequipa area, Southern Peru”** - Bulletin of Volcanology. La datación realizada en este estudio confirma la existencia de dos ignimbritas, los datos paleomagnéticos de este estudio indican la fuente de la ignimbrita del Aeropuerto de Arequipa se encuentra debajo del complejo volcánico Chachani y la información paleomagnética obtenida de la ignimbrita La Joya no proporciona evidencia de la fuente. El aporte de este artículo fue conocer la edad del basamento donde se emplazó el complejo Chachani.

Ant 3. Paquereau-Lebti, P., Thouret, J-C., Worner, G., Fonari, M. (2006) **“Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa, Southern Peru: Stratigraphical and petrological correlations”** - Journal of Volcanology and Geothermal Research. Realizaron un estudio estratigráfico de las ignimbritas que se encuentran a la base del complejo volcánico Chachani, denominadas: “Ignimbrita del Río Chili”, “Ignimbrita de la Joya”, “Ignimbrita del Aeropuerto de Arequipa” y el “Tufo Yura”, de edades Miocenas-Pleistocenas.

El aporte de este artículo fue la información petrográfico y estratigráfico de las ignimbritas que se ubican como substrato del complejo Chachani.

Ant 4. Garcia, F.F., Chorowicz, J. y Legros, F. (1997). **“La caldera Chachani, gran centro explosivo Plioceno-Holoceno del Sur del Perú”** - Contributions to Mineralogy and Petrology Journal; En este estudio se identificaron estructuras volcánicas utilizando imágenes LANDSAT y radar ERS”, sugiriendo la existencia de una gran caldera que fue el centro de emisión de las ignimbritas, infrayaciendo al complejo volcánico Chachani y emplazando sus depósitos en los alrededores y bajo la ciudad de Arequipa.

El aporte de este artículo científico fue la identificación de una caldera donde se emplazaron distintos depósitos volcánicos pertenecientes al Chachani.

Antecedentes nacionales

Ant 1. Alavi, H (2020) Tesis Pregrado **“Evaluación de peligros por ocurrencia de lahares (Flujos de lodo) en el complejo volcánico Chachani-Arequipa”** – Tesis de pregrado (UNSAAC). En su tesis de ingeniero, realiza estudios de evaluación de peligros por lahares ocurridos en el flanco sur del complejo volcánico Chachani.

El aporte de esta tesis fue la delimitación de los depósitos emplazados del complejo volcánico Chachani.

Ant 2. Aguilar R., Thouret J-C., Samaniego P., (2016) **“Actividad eruptiva en sistemas de larga duración: relaciones entre el complejo post-caldérico Chachani y las ignimbritas Plio-cuaternarias de la cuenca de Arequipa (Perú)”** – XVIII Congreso Peruano de Geología. En este resumen se define que el complejo volcánico Chachani representa una actividad volcánica post-caldérica de las ignimbritas del Aeropuerto de Arequipa y que pertenecen a un mismo sistema magmático.

El aporte de este resumen al trabajo de tesis fue la descripción de un gran sistema magmático y su relación entre el basamento y el complejo volcánico Chachani.

Ant 3. Aguilar R., (2015), Tesis de Maestría **“Long-lived magmatic systems: the post-caldera Chachani volcanic complex case study (Peru)”** – Tesis de maestría (Universite Blaise Pascal). En el cual determina las edades de los doce edificios volcánicos y luego agrupa estratigráficamente en dos grupos, según la edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$: Edificios Antiguos y los Edificios Jóvenes.

El aporte de esta tesis de maestría fue la datación de los depósitos del complejo volcánico Chachani.

Ant 4. Suaña E., (2012), Tesis Pregrado **“Evolución tefroestratigrafica, petrológica y geoquímica del complejo volcánico Chachani, Arequipa – Perú”** - Tesis de pregrado (UNSA). En su tesis define que el complejo volcánico Chachani está compuesta por unidades geomorfológicas complejas (Domos y estratovolcanes), asimismo, define que el CVC tuvo una evolución de hasta en 3 etapas.

El aporte de esta tesis de pregrado fue un reconocimiento general tefroestratigráfico, petrográfico y geoquímico de los flujos de lava del complejo volcánico Chachani.

1.3. Planteamiento del problema

El complejo volcánico Chachani cuenta con estudios petrológicos y petrográficos generales en con poca información detallada de la mineralogía, texturas, composición modal de todas las rocas y edificios que conforman el Chachani. Para sustentar la presente tesis, se propone realizar estudios petrográficos a detalle de las muestras representativas complejo volcánico Chachani. Así mismo, complementar con estudios geoquímicos de muestras de roca, para determinar las distribuciones espaciales y anomalías de los diferentes elementos químicos mayores, menores y trazas; con el fin de caracterizar la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.3.1. Formulación del problema

1.3.1.1. Problema general

¿Cómo fue la evolución petrográfica y geoquímica del complejo volcánico Chachani?

1.3.1.2. Problemas específicos

¿Cuál es la composición mineralógica en los productos emitidos por el complejo volcánico Chachani?

¿Cuáles son las texturas minerales para identificar el proceso evolutivo del Chachani?

¿Cuál es la clasificación mineralógica modal de las muestras del complejo volcánico Chachani?

¿Existe una variación temporal en la composición química de los magmas que formaron el complejo volcánico Chachani?

¿Cómo fue la evolución del complejo volcánico Chachani?

1.4. Justificación del problema

En el complejo volcánico Chachani, aún no se ha realizado estudios petrográficos a detalle, encontrándose solo descripciones de flujos de lava (Suaña, 2012; Aguilar R., 2015 & 2022).

- a) **Conveniencia.** Esta tesis permitió obtener descripciones petrográficas de todos los depósitos del Chachani permitiendo entender mejor la evolución del complejo
- b) **Relevancia.** Este estudio servirá de herramienta para entender los procesos geológicos relacionados a las erupciones, y su aplicación a la gestión de riesgos volcánicos.
- c) **Implicancia práctica.** Este estudio servirá para comprender las erupciones pasadas y definir mejor los escenarios de una posible erupción futura del Chachani.
- d) **Valor teórico.** El estudio, consistió de la identificación mineralógica, textural, ensamble mineralógico; contrastada por la geoquímica de roca total, siendo de utilidad para estudios futuros más especializados.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Caracterizar petrográficamente y geoquímicamente las muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos para determinar la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar la composición mineralógica en las secciones delgadas de muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.
2. Identificar las texturas mineralógicas en las secciones delgadas de las muestras de roca y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.
3. Clasificar modalmente las rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.
4. Determinar la geoquímica de roca total en muestras representativas a lo largo la actividad eruptiva del complejo volcánico Chachani.
5. Conocer la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.6. Formulación de la hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La caracterización petrográfica, geoquímica de las rocas y/o productos emitidos, permiten determinar los procesos volcánicos asociados a la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.6.2. Hipótesis específicas

1. La determinación de la composición mineralógica en las secciones delgadas de muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.
2. La identificación de las texturas que poseen los minerales en las secciones delgadas del complejo volcánico Chachani.
3. La clasificación modal de las muestras de rocas y/o productos volcánicos a partir de la composición mineralógica.
4. La determinación de la composición química de las muestras representativas a lo largo la actividad eruptiva del complejo volcánico Chachani.
5. Los procesos magmáticos identificados en los estudios petrográficos y geoquímicos permiten conocer la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.7. Variables

1.7.1. Variables independientes

- Petrografía del complejo volcánico Chachani.
- Geoquímica del complejo volcánico Chachani.

1.7.2. Variable dependiente

- Evolución del complejo volcánico Chachani.

Cuadro 1.1. Cuadro de operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			
Tipo de variables	Variables	Dimensiones	Indicadores
Variables independientes	Petrografía	Mineralogía	Presencia de minerales formadores de rocas ígneas volcánicas
		Texturas	Texturas de equilibrio Texturas de desequilibrio
		Ensamble mineralógico	Identificación de minerales predominantes en las muestras representativas de roca y/o productos volcánicos
	Geoquímica	Elementos mayores	Tendencia de los elementos mayores en los diferentes diagramas elaborados
		Elementos menores y traza	Tendencia de los elementos menores y traza en los diferentes diagramas elaborados
Variables dependientes	Evolución magmática	Magma	Referencias bibliográficas y estudios experimentales.
		Temperatura	
		Presión	

1.8. Metodología de la investigación

Para este estudio se utilizó y adaptó la metodología de investigación según (Arisque et al., 2020, Sampieri, 2018 y Carrasco, 2008) (Ver Anexo I).

1.8.1. Enfoque

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación mixta: Según su naturaleza es cualitativa, ya que se describirá el color o rango de colores de las rocas, texturas, naturaleza de la roca, compacidad, composición mineralógica, estructuras (fracturas y vesículas), dureza y magnetismo, como también cuantitativa, porque se determinará porcentajes (valores numéricos) de los componentes mineralógicos mediante el estudio petrográfico con el uso del microscopio y el software Rock.AR v.2.

1.8.2. Nivel

Pertenece a un nivel descriptivo porque se busca la caracterización petrográfica y geoquímica con la identificación de características cualitativas y cuantitativas de los minerales de las muestras representativas del complejo volcánico Chachani.

1.8.3. Método

Inductivo, porque a partir de la mineralogía, texturas, composición química (hechos particulares) podemos inferir los procesos magmáticos (conclusiones generales) que ocurrieron durante la evolución del complejo volcánico Chachani.

1.8.4. Diseño

Es transversal porque se realizará en un determinado periodo de tiempo, en este caso fue el año 2023 y 2024.

1.9. Etapas de la investigación

Este trabajo de investigación se ha desarrollado en cuatro etapas, cada una ellas llegando a ser importante e imprescindible:

1.9.1. Recopilación y estudio de material bibliográfico

- Recopilación de información bibliográfica sobre el complejo volcánico Chachani: Historia eruptiva, entorno geológico, petrografía y geoquímica; a partir de artículos científicos, tesis, libros y boletines geológicos del Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).
- Elaboración de mapas: Ubicación, geomorfológico y geológico del complejo volcánico Chachani, para ello se utilizó el programa ArcGIS 10.5
- Organización de muestras y generación de una base de datos de las muestras de las campañas de campo pasadas del equipo de la DGAR al complejo volcánico Chachani. Esta base de datos contiene el código de la muestra, sus coordenadas de ubicación (UTM/WGS84/zona) y una breve descripción general de cada de las muestras.

1.9.2. Trabajo de campo

- Realizaron 4 campañas de campo entre el año 2021 y 2022. Cada campaña tuvo una duración comprendida entre 7 a 14 días.
- Reconocimiento geológico y cartografiado a escala 1:25 000, de estructuras y depósitos de volcánicos del complejo Chachani.
- Muestreo de los productos emitidos por el complejo volcánico Chachani, asignándole un código a cada muestra, con la toma de coordenadas de ubicación (UTM) y descripciones macroscópicas.
- Recolección de 47 muestras de roca de depósitos volcánicos representativos de los edificios que conforman el Chachani.

1.9.3. Trabajo en laboratorio

- Preparación de muestras de roca a sección delgada incluyeron las siguientes etapas: Corte, impregnación, lapeado, pegado al portaobjetos, desbaste, montaje y codificación. Esta etapa se llevó a cabo en el área de preparación de muestras de la Dirección de laboratorios del INGEMMET.
- Realizaron estudios petrográficos de las secciones delgadas de roca con un microscopio de polarización marca OLYMPUS modelo BX60 y LEICA modelo DMLP, tanto en el área de petromineralogía de la Dirección de laboratorios de INGEMMET y el microscopio LEICA Modelo DM750P de la DGAR.
- Elaboración de un formato de descripción microscópica, donde se resume las características observadas de los cristales en las secciones delgadas bajo el microscopio de polarización: Forma, hábito, texturas, maclas, microfracturas, alteración, tamaño de los cristales, porcentaje mineral, además se incluyeron otras características como enclaves, xenolitos y/o xenocristales (si hubiera). Posteriormente se realizó la clasificación modal petrográfica a cada muestra de roca.
- Preparación de muestras de roca para el análisis químico, comprende: Secado, trituración, homogenización/cuarteado, pulverizado, tamizado y codificación. Ejecutándose este proceso en el área de preparación de muestras de la Dirección de laboratorios del INGEMMET.
- Los ensayos químicos, mediante el método análisis de roca total y digestión multiácida (ICP-OES), además del análisis de tierras raras (ICP-MS). Se efectuó por la Dirección de laboratorios del INGEMMET.

1.9.4. Procesamiento de la información y redacción de la tesis

- Unificación de toda la base de datos de muestras recolectadas de campañas pasadas y recientes (2021 y 2022).
- Elaboración de mapas finales: Ubicación, geomorfológico y geológico del complejo volcánico Chachani.
- Análisis de los resultados petrográficos obtenidos de las muestras estudiadas mediante la elaboración de diagramas comparativos entre todas las muestras e interpretar las tendencias sobre la evolución del complejo volcánico Chachani.
- El análisis geoquímico de elementos mayores, trazas y tierras raras para finalmente elaborar diagramas y gráficos para la geoquímica.
- Redacción de la tesis de grado.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

El objetivo principal de este estudio es caracterizar la evolución del complejo volcánico Chachani, para lo cual es importante conocer las bases teóricas como la petrografía, mineralogía, identificación de sus propiedades ópticas y geomorfológicas, técnicas que se emplean, equipos utilizados y geoquímica.

Todos estos parámetros nos permiten identificar los posibles procesos magmáticos que pudieron ocurrir al formarse los distintos edificios del Chachani, a continuación, algunas definiciones.

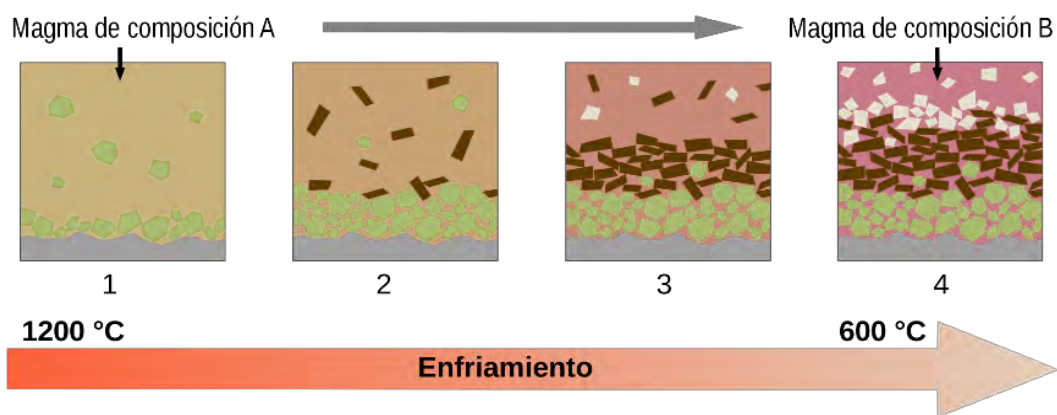
2.1. Evolución magmática o diferenciación magmática

Este término también se utiliza para describir procesos que generan heterogeneidades en un magma y luego preservan estas fracciones separadas cuando el magma se solidifica (Middlemost, 1989). Cualquier proceso que provoque cambios en la composición del magma se llama diferenciación magmática. A lo largo de los años, se han sugerido varios procesos para explicar la variación de la composición del magma observada en regiones pequeñas. Entre los procesos se encuentran: Cristalización fraccionada, asimilación, fragmentación magmática, recarga, mezcla y movimientos convectivos (Nelson S. , 2012).

2.2. Cristalización fraccionada

La cristalización de minerales de un líquido de silicato (magma) durante el enfriamiento hace que el líquido cambie de composición (Figura 2.1). Las posibles variaciones de composición que pueden ocurrir a través de este proceso están gobernadas por funciones de estado termodinámico para los cristales y la masa fundida (Sigurdsson et al., 2015).

Figura 2.1. Diagrama esquemático que muestra el principio detrás de la cristalización fraccionada en un magma. Mientras se enfría, la composición del magma evoluciona porque diferentes minerales cristalizan a partir del fundido. 1: el olivino cristaliza; 2: cristalizan olivino y piroxeno; 3: cristalizan piroxeno y plagioclasa; 4: la plagioclasa cristaliza. En el fondo del depósito de magma se forma una roca acumulada.



Fuente: Woudloper, 2009.

2.3. Asimilación

La incorporación de material originalmente presente en la pared rocosa circundante en un magma. Si la pared rocosa se incorpora al líquido, se requiere energía térmica para calentar y derretir la roca sólida (Sigurdsson et al., 2015).

2.4. Fragmentación magmática

La fragmentación transforma el magma de una fase líquida continua con burbujas de gas dispersas (+/- cristales) a una fase gaseosa con fragmentos de magma dispersos (piroclastos). Puede presentarse por aceleración rápida y sobrepresión (Sigurdsson et al., 2015).

2.5. Recarga magmática

La recarga o intrusiones de magma caliente y rico en volátiles pueden desbloquear reservorios de magma estancados y ricos en cristales y aumentar la sobrepresión lo suficiente como para desencadenar erupciones volcánicas (Morgavi et al., 2017). La recarga de magma se registra mediante cristales en un depósito de magma como zonificación composicional, y el tiempo transcurrido entre inyecciones y erupciones puede limitarse analizando el grado de difusión elemental entre estas zonas composicionales (Costa et al., 2008).

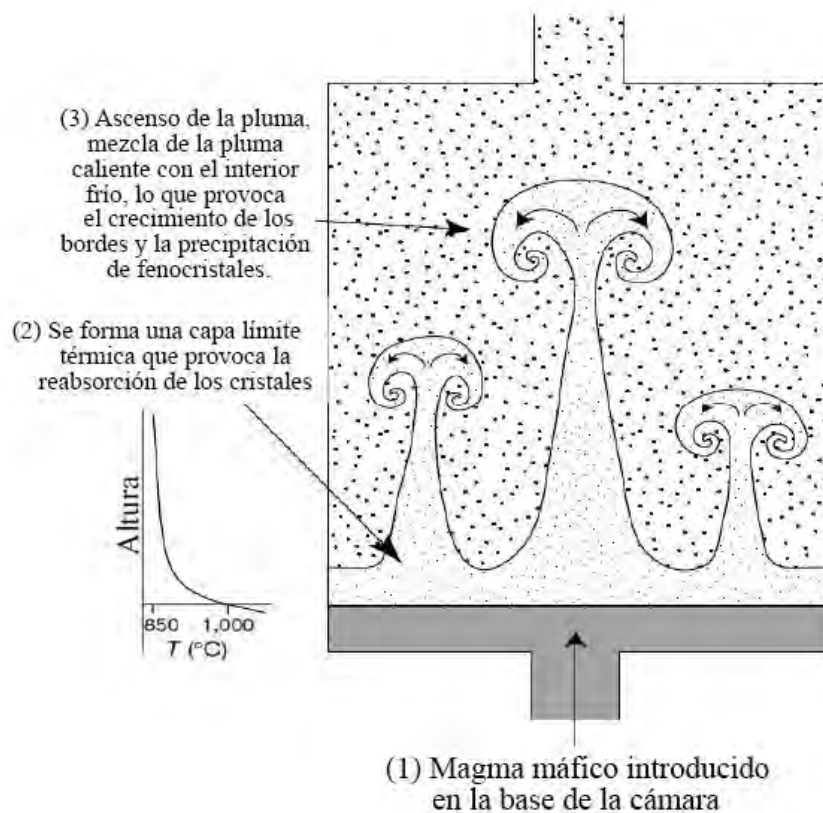
2.6. Mezcla de magma

La mezcla también puede ocurrir como resultado de la recarga de la cámara de magma por la llegada de un nuevo lote de magma, lo que puede ser un desencadenante de erupciones (Murphy et al., 1998). La recarga de magma ocurre comúnmente cuando el material fundido silíceo frío es invadido por magma más caliente y máfico (Murphy et al., 2000).

2.7. Movimientos convectivos

El proceso de automezcla en un cuerpo de magma convectivo de composición única calentado desde abajo puede explicar la amplia diversidad de texturas minerales, composiciones minerales, diversas temperaturas aparentes y disequilibrios. La Figura 2.2 muestra el concepto de movimientos convectivos y perfil de temperatura. El material máfico caliente se introduce en la base de una cámara de magma más silíceo. En el límite se forma una capa de magma silíceo caliente. Este se vuelve inestable, lo que resulta en el desarrollo de columnas de convección. Sin embargo, la automezcla convectiva no siempre requiere la participación directa de otro magma más máfico para generar las texturas complejas (Couch et al., 2001)

Figura 2.2. Diagrama de concepto de movimiento convectivos y perfil de temperatura.



Fuente: Couch et al., 2001

2.8. Vulcanología

La vulcanología es el estudio del origen y ascenso del magma a través del manto y la corteza del planeta y su erupción en la superficie. La vulcanología se ocupa de la evolución física y química de los magmas, su transporte y erupción, y la formación de depósitos volcánicos en la superficie planetaria. Algunos procesos volcánicos constituyen un peligro natural importante, mientras que otros son muy beneficiosos para la sociedad. Por tanto, el estudio del vulcanismo tiene una gran importancia para la sociedad. Para la mayoría de las personas, la vulcanología evoca la imagen de un volcán en erupción. Los volcanes y sus erupciones, sin embargo, son simplemente la manifestación superficial de los procesos magmáticos que operan en las profundidades de la Tierra y, por lo tanto, el estudio del vulcanismo es inevitablemente altamente interdisciplinario, más estrechamente vinculado a la geofísica, la petrología y la geoquímica (Sigurdsson et al., 2015).

2.9. Volcán

Un volcán (Figura 2.3) es una abertura en la superficie de un planeta, permite que material más cálido que su entorno escape de su interior. Cuando este material se escapa, provoca una erupción que puede ser explosiva y enviar material a lo alto del cielo o puede ser más tranquilo, con suaves flujos de material. Los volcanes pueden estar activos, inactivos o extintos. Los volcanes activos son volcanes que han tenido erupciones recientes o que se espera que tengan erupciones en un futuro cercano. Los volcanes inactivos ya no producen erupciones, pero podrían volver a producirlas en el futuro. Es probable que los volcanes extintos nunca vuelvan a entrar en erupción (NASA, 2019).

Figura 2.3. Volcán Misti, vista desde la ciudad de Arequipa.



2.10. Complejo volcánico

Es un conjunto extenso de centros volcánicos mayores y menores relacionados espacial, temporal y genéticamente con sus flujos de lava y rocas piroclásticas asociadas (Francis, 1994).

2.11. Cámara magmática

Las cámaras magmáticas son los hogares clásicos virtuales y a veces reales de los procesos magmáticos (físicos y químicos) que dan lugar a la diferenciación, que es el proceso al que el planeta Tierra debe su estructura gruesa y la gran diversidad de sus rocas ígneas (Marsh, 2015).

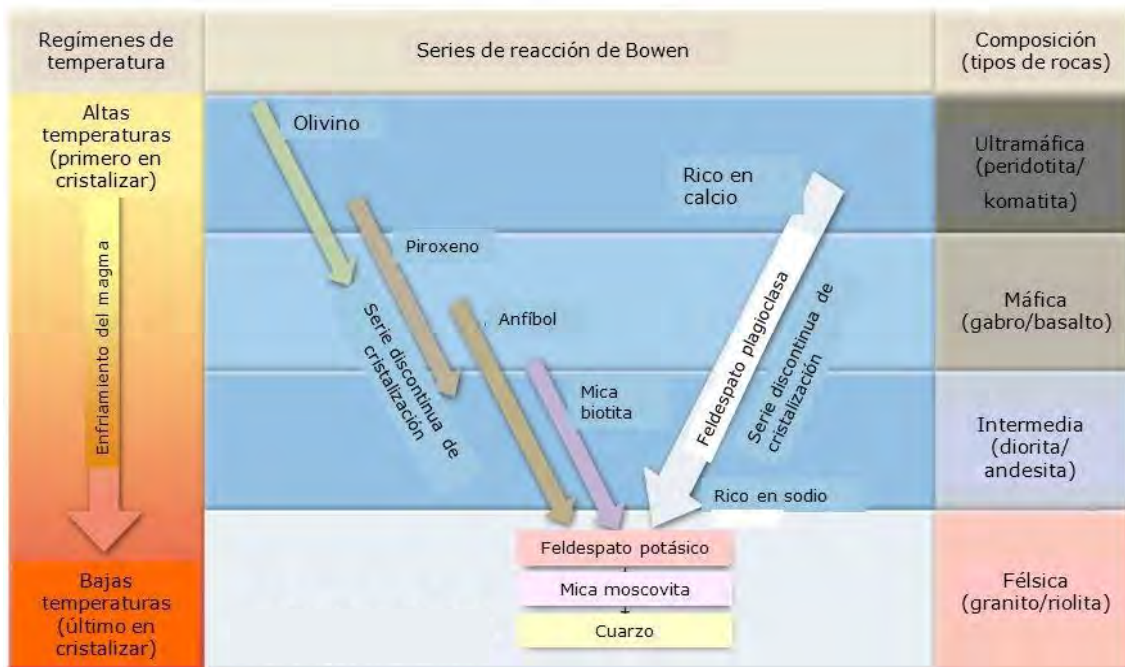
Proceso magmático. – Los procesos magmáticos comprenden cualquier proceso que afecte la fusión o cristalización de un magma. Esto incluye la fusión parcial de rocas de diferente composición bajo diferentes condiciones de temperatura y presión (total y fluida como H₂O) y los procesos que modifican la composición de la masa fundida después de la fusión. Los procesos

que potencialmente pueden modificar el derretimiento incluyen la evolución de una fase fluida (H₂O o CO₂), cristalización fraccionada, asimilación de rocas, inmiscibilidad de líquidos y diferenciación de flujo. Estos procesos van desde el equilibrio hasta varios grados de desequilibrio y pueden modelarse matemáticamente como se describe a continuación.

2.12. Cristalización magmática

El magma cristaliza en un amplio rango de temperatura (Figura 2.4), el tamaño de los cristales suele oscilar entre 1 y 50 mm (Marsh, 2015). La diversidad de texturas de las rocas ígneas es una consecuencia de la diversidad de condiciones ambientales durante el proceso de cristalización (Castro A. , 2015). Estos procesos son denominados serie de reacción de Bowen. Las cuales constituyen una serie de reacción continua y una discontinua. En la serie continua o serie de las plagioclasas, los primeros cristales formados son más ricos en calcio, y a medida que avanza la reacción y la temperatura disminuye, los cristales se vuelven gradualmente ricos en sodio. En la reacción discontinua los cristales máficos o ferromagnesianos, sufren cambios bruscos, debido a que estos cristales reaccionan con el líquido magmático para formar nuevos minerales con composición y estructura cristalina diferentes (Vásquez, 2023).

Figura 2.4. Series de reacción de Bowen de cristalización fraccionada.



Fuente: Pearson, 2005.

2.13. Ensamble o asociación mineralógica

Se considera a una roca determinada está formada por una asociación de minerales que son estables en unas condiciones de presión y temperatura determinada. Estas tendrán, además, una composición y proporción entre ellas (moda mineral) fijas (Castro A. , 2015).

2.14. Tipos de erupciones

Las erupciones volcánicas varían ampliamente tanto en magnitud, altura de la columna eruptiva (Figura 2.5) como en duración y muestran un amplio espectro de estilos y procesos eruptivos. Los vulcanólogos tradicionalmente describen las erupciones en términos derivados de tipos de actividad característicos de volcanes o regiones volcánicas particulares.

- Hawaiana

El estilo de actividad hawaiano se caracteriza por episodios explosivos que se mantienen en escalas de tiempo de horas a días, produciendo la formación de cúmulos de magma fundido y

poca ceniza. Las fuentes altas pueden alcanzar elevaciones de cientos de metros y son típicamente episódicas, siendo muy variables la duración de los episodios y la duración de los períodos de reposo, especialmente entre erupciones (Sigurdsson et al., 2015).

- **Estromboliana**

La actividad estromboliana se caracteriza por explosiones débiles, discretas y de corta duración que son la manifestación superficial de la liberación impulsiva de gas presurizado. La rápida expansión de este gas se fragmenta y expulsa coágulos de magma fundido y cenizas adyacentes, además de desechos líticos menores ocasionalmente presentes en el respiradero (Sigurdsson et al., 2015).

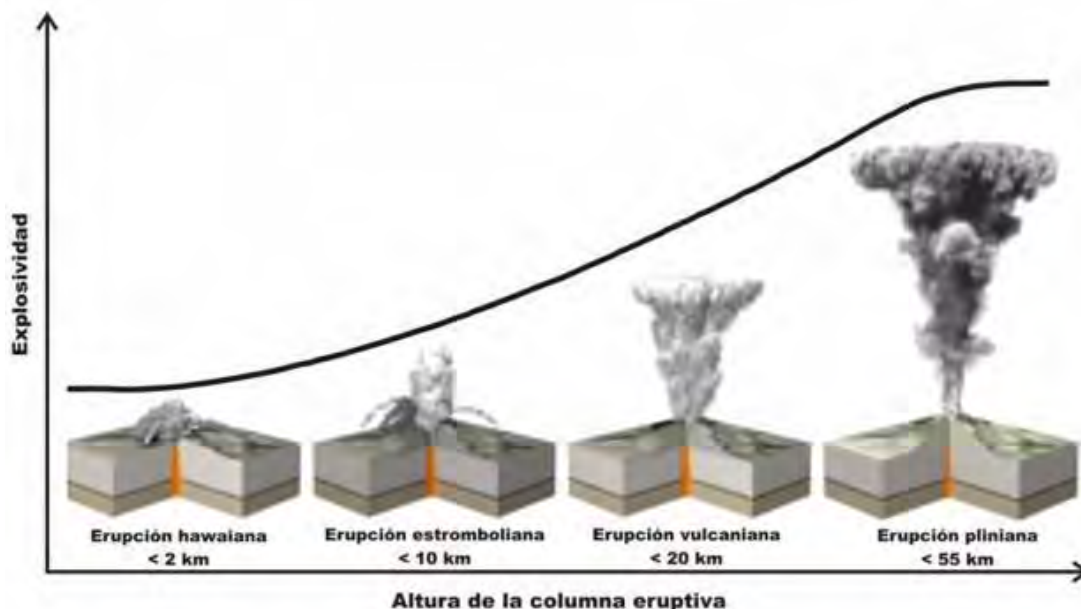
- **Vulcaniana**

Las erupciones vulcanianas resultan de la descompresión repentina de un conducto volcánico que contiene magma altamente presurizado. Estas erupciones se inician cuando un tapón o cúpula de un conducto se rompe debido a un gradiente de presión suficientemente alto en el magma subyacente (Sigurdsson et al., 2015).

- **Pliniana**

Durante los pulsos plinianos, una mezcla de gas y partículas (material juvenil, cognato y lítico) se descarga desde un respiradero a alta velocidad. Las variaciones en la descarga o en los parámetros que controlan la dinámica de la erupción (por ejemplo, composición del magma, contenido volátil, geometría de los ventos y conductos) generalmente ocurren en una escala de tiempo más larga que los tiempos característicos de los diferentes procesos, que dominan el ascenso del magma, la fragmentación del magma, y desarrollo del viento. Esto da como resultado una columna de erupción sostenida y casi constante (Sigurdsson et al., 2015).

Figura 2.5. Tipos de volcanes según su explosividad y altura de columna eruptiva.



Fuente: Tipos de erupciones de los volcanes – USGS, 2024.

2.15. Productos o depósitos volcánicos

- **Flujos lava**

Los flujos de lava son derrames de roca fundida o magma. En la Tierra, la inmensa mayoría tiene composiciones de silicato, cuyas temperaturas de fusión habituales se encuentran en el rango de 800 a 1200 °C (Sigurdsson et al., 2015).

- **Domos y domos colada**

Los domos de lava son montículos de lava viscosa y rocas que se amontonan y acumulan alrededor de un respiradero volcánico. Se forman cuando el magma se enfría y se desgasifica relativamente rápido después de hacer erupción en la superficie de la Tierra. La formación de domos son un estilo común de vulcanismo, especialmente en entornos de márgenes convergentes. Los domos resultantes pueden estar solos, formarse en el cráter de un cono volcánico o formar parte de un grupo o complejo de domos (Sigurdsson et al., 2015).

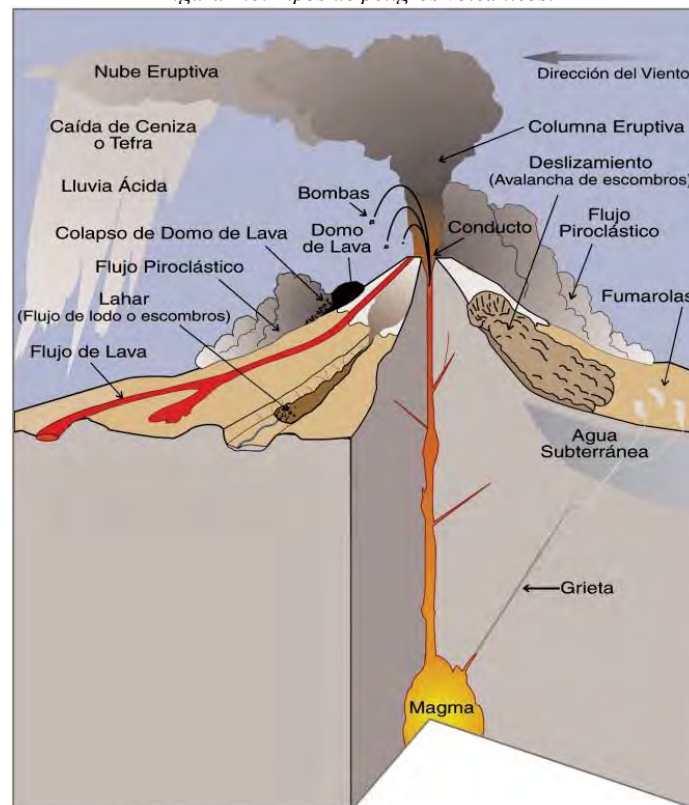
- **Corrientes de densidad piroclástica (PDC)**

Se producen a partir de erupciones volcánicas de muchas escalas, desde eventos de pequeño volumen (colapso de domos o colapso de pequeñas columnas) hasta erupciones que forman calderas con volúmenes de 100 a 1000 km³ de material. Las erupciones que forman PDC a gran escala generalmente han evolucionado composiciones de magma, que van desde dacítica hasta riolítica. Pueden producir una variedad de depósitos, relacionados con las temperaturas de deposición (Sigurdsson et al., 2015).

- **Caída piroclástica**

Los bloques y bombas, que son expulsadas del viento en forma de balas que caen a pocos kilómetros de la fuente, hasta partículas de tamaño micrométrico, que pueden ser transportadas por los vientos atmosféricos a escala continental o mundial. Las partículas de tefra pueden sedimentarse individualmente, pueden agruparse en diversos tipos de agregados o pueden quedar atrapadas en inestabilidades de sedimentación y, dependiendo de sus tamaños, representan diferentes amenazas (Sigurdsson et al., 2015).

Figura 2.6. Tipos de peligros volcánicos.



Fuente: Myers et al., 1997.

2.16. Petrología

Es la disciplina geológica que estudia el origen de las rocas. El objetivo de la petrología es determinar la naturaleza de dichos sistemas naturales, la magnitud de las variables que han

determinado su evolución (presión, temperatura, energía cinética, etc.) y, finalmente, interpretar el proceso, o procesos, geológicos implicados (Castro, 1988).

2.17. Petrografía

Es una rama de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas en un microscopio petrográfico. La clasificación se realiza según la textura y la composición mineralógica. Este tipo de estudio permite identificar una serie de características y/o propiedades evaluables en los cristales y la relación que existen entre ellos, permitiendo establecer la composición de la roca principalmente la naturaleza y su paragénesis. (Servicio Geológico Mexicano, 2020).

2.18. Petrografía en rocas ígneas

La petrografía de rocas ígneas se fundamenta básicamente en la textura que presentan los minerales, conociendo esta característica definirá el tipo de roca ígnea, entre los parámetros más importantes que se evalúan para determinar la textura son:

2.19. Microscopio de polarización (petrográfico)

El microscopio de polarización es un microscopio compuesto al que se le ha provisto de dos polarizadores y una platina giratoria. El primer polarizador se ubica antes de la muestra, para de esta forma estudiar los objetos con luz linealmente polarizada. La platina giratoria permite girar a la muestra y de esta forma la dirección de vibración de la luz linealmente polarizada incide en la muestra con diferentes orientaciones. El polarizador (analizador) superior se ubica entre la muestra y el ocular permitiendo analizar si el mineral estudiado es capaz de hacer variar la dirección de la luz linealmente polarizada incidente. Los microscopios de polarización presentan un sistema de luz transmitida para el estudio de minerales transparentes y otros de luz reflejada para estudio de minerales opacos. A los equipos provistos sólo de sistema de luz transmitida comúnmente se les denominan microscopios petrográficos, puesto que sirven para el estudio de minerales formadores de rocas (Chirif, 2010).

2.20. Minerales

Son cuerpos producidos por procesos de naturaleza inorgánica, con una composición química característica y una estructura cristalina, que generalmente suele presentarse en formas o contornos geométricos. Se encuentran en formas muy diversas en la naturaleza ya que pueden ser de un sólo elemento, o una combinación de varios, que a su vez dan lugar a la formación de las rocas (Servicio Geológico Mexicano, 2020).

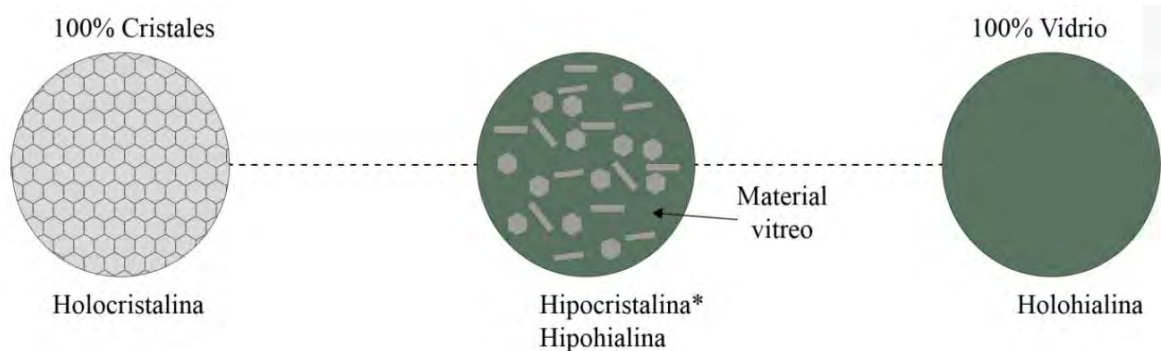
2.21. Grado de cristalinidad (Castroviejo, 1998)

Holocristalina: Todos los componentes son cristalinos (no presenta vidrio).

Hipocristalina: Coexisten cristales y vidrio.

Holohialina: Toda la roca está constituida por vidrio (no presenta cristales).

Figura 2.7. Textura de las rocas ígneas según el grado de cristalización o cristalinidad.



Fuente: Vásquez, 2023.

2.22. Morfología de los cristales (Castroviejo, 1998)

Idiomorfo (automorfo o euhédrico): La morfología del cristal está bien desarrollada, es decir, el mineral exhibe su forma propia y está limitado por caras cristalinas.

Hipidiomorfo (hipautomorfo o subhédrico): El mineral está sólo parcialmente limitado por caras cristalinas, algunos de sus contornos están impuestos por el entorno.

Alotriomorfo (xenomorfo o anhédrico): Los contornos no se corresponden con las caras cristalinas del mineral (generalmente son irregulares o impuestos por el entorno).

2.23. Tamaño relativo de los minerales (Castroviejo, 1998)

- **Equigranular:** Componentes con tamaños similares.
- **Inequigranulares:** Componentes de diferente tamaño.
- **Porfirítica:** Constituida por al menos dos poblaciones granulométricas bien diferenciadas por su tamaño, distinguiéndose los fenocristales (o cristales bien desarrollados) y la matriz (pasta de grano más fino, que engloba los fenocristales).

2.24. Tamaño absoluto de los cristales (Castroviejo, 1998)

- **Grano grueso:** Cristales comprendidos entre >5mm.
- **Grano medio:** Cristales comprendidos entre 1 mm y 5mm.
- **Grano fino:** Cristales comprendidos entre 20 μm y 1mm (transición afaníticas-faneríticas).
- **Microcristalina:** Cristales finos, solo observables al microscopio (menores de 20 μm).
- **Criptocristalina:** Los cristales son tan pequeños que no se pueden diferenciar con el microscopio petrográfico.

2.25. Propiedades ópticas de los minerales (Nicoles paralelos)

Las propiedades de los minerales en nicoles paralelos se mencionan a continuación:

- **Color:** Los minerales se pueden presentar; incoloros, opacos o coloreados.
- **Pleocroísmo:** se refiere a la variación del color o la intensidad que obtiene el mineral al girar manualmente la platina del microscopio.
- **Forma y hábito:** está condicionado por su cristalización, el desarrollo y forma de un mineral pueden ser: euhedral (o automorfo), buen desarrollo de sus caras y definición de ellas; subhedral (hipidiomorfo o subautomorfo), presenta una definición moderada en sus caras; o anhedral (o xenomorfo), no presenta caras definidas y su forma es irregular.
- **Relieve:** puede ser alto, moderado o bajo según el índice de refracción del mineral y del medio de montaje con el cubreobjetos.
- **Exfoliación y fractura:** aparece como una línea sombreada que está relacionada al tipo de estructura propia del mineral.
- **Alteración:** este proceso es ocasionado por la interacción con aguas meteóricas, temperatura, pH, etc.

2.26. Propiedades ópticas de los minerales (Nicoles cruzados)

El análisis de secciones delgadas en nicoles cruzados se produce al pasar por un plano las diferentes ondas luminosas mientras se absorben las que se mantienen vibrando en otras, se denomina polarización de luz, las sustancias transparentes mediante este fenómeno se dividen en 2 grupos:

- **Isótropos:** hace referencia a sustancias como: gases, líquidos y el vidrio, y los cristales que pertenecen al sistema cúbico, debido a que la luz viaja a la misma velocidad en todas sus direcciones.
- **Anisótropos:** Conformada por todos los cristales en que las ondas viajan en velocidades diferentes, no incluye al sistema cúbico.

Los minerales al ser sometidos a luz polarizada presentan las siguientes características:

- **Birrefringencia:** característica que separa en dos secciones un rayo luminoso y depende de factores como el ángulo de incidencia.
- **Ángulo de extinción:** característica óptica que depende el color del mineral al realizar un giro a la platina del microscopio.

2.27. Texturas

Es el conjunto de características geométricas representativas de toda la roca. Estas características están determinadas por el tamaño absoluto de los cristales, orientación de los minerales, desequilibrio, la forma de los cristales y relaciones mutuas entre ellos (Mackenzie, Donaldson, & Guilford, 1996).

2.27.1. Texturas de tamaño absoluto de los cristales

- Afanítica

Mosaico de cristales demasiado pequeño como para ser identificables a simple vista sin aumento de una lupa o un microscopio. Implica altas tasas de nucleación de cristales en relación con las tasas de crecimiento, como ocurre durante la reducción rápida en T o el contenido de agua del sistema de magma (Gallardo, 2023).

- Fanerítica

Cristales visibles a simple vista, cristalización lenta bajo la superficie. Tasa de nucleación relativamente baja en comparación a la tasa de crecimiento. Minerales con tasa de nucleación lenta como los feldespatos tienden a formar este tipo de textura (Gallardo, 2023).

- Porfirítica

Se observan cristales de mayor tamaño en matriz de cristales más finos, o masa fundamental. Estos fenocristales rara vez alcanzan proporciones mayores al 50%. Su origen es poligenético, donde se observan dos historias de enfriamiento, primero un enfriamiento lento que permite la nucleación y crecimiento de algunos minerales justo sobre de la curva de T° de liquidus en un ambiente plutónico termalmente aislado, lo cual produce fenocristales. Para posteriormente experimentar un episodio de rápida pérdida de calor, pudiendo crear una matriz afanítica o vítrea (Gallardo, 2023).

- Vitrofídica

Es una textura porfídica en el cual la masa fundamental es vítrea, como la textura porfírica también tiene un origen poligenético, sin embargo, en segundo enfriamiento la temperatura baja a tal punto que no se alcanzan a nuclear los cristales, creando una solidificación desordenada del líquido restante (Gallardo, 2023).

- Intergranular

Abundantes cristales, generalmente de plagioclasa, orientados aleatoriamente, entre los cuales cristales de piroxenos anhedrales ocupan los espacios entre los cristales de plagioclasa. También pueden presentarse óxidos de Fe-Ti y en ocasiones olivinos. Se genera por crecimiento a partir de muchos núcleos a tasas similares para todos los minerales (Gallardo, 2023).

2.27.2. Texturas de orientación

- Traquítica

Los cristales muy pequeños de plagioclasas (microlitos) se disponen de una forma paralela a subparalela (orientación según el flujo) dentro de una masa holocristalina o vítrea. Es común encontrar fenocristales inmersos en la matriz (Gallardo, 2023).

- **Pilotaxítica**

Es una subdivisión de la textura traquítica en la cual hay microlitos dispuestos en forma subparalela donde en los intersticios se pueden observar minerales (Gallardo, 2023).

2.27.3. Texturas de desequilibrio y morfológicas

- **Tamiz fino**

Esta textura se genera por inclusiones de vidrio de tamaño muy fino distribuidos uniformemente en una zona preferida dando la apariencia polvorienta, se encuentran bien interconectados y ocurren de manera organizada, en cristales grandes, aparecen hacia el borde (Renjith, 2014).

- **Tamiz grueso**

Se presenta de formas ameboideas y con frecuencia en el núcleo de la plagioclasa, se encuentra de manera aislada o interconectada; alargados y formando un anillo que deja un núcleo interno menos tamizado, rara vez posee microlitos de clinopiroxeno u olivino (Renjith, 2014).

- **Zonación oscilatoria**

Esta textura principalmente identificada en cristales de plagioclasa, representa cambios en la composición (ópticamente diferente), estas zonas individuales se caracterizan por esquinas curvas, espesor variable (Renjith, 2014).

- **Bordes de sobrecrecimiento**

Textura donde el cristal está rodeado por una franja o corona de uno o varios cristales de otro mineral. Se piensa que estas asociaciones resultan de la reacción incompleta del mineral interno con el magma. (Mackenzie et al., 1996).

- **Bordes de descomposición**

El anfíbol se reemplaza por microlitos de grano fino y medio de ortopiroxeno, clinopiroxeno, plagioclasa y óxido de Fe-Ti. Estos bordes se forman como resultado de la deshidratación (García & Jacobsen, 1979). Además, que este tipo de borde se forma sólo cuando el anfíbol contacta directamente con la masa fundida huésped (Rutherford & Hill, 1993).

- **Textura black**

Son el resultado de la deshidratación y la oxidación durante la extrusión del magma. Este tipo de reemplazo de anfíbol se identifica fácilmente y se observa comúnmente alrededor de los bordes de los fenocristales y a lo largo de grietas interiores y planos de clivaje (Rutherford & Hill, 1993).

- **Superficies de reabsorción**

Disolución intensa y prolongada mientras reacciona con magma más primitivo (Renjith, 2014). Las superficies de reabsorción, se producen por una disolución intensa y prolongada atribuida a cambios profundos en la T°, P, composición del fundido y contenido de agua en el magma a gran escala causado por ejemplo por recarga del magma (Davidson & Tepley III, 1997).

- **Aglomerádica**

Se forma cuando los cristales parcialmente reabsorbidos se acercan espacialmente; tal reabsorción (disolución) creó una capa límite fundida alrededor de los granos que posteriormente se enfrió y unió los fenocristales similares (Renjith, 2014).

- **Sinuosa**

Esta textura morfológica se produce cuando los cristales se unen longitudinalmente a lo largo de sus caras planas, esto refleja el estado dinámico activo del magma (Renjith, 2014).

- **Bordes redondeados**

Se generan cuando el mineral durante su crecimiento ocurre reabsorción o disolución menor generando bordes curvos (Renjith, 2014).

- **Esqueletal**

Se desarrolla por la tasa de crecimiento rápidamente aumentada debido al subenfriamiento relacionado con la erupción (Viccaro et al., 2010).

- **Microlítica**

Se producen por un enfriamiento efectivo o un aumento de T° del líquido debido a la disolución del agua, la desgasificación y la formación de vesículas inducidas por la descompresión relacionada con la erupción del magma (Toramaru et al., 2008).

- **Fragmental (cristal roto)**

La presencia de fragmentos de cristales rotos son productos de procesos dinámicos del magma como la convección, la desgasificación y la erupción explosiva. (Renjith, 2014).

2.28. Moda mineral

La estimación del porcentaje en volumen de los minerales que forman una roca (moda mineral), es esencial para usar los diagramas de clasificación, además de otras aplicaciones relacionadas con las relaciones de fases y petrogénesis. Existen diversas técnicas que permiten aproximar la moda mineral a partir de secciones de rocas (Castro et al., 2015).

2.29. Estratigrafía cristalina

La construcción de la estratigrafía secuencial puede proporcionar información valiosa sobre la secuencia del proceso del magma involucrado desde la fuente profunda hasta la erupción (Renjith, 2014).

2.30. Clasificación y nomenclatura de rocas ígneas volcánicas

- **Clasificación según el índice de color**

Esta clasificación consiste en otorgar un adjetivo alusivo al índice de color (M), definido como el porcentaje total de minerales oscuros (Cuadro 2.1). Los rangos de M usados en una descripción de campo de la roca son independientes de los prefijos usados en su denominación final. Esta clasificación se puede usar de forma provisional al describir la roca en el campo o en muestra de mano (Castro A. , 2015).

Cuadro 2.1 Clasificación de las rocas ígneas según el porcentaje del constituyente máfico "M".

Nombre de la roca	Prefijo	Rango de M
Leucocrática	Leuco-	0-35
Mesocrática	Meso-	35-65
Melanocrática	Melano-	65-90

Fuente: LE MAITRE, 2002.

- **Clasificación según el contenido de sílice**

La gradación en el contenido de sílice fue utilizada para definir los términos: ácidos (rocas claras) y básicos (rocas oscuras) en el sentido de los magmas (Fuente: Toselli, 2010.

Figura 2.8). El porcentaje de sílice guarda poca relación con el porcentaje de cuarzo en una roca, sin embargo, como regla general, las rocas ácidas contienen cuarzo y las básicas y ultrabásicas no (Cuadro 2.2). Por otra parte, las rocas ácidas, intermedias y básicas tienen feldespatos y las ultrabásicas carecen de cuarzo (Toselli, 2010).

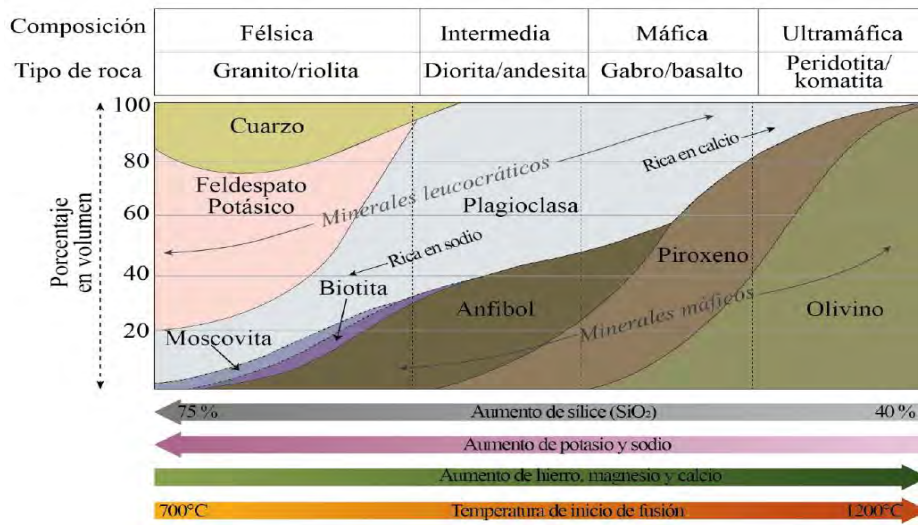
Cuadro 2.2 Clasificación de las rocas ígneas según el contenido de sílice.

Clasificación	Contenido de sílice
Ácidas o Félsicas	>63%
Intermedias	63%-52%
Máficas o Básicas	52%-45%
Ultramáficas o Ultrabásicas	<45%

Fuente: Toselli, 2010.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Figura 2.8. Clasificación de las rocas ígneas basado en el contenido de sílice, índice de color y minerales ferromagnesianos.

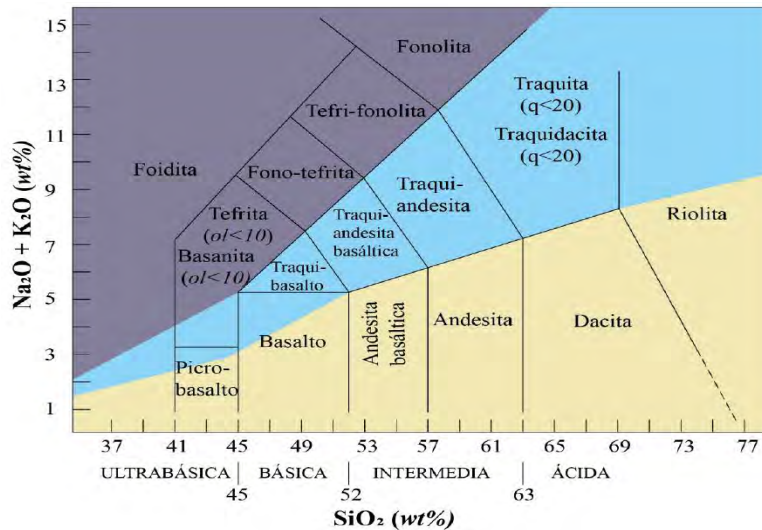


Fuente: Ehlers & Blatt, 1982.

- Clasificación TAS (Total Alkali - Silica)

Esta clasificación debe ser usada sólo si el porcentaje modal de la roca de grano fino no puede ser determinada debido a la presencia de vidrio o que el tamaño del grano sea muy fino. La parte principal de la clasificación TAS está basada en el porcentaje total de sílice vs. contenido total de alcalinos (Figura 2.9). La clasificación TAS es descriptiva y no tiene implicancia en el significado genético. Además, los análisis de las rocas que han sido meteorizadas, alteradas, metasomatizadas o que presentan alguna acumulación de cristales, fenocristales, deben ser usados con precaución, ya que pueden dar resultados erróneos. Como regla general, solo deben usarse los análisis con contenido de H₂O < 2% y CO₂ < 0.5% (INGEMMET, 2015).

Figura 2.9. Clasificación química y nomenclatura de las rocas volcánicas usando el diagrama de sílice vs total alcalinos.



Fuente: LE MAITRE, 2002.

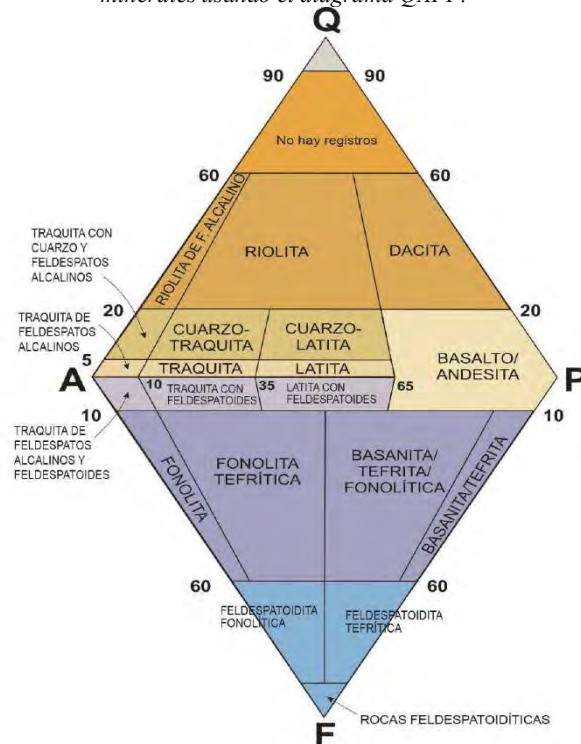
- Clasificación modal

La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS por sus siglas en inglés) propone la clasificación modal en base al base al contenido félsico y máficos usando diferentes diagramas como el QAPF (Figura 2.10), sin embargo, esta clasificación es restrictiva y no representativa, debido a que considera a todos los minerales componentes en las rocas volcánicas, por este motivo, se utilizan otras clasificaciones más recientes como Flemming, 2011, con un diagrama

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

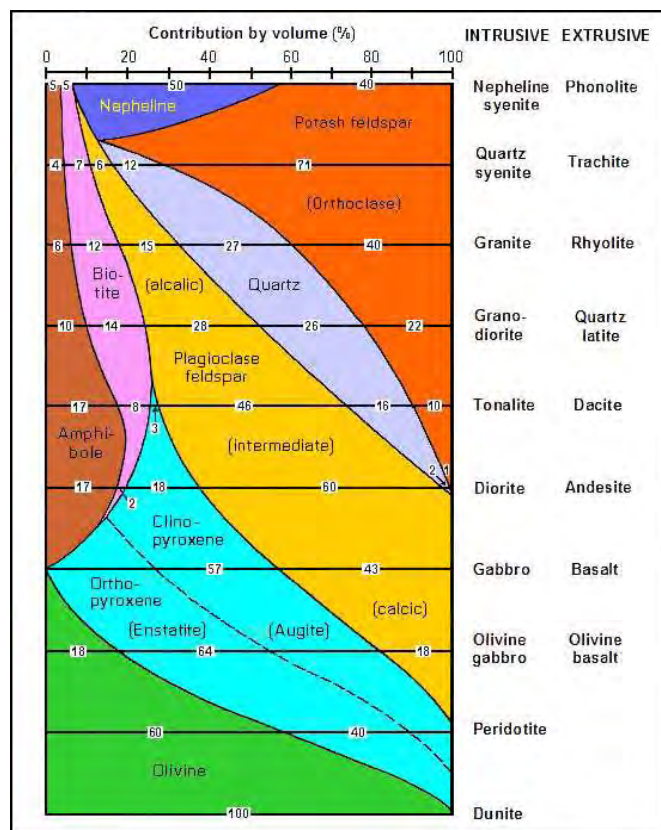
que muestra la composición mineral proporcional entre las rocas ígneas volcánicas y plutónicas
 Figura 2.11.

Figura 2.10. Clasificación y nomenclatura de rocas volcánicas de acuerdo al contenido modal (cuantitativo) de los minerales usando el diagrama QAPF.



Fuente: Streckeisen, 1978.

Figura 2.11. Composición mineral proporcional entre rocas volcánicas y plutónicas.



Fuente: Flemming, 2011.

CAPITULO III: CONTEXTO MORFOESTRUCTURAL, GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

3.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

Regionalmente en la zona de estudio, se han reconocido 2 unidades morfoestructurales (Figura 3.1): La faja de conos volcánicos y la cordillera occidental.

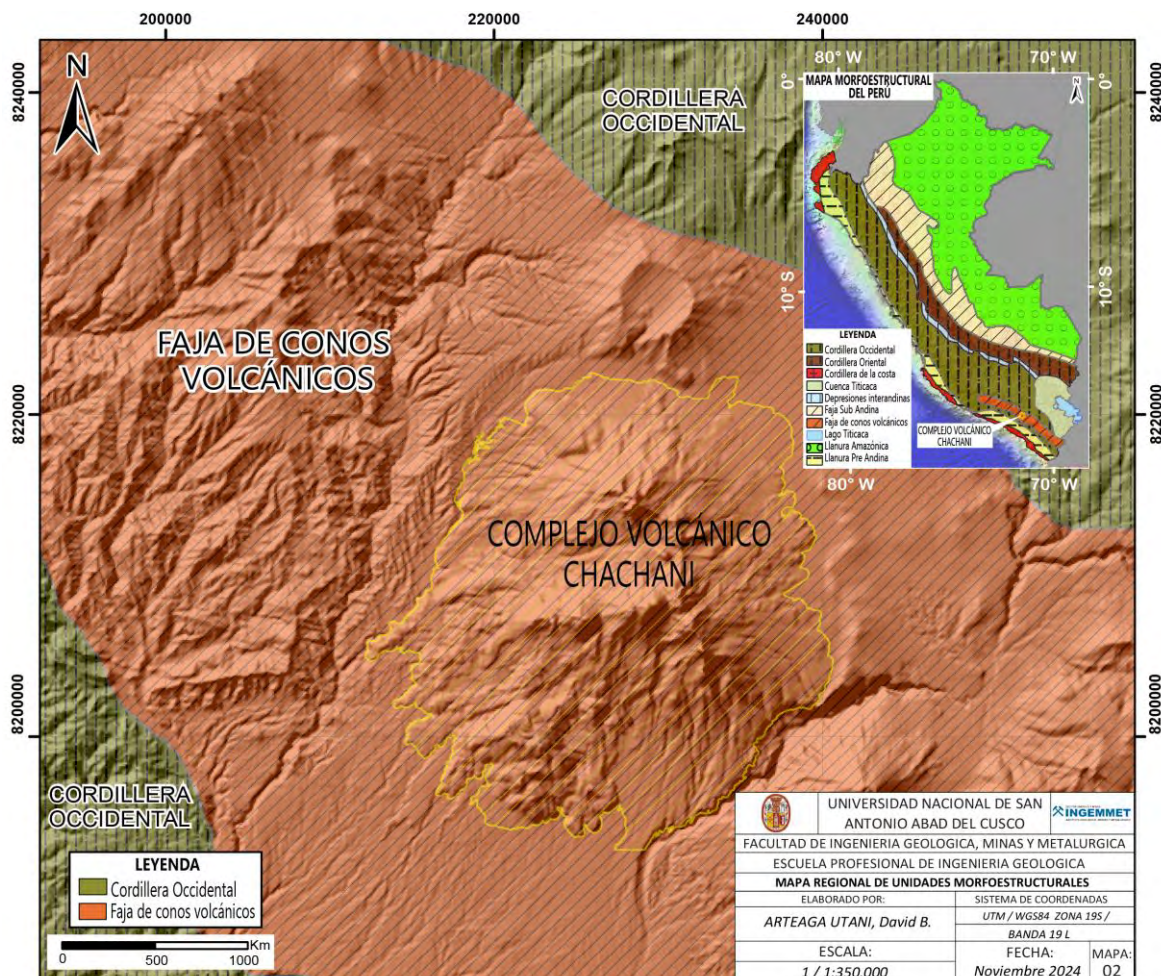
3.1.1. Cordillera Occidental

Es la unidad más elevada de la Cordillera de los Andes, destacándose por construir una cadena montañosa de dirección NO-SE. La línea de cumbres de la Cordillera Occidental determina la divisoria continental entre las cuencas hidrográficas del Pacífico y el atlántico (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 1995).

3.1.2. Faja de conos volcánicos

La faja de conos volcánicos, es una unidad que se formó entre fines del terciario (Mioceno, Plioceno) y el cuaternario (Pleistoceno) con una dirección andina. Esta unidad llega extenderse en el Perú en los departamentos de Ayacucho, Arequipa, Moquegua y Tacna en el Perú, sobre los cuales se emplazaron los diversos volcanes activos y potencialmente activo.

Figura 3.1 Mapa regional de unidades morfoestructurales.



3.2.MARCO TECTÓNICO REGIONAL Y LOCAL

A nivel regional se presenta el Sistema de Fallas Cincha - Lluta – Incapuquio (Figura 3.17) E una estructura regional antigua que presentó diferentes regímenes tectónicos. Las fallas habrían influenciado la sedimentación en la cuenca de Arequipa y el emplazamiento de diferentes depósitos minerales localizados en el sur del Perú (Carlotto et al., 2009). Los estudios realizados alrededor de la cuenca de Arequipa han mostrado que este sistema de fallas estuvo activo durante el Mesozoico en sucesivos regímenes de extensión y compresión (Acosta et al., 2010). Otra estructura regional es la falla Huanca con una dirección N120°, de tipo inverso, originando el contacto entre las unidades mezozoicas (Grupo Yura) con los depósitos Cenozoicos.

A nivel local (Aguilar R. , 2015 y 2022) identificó tres grupos de fallas y lineamientos:

- Las fallas activas de dirección N130° - N160° paralelas a la Cordillera Occidental, tales como el Sistema de Fallas Cincha- Lluta-Arequipa, las fallas Río Chili y Aguada Blanca, depósitos del flanco sur del complejo, el edificio Estribo y el volcán Misti, y el flanco noreste del Chachani, respectivamente.
- En la parte central del complejo volcánico, un grupo de edificios está alineado a lo largo de una estructura de dirección N80°, que se encuentra de forma perpendicular a las fallas y lineamientos de dirección NO-SE.
- En el flanco sur, los domos Potrero (también conocidos como domos Aeropuerto de Arequipa) y ventos se encuentran alineados a lo largo de una red de fisuras eruptivas N20° - N30°.

3.3.GEOMORFOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI

En la zona de estudio se han identificado ocho unidades geomorfológicas (Figura 3.17). De carácter tectónico degradacional y erosional, resultado de procesos morfodinámicos sobre relieves originados por la tectodinámica (Villota, 2005). De carácter deposicional o agradacional, conjunto de procesos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles (Villota, 2005). De carácter denudacional, se originan por la reducción de los relieves iniciales. De carácter volcánico, se incluyen formas y depósitos asociados directa o indirectamente a edificios volcánicos. De carácter glaciario, son unidades litológicas afectadas por la actividad glaciario. De carácter periglaciario, geoformas creadas por el congelamiento de agua. De carácter fluvial, estas geoformas han sido modelados por la erosión hídrica en combinación de diferentes fenómenos de remoción en masa (Villota, 2005). De carácter antrópico, producto de la actividad humana que causa efectos directos e indirectos, modelando también la geomorfología.

3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

3.3.1.1.Colina en roca volcansedimentaria

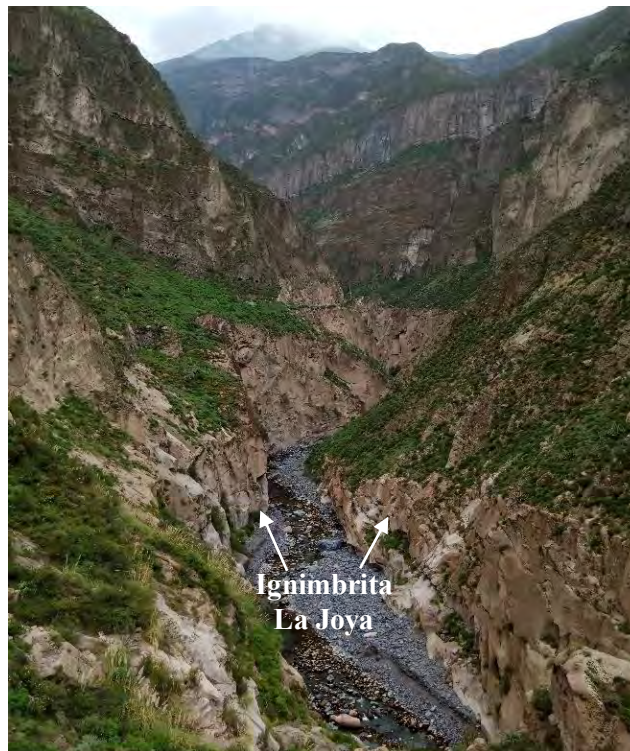
Esta geoforma se ubica a 18 km al suroeste del complejo Chachani. En la zona de estudio se identifica al menos tres colinas de formas ovaladas, alcanzando una extensión máxima de 420 metros, los flancos poseen moderada pendiente con un máximo de ~6°. Corresponde a afloramientos de la formación Chocolate conformado por brechas volcánicas, calizas grises (Vargas, 1970).

3.3.2. Geoformas de carácter deposicional y agradacional

3.3.2.1.Valle encañonado o valle cañón

Se ubicada al sureste del complejo volcánico Chachani, posee una extensión aproximada de 20 km con orientación noreste – sureste, generado por la erosión fluvial, las laderas alcanzan 800 metros de altura y pendientes muy fuertes de ~37° (Figura 3.2). Litológicamente en las laderas se observan ignimbritas y depósitos volcánicos del Chachani y Misti.

Figura 3.2. Cañón del Río Chili, observándose hacia la base de las laderas se encuentra la ignimbrita La Joya.



3.3.3. Geofoma de carácter denudacional

3.3.3.1. Montaña en roca sedimentaria

En el área de estudio se identificó al oeste del complejo volcánico Chachani, posee una altura mayor a 300 metros, conformado por elevaciones alargadas, disectadas y de pendientes fuertes con $>20^\circ$ (Figura 3.3). La composición litológica la conforman una serie de rocas sedimentarias correspondientes al Grupo Yura.

Figura 3.3. Montaña en roca sedimentaria, mostrando los depósitos del Grupo Yura.



3.3.3.2. Ladera disectada en roca volcánica

Poseen pendientes moderadas y fuertes, facilitando la erosión de las rocas; el substrato rocoso se constituye por rocas volcánicas muy fracturadas y meteorizadas, con bloques de tamaños métricos.

3.3.4. Geofoma de carácter volcánico

3.3.4.1. Estratovolcán

También son conocidos como volcanes poligenéticos. Compuestos por diferentes etapas durante su emplazamiento, conformado por periodos alternantes entre explosivos (flujos piroclásticos) y efusivos (flujos de lava). Según Aguilar (2022), el complejo volcánico Chachani, se presenta al menos 6 estratovolcanes (Figura 3.4).

Figura 3.4. Vista del complejo Chachani de norte a sur, observándose el Estratovolcán El Ángel, Chachani, La Horqueta y El Rodado.



3.3.4.2. Estratocono superior

Corresponde al volcán Misti, se encuentra al sureste del Chachani. Según Mariño et al., (2016), se extiende entre los 4000 y 5822 m s.n.m. Posee mediana a fuerte pendiente entre 30° y 70°, mostrando un drenaje radial. Litológicamente está compuesto por flujos de lava, cubiertos por depósitos de caída piroclástica (Figura 3.5).

3.3.4.3. Estratocono inferior

Se ubica hacia la base del volcán Misti, según Mariño et al., (2016), se ubica entre los 3000 y 4400 m s.n.m., se caracteriza por presentar pendientes moderadas de 15°- 40°, con quebradas de 10 a 50 metros de profundidad. Se encuentra conformado por flujos de lava identificándose estructuras tipo levée (Figura 3.5).

Figura 3.5. Volcán Misti, mostrando la geofoma estratocono superior e inferior.



3.3.4.4. Estratovolcán glaciado

Corresponde a los sectores más elevados del complejo volcánico Chachani, encontrándose por encima de los 5100 m s.n.m., posee formas irregulares, de pendiente muy fuerte $>27^\circ$ en promedio (Figura 3.14). Se presenta estructuras de origen glaciar como los circos glaciares. En épocas de lluvia (diciembre a marzo), en el complejo volcánico Chachani, presenta mayor depósito de nieve y hielo.

3.3.4.5. Cono de escoria

Estas geoformas, se ubican al oeste del complejo Chachani, identificándose hasta 6 estructuras: Nicholson (Figura 3.6), Yura Viejo, Ccapua, Uyupampa, Patacocha y El Chiral: emplazadas en dirección noreste-suroeste, presentan formas irregulares, algunas preservan el vento (zonas de emisión) del material volcánico. Litológicamente se encuentran depósitos escoráceos de caída y flujo.

Figura 3.6. volcán Nicholson, ubicado al suroeste del complejo chachani.



3.3.4.6. Planicie piroclástica y volcanoclástica

Esta geoforma se ubica al sureste del Chachani, abarcando alrededor de 6 km². Corresponde a depósitos con pendiente suavemente inclinado con 2° en promedio. Se identifica depósitos de flujos piroclásticos de bloques y ceniza y depósitos de lahares.

3.3.4.7. Planicie ignimbrítica

Esta geoforma se ubica al sureste del Chachani, posee pendiente suavemente inclinada con $\sim 1^\circ$ en promedio, se encuentra surcada por quebradas que descienden del Chachani (Figura 3.7). Litológicamente presenta depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza.

Figura 3.7. Planicie ignimbrítica surcada por quebradas del Chachani.



3.3.4.8. Colina o lomada de flujo de lava

Se localiza al este del complejo volcánico Chachani, corresponde a colinas redondeadas producto de la erosión, presenta cierta orientación como semiarco, dando el aspecto a un borde de una caldera antigua, posee pendiente de grado moderado con 10° en promedio en los flancos más occidentales. Litológicamente corresponde a depósitos volcánicos máficos.

3.3.4.9. Colina o lomada de ignimbrita

Esta unidad se localiza al este y noreste del Chachani, las colinas y lomadas de ignimbrita se encuentran surcadas por quebradas, en el sector más occidental posee pendientes de grado fuerte a moderado entre $\sim 16^\circ$ y 14° en promedio por el lado oriental (Figura 3.8 y Figura 3.9). Los depósitos corresponden a la ignimbrita Tufo Yura y Aeropuerto de Arequipa.

Figura 3.8. Lomadas de ignimbrita de pendiente fuerte $>15^\circ$, ubicadas al este del complejo Chachani y Misti.



3.3.4.10. Ladera de ignimbritas

Esta geoforma se ubica en la parte más occidental del complejo Chachani, se genera por la erosión fluvial del río Yura generando valles profundos de hasta 3 km de ancho y ~ 450 metros de profundidad. Presenta pendiente de grado moderado con $\sim 14^\circ$ en promedio (Figura 3.9). Litológicamente se localizan depósitos de flujos piroclásticos del Neógeno y Pleistoceno.

Figura 3.9. Colinas y laderas de ignimbrita, correspondiente al Tufo Yura, al oeste del Chachani.

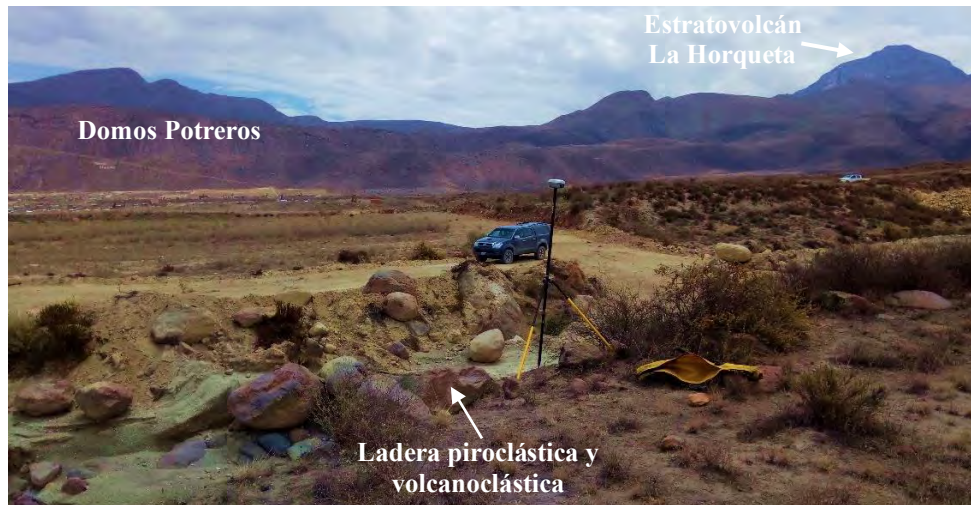


3.3.4.11. Ladera piroclástica y volcanoclástica

Se encuentra ubicada hacia el sureste de la zona del complejo Chachani, presenta drenaje subparalelo a paralelo, de pendiente moderada con 11° en promedio. Se encuentra asociado a

depósitos de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, caída piroclástica, lahares y depósitos volcanoclásticos del Chachani (Figura 3.10).

Figura 3.10. Ladera piroclástica y volcanoclástica, ubicada al sureste de los edificios La Horqueta y Domos Potrero.



3.3.4.12. Ladera piroclástica y de avalancha de escombros

Corresponde a una zona localizada ~12 km al sureste del edificio Chachani, presenta pendiente fuerte con 19° en promedio. Está conformado por megabloques lávicos heterométricos, también por colinas que forman relieves ligeramente ondulados que alcanzan 12 metros de diámetro.

3.3.4.13. Flujo de lava en bloques del Pleistoceno tardío

El complejo volcánico Chachani presenta apilamiento de flujos de lava, que han sido emplazados durante todo su periodo eruptivo, presentando características muy variadas en el todo el complejo: 1) Los flujos de lava al noreste, norte, noroeste y sureste corresponden a los flujos de lava más antiguos del todo el complejo, estos se encuentran bastante erosionados, alterados y la mayoría ya no presentan sus estructuras de flujo. En zonas más distales poseen pendiente suavemente inclinada con 5° en promedio; uno de los flujos más distales presenta un alcance de 10 km desde el viento (edificio Nocarane) y un ancho de máximo de 1.7 km. Por su parte, las lavas de la zona proximal presentan pendiente de grado moderado con $\sim 15^\circ$, llegando a alcanzar uno de los flujos hasta 8 km de largo con 1.8 km de ancho. Además, varias lavas se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos de morrena. 2) Flujos de lava localizados al sur y suroeste corresponden a las lavas más jóvenes del complejo Chachani, las cuales no han sido afectadas por la erosión glaciaria, varias preservan sus estructuras de flujo como levées y cordones o cuerdas (Figura 3.11). Los flujos lávicos hacia la base y al tope presentan pendientes de grado moderado entre 7° y 11° en promedio. Hacia la base una de los flujos alcanza una extensión de 7.7 km con 3.4 km de ancho, siendo la de mayor extensión de la zona de estudio. Mientras que en la cima las lavas se encuentran superpuestas, llegando a extenderse hasta 10 km con 1.9 km de ancho.

Figura 3.11. Flujos de lava del edificio Potrerros mostrando estructuras tipo levées y cuerdas, generadas durante el emplazamiento del depósito.



3.3.4.14. Domo de lava

Se originan por intrusiones de lava superficial, pueden presentar forma circular o irregular. Estas geoformas pueden formarse en los cráteres, sobre los flancos o independiente de los edificios volcánicos (MacDonald, 1972). En el complejo volcánico Chachani, se presentan en 2 edificios: Domos Potreros (Figura 3.12 y Figura 3.13) y El Volcancillo.

Figura 3.12. Conjunto de domos y domos colada del edificio Potreros.



3.3.4.15. Domo - colada

Estas geoformas se sitúan generalmente en terrenos inclinados, es un híbrido entre una domo y flujo lávico. Debido a la pendiente se deforman y dan lugar a coladas, es por esto su nombre de domos - coladas. En el complejo volcánico Chachani se encuentran varias estructuras como: La Horqueta, El Colorado (Figura 3.13) y Cabrería.

Figura 3.13. Domo Potrero, mostrando centros de emisión en dirección noreste-suroeste, hacia el fondo la ciudad de Arequipa.



3.3.5. Geforma de carácter glaciario

3.3.5.1. Morrena Neoglacial

Estas morrenas presentan morfologías frescas, son poco voluminosas y están localizadas en las laderas de los edificios al noreste, noroeste y suroeste del complejo Chachani, según Úbeda (2011), estas unidades se encuentran a una altitud mayor a 3971 m s.n.m. Una de las morrenas en el Complejo Chachani alcanza 4 km y 300 metros de ancho, con pendiente de 7° en promedio (Figura 3.14).

Figura 3.14. Morrenas neoglacial, asociado a los estratovolcanes glaciados.



3.3.5.2. Superficies de abrasión

Esta geofoma se genera por acciones erosivas del glaciar sobre el lecho rocoso volcánico, se ubica al sureste del complejo Chachani, presentándose por encima de los 4500 m s.n.m. generando gelifractos (fragmentación de las rocas).

3.3.6. Geforma de carácter periglacial

3.3.6.1. Glacial rocoso

También llamado litoglaciares, se localizan en la parte más occidental del Chachani, presenta pendiente moderada, ubicándose entre los 4600 a 5250 m s.n.m. Corresponde a masas de hielo intersticial almacenado en los depósitos volcánicos, ligados a ciclos de congelación y deshielo.

3.3.6.2. Vertiente de gelifractos

Esta unidad geomorfológica en el Chachani, se caracteriza porque las laderas se encuentran cubiertas por gelifractos de origen volcánico, se presentan en pendiente de grado fuerte a muy fuerte, en un intervalo de altitud entre 4400 y 5400 m s.n.m.

3.3.7. Geforma de carácter fluvial

3.3.7.1. Abanico aluvial

Se localiza al noreste entre los 4522 y 4075 m s.n.m. y al sureste del Chachani entre los 2580 y 2780 m s.n.m. en los tramos finales de los edificios Chingana, Nocarane y Domo Potreros. Estas geofomas presentan pendiente suavemente inclinada entre 4° y 8° en promedio, formado por la sucesiva acumulación heterométrica de material aluvial de origen volcánico (Figura 3.15).

Figura 3.15. Abanico Aluvial ubicada al sursureste de Domo Potreros, surcado por quebradas.



3.2.7.2. Abanico de deshielo

Esta geoforma se presenta en el Chachani, en pendientes de grado moderado a bajo, transportando material fino por corrientes fluvio-glaciares, se localizan entre los 4700 hasta los 5200 m s.n.m. principalmente en el sector septentrional del complejo.

3.2.7.3. Planicie aluvial

Morfológicamente representa zonas horizontales y/o ligeramente onduladas, presentando pendientes de grado suavemente inclinado entre 1° y 4° en promedio. Se localiza al norte y noreste del Chachani, Litológicamente, está constituido por bloques, arena y grava de origen volcánico englobados dentro de una matriz areno-limosa. Dichos depósitos poseen una composición heterogénea y poco consolidada.

3.2.7.4. Cauce del río

En la zona de estudio se ubica hacia el sector occidental, ubicándose entre los 2394 y 3207 m s.n.m. Según Schumm, (1977), el cauce de tipo meándrico, en sectores altos con carga en suspensión y en el sector medio a bajo con carga intermedia dejando barras de arena o grava en las zonas convexas del cauce. Litológicamente se compone por cantos redondeados y subredondeados de tamaños heterométricos.

3.2.8. Geoforma de carácter antrópico

3.2.8.1. Cauce de quebrada antropizada

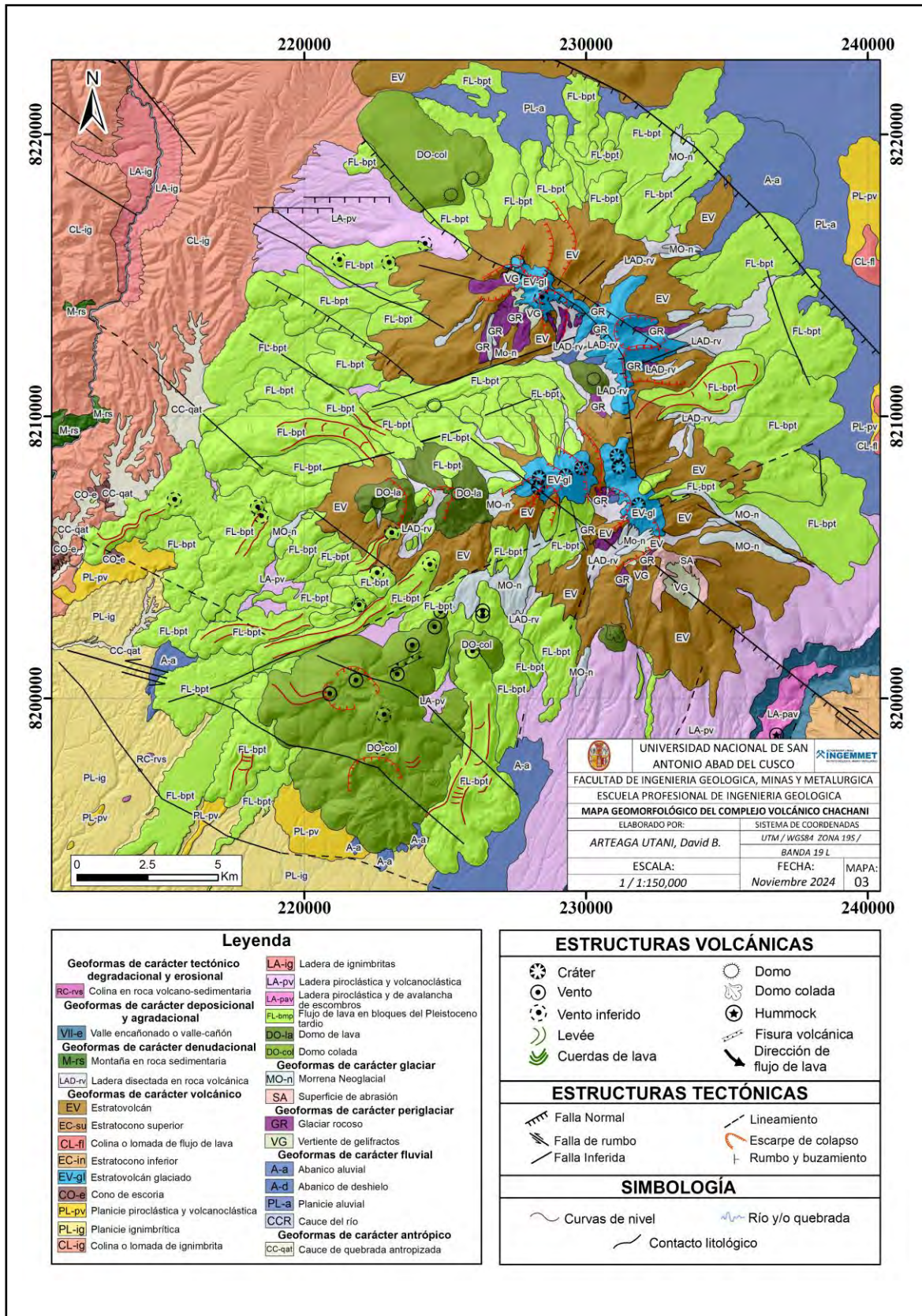
Esta geoforma se genera por la actividad humana sobre zonas horizontales de pendiente llana a suavemente inclinada. Se ubica al suroeste del Chachani, localizándose zonas agrícolas y viviendas (Figura 3.16). Litológicamente se observa material fluvial de origen volcano-sedimentario.

Figura 3.16. Cauce de quebrada antropizada ubicada al suroeste del complejo volcánico Chachani.



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Figura 3.17. Mapa geomorfológico del complejo volcánico Chachani.



3.3. GEOLOGÍA REGIONAL

3.3.1. *Marco geológico regional*

El basamento del complejo volcánico Chachani, hacia el sector sureste está compuesto por rocas metamórficas del Neo-Proterozoico de 990 Ma (Rb-Sr) (James & Brooks, 1976), denominadas como Gneis Charcani (Ramos, 2008). Hacia el suroeste se encuentran unidades del Jurásico entre ellas la formación Chocolate, Socosani y Grupo Yura (Boekhout et al., 2013; Jenks, 1948; Vargas, 1970). Del Mioceno al Pleistoceno inferior se depositaron sucesiones de ignimbritas de diferentes edades como la ignimbrita Río Chili, Ignimbrita La Joya, Ignimbrita Aeropuerto Arequipa y la Ignimbrita Tufo Yura (Paquereau-Lebti et al., 2006). Posteriormente, se emplazaron al menos doce edificios que conforman el complejo volcánico Chachani (Aguilar et al., 2022), finalizado con los depósitos sedimentarios de origen glacial y fluvial.

3.3.3.1. **Gneis Charcani (MP-gc)**

El Gneis de Charcani, se ubica al sureste del complejo Chachani, en el cañón del río Chili. El afloramiento de esta unidad corresponde a gneis típico de origen granítico (Jenks, 1948), constituido por plagioclasa, cuarzo y biotita, y con una foliación marcada, que en algunos sectores son cortados por diques aplíticos, de anchos variables con abundante cuarzo, plagioclasa y en menor proporción hornblenda (Torres, 2008).

3.3.3.2. **Formación Chocolate (Ji-cho)**

Aflora a 12 km de la zona de estudio, consiste de ~900 metros de espesor, compuesto por flujos de lava apiladas, brechas, niveles volcano-sedimentarios y arrecifes de coral (Boekhout et al., 2013; Jenks, 1948; Vargas, 1970), está asociado con el arco volcánico Chocolate (Mamani, 2010).

3.3.3.3. **Grupo Yura (JsKi-yu)**

El Grupo Yura se ubica a ~20 km del Chachani, con un espesor mayor a 2 km (Jenks, 1948). Caracterizada por una evolución sedimentaria marina Jurásica-Cretácica del sur peruano (Vicente et al., 1982)(Figura 3.18). Se encuentra constituido por cinco miembros en el siguiente orden de la base hacia el tope: Puente, Cachíos, Labra, Gramadal y Huallhuani (Benavides, 1962; Chavez et al., 2022).

- **Formación Puente**

Esta unidad en la zona de estudio posee ~600 metros de lutita y areniscas, datadas del Bajociense (166-168 Ma) al Calloviense (164–166 Ma) (Benavides, 1962; Vicente, 1981).

- **Formación Cachíos**

Se localiza sobre la Fm. Puente, en contacto transicional, a lo largo del río Yura. Esta unidad consiste de al menos 800 metros de lutitas negras marinas con interacciones locales de barras y canales de arenisca (León, 1981; Vicente, J.C, 1981).

- **Formación Labra**

Se superpone sobre la Fm. Cachíos, se ubica al oeste en contacto transicional, esta unidad está caracterizada por ~800 metros de arenisca rica en cuarzo intercalada con lutitas y niveles calcáreos.

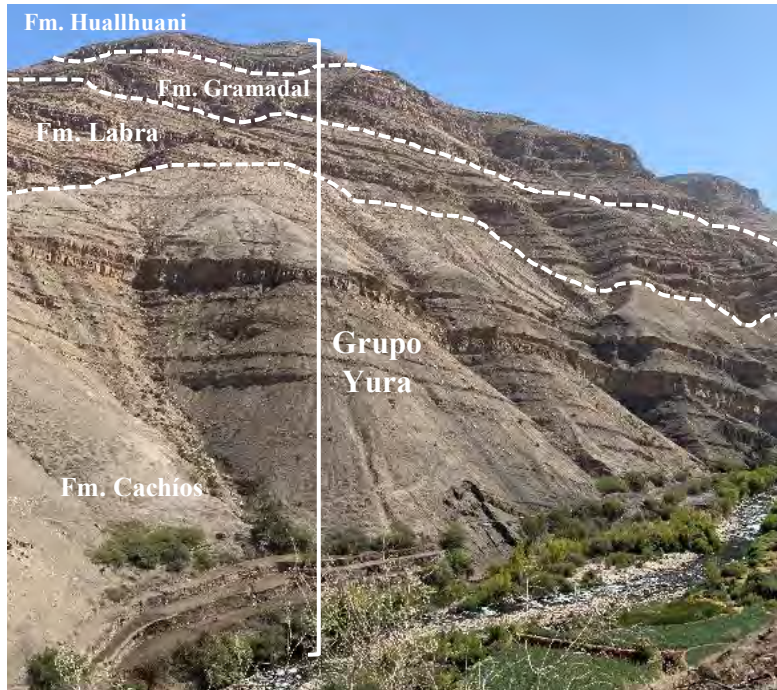
- **Formación Gramadal**

Se encuentra caracterizado por ~80 metros de caliza con barras de areniscas ocasional. La presencia de Radiolaria Virgatophinctes sp y amonite Aulacosphictoides sp. Sugiere una edad Titoniense (Alván et al., 2018).

- **Formación Huallhuani**

Ocurre en contacto erosional con la Fm. Gramadal, litológicamente está compuesta por areniscas cretácicas de ~80 metros. La edad de la Fm. Huallhuani ha sido definida basado en la posición estratigráfica (Vicente et al., 1982).

Figura 3.18. Formaciones sedimentarias que conforman el grupo Yura.



3.3.3.4. Formación Arcurquina (Kis-a)

Compuesto por calizas micríticas marinas, de espesor constante, de color gris a negro y ricas en materia orgánica. En la zona de estudio se encuentra superponiendo al Grupo Yura (Callot et al., 2008).

3.3.3.5. Formación Capillune (Nm-ca)

Según Guevara (1969), estos depósitos se superponen a la ignimbrita La Joya. Con base en la posición estratigráfica debajo de los flujos de lava basal Chachani (Aguilar R. , 2015; 2022) y las correlaciones geoquímicas (Paquereau-Lebti et al., 2008) con la ignimbrita Aeropuerto Arequipa, la Fm. Capillune. pueden tener una edad similar, es decir, entre 1,28 Ma y 1,65 Ma.

3.3.3.6. Grupo Tacaza (Nm-ta)

Este conjunto litológico ocupa una extensa área en la parte más occidental del área de estudio, se constituye por dos miembros: 1) Tacaza inferior compuesto por brechas, lavas y conglomerados. 2) Tacaza superior constituido por lahares, ignimbritas y rocas volcanoclásticas, este grupo presenta edades comprendidas desde los 24 Ma hasta los 30 Ma, desarrollándose sistemas volcánicos (Mamani, 2010).

3.3.3.7. Ignimbrita Río Chili (Nm-rc)

La ignimbrita Río Chili, aflora en el fondo del cañón del mismo nombre, al sureste del Chachani superponiéndose al Gr. Tacaza, alcanzando un espesor entre 70 a 140 metros, reconociéndose hasta 3 unidades de flujo. Estos depósitos se encuentran no soldados a parcialmente soldados con pómez deformadas (fiammes) (Figura 3.19). El ensamblaje mineral está compuesto por

plagioclasa, anfíbol, biotita, sanidina, cuarzo y óxidos de Fe-Ti. Esta unidad fue datada por método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en 13.39 ± 0.1 Ma y 13.12 ± 0.05 Ma (Paquereau-Lebti et al., 2006).

3.3.3.8. Ignimbrita La Joya (Np-ilj)

Aflora en el cañón del río Chili, siendo el afloramiento más potente expuesto (Figura 3.19), abarca una extensión de 800 km^2 y un espesor promedio de 20m. Compuesta por varias unidades de flujo, con espesores de 0.5 a 3 metros de espesor, estas muestran facies ricas en finos y líticas (sin finos), presentan estructuras fiammes y una matriz desvitrificada, además es la ignimbrita de mayor grado de soldadura de todas las ignimbritas de Arequipa. Aguas arriba sobreyaciendo a la Ignimbrita Río Chili en la represa Aguada Blanca (Figura 3.19), la unidad alcanza un espesor >80 metros, datado por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en 4.89 ± 0.02 Ma y 4.78 ± 0.22 Ma (Paquereau-Lebti, Thouret, Wörner, & Fornari, 2006).

Figura 3.19. Ladera del cañón del río Chili, mostrando los depósitos de ignimbritas y flujos de lava del volcán Misti.



3.3.3.9. Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa (Qp-iaa)

La ignimbrita Aeropuerto de Arequipa aflora al sur y suroeste del complejo volcánico Chachani, se encuentra rellenando la depresión de Arequipa entre los valles del río Yura y Chili, con un volumen estimado de $18\text{-}20 \text{ km}^3$, espesores de 5 a 100 metros y $\sim 600 \text{ km}^2$ de área (Paquereau-Lebti et al., 2006). Consiste de dos unidades (Figura 3.20): Blanca hacia la base (unidad inferior) y rosada hacia el tope (unidad superior). La fuente de estas unidades se encuentra enterrada por los edificios que componen el complejo volcánico Chachani, como lo indican las direcciones de anisotropía de las medidas de susceptibilidad magnética y el tamaño de los fragmentos líticos de la unidad rosada que aumenta hacia el norte en dirección al Chachani. Datada por método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en 1.65 ± 0.04 Ma (Paquereau-Lebti et al., 2006).

- La unidad inferior (unidad blanca), se encuentra rellenando la parte central de la depresión de Arequipa, observándose al sureste del Chachani depósitos de flujo amarillento ricos en pómez sobreyaciendo a las ignimbritas Río Chili y La Joya, posee 40 metros de espesor promedio, de facies compactas y masivas resultado de una

percolación de gas caliente a través del depósito durante el proceso de enfriamiento después del emplazamiento, el ensamble mineralógico está compuesto por plagioclasa, biotita, óxidos de Fe-Ti, cuarzo y sanidina, inmersos en una matriz blanca a grisácea (Paquereau-Lebti et al., 2006). Además, esta unidad es la principal fuente de rocas ornamentales en la ciudad de Arequipa.

- La unidad superior (unidad rosada), se superpone sobre la unidad blanca sin ninguna intercalación de sedimento o suelo lo que indica que no existe una brecha o hiato entre ambas unidades (Paquereau-Lebti et al., 2008), esta unidad no muestra una recristalización importante, provocando la baja soldadura de la unidad. Posee similar ensamble mineralógico que la unidad inferior pero mayor cantidad de fragmentos líticos y ausencia de cuarzo respecto a la unidad blanca. La presencia de hematita caracteriza el color rosa del depósito. Además, la unidad rosa muestra una facie masiva sin ninguna gradación granulométrica vertical (Paquereau-Lebti et al., 2006).

Figura 3.20. Unidad blanca y rosada de la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, superpuesta por depósitos de lahares en sectores puntuales.



3.3.3.10. Flujos Pre-Chachani (Pcha)

Consiste de una serie de flujos de lava que afloran en 2 sectores al noroeste del Chachani. La primera en ambas laderas del río la Paccha cubiertos por el Tufo Yura y el segundo afloramiento debajo de las unidades del edificio Nocarane. Por esta razón se considera estas lavas forman parte del lecho rocoso del complejo volcánico Chachani.

3.3.3.11. Ignimbrita Tufo Yura (Qp-ty)

Esta ignimbrita se ubica en el flanco occidental del complejo volcánico Chachani, constituido por al menos 4 flujos piroclásticos de pómez y ceniza intercalados con depósitos retrabajados (Palacios, 2023); en general corresponden a depósitos no consolidados más o menos endurecido por algunos sectores y sin recristalización, presenta algunos niveles de depósitos piroclásticos retrabajados. Posee una composición riolítica con un ensamble mineralógico compuesto por plagioclasa, sanidina, cuarzo, biotita, óxidos de Fe – Ti y fragmentos de obsidiana. Esta ignimbrita ha rellenado la depresión entre el complejo volcánico Chachani y los depósitos volcanoclásticos del Grupo Tacaza (Figura 3.21). La Ignimbrita Tufo Yura alcanzó $\sim 150 \text{ km}^2$ con un espesor promedio de 10 metros. Datada por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en $1.02 \pm 0.09 \text{ Ma}$ (Paquereau-Lebti et al., 2006).

Figura 3.21. Depósito de ignimbrita Tufo Yura ubicado al oeste del complejo volcánico Chachani.



3.3.3.12. Depósitos volcanoclásticos (Qp-vlc)

Se localizan en ambas márgenes del río Chili, al sureste del Complejo volcánico Chachani, compuesto por material aluvial y varios niveles de depósitos de pómez y escorias. Estos depósitos volcanoclásticos subyacen a la unidad rosada de la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa. Además, puntualmente se encuentran con depósitos hidroclásticos bajo la unidad inferior del edificio Estribo.

3.3.3.13. Estratovolcán Baquetane (Qp-ba)

Este aparato volcánico se ubica al norte del Chachani, compuesto por un campo de lavas de composición andesítica (Suaña, 2012) y una caldera inferida de ~4.4 km en dirección suroeste. Según Aguilar, (2022), bajo el Baquetane donde se encontraría la fuente del Tufo Yura.

3.3.3.14. Depósitos piroclásticos (Qp-pir)

Estas secuencias piroclásticas se emplazaron antes o durante del emplazamiento del complejo volcánico Chachani, se encuentran al noreste del complejo. Consiste de diferentes depósitos de caída de pómez y escoria con relativa compactación, intercalados con material retrabajado y lahares.

3.3.3.15. Volcanes monogenéticos

Estas manifestaciones volcánicas se ubicaban al oeste del complejo volcánico Chachani y sobre las planicies ignimbríticas, se caracterizaron por tener una erupción estromboliana, freatomagmática y efusiva, reconociendo al menos 6 centros volcánicos, 3 ellos se encuentran cercanos a la zona de estudio: 1) Yura Viejo (Qp-yv), este volcán fue construido sobre las rocas sedimentarias de la Fm. Puente y el Tufo Yura, posee un cráter >0.5 km de diámetro, se caracteriza por sucesiones de flujos y caídas de escoria junto a capas de ceniza. 2) Ccapua (Qp-cca), este centro eruptivo se emplaza sobre la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, formado por 2 estructuras superpuestas de baja altitud, con 2 cráteres que se ubican en el suelo, litológicamente está compuesto por escoria con tamaños de lapilli y escasas bombas junto a flujos masivos clastosoportados de escoria. 3) Uyupampa (Qp-uyu) también se emplaza sobre el Tufo Yura, está compuesto por capas de ceniza, depósitos de caída de bombas/bloques y flujos de lava en bloque y aa.

3.3.3.16. Intrusión (PM)

Una protuberancia de composición riolítica, se presenta al sureste del Chachani, en el cañón del río Chili. El afloramiento se halla ligeramente elongado en dirección noreste-suroeste, con un 1 km de largo y poco más de 04. Km de ancho (Mariño et al., 2016).

3.3.3.17. Volcán Misti (Qp-vmi)

Este estratovolcán está compuesto por flujos de lava, depósitos piroclásticos como caídas de ceniza de composición andesítica, dacítica y riolítica. Según Thouret et al. (2001), el volcán Misti comprende dos edificios distintos: un estratovolcán inferior de 500 m datado entre 833 y 112 ka. Este cono está cubierto, más al este y sur-este por un cono compuesto, que ha registrado al menos tres etapas de construcción durante los últimos 112 ka.

3.3.3.18. Otros depósitos

Se han identificado otros depósitos holocénicos, generados por influencia directa o indirecta del agua, como los depósitos morrénicos (H-mor), periglacial (H-pgl), glacial (H-gla), coluvial (H-co) y aluvial (H-al), que se explican a mayor detalle en la sección 3.2. Geomorfología del complejo volcánico Chachani.

3.4. GEOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI

El complejo volcánico Chachani representa uno de los complejos más grandes de la zona volcánica central, situado a ~22 km al noroeste de la ciudad de Arequipa desde el estratovolcán Chachani, definiéndose como un conjunto extenso (250-700 km²) y voluminoso (200-600 km³) de edificios volcánicos y centros eruptivos relacionados espacial, temporal y genéticamente (Aguilar et al., 2022), compuesto por al menos doce edificios volcánicos (Aguilar R., 2015; 2022). El complejo volcánico Chachani se encuentra emplazada sobre las ignimbritas Miocénicas a Pleistocénicas: Ignimbrita Rio Chili, La Joya, Aeropuerto de Arequipa y Tufo Yura (Paquereau-Lebti et al., 2006; 2008; Thouret, et al., 2016).

El complejo volcánico Chachani se caracteriza por el emplazamiento de flujos de lava, domos, domos colada, caídas y flujos piroclásticos, formando los edificios volcánicos, con edades entre 1.28 – 0.64 Ma y 0.46 – 0.05 Ma (Aguilar R., 2015; Aguilar, et al., 2022). En base a las relaciones estratigráficas, estructurales y las edades obtenidas por ⁴⁰Ar/³⁹Ar y U/Pb. Se clasificó en 2 grupos: Edificios antiguos y jóvenes.

3.4.1. Lavas Basales Chachani (Qp-chb)

Corresponde a flujos de lava y se ubican en los sectores noroeste y suroeste del Chachani, abarcando 25 km² de área con un volumen entre 1.33-3.62 km³ (Aguilar et al., 2022). Los flujos de lava del sector suroeste se emplaza encima de la unidad superior de la Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa (Figura 3.22). Los flujos del noroeste presentan tres depósitos de lava, las dos primeras se emplazan entrelazadas con el Tufo Yura de 1.02 Ma (Paquereau-Lebti et al., 2006) y la última unidad se encuentra sobreyaciendola (Figura 3.29). Por lo tanto, según la posición estratigráfica la edad de estos flujos de lava se sitúa entre los 1280 ka (edad del Tufo Yura) y 1010 ka (inicio del edificio Chingana).

Figura 3.22. Lavas basales Chachani del suroeste sobreyaciendo a la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa.



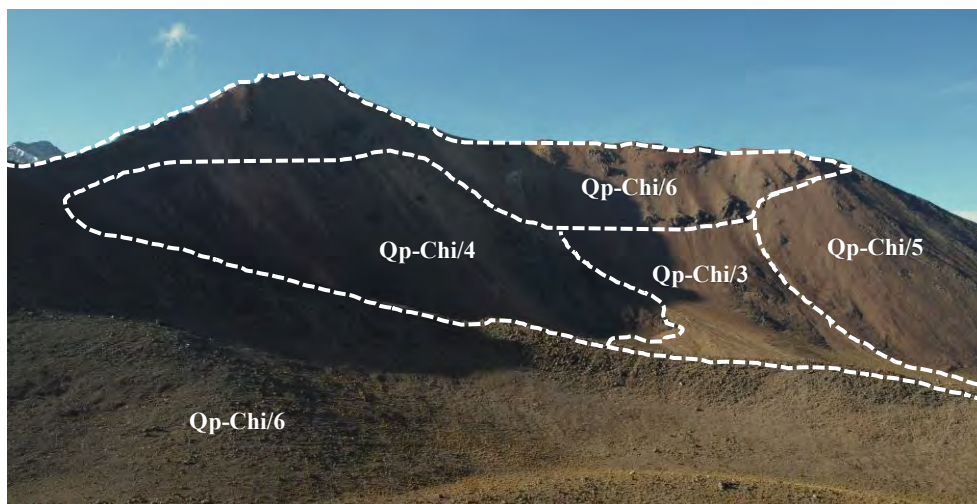
3.4.2. EDIFICIOS ANTIGUOS

Según Aguilar (2022), este grupo presenta edades aproximadas entre 1012 y 642 ka (Aguilar et al., 2022), en el sector oriental y septentrional de todo el complejo volcánico Chachani, siendo las estructuras volcánicas más antiguas los edificios Chingana, Nocarane, Estribo y El Colorado siguiendo una tendencia arqueada N150°-N160°.

3.4.2.1. Estratovolcán Chingana (Qp-chi)

Este edificio se encuentra al noreste del complejo volcánico Chachani, posee 44 km² de área y 32.10 – 47.40 km³ de volumen, considerado como el estratovolcán más antiguo de todo el complejo. Litológicamente la unidad inferior (Qp-Chi/1-4) consiste de secuencias depósitos de caída piroclástica y flujos de lava que fueron cubiertos parcialmente por el edificio Nocarane, Chingana y El Ángel; poseen composición andesítica y dacítica, alcanzando uno de los flujos de lava ~7 km desde el centro de emisión, estas lavas fueron datadas en 1012 ± 53 y 916.5 ± 41.1 ka (Aguilar et al., 2022). La unidad media (Qp-Chi/5-6) presenta flujos de lava en bloque de composición andesita-basáltica siendo la unidad más máfica de todo el complejo (Figura 3.23). Hacia el tope (Qp-Chi/7-8) se localiza flujos de lavas apiladas y erosionadas, uno de los flujos de lava alcanza una distancia de hasta 8 km desde el centro de emisión, presenta pendientes de grado moderado.

Figura 3.23. Unidad inferior e intermedia (Qp-Chi/3-6), apiladas y erosionadas por el sureste del edificio Chingana.



3.4.2.2. Estratovolcán Nocarane (Qp-Noc)

El Nocarane se localiza al lado más septentrional del complejo volcánico Chachani, alcanzando una altitud de 5760 m s.n.m., posee 121 km² de área (Aguilar, et al., 2022). La unidad inferior (Qp-Noc/1-3) se compone por depósitos de caída piroclástica, flujos piroclásticos y flujos de lava. La unidad media (Qp-Noc/4-7) presenta lavas andesíticas porfíricas. La unidad superior (Qp-Noc/8-10) consiste de flujos de lava en bloques y domos hacia el noroeste del edificio, uno de los flujos de lava llega a extenderse hasta ~9.3 km y presenta un domo en el medio de un anfiteatro, dos flujos de lava fue datado entre 866 ± 71 – 754 ± 10 ka (Aguilar et al., 2022); Además, la unidad media y superior han sido erosionadas formando depósitos periglaciares y glaciares (Figura 3.24).

Figura 3.24. Unidades medias (Qp-No/4-7) del edificio Nocarane; superpuestos por depósitos periglaciares y glaciares.



3.4.2.3. Estratovolcán Estribo (Qp-Est)

Se ubica al sureste del complejo volcánico Chachani, ocupando alrededor de 120 km² de área, alcanzando uno de sus depósitos >10 km. En la cima del estratovolcán presenta pendiente entre 13° y 36° en promedio. Hacia la base del Estribo presenta depósitos volcanoclásticos de origen desconocido junto a depósitos hidroclásticos. La unidad inferior (Qp-Est/1-3) consiste de flujos lávicos de composición dacítica, intercalados con depósitos de caída piroclástica de escoria y pómez. La unidad intermedia (Qp-Est/4-5) se encuentra en discordancia respecto a la unidad inferior, compuesta por flujos de lava andesítica. La unidad superior (Qp-Est/6-8) presenta flujos de lavas apiladas y masivas (Figura 3.25) de composición andesítica, datados entre 808 ± 63 y 694.1 ± 74.9 ka (Aguilar, et al., 2022). Un flujo de lava de la unidad superior llega a extenderse hasta ~10.4 km desde el lugar de emisión, cubriendo parte de los depósitos basales del estratovolcán Chingana.

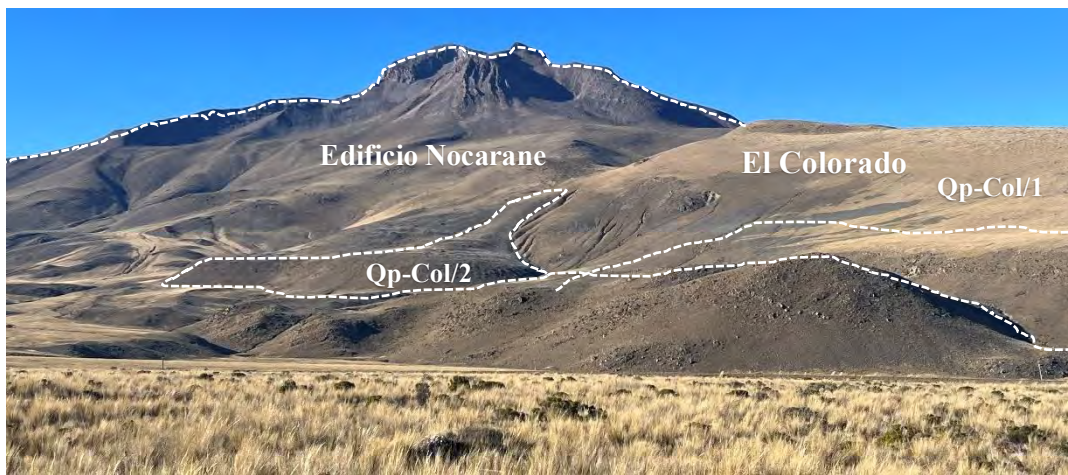
Figura 3.25. Unidad inferior, media y superior del Estratovolcán Estribo (Qp-Est/2-3-5-8).



3.4.2.4. Domo-colada El Colorado (Qp-Col)

Localizado al noroeste del complejo, alcanzó una extensión de 12.3 km², alcanzando una altitud máxima de 4344 m s.n.m. posee pendientes de grado moderado con 13° en promedio. Se presenta 2 unidades: La unidad inferior (Qp-Col/1) compuesto por un domo-colada que fue datada en 641.8 ± 88.2 ka (Aguilar et al., 2022). La unidad superior (Qp-Col/2) consiste de un flujo de lava (Figura 3.26) que alcanza 2 km desde el centro de emisión. Ambas unidades poseen una composición dacítica.

Figura 3.26. Unidad basal (Qp-Col/1) superpuesta por la unidad superior (Qp-Col/2), emplazados sobre los depósitos del edificio Nocarane.



3.4.3. EDIFICIOS JÓVENES

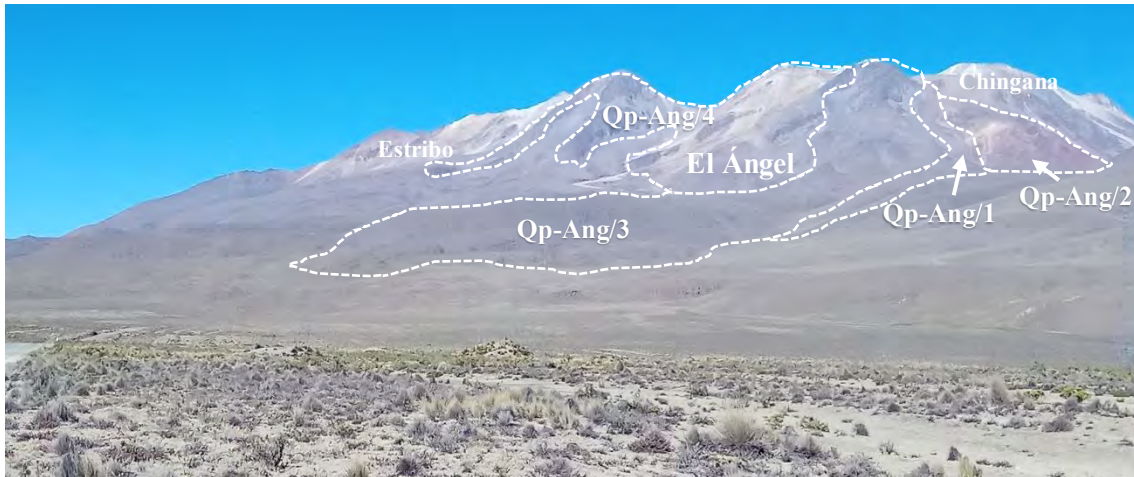
Según los estudios realizados por (Aguilar, et al., 2022), los edificios muestran una edad comprendida entre 460 y 56 ka. Compuesto por Domos, domos colada y flujos de lava que se encuentran morfológicamente mejor preservados en comparación a los edificios antiguos, en general sus centros de emisión se encuentran siguiendo una orientación N80°E.

3.4.3.1. Estratovolcán El Ángel (Qp-Ang)

Este edificio se ubica al noreste del Chachani, presenta una extensión de ~13km² (Aguilar, et al., 2022), se trata de un pequeño estratovolcán erosionado por el lado oeste, formado sobre los estratovolcanes Chingana y Estribo. Litológicamente está compuesto de sucesiones de flujos de

lava masiva (Qp-Ang/1-4) (Figura 3.27) de composición andesítica y dacítica, uno de los flujos alcanza hasta 6 km desde el centro de emisión, presenta pendiente moderada con 12° en promedio. Hacia la cima aún son visibles dos centros de emisión. El edificio fue datado entre 463 ± 34 ka (Aguilar et al., 2022).

Figura 3.27. Unidades del edificio El Ángel, depositados sobre los edificios Estribo y Chingana.



3.4.3.2. Domos Potrereros (Qp-Dp)

Este edificio se construye directamente sobre los flujos basales Chachani y la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa. La unidad basal (Qp-Fpp) presenta flujos piroclásticos de bloques y ceniza de matriz soportada. La unidad inferior (Qp-Dp/1-3) compuesto por flujos de lava y domo-colada de composición andesítica y dacítica mostrando estructuras tipo levée y cordones, uno de los flujos de lava mejor preservada alcanza 100 metros de espesor y 6.5 km de largo, esta unidad fue datada entre 397 ± 40 ka (Dp1) y 369 ± 62 ka (Dp3). La unidad intermedia (Qp-Dp/4-7) consiste de domos y domos-colada de composición dacítica, identificándose hasta 7 centros de emisión y una fisura volcánica en dirección noreste-suroeste. La unidad superior (Qp-Dp/8-9) se compone por flujos de lava y domos-colada de composición andesítica, datados en 291.6 ± 44.7 ka (Aguilar et al., 2022).

Figura 3.28. Depósitos basales (PF. Potrereros) e intermedios (Qp-Dp/4-5-7-8) ubicados al sureste del Chachani.



3.4.3.3. Domo-colada La Horqueta (Qp-Hor)

El domo-colada La Horqueta se ubica al oeste del complejo volcánico Chachani, el edificio presenta forma irregular extendiéndose hacia el sureste y noreste, además parte de los depósitos se encuentran cubierto por las coladas del edificio Chachani. La Horqueta ocupa 40 km² de área, posee pendiente de grado moderado a fuerte entre los 15° y 19°. La unidad inferior (Qp-Hor/1-2) presenta flujos lávicos muy erosionados. La unidad intermedia (Qp-Hor/3-6) consiste de flujos de lava y domo-colada que alcanzaron hasta 6 km de distancia, datados en 345 ± 26 ka. La unidad superior (Qp-Hor/7) se compone por flujos de lava de composición andesítica, datado en 332 ± 29 ka (Aguilar et al., 2022).

3.4.3.4. Estratovolcán El Rodado (Qp-Rod)

El Rodado se encuentra en la parte occidental del complejo volcánico Chachani, abarca un área de 50 km², presenta pendiente fuerte con 21° en promedio. La unidad inferior (Qp-Rod/1-2) conformado por flujos de lava de composición andesítica, emplazándose al sureste sobre la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa y al oeste encima de las lavas basales Chachani (Figura 3.29). Además, este edificio se encuentra parcialmente cubiertos por los flujos Uyupampa. La unidad intermedia (Qp-Rod/3-5) está constituida por flujos de lava porfiríticas de composición andesítica, datada en 239 ± 25 ka (Aguilar et al., 2022) culminando el periodo eruptivo con un colapso generando un anfiteatro en dirección sureste. La unidad superior (Qp-Rod/6-8) presenta los flujos de lava más recientes del edificio, cubriendo los centros de emisión de la unidad intermedia y el anfiteatro, estos flujos lávicos poseen una composición andesítica, finalmente también se encuentra con un colapso en el sector más alto de la unidad.

Figura 3.29. Unidades intermedias y superiores (Qp-Rod/5-7) del edificio El Rodado emplazados sobre las lavas basales Chachani (Qp-Bch/1).



3.4.3.5. Flujos de lava Uyupampa (Qp-Uyu)

Se ubica hacia el lado más occidental de todo complejo Chachani, abarcando 16 km² de área, presenta pendientes de grado moderado con 9° en promedio. Se compone por flujos lávicos tipo aa y en bloques; pueden diferenciar 3 unidades: La unidad basal (Qp-Uyu/1) se emplaza sobre la unidad inferior del edificio El Rodado, consiste de un flujo de lava de composición andesítica, datados en 232 ± 36 ka (Aguilar et al., 2022). La unidad intermedia (Qp-Uyu/2) consiste de flujos de lava se encuentra con menor extensión respecto a la primera unidad. La unidad superior (Qp-Uyu/3) se emplaza en dirección suroeste sobre el Tufo Yura y depósitos lacustres (Figura 3.30) corresponde a los flujos más recientes y mejor preservados morfológicamente, mostrando estructuras como levées y cuerdas, alcanzando 3.5 km de extensión por 1 km de ancho.

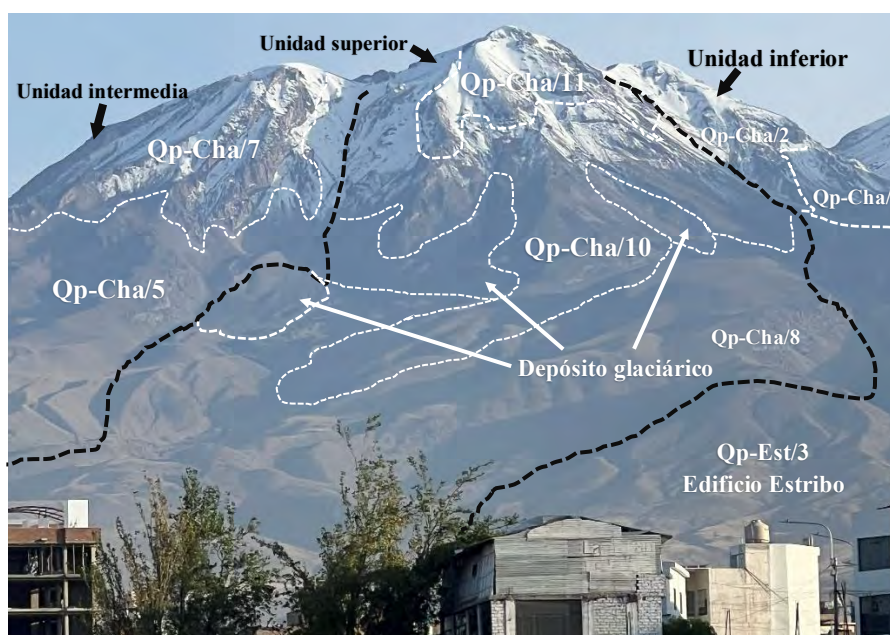
Figura 3.30. Unidad superior de los Flujos Uyupampa (Qp-Uyu/3) emplazado sobre depósitos lacustres y el Tufo Yura.



3.4.3.6. Estratovolcán Chachani (Qp-Cha)

Este estratovolcán es el edificio más alto de todo el complejo volcánico Chachani, alcanzando una altitud de 6057 m s.n.m. y abarcando 45 km² de área. Presenta un grado de pendiente fuerte con 20° en promedio. Litológicamente se divide en 3 unidades (Figura 3.31): La unidad inferior (Qp-Cha/1-3) consiste de flujos de lava de composición andesítica mal preservados por la erosión glaciár, sin embargo, se observa al menos un centro de emisión, estos flujos se encuentran cubriendo parte de los depósitos del edificio El Ángel. La unidad media (Qp-Cha/4-7) compuesta por flujos de lava que cubren por el oeste los depósitos del edificio La Horqueta, llegándose a identificar al menos 2 centros de emisión, esta unidad fue datada entre 222 ± 24 y 202 ± 32 ka, (Aguilar et al., 2022), también se considera parte de esta unidad un pequeño domo de lava ubicado sobre la unidad Cha/1 y Cha/4, denominado La Torta la cual muestra morfológicamente buena preservación. La unidad superior (Qp-Cha/8-11) presenta flujos de lava masivo y erosionado que cubren parte la unidad inferior colapsada del Chachani, en uno de los picos se observa un cráter de ~200 metros, esta unidad fue datada entre 131 ± 4 y 130 ± 38 ka (Aguilar et al., 2022).

Figura 3.31. Unidad inferior, intermedia y superior del edificio Chachani, vista desde la ciudad de Arequipa.



3.4.3.7. Domos Colada Cabrería (Qp-Cab)

Este edificio se ubica al sureste del Chachani con $>21 \text{ km}^2$ de área. Consiste de un conjunto de domos y un domo-colada que generó un depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza, que alcanzó una extensión de $\sim 11 \text{ km}$ con 1.8 km de ancho, sobre la cual se encuentra parte de la ciudad de Arequipa en el distrito de Cayma. El edificio cabrería presenta pendiente de grado moderado con 9° en promedio. Esta unidad fue datada en $56.6 \pm 31.6 \text{ ka}$ (Aguilar et al., 2022).

3.4.3.8. Domo El Volcancillo (Qp-Vol)

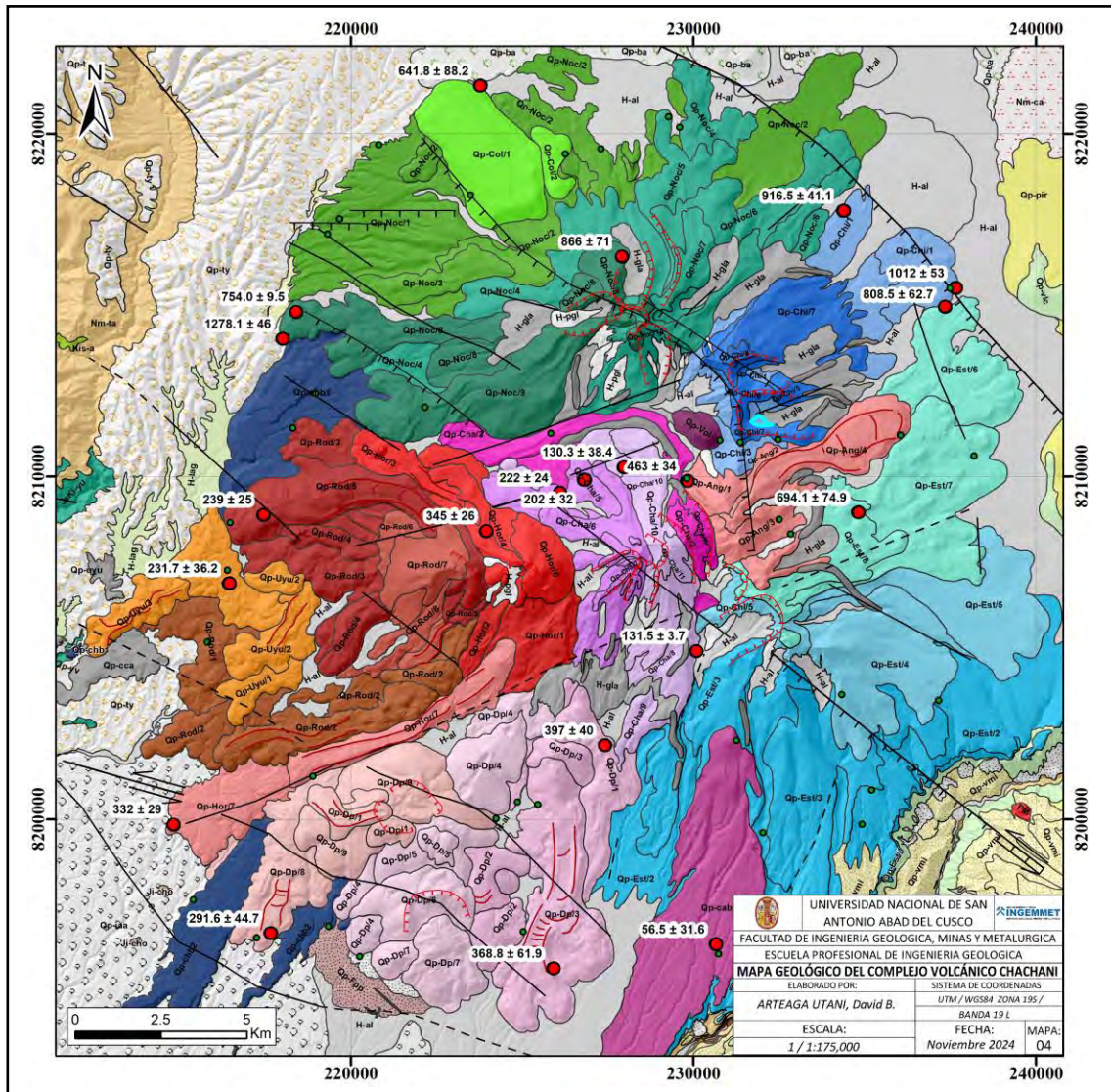
Este edificio se emplaza sobre el antiguo cráter del estratovolcán Chingana (Figura 3.32), posee una forma cónica ligeramente elongada, con un diámetro de 1.6 km , alcanzando una altitud de 5183 m s.n.m. , las laderas poseen pendientes de grado fuerte con 19° en promedio. Posee una composición dacítica, morfológicamente se encuentra muy bien preservado frente a otros domos de lava, lo que sugiere que es el más reciente de todo el complejo volcánico Chachani (Aguilar et al., 2022).

Figura 3.32. Domo Volcancillo, al lado derecho el estratovolcán Chingana.

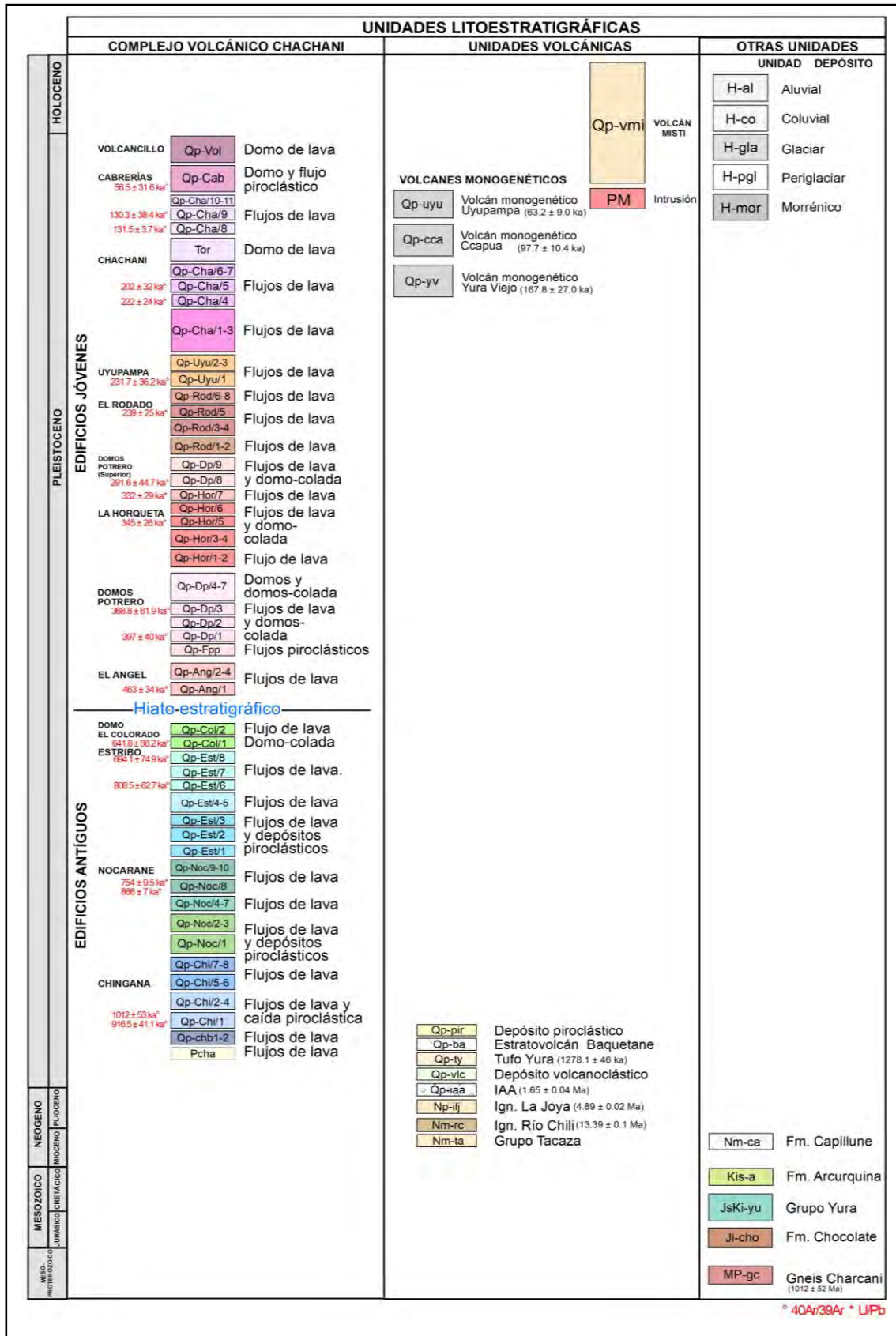


“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Figura 3.33. Mapa geológico del complejo volcánico Chachani.



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

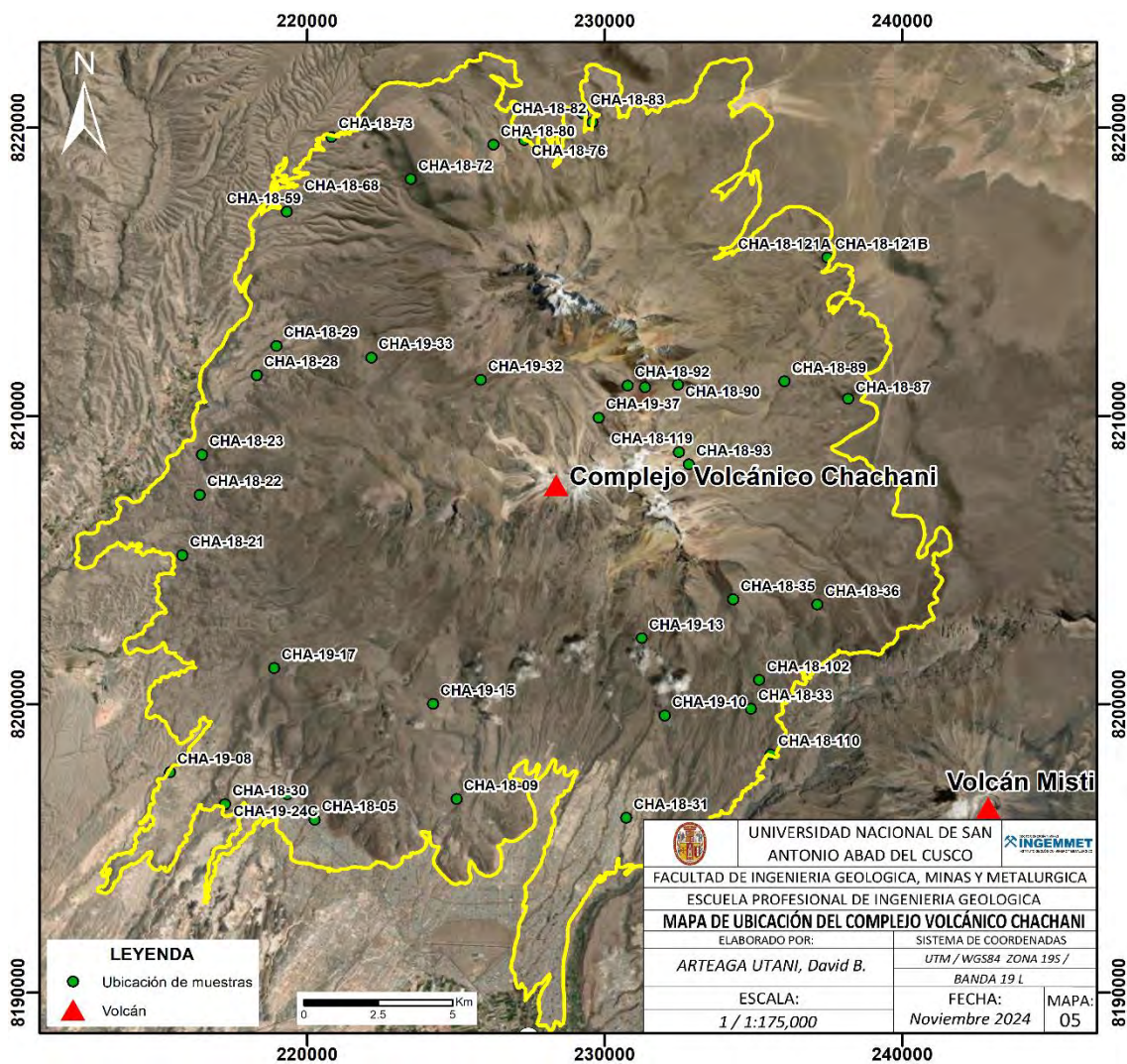


CAPITULO IV: PETROGRAFÍA

El estudio petrográfico del complejo volcánico Chachani, se realizó a escala macroscópica (muestra de mano) y microscópica (sección delgada) en muestras frescas (sin alteración) de los edificios constituyentes del complejo Chachani, representados por diferentes tipos de depósitos, llegando a identificarse diferentes texturas y ensambles mineralógicos que permitieron caracterizar los procesos volcánicos ocurridos antes y después de las erupciones que emplazaron estos depósitos.

Las muestras estudiadas fueron tomadas en los distintos edificios del complejo volcánico, considerando una distribución que permita una representatividad de los productos emitidos a lo largo de su actividad eruptiva. La Figura 4.1, muestra la ubicación de las muestras.

Figura 4.1. Mapa de ubicación de muestras para el estudio petrográfico del complejo volcánico Chachani.



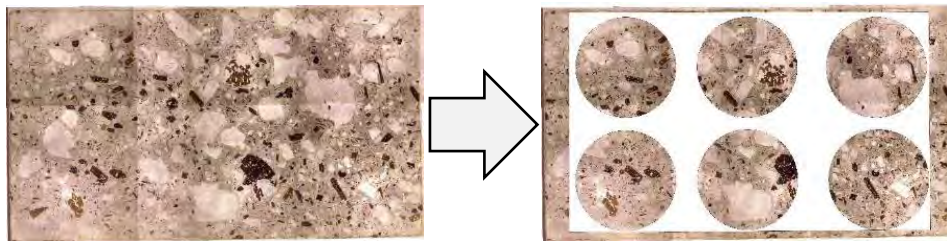
Fuente: Google earth. (s.f.). [Complejo volcánico Chachani] 2023.

Para la descripción macroscópica, se utilizó el microscopio estereoscópico Leica EZ4 W/E, la cual posee un aumento de zoom entre 8x y 35x, junto con un rayador imantado. Para la descripción se consideraron los siguientes ítems: naturaleza de la roca, compacidad, color o rango de colores de la muestra de mano, textura, composición mineralógica, tamaño de grano, estructuras (fracturas y vesículas), presencia de xenolitos o enclaves, estimación cualitativa de la densidad,

dureza y también grado de magnetismo junto con una fotografía de la muestra de roca. La asignación del color se realizó según la tabla de colores de rocas, producida por Munsell (2009; Anexo II)

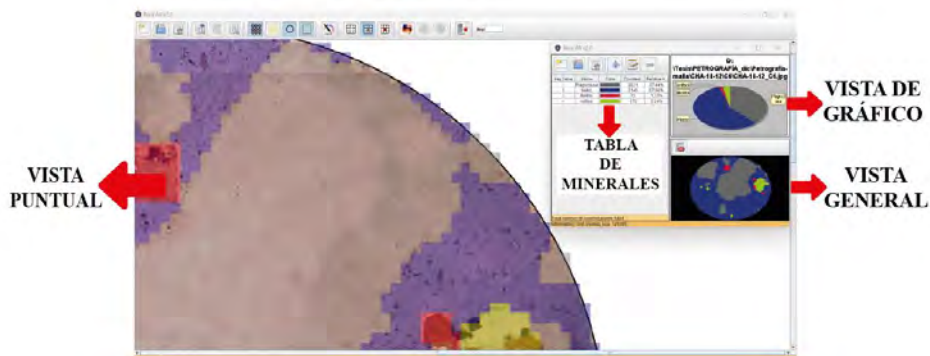
Para la descripción microscópica se utilizó el método de análisis modal cuantitativo, utilizando campos circulares para la estimación de porcentaje en rocas (Terry & Chilingar, 1955) y el conteo de puntos mediante cuadrícula, el cual nos permite determinar las proporciones minerales. El proceso consistió primero en la toma de fotografías con el microscopio estereoscópico y luego se juntaron las fotografías con el software Adobe Illustrator® obteniendo el área total de la sección delgada. Posteriormente, se escogieron 6 campos circulares (Terry & Chilingar, 1955) aleatorios para realizar el conteo mineral (Figura 4.2).

Figura 4.2. Fotografías unidas de la sección delgada (izquierda) y la ubicación de 6 campos circulares aleatorios para el conteo mineral (derecha).



El conteo mineral se realizó con el software Rock.AR v.2 (Larrea et al., 2014), el cual permite realizar el conteo de forma semiautomática, además, el software automatiza la creación de la cuadrícula superponiéndola sobre la fotografía de la sección delgada, y permitiendo el recuento de minerales identificados en las intersecciones de las líneas. El software Rock.AR2 ofrece un interfaz donde se observa la vista puntual de la muestra, tabla de minerales, vista de gráfico y vista general (Figura 4.3).

Figura 4.3. Captura de pantalla de la aplicación Rock.AR v.2.



La configuración inicial para realizar el conteo fue establecer el tamaño de la cuadrícula para determinar el número de puntos a contar y definir los colores de los minerales a identificar. Este método de conteo de puntos es un método estadístico en el que se asume que la probabilidad de que un cristal sea encontrado a lo largo de una línea imaginaria de la muestra, depende de su abundancia en área de la muestra (Castro A. , 2015). Para este estudio se realizó el conteo de 6 campos circulares con visualización aleatoria dentro de la sección delgada, obteniendo un total de 264 campos de 44 secciones delgadas. Las muestras de roca poseen minerales y vesículas, para este estudio se cuantificó ambas según el método antes mencionado; sin embargo, se realizó posteriormente una normalización, eliminando las vesículas puesto que las vesículas podrían sesgar la caracterización textural del depósito (Shea et al., 2010).

Cuadro 4.1. Características petrográficas de los edificios del complejo volcánico Chachani.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Complejo volcánico Chachani			Proporción mineral				Texturas		Tipo de depósito	TIPO DE ROCA (Clasificación modal)	Observaciones (Enclaves, xenolitos, xenocrístales)
			Muestra de roca		Muestra de roca (Normalizado, descartando vesículas)		Fenocrístales	Matriz			
Edificio	Unidad	Código de muestra	Vesículas (% vol.)	Roca total (% vol.)	Fenocrístales (% vol.)	Matriz (% vol.)					
Base Chachani	Chb/1	CHA-18-29	8,8-23,2	76,8-91,2	PGL + OPX + ANF (15,9 – 25,8)	PGL + PX + VD + OXsFeTi (74,2-84,1)	PGL: ZO, SI, TG, BS, BR OPX: BR, AG ANF: TB, BD	Intergranular	Flujo de lava	Andesita	-
	Chb/2	CHA-19-08	29,1-23,1	76,9-70,9	PGL + OPX (19,1-10,9)	PGL + PX + VD + OXsFeTi (80,9-89,1)	PGL: ZO, TF, SI, TG, OPX: BR, AG,	Seriada	Flujo de lava	Andesita	-
Estratovolcán Chingana	Chi/1	CHA-18-121A	15,8-42,3	57,7-84,2	PGL + OPX (11,2-18,2)	VD + PGL + PX + OXsFeTi (81,8-88,8)	PGL: CR, ZO, TG, AG, SR, OPX: CR, AG	Vitrofidica	Caída piroclástica	Andesita (Escoria)	•
	Chi/1	CHA-18-121B	32,1-46,4	53,6-67,9	PGL + ANF + OPX + BT (12,7-19,1)	VD + PGL + ANF + OXsFeTi (80,9-87,3)	PGL: ZO OPX: BR, AG ANF: CR BT: CR	Vitrofidica	Caída piroclástica	Dacita (Pómez)	-
	Chi/6	CHA-18-90	0	100	PGL + ANF + OPX (26,2-29,1)	PGL + PX + VD + OXsFeTi (70,9-73,8)	PGL: ZO, AG, TG, SI ANF: BR OPX: BD	Intergranular	Flujo de lava	Andesita	-
	Chi/6	CHA-18-91	0	100	PGL + OLV + OPX (1,6-3,9)	PGL + PX + OXsFeTi (96,1-98,4)	PGL: ZO, TG OLV: BR, AG OPX: AG	Pilotaxítica	Flujo de lava	Andesita basáltica	-
Estratovolcán Nocarane	Noc/1	CHA-18-59	55,6-67,2	32,8-44,4	PGL + OPX (10,4-19,9)	VD (80,1-89,6)	PGL: CR, ZO, TG OPX: BR	Vitrofidica	Caída piroclástica	Andesita (Escoria)	-
	Noc/1	CHA-18-68	51,7-57,9	42,1-48,3	PGL + PX + ANF (6,8-19,7)	VD (80,3-93,2)	PGL: ZO, BS, TG, AG PX: BR, AG ANF: AG	Vitrofidica	Caída piroclástica	Dacita (Pómez)	-
	Noc/1	CHA-18-73	53,9-61,1	38,9-46,1	PGL + ANF + BT (13,2-28,5)	VD (71,5-86,8)	PGL: ZO, TG, BR ANF: SR BT: CR	Vitrofidica	Caída piroclástica	Dacita (Pómez)	-
	Noc/2	CHA-18-76	63,1-71,1	28,9-36,9	PGL + ANF + OPX (6,6-25,6)	VD (74,4-93,4)	PGL: TG, BR ANF: BD OPX: SR	Vitrofidica	Caída piroclástica	Dacita (Pómez)	-

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

	Noc/4	CHA-18-82	0	100	PGL + ANF + OPX (19,1-21,6)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (78,4-80,9)	PGL: TF, SI, BR ANF: TB, BD OPX: TB, SR	Traquítica	Flujo de lava	Andesita	Xenocrystal de cuarzo
	Noc/5	CHA-18-83	0	100	PGL + BT + ANF + CPX (16,3-36,4)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi + VD (63,6-83,7)	PGL: ZO, SI BT: SR ANF: BR CPX: SR, BR	Vitrofidica, granular	Flujo de lava	Dacita	Enclaves de composición andesítica
	Noc/9	CHA-19-33	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (19,8-29,4)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi (70,6-80,2)	PGL: ZO, BS ANF: TB BT: SR OPX: BD	Traquítica	Flujo de lava	Andesita biotítica	-
Estratovolcán Estribo	Est/1	CHA-18-110	0	100	PGL + ANF (2,3-6,5)	PGL + PX + OXsFeTi (93,5-97,7)	PGL: ZO, SR, BS, TG ANF: TB, BR	Granular	Flujo de lava	Andesita	-
	Est/2	CHA-18-33	0	100	PGL + ANF + OPX (3,6-6,3)	PGL + PX + OXsFeTi (93,7-96,4)	PGL: ZO, TG, SI ANF: TB OPX: AG	Granular	Flujo de lava	Andesita	-
	Est/2	CHA-18-102	60,6-78	22-39,4	PGL + ANF (0,7-3,7)	VD (96,3-99,3)	PGL: ZO, SR, TG ANF: CR	Vitrofidica	Caída piroclástica	Dacita (Pómez)	-
	Est/2	CHA-19-10	40,9-52,8	47,2-59,1	PGL + OLV + CPX (17,2-29,4)	VD + PGL + PX (70,6-82,8)	PGL: ZO, TG OLV: BD CPX: AG, BR	Vitrofidica-granular	Caída piroclástica	Andesita basáltica (Escoria)	-
	Est/2	CHA-18-36	35,4-46,1	53,9-64,6	PGL + PX + ANF (3,9-10,6)	VD (89,4-96,1)	PGL: CR, ZO CPX: CR OPX: CR ANF: CR	Vitrofidica-granular	Flujo piroclástico	Dacita riolítica (Pómez)	-
	Est/4	CHA-18-35	0	100	PGL + OPX + ANF (1,1-3,8)	PGL + PX + OXsFeTi (96,2-98,9)	PGL: ZO, TG, SI OPX: AG ANF: TB	Granular	Flujo de lava	Andesita	-
	Est/7	CHA-18-87	0	100	PGL + ANF + BT (16,2-22,2)	PGL + PX + OXsFeTi (77,8-83,8)	PGL: ZO, BS, SI, BR, AG ANF: TB BT: SR	Granular	Flujo de lava	Andesita	-
Domo-Colada Colorado	Col/1	CHA-18-72	0	100	PGL + ANF + BT (16,6-36,8)	VD + PGL + PX + OXsFeTi (63,2-83,4)	PGL: TG, AG, SR, ZO, SI, BR, CR ANF: AG BT: SR	Granular	Flujo de lava	Dacita	-
	Col/2	CHA-18-80	0	100	PGL + ANF + CPX + BT	PGL + PX + OXsFeTi (79,9-91,3)	PGL: BR, TG, AG ANF: BD	Pilotaxítica	Flujo de lava	Dacita	-

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

					(8,7-20,1)		CPX: BD BT: BD					
Estratovolcán El Ángel	Ang/1	CHA-19-37	0	100	PGL + ANF + BT (23,3-43,6)	PGL + PX + OXsFeTi (56,4-76,6)	PGL: ZO, TF, BS, BR ANF: TB, BD BT: SR	Traquítica	Flujo de lava	Andesita biotítica	-	
	Ang/3	CHA-18-119	0	100	PGL + ANF + BT (14,7-52,6)	PGL + PX + OXsFeTi (47,5-85,3)	PGL: ZO, BR, BS, CR ANF: TB, BR BT: SR	Granular	Flujo de lava	Andesita biotítica	-	
	Ang/3	CHA-18-93	0	100	PGL + ANF + BT (19,2-43,3)	PGL + ANF + BT + OXsFeTi (56,7-80,8)	PGL: ZO, SR, BR, TF, BS ANF: TB BT: SR	Granular	Flujo de lava	Andesita biotítica	-	
	Ang/4	CHA-18-89	0	100	PGL + ANF + OPX + BT (26,9-56,7)	VD (43,3-73,1)	PGL: ZO, SR, BR ANF: AG OPX: BR BT: SR	Vitrofidica	Flujo de lava	Andesita biotítica	-	
Domos Potrero	FPP	CHA-19-24A	5,5-15,5	84,5-94,5	PGL + ANF + BT + CPX (19,1-35,5)	VD (64,5-80,9)	PGL: ZO, SR, BS ANF: BR BT: SR	Vitrofidica- granular	Flujo piroclástico de bloques y ceniza	Dacita	Enclave volcánico de composición andesítica	
	FPP	CHA-19-24B	1,7-20,3	79,7-98,3	PGL + ANF + BT (17,6-43,2)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi (56,8-82,4)	PGL: ZO, SR, TF, BR, BS ANF: SR BT: SR	Granular	Flujo piroclástico de bloques y ceniza	Dacita	-	
	FPP	CHA-19-24C	24,6-47,1	52,9-75,4	PGL + ANF + OPX + BT (23,6-45,3)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi (54,7-76,4)	PGL: ZO, BS, SI, CR, TF ANF: SR OPX: BR BT: SR	Granular	Flujo piroclástico de bloques y ceniza	Andesita biotítica	-	
	Dp/1	CHA-18-12	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (20,0-42,0)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi (58,0-80,0)	PGL: ZO, SR, BS, TG ANF: TB OPX: BR BT: TB	Granular	Flujo de lava	Dacita piroxénica	-	
	Dp/2	CHA-18-09	0	100	PGL + ANF + BT (25,7-40,8)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (59,2-74,3)	PGL: ZO, TG, BS, TF, SI, BR ANF: BD BT: BD	Seriada	Fujo de lava	Dacita	-	
	Dp/3	CHA-18-11	0	100	PGL + ANF + BT (20,8-31,3)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi	PGL: ZO, TF, BS ANF: BD, BR	Pilotaxítica	Flujo de lava		-	

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

						(68,7-79,2)	BT: BD, TB			Andesita biotítica	
	Dp/4	CHA-18-05	0	100	PGL + ANF + BT (26,6-39,0)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (61,0-73,4)	PGL: ZO, SR, BS, CR ANF: SR, BD BT: SR	Seriada	Fujo de lava	Dacita	-
	Dp/8	CHA-18-30	0	100	PGL + ANF + OPX (20,5-40,3)	PGL + PX + OXsFeTi (59,7-79,5)	PGL: ZO, AG, BR, TF, BS ANF: TB, SR, BD OPX: BR	Granular	Fujo de lava	Andesita	-
	Dp/9	CHA-19-15	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (23,3-34,8)	PGL + VD + PX + ANF + OXsFeTi (65,2-76,7)	PGL: ZO, SR, BR, TF, BS ANF: BR, TB, BD BT: TB, BD OPX: BR	Hialopilitica	Fujo de lava	Dacita piroxénica	-
Estratovolcán La Horqueta	Hor/7	CHA-19-17	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (20,8-38,0)	VD + PGL + PX + ANF + OXsFeTi (62,0-79,2)	PGL: ZO, AG, TF, CR ANF: TB, BD BT: SR OPX: BD	Hialopilitica	Fujo de lava	Andesita biotítica	-
	Rod/1	CHA-18-21	0	100	PGL + ANF + OPX (15,3-28,1)	PGL + PX + OXsFeTi (71,9-84,7)	PGL: ZO, SR, BR, TG, SI ANF: TB, BD OPX: BR	Traquítica	Fujo de lava	Andesita	-
	Rod/3	CHA-18-28	0	100	PGL + OPX + ANF (17,4-23,7)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (76,3-82,6)	PGL: TG, TF, BS, SI, BR OPX: BR, AG ANF: TB, BD	Seriada	Fujo de lava	Andesita	-
Estratovolcán El Rodado	Rod/5	CHA-18-23	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (17,8-35,7)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (64,3-82,2)	PGL: ZO, TF, BS, SR, BR ANF: TB BT: TB, BR OPX: BR, AG	Granular	Fujo de lava	Andesita biotítica	-
	Uyu/1	CHA-18-22	2,6-11,8	88,2-97,4	PGL + ANF + OPX (19,8-41,7)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (58,3-80,2)	PGL: ZO, TF, BS, AG ANF: TB, BD, AG	Pilotaxítica	Fujo de lava	Andesita	-

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”


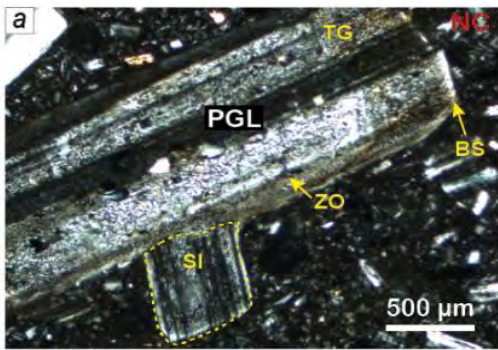
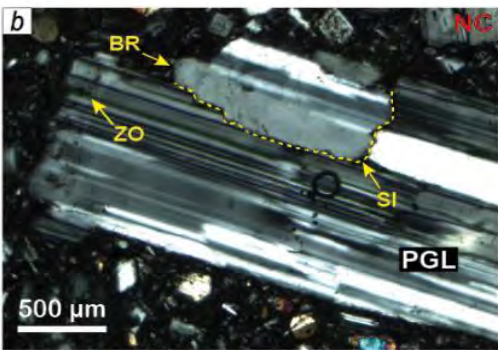
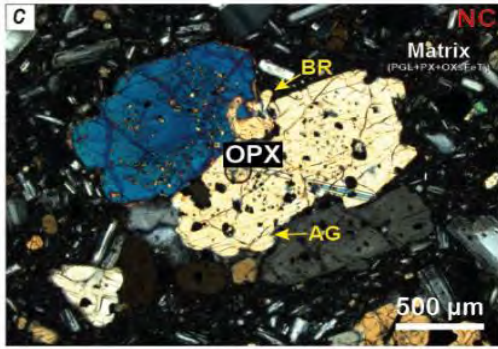
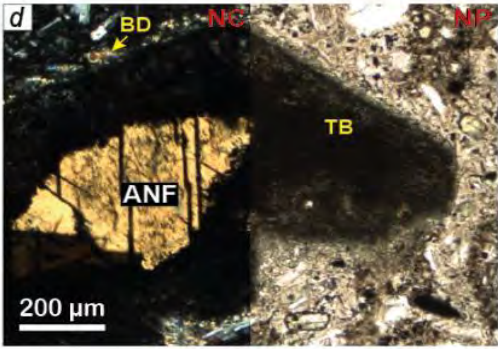
Estratovolcán Chachani	Cha/3	CHA-19-32	0	100	PGL + ANF + OPX + OLV (11,3-21,2)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (78,8-88,7)	OPX: SR	Traquítica	Flujo de lava	Andesita olivínica	-
							PGL: ZO, AG, BS				
							ANF: TB, BD				
							OLV: SR				
Domo-Colada Cabrería	Cab	CHA-18-31	0	100	PGL + ANF + OPX (19,3-44,8)	PGL + ANF + PX + OXsFeTi (55,2-80,7)	PGL: ZO, SR, TG, BS	Seriada	Flujo de lava	Andesita	-
							ANF: BR				
	Cab	CHA-19-13	0	100	PGL + ANF + BT + OPX (17,8-35,7)	PGL + PX + ANF + OXsFeTi (64,3-82,2)	PGL: TG, ZO, BS, CR, AG	Seriada	Flujo de lava	Andesita	Enclave porfirítico con textura acicular
							ANF: BR, TB, BD				
Domo volcancillo	Vol	CHA-18-92	0	100	PGL + ANF + BT (12,4-37,6)	PGL + ANF + OXsFeTi (62,4-87,6)	PGL: ZO, SR, TF, BS, SI, TG, AG	Seriada	Flujo de lava	Dacita	-
							ANF: BR				
							BT: SR				

Minerales: plagioclasa (PGL), ortopiroxeno (OPX), clinopiroxeno (CPX), piroxeno (PX), anfíbol (ANF), biotita (BT), olivino (OLV), vidrio volcánico (VD), óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Texturas: zonación (ZO), sineusis (SI), tamiz grueso (TG), tamiz fino (TF), bordes de sobrecrecimiento (BS), bordes redondeados (BR), bordes de descomposición (BD), black (TB), superficies de reabsorción (SR), aglomerádica (AG), cristal roto (CR).

4.1. Base Chachani

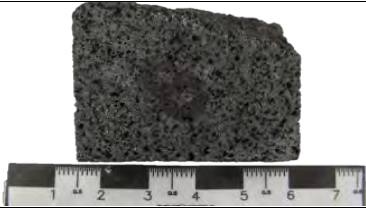
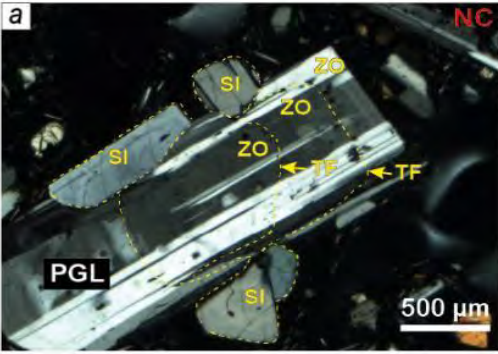
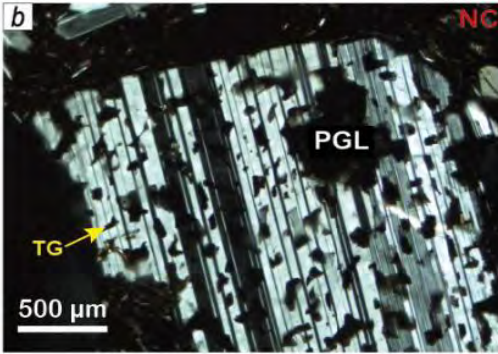
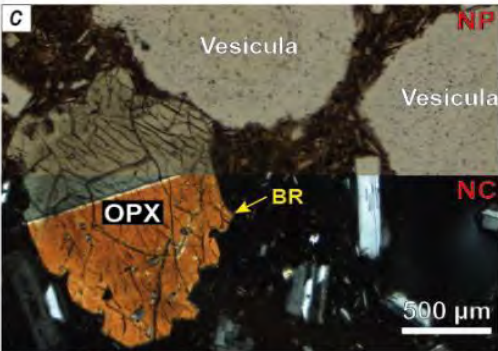
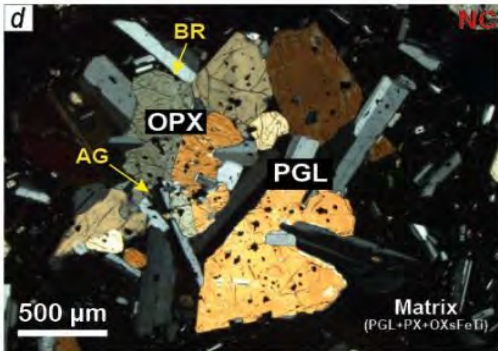
4.1.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-29

Figura 4.4. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-29. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) muestra zonación (ZO), sineusis (SI), tamiz grueso (TG) y finaliza con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO), sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristales de ortopiroxeno (OPX) de bordes redondeados (BR) y textura aglomerádica (AG) inmerso en matriz compuesto por microlitos de plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB), seguido por bordes de descomposición (BD). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro verdoso, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Además, presenta vesículas irregulares. Posee densidad, dureza media; con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea con textura porfírica de matriz intergranular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 1.1). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 76,8-91,2 % vol. y vesículas entre 8,8-23,2 % vol. (Anexo III, Tabla 1.2). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 1.3) se obtiene: Los fenocristales se encuentran entre 15,9-25,8 % vol. y la matriz entre 74,2-84,1 % vol. (Anexo III, Tabla 1.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (8,6-21,2 % vol.; $\leq 3,74$ mm), se presentan 2 generaciones ambas con zonación y sineusis: La primera generación presenta además textura tamiz grueso y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación ocurre con bordes redondeados. Ortopiroxeno (2-10,1 % vol.; $\leq 1,53$ mm), presenta bordes redondeados y de forma puntual con textura aglomerádica. Anfíbol (0,3-3,6 % vol.; $\leq 1,17$ mm) presenta textura black y bordes de descomposición. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por microlitos de plagioclasa, piroxeno, vidrio volcánico, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, la muestra presenta vesículas de forma irregular.</p>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	

4.1.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-08

Figura 4.5. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-08. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) muestra al menos tres secuencias de zonación (ZO), intercaladas con al menos dos secuencias de tamiz fino (TF) y textura sineusis (SI). b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta textura tamiz grueso (TG). c) y d) Fenocristales de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR) y de forma puntual formando aglomerados (AG) asociado a la plagioclasa (PGL). Además, se encuentran vesículas redondeadas y la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX) y óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nicoles cruzados (NC) y Nicoles paralelos (NP).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro, con textura porfirítica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa, ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Además, presenta vesículas redondeadas. Posee densidad baja, dureza y magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea de textura porfirítica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 1.5). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 76,9-70,9 % vol. y vesículas entre 29,1-23,1 % vol. (Anexo III, Tabla 1.6). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 1.7) se obtiene: Los fenocristales se encuentran entre 19,1-10,9 % vol. y la matriz entre 80,9-89,1 % vol. (Anexo III, Tabla 1.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (11,9-5,3 % vol.; $\leq 1,55$ mm), se presentan 2 generaciones: La primera generación presenta al menos 3 secuencias de zonación intercaladas con textura en tamiz fino, también se encuentra textura sineusis. La segunda generación ocurre con textura en tamiz grueso. Ortopiroxeno (13,7-2,4 % vol.; $\leq 1,24$ mm), presenta bordes redondeados y de forma puntual con textura aglomerádica. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por microlitos de plagioclasa, piroxeno, vidrio volcánico, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, la muestra presenta vesículas de formas redondeadas a subredondeadas.</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>c</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d</p> </div> </div>	

4.2. Edificio Chingana


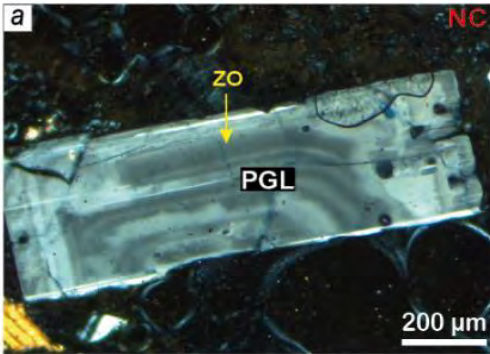
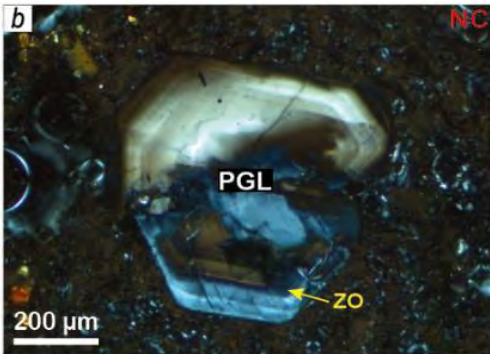
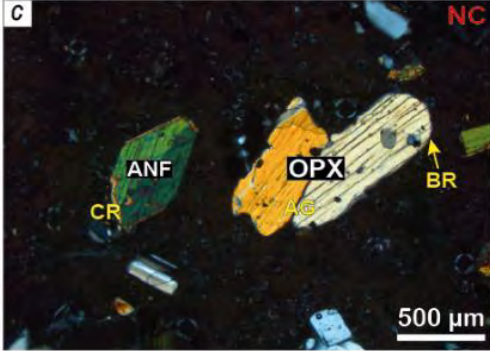
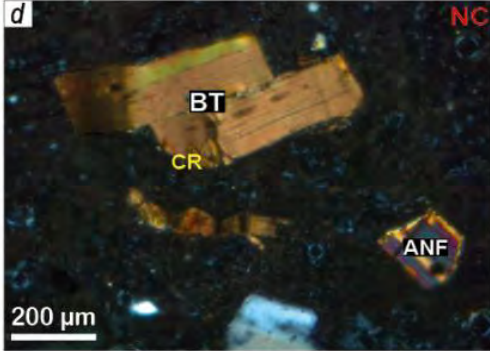
4.2.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-121A

Figura 4.6. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-121A. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG), zonación textura aglomerádica (AG) y superficies de reabsorción (SR). b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y tamiz grueso (TG). c) Fragmento de cristal roto (CR) de ortopiroxeno (OPX) formando textura aglomerádica (AG), inmerso en matriz vítrea (VD). d) Microlitos de ortopiroxenos (OPX) y plagioclasa (PGL) formando textura aglomerádica (AG). Nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita (Escoria)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 2.1). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 57,7-84,2 % vol. y vesículas entre 15,8-42,3 % vol. (Anexo III, Tabla 2.2). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 2.3) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 11,2-18,2 % vol. y la matriz entre 81,8-88,8 % vol. (Anexo III, Tabla 2.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y ortopiroxeno. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (7,5-15,6 % vol.; ≤ 2,45 mm), presenta 2 generaciones ambas con zonación y tamiz grueso: La primera generación se encuentra formando textura aglomerádica y superficies de reabsorción. La segunda generación se encuentra como cristales rotos. Ortopiroxeno (1,0-3,7 % vol.; ≤ 0,75 mm), se encuentra como cristal roto y formando textura aglomerádica. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por vidrio volcánico y microlitos puntuales de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, presenta vesículas irregulares a subredondeadas.</p>	


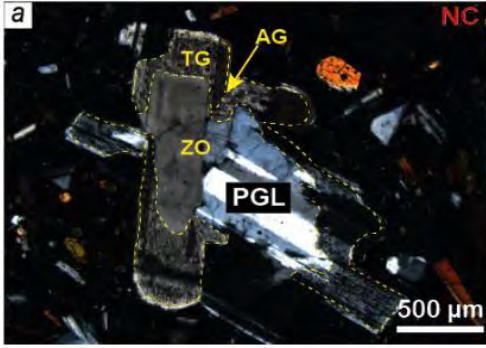
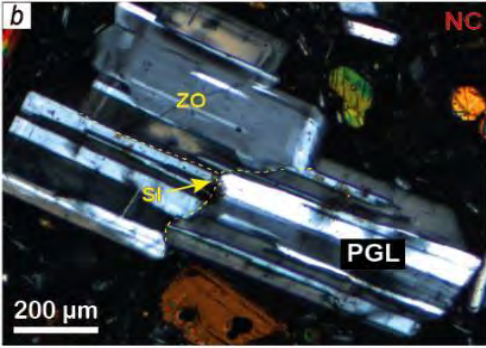
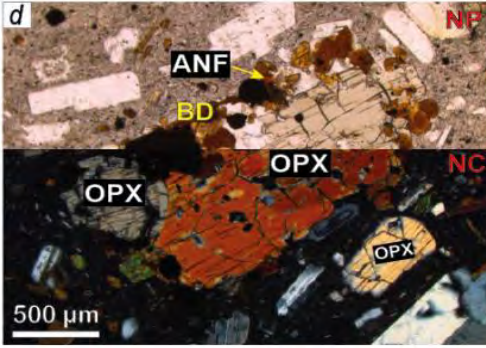
4.2.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-121B

Figura 4.7. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-121B. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO). c) Fragmento de cristal roto (CR) de anfíbol (ANF) con forma subhedral y fragmento de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). d) Fragmento de cristal roto (CR) de biotita (BT) con forma subhedral. Nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita (Pómez)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea piroclástica semicompacta, de color blanco, con textura fragmental. Compuesta por cristales y fragmentos de cristales de plagioclasas y ferromagnesianos; inmersos en matriz compuesta por vidrio. Posee vesículas irregulares y subredondeadas. La muestra presenta densidad y dureza baja, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 2.5). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 53,6-67,9 % vol. y vesículas entre 32,1-46,4 % vol. (Anexo III, Tabla 2.6). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 2.7) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 12,7-19,1 % vol. y la matriz entre 80,9-87,3 % vol. (Anexo III, Tabla 2.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno y biotita. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (9,3-16,9 % vol.; ≤ 1,95 mm), presenta zonación y microfracturas. Anfíbol (2,2-5,4 % vol.; ≤ 1,47 mm), se encuentra como cristal roto con formas irregulares y microfracturas. Ortopiroxeno (0-1,5 % vol.; ≤ 1,1 mm), presenta bordes redondeados y se encuentra formando textura aglomerádica. Biotita (0-0,9 % vol.; ≤ 0,82 mm), se presenta como cristal roto con formas subhedrales y algunos ligeramente flexionados. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por vidrio volcánico y microlitos de plagioclasa, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio siguiendo una orientación. Además, presenta vesículas irregulares y subredondeadas.</p>	
	
	

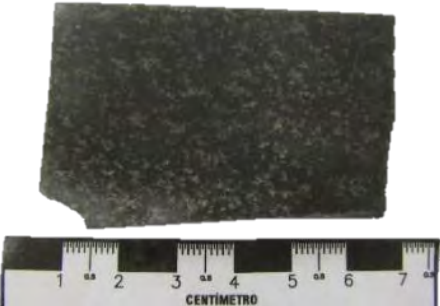
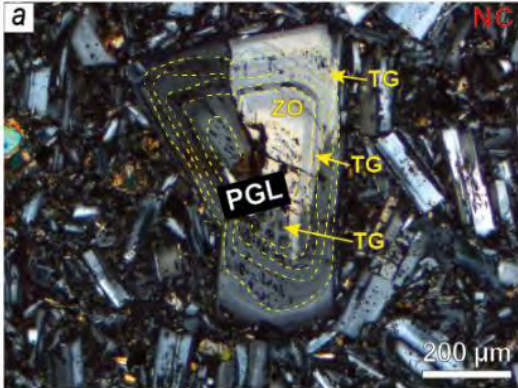
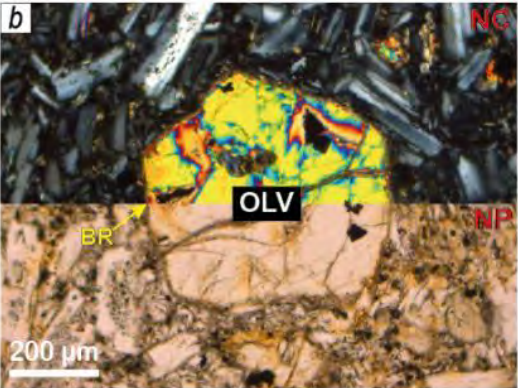
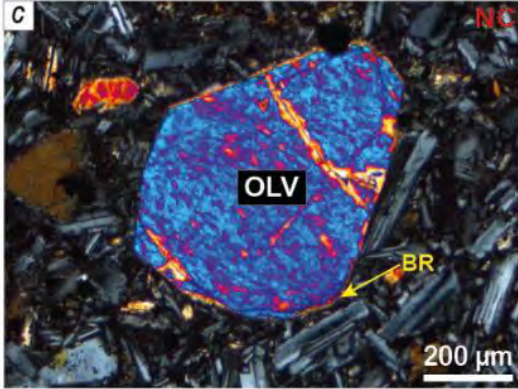
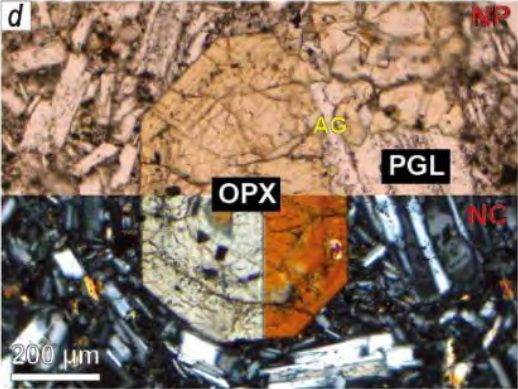
4.2.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-90

Figura 4.8. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-90. a) Primera generación de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y tamiz grueso (TG) hacia el borde. b) Segunda generación de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y textura sineusis (SI). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes de descomposición (BD). Nícoles cruzados (NC) y Nícoles paralelos (NP).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris claro y tonalidad verdosa, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. La roca presenta densidad media y dureza baja, y leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea de textura porfírica de matriz intergranular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 2.9). Los fenocristales se encuentran entre 26,2-29,1 % vol. y la matriz entre 70,9-73,8 % vol. (Anexo III, Tabla 2.10). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (19,2-26,5 % vol.; $\leq 2,23$ mm), se presentan por 2 generaciones ambas presentan zonación: La primera generación muestra textura aglomerádica y tamiz grueso hacia el borde. La segunda generación ocurre con textura sineusis. Anfíbol (1,0-4,9 % vol.; $\leq 2,01$ mm), presenta bordes redondeados y de forma puntual con textura aglomerádica. Ortopiroxeno (0,8-2,9 % vol.; $\leq 2,89$ mm), presenta bordes de descomposición compuesto por microlitos de anfíbol. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por microlitos de plagioclasa, piroxeno, vidrio volcánico, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.2.4. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-91


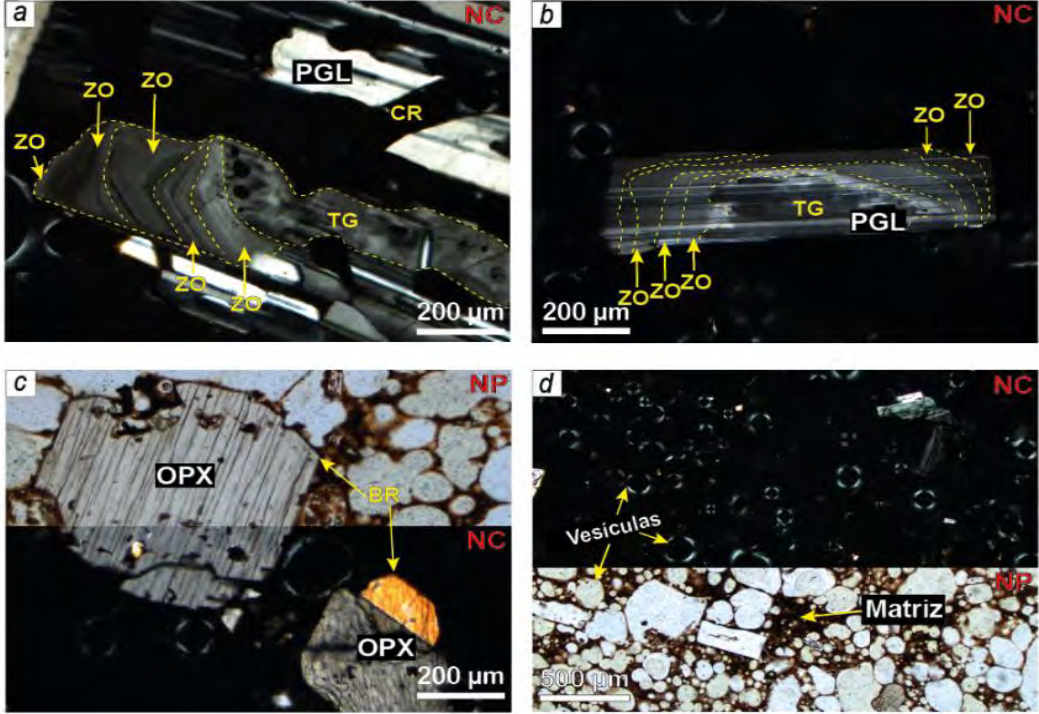
Figura 4.9. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-91. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO) y al menos tres secuencias de textura en tamiz grueso (TG). b) y c) Fenocristal de olivino (OLV) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con textura aglomerádica (AG) asociada a plagioclasa (PGL). Nicoles cruzados (NC) y Nicoles paralelos (NP).

Clasificación de la roca	Andesita basáltica
Tipo de depósito	Flujo de lava
<p>➤ Descripción petrográfica macroscópica</p>	
<p>Roca ígnea volcánica compacta de color negro y tonalidad verdosa, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y olivino; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. Posee densidad y dureza media, con magnetismo bajo.</p>	
<p>➤ Descripción petrográfica microscópica</p>	
<p>Roca ígnea de textura porfírica de matriz pilotaxítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 2.11). Los fenocristales se encuentran entre 1,6-3,9 % vol. y la matriz entre 96,1-98,4 % vol. (Anexo III, Tabla 2.12). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, olivino y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (1,1-2,4 % vol.; $\leq 1,35$ mm), se encuentra zonado con al menos 3 secuencias de textura de tamiz grueso. Olivino (0-1,4 % vol.; $\leq 0,72$ mm), presenta bordes redondeados y de forma puntual con textura aglomerádica. Ortopiroxeno (0-0,8 % vol.; $\leq 0,70$ mm), se encuentra con textura aglomerádica asociada con plagioclasa. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.3. Edificio Nocarane


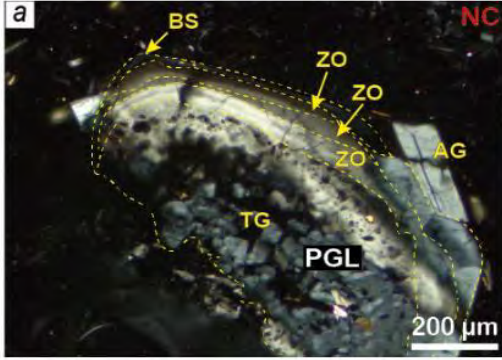
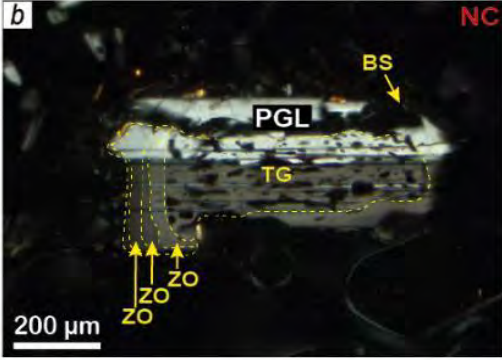
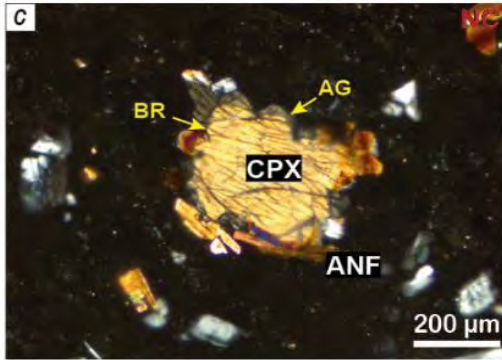
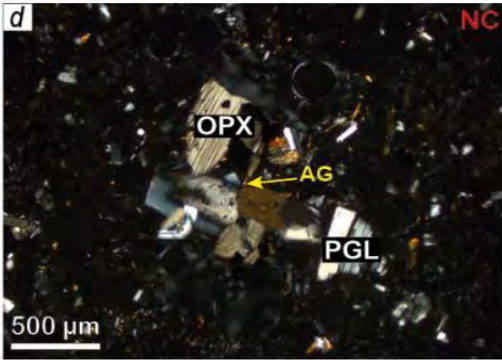
4.3.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-59

Figura 4.10. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-59. a) y b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) mostrando al menos cinco secuencias de zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro. c) Fragmento de fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR). d) Matriz compuesta por vidrio volcánico (VD) y vesículas de forma redondeada de alta esfericidad. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita (Escoria)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea piroclástica, compacta, de color negro, con textura fragmental. Compuesta por fragmentos de cristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz vítrea. Además, presenta vesículas subredondeadas. La roca posee densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.1). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 32,8-44,4 % vol. y vesículas entre 55,6-67,2 % vol. (Anexo III, Tabla 3.2). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 3.3) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 10,4-19,9 % vol. y la matriz entre 80,1-89,6 % vol. (Anexo III, Tabla 3.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y ortopiroxeno. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (7,9-17,5 % vol.; ≤ 1,70 mm), se presenta como un cristal roto, con secuencias de zonación cíclica y textura en tamiz grueso hacia el centro del mineral. Ortopiroxeno (2,0-5,0 % vol.; ≤ 0,80 mm), de formas subhedrales con bordes redondeados. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por vidrio volcánico. Además, presenta vesículas redondeadas de alta esfericidad.	
	

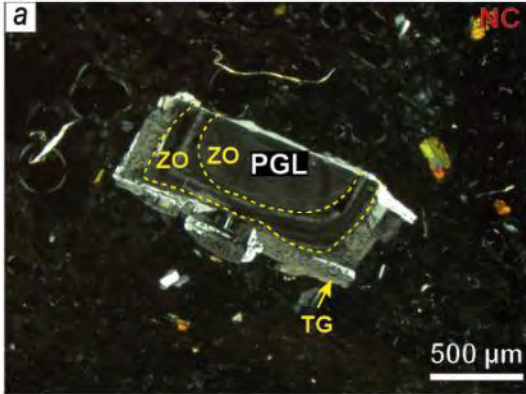
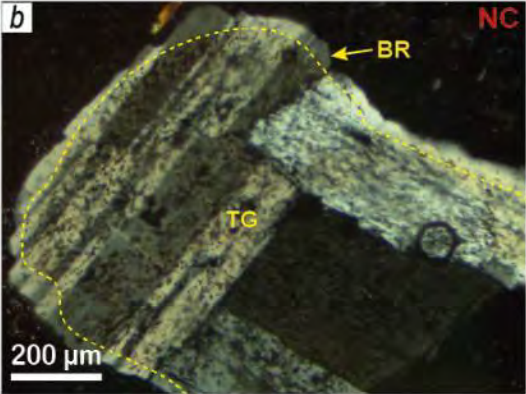
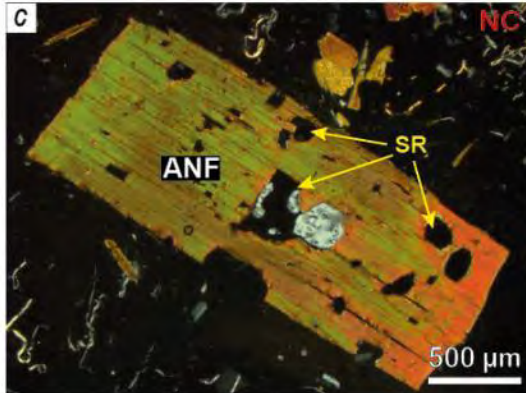
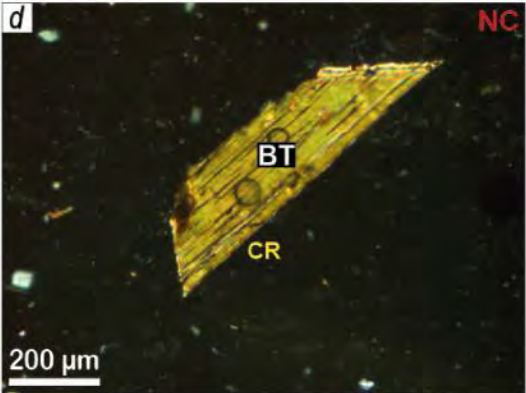
4.3.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-68

Figura 4.11. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-68. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) muestra por al menos tres secuencias de zonación (ZO), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro, de forma puntual se presenta como aglomerados (AG). c) Fragmento de cristal de clinopiroxeno (CPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG) asociada al anfíbol (ANF). d) Fragmentos de cristales de ortopiroxeno (OPX) y plagioclasa (PGL), formando textura aglomerádica (AG). Nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita (Pómez)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica semi compacta de color blanco amarillento, con textura fragmental. Está compuesta por fragmentos de cristales de plagioclasas, biotita y ferromagnesianos; inmersos en una matriz vítrea. Además, presenta vesículas redondeadas. La roca tiene una densidad y dureza muy baja, con bajo magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.5). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 42,1-48,3 % vol. y vesículas entre 51,7-57,9 % vol. (Anexo III, Tabla 3.6). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 3.7) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 6,8-19,7 % vol. y la matriz entre 80,3-93,2 % vol. (Anexo III, Tabla 3.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (3,7-13,3 % vol.; ≤ 2,85 mm), presenta secuencias de zonación, textura tamiz grueso hacia el centro, bordes de sobrecrecimiento y textura aglomerádica de forma puntual. Piroxeno (0-5,4 % vol.; ≤ 1,10 mm), se encuentran fragmentos de clinopiroxeno y ortopiroxeno formando textura aglomerádica. Anfíbol (0,7-2,7 % vol.; ≤ 0,72 mm), se encuentra como aglomerado asociado al piroxeno. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por vidrio volcánico. Además, presenta vesículas redondeadas de baja esfericidad.</p>	
	
	


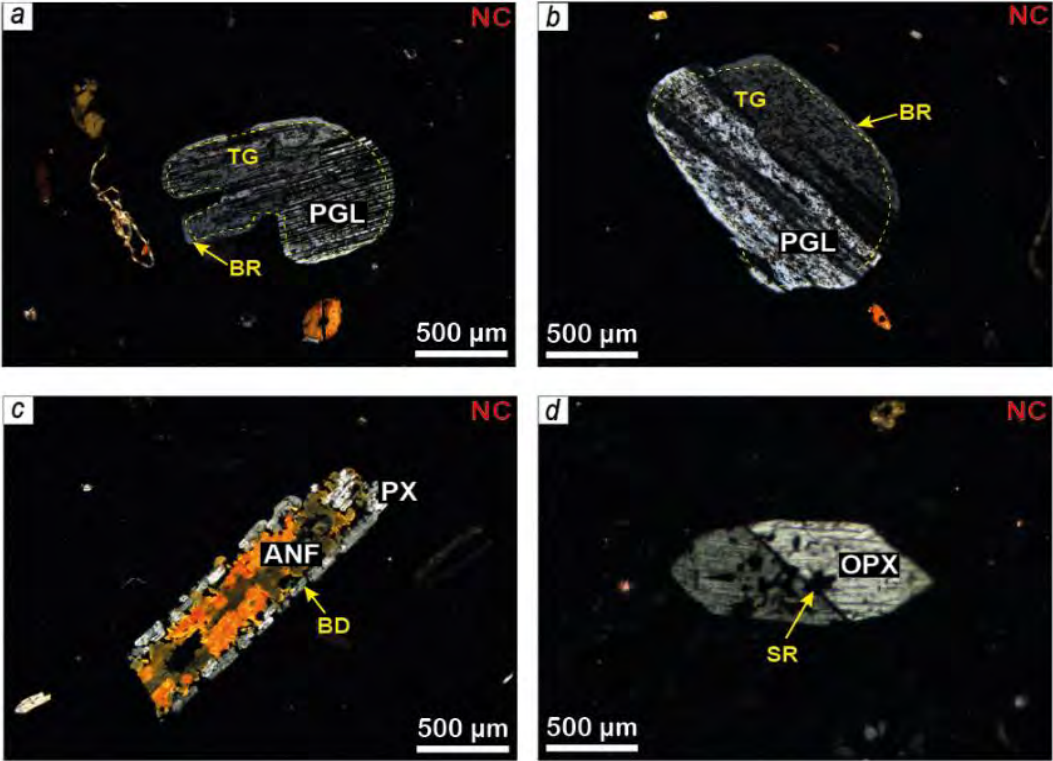
4.3.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-73

Figura 4.12. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-73. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO), tamiz grueso hacia el borde (TG). b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta textura en tamiz grueso (TG) y bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de anfíbol (ANF), presentando superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de cristal roto (CR) de biotita (BT). Nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita (Pómez)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.9). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 38,9-46,1 % vol. y vesículas entre 53,9-61,1 % vol. (Anexo III, Tabla 3.10). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 3.11) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 13,2-28,5 % vol. y la matriz entre 71,5-86,8 % vol. (Anexo III, Tabla 3.12). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (8-22,4 % vol.; $\leq 2,24$ mm), Presenta al menos 2 generaciones: La primera generación presenta secuencias de zonación y tamiz grueso hacia el borde. La segunda generación muestra tamiz grueso por todo el cristal y bordes redondeados. Anfíbol (3,1-6,7 % vol.; $\leq 1,25$ mm), fragmento con superficies de reabsorción. Biotita (0-2,3 % vol.; $\leq 2,58$ mm), se presenta como cristal roto de forma subhedral. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por vidrio volcánico. Además, presenta vesículas angulosas de baja esfericidad interconectadas.</p>	
	
	

4.3.4. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-76

Figura 4.13. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-76. a) y b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL), mostrando textura en tamiz grueso (TG) y bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de anfíbol (ANF), presentando bordes de descomposición (BD) compuesto por piroxenos (PX). d) Fragmento de cristal de ortopiroxeno con superficies de reabsorción (SR). Nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita (Pómez)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris olivo, con textura fragmental. Compuesta por plagioclasas y ferromagnesianos; inmersos en matriz vítrea. Posee vesículas subredondeadas. La muestra presenta densidad y dureza baja, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.13). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 28,9-36,9 % vol. y vesículas entre 63,1-71,1 % vol. (Anexo III, Tabla 3.14). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 3.15) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 6,6-25,6 % vol. y la matriz entre 74,4-93,4 % vol. (Anexo III, Tabla 3.16). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (0,6-21,9 % vol.; $\leq 1,94$ mm), presenta textura en tamiz grueso y bordes redondeados. Anfíbol (1-8,1 % vol.; $\leq 1,78$ mm), fragmento con bordes de descomposición compuesto por piroxeno. Ortopiroxeno (0-3 % vol.; $\leq 1,20$ mm), de forma subhedral con superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), constituido por vidrio volcánico. Además, presenta vesículas subangulosas a subredondeadas de baja esfericidad, la mayoría interconectadas.</p>	
	


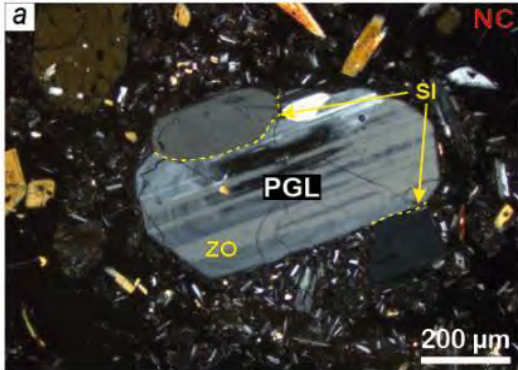
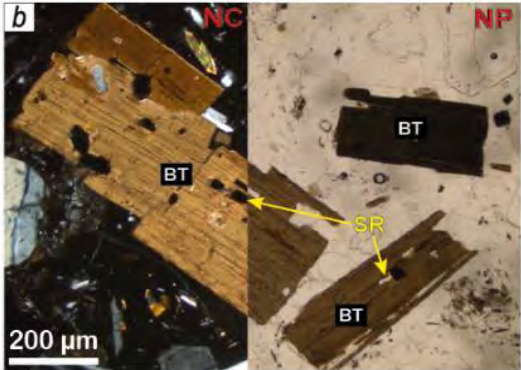
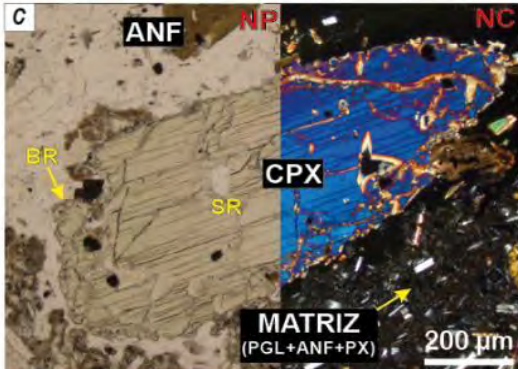
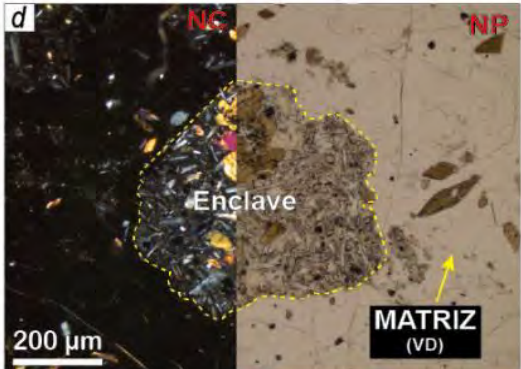
4.3.5. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-82

Figura 4.14. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-82. a) Fenocristales de plagioclasas (PGL): La primera generación presenta textura en tamiz fino (TF) y sineusis (SI), la segunda generación presenta bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), de forma subhedral y biotita (BT), con textura black (TB) hacia el borde y superficies de reabsorción (SR). d) Xenocristal de cuarzo (CZ) con bordes redondeados (BR) y bordes de descomposición (BD). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica, compacta, de color gris medio y textura porfírica. Compuesta por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. La roca presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz traquítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.17). Los fenocristales se encuentran entre 19,1-21,6 % vol. y la matriz entre 78,4-80,9 % vol. (Anexo III, Tabla 3.18). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (11,3-20,7 % vol.; ≤ 3,12 mm), presenta 2 generaciones: La primera generación muestra textura en tamiz fino hacia el borde y sineusis. La segunda generación presenta bordes redondeados. Anfíbol (0,9-4,9 % vol.; ≤ 3,45 mm), posee textura black y bordes de descomposición. Ortopiroxeno (0-3,9 % vol.; ≤ 1,48 mm), presenta forma subhedral y biotita con textura black incipiente, además, superficies de reabsorción. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, se observa xenocristales de cuarzo de bordes redondeados y descomposición compuesto por piroxeno.	


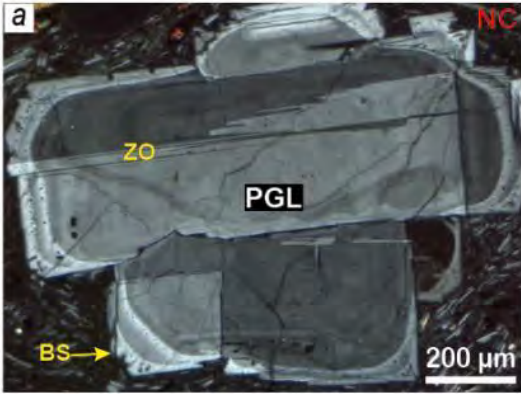
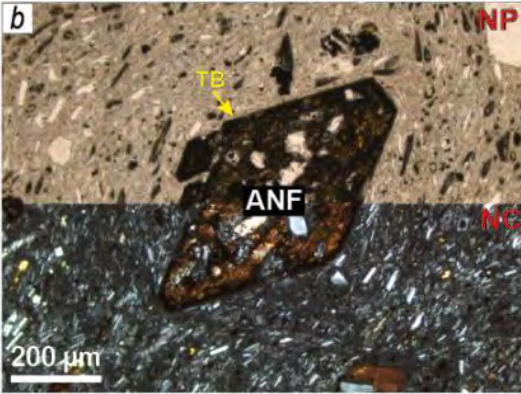
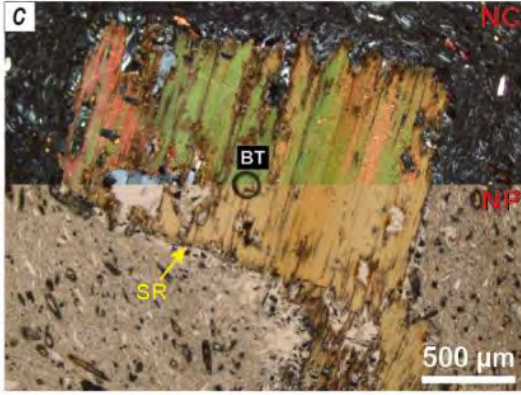
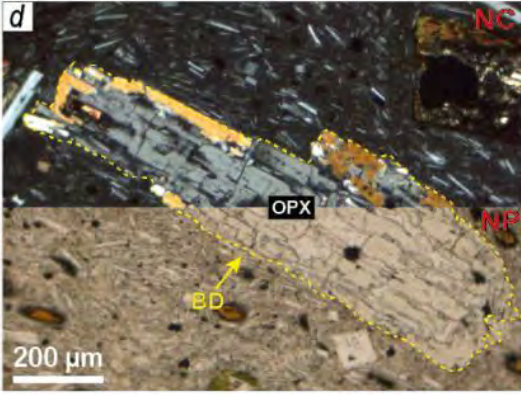
4.3.6. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-83

Figura 4.15. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-83. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y textura sineusis (SI). b) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) de forma subhedral y fenocristal de clinopiroxeno (CPX) con superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). d) Enclave de composición andesítica. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris claro de textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa, biotita y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz vitrofídica-granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.19). Los fenocristales se encuentran entre 16,3-36,4 % vol. y la matriz entre 63,6-83,7 % vol. (Anexo III, Tabla 3.20). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, biotita, anfíbol y clinopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (7,4-30,7 % vol.; $\leq 4,41$ mm), presenta zonación y textura en sineusis. Biotita (1,7-10,6 % vol.; $\leq 1,90$ mm), de forma subhedral y superficies de reabsorción. Anfíbol (0,9-6,7 % vol.; $\leq 2,51$ mm), posee forma subhedral. Clinopiroxeno (0-3,8 % vol.; $\leq 2,93$ mm), se encuentran superficies de reabsorción y bordes redondeados. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por sectores microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio, también vidrio volcánico englobando a los fenocristales. Además, posee enclaves de composición andesítica con bordes redondeados.	
	
	

4.3.7. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-33


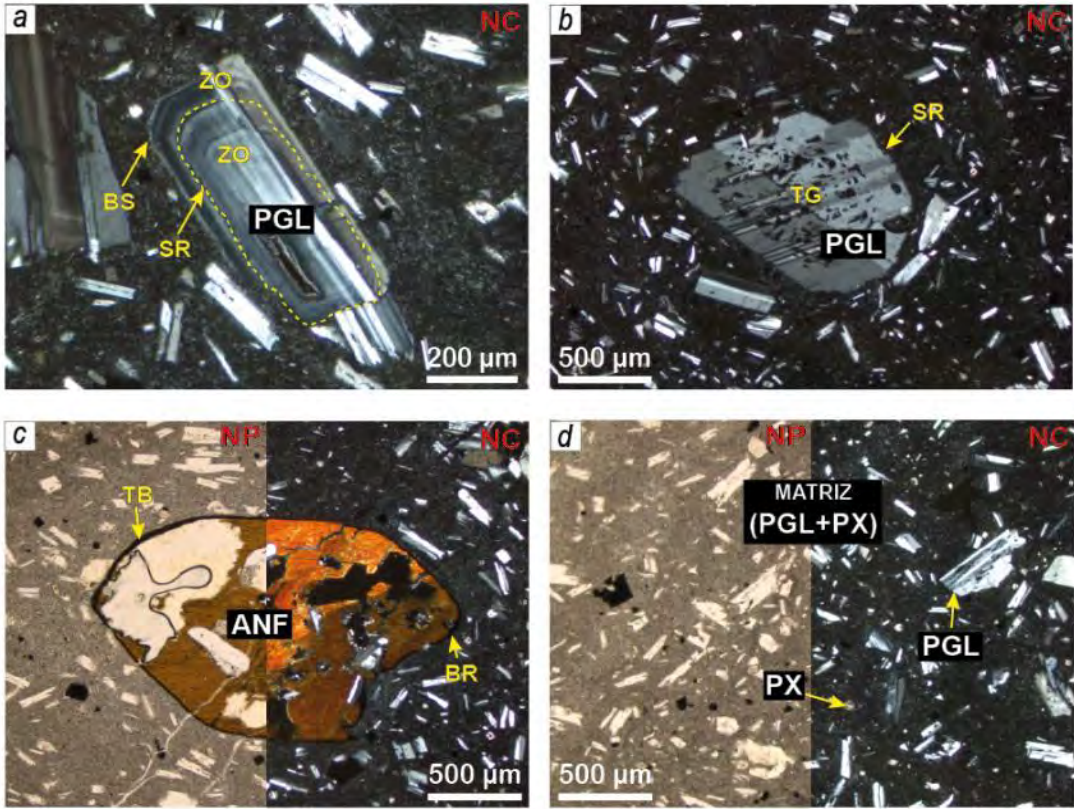
Figura 4.16. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-33. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB). c) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes de descomposición (BD). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita con fenocristales de biotita
Tipo de depósito	Flujo de lava
<p>➤ Descripción petrográfica macroscópica</p>	
<p>Roca ígnea volcánica compacta, de color gris medio, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino siguiendo una orientación. Presenta densidad y dureza baja, con magnetismo moderado.</p>	
<p>➤ Descripción petrográfica microscópica</p>	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz traquítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 3.21). Los fenocristales se encuentran entre 19,8-29,4 % vol. y la matriz entre 70,6-80,2 % vol. (Anexo III, Tabla 3.22). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, biotita y ortopiroxeno (Traza). Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (11,9-22,4 % vol.; ≤ 4,89 mm), presenta zonación y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,3-7,4 % vol.; ≤ 2,47 mm), posee textura black. Biotita (0-6,9 % vol.; ≤ 2,14 mm), se encuentra con superficies de reabsorción. Ortopiroxeno (0-1,1 % vol.; ≤ 1,13 mm), se encuentran con bordes de descomposición compuestos por piroxeno. Matriz (≤ 0,50 mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio, siguiendo cierta dirección de flujo.</p>	
	
	

4.4. Edificio Estribo

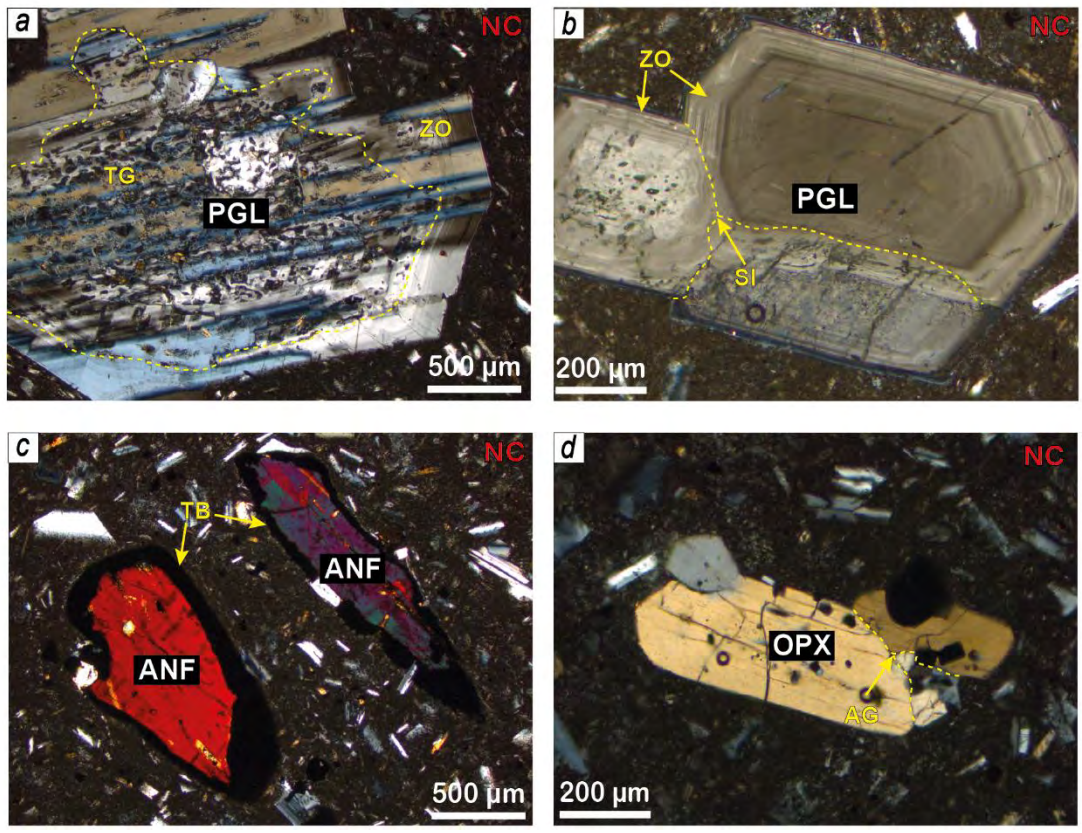
4.4.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-110

Figura 4.17. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-110. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presenta al menos 2 secuencias de zonación (ZO) separadas por superficies de reabsorción (SR) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presentando textura tamiz grueso (TG) hacia el centro y superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando textura black (TB) y bordes redondeados (BR). d) Matriz compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro de textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.1). Los fenocristales se encuentran entre 2,3-6,5 % vol. y la matriz entre 93,5-97,7 % vol. (Anexo III, Tabla 4.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y anfíbol. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (1,8-3,7 % vol.; ≤ 1,65 mm), se encuentra 2 generaciones ambas con superficies de reabsorción: La primera generación con secuencias de zonación y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación presenta textura en tamiz grueso. Anfíbol (0-4,7 % vol.; ≤ 2,00 mm), presenta textura black y bordes redondeados. Matriz (≤ 0,50 mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.	
	


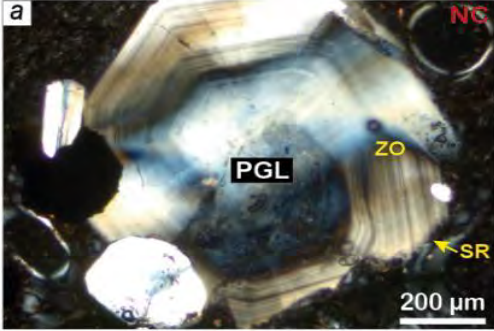
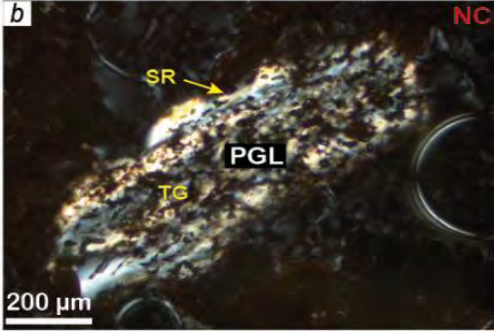
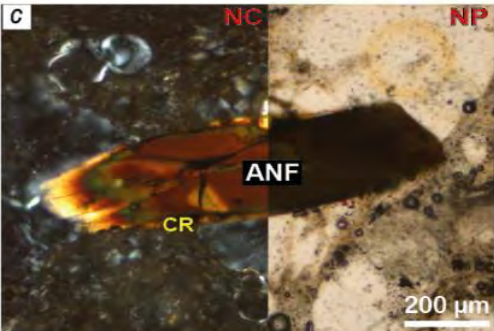
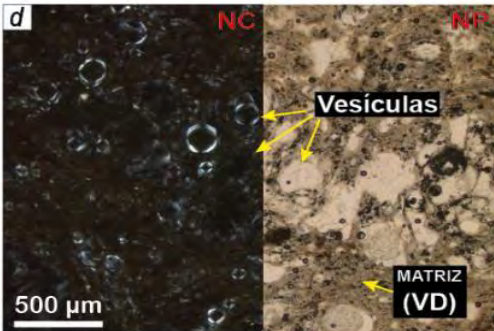
4.4.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-33

Figura 4.18. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-33. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) en el núcleo. b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), seguido por textura sineusis (SI). c) Fenocristales de anfíbol (ANF) con textura black (TB). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), formando textura aglomerádica (AG). Nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.3). Los fenocristales se encuentran entre 3,6-6,3 % vol. y la matriz entre 93,7-96,4 % vol. (Anexo III, Tabla 4.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno como traza. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (2,8-6,3 % vol.; $\leq 3,45$ mm), encuentran 2 generaciones ambas con zonación. La primera generación además con textura en tamiz grueso hacia el centro y la segunda generación presenta sineusis. Anfíbol (0-2,9 % vol.; $\leq 3,62$ mm), se encuentra con textura black. Ortopiroxeno (0-0,2 % vol.; $\leq 0,66$ mm), se encuentran formando textura aglomerádica. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por sectores microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	

4.4.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-102

Figura 4.19. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-102. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) muestra zonación (ZO) y superficies de reabsorción (SR). b) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presentando textura tamiz grueso (TG) y superficies de reabsorción (SR). c) Fragmento de cristal roto (CR) de anfíbol (ANF) con forma subhedral con microfracturas. d) Matriz compuesto por vidrio volcánico (VD), siguiendo cierta orientación, englobando a los fragmentos, se localiza también vesículas de formas irregulares y subredondeadas de baja esfericidad. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita (Pómez)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca piroclástica, compacta, de color blanco parduzco, con textura fragmental. Conformado por escasos fragmentos de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz vítrea. Además, presenta abundantes vesículas alargadas y orientadas. La muestra posee densidad muy baja, dureza media, sin magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofidica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.5). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 22-39,4 % vol. y vesículas entre 60,6-78 % vol. (Anexo III, Tabla 4.6). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 4.7) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 0,7-3,7 % vol. y la matriz entre 96,3-99,3 % vol. (Anexo III, Tabla 4.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y anfíbol como traza. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (0,5-3,7 % vol.; ≤ 1,0 mm), se presentan 2 generaciones ambas con superficies de reabsorción. La primera generación se encuentra zonada y la segunda generación con tamiz grueso. Anfíbol (0-1,3 % vol.; ≤ 0,93 mm), se presenta como cristal roto con forma subhedral mostrando microfracturas. Matriz (≤ 0,50 mm), constituido por vidrio volcánico siguiendo cierta orientación. Además, presenta vesículas de formas irregulares y subredondeadas de baja esfericidad.</p>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	

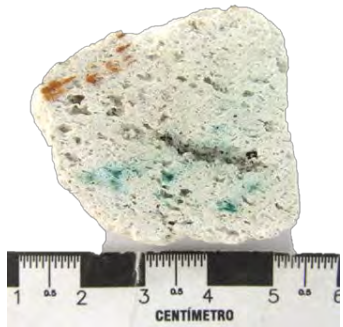
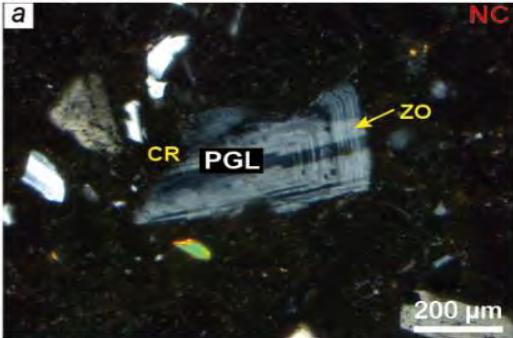
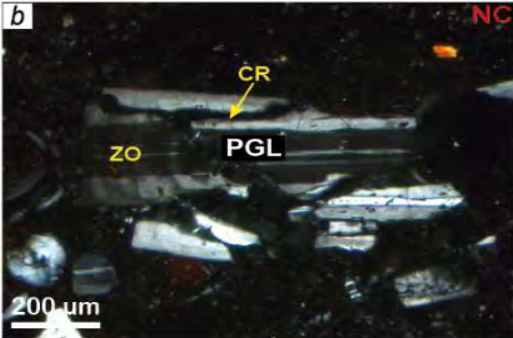
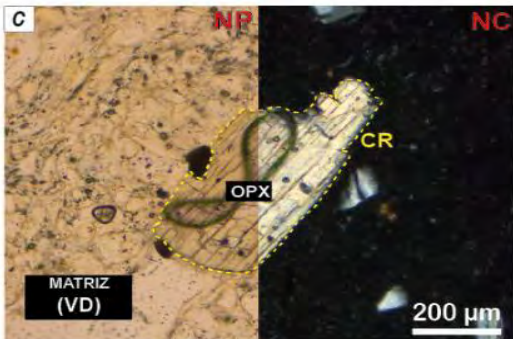
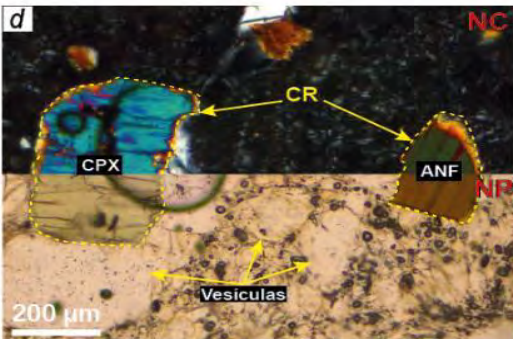
4.4.4. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-10

Figura 4.20. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-10. a) Fragmento de cristal de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG). b) Fragmento de cristal de clinopiroxeno (CPX) formando textura aglomerádica (AG) asociado a plagioclasa (PGL), además bordes redondeados (BR). c) Fragmento de cristal de olivino (OLV) con bordes de descomposición (BD). d) Matriz compuesta por bandas intercaladas por vidrio volcánico (VD) y por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesítica basáltica (Escoria)
Tipo de depósito	Caída piroclástica
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica-granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.9). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 47,2-59,1 % vol. y vesículas entre 40,9-52,8 % vol. (Anexo III, Tabla 4.10). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 4.11) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 17,2-29,4 % vol. y la matriz entre 70,6-82,8 % vol. (Anexo III, Tabla 4.12). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, olivino y clinopiroxeno. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (14,5-27 % vol.; ≤ 2,66 mm), presentan 2 generaciones: La primera generación se encuentra zonada y con textura de tamiz grueso. La segunda generación se encuentra formando textura aglomerádica. Olivino (1,2-2,6 % vol.; ≤ 1,50 mm) con bordes de descomposición compuesta por piroxeno. Clinopiroxeno (0-11,4 % vol.; ≤ 2,30 mm), de bordes redondeados y con textura aglomerádica asociada a la plagioclasa. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesto por bandas intercaladas de vidrio volcánico con microlitos de plagioclasa y piroxeno.</p>	


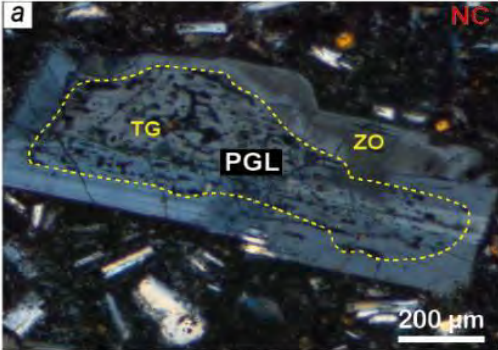
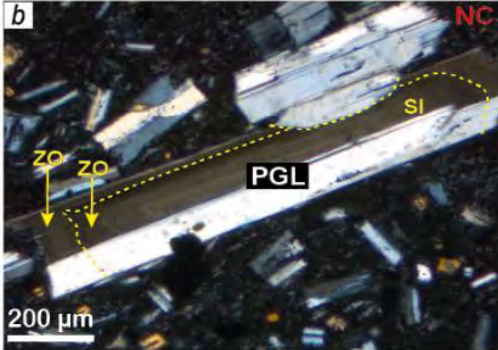
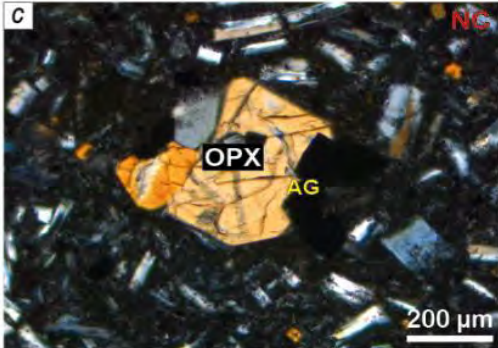
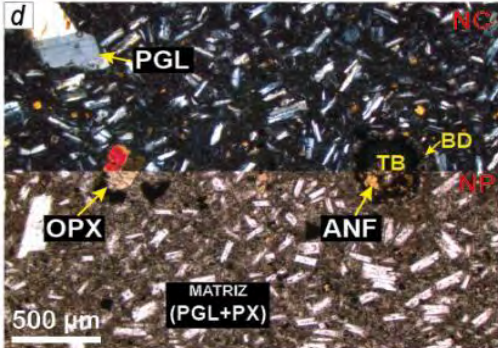
4.4.5. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-36

Figura 4.21. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-36. a) y b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) presenta zonación (ZO). c) Fragmento de cristal roto (CR) de ortopiroxeno (OPX) inmerso en matriz vítrea (VD). d) Fragmento de cristal roto (CR) de clinopiroxeno (CPX) y anfíbol (ANF) con formas subhedrales y vesículas de forma subredondeada. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita riolítica (Pómez)
Tipo de depósito	Flujo piroclástico
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica semicompacta de color blanco, con textura fragmental. Presenta fragmentos de cristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmerso en matriz afanítica. Además, presenta vesículas subredondeadas. La roca presenta una dureza y densidad muy baja, sin magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica-granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.13). Los elementos minerales ocupan proporciones entre los 53,9-64,6 % vol. y vesículas entre 35,4-46,1 % vol. (Anexo III, Tabla 4.14). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 4.15) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 3,9-10,6 % vol. y la matriz entre 89,4-96,1 % vol. (Anexo III, Tabla 4.16). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa como traza piroxeno y anfíbol. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (3,6-9,4 % vol.; ≤ 1,60 mm), cristales rotos mostrando zonación. Piroxeno (0,3-1,1 % vol.; ≤ 0,55 mm), (Clinopiroxeno y ortopiroxeno) cristales rotos de formas subhedrales. Anfíbol (0-0,2 % vol.; ≤ 0,38 mm), de forma subhedral. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesto por vidrio volcánico. Además, presenta vesículas subredondeadas de baja esfericidad.	
	
	

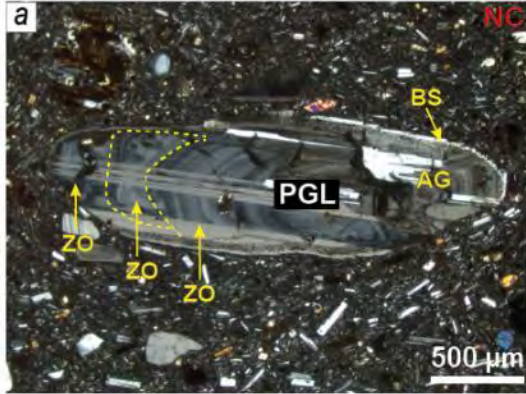
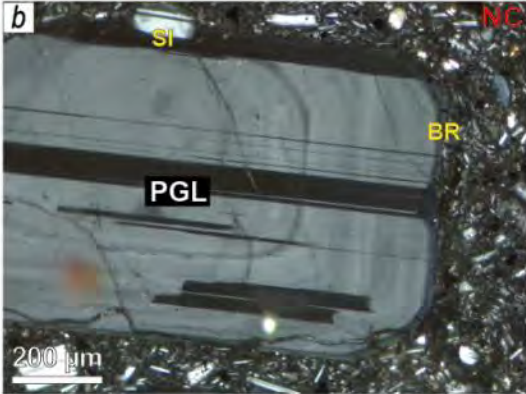
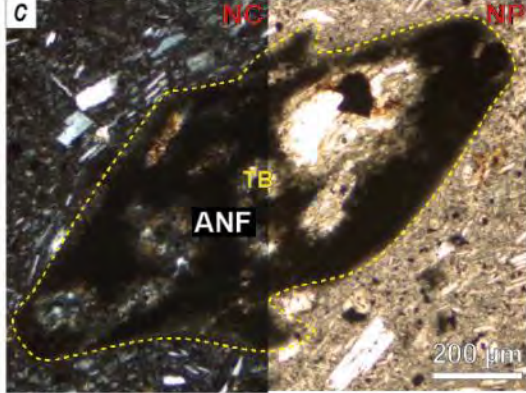
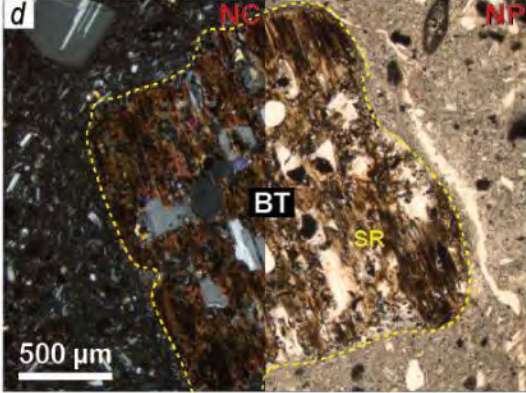
4.4.6. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-35

Figura 4.22. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-35. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta zonación (ZO) y textura tamiz grueso (TG) hacia el centro. b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO) y textura sineusis (SI). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), formando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristales de plagioclasa (PGL), ortopiroxeno (OPX) y anfíbol (ANF), inmersos en matriz granular compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL) y piroxeno (PX). Nicales paralelos (NP) y nicales cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca volcánica, compacta de color gris oscuro, con textura porfírica. Compuesta por fenocristales de plagioclasa y escasos ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. La muestra presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.17). Los fenocristales se encuentran entre 1,1-3,8 % vol. y la matriz entre 96,2-98,9 % vol. (Anexo III, Tabla 4.18). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, como traza ortopiroxeno y anfíbol. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (0,9-3,4 % vol.; ≤ 1,52 mm), se presenta 2 generaciones: La primera generación con zonación y tamiz grueso hacia el centro; la segunda generación presenta al menos 2 secuencias de zonación y textura sineusis. Ortopiroxeno (0-0,2 % vol.; ≤ 0,55 mm), se encuentra formando textura aglomerádica. Anfíbol (0-0,6 % vol.; ≤ 0,60 mm), presenta textura black y bordes de descomposición compuesta por piroxenos. Matriz (≤ 0,50 mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.4.7. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-87

Figura 4.23. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-87. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta al menos tres secuencias de zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica, compacta, de color gris de tonalidad verdosa, con textura porfírica. Compuesta por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. La roca presenta densidad y dureza media, con leve a moderado magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 4.19). Los fenocristales se encuentran entre 16,2-22,2 % vol. y la matriz entre 77,8-83,8 % vol. (Anexo III, Tabla 4.20). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, como elementos traza se encuentra anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (8,4-16,8 % vol.; $\leq 2,74$ mm), presenta 2 generaciones: La primera generación con secuencias de zonación, textura aglomerádica y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación muestra zonación, textura sineusis y bordes redondeados. Anfíbol (3,6-10 % vol.; $\leq 0,72$ mm), se encuentra con textura black. Biotita (0-3,7 % vol.; $\leq 2,10$ mm), muestra superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.	
	
	

4.5. Edificio El Colorado


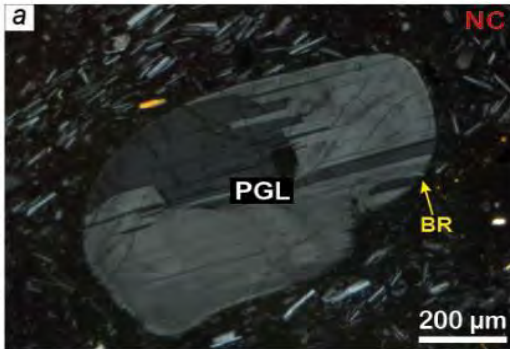
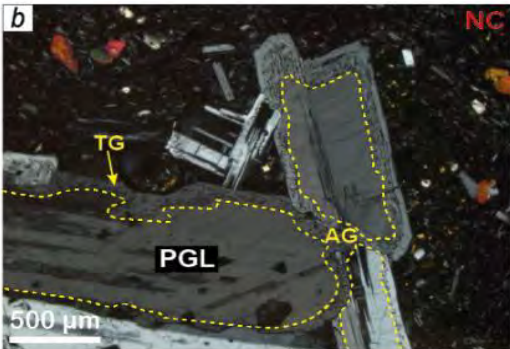
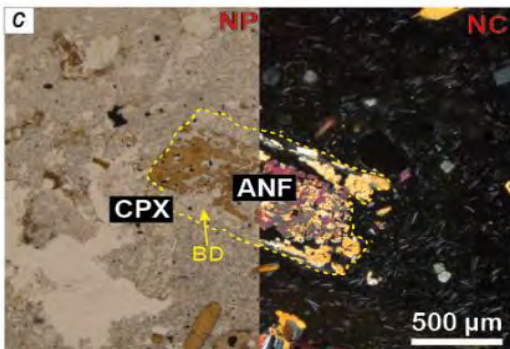
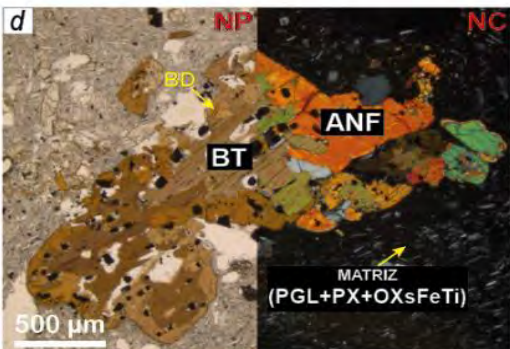
4.5.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-72

Figura 4.24. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-72. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con tamiz grueso (TG), textura aglomerádica (AG) con superficies de reabsorción (SR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presentando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta, de color gris claro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz vítrea. Presenta densidad y dureza baja, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 5.1). Los fenocristales se encuentran entre 16,6-36,8 % vol. y la matriz entre 63,2-83,4 % vol. (Anexo III, Tabla 5.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (8,6-25,4 % vol.; $\leq 4,89$ mm), presenta 2 generaciones: La primera generación se encuentra tamiz grueso, textura aglomerádica y superficie de reabsorción. La segunda generación se presenta como cristales rotos, zonados, textura sineusis y bordes redondeados. Anfíbol (4,8-11,4 % vol.; $\leq 0,63$ mm), mostrando textura aglomerádica. Biotita (0-2,4 % vol.; $\leq 0,97$ mm), se encuentra con superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por vidrio volcánico y microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	

4.5.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-80


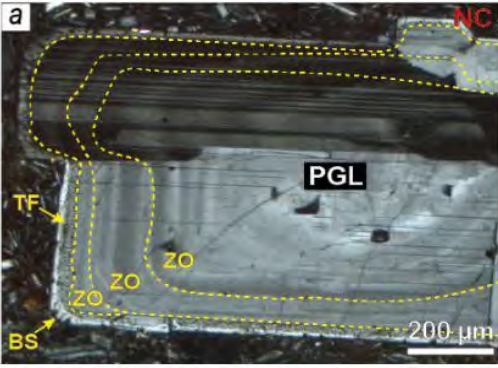
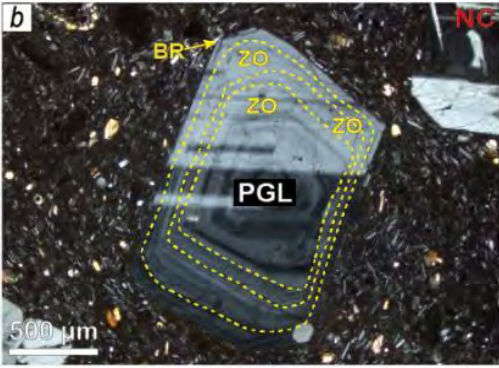
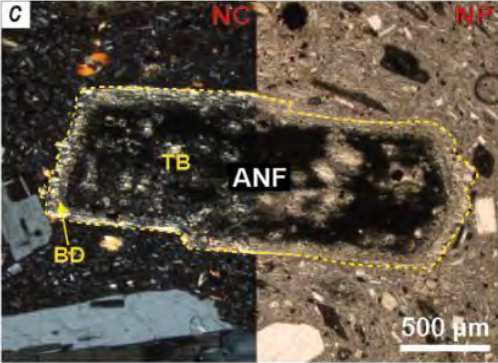
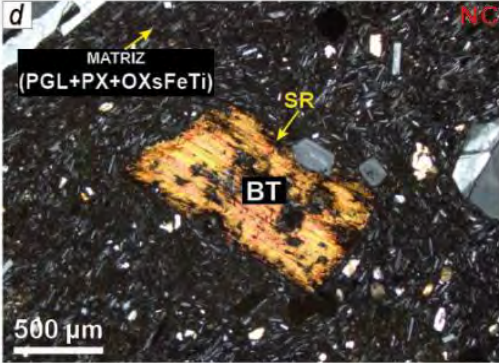
Figura 4.25. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-80. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), tamiz grueso (TG) y posterior acumulación, formando textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), con bordes de descomposición (BD), formado por clinopiroxeno (CPX). d) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando bordes de descomposición (BD), compuesto por biotita (BT). Además, la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi) mostrando cierto direccionamiento. Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta, de color gris claro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz vítrea. Presenta densidad y dureza baja, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz pilotáxica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 5.3). Los fenocristales se encuentran entre 8,7-20,1 % vol. y la matriz entre 79,9-91,3 % vol. (Anexo III, Tabla 5.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, clinopiroxeno y biotita como traza. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (1,8-11,3 % vol.; ≤ 4,21 mm), se presenta 2 generaciones: La primera generación con bordes redondeados. La segunda generación presenta textura de tamiz grueso y aglomerádica. Anfíbol (3,5-8,5 % vol.; ≤ 3,80 mm), presenta bordes de descomposición. Clinopiroxeno (0-3,0 % vol.; ≤ 3,69 mm), se encuentra como coronas alrededor del anfíbol. Biotita (0-0,4 % vol.; ≤ 1,25 mm), se presenta como bordes de descomposición de los anfíboles. Matriz (≤ 0,50 mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio siguiendo cierto direccionamiento u orientación.	
	
	

4.6. Edificio El Ángel


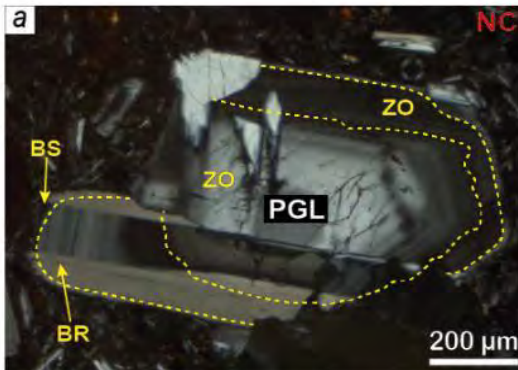
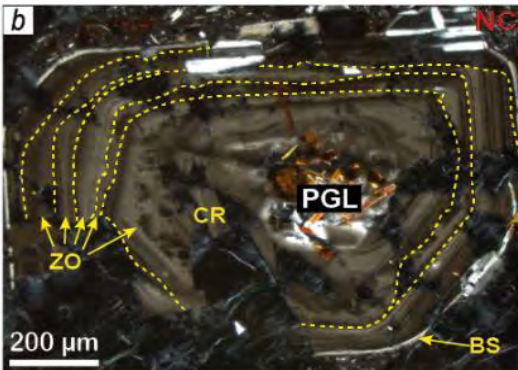
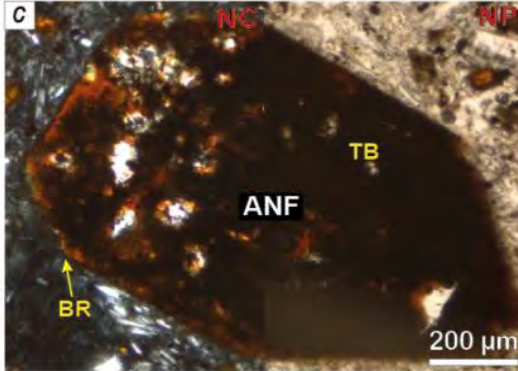
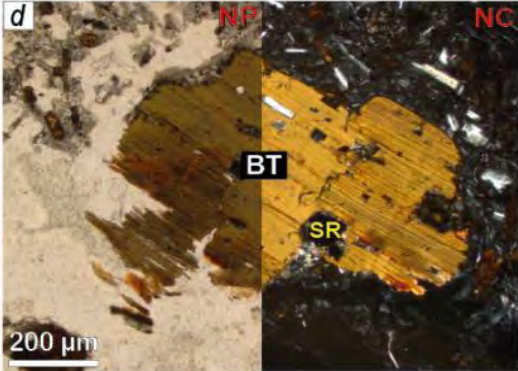
4.6.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-37

Figura 4.26. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-37. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF) hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con al menos tres secuencias de zonación y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes de descomposición (BD), formado por piroxenos (PX). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Además, se observa que la matriz está compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi); presenta cierto direccionamiento u orientación. Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta, de color negro grisáceo, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz traquítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 6.1). Los fenocristales se encuentran entre 23,3-43,6 % vol. y la matriz entre 56,4-76,7 % vol. (Anexo III, Tabla 6.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (13,9-38,7 % vol.; $\leq 4,14$ mm), se encuentra 2 generaciones ambas con secuencias de zonación: La primera generación además se encuentra con textura tamiz fino hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento; la segunda generación con bordes redondeados. Anfíbol (3,7-8,1 % vol.; $\leq 2,04$ mm), muestra textura black y bordes de descomposición compuesta por piroxenos. Biotita (0,2-2,8 % vol.; $\leq 1,25$ mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio; siguiendo una cierta orientación.</p>	
	
	


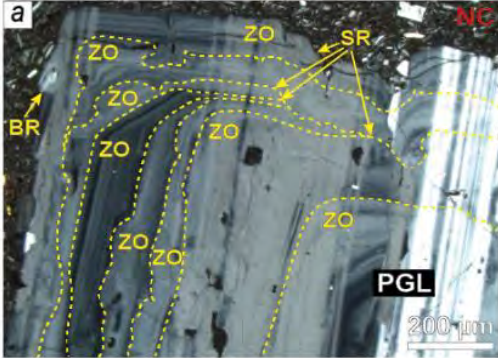
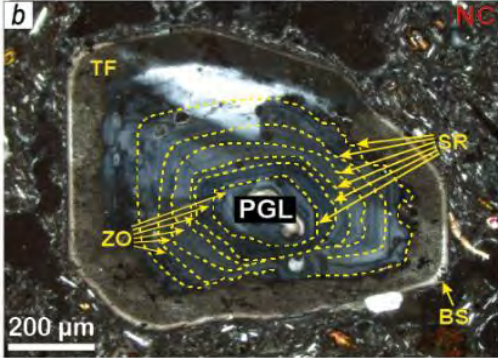
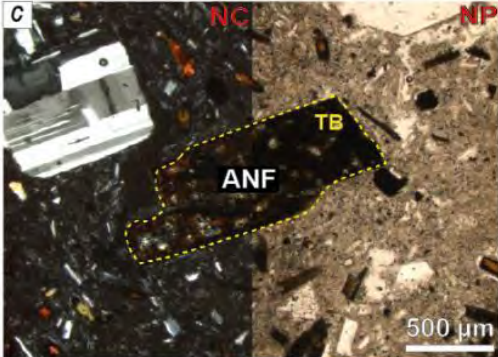
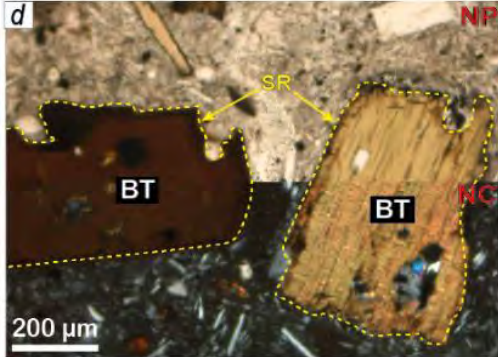
4.6.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-119

Figura 4.27. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-119. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos dos secuencias de zonación (ZO) seguido por bordes redondeados (BR) y finalizando con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) mostrando al menos seis secuencias de zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta textura black (TB) y bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris oscuro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. La roca presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 6.3). Los fenocristales se encuentran entre 14,7-52,6 % vol. y la matriz entre 47,5-85,3 % vol. (Anexo III, Tabla 6.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (7,9-48,5 % vol.; $\leq 4,78$ mm), se muestran 2 generaciones con secuencias de zonación y bordes de sobrecrecimiento. La primera generación con bordes redondeados. La segunda generación como cristales rotos. Anfíbol (0,9-6,5 % vol.; $\leq 1,05$ mm), muestra textura black y bordes redondeados. Biotita (0-4,0 % vol.; $\leq 1,29$ mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	


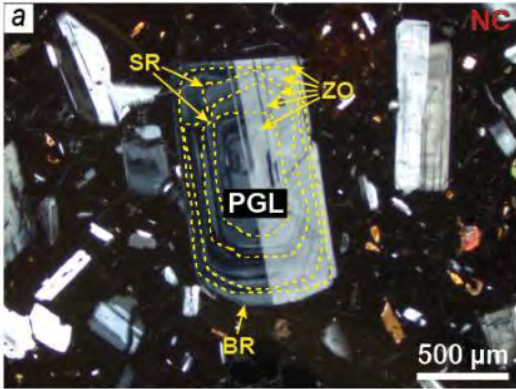
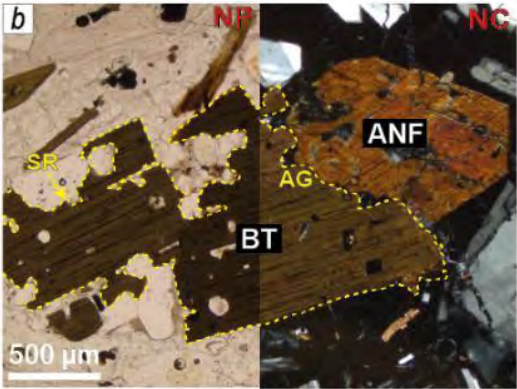
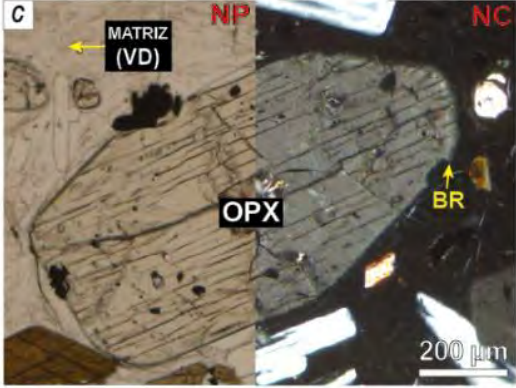
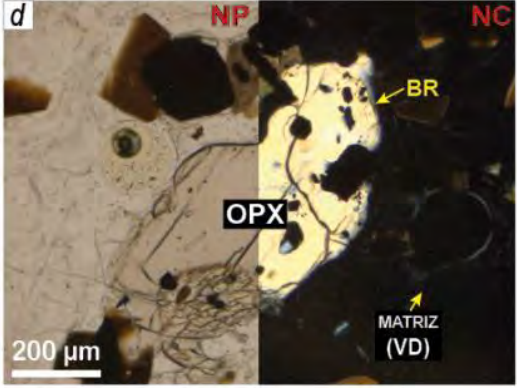
4.6.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-93

Figura 4.28. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-93. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR) y bordes de redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con secuencias de zonación (ZO), intercaladas con superficies de reabsorción (SR), textura de tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), mostrando textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris medio, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo alto.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 6.5). Los fenocristales se encuentran entre 19,2-43,3 % vol. y la matriz entre 56,7-80,8 % vol. (Anexo III, Tabla 6.6). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (9,4-40,4 % vol.; $\leq 4,78$ mm), presenta 2 generaciones ambas con varias secuencias de zonación intercaladas con superficies de reabsorción. La primera generación presenta bordes redondeados. La segunda generación con textura tamiz fino y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,1-11,3 % vol.; $\leq 1,05$ mm), se encuentra con textura black. Biotita (0,6-4,4 % vol.; $\leq 1,29$ mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), se constituye por microlitos de plagioclasa, anfíbol, biotita, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.6.4. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-89

Figura 4.29. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-89. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), formando textura aglomerádica (AG), junto a fenocristales de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). c y d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR), inmersos en matriz compuesta por vidrio volcánico (VD). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica, compacta, de color gris claro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos (anfíboles y biotitas); inmersos en matriz afanítica. La roca presenta densidad media y dureza baja, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz vitrofídica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 6.7). Los fenocristales se encuentran entre 26,9-56,7 % vol. y la matriz entre 43,3-73,1 % vol. (Anexo III, Tabla 6.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (13,6-46,5 % vol.; ≤ 11,00 mm), presenta al menos 5 secuencias de zonación intercaladas con superficies de reabsorción y finaliza con bordes redondeados. Anfíbol (5-8,3 % vol.; ≤ 2,00 mm), presenta textura aglomerádica. Ortopiroxeno (0,5-4,5 % vol.; ≤ 1,37 mm), se encuentra con bordes redondeados. Biotita (0,2-1,9 % vol.; ≤ 1,53 mm), se encuentra con superficies de reabsorción, asociado a fenocristal de anfíbol. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por vidrio volcánico como agregados anhedrales.	
	
	

4.7. Domos Potrero

4.7.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24A

Figura 4.30. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24A. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando tres secuencias de zonación (ZO), intercalados con dos superficies de reabsorción (SR) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fragmento de anfíbol (ANF), mostrando bordes redondeados (BR) al igual que un fragmento de clinopiroxeno (CPX). c) Fragmento de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). d) Enclave de origen volcánico (ENCLAVE), inmerso en matriz vítrea (VD), plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo piroclástico de bloques y ceniza
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz vitrofídica-granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.1). La muestra ocupa proporciones entre los 84,5-94,5 % vol. y vesículas entre 5,5-15,5 % vol. (Anexo III, Tabla 7.2). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 7.3) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 19,1-35,5 % vol. y la matriz entre 64,5-80,9 % vol. (Anexo III, Tabla 7.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, biotita y traza de clinopiroxeno. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (9,8-26,1 % vol.; ≤ 1,20 mm), con secuencias de zonación intercaladas con superficies de reabsorción y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (3,3-8,1 % vol.; ≤ 1,30 mm), con bordes redondeados. Biotita (0-5,7 % vol.; ≤ 1,70 mm), mostrando superficies de reabsorción. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesto por vidrio volcánico con microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, presenta de forma puntual enclaves de origen volcánico.</p>	

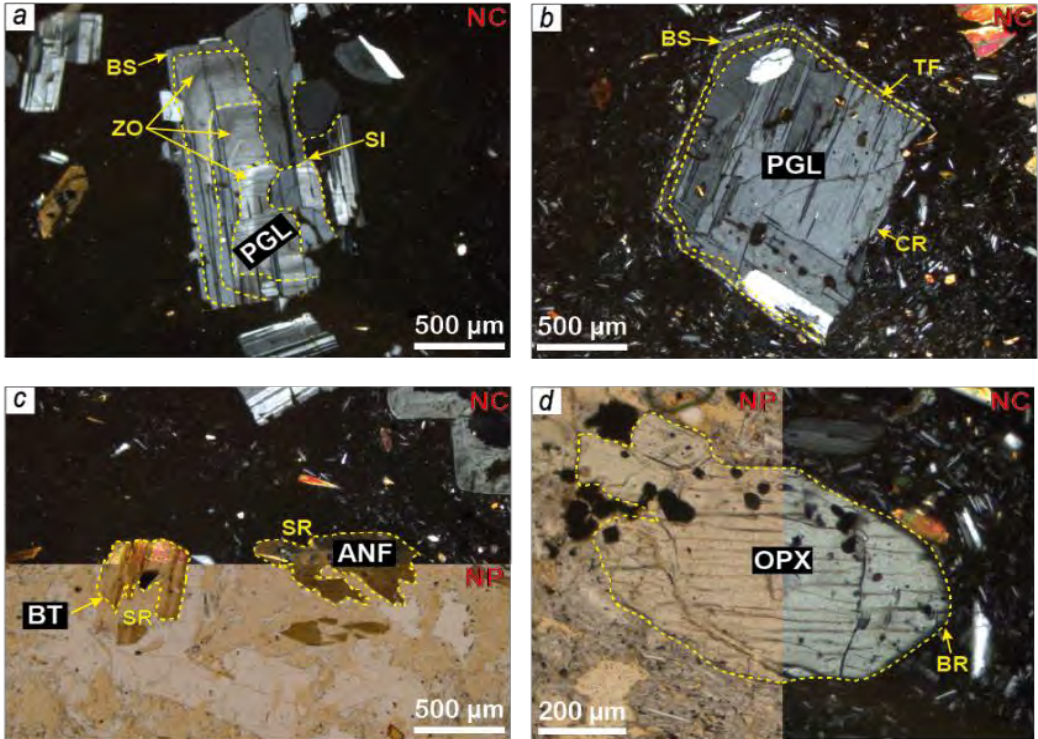
4.7.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24B

Figura 4.31. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24B. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), intercalados con al menos 2 superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes redondeados (BR). b) Fragmento de plagioclasa (PGL), con al menos tres secuencias de zonación (ZO), con textura en tamiz fino (TF) y borde de sobrecimiento (BS). c) Fragmento de anfíbol (ANF), con superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de biotita (BT), con superficies de reabsorción (SR). Además, se observa la matriz compuesta por microlitos de plagioclasa (PGL), anfíbol (ANF) y piroxeno (PX). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo piroclástico de bloques y ceniza
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.5). La muestra ocupa proporciones entre los 79,7-98,3 % vol. y vesículas entre 1,7-20,3 % vol. (Anexo III, Tabla 7.6). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 7.7) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 17,6-43,2 % vol. y la matriz entre 56,8-82,4 % vol. (Anexo III, Tabla 7.8). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (6,3-41,3 % vol.; $\leq 1,72$ mm), presentan 2 generaciones con secuencias de zonación. La primera generación se encuentra con superficies de reabsorción y bordes redondeados. La segunda generación presenta textura en tamiz fino y bordes de sobrecimiento. Anfíbol (1,4-10,4 % vol.; $\leq 1,45$ mm), con superficies de reabsorción. Biotita (0-4,1 % vol.; $\leq 1,23$ mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesto por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	


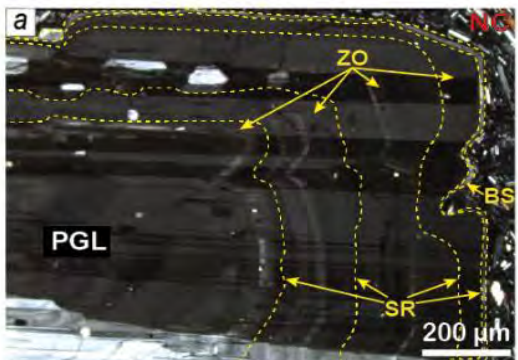
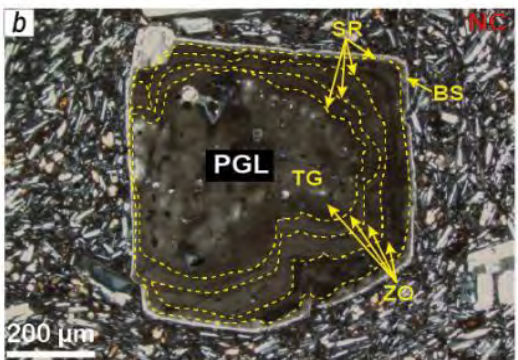
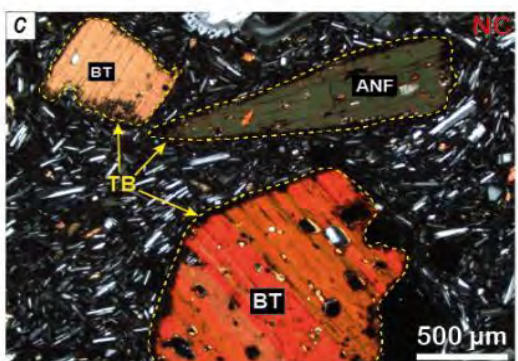
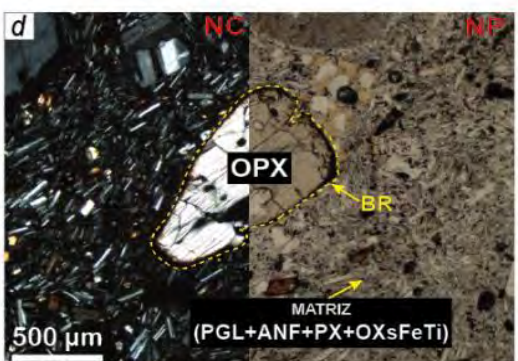
4.7.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-24C

Figura 4.32. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-24C. a) Fragmento de plagioclasa (PGL), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO), con bordes de sobrecrecimiento (BS) y finaliza con textura sineusis (SI). b) Fragmento de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL), presentando textura de tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fragmento de anfíbol (ANF) y biotita (BT), mostrando superficies de reabsorción (SR). d) Fragmento de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo piroclástico de bloques y ceniza
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura fragmental de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.9). La muestra ocupa proporciones entre los 52,9-75,4 % vol. y vesículas entre 24,6-47,1 % vol. (Anexo III, Tabla 7.10). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 7.11) se obtiene: Los fragmentos de cristales se encuentran entre 23,6-45,3 % vol. y la matriz entre 54,7-76,4 % vol. (Anexo III, Tabla 7.12). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno con traza de biotita. Entre los fragmentos de cristales se encuentra: Plagioclasa (14,8-35,1 % vol.; ≤ 1,80 mm), presentan 2 generaciones: la primera generación se encuentra con secuencias de zonación, textura sineusis y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación se encuentra como cristales rotos, con tamiz fino hacia el borde y finaliza con bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,6-10,1 % vol.; ≤ 0,70 mm), con superficies de reabsorción. Ortopiroxeno (0-3,8 % vol.; ≤ 0,68 mm), mostrando bordes redondeados. Biotita (0-1,8 % vol.; ≤ 0,50 mm), con superficies de reabsorción. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesto por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	


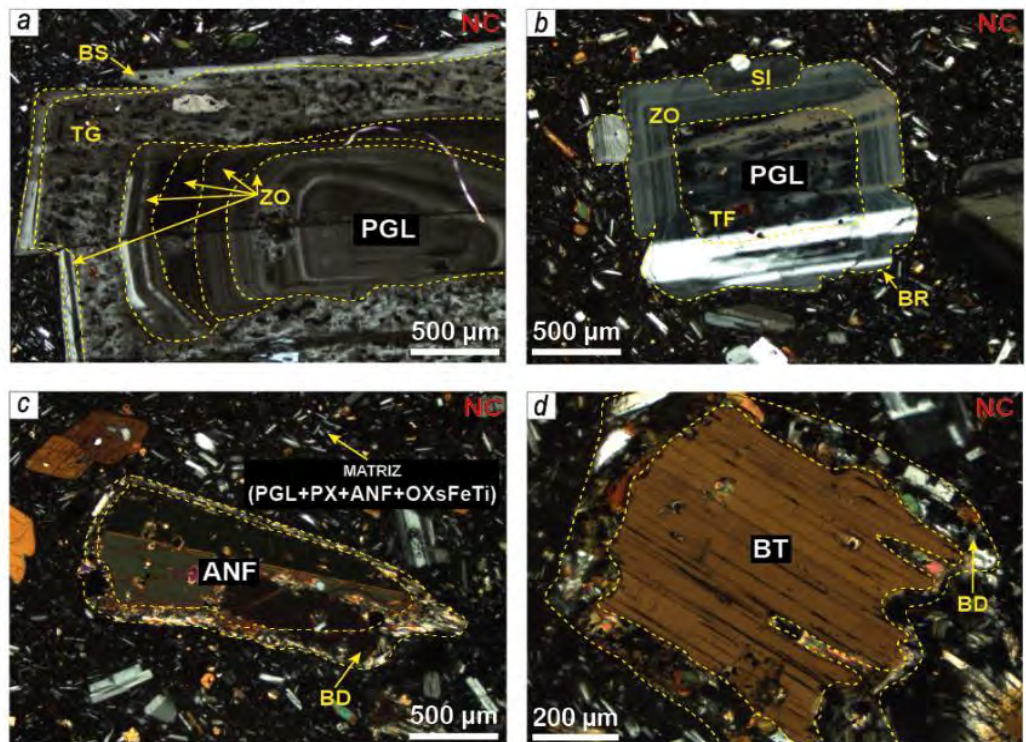
4.7.4. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-12

Figura 4.33. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-12. a y b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR), bordes de sobrecrecimiento (BS) de forma puntual textura de tamiz grueso (TG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) y biotita (BT) formando textura black (TB). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), con bordes redondeados (BR), inmersos en matriz compuesta por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita piroxénica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
<p>Roca ígnea volcánica compacta de color gris, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. La roca presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.</p>	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.13). Los fenocristales se encuentran entre 20,0-42,0 % vol. y la matriz entre 58,0-80,0 % vol. (Anexo III, Tabla 7.14). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, biotita y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (8,4-37,5 % vol.; ≤ 7,00 mm), presenta secuencias de zonación intercaladas con superficies de reabsorción, finaliza con bordes de sobrecrecimiento de forma puntual presenta textura tamiz grueso. Anfíbol (3,2-12,3 % vol.; ≤ 4,08 mm), presenta textura black. Biotita (0-4,4 % vol.; ≤ 1,57 mm), se encuentra con textura black. Ortopiroxeno (0-1,8 % vol.; ≤ 1,19 mm), se encuentra con bordes redondeados. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro titanio.</p>	
	
	


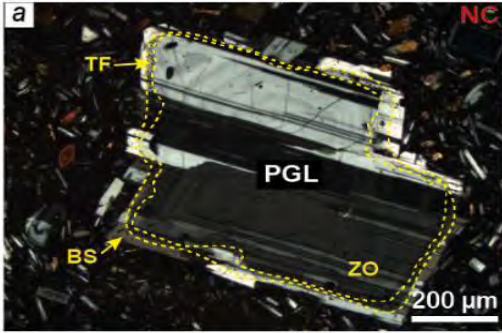
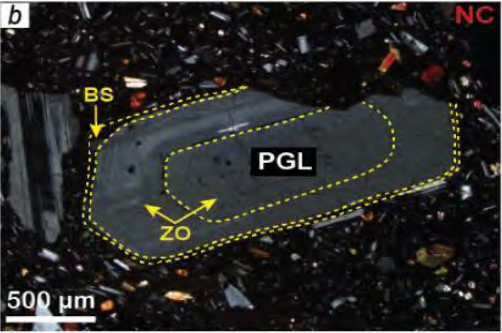
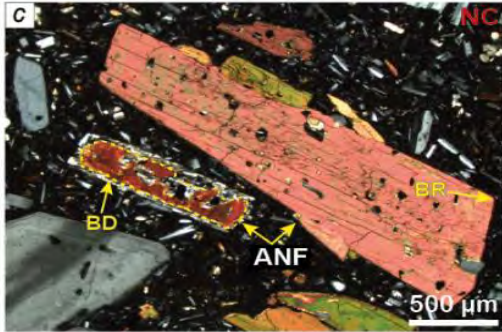
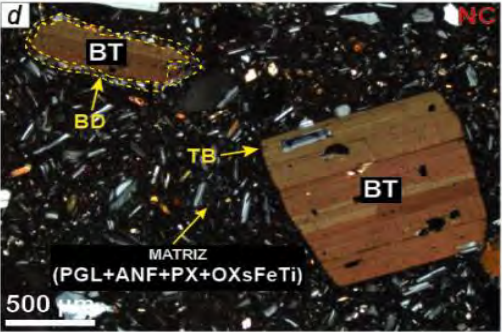
4.7.5. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-09

Figura 4.34. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-09. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presentando al menos cinco secuencias de zonación (ZO), seguido por textura tamiz grueso (TG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), tamiz fino (TF) hacia el borde y textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), con bordes de descomposición (BD); detalle en la matriz compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), anfíbol (ANF), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). d) Fenocristal de biotita (BT), con bordes de descomposición (BD). Nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca volcánica, compacta, de color gris, con textura porfirítica, Compuesta por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. Puntualmente se ubican enclaves. La muestra presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfirítica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.15). Los fenocristales se encuentran entre 25,7-40,8 % vol. y la matriz entre 59,2-74,3 % vol. (Anexo III, Tabla 7.16). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (15,4-31,6 % vol.; ≤ 4,75 mm), presenta 2 generaciones: La primera generación con secuencias de zonación, textura en tamiz grueso y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación presenta textura en tamiz grueso hacia el centro seguido por zonación, textura sineusis y bordes redondeados. Anfíbol (3,6-11,9 % vol.; ≤ 4,32 mm), se encuentra con bordes de descomposición. Biotita (0,1-4,7 % vol.; ≤ 1,73 mm), presenta bordes de descomposición. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	


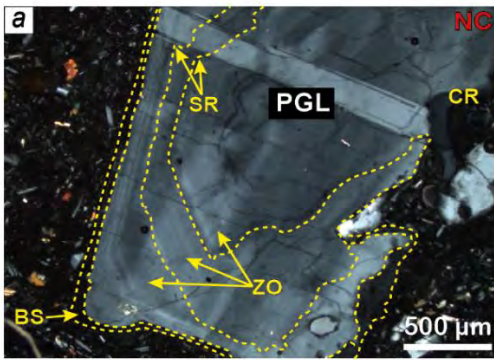
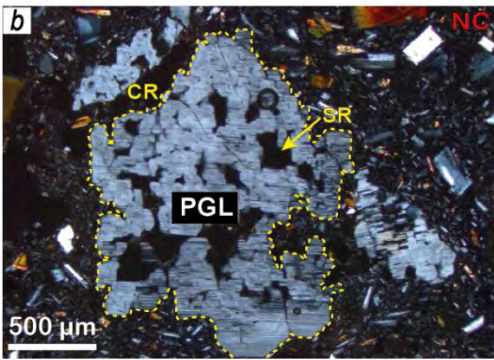
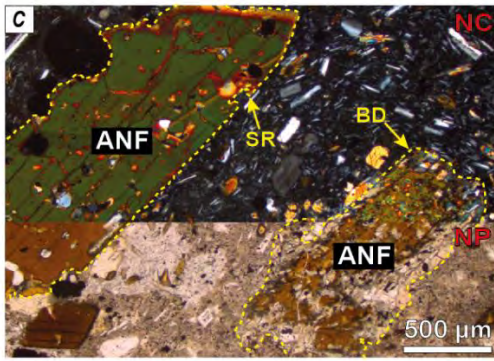
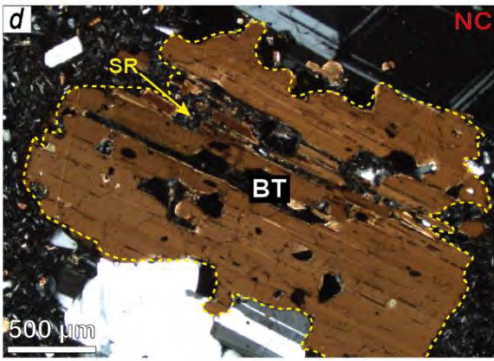
4.7.6. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-11

Figura 4.35. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-11. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando zonación (ZO), textura en tamiz fino (TF) hacia el borde y con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos dos secuencias de zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), se presenta dos generaciones; la primera con bordes de descomposición (BD) y la segunda generación con textura black (TB). d) Fenocristal de biotita (BT), se encuentra dos generaciones: La primera con bordes de descomposición (BD) y la segunda generación con incipiente textura black (TB). Nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita biotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color gris claro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. La roca presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz pilotaxítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.17). Los fenocristales se encuentran entre 20,8-31,3 % vol. y la matriz entre 68,7-79,2 % vol. (Anexo III, Tabla 7.18). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (16,1-21,5 % vol.; ≤ 4,96 mm), se presenta como 2 generaciones: la primera con zonación, textura en tamiz fino y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación presenta secuencias de zonación y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,6-8,3 % vol.; ≤ 4,49 mm), se encuentra 2 generaciones: La primera generación con bordes de descomposición y la segunda con bordes redondeados. Biotita (0-5,4 % vol.; ≤ 1,28 mm), presenta 2 generaciones: La primera con bordes de descomposición y la segunda generación con textura black. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos con cierta orientación de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.7.7. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-05

Figura 4.36. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-05. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), encontrándose como cristal roto (CR), mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO) intercalado con dos superficies de reabsorción (SR) y finaliza con bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) presentándose como cristales rotos (CR) mostrando superficie de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) se encuentra como dos generaciones: La primera con superficies de reabsorción (SR) y la segunda generación con bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de biotita (BT), presenta superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca volcánica, compacta de color gris, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. La muestra presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.19). Los fenocristales se encuentran entre 26,6-39,0 % vol. y la matriz entre 61,0-73,4 % vol. (Anexo III, Tabla 7.20). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (13,0-24,1 % vol.; $\leq 2,82$ mm), se presenta como 2 generaciones: La primera generación como cristales rotos con secuencias de zonación intercaladas con superficies de reabsorción y finaliza con bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación presenta como cristales rotos y solo superficies de reabsorción. Anfíbol (5,0-12,6 % vol.; $\leq 5,30$ mm), se encuentra 2 generaciones: La primera generación con bordes de descomposición y la segunda con superficies de reabsorción. Biotita (1,2-4,7 % vol.; $\leq 2,76$ mm), se encuentra con superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	

4.7.8. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-30

Figura 4.37. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-30. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), seguido por textura aglomerádica (AG) y bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando textura tamiz fino (TF) de forma generalizada y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), se encuentra con textura black (TB), con superficies de reabsorción (SR) en el centro de mineral y bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR); detalle de la matriz que es compuesta por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.21). Los fenocristales se encuentran entre 20,5-40,3 % vol. y la matriz entre 59,7-79,5 % vol. (Anexo III, Tabla 7.22). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (15,1-34,4 % vol.; $\leq 2,50$ mm), se presenta como 2 generaciones: La primera generación con secuencias de zonación, textura aglomerádica y bordes redondeados. La segunda generación con textura tamiz fino y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,4-5,2 vol.; $\leq 0,95$ mm), se encuentra con textura black, superficies de reabsorción y bordes de descomposición. Ortopiroxeno (0,4-3,4 % vol.; $\leq 1,20$ mm), muestra bordes redondeados. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	

4.7.9. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-15


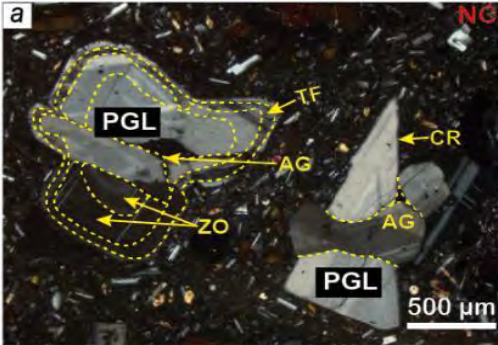
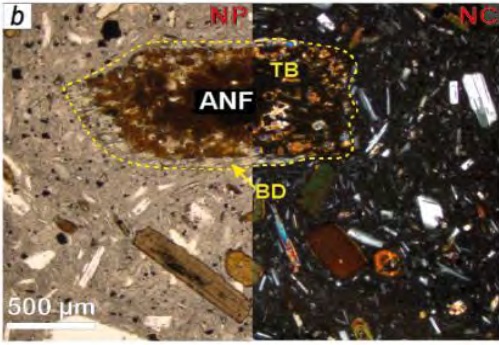
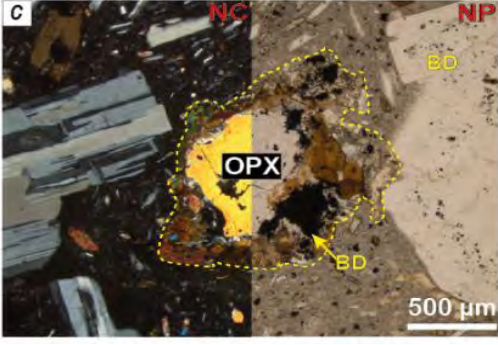
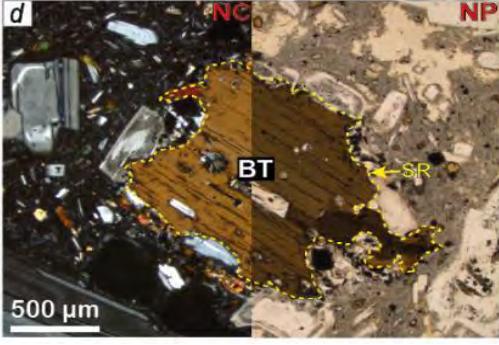
Figura 4.38. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-15. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), intercalado con al menos tres superficies de reabsorción (SR), con bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando al menos tres secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos dos superficies de reabsorción (SR), seguido por textura tamiz fino (TF) y con bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF), presenta bordes redondeados (BR), al igual que el ortopiroxeno (OPX), también se encuentra biotita (BT) con textura black (TB) y anfíbol (ANF) con bordes de descomposición (BD); detalle de la matriz, compuesta por plagioclasa (PGL), vidrio volcánico (VD), piroxeno (PX), anfíbol (ANF), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita piroxénica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
No presenta muestra de mano.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz hialopilitica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 7.23). Los fenocristales se encuentran entre 23,3-34,8 % vol. y la matriz entre 65,2-76,7 % vol. (Anexo III, Tabla 7.24). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita con traza de ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (11,6-23,0 % vol.; ≤ 2,10 mm), encuentran 2 generaciones ambas con secuencias de zonación intercaladas con secuencias de superficies de reabsorción, textura tamiz fino. La primera generación con bordes redondeados. La segunda generación con bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (1,3-18,1 vol.; ≤ 1,20 mm), se encuentran 2 generaciones: La primera generación con bordes redondeados, mientras la segunda generación con bordes de descomposición. Biotita (0-5,6 % vol.; ≤ 0,70 mm), presenta 2 generaciones unas con textura black y otras bordes de descomposición. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, vidrio volcánico, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	

4.8. Estratovolcán La Horqueta

4.8.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-17

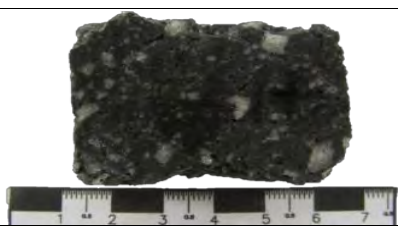
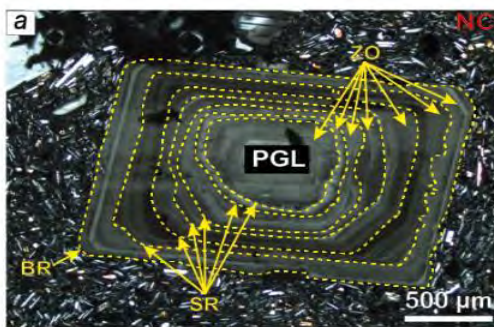
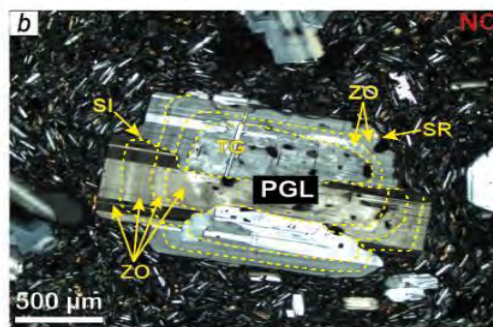
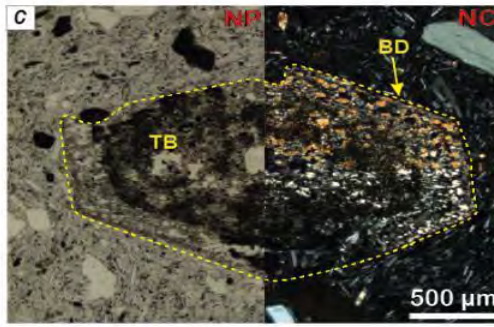
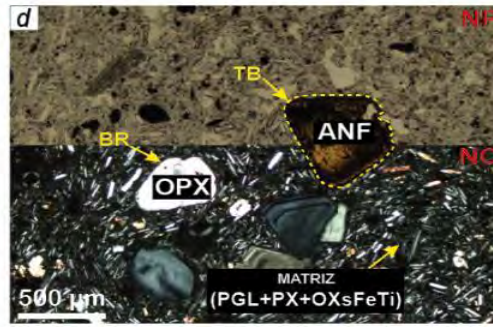
Figura 4.39. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-17. a) La primera generación de fenocristal de plagioclasa (PGL), muestra al menos dos secuencias de zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y textura tamiz fina (TF) hacia el borde; mientras que la otra generación de plagioclasa (PGL), se encuentra como cristales rotos (CR) y textura aglomerádica (AG). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), con textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX), presenta bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita con biotita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta, de color negro grisáceo, con textura porfírica. Compuesto por plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo alto.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz hialopilitica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 8.1). Los fenocristales se encuentran entre 20,8-38,0 % vol. y la matriz entre 62,0-79,2 % vol. (Anexo III, Tabla 8.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, biotita con traza de ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (14,0-27,8 % vol.; ≤ 1,25 mm), se encuentra 2 generaciones: La primera generación presenta secuencias de zonación, textura aglomerádica y textura tamiz fino hacia el borde. La segunda generación se encuentra como cristales rotos y formando textura aglomerádica. Anfíbol (4,9-9,0 vol.; ≤ 1,60 mm), presenta textura black y bordes de descomposición. Biotita (0,3-4,3% vol.; ≤ 1,30 mm), se encuentra con superficies de reabsorción. Ortopiroxeno (0-0,6 % vol.; ≤ 1,85 mm), se encuentra con bordes de descomposición, ubicándose de forma puntual. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por vidrio volcánico y microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.9. Estratovolcán El Rodado

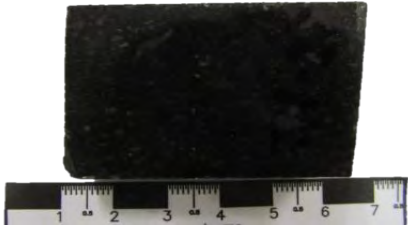
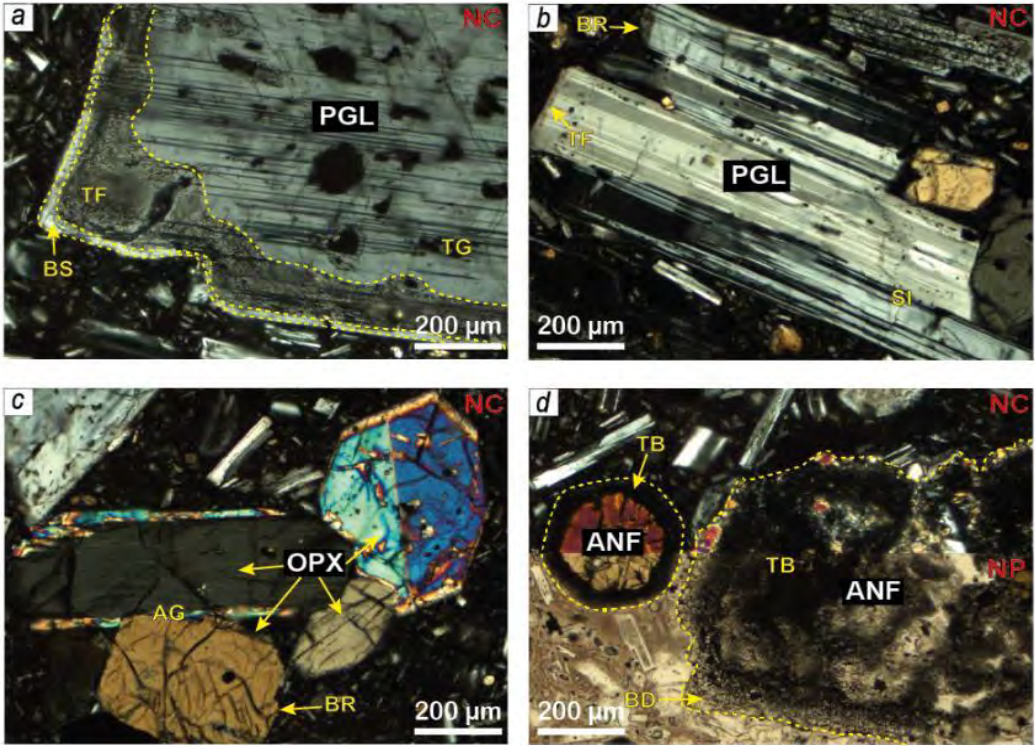
4.9.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-21

Figura 4.40. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-21. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), presenta al menos siete secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos seis superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) mostrando al menos 4 secuencias de zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG) en el borde, textura sineusis (SI) y superficies de reabsorción (SR). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando textura black (TB) y bordes de descomposición (BD). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB); además, presenta fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR). Detalle de la matriz mostrando microlitos compuestos por plagioclasa (PGL), piroxeno (PX), junto a óxidos de hierro y titanio (OXsFeTi). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro grisáceo, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Además, posee de forma puntual pequeñas vesículas. Presenta densidad, dureza y magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz traquítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 9.1). Los fenocristales se encuentran entre 15,3-28,1 % vol. y la matriz entre 71,9-84,7 % vol. (Anexo III, Tabla 9.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (7,4-20,7 % vol.; $\leq 3,63$ mm), presenta 2 generaciones ambas con secuencias de zonación. La primera generación presenta superficies de reabsorción y bordes redondeados. La segunda generación muestra textura tamiz grueso hacia el centro, textura sineusis y superficies de reabsorción. Anfíbol (1,6-12,8 vol.; $\leq 2,41$ mm), presenta 2 generaciones: La primera generación presenta textura black, y la segunda generación bordes de descomposición. Ortopiroxeno (0,2-4,2 % vol.; $\leq 0,93$ mm), se encuentra con bordes redondeados. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta en mayor proporción por microlitos de plagioclasa, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio siguiendo la orientación de flujo.	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	


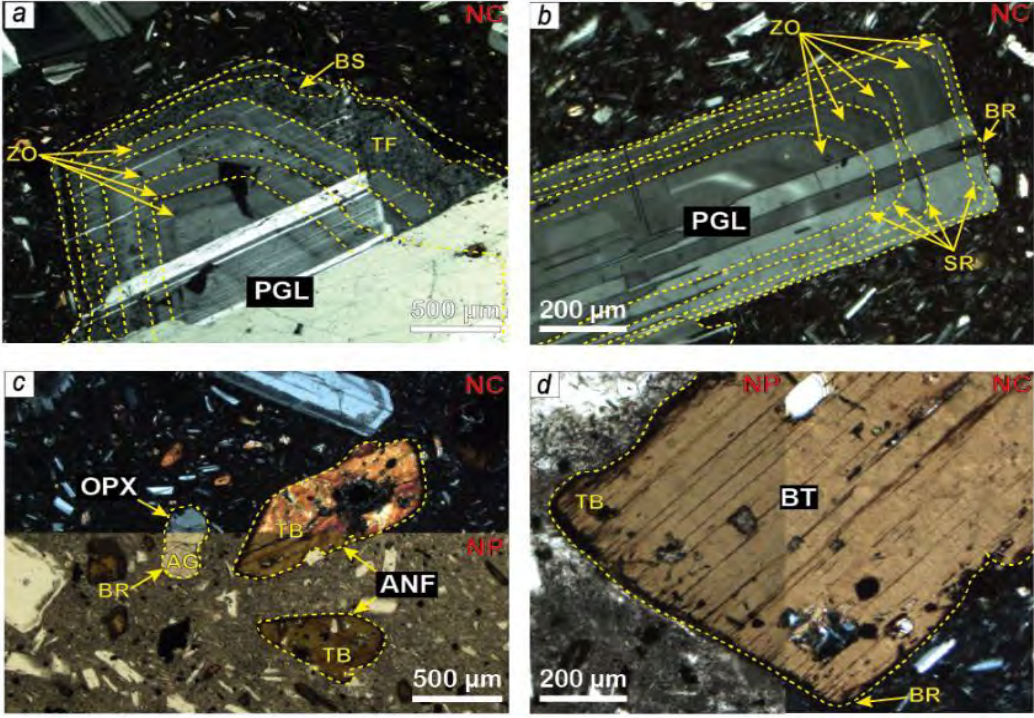
4.9.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-28

Figura 4.41. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-28. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura en tamiz grueso (TG) hacia el centro, textura tamiz fino (TF) hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con textura en tamiz fino (TF) hacia el borde, textura sineusis (SI) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de anfíbol (ANF) mostrando dos generaciones: La primera con textura black (TB) y la segunda además con bordes de descomposición (BD). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro verdoso, con textura porfirítica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmerso en matriz fanerítica de grano medio. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfirítica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 9.3). Los fenocristales se encuentran entre 17,4-23,7 % vol. y la matriz entre 76,3-82,6 % vol. (Anexo III, Tabla 9.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, ortopiroxeno y anfíbol. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (12,4-19,0 % vol.; $\leq 2,35$ mm), se encuentra 2 generaciones ambas con textura tamiz fino. La primera generación con textura tamiz grueso en el centro del mineral y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación presenta textura sineusis y bordes redondeados. Ortopiroxeno (1,8-5,0 vol.; $\leq 1,45$ mm), se encuentra con bordes redondeados y con textura aglomerádica. Anfíbol (0,3-2,9 % vol.; $\leq 1,03$ mm), se encuentran 2 generaciones. La primera generación con textura black y la segunda generación además con bordes de descomposición. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	

4.9.3. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-23


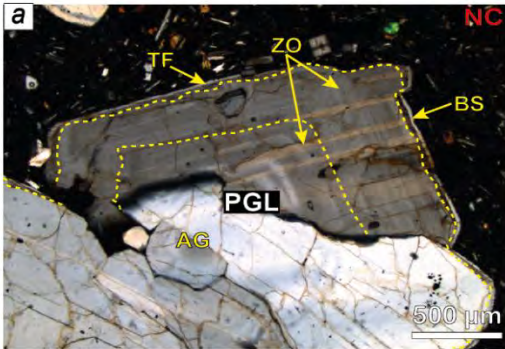
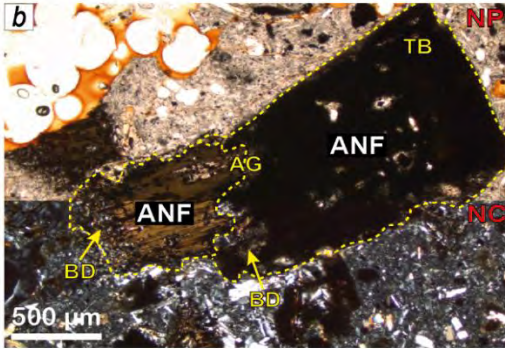
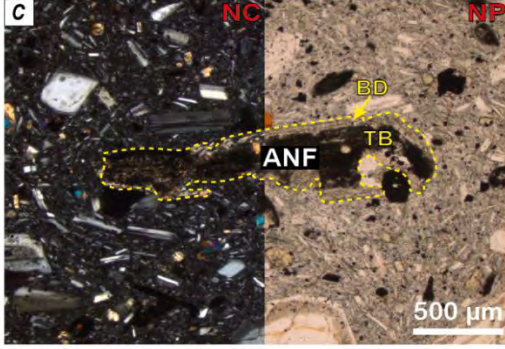
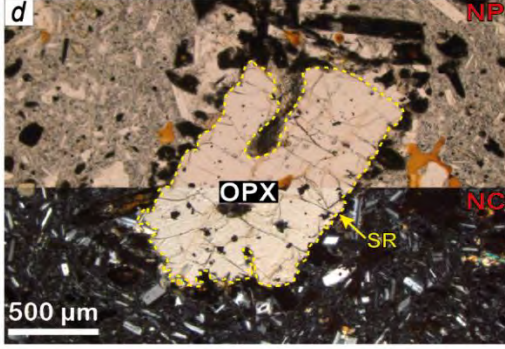
Figura 4.42. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-23. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL) con al menos cinco secuencias de zonación (ZO) intercaladas con al menos cuatro superficies de reabsorción (SR) y bordes redondeados (BR). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con bordes redondeados (BR) y formando textura aglomerádica (AG). Además, fenocristales de anfíbol (ANF), con textura black (TB) y bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de biotita (BT) con textura black (TB) y bordes redondeados (BR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita bitotítica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta, de color gris verdoso oscuro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Posee densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz granular. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 9.5). Los fenocristales se encuentran entre 17,8-35,7 % vol. y la matriz entre 64,3-82,2 % vol. (Anexo III, Tabla 9.6). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, biotita y traza de ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (13,2-20,5 % vol.; $\leq 4,20$ mm), presenta 2 generaciones ambas con secuencias de zonación. La primera generación presenta textura tamiz fino y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación con superficies de reabsorción y bordes redondeados. Anfíbol (2,2-16,7 vol.; $\leq 4,16$ mm), presenta textura black. Biotita (0-2,3 % vol.; $\leq 2,34$ mm), muestra textura black y bordes redondeados. Ortopiroxeno (0-0,9 % vol.; $\leq 0,57$ mm), se encuentra de forma puntual formando textura aglomerádica y bordes redondeados. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	

4.10. Uyupampa

4.10.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-22


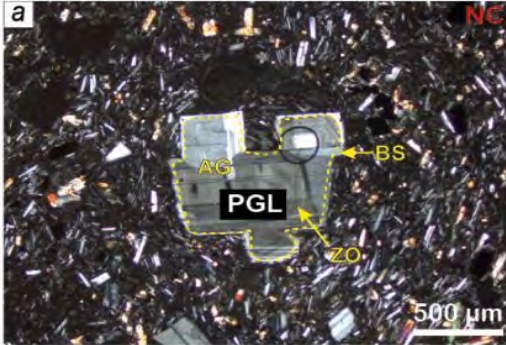
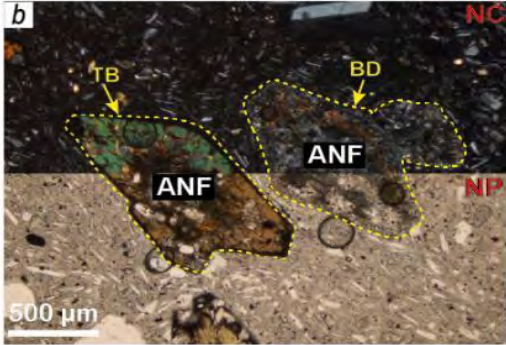
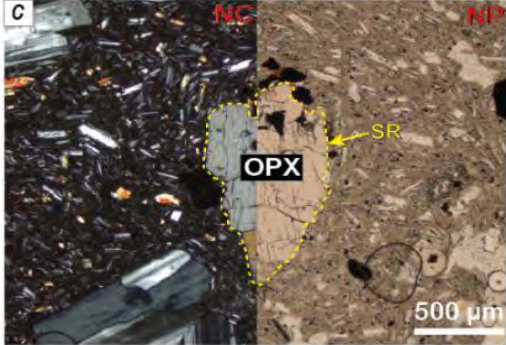
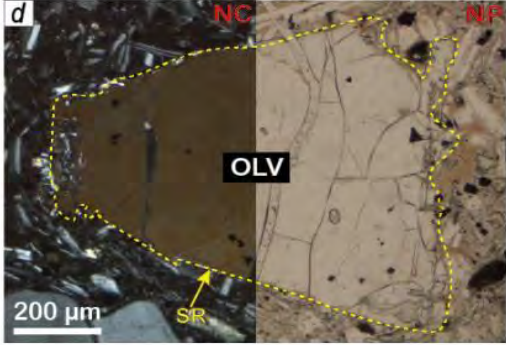
Figura 4.43. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-22. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos 2 secuencias de zonación (ZO), textura tamiz fino (TF), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura aglomerádica (AG). b) y c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con textura black (TB) y bordes de descomposición (BD) y de forma aislada presenta textura aglomerádica (AG). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca volcánica, compacta, de color gris oscuro, con textura porfirítica; está conformado por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano medio. La muestra presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea piroclástica de textura porfirítica de matriz pilotaxítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 10.1). La muestra ocupa proporciones entre los 88,2-97,4 % vol. y vesículas entre 2,6-11,8 % vol. (Anexo III, Tabla 10.2). Normalizando los minerales al 100% vol., descartando las vesículas (Anexo III, Tabla 10.3) se obtiene: Los fenocristales se encuentran entre 19,8-41,7 % vol. y la matriz entre 58,3-80,2 % vol. (Anexo III, Tabla 10.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales de cristales se encuentra: Plagioclasa (14,9-34,1 % vol.; ≤ 4,46 mm), presenta secuencias de zonación, textura tamiz fino, textura aglomerádica y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,4-15,2 % vol.; ≤ 4,55 mm), se encuentra con textura black y bordes de descomposición y de forma puntual textura aglomerádica. Ortopiroxeno (0-3,8 % vol.; ≤ 1,66 mm), presenta bordes de reabsorción. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesto por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.11. Estratovolcán Chachani

4.11.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-32


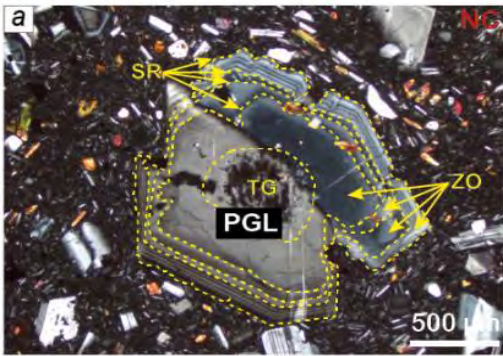
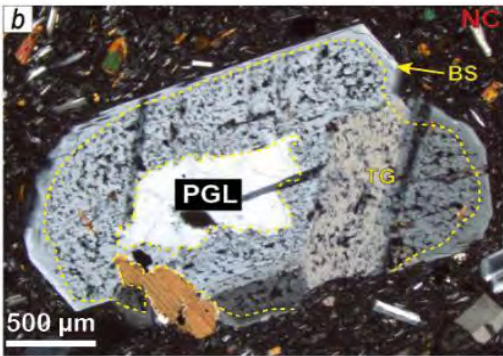
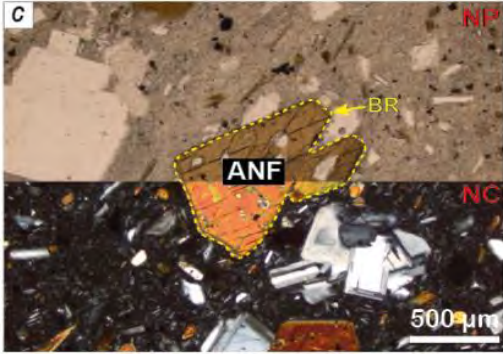
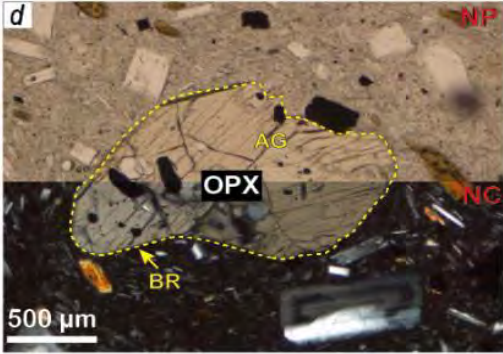
Figura 4.44. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-32. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con zonación (ZO), textura aglomerádica (AG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de anfíbol (ANF), la primera generación formando textura black (TB) y la segunda generación con bordes de descomposición (BD). c) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) con superficies de reabsorción (SR). d) Fenocristal de olivino (OLV) con superficies de reabsorción (SR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita olivínica
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro grisáceo, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino orientado. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz traquítica. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 11.1). Los fenocristales se encuentran entre 11,3-21,2 % vol. y la matriz entre 78,8-88,7 % vol. (Anexo III, Tabla 11.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno y olivino como traza. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (9,6-14,2 % vol.; ≤ 2,01 mm), presenta zonación, textura aglomerádica y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (0,9-7,8 vol.; ≤ 2,54 mm), se encuentra 2 generaciones. La primera generación con textura black. La segunda generación con bordes de descomposición. Ortopiroxeno (0-2,8 % vol.; ≤ 1,53 mm), muestra superficies de reabsorción. Olivino (0-0,4 % vol.; ≤ 0,92 mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.12. Estratovolcán Cabrería


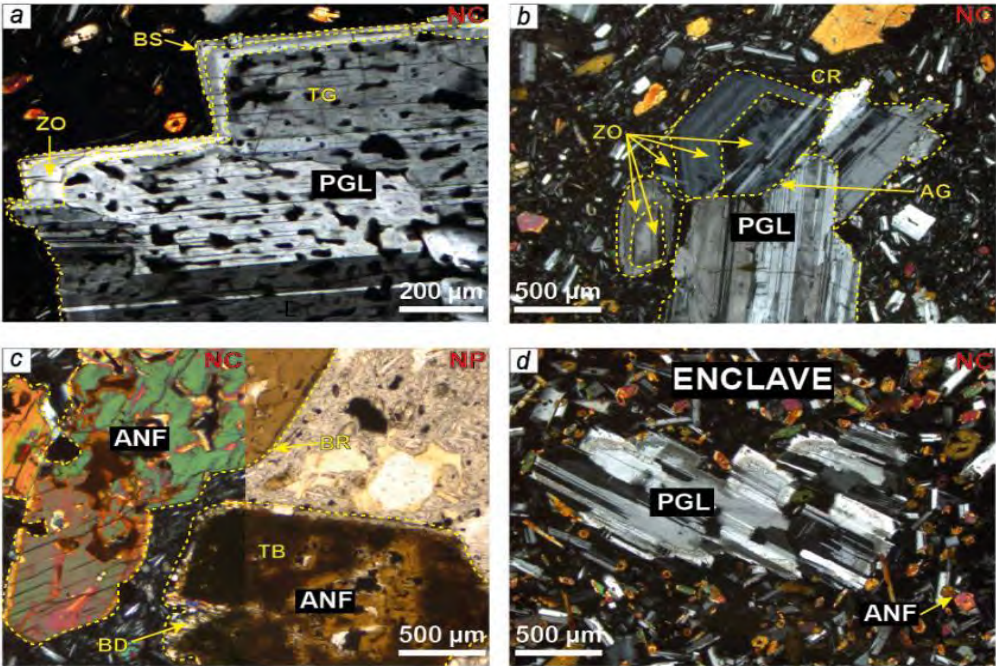
4.12.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-31

Figura 4.45. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-31. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura tamiz grueso (TG) y bordes de sobrecrecimiento (BS). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con bordes redondeados (BR). d) Fenocristal de ortopiroxeno (OPX) mostrando textura aglomerádica (AG) y bordes redondeados (BR). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca volcánica, compacta de color gris claro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmerso en matriz fanerítica de grano fino. La muestra presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 12.1). Los fenocristales se encuentran entre 19,3-44,8 % vol. y la matriz entre 55,2-80,7 % vol. (Anexo III, Tabla 12.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (13,5-41,7 % vol.; $\leq 5,14$ mm), se presenta 2 generaciones. La primera generación muestra secuencias de zonación y superficies de reabsorción con textura tamiz grueso hacia el centro. La segunda generación con textura tamiz gruesa hacia el borde y bordes de sobrecrecimiento. Anfíbol (2,0-6,1 vol.; $\leq 2,07$ mm), presenta bordes redondeados. Ortopiroxeno (0,1-3,2 % vol.; $\leq 0,86$ mm), se encuentra formando textura aglomerádica con bordes redondeados. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

4.12.2. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-19-13

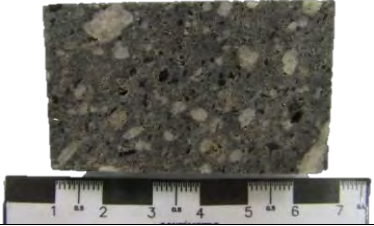

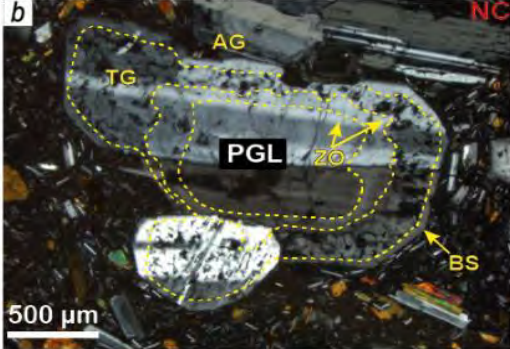
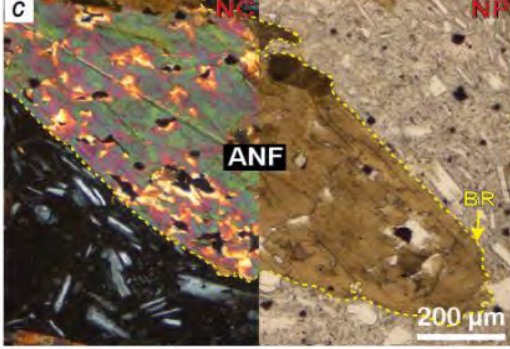
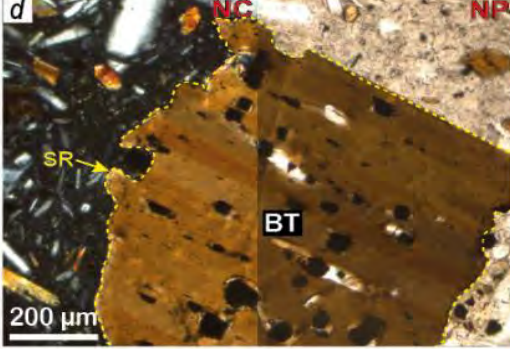
Figura 4.46. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-19-13. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con textura de tamiz grueso (TG) hacia el centro, zonación (ZO) y bordes de sobrecrecimiento (BS). b) Fenocristal de cristal roto (CR) de plagioclasa (PGL) se encuentra zonado (ZO) y textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con borde redondeado (BR) y otro fenocristal con textura black (TB) con borde de descomposición (BD). d) Enclave de composición andesítica compuesto por fenocristales de plagioclasa (PGL); inmerso en matriz acicular compuesto por anfíbol (ANF) y plagioclasa (PGL). Nicoles paralelos (NP) y nicoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Andesita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica compacta de color negro verdoso, con textura porfirítica. Compuesta por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos con bordes de agregados microcristalinos, también biotita de manera puntual; inmerso en matriz fanerítica de grano medio. Presenta densidad y dureza media, con magnetismo moderado.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfirítica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 12.3). Los fenocristales se encuentran entre 17,0-36,7 % vol. y la matriz entre 63,3-83,0 % vol. (Anexo III, Tabla 12.4). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa y anfíbol como traza biotita y ortopiroxeno. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (10,3-34,5 % vol.; ≤ 4,43 mm), presenta 2 generaciones. La primera generación presenta textura tamiz grueso, zonación y bordes de sobrecrecimiento. La segunda generación se encuentra como cristales rotos, zonación y formando textura aglomerádica. Anfíbol (2,1-11,0 vol.; ≤ 6,25 mm), se encuentra 2 generaciones. La primera generación con textura black y bordes de descomposición. La segunda generación con bordes redondeados. Biotita (0-1,3 % vol.; ≤ 1,36 mm), se encuentra en forma puntual con superficies de reabsorción. Ortopiroxeno (0-1,7 % vol.; ≤ 1,80 mm), se encuentra de forma puntual con bordes redondeados. Matriz (≤ 0,50 mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio. Además, de forma puntual presenta enclaves andesíticos compuesto por fenocristal de plagioclasa con tamiz fino hacia el borde; inmerso en matriz de textura acicular, compuesto por anfíbol y plagioclasa.</p>	
	

4.13. Estratovolcán Volcancillo

4.13.1. Caracterización petrográfica de la muestra CHA-18-92

Figura 4.47. Fotomicrografías del ensamble mineral de la muestra CHA-18-92. a) Fenocristal de plagioclasa (PGL), con al menos cuatro secuencias de zonación (ZO) intercaladas con superficies de reabsorción (SR), textura tamiz fino (TF), bordes de sobrecrecimiento (BS) y textura sineusis (SI). b) Fenocristal de plagioclasa (PGL), mostrando al menos dos secuencias de zonación (ZO), textura tamiz grueso (TG), borde de sobrecrecimiento (BS) y textura aglomerádica (AG). c) Fenocristal de anfíbol (ANF) con borde redondeado (BR). d) Fenocristal de biotita (BT) con superficies de reabsorción (SR). Nícoles paralelos (NP) y nícoles cruzados (NC).

Clasificación de la roca	Dacita
Tipo de depósito	Flujo de lava
➤ Descripción petrográfica macroscópica	
Roca ígnea volcánica, compacta, de color gris oscuro, con textura porfírica. Compuesto por fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos; inmersos en matriz fanerítica de grano fino. Presenta densidad y dureza media, con leve magnetismo.	
➤ Descripción petrográfica microscópica	
<p>Roca ígnea volcánica de textura porfírica de matriz seriada. Se realizó la cuantificación mineral de la sección delgada en 6 campos aleatorios (Anexo III, Tabla 13.1). Los fenocristales se encuentran entre 12,4-37,6 % vol. y la matriz entre 62,4-87,6 % vol. (Anexo III, Tabla 13.2). El ensamble mineralógico consta de plagioclasa, anfíbol y biotita. Entre los fenocristales se encuentra: Plagioclasa (5,2-33,6 % vol.; $\leq 6,00$ mm), presenta 2 generaciones. La primera generación presenta secuencias de zonación, intercaladas con superficies de reabsorción, textura de tamiz fino, bordes de sobrecrecimiento y textura sineusis. La segunda generación presenta secuencias de zonación, textura tamiz grueso, borde de sobrecrecimiento y textura aglomerádica. Anfíbol (0,5-9,2 vol.; $\leq 3,19$ mm), muestra bordes redondeados. Biotita (0-5,1 % vol.; $\leq 1,22$ mm), presenta superficies de reabsorción. Matriz ($\leq 0,50$ mm), compuesta por microlitos de plagioclasa, anfíbol, junto a óxidos de hierro y titanio.</p>	
	
	

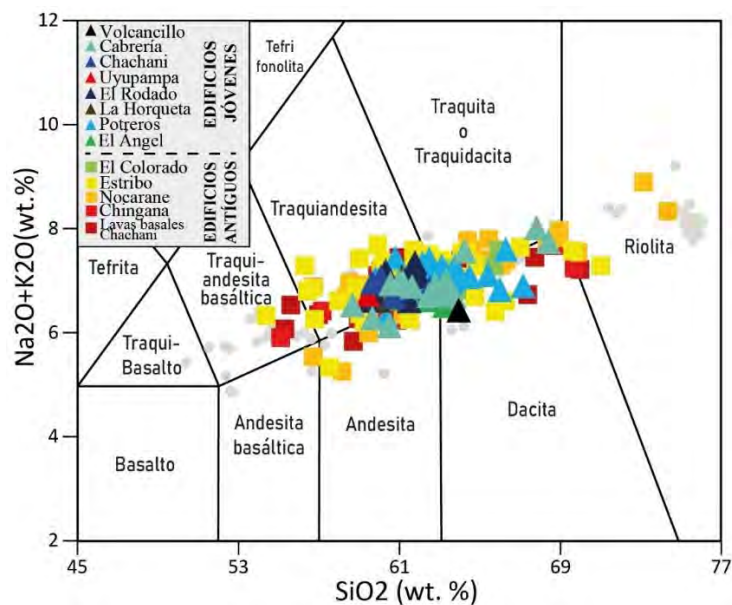
CAPITULO V: GEOQUÍMICA

El objetivo del estudio geoquímico es identificar los diferentes procesos magmáticos que intervinieron en la génesis y evolución de magmas del complejo volcánico Chachani, para lo cual se tomaron 185 muestras de los edificios volcánicos que componen el complejo y 57 muestras subyacentes y sobreyacentes al Chachani, realizándose análisis químicos de elementos mayores, menores y traza (Anexo IV) en el Laboratorio de Química del INGEMMET y laboratorios externos SGS (Perú). Todas las muestras del complejo volcánico Chachani fueron ordenadas en orden cronológico dentro de la secuencia estratigráfica presentada previamente (capítulo III). Además, para los análisis de elementos mayores han sido recalculados al 100% en base anhidra.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS VOLCÁNICOS

En el diagrama TAS (Total álcalis vs sílice) de Le Bas et al., (1986) (Figura 5.1). Los depósitos de lava, flujos y caídas piroclásticas de los edificios antiguos poseen un rango de composición andesita basáltica a riolítica con un contenido de SiO₂ que varía de 54.37 a 74.34 % en peso. Los depósitos de flujos piroclásticos, flujos y domos de lava de los edificios jóvenes poseen una composición de SiO₂ andesítica y dacítica con 58.66 a 68.40 % en peso, siendo el edificio Cabrerías con las muestras con menor y mayor contenido de SiO₂.

Figura 5.1. Diagrama de clasificación de rocas “Total de alcalinos vs. sílice” (TAS) del complejo volcánico Chachani de Le Bas et al. (1986), comparado con datos de depósitos del pleistoceno – Holoceno de la zona volcánica central de los andes, (INGEMMET, 2024 [Tesis pregrado inédita]; puntos grises).



5.1.1. Variación composicional en los edificios antiguos

Según el diagrama de K₂O vs SiO₂ de Peccerillo & Taylor (1976) (Figura 5.2). La composición de las muestras de los flujos de lavas basales del Chachani posee una composición de andesita basáltica a dacita (55.30 a 69.97 % en peso SiO₂) con una tendencia negativa respecto a K₂O. Los productos del edificio Chingana posee una evolución magmática dacítica a andesita basáltica (55.09 a 69.68 % en peso SiO₂). Las rocas del edificio Nocarane poseen composición riolítica a andesítica (56.72 a 74.34 % en peso SiO₂), además una progresión negativa respecto al óxido de potasio. El edificio Estribo presenta una evolución negativa respecto al K₂O, las muestras pasan de una composición riolítica a andesita basáltica y las últimas unidades poseen una composición andesítica (54.37 a 71.01 % en peso SiO₂). Las rocas del edificio El Colorado posee una tendencia

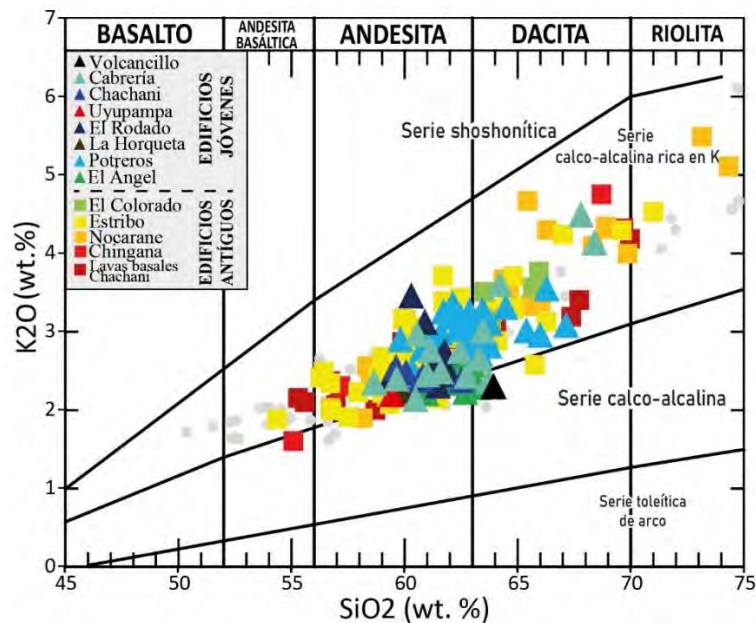
“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

negativa mostrando una reducción del óxido de silíceo y potasio, ubicándose las muestras en el campo de las dacitas (63.38 a 65.94 % en peso SiO_2).

5.1.2. Variación composicional en los edificios jóvenes

Según el diagrama de K_2O vs SiO_2 de Peccerillo & Taylor (1976) (Figura 5.2). El edificio El Ángel no ha tenido una gran evolución composicional ubicándose las muestras la mayoría al límite entre las andesitas y dacitas (60.95 a 63.44 % en peso SiO_2). De forma similar las muestras del edificio Domos Potreros se encuentran comprendidos entre andesitas a dacitas (60.95 a 63.44 % en peso SiO_2), mostrando una tendencia negativa respecto al K_2O . Las rocas del edificio La Horqueta muestran una composición homogénea ubicándose en el campo de las andesitas (59.97 a 61.12 % en peso SiO_2). Los productos del edificio El Rodado de igual forma no presenta mayor variación respecto al SiO_2 ocupando el rango de las andesitas (59.41 a 61.87 % en peso SiO_2). Las muestras de los flujos de lava Uyupampa se encuentran en campo de las andesitas con 59.43 % en peso SiO_2 . Los flujos de lava del edificio Chachani presenta una composición similar recayendo en el campo de las andesitas (60.07 a 62.51 % en peso SiO_2). Las rocas del edificio Cabrerías presenta una tendencia negativa respecto al K_2O y SiO_2 , ubicándose entre dacitas y andesitas (58.66 a 68.40 % en peso SiO_2). El domo Volcancillo por otro lado es el edificio que presenta solo composición dacítica con 63.93 % en peso SiO_2 . En general el grupo de edificios jóvenes del complejo Chachani, poseen muy poca evolución y por ende una restringida composición entre andesitas y dacitas.

Figura 5.2. Composición de rocas del complejo volcánico Chachani, en el diagrama K_2O en función de SiO_2 de Peccerillo y Taylor (1976).



5.2. EVOLUCIÓN DE ELEMENTOS MAYORES

Los elementos mayores son aquellos que se encuentran en mayor abundancia en las rocas respecto a los elementos traza (Mason & Moore, 1982). En el diagrama Harker o diagrama binario (Figura 5.3), se grafica los elementos mayores (óxidos) con respecto al SiO_2 , con el fin de conocer el modo de evolución magmática.

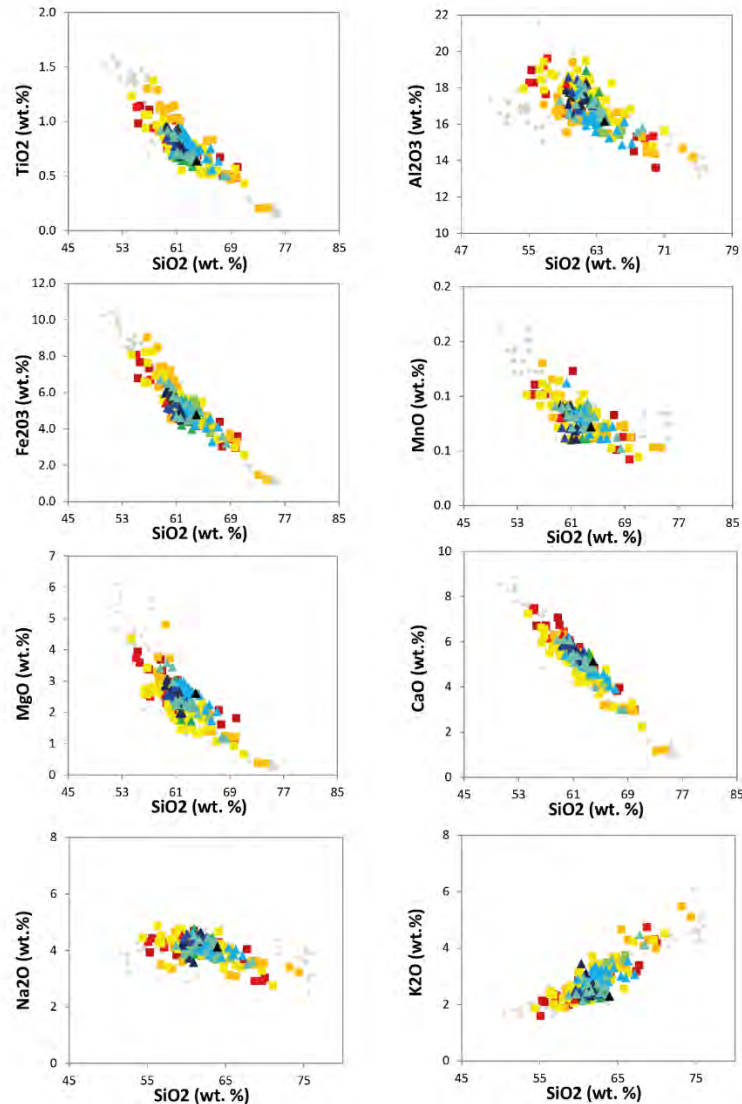
Los óxidos (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO) muestran un empobrecimiento frente al sílice, formando una tendencia negativa, el Na_2O , muestra una tendencia lineal ligeramente negativa,

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

mientras que el K_2O respecto a la SiO_2 se observa un incremento de este óxido a medida que la sílice va en aumento, presentando una correlación positiva.

En general, los diagramas (Figura 5.3) muestran buenas correlaciones lineares que son compatibles con un modelo de evolución de cristalización fraccionada.

Figura 5.3. Diagrama de variación de elementos mayores versus SiO_2 . Puntos grises corresponden a datos de depósitos del pleistoceno – Holoceno de la zona volcánica central de los andes.



5.3. EVOLUCIÓN DE ELEMENTOS TRAZA

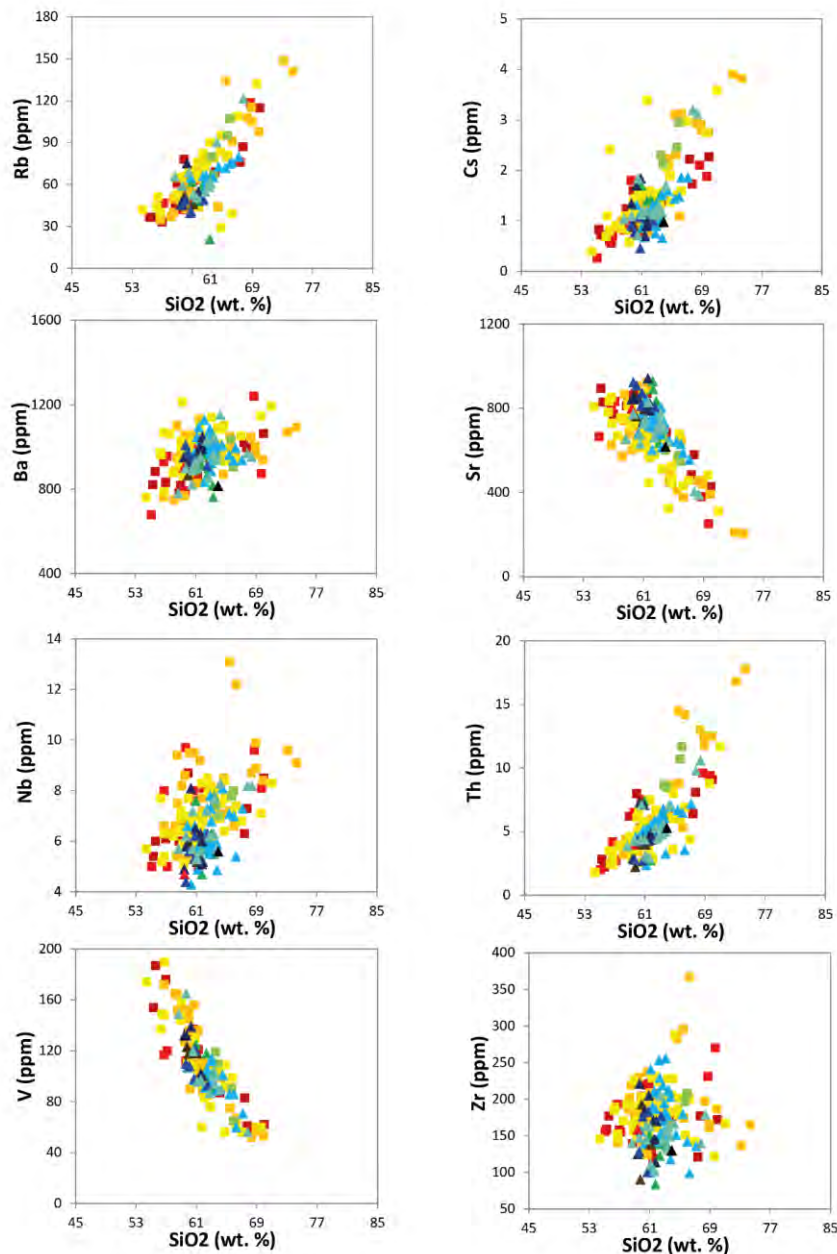
Los elementos menores o trazas de las muestras del complejo volcánico Chachani, también se correlacionan con respecto al sílice (Figura 5.4). Los elementos litófilos con gran radio iónico (LILE), como el Rb y Cs presentan una tendencia positiva respecto al SiO_2 , el Ba muestra también cierta correlación positiva con una ligera tendencia lineal, el Sr presenta un carácter compatible con la diferenciación. Elementos de alta intensidad de campo (HFSE), como Nb y el Th evidencian enriquecimiento respecto al sílice, observándose además que algunas muestras están fuera de esta tendencia como los depósitos de flujos de lava y de caída piroclástica de la unidad inferior y media del edificio Nocarane, mientras que el Zr y Hf presentan una variación dispersa. Elementos tierras raras ligeras (LREE) como La y Ce muestran tendencias lineales ligeramente positivas, con muestras dispersas de la unidad inferior y medio del edificio Nocarane separadas a

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

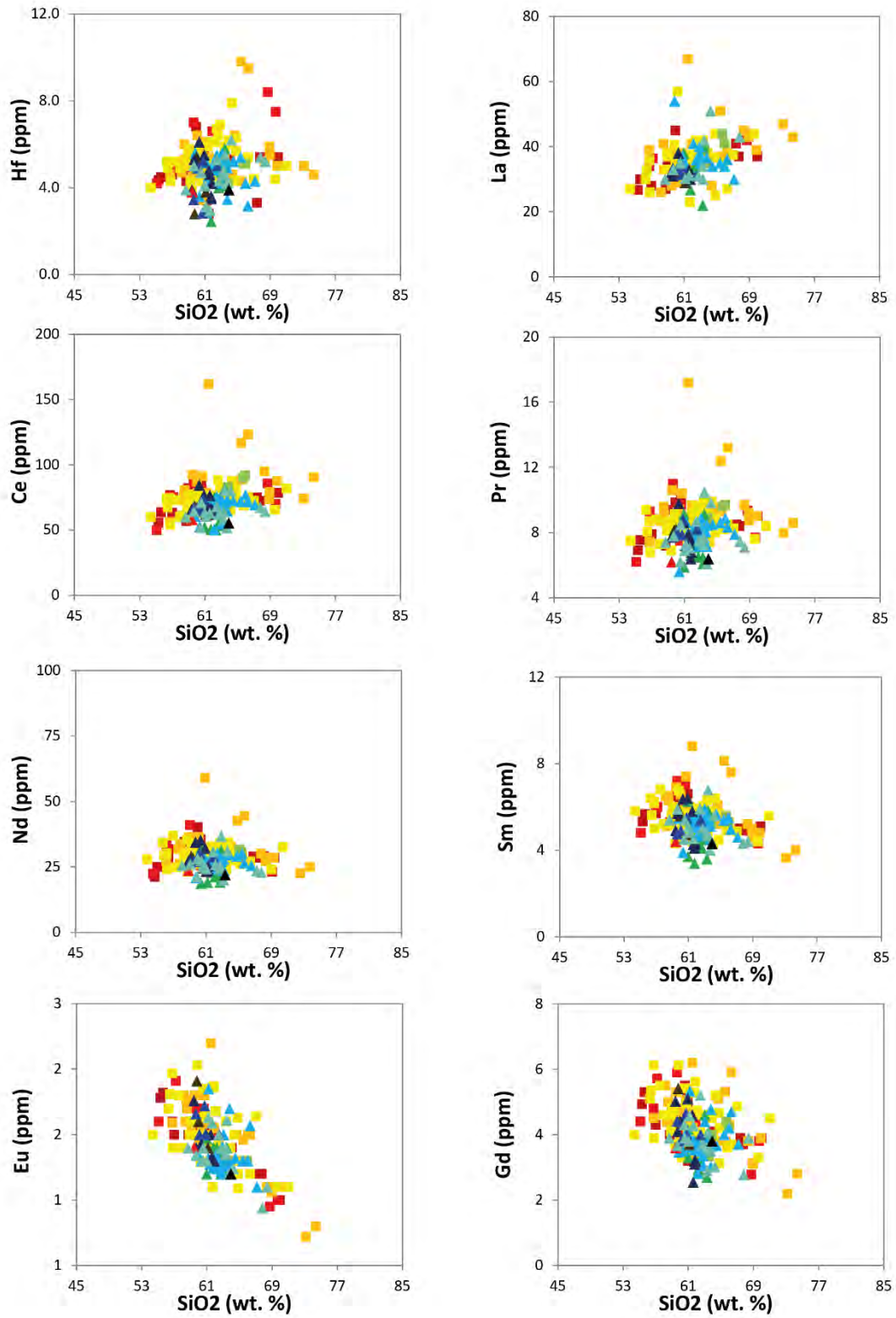
la tendencia, mientras que el Pr y Nd muestran una tendencia lineal. Elementos tierras raras medias (MREE) como el Sm, Eu y Gd poseen una tendencia negativa, a excepción de algunas muestras de los depósitos de flujos de lava y caída piroclástica de la unidad inferior del Nocarane las que se encuentran apartadas del grupo. Elementos tierras raras pesadas (HREE) como Dy, Er, Yb e Y muestra dispersión y estabilidad de valores durante la diferenciación. Los elementos de transición como el V, Cr, Co, Sc y Ni poseen un comportamiento compatible respecto al sílice, ellos posiblemente son incorporados en los minerales que fraccionan.

La distribución y las tendencias de los elementos menores o trazas es compatible con una diferenciación de la serie por cristalización fraccionada. Sin embargo, observando algunos diagramas, sugiere una evolución más compleja. En efecto las tendencias de Ba, Zr y Hf en los diagramas son dispersos y posiblemente este comportamiento pueda ser explicado por mecanismos más complejos que por la asimilación por cristalización fraccionada.

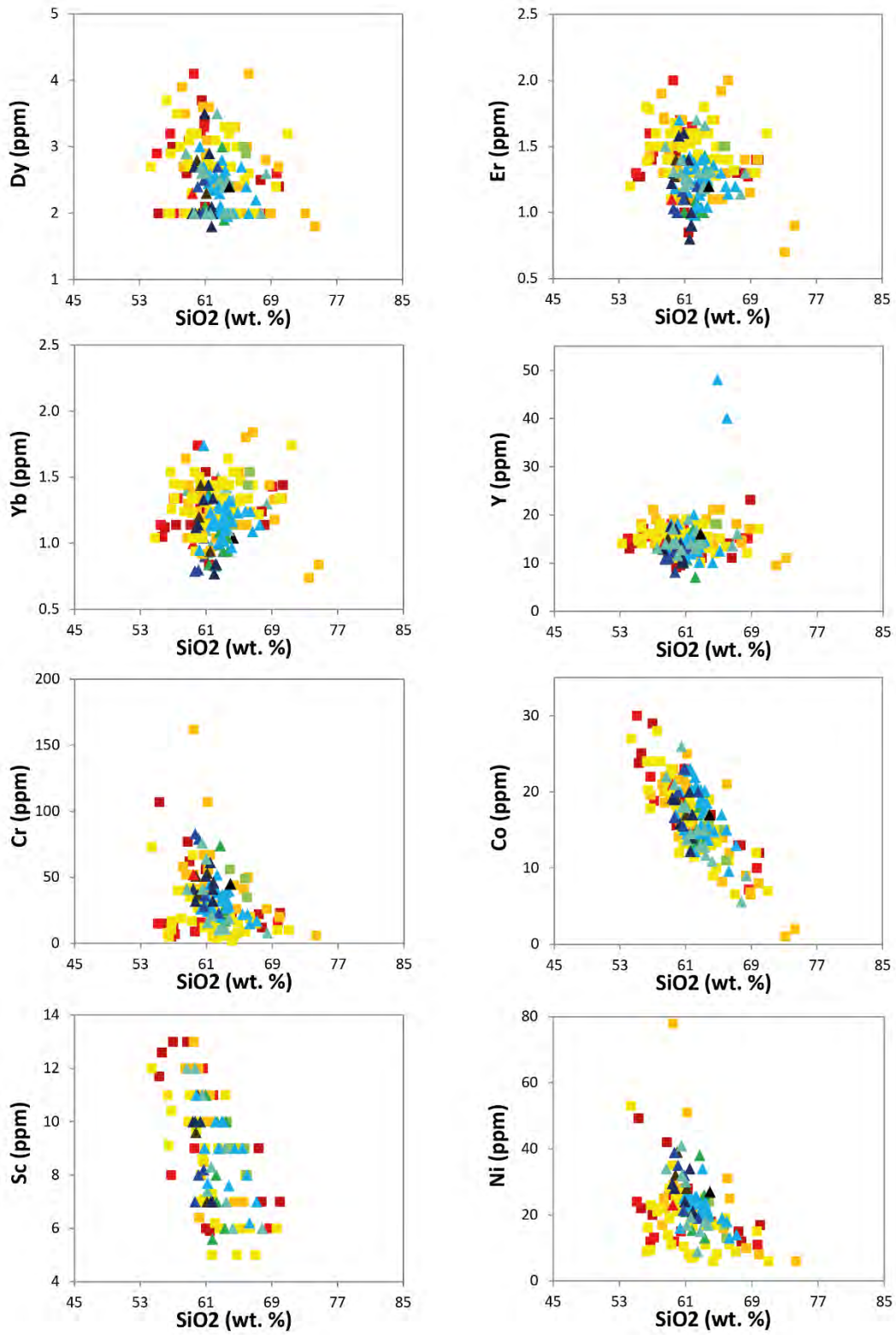
Figura 5.4. Diagramas de variación de los elementos trazas con relación a la SiO₂. Todos los tenores de los elementos (salvo la SiO₂) están expresados en ppm.



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”



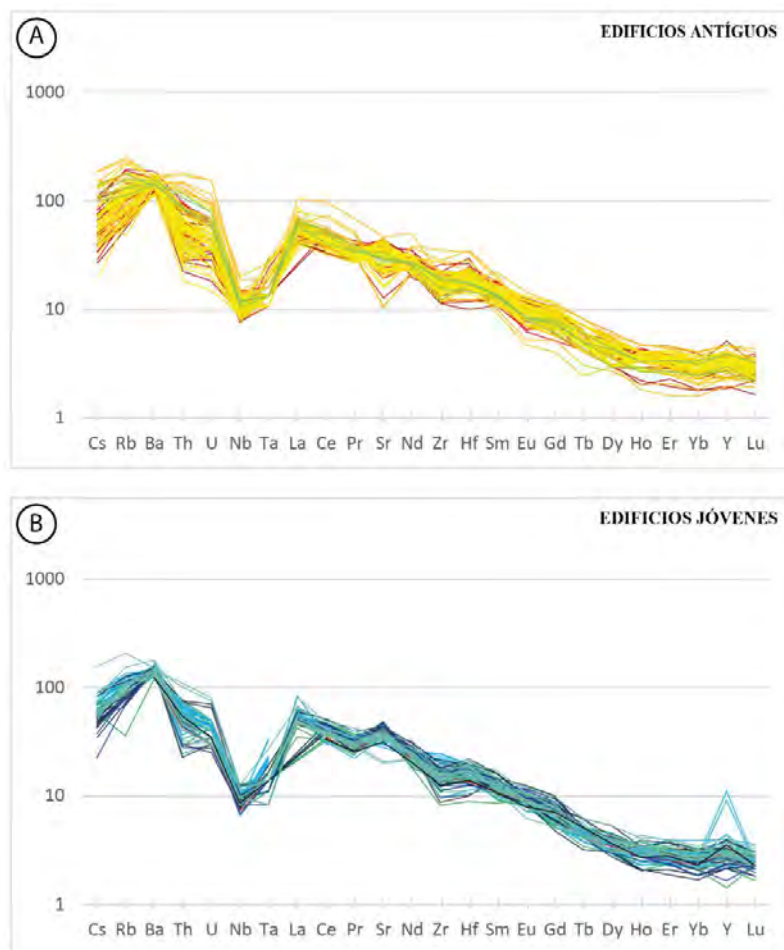
5.4. DIAGRAMAS MULTIELEMENTOS

Se ha elaborado los diagramas multielementos, con el fin de identificar los procesos petrogenéticos que pudieron ocurrir durante la evolución del Chachani, con el enriquecimiento o empobrecimiento de los elementos incompatibles. Para la elaboración de estos diagramas, se normalizaron los datos obtenidos de las muestras de roca de los diferentes depósitos que conforman el Chachani, con respecto a un valor conocido como el manto primitivo (Sun & McDonough, 1989).

En el diagrama multielemental para las rocas de los edificios antiguos (Figura 5.5A) se observa un enriquecimiento en elementos de gran radio iónico (LILE: Rb, Ba), al igual que los elementos alta intensidad de campo (HSFE: Th, U) y las tierras raras ligeras (LREE: La, Ce) y un ligero enriquecimiento en Nd y Hf. Los elementos de fuerte potencial iónico (HFSE) como el Nb, Ta y Zr presentan una fuerte anomalía negativa. Y el Sr posee concentraciones variables que puede deberse a la contaminación de la corteza. La tendencia en los edificios jóvenes (Figura 5.5B) es más uniforme excepto el Y que posee una concentración variable comparado con los edificios antiguos.

Es importante mencionar que todas estas características mencionadas son típicas de magmas de márgenes continentales activos, ligadas a procesos de subducción como en la zona volcánica de los Andes (Wilson, 1986).

Figura 5.5. Diagramas de elementos múltiples normalizados al manto primitivo (Sun y McDonough, 1989) que muestran las tendencias de elementos traza de las muestras de roca de los edificios antiguos y jóvenes del Chachani.

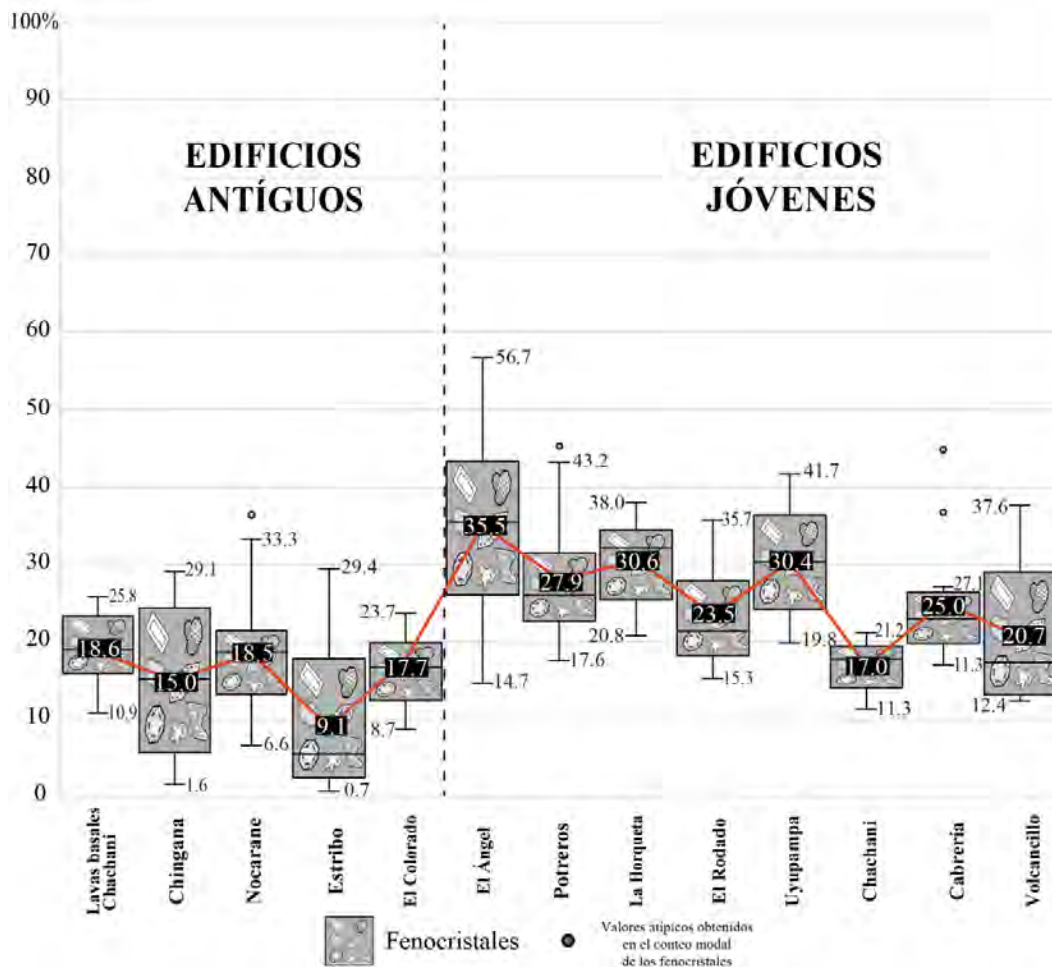


CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. Variación modal mineralógica en los edificios antiguos y jóvenes

Para mostrar la variabilidad modal mineralógica de las muestras de roca de los edificios volcánicos que conforman el Chachani, se elaboró los diagramas de cajas y bigotes (Figura 6.1, Figura 6.2, Figura 6.4, Figura 6.3, Figura 6.5, Figura 6.6). La variación de fenocristales del complejo volcánico Chachani (Figura 6.1), presenta una línea tendencia parcialmente irregular positiva, desarrollada por la media de los datos obtenidos en el conteo modal mineralógico. Los edificios antiguos presentan medias menores al 20%, un conteo modal máximo de 33.3% en el edificio Nocarane y un conteo modal mínimo de 0.7% en el edificio Estribo. Mientras, los edificios jóvenes poseen una media superior al 20% en todos los edificios, excepto el edificio Chachani con media de 17%. Además, se registra conteos máximos de hasta 56.7% en el edificio El Ángel y mínimos de 11.3% en el edificio Chachani. Asimismo, se observan conteos atípicos, es decir valores inusuales diferenciados del del resto, en los edificios Nocarane, Potrerros y Cabrería que podrían estar asociados a los depósitos que se encuentran como las caídas y flujos piroclásticos.

Figura 6.1. Variación modal de los fenocristales de los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

La variación modal de los fenocristales de plagioclasa (Figura 6.2), muestra una línea tendencia parcialmente positiva, según la secuencia de emplazamiento de los edificios del complejo Chachani, con la media inferior a 13.2% en los edificios antiguos y una media superior a 14.8% de los edificios jóvenes a excepción del edificio Chachani que presenta una media de 11.8%. Asimismo, los fenocristales de plagioclasa presentan mayor variabilidad en los edificios jóvenes como se muestra en la Figura 6.2. También, se han registrado conteos atípicos en las muestras de los edificios Estribo, El Colorado, Potrerros y Cabrería.

La variación modal de los fenocristales de anfíbol (Figura 6.4), presenta una mayor amplitud en la variabilidad y proporción en los edificios jóvenes, con un conteo modal máximo de 16.7% y mínimo de 0.3% en el edificio El Rodado. En tanto, en los edificios antiguos el conteo máximo obtenido es de 11.4% en El Colorado, incluso se presenta conteos con ausencia de fenocristales de anfíbol. La media muestra una tendencia irregular positiva según la posición estratigráfica de los edificios del Chachani y se encuentra conteos atípicos en edificios que poseen secuencias piroclásticas y de forma puntual en las lavas más primigenias o basales del Chachani.

La variación modal de los fenocristales de piroxeno (Figura 6.4), presenta una variabilidad y contenido limitado de piroxeno en casi todo el complejo volcánico Chachani, en los edificios antiguos alcanza un conteo máximo de 5.4 del edificio Nocarane, mientras en el grupo de los jóvenes El Rodado presenta solo 5% de contenido de fenocristales de piroxeno. La media o promedio según el emplazamiento del Chachani, evidencia una tendencia negativa lineal, siendo el grupo de los edificios antiguos donde se encuentran mayores contenidos de piroxeno. Además, los conteos atípicos son recurrentes en todo el complejo, posiblemente por los bajos contenidos y ubicación puntual del piroxeno dentro de las muestras.

La variación modal de los fenocristales de biotita (Figura 6.5), muestra una media irregular, encontrándose contenidos de biotita en los edificios antiguos y jóvenes, sin ninguna tendencia clara; sin embargo, se encuentra mayor variabilidad en los edificios jóvenes, alcanzando un conteo máximo de 5.7% en el edificio Potrerros. También, se presentan conteos atípicos, siendo el más resaltante el Nocarane con un valor superior al 10%.

Con respecto a la variación de los fenocristales de olivino (Figura 6.6), la tendencia es nula, puesto que solo se encuentran de forma puntual en 3 edificios del Chachani; con conteos atípicos <3% y <1.5% en el Estribo y Chingana respectivamente, en tanto del grupo de los jóvenes, el edificio Chachani presenta un conteo máximo de 0.4%.

Figura 6.2. Variación modal de la plagioclasa en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

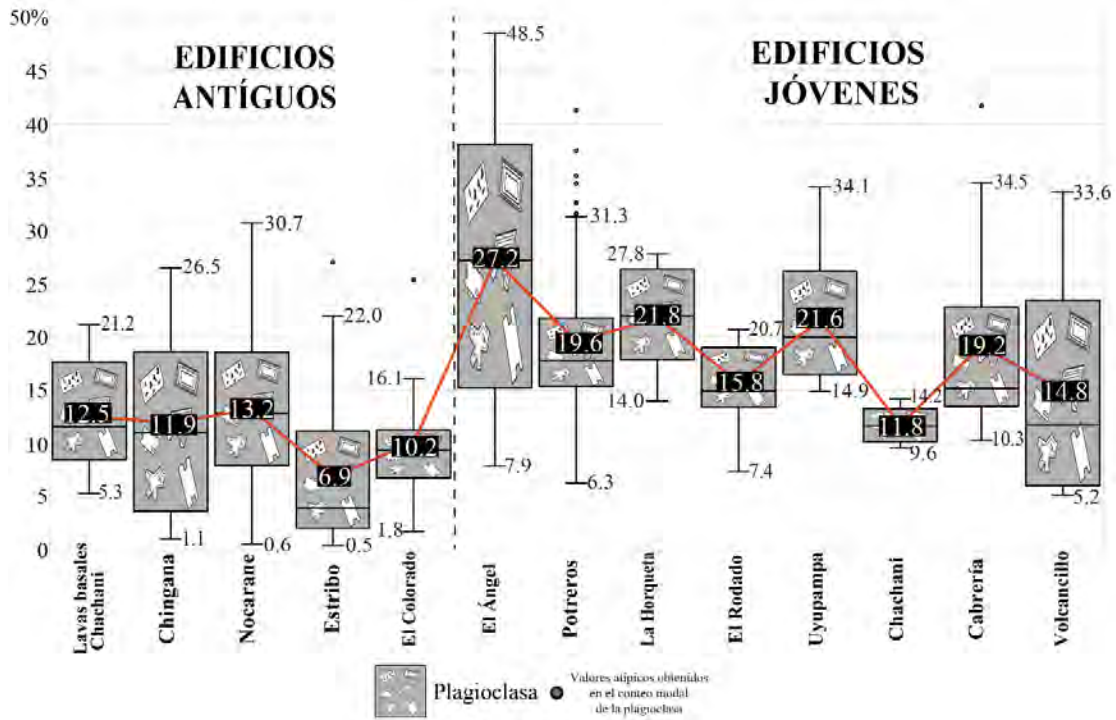


Figura 6.3. Variación modal del anfíbol en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.

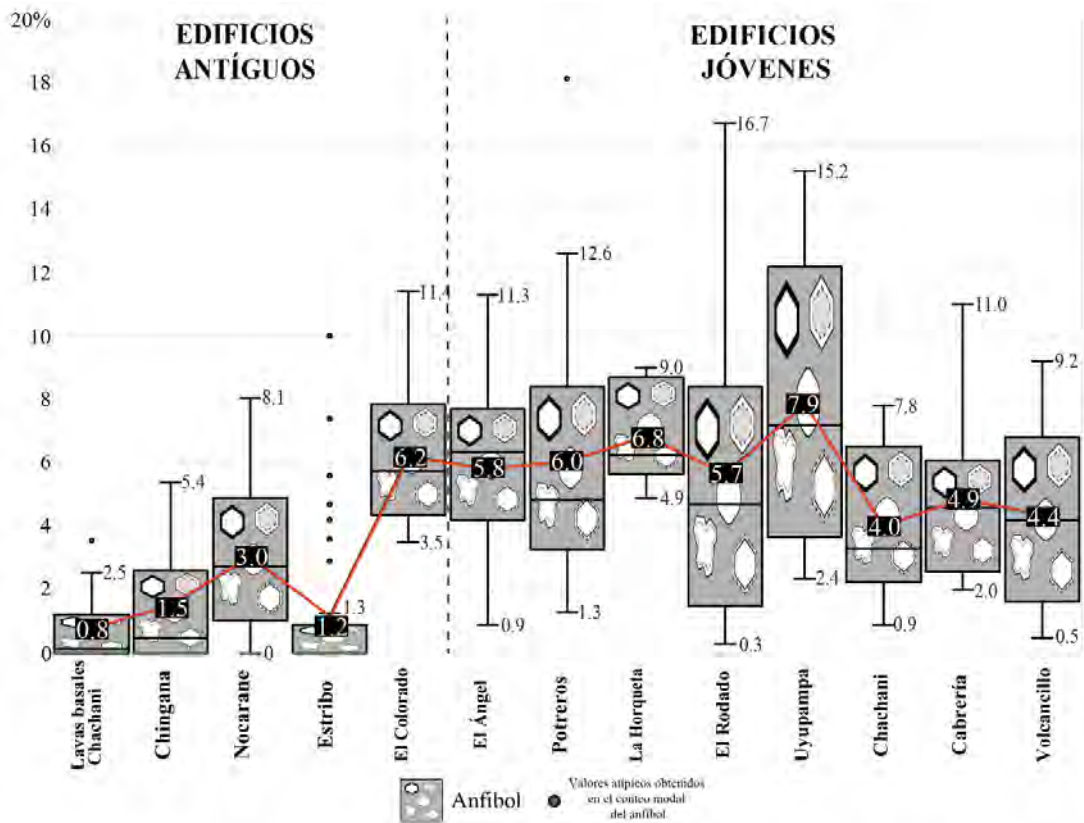


Figura 6.4. Variación modal del piroxeno en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

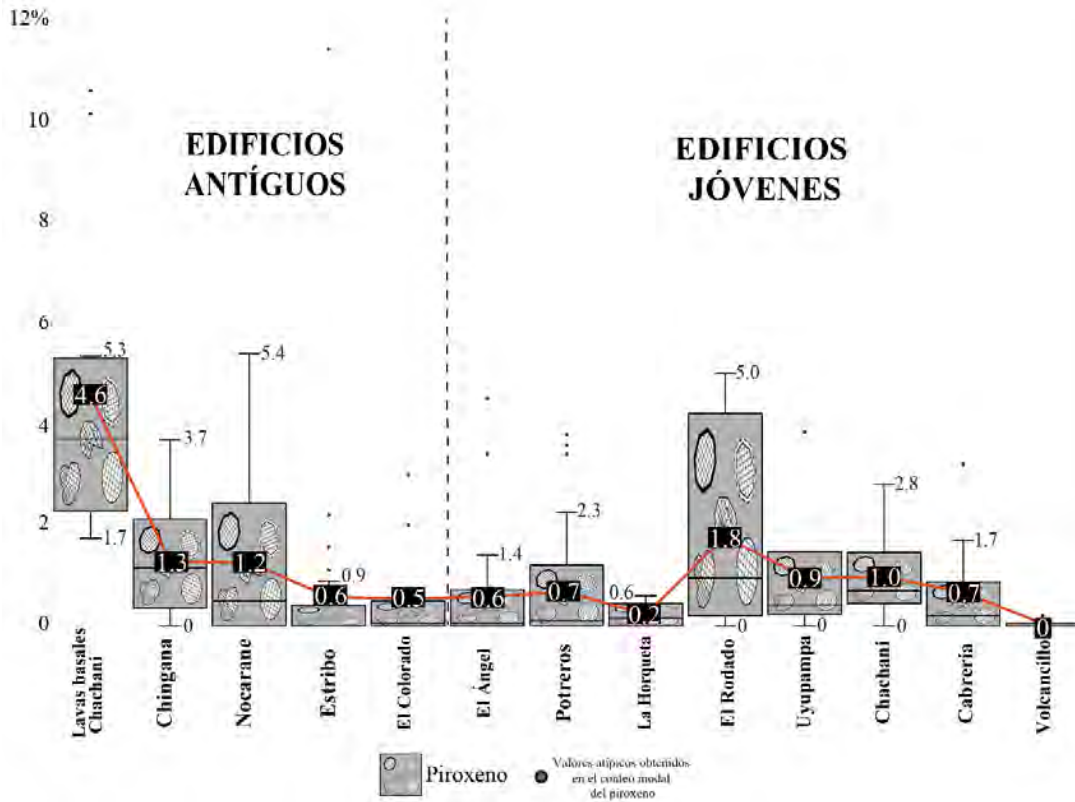
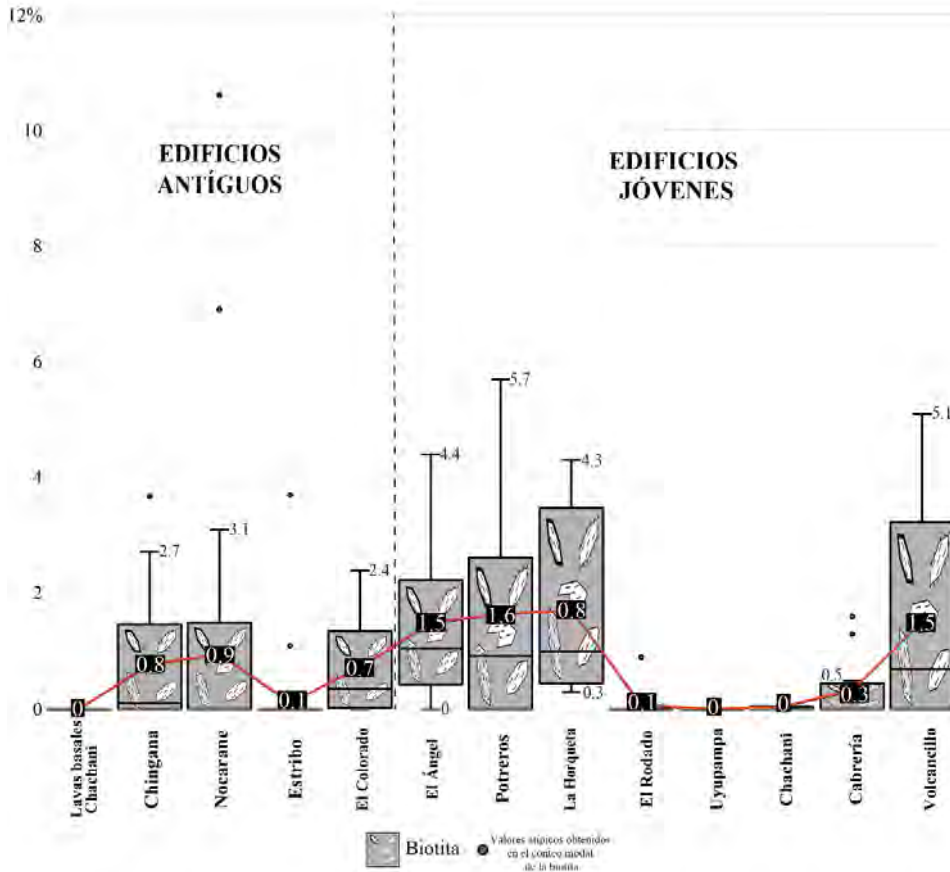
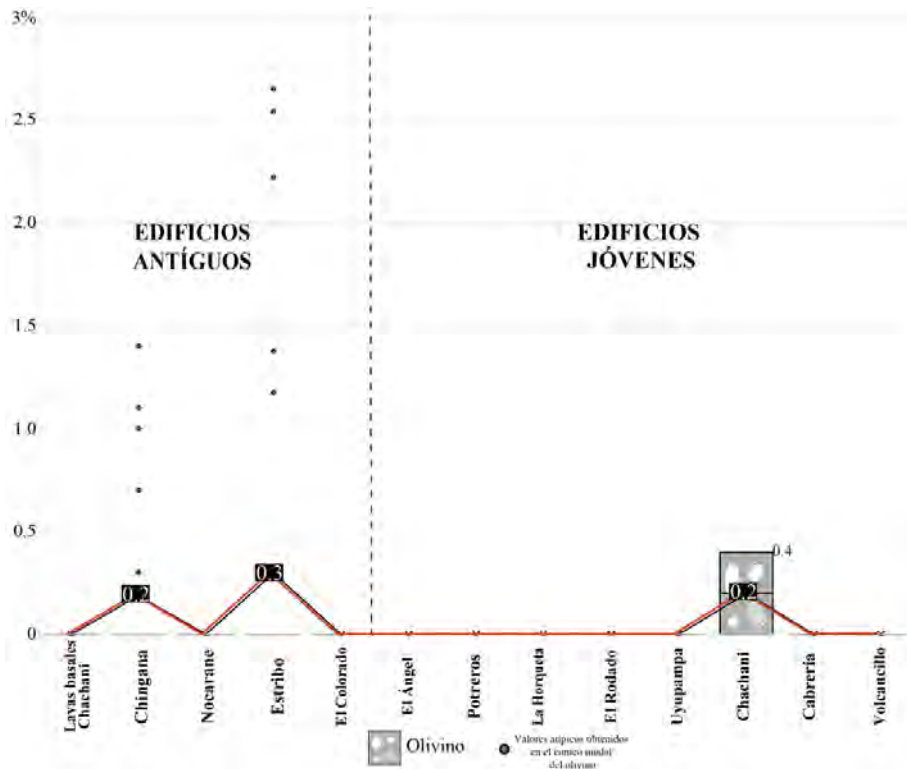


Figura 6.5. Variación modal de la biotita en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.



“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Figura 6.6. Variación modal del olivino en los edificios antiguos y jóvenes del complejo volcánico Chachani.



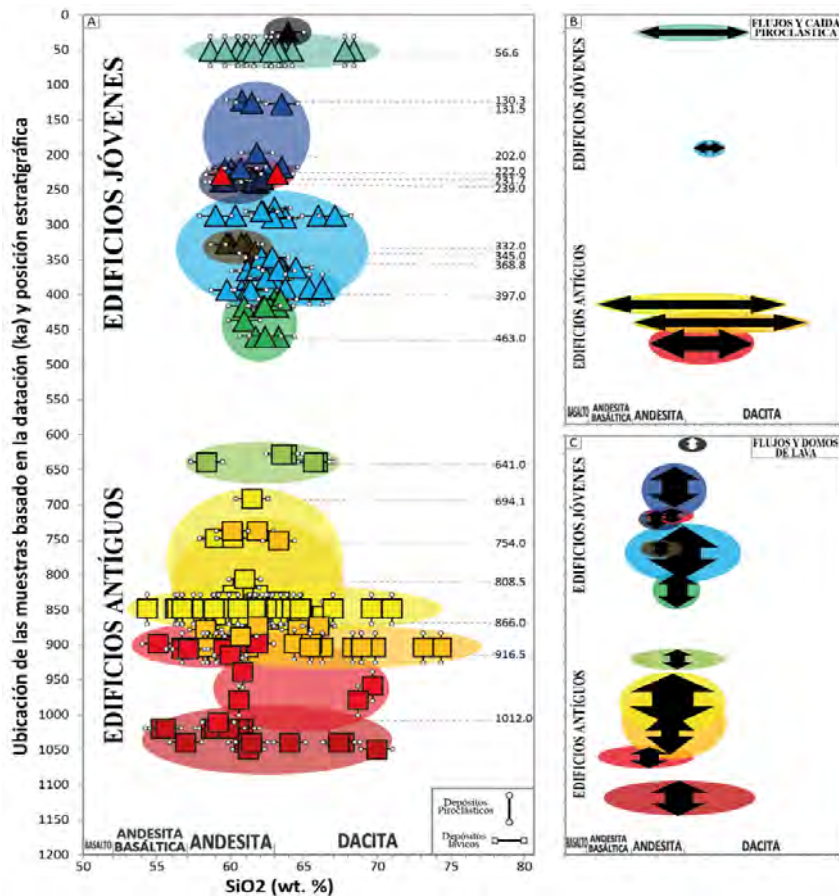
4.2. Variación textural de los minerales que componen el complejo volcánico Chachani

Durante la evolución del complejo volcánico Chachani, ocurrieron diferentes procesos magmáticos, los cuales se ven reflejados en las texturas que presentan los minerales. Al realizar el conteo modal mineralógico de las muestras de roca, también se registraron las texturas en los cristales de plagioclasa, anfíbol, piroxeno, biotita y olivino (Figura 6.7). Los cristales de plagioclasa muestran una clara diferencia entre los edificios antiguos y jóvenes, mostrando textura de tamiz grueso y sineusis en casi todas las muestras de los edificios antiguos, mientras que en los edificios recientes se observa un mayor desarrollo de textura de tamiz fino, superficies de reabsorción y bordes de sobrecrecimiento; Asimismo, comparten texturas como bordes redondeados, zonación y cristales rotos. Los piroxenos se diferenciaron entre clinopiroxenos y ortopiroxenos, siendo este último el que predomina en todo el complejo, excepto en algunas muestras de los edificios Nocarane y El Colorado (edificios antiguos). Los ortopiroxenos muestran bordes redondeados en la mayoría de las muestras del Chachani, la textura aglomerada solo se presenta en las muestras de los edificios antiguos, mientras que otras texturas como las superficies de reabsorción, cristales rotos, bordes de descomposición y textura black se encuentran de forma puntual en todo el complejo. En los cristales de anfíbol la textura black y bordes de descomposición se presentan en mayor proporción en los edificios jóvenes, mientras que texturas como las superficies de reabsorción, textura aglomerada y cristales rotos se encuentran de forma aislada en todo el Chachani. La biotita muestra superficies de reabsorción en parte de los edificios antiguos y en las muestras de los edificios jóvenes, la textura black muestra frecuencia en domos Potrero y El Rodado (edificios Jóvenes); mientras que los bordes redondeados, cristales rotos y bordes de descomposición se encuentran de forma esporádica. El olivino según el conteo mineralógico se encuentra de forma puntual, en dos edificios del grupo antiguo, mostrando texturas aglomeradas, bordes de descomposición y bordes redondeados; mientras en el Chachani (edificio joven) solo presenta bordes de reabsorción.

4.3. Evolución de la composición magmática de los depósitos piroclásticos y lávicos que componen el complejo volcánico Chachani

El diagrama de la posición estratigráfica, edad y contenido de sílice (Figura 6.8A), muestra la evolución del complejo volcánico Chachani identificándose algunas tendencias respecto a sus depósitos. Las lavas basales del Chachani, presentan un rango amplio de composición, desde andesitas basálticas a dacitas. Los edificios Chingana y Nocarane presentan depósitos piroclásticos de composición andesítica y dacítica, mientras que los flujos lávicos se encuentran entre andesitas y andesitas. El Estribo posee depósitos lávicos con rangos entre andesitas a dacitas, sus depósitos piroclásticos entre andesitas basálticas a dacitas. Los flujos lávicos del edificio El Colorado se encuentran entre andesitas y dacitas. El edificio El Ángel presenta flujos de lava de composición andesítica y dacitas. El edificio Domos Potrero muestra composiciones dacíticas en sus depósitos piroclásticos, sus flujos lávicos composiciones entre andesitas y dacitas. El edificio La Horqueta y Rodado muestran lavas de composición andesítica. El edificio Uyupampa y Chachani, poseen flujos lávicos que varían entre andesitas y dacitas. El edificio Cabrería presenta composiciones andesíticas y dacíticas. El Volcancillo posee composición dacítica. En la Figura 6.8B, se observa que las muestras de roca de los depósitos de flujo y caída piroclástica de todo el complejo poseen rangos que van desde andesita basáltica a dacita, mientras que en los depósitos de domo y lava (Figura 6.8C) poseen mayor contenido de sílice ubicándose entre el rango de las andesitas a dacitas.

Figura 6.8. A. Variación de la composición a través del tiempo de todos los edificios que componen el Chachani. B. Variación de composición de los flujos y caídas piroclásticas del complejo volcánico Chachani. C. Variación de la composición de los flujos y domos de lava del complejo volcánico Chachani.



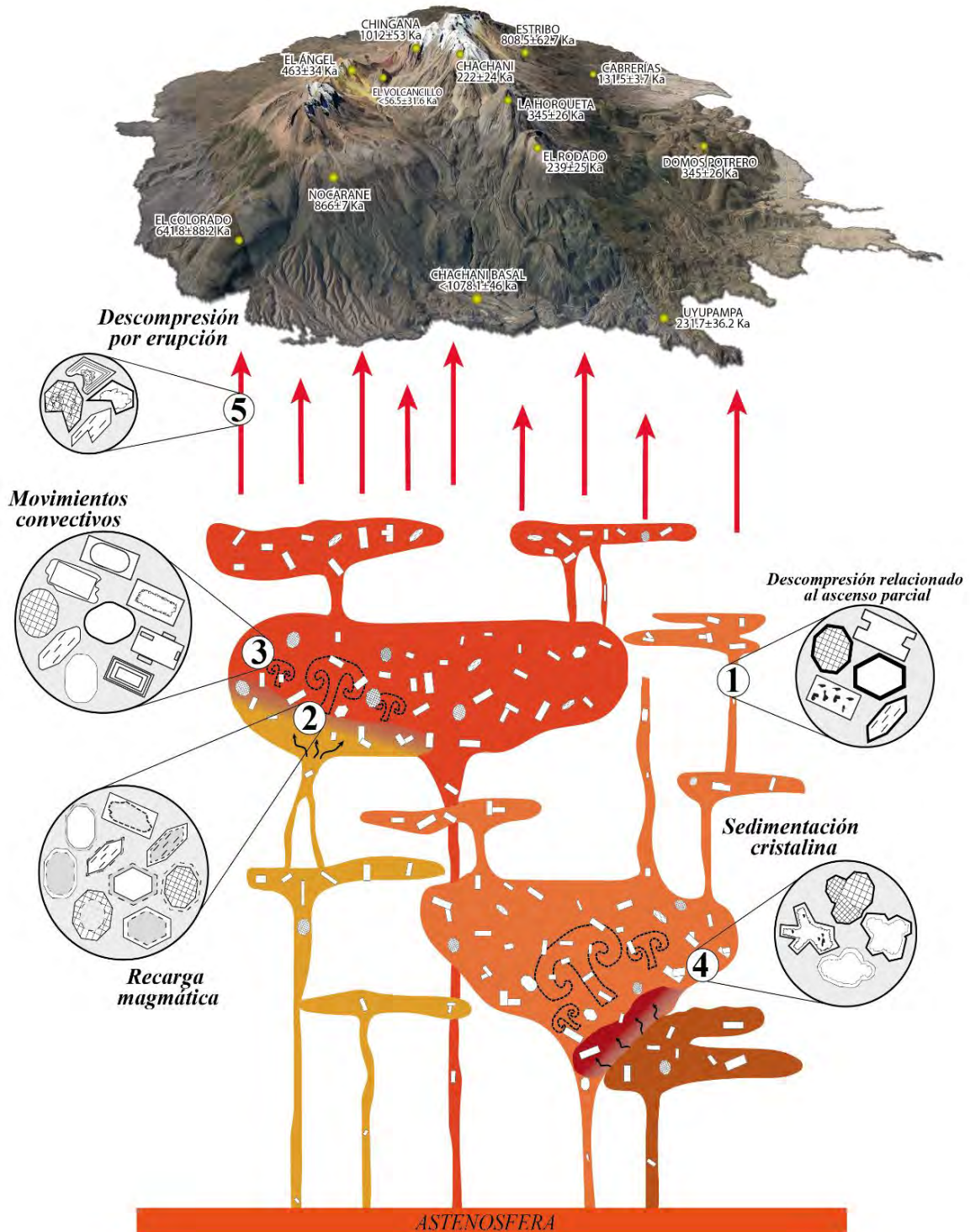
4.4. Interpretación de texturas como evidencia de la evolución del complejo volcánico Chachani

Durante la evolución del complejo volcánico Chachani se formaron texturas como: Tamiz grueso, desarrollado por un proceso de descompresión parcial del magma (Nelson & Montana, 1992). Tamiz fino, parece desarrollarse cuando los fenocristales se han disuelto al interactuar con una masa fundida (magma) más caliente (Tsuchiyama, 1985). Zonación, se puede generar debido a cambios de temperatura, presión hidrostática y composición (Humphreys et., 2006; Ginibre et al., 2002a). Bordes redondeados, se originan por una disolución menor, cuando los cristales se mueven a través del gradiente magmático (Renjith, 2014). Sineusis, se producen por la mezcla turbulenta que rotan y alinean los cristales (Schwindinger, 1999). Superficies de reabsorción, se presenta en eventos de disolución intensa o prolongada, generalmente atribuido a cambios de temperatura, presión, composición del fundido y contenido de agua en el magma causado por recarga de magma (Davidson & Tepley, 1997). Textura aglomerádica, se origina cuando cristales parcialmente reabsorbidos se acercan espacialmente formando un coágulo cristalino por la interacción de las energías interfaciales (Ikeda et al., 2002). Sedimentación cristalina ocurre por diferencia de densidad entre los cristales y el flujo magmático. Textura esquelética, se produce por un subenfriamiento rápido relacionado a la erupción (Viccaro et al., 2010). Cristal roto, este tipo de textura se forma por una erupción violenta que genera la fragmentación de los cristales (Miwa & Geshi, 2012). Bordes de sobrecrecimiento, originada por la perturbación físico-química entre el cristal y el magma impulsada por movimientos convectivos. Textura black, se presenta por descompresión del magma hacia el borde, a lo largo de grietas interiores y planos de clivaje (Rutherford & Hill, 1993; Renjith, 2014). Borde de descomposición, se origina cuando los cristales están en contacto con otro magma ya sea por el fundido de la roca hospedante o una recarga magmática (Streck, 2008; De Angelis et al., 2015).

A partir del estudio petrográfico e identificación textural se presenta una cristalización fraccionada, seguido de procesos dinámicos desarrollando distintas texturas bajo un ambiente magmático particular en los fenocristales, la Figura 6.9, representa un resumen gráfico esquemático de los distintos procesos que se habrían ocurrido en el complejo volcánico Chachani, antes del emplazamiento de todos los depósitos descritos capítulos anteriores.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

Figura 6.9. Modelo esquemático de los procesos que pudieron ocurrir en el complejo volcánico Chachani, donde se muestra: (1) Descompresión parcial del magma, (2) Recarga magmática hacia una cámara más somera, (3) Movimientos convectivos relacionados a la gradiente geotérmica dentro de la cámara magmática, (4) Sedimentación cristalina producto de la diferencia de densidades dentro de la cámara magmática, (5) Descompresión por erupción producto de la disminución abrupta de la temperatura y presión del magma.



A continuación, se describe de forma individual los diferentes procesos que pudieron ocurrir en los edificios que componen el complejo Chachani, a partir de las observaciones texturales identificadas en las muestras de roca.

Edificios antiguos

Base Chachani

En los flujos lávicos primigenios del Chachani, es posible la ocurrencia de un ascenso parcial del magma por la presencia de textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.4a y Figura 4.5b) y textura black en el anfíbol (Figura 4.4d). La recarga magmática se atribuye a texturas como los bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.4d) y tamiz fino en la plagioclasa (Figura 4.5a). La sedimentación cristalina está relacionada con la textura aglomerádica (Figura 4.4c; Figura 4.5d) en la plagioclasa y el ortopiroxeno. Los movimientos convectivos dentro de la cámara magmática provocan el desarrollo de las texturas como bordes de sobrecrecimiento en la plagioclasa, zonación, bordes redondeados, sineusis en las plagioclasas (Figura 4.4a,b; Figura 4.5a) y bordes redondeados en los ortopiroxenos (Figura 4.4c; Figura 4.5c,d).

Chingana

En los depósitos piroclásticos y los flujos de lava, se identifica ascenso parcial del magma por la presencia de textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.6a,b; Figura 4.8a; Figura 4.9a). Recarga magmática o mezcla de magmas generan superficies de reabsorción en la plagioclasa (Figura 4.6a) y bordes de descomposición en el ortopiroxeno (Figura 4.8d). Los movimientos convectivos generaron el desarrollo de zonación en la plagioclasa (Figura 4.6a,b; Figura 4.7a,b; Figura 4.8a,b; Figura 4.9a), la textura tipo sineusis en la plagioclasa (Figura 4.8b) y los bordes redondeados en el ortopiroxeno, anfíbol y olivino (Figura 4.7c; Figura 4.8c; Figura 4.9b,c). La sedimentación cristalina en la plagioclasa, ortopiroxeno y olivino mostrando textura aglomerádica (Figura 4.6a,c,d; Figura 4.7c; Figura 4.8a; Figura 4.9d). La descompresión por erupción es un proceso reflejado por los cristales rotos presentes en la plagioclasa, biotita, ortopiroxeno y anfíbol (Figura 4.6b,c; Figura 4.7c,d).

Nocarane

Los depósitos de caída piroclástica y flujos de lava del edificio Nocarane pudieron desarrollar procesos magmáticos como: Descompresión del magma, por poblaciones de anfíbol con textura black (Figura 4.10a,b; Figura 4.11a,b; Figura 4.12a,b; Figura 4.13a,b; Figura 4.14b,c; Figura 4.16b) y textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.10a,b; Figura 4.11a,b; Figura 4.12a,b; Figura 4.13a,b). Recarga magmática, a partir de superficies de reabsorción localizados en el piroxeno, anfíbol y biotita (Figura 4.12c; Figura 4.13d; Figura 4.14c; Figura 4.15b,c; Figura 4.16c) y bordes de descomposición en el anfíbol y piroxeno (Figura 4.13c; Figura 4.14b, Figura 4.16d). Movimientos convectivos asociadas a texturas tipo bordes redondeados en la plagioclasa, anfíbol y piroxeno (Figura 4.10c; Figura 4.11c; Figura 4.12b; Figura 4.13a,b; Figura 4.14a,d; Figura 4.15c), bordes de sobrecrecimiento en la plagioclasa (Figura 4.11a,b; Figura 4.16a), textura sineusis de forma puntual en algunos cristales de plagioclasa (Figura 4.14a; Figura 4.15a) y zonación en la mayoría de las plagioclasas (Figura 4.10a,b; Figura 4.11a,b; Figura 4.12a; Figura 4.15a; Figura 4.16a). Sedimentación cristalina por la aglomeración de cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol (Figura 4.11c,d). Descompresión rápida del magma, generando cristales rotos en la plagioclasa y biotita (Figura 4.10a; Figura 4.12d).

Estribo

Este edificio presenta caídas y flujos piroclásticos, junto con flujos de lava. Las texturas identificadas en las muestras de este edificio indican los siguientes procesos: Descompresión parcial con la identificación la textura black en el anfíbol (Figura 4.17c; Figura 4.18c; Figura 4.22d; Figura 4.23c) y textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.17b; Figura 4.18a; Figura 4.19b; Figura 4.20a; Figura 4.22a). Recarga magmática, por las superficies de reabsorción en la

plagioclasa y biotita (Figura 4.17a,b; Figura 4.19a,b; Figura 4.23d) y los bordes de sobrecrecimiento del olivino (Figura 4.20c). Movimientos convectivos generados por la gradiente térmica, con el desarrollo de bordes redondeados de la plagioclasa, anfíbol y piroxeno (Figura 4.17c; Figura 4.20b; Figura 4.23b), zonación en la plagioclasa (Figura 4.17a; Figura 4.18a,b; Figura 4.19a; Figura 4.20a; Figura 4.21a,b; Figura 4.22a,b; Figura 4.23a), bordes de sobrecrecimiento (Figura 4.17a; Figura 4.23a) y textura de sineusis en la plagioclasa (Figura 4.18b; Figura 4.22b; Figura 4.23b). Sedimentación cristalina asociada a la textura aglomerádica en los fenocristales de piroxeno y plagioclasa (Figura 4.18d; Figura 4.20b; Figura 4.22c; Figura 4.23a). Descompresión por erupción violenta originando cristales rotos en la plagioclasa, piroxeno y anfíbol (Figura 4.19c; Figura 4.21a,b,c,d).

El Colorado

Los depósitos de flujos de lava y domo-colada del edificio, habrían presentado distintos procesos magmáticos como la descompresión relacionada al ascenso parcial del magma por la textura de tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.24a; Figura 3.25b). Recarga magmática o mezcla de magmas con la presencia de texturas de descomposición en el anfíbol y la biotita (Figura 3.25c,d) y superficies de reabsorción en la plagioclasa y biotita (Figura 4.24a,d). Movimientos convectivos con el desarrollo de la textura sineusis, zonación y bordes redondeados en la plagioclasa (Figura 4.24b; Figura 3.25a). Sedimentación cristalina, provocando la formación de la textura aglomerádica en la plagioclasa y anfíbol (Figura 4.24a,c; Figura 3.25b). Descompresión por erupción, generando cristales rotos en la plagioclasa (Figura 4.24b) posiblemente por la disminución de la presión de forma abrupta.

Edificios jóvenes

El Ángel

Los depósitos de flujo de lava El Ángel se habrían presentado procesos como: La descompresión parcial por encontrarse fenocristales de anfíbol con textura black (Figura 4.26c; Figura 4.27c; Figura 4.28c). Recarga magmática, generando la disolución parcial de los cristales formando superficies de reabsorción en la plagioclasa y biotita (Figura 4.26d; Figura 4.27d; Figura 4.28a,b,d; Figura 4.29a,b) y bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.26c). Movimientos convectivos, donde se habrían generado texturas como los bordes redondeados en la plagioclasa, anfíbol y piroxeno (Figura 4.26b; Figura 4.27a,c; Figura 4.28a; Figura 4.29a,c,d), textura tamiz fino (Figura 4.26a; Figura 4.28b), zonación (Figura 4.26a,b; Figura 4.27a,b; Figura 4.28a,b; Figura 4.29a) y bordes de sobrecrecimiento (Figura 4.26a; Figura 4.27b; Figura 4.28b) en la plagioclasa. Sedimentación cristalina, formando la textura aglomerádica en el anfíbol junto a biotita (Figura 4.29b). Descompresión por erupción, evidenciado por los cristales rotos encontrados en la plagioclasa (Figura 4.27b).

Domos Potrero

Los depósitos de flujos piroclásticos y flujos de lava de este edificio, estarían relacionados con los siguientes procesos: Descompresión parcial del magma, relacionado a la formación de textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.33b, Figura 4.34a) y textura black en los cristales de anfíbol y biotita (Figura 4.33c; Figura 4.35d; Figura 4.37c; Figura 4.38c). Recarga de magma con la mezcla de magmas, ocasionando la formación de bordes de descomposición en el anfíbol y biotita (Figura 4.34c,d; Figura 4.35c,d; Figura 4.36c; Figura 4.37c; Figura 4.38d) y superficies de reabsorción en la plagioclasa, anfíbol y biotita (Figura 4.30a,c; Figura 4.31a,c,d; Figura 4.32c; Figura 4.33a,b; Figura 4.36a,b,c,d; Figura 4.37c; Figura 4.38a,b). Movimientos convectivos, con el desarrollo de bordes redondeados en la plagioclasa, anfíbol, piroxeno y biotita (Figura 4.30b; Figura 4.31a; Figura 4.32d; Figura 4.33d; Figura 4.34b; Figura 4.35c; Figura 4.37a,d; Figura

4.38a,c), textura tamiz fino (Figura 4.31b; Figura 4.32b; Figura 4.34b; Figura 4.35a; Figura 4.37b; Figura 4.38b), zonación (Figura 4.30a; Figura 4.31a,b; Figura 4.32a; Figura 4.33a,b; Figura 4.34a,b; Figura 4.35a,b; Figura 4.36a; Figura 4.37a; Figura 4.38a,b), bordes de sobrecrecimiento (Figura 4.30a; Figura 4.31b; Figura 4.32b; Figura 4.33a,b; Figura 4.34a; Figura 4.35a,b; Figura 4.36a; Figura 4.37b; Figura 4.38b) y sineusis (Figura 4.32a; Figura 4.34b) en los cristales de plagioclasa. Sedimentación cristalina, asociado a la sutura de cristales parcialmente reabsorbidos, formando la textura aglomerádica en la plagioclasa (Figura 4.37a). Descompresión por erupción, proceso donde hay fragmentación, originando cristales rotos en la plagioclasa (Figura 4.32b; Figura 4.36a,b).

La Horqueta

En los depósitos de flujos de lava, debido a la identificación de las diferentes texturas en las muestras, habrían ocurrido los siguientes procesos: Descompresión parcial del magma, desarrollando textura black en los anfíboles (Figura 4.39b). Evento(s) de mezcla de magma por la recarga de un magma más primitivo originando superficies de reabsorción en biotita (Figura 4.39d) y bordes de descomposición en ortopiroxeno y anfíbol (Figura 4.39b,c). Movimientos convectivos por la gradiente geotérmica del magma, generando la textura tamiz fino y zonación en las plagioclasas (Figura 4.39a). Sedimentación cristalina por la reabsorción parcial de los cristales de plagioclasa (Figura 4.39a). Descompresión por la extrusión del magma, produciendo cristales rotos en la plagioclasa (Figura 4.39a).

El Rodado

Los depósitos de flujos de lava, habrían presentado diferentes procesos magmáticos antes de su emplazamiento, los cuales fueron registrados en las siguientes texturas descritas a continuación: Descompresión parcial del magma formando textura black en el anfíbol y biotita (Figura 4.40c,d; Figura 4.41d; Figura 4.42c,d) y textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.40b; Figura 4.41a). Recarga magmática provocando la reacción entre magmas, originando bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.40c; Figura 4.41d) y superficies de reabsorción en la plagioclasa (Figura 4.40a,b; Figura 4.42b). Movimientos convectivos, registrados mediante los bordes redondeados de la plagioclasa, biotita y piroxeno (Figura 4.40a,d; Figura 4.41b,c; Figura 4.42b,c,d), zonación (Figura 4.40a,b; Figura 4.42a,b), bordes de sobrecrecimiento (Figura 4.41a; Figura 4.42a), textura de tamiz fino (Figura 4.41a,b; Figura 4.42a) y sineusis (Figura 4.40b; Figura 4.41b) en la plagioclasa. Sedimentación cristalina, produciendo sutura de cristales parcialmente reabsorbidos formando textura aglomerádica en el piroxeno (Figura 4.41c; Figura 4.42c).

Uyupampa

Los depósitos de flujos de lava Uyupampa antes de su emplazamiento, experimentó distintos procesos magmáticos: Descompresión parcial del magma presentando textura black en el anfíbol (Figura 4.43b,c). Recarga magmática con la generación de superficies de reabsorción en el piroxeno (Figura 4.43d) y bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.43b,c). Movimientos convectivos generados a partir de la gradiente geotérmica, desarrollando zonación, textura tamiz fino y bordes de sobrecrecimiento (Figura 4.43a) en la plagioclasa. Sedimentación cristalina, por diferencia de densidades entre los cristales y el fluido magmático formando la textura aglomerádica en la plagioclasa y el anfíbol (Figura 4.43a,b).

Chachani

Los flujos de lava del edificio Chachani, presentaron distintos procesos magmáticos quedando registro en las texturas de los cristales, detallados a continuación: Descompresión parcial del magma podría haber generado la textura black en el anfíbol (Figura 4.44b), por desgasificación o

exsolución de agua durante el ascenso del magma. Recarga magmática con la adición de pequeños o grandes pulsos magmáticos más primitivos causando la formación de superficies de reabsorción en el olivino y piroxeno (Figura 4.44c,d) y bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.44b). Movimientos convectivos por la gradiente geotérmica dentro de la cámara magmática ocasionando la formación de bordes de sobrecimiento y zonación en la plagioclasa (Figura 4.44a). La sedimentación cristalina relacionada a la decantación de los cristales parcialmente reabsorbidos generando una textura aglomerádica en la plagioclasa (Figura 4.44a).

Cabrería

Los flujos piroclásticos de bloques y ceniza del edificio Cabrería, resulta de diferentes procesos antes de su emplazamiento. La descompresión parcial de magma con la formación de la textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.45a,b; Figura 4.46a) y textura black en el anfíbol (Figura 4.46c). Recarga magmática ocasionando mezcla de magmas por la adición de pulso(s) a la cámara magmática, generando superficies de reabsorción en la plagioclasa (Figura 4.45a) y biotita; Además, bordes de descomposición en el anfíbol (Figura 4.46c). Movimientos convectivos dentro de la cámara magmática produciendo bordes redondeados en el anfíbol (Figura 4.45c; Figura 4.46c) y piroxeno (Figura 4.45d), bordes de sobrecimiento y zonación en la plagioclasa (Figura 4.45a,b; Figura 4.46a,b). Sedimentación cristalina, causando la formación de textura aglomerádica en la plagioclasa (Figura 4.46b) y piroxeno (Figura 4.45d). La descompresión rápida posiblemente generó cristales rotos en la plagioclasa (Figura 4.46b). También este edificio posee enclaves que pudieron ser atrapados durante el ascenso del magma o parte de la roca encajonante de la cámara magmática o durante el emplazamiento del flujo piroclástico.

El Volcancillo

Este domo volcánico según la descripción petrográfica y la identificación de sus texturas, se generaron de distintos procesos antes de su emplazamiento: Descompresión parcial del magma por la presencia de la textura tamiz grueso en la plagioclasa (Figura 4.47b). Recarga magmática por la reacción entre magmas, generando la disolución de los cristales, ocasionando superficies de reabsorción en la plagioclasa (Figura 4.47a) y en la biotita (Figura 4.47d). Movimientos convectivos asociados a la gradiente geotérmica dentro de la cámara magmática, generando el desarrollo de la zonación, bordes de sobrecimiento, sineusis, textura tamiz fino en la plagioclasa (Figura 4.47a,b) y bordes redondeados en el anfíbol (Figura 4.47c). Sedimentación cristalina, provocado por la diferencia de densidades entre los cristales de plagioclasa y el flujo magmático posiblemente generó la textura aglomerádica (Figura 4.47b).

CONCLUSIONES

Primero

La composición mineralógica de las muestras del complejo volcánico Chachani, es similar para todos los edificios (Cuadro 4.1); En tal sentido, tomando como referencia la edad de los edificios (Aguilar et al., 2022), se clasificó de la siguiente manera:

- Edificios antiguos (<1280 y 640 ka) (Base Chachani, edificio Chingana, edificio Nocarane, edificio Estribo, edificio El Colorado) presentan fenocristales menores a 20% respecto a la media. El ensamble mineralógico de forma general consta principalmente de plagioclasa (30.7-0.5%; Figura 6.2), anfíbol (8.1-0%; Figura 6.3), piroxeno (5.4-0%; Figura 6.3), biotita (3.1-0%; Figura 6.5) y olivino (0.3-0%; Figura 6.6).
- Edificios jóvenes (460 y 56 ka) (Edificio El Ángel, edificio Potrero, La Horqueta, edificio El Rodado, edificio Uyupampa, Edificio Chachani, edificio Cabrería y El Volcancillo) poseen fenocristales mayores al 20% respecto a la media (Figura 6.1). El ensamble mineralógico está compuesto por plagioclasa (48.5-7.9%; Figura 6.2), anfíbol (16.7-0.3%; Figura 6.3), piroxeno (5-0%; Figura 6.3), biotita (5.7-0%; Figura 6.5) y olivino (0.4-0%; Figura 6.6).

Segundo

Las diferentes texturas identificadas en los cristales (Figura 6.7) son: Tamiz grueso, tamiz fino, sineusis, textura aglomerádica, superficies de reabsorción, bordes de sobrecrecimiento, textura black, bordes redondeados y cristales rotos.

Tercero

La clasificación modal en base al estudio petrográfico y al ensamble mineralógico de las representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani de los edificios antiguos y jóvenes se encuentran entre el rango de las andesitas basálticas a dacitas.

Cuarto

La composición geoquímica de todo el complejo volcánico Chachani según el contenido de óxidos de silíceo es: (1) Las lavas basales del Chachani (>1278 ka), junto con los depósitos de lava, flujos y caídas piroclásticas de los edificios antiguos poseen composiciones entre 54.37-74.34 wt. %. (2) Los depósitos de flujos piroclásticos, flujos y domos de lava de los edificios jóvenes poseen composiciones más silíceas entre 58.66-68.40 wt. %. En los diagramas de elementos mayores (Figura 5.3) la tendencia de los óxidos es compatible con un modelo de cristalización fraccionada; sin embargo, en algunos diagramas de elementos traza (Figura 5.4) como el Ba, Zr y Hf presentan tendencias dispersas que sugieren una evolución mucho más compleja que una simple cristalización fraccionada lo cual respalda la presencia de la variabilidad de texturas en los cristales, relacionados a otros procesos magmáticos.

Quinto

Los diferentes procesos magmáticos que pudieron ocurrir durante la evolución del complejo volcánico Chachani son: El ascenso parcial o total del magma quedando como registro de ello la textura tipo black, tamiz grueso, esquelético y cristales rotos; la recarga de pulsos primitivos en la cámara magmática, creando bordes de descomposición y superficies de reabsorción; la generación de movimientos convectivos dentro de la cámara, formando la textura tamiz fino, zonación, textura sineusis y bordes de sobrecrecimiento; la diferencia de densidades entre los minerales ya cristalizados y el fundido (magma), provocando la sedimentación y el desarrollo la textura aglomerádica con el agrupamiento de cristales que pudieron ser reabsorbidos previamente.

RECOMENDACIONES

Primero

Realizar estudios de microsonda electrónica para determinar la variación composicional de los cristales presentes en las muestras y poder realizar una estratigrafía textural que permita ordenar en el tiempo los procesos magmáticos ocurridos.

Segundo

Efectuar estudios de geotermobarometría en la plagioclasa, piroxenos, anfíboles, biotita y olivino, para determinar las condiciones de presión y temperatura pre-eruptivas, con la finalidad de conocer mejor la evolución del complejo volcánico Chachani.

Tercero

Hacer análisis isotópicos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{146}\text{Nd}$, para determinar los procesos de generación de magmas y determinar la evolución de los magmas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, H., Alván, A., vonHillebrandt, A., Riegraf, W., & Oviedo, M. (2009). Nuevos aportes en la sedimentología y paleontología de las Formaciones Chocolate y Socosani (Jurásico inferior a medio) en el Distrito de Yura (Sur de Perú). *Boletín. Sociedad Geológica del Perú*, 7, 43–62.
- Aguilar, R. (2015). *Long-lived magmatic systems: the post-caldera Chachani volcanic complex case study (Peru)*. Francia: Master Thesis, Universite Blaise Pascal,.
- Aguilar, R., Thouret, J.-C. S., Wörner, G., Jicha, B., Paquette, J.-B., Suaña, E., & Finizola, A. (2022). Growth and evolution of long-lived, large volcanic clusters in the Central Andes: The Chachani Volcano Cluster, southern Peru. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 26 p.
- Alván, A., Jacay, J., Caracciolo, L., Sánchez, E., & Trinidad, I. (2018). Sedimentary facies analysis of the Mesozoic clastic rocks in Southern Peru (Tacna, 18S): Towards a paleoenvironmental Redefinition and stratigraphic Reorganization. . *J. South Am. Earth Sci*, 84, 399–421.
- Araúz, M. d. (2016). *Escuela Politécnica Nacional - Laboratorio de láminas delgadas*. Obtenido de <https://fgp.epn.edu.ec/index.php/lab-geo/186-laboratoriodelaminasdelgadas#:~:text=Las%20l%C3%A1minas%20delgadas%20o%20secciones,recubiertas%20con%20un%20cubre%20objetos>
- Arisque, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). *La investigación científica: Una aproximación para los estudios de posgrado*. Guayaquil: Arizona State University.
- Benavides, V. (1962). Estratigrafía Pre-terciaria de la Región de Arequipa. *Bol. Soc. Geol. del Perú, Tomo XXXVI - Lima*, 58 p.
- Boekhout, F., Sempere, T., Spikings, R., & haltegger, U. (2013). Late Paleozoic to Jurassic chronostratigraphy of coastal southern Peru: Temporal evolution of sedimentation along an active margin. *J.South Am. Earth Sci*, 47,179–200.
- Bromley, G., Thouret, J.-C., I, S., Mariño, J., Valdivia, D., & K, R. (2019). In situ. *Bulletin of Volcanology*, 16p.
- Callot, P., Sempere, T., Odonne, F., & Robert, E. (2008). Giant submarine collapse of a carbonate platform at the Turonian–Coniacian transition: The Ayabacas Formation, southern Peru. *Basin Research* 20(3), 333-357.
- Carrasco, S. (2008). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Castro, A. (1988). *Petrografía básica*. Madrid: Paraninfo.
- Castro, A. (2015). *Petrografía de rocas ígneas y metamórficas*. Madrid, España: Paraninfo.
- Castroviejo, R. (1998). *Fundamentos de la petrología*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Chavez, C., Roddaz, M., E.L, D., & Ventura Roberto, A. A. (2022). Provenance of the Middle Jurassic-Cretaceous sedimentary rocks of the Arequipa Basin (South Peru) and

- implications for the geodynamic evolution of the Central Andes. *Gondwana Research* 101, 59–76.
- Chirif, H. (2010). *Microscopía óptica de minerales*. Lima: INGEMMET, Boletín N° 1 Serie J Tópicos de Geología, 1, 118p.
- Costa, F., Dohmen, R., & Chakraborty, S. (2008). Time scales of magmatic processes from modeling the zoning patterns of crystals. *Mineralogy and Geochemistry*, 545–594 p.
- Couch, S., Sparks, R., & Carroll, M. (2001). Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magmatic chambers. *Nature*, 411(6841), 1037–1039.
- Cullers, R. L. (1998). Magmatic processes basalt basalt tectonic tholeiitic. *Geochemistry. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht*, 373-379.
- Davidson, J., & Tepley III, F. (1997). Recharge in volcanic systems: evidence from isotope profiles of phenocrysts. *Science* 275 (5301), 826-829.
- De Angelis, S., Larsen, J., Coombs, M., Dunn, A., & Hayden, L. (2015). Amphibole reaction rims as a record of pre-eruptive magmatic heating: An experimental approach. *Earth and Planetary Science Letters* 426, 235–245.
- de Silva, S., & Francis, P. (1991). *Volcanoes of the Central Andes*. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag., 216 pp.
- Ehlers, E., & Blatt, H. (1982). *Petrology: Igneous, sedimentary, and metamorphic*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Flemming, B. (2011). Geology, morphology and sedimentology of estuaries and coasts. *Treatise of estuarine and coastal science, volume 3/ Chapter 2*, 7- 38 p.
- Francis, P. (1994). *Volcanoes a planetary perspective: Oxford University Press*. New York: 443 p.
- Gallardo, F. (2023). *Texturas Igneas: Características, ocurrencia y minerales asociados*. Universidad de Chile: Departamento de geología, Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas.
- Garcia, M., & Jacobsen, S. (1979). Crystal clots, amphibole fractionation, and the evolution of calc-alkaline magmas. *Contrib. Mineral. Petrol.* 69, 319–327.
- Ginibre, C., Kronz, A., & Wörner, G. (2002a). High-resolution quantitative imaging of plagioclase composition using accumulated backscattered electron images new constraints on oscillatory zoning. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142, 436-448.
- Humphreys, M., Blundy, J., & Sparks, S. (2006). Magma evolution and open-system processes at Shiveluch volcano: insights from phenocryst zoning. *Journal of Petrology* 47 (12), 2303-2334.
- Ikeda, S., Toriumi, M., Yoshida, H., & Shimizu, I. (2002). Experimental study of the textural development of igneous rocks in the late stage of crystallization: the importance of interfacial energies under non-equilibrium conditions. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142, 397-415.

- INGEMMET. (2012). En *Estudio Geoambiental en la Cuenca Quilca-Victor-Chili*. Arequipa.
- INGEMMET. (2015). Guía para la elaboración de mapas y boletines de la Carta Geológica Nacional. *Dirección de Geología Regional (DGR)*, 352 p.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (1995). Geología del Perú – [Boletín 55 A]. *Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 55*, 178p.
- James, D., & Brooks, C. (1976). Preliminary Rb-Sr data on the minimum age of the central Andean Precambrian basement complex. *Carnegie Inst. Washington Yearb.*, 75p.
- Jenks, W. (1948). Geología de la hoja de Arequipa al 200000. *Boletín. Vol. 9 Carta Nacional, Lima*, 250 p.
- Larrea, M., Castro, S., & Ernesto, B. (2014). A software solution for point counting. Petrographic thin section analysis as a case study. *Arab J Geosci* 7, 2981–2989.
- Le bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., & Zanettin, B. (1986). A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology, Volume 27, Issue 3*, 745-750.
- LE MAITRE, R. W. (2002). Igneous rocks: A classification and glossary of terms. *Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, 2nd ed.*, 367-367.
- León, I. (1981). Antecedentes sedimentológicos sobre el Jurásico-Cretácico inferior del sector de Yura (Departamento de Arequipa). (*Tesis Bachiller*). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- MacDonald, G. (1972). *Volcanoes*. New Jersey.
- Mackenzie, W., Donaldson, C., & Guilford, C. (1996). *Atlas de rocas ígneas y sus texturas*. Longman Scientific & Leitz: Wetzlar: 115p.
- Mamani, M. W. (2010). Geochemical variation in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. *Geological Society of America Bulletin*, 122(1-2): 162-182.
- Mariño, J., Rivera, M., Thouret, J., & Macedo, L. (2016). *Geología y mapa de peligros del volcán Misti*. INGEMMET. Lima: Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- Marsh, B. D. (2015). Magma Chambers. En B. H. Haraldur Sigurdsson, *The Encyclopedia of Volcanoes* (pág. 1423). London: Academic Press.
- Mason, B., & Moore, C. (1982). *Principles of geochemistry*. New York: John Wiley & Sons, 344 p.
- Middlemost, E. (1989). Magmatic differentiation. *Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Boston, MA., https://doi.org/10.1007/0-387-30845-8_131.
- Miwa, T., & Geshi, N. (2012). Decompression rate of magma at fragmentation: inference from broken crystals in pumice of vulcanian eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 227-228, 76-84.
- Morgavi, D., Arienzo, I., Montagna, C., Perugini, D., & Dingwell, D. (2017). Magma mixing: History and dynamics of an eruption trigger. *Volcanic Unrest: From Science to Society : Cham, Switzerland, Springer*, 123–137 p.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

- Murphy, M. D., Sparks, R. S., Barclay, J., Carroll, M. R., & Brewer, T. S. (2000). Remobilization of andesite magma by intrusion of mafic magma at the Soufriere Hills Volcano, Montserrat, West Indies. *Journal of Petrology*, 41, 21–42 p.
- Murphy, M. D., Sparks, R. S., Barclay, J., Carroll, M. R., Lejeune, A. M., Brewer, T. S., . . . Young, S. (1998). The role of magma mixing in triggering the current eruption at the Soufriere Hills volcano, Montserrat, West Indies. *Geophysical Research Letters* 25,, 3433–3436 p.
- Myers, B., Brantley, S., & Stauffer, P. H. (1997). ¿Cuales son las amenazas o peligros volcanicos? *U.S. Geological Survey Fact Sheet 144–00*, 2p.
- NASA. (2019). (*National Aeronautics and Space Administration*), *¿Qué es un Volcán?* Obtenido de Obtenido de NASA Science space place: <https://spaceplace.nasa.gov/volcanoes2/en/>
- Nelson, S. (30 de Jan de 2012). *Petrology*. Obtenido de <https://www2.tulane.edu/~sanelson/eens212/magmadiff.htm>
- Nelson, S., & Montana, A. (1992). Sieve-textured plagioclase in volcanic rocks pro-. *American Mineralogist* 77, 1242-1249.
- Palacios, C. (2023). Tufo Yura C.A. 1.02 Ma: Estratigrafía preliminar de la ignimbrita más reciente de la cuenca de Arequipa. *Congreso XXI Peruano de Geología* , 7 p.
- Paquereau-Lebti, P., Fornari, M., Roperch, P., Thouret, J.-C., & Macedo, O. (2008). Paleomagnetic, magnetic fabric properties, and ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, of Neogene - Quaternary ignimbrites in the Arequipa area, Southern Peru. Flow directions and implications for the emplacement mechanisms. *Bull. Volcanol*, 70, 977–997.
- Paquereau-Lebti, P., Thouret, J., Wörner, G., & Fornari, M. (2006). Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa, Southern Peru: Stratigraphical and petrological correlations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 154(3-4): 251–275.
- Ramos, V. (2008). The basement of the Central Andes: the Arequipa and related terranes. *Annu. Rev. Earth Planet*, 289-342.
- Renjith, M. (2014). Micro-textures in plagioclase from 1994e1995 eruption, Barren Island Volcano: Evidence of dynamic magma plumbing system in the Andaman subduction zone. *Geoscience frontiers*, 14 p.
- Rutherford, M., & Hill, P. (1993). Magma ascent rates from amphibole breakdown: n experimental study applied to the 1980–1986 Mount St. Helens Eruptions. *J. Geophys. Res.* 98 (B11), 19667–19685.
- Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: ditorial Mc Graw Hill Education, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
- Schwindinger, K. (1999). article dynamics and aggregation of crystals in a magma chamber with application to Kilauea Iki olivines. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 88, 209-238.
- Servicio Geológico Mexicano. (2020). *Petrografía*. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

- Shea, T., Houghton, B., Gurioli, L., Cashman, K., Hammer, J., & B, H. (2010). Textural studies of vesicles in volcanic rocks: An integrated methodology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 271-289.
- Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., & J, S. (2015). *The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition)*. U.S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC, USA.
- Streck, M. (2008). Mineral Textures and Zoning as Evidence for Open System Processes. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. 69*, 595-622,.
- Streckeisen, A. (1978). 8: IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitite rocks. *Neu. Jb. Mineral., Abh*, 134, 1 – 14.
- Suaña, E. (2012). *Evolución tefroestratigráfica, petrológica y geoquímica del complejo volcánico Chachani*. Arequipa – Perú.
- Sun, S., & McDonough, W. (1989). *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. En: Saunders, A.D. & Norry, M.J.* London: Geological Society, Special Paper, 42, p. : Magmatism in the ocean basins.
- Terry, R., & Chilingar, G. (1955). Summary of "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations," by M. S. Shvetsov. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 25, issue 3, 229-234 p.
- Thouret, J.-C., Finizola, A., Fornari, M., Legeley-Padovani, A., Suni, J., & Frechen, M. (2001). Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. *Geol Soc Amer Bull* 113, 12:, p. 1593–1610.
- Thouret, J.-C., Jicha, B., Paquette, J.-L., & Cubukcu, E. (2016). A 25 myr chronostratigraphy of ignimbrites in south Peru: implications for the volcanic history of the Central Andes. *J. Geol. Soc. Lond.* , 173, 734–756.
- Toramaru, A., Noguchi, S., Oyoshihara, S., & Tsune, A. (2008). MND (microlite number density) water exsolution rate meter. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 175, 156-167.
- Torres, P. (2008). Dominios litológicos del Macizo de Arequipa, sur del Perú. *XIV Congreso Peruano de Geología*, 6 p.
- Toselli, A. (2010). Elementos básicos de la petrología ígnea. *Instituto superior de correlación geológica (INSUGEO)*, 344 p.
- Tsuchiyama, A. (1985). Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albite-anorthite, and origin of dusty plagioclase in andesites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 89 (1), 1-16.
- Úbeda, J. (2011). *El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico nevado Coropuna, (Cordillera occidental de los Andes Centrales)*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Vargas, L. (1970). Geología del cuadrángulo de Arequipa - [Boletín A 24]. *INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 24*, 79p.

“EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA”

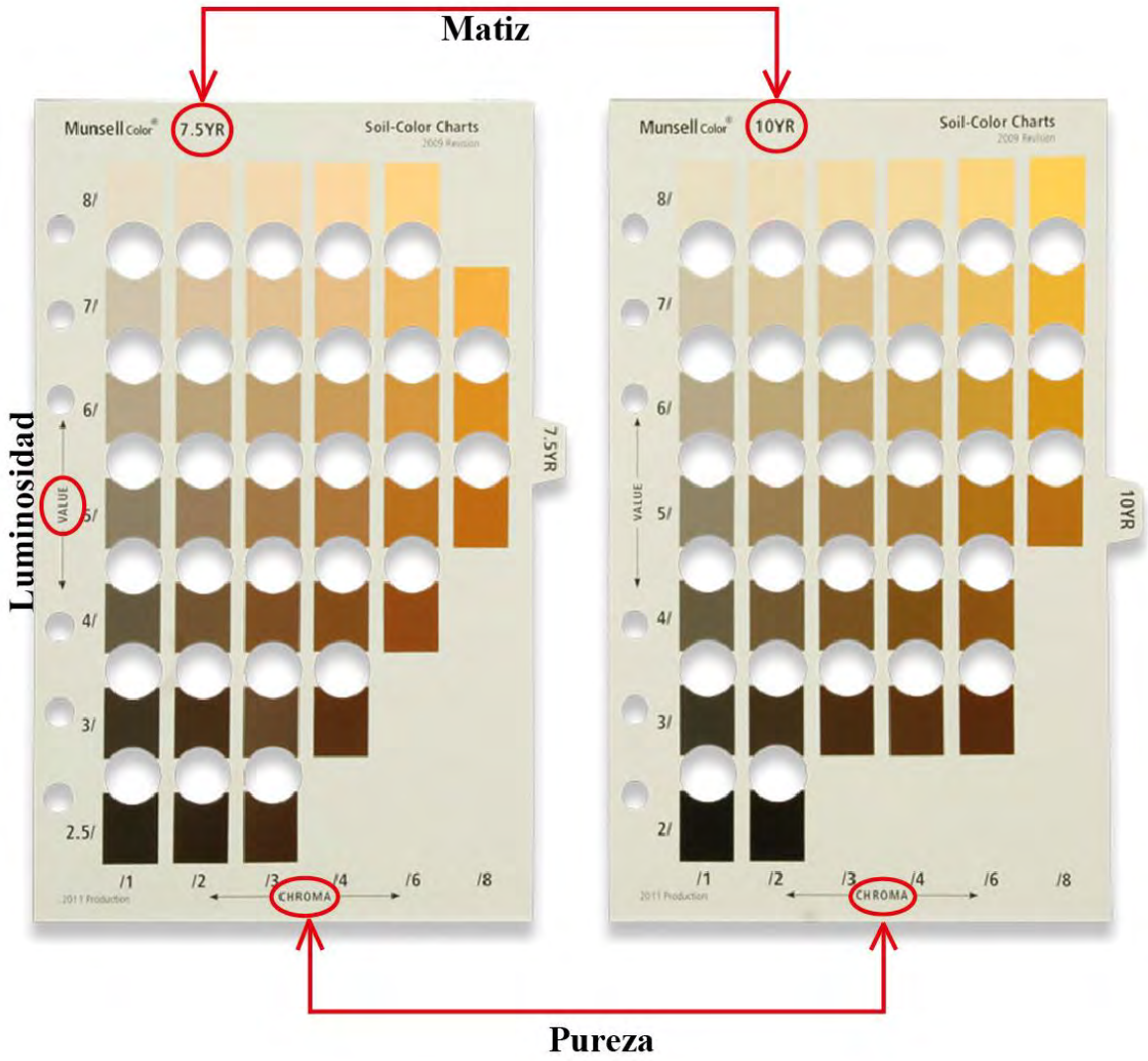
- Vásquez, H. (2023). Petrografía de las rocas volcánicas entre los centros poblados de Carhuaquero y Quinuayoc, distrito de Chetilla-Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 169.
- Viccaro, M., Giacomoni, P., Ferlito, C., & Cristofolini, R. (2010). Dynamics of magma supply at Mt. Etna volcano (Southern Italy) as revealed by textural and compositional features of plagioclase phenocrysts. *Lithos* 116 (1-2), 77-91.
- Vicente, J., Beaudoin, B., Chavez, A., & Leon, I. (1982). La cuenca de Arequipa (Sur Perú) durante el Jurásico-Cretácico inferior. . *5to Congreso Latinoamericano de Geología, Buenos-Aires*, 121-153 p.
- Vicente, J.C. (1981). Elementos de la estratigrafía Mesozoica Sur-Peruana. *in: Cuencas sedimentarias Del Jurásico y Cretácico de América Del Sur, Comité Sudamericano Del Jurásico-Cretácico*, 319-351.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá, Colombia, 1991: Subdirección de docencia e investigación – CIAP.
- Wilson, M. (1986). *Igneous petrogenesis*. Unwyn Hyman, London.

ANEXOS I
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>1. ¿Cómo fue la evolución petrográfica y geoquímica del complejo volcánico Chachani?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>1. Caracterizar petrográficamente y geoquímicamente las muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos para determinar la evolución del complejo volcánico Chachani.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>1. La caracterización petrográfica, geoquímica de las rocas y/o productos emitidos, permiten determinar los procesos volcánicos asociados a la evolución del complejo volcánico Chachani.</p>	<p>Variables independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Petrografía • Geoquímica 	<p>Enfoque de investigación</p> <p>Mixta: Porque se obtienen características de los minerales (cualitativo) y se determinará porcentajes (cuantitativo).</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>1. ¿Cuál es la composición mineralógica en los productos emitidos por el complejo volcánico Chachani?</p> <p>2. ¿Cuáles son las texturas minerales para identificar el proceso evolutivo del Chachani?</p> <p>3. ¿Cuál es la clasificación mineralógica modal de las muestras del complejo volcánico Chachani?</p> <p>4. ¿Existe una variación temporal en la composición química de los magmas que formaron el complejo volcánico Chachani?</p> <p>5. ¿Cómo fue la evolución del complejo volcánico Chachani</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>1. Determinar la composición mineralógica en las secciones delgadas de muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.</p> <p>2. Identificar las texturas mineralógicas en las secciones delgadas de las muestras de roca y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.</p> <p>3. Clasificar modalmente las rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.</p> <p>4. Determinar la geoquímica de roca total en muestras representativas a lo largo la actividad eruptiva del complejo volcánico Chachani.</p> <p>5. Conocer la evolución del complejo volcánico Chachani.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>1. La determinación de la composición mineralógica en las secciones delgadas de muestras representativas de rocas y/o productos volcánicos del complejo volcánico Chachani.</p> <p>2. La identificación de las texturas que poseen los minerales en las secciones delgadas del complejo volcánico Chachani.</p> <p>3. La clasificación modal de las muestras de rocas y/o productos volcánicos a partir de la composición mineralógica.</p> <p>4. La determinación de la composición química de las muestras representativas a lo largo la actividad eruptiva del complejo volcánico Chachani.</p> <p>5. Los procesos magmáticos identificados en los estudios petrográficos y geoquímicos permiten conocer la evolución del complejo volcánico Chachani.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Evolución magmática</p>	<p>Nivel de investigación</p> <p>Descriptivo porque se busca la caracterización petrográfica y geoquímica con la identificación de características cualitativas y cuantitativas de los minerales de las muestras representativas del complejo volcánico Chachani.</p>
<p>Justificación</p> <p>En el complejo volcánico Chachani, aún no se ha realizado estudios petrográficos a detalle, encontrándose solo descripciones de flujos de lava (Suaña, 2012; Aguilar R., 2015 & 2022).</p> <p>a) Conveniencia. Esta tesis permitió obtener descripciones petrográficas de todos los depósitos del Chachani permitiendo entender mejor la evolución del complejo</p> <p>b) Relevancia. Este estudio servirá de herramienta para entender los procesos geológicos relacionados a las erupciones, y su aplicación a la gestión de riesgos volcánicos.</p> <p>c) Implicancia práctica. Este estudio servirá para comprender las erupciones pasadas y definir mejor los escenarios de una posible erupción futura del Chachani.</p> <p>d) Valor teórico. El estudio, consistió de la identificación mineralógica, textural, ensamble mineralógico; contrastada por la geoquímica de roca total, siendo de utilidad para estudios futuros más especializados.</p>				<p>Método de investigación</p> <p>Inductivo, porque a partir de la mineralogía, texturas, composición química (hechos particulares) podemos inferir los procesos magmáticos (conclusiones generales) que ocurrieron durante la evolución del complejo volcánico Chachani.</p>
				<p>Diseño de investigación</p> <p>Es transversal porque se realizará en un determinado periodo de tiempo, en este caso fue el año 2023 y 2024.</p>

ANEXOS II
TABLA MUNSELL PARA DETERMINAR EL COLOR DE
LAS ROCAS

}



ANEXOS III
FORMATOS PETROGRÁFICOS

Tabla 1. Lavas basales Chachani

CHA-18-29

Tabla 1.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	13.1	10.9	17.5	15.9	6.6	17.5	13.6	14
	Anfibol	1.2	0.3	3.1	0.6	0.7	2.1	1.3	1
	Piroxeno	3.0	2.4	1.7	4.4	7.8	1.7	3.5	4
	Matriz	73.9	71.7	66.0	63.9	61.7	61.4	66.4	66
	Vesículas	8.8	14.8	11.6	15.3	23.2	17.3	15.2	15
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 1.3. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	14.4	12.7	19.8	18.8	8.6	21.2	21.2	8.6
	Anfibol	1.3	0.3	3.6	0.6	0.8	2.5	3.6	0.3
	Piroxeno	3.3	2.8	2.0	5.2	10.1	2.1	10.1	2.0
	Matriz	81.0	84.1	74.7	75.4	80.4	74.2	84.1	74.2
Total		100	100	100	100	100	100		

CHA-19-08

Tabla 1.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	8.0	8.1	4.9	8.8	6.2	4.1	6.7	7
	Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Piroxeno	4.3	5.3	3.5	3.9	1.7	10.6	4.9	5
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	63.8	57.5	64.1	61.8	65.1	62.3	62.4	62
	Vesículas	23.9	29.1	27.4	25.5	26.9	23.1	26.0	26
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 1.7. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	10.5	11.4	6.8	11.9	8.5	5.3	11.9	5.3
	Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Piroxeno	5.6	7.5	4.9	5.2	2.4	13.7	13.7	2.4
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Matriz	83.9	81.1	88.4	83.0	89.1	80.9	89.1	80.9
Total		100	100	100	100	100	100		

Tabla 1.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	91.2	85.2	88.4	84.7	76.8	82.7	91.2	76.8
Vesículas	8.8	14.8	11.6	15.3	23.2	17.3	23.2	8.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 1.4. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	19.0	15.9	25.3	24.6	19.6	25.8	25.8	15.9
Matriz	81.0	84.1	74.7	75.4	80.4	74.2	84.1	74.2
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 1.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	76.1	70.9	72.6	74.5	73.1	76.9	76.9	70.9
Vesículas	23.9	29.1	27.4	25.5	26.9	23.1	29.1	23.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 1.8. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	16.1	18.9	11.6	17.0	10.9	19.1	19.1	10.9
Matriz	83.9	81.1	88.4	83.0	89.1	80.9	89.1	80.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 2. EDIFICIO CHINGANA

CHA-18-121A

Tabla 2.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	8.0	7.6	6.2	6.3	7.2	9.8	7.5	8
		Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Piroxeno	1.7	1.6	1.6	3.1	0.6	1.6	1.7	2
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	74.2	49.7	54.8	74.8	49.9	51.3	59.1	59	
Vesículas		16.1	41.1	37.4	15.8	42.3	37.3	31.7	31	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 2.3. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	9.5	12.9	9.9	7.5	12.5	15.6	15.6	7.5
		Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Piroxeno	2.0	2.7	2.6	3.7	1.0	2.6	3.7	1.0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Matriz	88.4	84.4	87.5	88.8	86.5	81.8	88.8	81.8	
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	

CHA-18-121B

Tabla 2.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	11.5	5.6	6.5	5.0	7.3	7.6	7.3	7
		Anfibol	1.5	3.0	2.7	1.3	1.7	2.7	2.2	2
		Piroxeno	0.0	0.7	0.2	0.0	0.2	1.0	0.4	Traza
		Biotita	0.0	0.0	0.2	0.5	0.4	0.0	0.2	Traza
	Matriz	54.9	46.4	50.5	46.8	55.4	53.8	51.3	52	
Vesículas		32.1	44.3	39.9	46.4	35.0	34.9	38.8	39	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 2.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	83.9	58.9	62.6	84.2	57.7	62.7	84.2	57.7
Vesículas	16.1	41.1	37.4	15.8	42.3	37.3	42.3	15.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 2.4. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	11.6	15.6	12.5	11.2	13.5	18.2	18.2	11.2
Matriz	88.4	84.4	87.5	88.8	86.5	81.8	88.8	81.8
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 2.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	67.9	55.7	60.1	53.6	65.0	65.1	67.9	53.6
Vesículas	32.1	44.3	39.9	46.4	35.0	34.9	46.4	32.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 2.7. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	16.9	10.1	10.8	9.3	11.2	11.7	16.9	9.3
		Anfibol	2.2	5.4	4.5	2.4	2.6	4.1	5.4	2.2
		Piroxeno	0.0	1.3	0.3	0.0	0.3	1.5	1.5	0.0
		Biotita	0.0	0.0	0.3	0.9	0.6	0.0	0.9	0.0
		Matriz	80.9	83.3	84.0	87.3	85.2	82.7	87.3	80.9
Total		100	100	100	100	100	100			

CHA-18-90

Tabla 2.9. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	25.1	23.3	26.5	19.2	22.2	23.0	23.2	23
		Anfibol	1.0	2.8	1.2	4.9	2.2	2.6	2.5	2
		Piroxeno	0.8	1.3	1.4	2.1	1.8	2.9	1.7	2
		Biotita	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	72.9	72.6	70.9	73.8	73.8	71.5	72.6	73
Vesículas								0.0	0	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-91

Tabla 2.11. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	1.7	1.2	2.4	1.3	1.4	1.1	1.5	2
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	-
		Piroxeno	0.4	0.0	0.8	0.0	0.4	0.5	0.4	Traza
		Olivino	1.1	1.4	0.7	0.3	0.0	1.0	0.8	1
		Matriz	96.8	97.4	96.1	98.4	97.9	97.4	97.3	97
Vesículas								0.0	0	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 2.8. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	19.1	16.7	16.0	12.7	14.8	17.3	19.1	12.7
Matriz	80.9	83.3	84.0	87.3	85.2	82.7	87.3	80.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 2.10. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	27.1	27.4	29.1	26.2	26.2	28.5	29.1	26.2
Matriz	72.9	72.6	70.9	73.8	73.8	71.5	73.8	70.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 2.12. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	3.2	2.6	3.9	1.6	2.1	2.6	3.9	1.6
Matriz	96.8	97.4	96.1	98.4	97.9	97.4	98.4	96.1
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 3. EDIFICIO NOCARANE

CHA-18-59

Tabla 3.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	4.7	6.5	4.9	5.5	5.7	2.6	5.0	5
		Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Piroxeno	2.1	0.9	0.7	1.4	1.9	0.8	1.3	1
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	35.3	29.8	30.1	31.0	36.8	29.4	32.1	32
Vesículas		57.9	62.8	64.3	62.1	55.6	67.2	61.7	62	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.3. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	11.2	17.5	13.7	14.5	12.8	7.9	17.5	7.9
		Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Piroxeno	5.0	2.4	2.0	3.7	4.3	2.4	5.0	2.0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Matriz	83.8	80.1	84.3	81.8	82.9	89.6	89.6	80.1
Total		100	100	100	100	100	100			

CHA-18-68

Tabla 3.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	3.1	3.9	1.7	4.5	6.4	3.2	3.8	4
		Anfibol	1.2	0.6	0.8	0.3	0.5	0.6	0.7	Traza
		Piroxeno	0.0	1.7	0.6	1.1	2.6	0.3	1.1	1
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	40.2	39.2	42.6	38.7	38.8	38.0	39.6	40
Vesículas		55.5	54.6	54.3	55.4	51.7	57.9	54.9	55	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.7. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	7.0	8.6	3.7	10.1	13.3	7.6	13.3	3.7
		Anfibol	2.7	1.3	1.8	0.7	1.0	1.4	2.7	0.7
		Piroxeno	0.0	3.7	1.3	2.5	5.4	0.7	5.4	0.0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Matriz	90.3	86.3	93.2	86.8	80.3	90.3	93.2	80.3
Total		100	100	100	100	100	100			

Tabla 3.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	42.1	37.2	35.7	37.9	44.4	32.8	44.4	32.8
Vesículas	57.9	62.8	64.3	62.1	55.6	67.2	67.2	55.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 3.4. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	16.2	19.9	15.7	18.2	17.1	10.4	19.9	10.4
Matriz	83.8	80.1	84.3	81.8	82.9	89.6	89.6	80.1
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 3.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	44.5	45.4	45.7	44.6	48.3	42.1	48.3	42.1
Vesículas	55.5	54.6	54.3	55.4	51.7	57.9	57.9	51.7
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 3.8. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	9.7	13.7	6.8	13.2	19.7	9.7	19.7	6.8
Matriz	90.3	86.3	93.2	86.8	80.3	90.3	93.2	80.3
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-73

Tabla 3.9. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	4.4	4.4	4.2	4.1	3.1	8.8	4.8	5
		Anfibol	1.7	3.0	1.3	2.0	2.4	2.4	2.1	2
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	1.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	Traza
		Matriz	36.6	37.5	36.3	40.0	33.4	28.1	35.3	35
Vesículas		56.3	55.1	57.9	53.9	61.1	60.7	57.5	58	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.11. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	10.1	9.8	10.0	8.9	8.0	22.4	22.4	8.0
		Anfibol	3.9	6.7	3.1	4.3	6.2	6.1	6.7	3.1
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Biotita	2.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
		Matriz	83.8	83.5	86.2	86.8	85.9	71.5	86.8	71.5
Total		100	100	100	100	100	100			

CHA-18-76

Tabla 3.13. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	1.3	0.2	0.7	2.0	1.0	7.6	2.1	2
		Anfibol	1.6	1.0	2.9	0.3	0.8	0.9	1.3	1
		Piroxeno	0.0	1.0	0.4	0.0	0.3	0.4	0.4	Traza
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	34.0	31.0	32.0	28.2	26.8	25.8	29.6	30
Vesículas		63.1	66.8	64.0	69.5	71.1	65.3	66.6	67	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.15. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	3.5	0.6	1.9	6.6	3.5	21.9	21.9	0.6
		Anfibol	4.3	3.0	8.1	1.0	2.8	2.6	8.1	1.0
		Piroxeno	0.0	3.0	1.1	0.0	1.0	1.2	3.0	0.0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Matriz	92.1	93.4	88.9	92.5	92.7	74.4	93.4	74.4
Total		100	100	100	100	100	100			

Tabla 3.10. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	43.7	44.9	42.1	46.1	38.9	39.3	46.1	38.9
Vesículas	56.3	55.1	57.9	53.9	61.1	60.7	61.1	53.9
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 3.12. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	16.2	16.5	13.8	13.2	14.1	28.5	28.5	13.2
Matriz	83.8	83.5	86.2	86.8	85.9	71.5	86.8	71.5
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 3.14. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	36.9	33.2	36.0	30.5	28.9	34.7	36.9	28.9
Vesículas	63.1	66.8	64.0	69.5	71.1	65.3	71.1	63.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 3.16. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	7.9	6.6	11.1	7.5	7.3	25.6	25.6	6.6
Matriz	92.1	93.4	88.9	92.5	92.7	74.4	93.4	74.4
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-82

Tabla 3.17. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	11.3	14.3	16.8	18.3	20.7	17.7	16.5	17
		Anfibol	2.3	4.9	1.4	2.2	0.9	2.9	2.4	3
		Piroxeno	3.9	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	1.1	1
		Biotita	0.0	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	Traza
		Cuarzo	1.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.4	Traza
		Matriz	80.9	79.1	80.0	78.8	78.4	79.4	79.4	79
Vesículas		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.18. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	19.1	20.9	20.0	21.2	21.6	20.6	21.6	19.1
Matriz	80.9	79.1	80.0	78.8	78.4	79.4	80.9	78.4
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-83

Tabla 3.19. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	24.2	21.2	7.4	21.4	19.5	30.7	20.7	21
		Anfibol	6.7	5.3	6.0	3.4	0.9	2.6	4.2	4
		Piroxeno	0.2	0.5	0.0	3.8	0.0	0.0	0.8	1
		Biotita	2.2	1.7	2.9	2.4	10.6	3.1	3.8	4
		Matriz	19.8	20.9	22.4	32.2	14.5	2.3	18.7	18
		Vidrio volcánico	46.9	50.4	61.3	36.8	54.5	61.3	51.9	52
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.20. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	33.3	28.7	16.3	31.0	31.0	36.4	36.4	16.3
Matriz	66.7	71.3	83.7	69.0	69.0	63.6	83.7	63.6
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-19-33

Tabla 3.21. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	20.2	22.4	12.9	15.4	13.0	11.9	16.0	16
		Anfibol	2.3	2.9	7.4	4.1	4.9	5.2	4.5	5
		Piroxeno	0.0	0.5	1.1	0.0	0.3	0.0	0.3	Traza
		Biotita	6.9	0.0	0.0	1.5	1.5	2.6	2.1	2
		Cuarzo	0.0	0.5	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	Xenolito
		Matriz	70.6	73.7	78.6	78.9	80.2	80.0	77.0	77
Vesículas		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 3.22. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	29.4	26.3	21.4	21.1	19.8	20.0	29.4	19.8
Matriz	70.6	73.7	78.6	78.9	80.2	80.0	80.2	70.6
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4. EDIFICIO ESTRIBO

CHA-18-110

Tabla 4.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	2.5	2.8	3.7	2.1	2.3	1.8	2.5	2
		Anfibol	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	4.7	0.9	1
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	97.5	97.2	96.1	97.4	97.7	93.5	96.6	97
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-33

Tabla 4.3. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	4.3	4.3	2.8	6.3	2.9	5.9	4.4	4
		Anfibol	0.9	0.0	0.8	0.0	2.9	0.0	0.8	1
		Piroxeno	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	Traza
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	94.6	95.7	96.4	93.7	94.0	94.0	94.7	95
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-102

Tabla 4.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	1.4	0.5	0.1	0.9	0.2	0.3	0.6	1
		Anfibol	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.1	Traza
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Vidrio volcánico	36.5	38.5	21.7	32.4	28.6	38.6	32.7	33
Vesículas	62.1	61.0	78.0	66.7	71.2	60.6	66.6	66		
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 4.7. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	3.7	1.3	0.5	2.7	0.7	0.8	3.7	0.5
		Anfibol	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.3	1.3	0.0
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Vidrio volcánico	96.3	98.7	98.6	97.3	99.3	98.0	99.3	96.3
Total		100	100	100	100	100	100			

Tabla 4.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	2.5	2.8	3.9	2.6	2.3	6.5	6.5	2.3
Matriz	97.5	97.2	96.1	97.4	97.7	93.5	97.7	93.5
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.4. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	5.4	4.3	3.6	6.3	6.0	6.0	6.3	3.6
Matriz	94.6	95.7	96.4	93.7	94.0	94.0	96.4	93.7
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	37.9	39.0	22.0	33.3	28.8	39.4	39.4	22.0
Vesículas	62.1	61.0	78.0	66.7	71.2	60.6	78.0	60.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

Tabla 4.8. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	3.7	1.3	1.4	2.7	0.7	2.0	3.7	0.7
Vidrio volcánico	96.3	98.7	98.6	97.3	99.3	98.0	99.3	96.3
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-19-10

Tabla 4.9. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	10.4	7.4	10.0	6.9	10.8	13.4	9.8	10
	Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Piroxeno	0.8	5.8	0.4	0.0	1.1	0.1	1.4	1
	Olivino	0.6	0.7	1.5	1.2	1.3	1.1	1.1	1
	Matriz (microlitos + v)	39.3	37.0	47.2	39.1	35.9	35.0	38.9	39
	Vesículas	48.9	49.1	40.9	52.8	50.9	50.4	48.8	49
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 4.11. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales	Cristales								
	Plagioclasa	20.3	14.5	16.9	14.6	22.0	27.0	27.0	14.5
	Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Piroxeno	1.6	11.4	0.7	0.0	2.2	0.2	11.4	0.0
	Olivino	1.2	1.4	2.5	2.5	2.6	2.2	2.6	1.2
	Matriz (microlitos + v)	76.9	72.7	79.9	82.8	73.1	70.6	82.8	70.6
Total		100	100	100	100	100	100	100	100

CHA-18-36

Tabla 4.13. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales	Fenocristales								
	Plagioclasa	3.4	5.8	2.3	3.8	2.8	2.9	3.5	4
	Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	Traza
	Piroxeno	0.3	0.7	0.2	0.7	0.5	0.2	0.4	Traza
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	60.9	54.9	61.6	58.8	53.2	50.7	56.7	57
	Vesículas	35.4	38.6	35.9	36.7	43.4	46.1	39.4	39
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 4.10. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra	51.1	50.9	59.1	47.2	49.1	49.6	59.1	47.2
Vesículas	48.9	49.1	40.9	52.8	50.9	50.4	52.8	40.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.12. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	23.1	27.3	20.1	17.2	26.9	29.4	29.4	17.2
Matriz (microlitos + vd)	76.9	72.7	79.9	82.8	73.1	70.6	82.8	70.6
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.14. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra	64.6	61.4	64.1	63.3	56.6	53.9	64.6	53.9
Vesículas	35.4	38.6	35.9	36.7	43.4	46.1	46.1	35.4
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.15. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Cristales	Plagioclasa	5.3	9.4	3.6	6.0	4.9	5.4	9.4	3.6
		Anfibol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0
		Piroxeno	0.5	1.1	0.3	1.1	0.9	0.4	1.1	0.3
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Matriz	94.3	89.4	96.1	92.9	94.0	94.0	96.1	89.4	
Total		100	100	100	100	100	100			

CHA-18-35

Tabla 4.17. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	2.1	2.0	1.8	1.1	0.9	3.4	1.9	2
		Anfibol	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0	0.4	0.2	Traza
		Piroxeno	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	Traza
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	97.9	98.0	97.5	98.6	98.9	96.2	97.9	98	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-87

Tabla 4.19. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	16.8	10.9	12.5	16.3	8.4	12.2	12.9	13
		Anfibol	3.6	4.8	7.4	4.2	5.6	10.0	5.9	6
		Piroxeno	0.1	0.4	0.0	0.0	2.2	0.0	0.5	Traza
		Biotita	0.0	3.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.8	Traza
	Matriz	79.5	80.2	79.0	79.5	83.8	77.8	80.0	81	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 4.16. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Cristales	5.7	10.6	3.9	7.1	6.0	6.0	10.6	3.9
Matriz	94.3	89.4	96.1	92.9	94.0	94.0	96.1	89.4
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.18. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	2.1	2.0	2.5	1.4	1.1	3.8	3.8	1.1
Matriz	97.9	98.0	97.5	98.6	98.9	96.2	98.9	96.2
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 4.20. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	20.5	19.8	21.0	20.5	16.2	22.2	22.2	16.2
Matriz	79.5	80.2	79.0	79.5	83.8	77.8	83.8	77.8
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 5. DOMOS EL COLORADO

CHA-18-72

Tabla 5.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	16.1	10.1	10.4	25.4	8.6	8.7	13.2	13
		Anfibol	6.2	5.3	7.1	11.4	8.1	4.8	7.2	7
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.3	Traza
		Biotita	1.4	1.2	1.2	0.0	2.4	1.4	1.3	1
		Matriz	52.6	57.7	56.1	40.4	51.2	61.5	53.3	54
Vidrio volcánico		23.7	25.7	25.2	22.8	29.7	21.6	24.8	25	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-80

Tabla 5.3. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	6.3	1.8	11.3	11.2	8.3	4.2	7.2	7
		Anfibol	4.2	6.2	4.1	8.5	3.5	5.2	5.3	5
		Piroxeno	0.5	0.5	0.1	0.0	0.3	3.0	0.7	1
		Biotita	0.0	0.2	0.0	0.4	0.3	0.1	0.2	Traza
		Matriz	89.0	91.3	84.5	79.9	87.6	87.5	86.6	87
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 5.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	23.7	16.6	18.7	36.8	19.1	16.9	36.8	16.6
Matriz (Microlitos+ vd)	76.3	83.4	81.3	63.2	80.9	83.1	83.4	63.2
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 5.4. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	11.0	8.7	15.5	20.1	12.4	12.5	20.1	8.7
Matriz (Microlitos+ vd)	89.0	91.3	84.5	79.9	87.6	87.5	91.3	79.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 6. EDIFICIO EL ÁNGEL

CHA-19-37

Tabla 6.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	16.1	30.8	13.9	38.7	25.3	17.4	23.7	24
		Anfibol	6.9	3.7	7.4	4.7	8.1	8.0	6.5	7
		Piroxeno	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0
		Biotita	2.8	0.4	2.0	0.2	0.3	1.9	1.3	1
		Matriz	74.2	65.0	76.7	56.4	66.0	72.7	68.5	68
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-119

Tabla 6.3. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	48.5	34.1	32.2	15.0	7.9	45.8	30.6	30
		Anfibol	3.4	1.8	4.1	5.0	6.5	0.9	3.6	4
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	0.7	4.0	0.0	4.0	0.3	2.6	1.9	2
		Matriz	47.5	60.1	63.7	76.0	85.3	50.7	63.9	64
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-93

Tabla 6.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	20.0	25.3	40.4	9.4	29.1	12.7	22.8	23
		Anfibol	7.1	4.5	2.1	8.7	11.3	4.8	6.4	6
		Piroxeno	0.0	0.0	0.2	0.1	1.2	0.8	0.4	Traza
		Biotita	2.3	4.4	0.6	1.0	1.7	1.9	2.0	2
		Matriz	70.6	65.8	56.7	80.8	56.7	79.8	68.4	69
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

CHA-18-89

Tabla 6.7. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	13.6	37.2	46.5	31.0	24.7	38.4	31.9	32
		Anfibol	8.3	5.0	7.8	6.3	6.7	6.4	6.8	7
		Piroxeno	4.5	0.5	0.5	1.4	3.4	0.8	1.9	2
		Biotita	0.5	0.2	1.9	0.5	1.1	0.5	0.8	1
		Matriz	73.1	57.1	43.3	60.8	64.1	53.9	58.7	58
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 6.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	25.8	35.0	23.3	43.6	34.0	27.3	43.6	23.3
Matriz	74.2	65.0	76.7	56.4	66.0	72.7	76.7	56.4
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 6.4. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	52.6	39.9	36.3	24.0	14.7	49.3	52.6	14.7
Matriz	47.5	60.1	63.7	76.0	85.3	50.7	85.3	47.5
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 6.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	29.4	34.2	43.3	19.2	43.3	20.2	43.3	19.2
Matriz	70.6	65.8	56.7	80.8	56.7	79.8	80.8	56.7
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 6.8. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	26.9	42.9	56.7	39.2	35.9	46.1	56.7	26.9
Matriz	73.1	57.1	43.3	60.8	64.1	53.9	73.1	43.3
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 7. DOMOS POTREROS

CHA-19-24A

Tabla 7.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Frag. Cristales	Plagioclasa	9.3	14.1	14.6	13.4	24.3	14.6	15.1	15
	Anfibol	4.3	3.0	7.0	5.4	3.5	4.8	4.7	5
	Piroxeno	1.3	0.2	1.3	1.5	0.0	1.5	1.0	1
	Biotita	4.6	0.0	2.3	1.0	5.3	0.8	2.3	2
Matriz		75.0	73.4	61.0	66.0	60.1	62.8	66.4	66
Vesículas		5.5	9.3	13.8	12.7	6.8	15.5	10.6	11
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 7.3. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales Frag. Cristales	Plagioclasa	9.8	15.5	16.9	15.3	26.1	17.3	26.1	9.8
	Anfibol	4.6	3.3	8.1	6.2	3.8	5.7	8.1	3.3
	Piroxeno	1.4	0.2	1.5	1.7	0.0	1.8	1.8	0.0
	Biotita	4.9	0.0	2.7	1.1	5.7	0.9	5.7	0.0
Matriz		79.4	80.9	70.8	75.6	64.5	74.3	80.9	64.5
Total		100	100	100	100	100	100	100	100

CHA-19-24B

Tabla 7.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Frag. Cristales	Plagioclasa	32.9	11.1	17.0	5.5	13.9	17.3	16.3	16
	Anfibol	1.1	4.5	1.4	9.1	5.3	2.8	4.0	4
	Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Biotita	0.4	3.9	0.0	0.7	0.2	0.6	1.0	1
Matriz		45.3	76.6	77.3	71.8	76.8	77.6	70.9	71
Vesículas		20.3	3.9	4.3	12.9	3.8	1.7	7.8	8
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 7.7. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Minerales Frag. Cristales	Plagioclasa	41.3	11.6	17.8	6.3	14.4	17.6	41.3	6.3
	Anfibol	1.4	4.7	1.5	10.4	5.5	2.8	10.4	1.4
	Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Biotita	0.5	4.1	0.0	0.8	0.2	0.6	4.1	0.0
Matriz		56.8	79.7	80.8	82.4	79.8	78.9	82.4	56.8
Total		100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 7.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra (Minerales + Vesículas)	94.5	90.7	86.2	87.3	93.2	84.5	94.5	84.5
Vesículas	5.5	9.3	13.8	12.7	6.8	15.5	15.5	5.5
Total	100.0	100.0	####	100.0	100.0	100.0		

Tabla 7.4. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Frag. Cristales	20.6	19.1	29.2	24.4	35.5	25.7	35.5	19.1
Matriz	79.4	80.9	70.8	75.6	64.5	74.3	80.9	64.5
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 7.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra (Minerales + Matriz)	79.7	96.1	95.7	87.1	96.2	98.3	98.3	79.7
Vesículas	20.3	3.9	4.3	12.9	3.8	1.7	20.3	1.7
Total	100.0	100.0	####	100.0	100.0	100.0		

Tabla 7.8. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Frag. Cristales	43.2	20.3	19.2	17.6	20.2	21.1	43.2	17.6
Matriz	56.8	79.7	80.8	82.4	79.8	78.9	82.4	56.8
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-19-24C

Tabla 7.9. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Frag. Cristales	Plagioclasa	11.3	9.5	12.0	23.7	20.8	23.6	16.8	17
		Anfibol	5.1	3.4	1.4	2.7	6.0	2.4	3.5	4
		Piroxeno	0.5	2.3	2.0	1.4	0.0	1.7	1.3	1
		Biotita	1.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3	0.4	0
	Matriz	54.1	49.2	37.5	44.4	32.4	47.4	44.2	44	
Vesículas	27.7	35.6	47.1	27.3	40.8	24.6	33.9	34		
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.10. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra (Minerales + Vesículas)	72.3	64.4	52.9	72.7	59.2	75.4	75.4	52.9
Vesículas	27.7	35.6	47.1	27.3	40.8	24.6	47.1	24.6
Total	100.0	100.0	####	100.0	100.0	100.0		

Tabla 7.11. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo	
Minerales	Frag. Cristales	Plagioclasa	15.6	14.8	22.7	32.6	35.1	31.3	35.1	14.8
		Anfibol	7.1	5.3	2.6	3.7	10.1	3.2	10.1	2.6
		Piroxeno	0.7	3.6	3.8	1.9	0.0	2.3	3.8	0.0
		Biotita	1.8	0.0	0.0	0.7	0.0	0.4	1.8	0.0
	Matriz	74.8	76.4	70.9	61.1	54.7	62.9	76.4	54.7	
Total		100	100	100	100	100	100			

Tabla 7.12. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Frag. Cristales	25.2	23.6	29.1	38.9	45.3	37.1	45.3	23.6
Matriz	74.8	76.4	70.9	61.1	54.7	62.9	76.4	54.7
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-12

Tabla 7.13. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	17.8	10.6	15.8	8.4	18.1	37.5	18.0	18
		Anfibol	3.6	12.3	3.7	11.6	3.4	3.2	6.3	6
		Piroxeno	0.5	1.2	1.8	0.0	0.7	0.0	0.7	1
		Biotita	3.9	3.2	0.0	0.0	4.4	1.3	2.1	2
	Matriz	74.2	72.7	78.7	80.0	73.4	58.0	72.8	73	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.14. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	25.8	27.3	21.3	20.0	26.6	42.0	42.0	20.0
Matriz	74.2	72.7	78.7	80.0	73.4	58.0	80.0	58.0
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-09

Tabla 7.15. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	17.9	30.5	15.4	27.1	19.2	31.6	23.6	24
		Anfibol	8.7	8.8	11.9	3.6	4.1	4.4	6.9	7
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	2.4	1.5	4.7	0.1	2.4	0.3	1.9	2
	Matriz	71.0	59.2	68.0	69.2	74.3	63.7	67.6	67	
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.16. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	29.0	40.8	32.0	30.8	25.7	36.3	40.8	25.7
Matriz	71.0	59.2	68.0	69.2	74.3	63.7	74.3	59.2
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-11

Tabla 7.17. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	19.8	16.1	18.7	16.9	17.7	21.5	18.5	19
		Anfibol	4.4	3.2	5.8	6.0	2.6	8.3	5.1	5
		Piroxeno	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	0.4	0
		Biotita	5.4	2.1	0.9	0.2	0.0	0.0	1.4	1
		Matriz	70.2	78.6	74.6	76.9	79.2	68.7	74.7	75
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.18. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	29.8	21.4	25.4	23.1	20.8	31.3	31.3	20.8
Matriz	70.2	78.6	74.6	76.9	79.2	68.7	79.2	68.7
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-05

Tabla 7.19. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	24.1	20.3	13.0	20.4	18.0	19.3	19.2	19
		Anfibol	12.3	5.1	12.6	5.0	10.9	8.3	9.0	9
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0
		Biotita	2.6	1.2	1.6	4.7	2.2	4.3	2.8	3
		Matriz	61.0	73.4	72.8	69.9	68.9	67.9	69.0	69
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.20. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	39.0	26.6	27.2	30.1	31.1	32.1	39.0	26.6
Matriz	61.0	73.4	72.8	69.9	68.9	67.9	73.4	61.0
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-18-30

Tabla 7.21. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	20.8	21.2	15.1	16.4	34.4	18.2	21.0	21
		Anfibol	3.0	2.9	4.4	4.1	5.2	2.4	3.7	4
		Piroxeno	0.4	1.6	1.0	0.8	0.7	3.4	1.3	1
		Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Cuarzo	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	75.7	74.3	79.5	78.7	59.7	76.0	74.0	74
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.22. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	24.3	25.7	20.5	21.3	40.3	24.0	40.3	20.5
Matriz	75.7	74.3	79.5	78.7	59.7	76.0	79.5	59.7
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-19-15

Tabla 7.23. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	16.3	11.8	11.6	13.0	23.0	16.4	15.4	15
		Anfibol	7.6	9.7	11.4	18.1	1.3	2.0	8.4	9
		Piroxeno	0.0	1.0	0.0	1.2	0.3	0.0	0.4	Traza
		Biotita	0.0	0.8	3.3	2.5	2.2	5.6	2.4	2
		Cuarzo	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
		Matriz	76.0	76.7	73.7	65.2	73.2	76.0	73.5	74
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	

Tabla 7.24. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	24.0	23.3	26.3	34.8	26.8	24.0	34.8	23.3
Matriz	76.0	76.7	73.7	65.2	73.2	76.0	76.7	65.2
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 8. EDIFICIO LA HORQUETA

CHA-19-17

Tabla 8.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	25.9	14.0	19.8	19.2	24.2	27.8	21.8	22
	Anfibol	4.9	6.1	6.4	9.0	8.6	5.9	6.8	7
	Piroxeno	0.3	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	Traza
	Biotita	1.2	0.3	0.8	3.2	0.5	4.3	1.7	1
	Matriz	67.7	79.2	73.0	68.0	66.7	62.0	69.4	70
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 9. EDIFICIO EL RODADO

CHA-18-21

Tabla 9.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	13.5	7.4	18.8	20.7	13.6	14.2	14.7	15
	Anfibol	1.6	7.1	9.0	6.1	3.9	12.8	6.8	7
	Piroxeno	0.2	4.2	0.3	1.0	2.1	0.7	1.4	1
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	84.7	81.3	71.9	72.2	80.4	72.3	77.1	77
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

CHA-18-28

Tabla 9.3. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	17.1	14.0	12.4	15.1	19.0	12.7	15.1	15
	Anfibol	0.3	1.2	1.6	1.0	2.9	0.9	1.3	1
	Piroxeno	5.0	2.2	4.4	4.2	1.8	4.2	3.6	4
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Matriz	77.6	82.6	81.6	79.7	76.3	82.2	80.0	80
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

CHA-18-23

Tabla 9.5. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	13.2	20.4	19.2	17.1	14.8	20.5	17.5	18
	Anfibol	5.5	8.2	5.7	16.7	2.2	15.0	8.9	9
	Piroxeno	0.0	0.9	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	Traza
	Biotita	0.0	2.1	2.3	1.0	0.8	0.0	1.0	1
	Matriz	81.3	68.4	72.8	65.0	82.2	64.3	72.3	72
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 8.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	32.3	20.8	27.0	32.0	33.3	38.0	38.0	20.8
Matriz	67.7	79.2	73.0	68.0	66.7	62.0	79.2	62.0
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 9.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	15.3	18.7	28.1	27.8	19.6	27.7	28.1	15.3
Matriz	84.7	81.3	71.9	72.2	80.4	72.3	84.7	71.9
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 9.4. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	22.4	17.4	18.4	20.3	23.7	17.8	23.7	17.4
Matriz	77.6	82.6	81.6	79.7	76.3	82.2	82.6	76.3
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 9.6. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	18.7	31.6	27.2	35.0	17.8	35.7	35.7	17.8
Matriz	81.3	68.4	72.8	65.0	82.2	64.3	82.2	64.3
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 10. FLUJOS UYUPAMPA

CHA-18-22

Tabla 10.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	16.6	16.5	21.5	30.5	13.6	20.3	19.8	20
	Anfibol	2.3	13.4	6.2	6.8	10.2	3.9	7.1	7
	Piroxeno	0.4	0.6	0.4	0.0	3.5	0.3	0.9	1
	Matriz	78.1	57.7	63.2	52.2	64.0	71.0	64.4	64
Vesículas		2.6	11.8	8.7	10.5	8.7	4.5	7.8	8
Total		100.0	100.0	####	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 10.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra (Fenocristales+Matriz)	97.4	88.2	91.3	89.5	91.3	95.5	97.4	88.2
Vesículas	2.6	11.8	8.7	10.5	8.7	4.5	11.8	2.6
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 10.3. Normalización y rango máximo y mínimo mineral sin vesículas

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Muestra Fenocristales	Plagioclasa	17.0	18.7	23.5	34.1	14.9	21.3	34.1	14.9
	Anfibol	2.4	15.2	6.8	7.6	11.2	4.1	15.2	2.4
	Piroxeno	0.4	0.7	0.4	0.0	3.8	0.3	3.8	0.0
Matriz		80.2	65.4	69.2	58.3	70.1	74.3	80.2	58.3
Total		100	100	100	100	100	100		

Tabla 10.4. Rango máximo y mínimo de fenocristales y matriz

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	19.8	34.6	30.8	41.7	29.9	25.7	41.7	19.8
Matriz	80.2	65.4	69.2	58.3	70.1	74.3	80.2	58.3
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 11. EDIFICIO CHACHANI

CHA-19-32

Tabla 11.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total
Minerales Fenocristales	Plagioclasa	10.4	13.0	11.5	9.6	14.2	11.9	11.8	12
	Anfibol	6.1	7.8	2.9	0.9	3.7	2.7	4.0	4
	Piroxeno	1.0	0.0	0.6	0.8	0.6	2.8	1.0	1
	Biotita	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0
	Olivino	0.4	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	Traza
	Matriz	82.1	78.8	85.0	88.7	81.1	82.4	83.0	83
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 11.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	17.9	21.2	15.0	11.3	18.9	17.6	21.2	11.3
Matriz	82.1	78.8	85.0	88.7	81.1	82.4	88.7	78.8
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 12. EDIFICIO CABRERÍA

CHA-18-31

Tabla 12.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	15.7	41.7	13.5	13.5	20.1	13.6	19.7	20
		Anfibol	4.2	2.3	6.0	5.5	2.0	6.1	4.4	4
		Piroxeno	0.9	0.8	3.2	0.1	0.8	0.3	1.0	1
		Biotita	0.5	0.0	0.0	0.2	0.3	1.6	0.4	Traza
		Matriz	78.7	55.2	77.3	80.7	76.8	78.4	74.5	75
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 12.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	21.3	44.8	22.7	19.3	23.2	21.6	44.8	19.3
Matriz	78.7	55.2	77.3	80.7	76.8	78.4	80.7	55.2
Total	100	100	100	100	100	100		

CHA-19-13

Tabla 12.3. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	11.5	10.3	23.7	17.0	14.7	34.5	18.6	19
		Anfibol	11.0	5.0	3.4	7.2	3.6	2.1	5.4	5
		Piroxeno	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	Traza
		Biotita	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Traza
		Matriz	76.2	83.0	72.9	75.8	81.7	63.3	75.5	76
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

Tabla 12.4. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	23.8	17.0	27.1	24.2	18.3	36.7	36.7	17.0
Matriz	76.2	83.0	72.9	75.8	81.7	63.3	83.0	63.3
Total	100	100	100	100	100	100		

Tabla 13. DOMO VOLCANCILLO

CHA-18-92

Tabla 13.1. Porcentajes obtenidos en los 6 campos aleatorios de la sección delgada

Componentes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Promedio decimal	Promedio total	
Minerales	Fenocristales	Plagioclasa	5.2	6.4	7.8	20.1	33.6	15.7	14.8	15
		Anfibol	9.2	6.0	0.5	4.4	4.0	2.0	4.4	4
		Piroxeno	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0
		Biotita	0.0	0.0	5.1	1.4	0.0	2.6	1.5	2
		Matriz	85.6	87.6	86.6	73.9	62.4	79.7	79.3	79
Total		100.0	####	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

TABLA 13.2. Rango máximo y mínimo de componentes

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Rango máximo	Rango mínimo
Fenocristales	14.4	12.4	13.4	26.1	37.6	20.3	37.6	12.4
Matriz	85.6	87.6	86.6	73.9	62.4	79.7	87.6	62.4
Total	100	100	100	100	100	100		

ANEXOS IV

ANALISIS DE ELEMENTOS MAYORES, TRAZA Y TIERRAS RARAS DE LAS MUESTRAS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CHACHANI, LAS MUESTRAS SE PRESENTADAS EN LA COORDENADA UTM WGS84, ZONA 19S.

Nº	Muestra	EDIFICIO	Unidad	Este	Norte	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Total
1	CHA-18-92	Edificio Volcancillo	Qp-Vol	230782	8211050	63.93	0.64	16.17	4.80	0.07	2.62	5.14	4.13	2.30	0.19	100
2	Cha-18-31	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230737	8196058	61.00	0.72	18.32	4.69	0.08	2.40	5.48	4.54	2.45	0.30	100
3	CHA-18-111	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	68.40	0.50	15.81	3.20	0.05	1.16	3.00	3.62	4.13	0.12	100
4	CHA-18-113	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	62.44	0.69	17.12	5.43	0.09	2.25	4.98	3.96	2.75	0.28	100
5	CHA-18-115	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	228662	8194308	60.49	0.90	16.34	6.32	0.08	3.46	6.07	4.00	2.14	0.21	100
6	CHA-18-123	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	227967	8193889	63.73	0.65	16.65	4.66	0.07	2.25	5.08	4.33	2.37	0.21	100
7	CHA-19-13	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231257	8202288	60.55	0.86	17.10	5.82	0.09	2.98	5.33	3.97	2.97	0.32	100
8	CHA-19-18	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231158	8195838	63.31	0.72	16.85	4.68	0.07	2.15	4.96	4.36	2.65	0.25	100
9	CHA-19-19	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231262	8195476	58.66	0.92	17.30	6.71	0.09	3.42	6.12	4.19	2.35	0.25	100
10	CHA-19-20	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230618	8196354	62.75	0.69	17.36	4.50	0.07	2.22	5.24	4.48	2.43	0.26	100
11	CHA-18-111	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	67.80	0.50	15.59	3.64	0.06	1.20	2.99	3.53	4.49	0.18	100
12	CHA-18-113	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	63.46	0.68	16.38	5.25	0.09	2.17	4.85	3.75	3.01	0.36	100
13	CHA-18-114	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	64.23	0.64	16.17	5.02	0.08	1.96	4.01	3.97	3.60	0.31	100
14	CHA-18-115	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	228662	8194308	59.66	0.92	16.54	6.52	0.09	3.60	6.11	3.89	2.40	0.28	100
15	CHA-18-123	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	227967	8193889	63.31	0.66	16.75	4.70	0.08	2.36	5.05	4.18	2.66	0.26	100
16	CHA-19-18	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231158	8195838	61.15	0.72	17.66	5.72	0.07	2.25	5.09	4.22	2.76	0.36	100
17	CHA-19-20	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230618	8196354	61.62	0.70	18.03	4.62	0.08	2.40	5.40	4.40	2.49	0.26	100
18	CHA-19-40	Edificio Chachani	Qp-Cha/10	229225	8209657	60.82	0.92	16.79	5.40	0.07	2.82	5.97	4.43	2.43	0.35	100
19	CHA-19-32	Edificio Chachani	Qp-Cha/3	225842	8211250	60.07	0.84	17.79	5.11	0.06	2.55	6.08	4.60	2.47	0.42	100
20	CHA-19-32	Edificio Chachani	Qp-Cha/3	225842	8211250	59.64	0.86	18.59	5.17	0.07	2.56	5.82	4.43	2.54	0.33	100
21	CHA-19-39	Edificio Chachani	Qp-Cha/1	229338	8209414	62.51	0.72	17.03	4.48	0.07	2.36	5.61	4.48	2.38	0.36	100
22	CHA-19-39	Edificio Chachani	Qp-Cha/1	229338	8209414	60.70	0.78	18.46	4.76	0.08	2.51	5.69	4.32	2.38	0.34	100
23	Cha-18-22	Edificio Uyupampa	Qp-Uyu/1	216407	8207256	59.43	0.85	18.23	5.45	0.08	2.59	6.34	4.54	2.20	0.29	100
24	Cha-18-23	Edificio El Rodado	Qp-Rod/5	216480	8208650	61.48	0.79	17.34	5.02	0.08	2.68	5.68	4.31	2.31	0.32	100
25	Cha-18-28	Edificio El Rodado	Qp-Rod/3	218316	8211407	60.90	0.83	17.03	5.75	0.09	2.66	5.67	3.58	3.12	0.37	100
26	CHA-18-28	Edificio El Rodado	Qp-Rod/3	218316	8211407	60.30	0.83	16.51	6.04	0.09	2.75	5.95	3.73	3.46	0.34	100
27	CHA-18-20	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	214607	8202367	61.60	0.69	17.66	5.06	0.07	1.99	5.41	4.56	2.66	0.29	100
28	CHA-19-43	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	216017	8201717	59.41	0.96	17.91	5.98	0.09	2.85	5.84	4.20	2.43	0.34	100
29	CHA-19-43	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	216017	8201717	59.67	0.95	17.09	6.24	0.08	3.07	5.83	4.35	2.42	0.29	100
30	Cha-18-20	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	214607	8202367	61.76	0.70	18.31	4.50	0.07	1.96	5.30	4.63	2.45	0.31	100
31	Cha-18-21	Edificio El Rodado	Qp-Rod/1	215822	8205159	61.87	0.71	18.21	4.50	0.07	2.01	5.16	4.65	2.52	0.30	100
32	CHA-19-46	Edificio El Rodado	Qp-Rod/1	214723	8205662	61.78	0.77	17.45	4.84	0.06	2.22	5.25	4.61	2.74	0.28	100
33	CHA-19-17	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	218904	8201251	59.97	0.88	17.50	5.68	0.08	3.00	5.90	4.40	2.23	0.36	100
34	CHA-19-44	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	215894	8198730	61.12	0.94	17.15	5.41	0.06	2.60	5.36	4.58	2.49	0.28	100
35	CHA-19-17	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	218904	8201251	59.75	0.85	17.75	5.53	0.09	3.04	6.02	4.31	2.31	0.34	100
36	CHA-19-16	Domos Potrero	Qp-Dp/9	219174	8199310	63.03	0.74	16.33	4.83	0.08	2.54	5.15	4.14	2.81	0.36	100
37	Cha-18-15	Domos Potrero	Qp-Dp/9	224245	8200008	62.25	0.90	16.26	5.15	0.08	2.91	4.92	3.99	3.19	0.34	100
38	Cha-18-30	Domos Potrero	Qp-Dp/8	217255	8196529	60.34	0.70	17.62	5.80	0.11	2.65	6.21	3.79	2.51	0.26	100
39	CHA-VR21-006A	Domos Potrero	Qp-Dp/8	216010	8198701	65.99	0.76	14.87	4.58	0.07	2.26	4.39	3.87	2.96	0.27	100
40	CHA-VR21-006B	Domos Potrero	Qp-Dp/8	216010	8198701	67.14	0.64	14.95	4.13	0.07	2.03	3.93	3.82	3.08	0.21	100
41	CHA-18-03	Domos Potrero	Qp-Dp/7	223397	8194775	62.92	0.72	16.00	5.33	0.09	2.66	5.12	4.10	2.77	0.31	100
42	Cha-18-03	Domos Potrero	Qp-Dp/7	223397	8194775	63.35	0.74	16.48	4.60	0.08	2.63	5.00	4.16	2.71	0.24	100
43	Cha-18-04	Domos Potrero	Qp-Dp/7	220702	8195763	63.76	0.74	16.68	4.53	0.07	2.18	4.72	4.23	2.82	0.28	100
44	CHA-18-16	Domos Potrero	Qp-Dp/5	224218	8199673	62.88	0.83	15.60	5.34	0.09	2.79	5.05	3.85	3.26	0.31	100
45	Cha-18-16	Domos Potrero	Qp-Dp/5	224218	8199673	62.13	0.87	16.23	5.01	0.08	3.01	5.10	4.11	3.19	0.27	100
46	CHA-18-06	Domos Potrero	Qp-Dp/4	219625	8197124	63.02	0.78	15.99	5.03	0.08	2.73	5.09	3.91	3.05	0.31	100
47	CHA-18-14	Domos Potrero	Qp-Dp/4	224445	8200188	64.48	0.74	15.26	4.94	0.08	2.55	4.57	3.77	3.31	0.29	100
48	CHA-18-15	Domos Potrero	Qp-Dp/4	224245	8200008	62.14	0.82	16.23	5.26	0.08	2.74	5.06	3.98	3.36	0.33	100

49	CHA-18-14	Domos Potrero	Qp-Dp/4	224445	8200188	63.45	0.79	16.14	4.92	0.08	2.66	4.61	3.79	3.27	0.28	100
50	CHA-18-05	Domos Potrero	Qp-Dp/4	220264	8195986	63.59	0.77	16.17	4.77	0.08	2.62	4.75	4.02	2.95	0.29	100
51	CHA-18-06	Domos Potrero	Qp-Dp/4	219625	8197124	62.31	0.81	16.53	5.16	0.08	2.74	5.02	4.01	3.03	0.30	100
52	CHA-18-10	Domos Potrero	Qp-Dp/3	224854	8200000	61.16	0.94	16.77	5.60	0.08	2.91	5.28	4.07	2.88	0.31	100
53	CHA-18-11	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225458	8200415	61.74	0.94	15.93	5.64	0.08	2.95	5.07	4.04	3.25	0.35	100
54	CHA-18-01	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225222	8193913	62.84	0.77	16.72	4.86	0.07	2.41	4.88	4.33	2.81	0.31	100
55	CHA-18-07	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225885	8197399	61.60	0.87	16.25	5.32	0.09	3.01	5.50	4.10	2.98	0.29	100
56	CHA-18-08	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225766	8199634	62.75	0.84	16.52	5.06	0.08	2.54	4.89	4.06	2.93	0.33	100
57	CHA-18-17	Domos Potrero	Qp-Dp/2	223903	8197330	62.47	0.79	16.23	4.95	0.08	2.59	5.15	4.23	3.19	0.33	100
58	CHA-18-17	Domos Potrero	Qp-Dp/2	223903	8197330	62.94	0.82	16.15	4.98	0.08	2.64	4.94	4.20	2.95	0.30	100
59	CHA-18-09	Domos Potrero	Qp-Dp/2	225035	8196709	63.10	0.78	16.28	4.84	0.08	2.46	4.88	4.21	3.07	0.30	100
60	CHA-18-12	Domos Potrero	Qp-Dp/1	224869	8200493	61.37	0.95	16.67	5.55	0.08	2.94	5.27	4.04	2.82	0.32	100
61	CHA-19-15	Domos Potrero	Qp-Dp/1	219396	8199441	60.80	0.77	17.76	4.83	0.08	2.41	5.56	4.64	2.80	0.36	100
62	CHA-18-12	Domos Potrero	Qp-Dp/1	224869	8200493	59.81	0.93	16.73	6.56	0.09	3.07	5.42	4.14	2.90	0.36	100
63	CHA-19-15	Domos Potrero	Qp-Dp/1	219396	8199441	61.20	0.75	17.94	4.74	0.08	2.40	5.42	4.35	2.77	0.35	100
64	CHA-19-23	Domos Potrero	Qp-fpp	222117	8193794	65.39	0.67	15.68	4.06	0.06	2.09	4.58	4.11	3.01	0.36	100
65	CHA-19-24A	Domos Potrero	Qp-fpp	219346	8196865	66.28	0.56	16.14	3.30	0.06	1.74	4.04	4.05	3.55	0.27	100
66	CHA-19-24B	Domos Potrero	Qp-fpp	219346	8196865	63.76	0.71	16.64	4.23	0.07	2.22	4.73	4.17	3.11	0.36	100
67	CHA-18-89	Edificio El Ángel	Qp-Ang/4	236052	8211194	63.44	0.64	16.58	4.75	0.08	2.29	4.96	4.10	2.87	0.30	100
68	CHA-18-89	Edificio El Ángel	Qp-Ang/4	236052	8211194	63.03	0.64	17.26	4.41	0.07	2.26	5.09	4.39	2.57	0.27	100
69	CHA-18-93	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232842	8208317	60.97	0.67	18.30	4.73	0.06	2.25	5.77	4.78	2.21	0.25	100
70	CHA-18-93	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232842	8208317	62.27	0.65	17.49	4.89	0.07	2.21	5.46	4.37	2.34	0.25	100
71	CHA-18-119	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232508	8208741	62.70	0.70	17.17	4.75	0.06	2.36	5.35	4.45	2.23	0.23	100
72	CHA-18-120	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232210	8207800	63.23	0.73	16.10	5.10	0.07	2.68	5.36	4.20	2.32	0.21	100
73	CHA-18-119	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232508	8208741	62.21	0.71	17.16	5.06	0.07	2.41	5.36	4.23	2.46	0.32	100
74	CHA-18-120	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232210	8207800	62.35	0.74	16.15	5.62	0.09	2.82	5.32	4.01	2.62	0.29	100
75	CHA-18-107	Edificio El Ángel	Qp-Ang/2	231288	8209255	60.95	0.82	16.82	5.80	0.09	3.06	5.52	3.87	2.79	0.28	100
76	CHA-19-38	Edificio El Ángel	Qp-Ang/1	229820	8209758	63.29	0.59	17.79	3.99	0.06	1.73	5.53	4.48	2.29	0.24	100
77	CHA-19-38	Edificio El Ángel	Qp-Ang/1	229820	8209758	61.77	0.65	18.97	4.24	0.07	1.79	5.51	4.36	2.36	0.29	100
78	CHA-18-80	Edificio El Colorado	Qp-Col/2	226268	8219402	63.85	0.75	15.52	5.37	0.08	2.61	4.71	3.67	3.14	0.30	100
79	CHA-18-80	Edificio El Colorado	Qp-Col/2	226268	8219402	63.53	0.72	15.50	5.61	0.09	2.59	4.47	3.73	3.50	0.26	100
80	CHA-18-72	Edificio El Colorado	Qp-Col/1	223499	8218212	65.94	0.55	15.63	3.79	0.07	1.83	4.30	3.83	3.76	0.30	100
81	CHA-18-74	Edificio El Colorado	Qp-Col/1	221992	8220402	65.68	0.65	15.42	4.39	0.07	2.17	4.13	3.72	3.56	0.21	100
82	CHA-18-90	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	232474	8211080	60.43	0.68	18.38	4.93	0.07	2.51	6.08	4.27	2.49	0.16	100
83	CHA-18-91	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	231372	8210992	55.09	1.13	18.28	8.09	0.10	3.74	7.41	4.31	1.60	0.25	100
84	CHA-18-90	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	232474	8211080	61.89	0.65	17.33	4.92	0.08	2.47	5.76	3.97	2.70	0.24	100
85	CHA-19-41	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232074	8211626	59.60	0.76	18.20	5.75	0.08	2.32	6.45	4.21	2.17	0.47	100
86	CHA-19-42	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232581	8211970	56.73	0.94	19.21	6.62	0.10	2.57	6.51	4.52	2.36	0.44	100
87	CHA-19-42	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232581	8211970	57.17	0.94	19.62	6.71	0.10	2.51	6.14	4.11	2.30	0.40	100
88	CHA-18-121A	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	60.61	1.03	16.72	6.32	0.09	2.98	5.48	3.84	2.59	0.34	100
89	CHA-18-121B	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	68.71	0.49	15.22	3.45	0.06	1.14	3.02	2.92	4.75	0.24	100
90	CHA-18-121-A	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	60.86	1.01	16.82	6.27	0.07	2.90	5.54	3.97	2.27	0.30	100
91	CHA-18-121-B	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	69.68	0.49	15.34	2.97	0.04	1.12	2.95	2.93	4.31	0.17	100
92	CHA-19-33	Edificio Nocarane	Qp-Noc/9	222170	8212019	61.86	0.69	18.11	4.38	0.06	2.00	5.52	4.39	2.60	0.39	100
93	CHA-19-33	Edificio Nocarane	Qp-Noc/9	222170	8212019	60.16	0.75	19.42	4.55	0.07	2.14	5.58	4.28	2.72	0.34	100
94	CHA-18-85	Edificio Nocarane	Qp-Noc/6	231343	8218324	66.03	0.52	16.01	3.91	0.06	1.91	4.04	3.92	3.38	0.22	100
95	CHA-18-85	Edificio Nocarane	Qp-Noc/6	231343	8218324	61.88	0.79	16.46	5.41	0.08	2.70	5.21	3.82	3.35	0.30	100
96	CHA-18-83	Edificio Nocarane	Qp-Noc/5	229277	8220489	64.63	0.54	16.47	4.20	0.06	1.98	4.30	4.15	3.45	0.20	100
97	CHA-18-82	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	229601	8220185	58.35	0.91	17.50	6.34	0.08	3.77	6.10	4.14	2.55	0.26	100
98	CHA-18-82	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	229601	8220185	60.37	0.82	17.16	6.30	0.08	2.46	5.70	4.03	2.77	0.31	100

99	CHA-19-31	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227758	8211942	60.70	0.77	17.96	5.15	0.08	2.60	5.49	4.19	2.78	0.29	100
100	CHA-18-77	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227499	8218434	61.47	1.00	16.14	5.70	0.08	2.91	5.50	4.05	2.77	0.38	100
101	CHA-19-31	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227758	8211942	61.07	0.75	17.52	5.02	0.07	2.50	5.65	4.41	2.72	0.29	100
102	CHA-18-81	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227912	8219462	61.17	0.80	17.69	5.26	0.06	2.38	5.64	4.24	2.51	0.25	100
103	CHA-18-76	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227307	8219559	64.38	0.76	15.50	5.03	0.07	2.12	4.08	4.10	3.66	0.30	100
104	CHA-18-78	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227923	8218733	59.46	0.85	15.54	6.64	0.10	4.81	6.34	3.62	2.37	0.26	100
105	CHA-18-79	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	226584	8219403	65.54	0.71	15.44	4.71	0.07	1.89	3.90	4.09	3.32	0.32	100
106	CHA-18-81	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227912	8219462	60.08	0.88	16.20	6.12	0.09	3.74	5.98	3.85	2.76	0.30	100
107	CHA-18-58B	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	218335	8216174	74.34	0.21	14.18	1.22	0.05	0.37	1.22	3.23	5.10	0.06	100
108	CHA-18-59	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219323	8217070	60.69	1.15	16.16	6.69	0.09	2.62	5.37	4.12	2.78	0.34	100
109	CHA-18-62	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	58.52	1.15	16.46	7.40	0.10	2.89	6.09	4.66	2.31	0.43	100
110	CHA-18-64	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	61.20	1.03	16.48	6.22	0.08	2.79	5.53	3.96	2.39	0.32	100
111	CHA-18-66	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	58.16	1.29	16.72	8.50	0.12	3.30	6.31	3.36	1.89	0.36	100
112	CHA-18-68	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	66.30	0.84	16.53	4.11	0.07	1.39	3.15	3.09	4.29	0.23	100
113	CHA-18-69	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219912	8217678	59.49	1.12	16.79	6.90	0.09	3.07	5.95	4.05	2.23	0.32	100
114	CHA-18-71A	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	223361	8217850	68.33	0.52	15.32	3.49	0.07	1.25	3.10	3.62	4.09	0.21	100
115	CHA-18-73	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	220824	8219676	69.87	0.49	14.36	3.29	0.06	1.22	2.94	3.56	3.99	0.22	100
116	CHA-18-58B	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	218335	8216174	73.14	0.20	14.67	1.48	0.05	0.40	1.16	3.41	5.48	0.01	100
117	CHA-18-59	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219323	8217070	60.05	1.13	16.08	7.24	0.09	2.60	5.22	4.06	3.15	0.38	100
118	CHA-18-62	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	59.06	1.09	16.75	7.44	0.10	2.76	5.50	4.37	2.55	0.39	100
119	CHA-18-64	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	60.01	1.02	16.42	6.99	0.09	2.84	5.54	4.00	2.73	0.34	100
120	CHA-18-66	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	56.72	1.30	17.08	9.04	0.13	3.46	6.34	3.51	2.02	0.40	100
121	CHA-18-68	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	65.45	0.82	16.66	4.31	0.06	1.41	3.20	3.14	4.66	0.29	100
122	CHA-18-69	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219912	8217678	58.46	1.12	17.15	7.02	0.09	3.12	6.00	4.12	2.54	0.38	100
123	CHA-18-71A	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	223361	8217850	68.90	0.49	14.82	3.47	0.07	1.23	2.99	3.51	4.31	0.22	100
124	CHA-18-73	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	220824	8219676	68.94	0.47	14.43	3.73	0.07	1.21	2.96	3.63	4.33	0.22	100
125	CHA-18-87	Edificio Estribo	Qp-Est/7	238193	8210592	59.36	0.81	18.26	5.47	0.07	2.80	6.14	4.77	2.07	0.25	100
126	CHA-18-88	Edificio Estribo	Qp-Est/7	236931	8210648	59.01	0.87	17.97	5.65	0.07	2.88	5.82	4.75	2.67	0.31	100
127	CHA-18-94	Edificio Estribo	Qp-Est/7	237991	8209827	60.19	0.82	18.40	5.20	0.06	2.31	5.41	4.30	3.02	0.29	100
128	CHA-19-49	Edificio Estribo	Qp-Est/5	239326	8206545	60.88	0.87	17.09	5.48	0.07	2.85	5.77	4.09	2.65	0.26	100
129	CHA-18-35	Edificio Estribo	Qp-Est/4	234330	8203628	60.20	0.70	17.93	6.32	0.09	1.99	5.10	4.55	2.79	0.33	100
130	Cha-18-35	Edificio Estribo	Qp-Est/4	234330	8203628	61.85	0.67	17.84	5.48	0.08	1.81	4.95	4.37	2.62	0.32	100
131	CHA-19-07	Edificio Estribo	Qp-Est/3	228489	8199962	63.34	0.70	16.73	5.05	0.08	2.01	5.42	3.92	2.53	0.21	100
132	CHA-19-07	Edificio Estribo	Qp-Est/3	228489	8199962	59.81	0.75	18.67	5.38	0.09	2.22	5.92	4.17	2.72	0.27	100
133	CHA-19-09	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231839	8195860	56.43	0.94	18.47	8.23	0.09	2.74	5.96	4.31	2.49	0.34	100
134	CHA-19-26A	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	61.86	0.83	17.99	4.97	0.07	2.01	4.47	4.11	3.39	0.30	100
135	CHA-19-26B	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	61.72	0.83	18.10	5.04	0.08	2.01	4.58	3.89	3.37	0.37	100
136	CHA-19-26C	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	60.55	0.83	18.12	5.26	0.08	2.42	5.21	4.15	3.05	0.32	100
137	CHA-19-27	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229616	8197993	56.73	1.07	19.44	6.53	0.11	2.59	6.25	4.54	2.33	0.42	100
138	CHA-19-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	241498	8205318	64.75	0.52	18.27	4.36	0.09	1.38	3.66	3.37	3.32	0.29	100
139	CHA-19-02	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229397	8190882	60.74	0.68	18.96	5.00	0.08	1.81	5.40	4.13	2.90	0.28	100
140	CHA-19-03	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229473	8193669	67.01	0.55	16.82	3.44	0.05	1.08	3.11	3.41	4.23	0.30	100
141	CHA-18-102	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	62.61	0.71	17.49	5.65	0.09	1.75	4.43	4.05	2.92	0.32	100
142	CHA-18-103	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	62.86	0.70	17.69	5.58	0.10	1.66	4.22	3.92	2.95	0.31	100
143	CHA-18-104	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	58.90	0.96	17.92	6.98	0.10	2.63	5.72	4.06	2.40	0.32	100
144	CHA-18-105	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231533	8194806	62.46	0.81	16.78	5.58	0.08	2.09	4.38	4.07	3.43	0.33	100
145	CHA-19-09	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231839	8195860	58.85	0.96	17.89	6.64	0.09	2.65	5.78	4.43	2.44	0.27	100
146	CHA-19-10	Edificio Estribo	Qp-Est/2	232033	8199601	54.37	1.24	17.96	8.08	0.10	4.36	7.25	4.45	1.88	0.31	100
147	CHA-19-11	Edificio Estribo	Qp-Est/2	232033	8199601	56.78	1.06	17.89	7.64	0.10	3.42	6.56	4.27	1.99	0.28	100
148	CHA-19-26A	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	64.82	0.74	16.12	4.58	0.06	1.78	4.29	4.00	3.28	0.32	100
149	CHA-19-26B	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	63.89	0.76	16.75	4.75	0.07	1.91	4.51	3.82	3.25	0.30	100

150	CHA-19-26C	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	59.93	0.81	17.98	5.16	0.07	2.44	5.61	4.53	3.16	0.31	100
151	CHA-19-27	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229616	8197993	56.29	1.06	19.03	6.58	0.10	2.60	6.62	4.88	2.41	0.42	100
152	CHA-19-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	241498	8205318	61.71	0.56	19.48	4.60	0.09	1.45	4.21	3.88	3.71	0.33	100
153	CHA-18-33	Edificio Estribo	Qp-Est/2	234923	8199840	63.05	0.62	17.83	4.81	0.08	1.45	4.46	4.44	2.97	0.29	100
154	Cha-18-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	71.01	0.43	15.65	2.58	0.04	0.67	2.22	2.77	4.52	0.10	100
155	Cha-18-37	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	57.52	1.38	18.81	8.25	0.11	2.82	5.49	3.43	1.90	0.28	100
156	Cha-18-38	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	59.23	0.97	18.12	7.02	0.11	2.58	5.37	4.05	2.16	0.39	100
157	CHA-18-50	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237594	8202937	59.02	1.01	17.85	6.92	0.09	2.55	5.85	4.15	2.21	0.34	100
158	CHA-18-51	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237594	8202937	66.27	0.51	16.64	4.15	0.07	1.55	3.95	3.48	3.12	0.25	100
159	CHA-19-02	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229397	8190882	65.76	0.62	16.12	4.51	0.07	1.52	4.77	3.84	2.57	0.22	100
160	CHA-19-03	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229473	8193669	69.60	0.57	14.79	2.99	0.05	0.94	3.27	3.28	4.29	0.21	100
161	CHA-18-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	64.33	0.55	16.60	4.28	0.06	2.01	4.42	4.23	3.29	0.23	100
162	CHA-18-101	Edificio Estribo	Qp-Est/2	234970	8200811	61.52	0.74	18.07	5.92	0.09	2.22	4.93	4.11	2.14	0.27	100
163	CHA-18-102	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	61.36	0.73	18.41	5.70	0.08	1.73	4.61	4.44	2.70	0.24	100
164	CHA-18-103	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	62.22	0.70	18.39	5.52	0.09	1.64	4.39	4.16	2.65	0.23	100
165	CHA-18-104	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	57.96	0.97	18.68	6.96	0.09	2.66	5.82	4.39	2.22	0.26	100
166	CHA-18-105	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231533	8194806	63.44	0.80	16.97	4.96	0.06	1.90	4.36	4.12	3.19	0.21	100
167	CHA-18-110	Edificio Estribo	Qp-Est/1	235588	8198257	64.10	0.57	17.34	4.56	0.08	1.31	4.29	4.67	2.87	0.21	100
168	CHA-19-05	Edificio Estribo	Qp-Est/1	230966	8194482	63.38	0.63	17.51	4.54	0.08	1.48	4.87	4.27	3.02	0.23	100
169	CHA-18-116	Edificio Estribo	Qp-Est/1	228784	8191638	64.81	0.75	15.25	5.49	0.08	2.30	3.75	3.61	3.70	0.26	100
170	CHA-19-05	Edificio Estribo	Qp-Est/1	230966	8194482	62.06	0.64	18.64	4.62	0.08	1.57	5.06	4.19	2.92	0.22	100
171	CHA-VR21-013a	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	218966	8196664	61.25	0.79	16.68	5.89	0.12	3.04	5.58	4.05	2.29	0.31	100
172	CHA-VR21-013b	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	218966	8196664	67.38	0.67	14.52	4.39	0.08	2.07	3.84	3.55	3.18	0.32	100
173	CHA-19-25	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219249	8197291	61.46	0.76	18.27	4.53	0.07	2.08	5.28	4.55	2.72	0.29	100
174	CHA-19-08	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	215402	8197640	58.72	0.94	16.91	6.48	0.09	3.69	7.07	3.84	1.99	0.25	100
175	CHA-19-08	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	215402	8197640	55.30	0.99	18.97	6.79	0.10	3.95	7.49	3.92	2.15	0.34	100
176	CHA-19-24A	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219346	8196865	67.73	0.51	15.31	3.04	0.05	1.62	3.97	4.05	3.40	0.32	100
177	CHA-19-24B	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219346	8196865	64.06	0.69	16.36	4.15	0.06	2.10	4.85	4.29	3.10	0.33	100
178	CHA-19-25	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219249	8197291	60.97	0.75	18.29	4.58	0.06	2.01	5.54	4.71	2.74	0.35	100
179	Cha-18-24	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	216896	8210106	60.90	0.83	17.18	5.50	0.08	2.56	5.66	4.09	2.84	0.36	100
180	Cha-18-29	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	218979	8212426	60.56	0.84	17.16	5.70	0.09	2.73	5.92	3.93	2.74	0.35	100
181	CHA-18-57	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	217622	8212616	58.96	0.91	16.61	6.72	0.10	3.34	6.76	3.84	2.42	0.33	100
182	CHA-19-21	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	221285	8194515	56.98	1.11	17.65	7.34	0.10	3.38	6.72	4.28	2.06	0.39	100
183	CHA-VR21-005	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	218032	8213226	69.97	0.58	13.60	3.59	0.06	1.81	2.98	3.03	4.18	0.19	100
184	CHA-18-24	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	216896	8210106	59.91	0.82	17.11	5.96	0.09	2.72	5.92	4.23	2.86	0.39	100
185	CHA-19-21	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	221285	8194515	55.60	1.15	18.29	7.68	0.11	3.59	6.71	4.44	2.09	0.33	100
186	CHA-18-99	Secuencia piroclástica	Qp-pir	239748	8217899	66.01	0.65	16.79	4.18	0.07	1.50	3.40	3.80	3.36	0.26	100
187	CHA-19-01	Volcán Misti	Qp-vmi	230709	8192422	64.61	0.60	17.01	4.38	0.09	1.19	3.99	4.88	2.98	0.26	100
188	CHA-19-01	Volcán Misti	Qp-vmi	230709	8192422	62.40	0.63	18.50	4.66	0.09	1.28	4.24	4.74	3.11	0.35	100
189	CHA-18-75	Cerro Baquetane	Qp-ba	223702	8221517	57.29	0.83	16.41	7.18	0.11	5.61	6.56	3.47	2.29	0.24	100
190	CHA-18-75	Cerro Baquetane	Qp-ba	223702	8221517	57.62	0.79	16.09	7.33	0.11	5.33	6.53	3.47	2.51	0.21	100
191	33S-CHA-R22-003	Cerro Baquetane	Qp-ba	225941	8229062	58.88	1.04	17.38	7.30	0.11	2.43	5.85	4.11	2.46	0.43	100
192	CHA-19-47	Grupo Tacaza	Nm-ta	214770	8220951	71.78	0.29	15.19	1.95	0.06	0.64	1.68	3.87	4.44	0.10	100
193	33S-CHA-R22-014	Grupo Tacaza	Nm-ta	209297	8211685	75.53	0.14	14.17	0.99	0.06	0.18	0.91	2.99	4.97	0.05	100
194	Cha-18-19	gnimbrita Aeropuerto Arequip	Qp-iaa	214187	8201556	75.95	0.16	13.35	1.08	0.08	0.25	0.92	3.91	4.22	0.07	100
195	CHA-18-116	Ignimbrita La Joya	Qp-lij	228784	8191638	63.38	0.79	16.29	5.54	0.07	2.39	3.99	3.87	3.49	0.19	100
196	CHA-19-34	Secuencia piroclástica	Qp-pir	240792	8217722	56.26	1.17	21.57	7.54	0.10	2.08	4.83	3.35	2.65	0.45	100
197	CHA-18-99	Secuencia piroclástica	Qp-pir	239748	8217899	66.92	0.61	16.44	3.80	0.07	1.33	3.16	3.65	3.76	0.27	100
198	CHA-19-34	Secuencia piroclástica	Qp-pir	240792	8217722	60.22	1.10	19.93	7.00	0.09	1.92	4.18	2.89	2.32	0.35	100
199	CHA-18-133	Secuencia volcánoclastica	Qp-vol	235973	8198568	58.60	1.00	18.80	5.81	0.08	2.03	6.17	4.44	2.69	0.38	100
200	CHA-19-35	Secuencia volcánoclastica	Qp-vol	240624	8215335	56.94	0.71	18.39	6.60	0.10	4.00	7.39	3.92	1.70	0.26	100

201	Cha-18-27	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214839	8212280	74.77	0.19	13.88	1.17	0.08	0.32	1.11	3.70	4.66	0.10	100
202	CHA-18-52	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214864	8210161	75.27	0.20	13.23	1.29	0.07	0.40	1.52	3.64	4.28	0.08	100
203	CHA-18-53	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214864	8210161	75.28	0.21	13.13	1.27	0.07	0.43	1.38	3.90	4.23	0.08	100
204	CHA-19-45	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212382	8204788	71.35	0.30	14.85	2.04	0.06	0.73	2.14	4.36	4.05	0.11	100
205	CHA-19-48	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214275	8213944	75.09	0.12	14.25	0.95	0.07	0.17	1.05	4.08	4.22	0.00	0
206	32S-CHA-R22-002	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	225712	8229452	75.74	0.13	13.56	1.00	0.08	0.19	1.06	3.11	5.09	0.04	100
207	33S-CHA-R22-005	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212338	8207309	71.97	0.26	15.45	1.72	0.08	0.45	1.53	4.08	4.30	0.17	100
208	33S-CHA-R22-007	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212338	8207309	75.42	0.18	13.57	1.12	0.08	0.26	0.90	3.96	4.50	0.00	0
209	33S-CHA-R22-008	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	75.41	0.17	13.72	1.07	0.08	0.33	1.00	3.57	4.66	0.00	0
210	33S-CHA-R22-009	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	74.48	0.19	14.03	1.23	0.08	0.42	1.24	3.74	4.56	0.03	100
211	33S-CHA-R22-010	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	75.13	0.18	13.64	1.19	0.08	0.35	1.24	3.54	4.57	0.07	100
212	33S-CHA-R23-016	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	222758	8224369	75.61	0.18	13.63	1.16	0.07	0.31	1.22	2.56	5.21	0.04	100
213	33S-CHA-R23-017	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	222758	8224369	75.94	0.17	13.55	1.10	0.07	0.24	1.02	3.11	4.79	0.00	0
214	32S-CHA-R23-018	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	221166	8231130	74.72	0.16	13.58	1.03	0.08	0.25	0.92	3.10	6.10	0.05	100
215	Cha-18-25	Volcán monogenético	Qp-cca	211989	8204176	51.53	1.58	16.59	10.38	0.14	5.37	8.29	3.92	1.79	0.40	100
216	Cha-18-26	Volcán monogenético	Qp-uyu	212710	8207154	53.95	1.39	16.73	8.90	0.13	5.00	7.65	4.01	1.81	0.43	100
217	CHA-19-50	Volcán Monogenético	Qp-cca	213177	8204984	54.01	1.44	17.00	8.36	0.10	4.52	7.68	4.39	2.03	0.45	100
218	CHA-19-51	Volcán Monogenético	Qp-cca	213207	8205007	54.54	1.40	16.83	8.42	0.10	4.50	7.59	4.22	2.00	0.40	100
219	CHA-19-52	Volcán Monogenético	Qp-ni	205935	8200162	52.38	1.51	16.03	10.10	0.13	6.08	8.26	3.55	1.63	0.34	100
220	CHA-VR21-001	Volcán Monogenético	Qp-cca	213209	8205215	56.61	1.39	15.87	8.42	0.11	4.15	7.15	4.04	1.84	0.43	100
221	CHA-VR21-002	Volcán Monogenético	Qp-yv	210536	8204358	56.64	1.43	15.04	9.09	0.12	4.70	7.38	3.64	1.61	0.35	100
222	CHA-VR21-004	Volcán Monogenético	Qp-yv	211218	8205159	54.84	1.43	16.10	9.13	0.12	4.63	7.38	4.07	1.87	0.42	100
223	CHA-VR21-009	Volcán Monogenético	Qp-uyu	212688	8207175	55.84	1.48	15.80	8.71	0.12	4.47	7.22	4.06	1.87	0.44	100
224	CHA-VR21-011	Volcán Monogenético	Qp-uyu	212710	8207154	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
225	CHA-VR21-012a	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.80	1.33	16.92	8.60	0.15	4.30	7.55	4.05	1.89	0.41	100
226	CHA-VR21-012b	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.69	1.36	17.08	8.62	0.14	4.15	7.56	4.05	1.92	0.42	100
227	CHA-VR21-012c	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.45	1.37	16.90	8.83	0.15	4.34	7.59	4.06	1.85	0.45	100
228	CHA-VR21-012d	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.81	1.38	16.93	8.66	0.14	4.16	7.54	4.08	1.88	0.42	100
229	CHA-VR21-012e	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.62	1.36	16.81	8.80	0.16	4.21	7.60	4.11	1.89	0.42	100
230	CHA-VR21-012f	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.69	1.38	16.64	8.72	0.16	4.31	7.62	4.16	1.88	0.44	100
231	CHA-VR21-012g	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.63	1.38	16.66	8.68	0.15	4.35	7.68	4.11	1.92	0.45	100
232	CHA-VR21-012h	Volcán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	54.95	1.36	16.85	8.69	0.15	4.15	7.52	4.00	1.89	0.44	100
233	33S-CHA-R22-001	Volcán Monogenético	Qp-cca	212256	8205107	52.33	1.54	16.35	9.83	0.14	5.18	8.37	3.91	1.84	0.51	100
234	33S-CHA-R22-013	Volcán Monogenético	Qp-echi	209398	8211441	52.59	1.40	17.13	9.67	0.12	4.67	8.91	3.24	1.64	0.64	100
235	33S-CHA-R22-015	Volcán Monogenético	Qp-echi	209212	8211841	52.67	1.40	17.27	9.60	0.14	5.80	7.76	3.23	1.62	0.51	100
236	3S-CHA-VR23-01	Volcán Monogenético	Qp-pa	205046	8211607	52.58	1.40	16.52	9.25	0.13	5.49	8.53	3.83	1.87	0.42	100
237	CHA-19-51	Volcán Monogenético	Qp-cca	213207	8205007	53.63	1.35	17.85	8.48	0.12	4.20	7.65	4.25	2.02	0.44	100
238	CHA-19-52	Volcán Monogenético	Qp-Ni	205935	8200162	50.39	1.51	17.25	10.22	0.16	6.06	8.57	3.72	1.71	0.40	100
239	PIC-VR21-001	Volcán Pichu Pichu	Qp-vpp	247231	8183993	64.20	0.67	15.98	5.34	0.09	2.43	4.98	3.94	2.18	0.21	100
240	PIC-VR21-002	Volcán Pichu Pichu	Qp-vpp	248890	8179439	63.61	0.67	16.52	5.01	0.08	2.38	5.48	4.02	2.03	0.21	100
241	PIC-VR21-003	Volcán Pichu Pichu	Qp-vpp	263928	8169219	61.83	0.83	16.30	6.56	0.10	2.60	5.39	4.10	2.05	0.26	100
242	PIC-VR21-004	Volcán Pichu Pichu	Qp-vpp	254732	8169874	67.13	0.54	15.06	4.01	0.07	1.97	3.64	3.99	3.45	0.14	100

Nº	Muestra	EDIFICIO	Unidad	Este	Norte	Cs	Rb	Ba	Th	U	Nb	Ta	K	La	Ce	Pr	Sr	Nd	Zr	Hf	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Y	Lu
1	CHA-18-92	Edificio Volcancillo	Qp-Vol	230782	8211050	46.7	0.0	123.6	53.5	34.5	8.5	0.0	0.0	0.0	33.1	25.2	31.1	20.2	12.4	13.8	10.6	7.8	7.0	5.1	3.6	2.7	2.7	2.3	3.5	2.2
2	Cha-18-31	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230737	8196058	53.8	0.0	141.4	44.4	29.6	8.1	0.0	0.0	0.0	37.8	27.2	36.5	24.5	15.5	14.5	12.6	8.4	7.0	5.1	3.9	2.7	2.7	2.5	3.0	2.2
3	CHA-18-111	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	149.0	0.0	144.4	107.1	78.8	12.5	16.2	0.0	0.0	38.3	28.0	19.6	21.0	17.0	18.4	10.8	7.1	7.2	5.1	3.9	3.4	3.0	2.9	3.5	2.8
4	CHA-18-113	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	54.8	0.0	156.2	53.5	39.4	10.9	0.0	0.0	0.0	40.7	34.3	33.3	27.2	19.5	18.7	14.5	9.7	9.6	6.1	5.2	4.0	3.9	3.4	4.2	3.0
5	CHA-18-115	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	228662	8194308	34.3	0.0	124.7	44.4	29.6	8.7	0.0	0.0	0.0	31.0	24.4	33.9	19.6	15.5	16.6	11.1	8.4	7.9	4.0	4.0	3.4	3.0	2.5	3.0	2.4
6	CHA-18-123	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	227967	8193889	55.7	0.0	142.4	50.5	34.5	8.7	0.0	0.0	0.0	30.9	24.0	35.7	18.7	14.2	14.8	9.9	7.8	6.4	4.0	3.7	2.7	3.0	2.5	3.0	0.0
7	CHA-19-13	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231257	8202288	87.6	115.0	134.8	71.7	49.3	10.9	0.0	0.0	54.0	42.4	33.5	31.8	25.2	13.8	16.6	13.3	9.1	7.2	5.1	3.9	3.4	3.2	2.9	3.7	2.8
8	CHA-19-18	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231158	8195838	55.2	103.3	146.2	48.5	34.5	9.6	0.0	0.0	52.5	38.3	30.3	37.0	23.0	15.0	17.0	11.8	9.1	6.6	5.1	3.6	2.7	2.7	2.5	2.8	2.4
9	CHA-19-19	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231262	8195476	49.5	110.0	118.6	39.4	29.6	8.7	0.0	0.0	46.3	35.8	29.1	32.9	23.0	13.3	13.8	13.3	9.1	7.2	5.1	4.3	3.4	3.4	3.2	2.8	2.8
10	CHA-19-20	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230618	8196354	53.3	91.7	129.4	45.5	34.5	9.4	0.0	0.0	47.8	37.1	29.5	35.2	23.4	13.7	15.2	12.3	9.1	6.8	5.1	3.7	3.4	3.0	2.7	3.0	2.5
11	CHA-19-111	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	152.4	202.8	147.0	99.0	73.9	12.5	27.0	0.0	66.4	40.2	29.4	20.3	21.5	13.3	19.1	10.6	6.1	5.1	4.2	3.0	3.3	2.6	2.8	2.9	3.3
12	CHA-18-113	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	57.1	102.0	158.6	56.6	39.4	11.7	13.5	0.0	64.8	48.0	41.2	35.2	32.0	15.5	19.4	16.7	10.5	7.5	5.6	3.0	4.3	3.8	3.2	3.7	3.4
13	CHA-18-114	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	229349	8194311	81.0	150.5	174.7	71.7	49.3	12.6	13.5	0.0	78.7	47.6	38.7	32.3	27.5	15.9	21.9	13.8	8.1	5.6	4.2	3.0	3.7	3.0	3.0	3.0	2.8
14	CHA-18-115	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	228662	8194308	52.4	98.5	136.4	43.4	34.5	9.4	8.1	0.0	50.9	38.3	30.7	38.9	23.5	14.0	17.7	14.5	8.7	6.7	4.6	3.0	3.9	3.0	2.6	3.0	3.0
15	CHA-18-123	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	227967	8193889	61.9	97.5	145.8	50.5	34.5	9.6	8.1	0.0	46.3	34.8	28.8	39.0	22.1	12.7	16.3	11.5	8.8	5.3	4.2	3.0	3.1	2.7	2.5	2.8	2.7
16	CHA-19-18	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	231158	8195838	56.7	88.2	136.5	31.6	32.5	8.1	13.5	0.0	46.8	36.2	28.7	37.5	22.6	10.6	11.1	11.9	10.6	8.4	4.0	3.0	2.8	2.9	2.1	2.4	2.2
17	CHA-19-20	Domo-colada Cabrera	Qp-Cab	230618	8196354	57.6	84.5	144.2	29.8	30.5	8.5	13.5	0.0	48.3	37.6	27.8	41.7	22.0	9.7	10.4	11.2	10.3	7.8	5.1	3.0	3.0	2.8	2.2	2.7	2.2
18	CHA-19-40	Edificio Chachani	Qp-Cha/10	229225	8209657	21.9	68.3	143.8	45.5	34.5	9.4	0.0	0.0	52.5	43.9	34.6	43.8	26.9	17.4	18.4	13.5	9.7	7.4	5.1	3.7	2.7	2.5	2.0	1.6	0.0
19	CHA-19-32	Edificio Chachani	Qp-Cha/3	225842	8211250	36.7	81.7	146.7	43.4	29.6	8.5	0.0	0.0	50.9	40.0	31.9	45.6	24.5	16.8	17.3	12.1	9.7	7.0	5.1	3.6	2.7	2.3	1.8	2.3	0.0
20	CHA-19-32	Edificio Chachani	Qp-Cha/3	225842	8211250	43.8	76.0	153.0	28.5	34.0	6.7	13.5	0.0	51.5	39.8	30.6	46.4	24.0	12.2	12.2	11.7	10.8	8.1	4.0	3.0	2.5	2.4	1.8	2.3	1.8
21	CHA-19-39	Edificio Chachani	Qp-Cha/1	229338	8209414	47.6	81.7	138.0	45.5	34.5	9.6	0.0	0.0	47.8	39.9	32.3	40.5	25.7	16.9	17.7	13.3	9.7	7.4	5.1	4.0	2.7	2.7	2.3	2.8	2.4
22	CHA-19-39	Edificio Chachani	Qp-Cha/1	229338	8209414	51.0	66.3	142.1	27.5	27.1	8.1	8.1	0.0	48.6	38.9	30.9	40.8	24.3	9.5	10.0	13.3	11.2	8.5	5.1	3.0	3.0	2.6	2.4	2.6	1.9
23	Cha-18-22	Edificio Uyupampa	Qp-Uyu/1	216407	8207256	45.7	0.0	137.0	40.4	29.6	7.1	0.0	0.0	0.0	34.7	24.4	40.2	21.6	15.1	13.4	10.8	9.1	6.6	4.0	3.4	2.7	2.5	2.3	3.0	0.0
24	Cha-18-23	Edificio El Rodado	Qp-Rod/5	216480	8208650	33.8	0.0	149.2	43.4	29.6	8.2	0.0	0.0	0.0	40.1	31.1	40.4	28.3	16.3	17.0	14.3	9.7	8.5	5.1	4.3	3.4	3.2	2.9	3.0	2.4
25	Cha-18-28	Edificio El Rodado	Qp-Rod/3	218316	8211407	87.6	0.0	141.5	71.7	64.0	9.9	0.0	0.0	0.0	45.7	33.9	37.0	30.8	19.5	19.4	15.8	9.7	9.4	6.1	5.2	3.4	3.7	3.2	3.7	3.0
26	CHA-18-28	Edificio El Rodado	Qp-Rod/3	218316	8211407	81.0	125.5	141.1	73.7	69.0	12.3	13.5	0.0	58.6	50.4	38.5	42.5	30.2	17.5	21.6	15.7	9.3	8.1	5.2	3.0	3.8	3.6	2.9	3.8	3.0
27	CHA-18-20	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	214607	8202367	42.9	84.8	152.7	47.5	34.5	9.6	10.8	0.0	50.9	45.7	28.8	47.4	21.3	13.8	16.3	10.5	8.6	4.7	3.1	3.0	2.1	1.8	1.7	2.1	1.8
28	CHA-19-43	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	216017	8201717	48.6	76.0	144.2	29.1	24.6	7.4	18.9	0.0	49.5	39.3	30.4	42.3	24.2	11.9	13.7	12.1	11.4	9.2	5.1	3.0	3.0	2.8	2.4	2.7	2.1
29	CHA-19-43	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	216017	8201717	63.8	78.3	137.3	42.4	29.6	8.8	0.0	0.0	47.8	39.6	30.7	42.3	24.7	21.0	18.7	14.0	9.1	7.5	5.1	4.0	3.4	3.0	2.5	2.3	2.4
30	Cha-18-20	Edificio El Rodado	Qp-Rod/2	214607	8202367	44.8	0.0	153.2	45.5	29.6	7.8	0.0	0.0	0.0	37.3	25.2	40.1	21.5	13.8	12.7	10.1	8.4	5.7	4.0	2.7	2.0	2.1	1.8	2.3	0.0
31	Cha-18-21	Edificio El Rodado	Qp-Rod/1	215822	8205159	51.9	0.0	158.9	44.4	29.6	7.9	0.0	0.0	0.0	37.7	26.8	41.4	23.0	16.2	14.8	10.6	8.4	5.9	4.0	3.0	2.0	2.1	1.8	2.1	0.0
32	CHA-19-46	Edificio El Rodado	Qp-Rod/1	214723	8205662	50.0	91.7	150.3	48.5	34.5	9.1	0.0	0.0	46.3	39.6	29.5	39.7	22.2	10.9	12.4	10.8	8.4	5.9	4.0	3.1	2.7	2.3	1.8	2.1	0.0
33	CHA-19-17	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	218904	8201251	41.9	86.7	131.4	40.4	29.6	9.1	0.0	0.0	49.4	39.6	32.3	38.3	25.4	18.4	19.1	13.8	10.4	8.1	6.1	4.2	3.4	3.2	3.2	3.3	2.7
34	CHA-19-44	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	215894	8198730	54.8	76.7	143.6	40.4	29.6	7.9	0.0	0.0	44.8	37.1	28.3	40.0	22.4	13.2	13.4	11.6	9.1	6.8	4.0	3.4	2.7	2.5	2.0	2.6	0.0
35	CHA-19-17	Edificio La Horqueta	Qp-Hor/7	218904	8201251	46.7	75.0	145.0	22.5	29.6	8.8	16.2	0.0	49.5	40.8	32.1	43.4	25.8	8.6	9.9	14.5	12.4	9.9	5.1	3.0	3.5	2.9	2.6	3.0	2.8
36	CHA-19-16	Domos Potrero	Qp-Dp/9	219174	8199310	59.0	100.0	134.2	55.6	39.4	10.3	0.0	0.0	54.0	43.9	35.0	34.9	26.7	17.3	19.4	14.5	9.7	8.1	6.1	4.2	3.4	3.2	2.7	3.5	2.8
37	Cha-18-15	Domos Potrero	Qp-Dp/9	224245	8200008	46.0	0.0	155.0	58.8	42.8	9.0	22.2	0.0	0.0	42.2	33.1	35.7	25.7	24.1	18.6	13.2	8.1	6.8	4.6	3.8	3.1	2.8	2.8	2.8	2.4
38	Cha-18-30	Domos Potrero	Qp-Dp/8	217255	8196529	62.9	0.0	135.2	47.5	34.5	6.5	0.0	0.0	0.0	31.1	22.0	34.3	19.4	13.2	12.7	9.6	8.4	6.4	5.1	4.5	3.4	3.9	3.9	4.0	3.6
39	CHA-VR21-006A	Domos Potrero	Qp-Dp/8	216010	8198701	70.5	125.0	141.8	65.7	49.3	10.6	0.0	0.0	52.5	45.9															

48	CHA-18-15	Domos Potrero	Qp-Dp/4	224245	8200008	52.4	88.8	126.7	50.5	39.4	9.6	10.8	0.0	63.3	30.1	28.9	30.3	23.1	13.6	17.0	11.6	8.2	5.2	3.7	3.0	2.7	2.2	2.2	2.3	2.1
49	Cha-18-14	Domos Potrero	Qp-Dp/4	224445	8200188	59.8	0.0	147.7	68.8	54.7	8.9	74.7	0.0	0.0	40.7	30.3	30.9	24.4	20.3	19.1	13.1	8.3	6.8	4.7	3.9	3.1	3.2	2.9	2.8	2.7
50	Cha-18-05	Domos Potrero	Qp-Dp/4	220264	8195986	52.8	0.0	156.6	61.8	48.2	8.8	31.8	0.0	0.0	42.7	31.8	35.2	25.1	20.1	18.8	13.4	8.3	6.7	5.0	3.7	2.9	3.1	2.9	2.6	2.8
51	Cha-18-06	Domos Potrero	Qp-Dp/4	219625	8197124	46.4	0.0	157.9	55.6	43.4	8.5	33.0	0.0	0.0	40.4	30.1	37.5	23.4	21.9	18.1	12.7	8.2	6.4	4.8	3.5	2.8	3.0	2.5	3.3	2.7
52	Cha-18-10	Domos Potrero	Qp-Dp/3	224854	8200000	41.9	0.0	158.8	52.7	44.0	8.7	21.3	0.0	0.0	39.7	28.6	39.7	24.6	23.0	18.2	13.3	8.6	6.6	4.6	3.7	3.0	2.9	2.7	4.0	2.5
53	Cha-18-11	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225458	8200415	44.1	0.0	157.7	55.4	42.9	9.2	18.3	0.0	0.0	38.8	29.1	36.0	23.5	17.8	15.4	12.4	8.1	6.5	4.5	3.5	2.9	2.8	2.6	2.9	2.4
54	Cha-18-01	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225222	8193913	36.0	0.0	164.7	54.4	44.0	8.9	19.2	0.0	0.0	38.2	28.2	39.6	22.0	16.2	14.9	11.5	8.2	5.6	4.0	3.1	2.4	2.6	2.2	2.5	2.3
55	Cha-18-07	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225885	8197399	42.9	0.0	156.6	48.3	40.6	8.5	22.4	0.0	0.0	41.9	30.9	41.5	24.5	20.1	17.0	13.5	8.6	7.0	5.1	3.8	3.0	3.3	2.6	3.1	2.7
56	Cha-18-08	Domos Potrero	Qp-Dp/3	225766	8199634	48.9	0.0	154.9	59.2	43.5	8.4	19.0	0.0	0.0	39.8	28.8	36.8	22.5	20.8	17.3	12.1	7.9	6.2	4.6	3.4	2.7	2.8	2.6	3.0	2.4
57	CHA-18-17	Domos Potrero	Qp-Dp/2	223903	8197330	61.9	110.5	149.8	58.6	44.3	11.1	13.5	0.0	55.6	45.2	33.1	37.6	26.2	14.6	19.4	13.9	8.5	6.5	4.0	3.0	3.0	2.4	2.3	2.8	2.2
58	Cha-18-17	Domos Potrero	Qp-Dp/2	223903	8197330	43.1	0.0	156.2	56.3	44.3	8.6	228.5	0.0	0.0	40.7	31.4	37.8	24.2	18.5	15.2	13.0	7.8	6.4	4.0	3.5	2.8	2.7	2.4	2.7	2.2
59	Cha-18-09	Domos Potrero	Qp-Dp/2	225035	8196709	51.8	0.0	149.0	63.8	50.1	8.8	22.9	0.0	0.0	41.7	29.5	34.0	24.2	24.4	19.7	12.6	8.4	6.5	4.5	3.6	2.8	2.9	2.8	4.4	2.6
60	CHA-18-12	Domos Potrero	Qp-Dp/1	224869	8200493	32.4	0.0	165.9	45.7	34.9	7.9	15.5	0.0	0.0	39.5	31.2	42.5	24.8	18.1	16.0	12.6	8.3	7.0	4.2	3.6	2.8	2.6	2.5	3.0	0.0
61	CHA-19-15	Domos Potrero	Qp-Dp/1	219396	8199441	53.8	108.3	147.3	51.5	39.4	10.0	0.0	0.0	57.1	43.8	34.6	39.0	26.9	17.4	18.7	13.5	9.7	7.5	5.1	4.0	3.4	3.2	2.9	3.0	2.5
62	CHA-18-12	Domos Potrero	Qp-Dp/1	224869	8200493	42.9	84.0	148.0	46.5	34.5	10.0	10.8	0.0	83.3	36.1	31.3	38.6	25.7	14.9	19.8	13.5	8.8	6.4	4.6	3.0	3.0	2.7	2.1	2.8	2.2
63	CHA-19-15	Domos Potrero	Qp-Dp/1	219396	8199441	52.9	88.2	144.7	24.1	30.5	7.4	16.2	0.0	53.2	41.3	33.9	42.2	26.1	9.5	10.1	13.7	12.0	9.8	5.1	3.0	3.4	3.0	2.5	2.7	2.5
64	CHA-19-23	Domos Potrero	Qp-fpp	222117	8193794	68.6	120.0	145.8	67.7	49.3	10.8	0.0	0.0	54.0	42.9	33.9	32.2	25.9	17.1	19.1	13.3	8.4	7.4	5.1	4.0	3.4	3.0	2.7	2.1	2.7
65	CHA-19-24A	Domos Potrero	Qp-fpp	219346	8196865	88.6	126.8	150.8	36.1	50.7	8.2	13.5	0.0	55.7	42.8	32.9	29.5	23.8	9.5	11.2	12.2	10.2	8.6	5.1	3.0	2.9	2.6	2.4	2.7	2.4
66	CHA-19-24B	Domos Potrero	Qp-fpp	219346	8196865	72.4	108.8	153.3	33.3	40.9	9.0	10.8	0.0	56.5	43.5	33.3	35.9	25.1	11.2	12.2	12.6	11.0	8.8	5.1	3.0	3.1	2.9	2.6	2.8	2.2
67	CHA-18-89	Edificio El Ángel	Qp-Ang/4	236052	8211194	71.4	109.2	151.2	64.6	44.3	11.9	13.5	0.0	61.7	48.9	35.9	36.5	27.7	14.8	20.5	14.4	9.1	7.3	4.9	3.0	3.7	3.3	2.7	3.4	3.0
68	CHA-18-89	Edificio El Ángel	Qp-Ang/4	236052	8211194	59.5	0.0	139.8	57.6	39.4	9.6	0.0	0.0	0.0	40.4	30.7	32.0	23.9	16.2	16.6	12.8	9.7	8.5	5.1	4.5	3.4	3.2	2.3	3.7	2.2
69	CHA-18-93	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232842	8208317	41.0	0.0	135.8	45.5	34.5	8.1	0.0	0.0	0.0	31.2	23.2	38.9	17.6	14.5	14.5	9.1	7.8	6.1	4.0	3.1	2.0	2.3	1.8	3.0	0.0
70	CHA-18-93	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232842	8208317	52.4	84.7	146.7	49.5	39.4	9.1	10.8	0.0	50.9	38.0	28.0	44.8	21.0	13.4	17.7	10.9	8.3	5.2	3.3	3.0	2.4	2.2	2.2	2.2	1.8
71	CHA-18-119	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232508	8208741	51.9	0.0	136.4	49.5	39.4	8.7	0.0	0.0	0.0	33.0	25.6	41.9	19.7	13.5	14.1	10.1	7.8	6.8	4.0	3.6	2.7	2.3	2.0	3.3	0.0
72	CHA-18-120	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232210	8207800	45.7	0.0	123.9	53.5	39.4	9.0	0.0	0.0	0.0	33.0	25.6	34.3	20.2	13.0	14.5	11.1	8.4	7.4	5.1	3.9	2.7	2.7	2.3	2.8	0.0
73	CHA-18-119	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232508	8208741	66.7	96.5	145.5	50.5	39.4	9.6	8.1	0.0	50.9	44.8	31.3	46.7	24.5	13.2	18.0	12.5	9.1	5.4	4.3	3.0	2.8	2.4	2.4	2.6	2.4
74	CHA-18-120	Edificio El Ángel	Qp-Ang/3	232210	8207800	66.7	98.8	129.5	51.5	39.4	9.6	8.1	0.0	52.5	30.0	30.8	37.1	23.4	11.7	17.0	12.8	8.9	5.9	4.1	3.0	3.3	2.5	2.4	2.7	2.2
75	CHA-18-107	Edificio El Ángel	Qp-Ang/2	231288	8209255	81.0	103.2	136.4	74.7	49.3	11.6	16.2	0.0	58.6	45.6	36.0	38.1	28.2	13.2	19.4	15.4	9.5	7.6	4.9	3.0	3.3	3.2	3.0	3.1	2.4
76	CHA-19-38	Edificio El Ángel	Qp-Ang/1	229820	8209758	57.1	35.0	115.8	57.6	49.3	8.4	0.0	0.0	34.0	31.9	24.0	34.8	18.0	13.0	15.2	8.9	7.8	5.0	4.0	2.8	2.0	2.3	2.0	1.4	0.0
77	CHA-19-38	Edificio El Ángel	Qp-Ang/1	229820	8209758	66.7	80.2	138.5	27.8	42.9	7.1	10.8	0.0	41.4	30.1	26.0	41.4	17.9	8.0	8.7	8.3	9.1	7.0	4.0	3.0	2.3	2.3	1.8	2.1	1.6
78	CHA-18-80	Edificio El Colorado	Qp-Col2	226268	8219402	101.4	111.7	143.8	85.9	59.1	10.6	0.0	0.0	54.0	49.6	35.0	30.2	26.2	15.7	14.8	12.8	8.4	7.4	5.1	3.6	2.7	2.7	2.5	3.0	2.2
79	CHA-18-80	Edificio El Colorado	Qp-Col2	226268	8219402	109.5	133.5	147.3	87.9	64.0	11.2	16.2	0.0	60.2	41.4	34.3	33.7	25.4	12.3	17.3	13.5	8.3	6.1	4.4	3.0	3.0	2.7	2.5	2.7	2.1
80	CHA-18-72	Edificio El Colorado	Qp-Col1	223499	8218212	140.5	178.3	137.0	118.2	78.8	12.2	13.5	0.0	63.3	54.9	38.2	27.5	27.2	19.8	18.0	13.1	8.4	7.7	5.1	4.3	3.4	3.4	3.4	4.0	3.3
81	CHA-18-74	Edificio El Colorado	Qp-Col1	221992	8220402	117.1	158.3	157.0	108.1	78.8	11.9	13.5	0.0	67.9	53.7	37.8	28.9	27.9	18.7	18.0	13.8	8.4	8.1	6.1	4.5	3.4	3.4	3.2	4.0	3.3
82	CHA-18-90	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	232474	8211080	60.0	0.0	131.4	53.5	34.5	9.9	0.0	0.0	0.0	38.6	29.5	31.1	23.4	17.3	17.7	12.8	10.4	8.3	6.1	4.7	3.4	3.9	2.9	4.0	3.1
83	CHA-18-91	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	231372	8210992	12.4	0.0	102.9	20.2	14.8	7.6	0.0	0.0	0.0	29.8	24.4	33.4	20.6	14.9	14.8	11.8	10.4	8.1	6.1	4.3	3.4	3.0	2.5	3.3	0.0
84	CHA-18-90	Edificio Chingana	Qp-Chi/6	232474	8211080	66.7	110.7	143.9	58.6	44.3	12.3	13.5	0.0	50.9	41.9	35.2	35.9	27.1	17.2	23.3	14.5	9.9	8.1	5.3	3.0	4.2	3.8	3.2	3.8	3.1
85	CHA-19-41	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232074	8211626	85.7	70.0	120.0	65.7	49.3	14.7	13.5	0.0	46.3	51.2	43.3	37.5	35.4	15.1	24.7	17.7	11.0	10.8	8.1	6.1	4.7	4.6	3.9	2.8	3.7
86	CHA-19-42	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232581	8211970	28.6	70.0	140.8	42.4	24.6	12.2	0.0	0.0	52.5	45.9	36.6	40.4	29.3	18.4	18.0	15.3	10.4	8.8	6.1	4.7	4.0	3.7	2.9	3.0	3.0
87	CHA-19-42	Edificio Chingana	Qp-Chi/3	232581	8211970	33.8	77.7	145.0	27.8	30.0	7.6	24.3	0.0	56.2	45.0	34.8	41.9	28.1	14.8	17.7	14.8	12.4	10.5	6.1	3.0	3.8	3.3	2.9	3.3	3.0
88	CHA-18-121A	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	47.6	98.2	149.1	49.5	34.5	12.2	10.8	0.0	55.6	48.4	38.3	35.5	30.3	17.1	21.6	17.3	11.0	8.1	6.0	3.0	4.4	3.7	3.1	3.4	3.4
89	CHA-18-121B	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	100.0	197.7	188.0	97.0	59.1	14.6	16.2	0.0	64.8	51.2	36.8	19.1	25.9	22.0	29.7	12.0	6.2	5.1	4.1	3.0	3.5	2.9	3.2	3.3	3.9
90	CHA-18-121-A	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	36.2	0.0	138.9	50.5	34.5	11.6	0.0	0.0	0.0	39.6	31.1	31.9	25.0	20.9	21.6	13.3	9.7	9.7	6.1	4.9	4.0	3.7	2.9	3.7	2.8
91	CHA-18-121-B	Edificio Chingana	Qp-Chi/1	237493	8215489	89.5	0.0	132.4	94.9	59.1	12.3	0.0	0.0	0.0	41.9	30.3	12.7	21.1	25.7	26.5	10.6	6.5	7.0	4.0	3.9					

95	CHA-18-85	Edificio Nocarane	Qp-Noc/6	231343	8218324	61.9	115.5	148.3	59.6	44.3	11.7	13.5	0.0	63.3	38.7	38.1	36.3	28.6	17.2	21.6	14.4	10.1	7.0	5.1	3.0	3.4	3.1	2.6	3.0	2.4
96	CHA-18-83	Edificio Nocarane	Qp-Noc/5	229277	8220489	100.0	0.0	131.7	84.8	54.2	12.9	0.0	0.0	0.0	50.3	37.8	24.7	28.9	27.0	22.6	15.0	9.7	9.4	7.1	4.9	4.0	3.9	3.4	4.2	3.3
97	CHA-18-82	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	229601	8220185	45.7	0.0	134.5	37.4	29.6	8.2	0.0	0.0	0.0	36.4	28.7	37.1	23.7	19.2	18.0	12.6	10.4	8.1	6.1	4.0	3.4	3.0	2.3	3.0	2.4
98	CHA-18-82	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	229601	8220185	57.1	93.0	144.7	49.5	39.4	9.9	10.8	0.0	52.5	39.6	37.0	42.1	28.8	15.0	19.4	15.0	10.1	6.9	4.9	3.0	3.0	3.2	2.5	2.8	2.4
99	CHA-19-31	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227758	8211942	71.0	105.3	147.1	40.4	42.4	8.1	10.8	0.0	56.3	44.1	32.7	36.2	26.2	11.8	12.2	13.1	10.8	9.3	5.1	3.0	3.3	2.9	2.6	3.0	2.2
100	CHA-18-77	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227499	8218434	64.3	106.7	171.5	75.8	54.2	14.0	0.0	0.0	103.4	96.7	67.7	46.3	49.8	19.9	19.1	21.7	14.3	11.4	8.1	5.3	4.0	3.7	2.9	4.0	2.8
101	CHA-19-31	Edificio Nocarane	Qp-Noc/4	227758	8211942	63.8	110.0	138.8	58.6	44.3	10.6	0.0	0.0	54.0	42.6	33.9	35.8	26.2	19.9	20.8	13.1	9.1	7.7	6.1	4.3	3.4	3.0	2.7	2.8	2.8
102	CHA-18-81	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227912	8219462	48.6	0.0	125.6	44.4	29.6	8.5	0.0	0.0	0.0	40.7	31.9	35.0	25.2	16.4	17.0	13.5	10.4	8.3	5.1	4.2	3.4	3.0	2.0	2.6	0.0
103	CHA-18-76	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227307	8219559	106.2	73.3	145.8	87.9	59.1	10.8	0.0	0.0	43.2	52.3	36.2	23.0	26.2	17.3	16.3	12.8	8.4	7.0	5.1	3.6	2.7	2.5	2.5	3.0	2.4
104	CHA-18-78	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227923	8218733	48.6	78.3	116.5	41.4	29.6	8.1	0.0	0.0	43.2	43.5	32.3	30.3	25.7	17.5	15.9	13.5	9.7	8.1	6.1	4.0	3.4	3.2	2.7	3.5	2.8
105	CHA-18-79	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	226584	8219403	110.0	133.3	159.1	88.9	64.0	10.9	0.0	0.0	57.1	53.0	36.6	28.2	26.9	16.6	15.2	12.8	8.4	7.0	5.1	3.6	2.7	2.5	2.5	2.8	2.2
106	CHA-18-81	Edificio Nocarane	Qp-Noc/2	227912	8219462	47.6	78.7	132.7	40.4	29.6	9.1	10.8	0.0	44.8	38.6	30.7	38.8	23.4	13.4	17.7	14.2	9.5	6.6	4.8	3.0	2.9	3.0	2.4	2.8	2.4
107	CHA-18-58B	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	218335	8216174	181.9	235.0	165.8	179.8	152.7	13.8	18.9	0.0	66.4	54.1	33.9	10.3	22.6	15.7	16.3	9.9	5.2	5.1	3.0	2.7	2.0	2.1	1.8	2.3	0.0
108	CHA-18-59	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219323	8217070	56.2	116.7	160.3	50.5	39.4	14.4	0.0	0.0	58.6	54.5	40.9	30.8	31.8	22.6	21.6	18.2	11.7	9.9	7.1	5.3	4.0	3.9	3.2	4.2	3.1
109	CHA-18-62	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	46.2	66.7	143.9	40.4	34.5	11.4	0.0	0.0	50.9	48.2	35.8	32.7	28.6	20.9	18.7	15.5	11.0	9.2	7.1	5.2	4.0	3.9	3.2	4.2	3.1
110	CHA-18-64	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	51.4	90.0	137.6	46.5	39.4	10.6	0.0	0.0	50.9	46.9	33.9	31.5	27.6	18.7	18.0	14.8	9.7	8.6	6.1	4.6	3.4	3.2	2.7	3.3	2.5
111	CHA-18-66	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	40.0	61.7	113.5	32.3	29.6	10.0	0.0	0.0	40.1	43.5	34.3	28.8	28.1	17.7	16.6	16.0	11.7	10.1	7.1	5.8	4.7	4.3	3.6	4.7	3.4
112	CHA-18-68	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	148.6	151.7	144.2	143.4	98.5	18.5	18.9	0.0	58.6	73.6	52.0	18.9	38.2	35.0	33.6	18.7	9.7	10.8	8.1	6.1	4.7	4.6	4.1	4.7	4.0
113	CHA-18-69	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219912	8217678	42.9	86.7	160.2	45.5	34.5	13.1	0.0	0.0	57.1	55.3	41.7	35.9	31.8	21.9	19.4	17.0	11.7	9.7	7.1	4.7	4.0	3.7	2.9	3.7	2.7
114	CHA-18-71A	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	223361	8217850	139.5	180.0	158.6	131.3	88.7	13.2	16.2	0.0	69.4	56.8	38.2	22.9	26.7	18.8	18.4	12.8	7.1	7.0	5.1	4.2	3.4	3.2	3.2	4.0	3.1
115	CHA-18-73	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	220824	8219676	131.0	163.3	142.3	126.3	88.7	12.8	16.2	0.0	60.2	52.4	35.4	19.7	25.4	17.8	17.7	11.8	7.1	7.2	5.1	4.0	3.4	3.2	2.9	3.7	3.0
116	CHA-18-58B	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	218335	8216174	185.7	247.7	162.1	169.7	152.7	14.6	21.6	0.0	72.5	44.2	31.5	10.6	20.7	13.0	17.7	9.0	4.7	4.0	2.4	3.0	1.8	1.6	1.6	2.0	1.9
117	CHA-18-59	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219323	8217070	52.4	101.0	148.9	50.5	44.3	14.4	13.5	0.0	58.6	51.9	35.6	31.0	28.2	18.6	22.6	16.2	9.6	8.6	5.7	3.0	3.7	3.7	3.0	3.8	2.8
118	CHA-18-62	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	47.6	84.3	141.1	41.4	34.5	12.5	10.8	0.0	50.9	36.3	33.5	34.2	25.9	16.5	19.4	14.8	10.2	7.9	5.7	3.0	4.0	3.4	3.0	3.8	3.4
119	CHA-18-64	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	57.1	96.7	138.6	46.5	39.4	11.7	10.8	0.0	54.0	37.5	31.2	33.2	24.9	15.9	19.1	14.5	9.2	7.1	5.2	3.0	3.3	3.4	2.3	3.2	2.4
120	CHA-18-66	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	38.1	57.7	115.3	30.3	29.6	10.0	10.8	0.0	60.2	33.6	29.3	31.4	24.5	13.4	16.3	15.2	10.2	8.3	5.8	3.0	4.2	3.2	3.2	4.0	3.0
121	CHA-18-68	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219683	8217510	147.6	223.5	150.3	146.5	113.3	19.9	27.0	0.0	78.7	69.8	48.7	20.6	36.8	28.1	34.6	20.0	9.5	9.8	6.5	3.0	4.7	4.4	4.0	4.7	4.3
122	CHA-18-69	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	219912	8217678	47.6	83.0	167.0	44.4	34.5	14.3	13.5	0.0	63.3	46.6	37.8	43.5	29.7	17.7	21.2	16.1	11.5	8.4	5.4	3.0	3.8	3.9	2.9	3.4	2.5
123	CHA-18-71A	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	223361	8217850	138.1	192.2	152.1	126.3	93.6	15.0	21.6	0.0	67.9	44.1	36.3	22.9	25.4	15.8	20.8	12.3	7.1	5.8	3.9	3.0	3.2	3.0	2.9	3.2	3.3
124	CHA-18-73	Edificio Nocarane	Qp-Noc/1	220824	8219676	133.3	175.2	146.1	119.2	93.6	13.5	18.9	0.0	66.4	47.3	34.4	22.0	24.4	15.3	19.4	11.2	6.9	5.7	4.0	3.0	3.3	2.6	2.6	3.0	3.1
125	CHA-18-87	Edificio Estribo	Qp-Est/7	238193	8210592	27.6	0.0	130.6	38.4	29.6	7.8	0.0	0.0	0.0	34.3	27.2	41.0	21.1	13.9	13.8	10.6	9.7	6.8	5.1	3.4	2.7	2.5	2.0	2.8	0.0
126	CHA-18-88	Edificio Estribo	Qp-Est/7	236931	8210648	41.9	0.0	150.5	46.5	34.5	10.9	0.0	0.0	0.0	44.2	33.9	41.2	26.6	21.4	20.5	13.8	10.4	8.5	6.1	4.0	3.4	3.0	2.3	3.0	2.4
127	CHA-18-94	Edificio Estribo	Qp-Est/7	237991	8209827	68.6	0.0	148.0	66.7	44.3	10.2	0.0	0.0	0.0	43.9	33.1	38.1	25.7	19.0	19.1	12.8	9.7	8.1	5.1	4.0	2.7	3.0	2.3	3.0	0.0
128	CHA-19-49	Edificio Estribo	Qp-Est/5	239326	8206545	75.2	108.3	140.8	58.6	39.4	8.7	0.0	0.0	49.4	41.3	31.5	44.0	24.9	14.4	16.3	12.6	9.1	7.4	5.1	3.9	3.4	3.0	2.5	2.3	2.4
129	CHA-18-35	Edificio Estribo	Qp-Est/4	234330	8203628	57.1	109.5	147.9	51.5	39.4	10.3	10.8	0.0	88.0	46.7	32.8	38.1	24.4	14.9	18.7	12.3	8.4	6.1	4.1	3.0	2.9	2.6	2.5	3.0	2.7
130	Cha-18-35	Edificio Estribo	Qp-Est/4	234330	8203628	57.6	0.0	152.1	47.5	34.5	8.7	0.0	0.0	0.0	40.1	30.3	33.2	26.5	17.0	17.0	12.3	9.1	7.4	5.1	4.0	2.7	3.0	2.9	2.8	2.5
131	CHA-19-07	Edificio Estribo	Qp-Est/3	228489	8199962	53.3	133.3	146.2	55.6	39.4	10.5	0.0	0.0	64.8	46.3	39.0	36.0	30.0	16.2	18.4	15.5	10.4	8.3	7.1	4.9	4.0	4.1	3.6	3.5	3.4
132	CHA-19-07	Edificio Estribo	Qp-Est/3	228489	8199962	59.5	108.3	146.7	35.5	36.0	10.6	27.0	0.0	62.7	45.6	35.9	36.6	29.8	11.8	17.5	16.6	13.2	11.3	6.1	3.0	4.1	3.8	3.3	3.5	3.1
133	CHA-19-09	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231839	8195860	52.4	85.3	145.9	25.2	23.6	7.9	21.6	0.0	50.5	40.1	31.7	41.9	26.2	18.0	17.3	13.8	11.8	9.9	5.1	3.0	3.4	3.2	2.8	3.1	2.7
134	CHA-19-26A	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	72.9	112.2	158.2	30.2	39.9	10.3	13.5	0.0	58.0	45.7	36.3	28.4	28.1	17.3	16.0	14.6	12.1	10.3	6.1	3.0	3.7	3.6	3.2	3.4	2.8
135	CHA-19-26B	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	73.8	126.7	157.6	55.1	61.6	10.5	13.5	0.0	56.0	44.4	34.9	29.2	27.2	16.1	15.5	13.5	12.1	9.7	5.1	3.0	3.6	3.5	3.1	3.3	3.0
136	CHA-19-26C	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	73.3	116.7	157.1	53.5	57.1	9.6	10.8	0.0	55.2	44.0	33.8	31.8	26.4	15.7	15.2	14.0	12.0	10.0	5.1	3.0	3.5	3.4	2.9	3.3	2.8
137	CHA-19-27	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229616	8197993	38.6	65.2	162.0	32.1	38.9	9.6	18.9	0.0	55.4	44.5	34.2	42.8	26.8	14.5	18.3	15.3	12.8	11.3	6.1	3.0	3.9	4.1	3.2	3.8	3.1
138	CHA-19-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	241498	82053																									

148	CHA-19-26A	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	65.2	48.3	141.4	60.6	44.3	11.7	0.0	0.0	38.6	44.4	35.0	22.3	27.0	19.1	20.1	14.0	7.8	7.7	6.1	4.5	3.4	3.4	2.9	2.8	3.1
149	CHA-19-26B	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	71.0	131.7	165.3	65.7	44.3	12.3	0.0	0.0	58.6	46.4	36.6	30.4	28.2	19.5	21.9	14.3	9.1	8.3	6.1	4.7	3.4	3.7	3.4	2.1	3.3
150	CHA-19-26C	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231585	8194858	65.7	81.7	141.8	61.6	44.3	11.7	0.0	0.0	52.5	44.4	35.0	31.4	27.5	19.3	20.1	14.3	9.1	8.1	6.1	4.7	4.0	3.7	3.2	2.6	3.1
151	CHA-19-27	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229616	8197993	32.9	73.3	147.4	35.4	24.6	11.7	0.0	0.0	46.3	44.4	37.0	39.2	30.0	17.6	18.4	15.8	11.0	9.4	7.1	5.5	4.0	4.1	3.4	3.3	3.4
152	CHA-19-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	241498	8205318	161.4	75.0	151.7	75.8	49.3	12.6	13.5	0.0	35.5	45.7	34.3	22.3	25.2	22.0	21.6	11.8	7.1	6.4	5.1	4.0	3.4	3.2	3.2	3.5	3.4
153	Cha-18-33	Edificio Estribo	Qp-Est/2	234923	8199840	63.8	0.0	172.7	53.5	39.4	9.1	0.0	0.0	0.0	41.1	30.7	34.4	26.4	19.1	17.3	12.6	8.4	6.8	5.1	4.0	2.7	3.0	2.9	3.3	2.5
154	Cha-18-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	170.5	0.0	180.9	118.2	83.7	12.6	16.2	0.0	0.0	48.9	33.1	15.6	28.7	15.9	17.7	13.8	7.1	8.3	5.1	4.7	3.4	3.7	3.9	3.7	3.6
155	Cha-18-37	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	42.9	0.0	160.9	39.4	29.6	9.6	0.0	0.0	0.0	43.6	34.6	33.7	32.2	16.2	18.4	16.7	11.7	10.1	7.1	5.2	4.0	3.7	3.2	3.5	2.8
156	Cha-18-38	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	41.0	0.0	183.9	30.3	19.7	9.0	0.0	0.0	0.0	45.6	33.9	35.8	31.0	16.4	15.2	14.8	10.4	8.8	6.1	4.7	3.4	3.7	3.4	3.7	3.0
157	CHA-18-50	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237594	8202937	39.0	88.3	155.6	37.4	29.6	9.9	0.0	0.0	57.1	46.2	34.3	40.7	26.8	18.1	17.7	13.8	9.7	8.8	6.1	4.6	4.0	3.4	2.9	4.0	2.8
158	CHA-18-51	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237594	8202937	75.7	65.0	141.8	69.7	44.3	11.2	0.0	0.0	41.7	45.0	33.5	21.7	23.8	19.0	19.1	12.1	7.8	6.8	5.1	3.9	3.4	3.2	3.2	3.3	3.1
159	CHA-19-02	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229397	8190882	71.9	135.0	143.0	60.6	44.3	10.8	0.0	0.0	54.0	41.1	32.3	34.0	23.5	14.4	18.7	12.1	8.4	6.6	5.1	3.7	3.4	3.2	2.9	2.6	3.0
160	CHA-19-03	Edificio Estribo	Qp-Est/2	229473	8193669	130.5	220.0	173.9	88.9	69.0	10.8	16.2	0.0	67.9	39.2	29.9	24.2	21.9	11.6	15.5	10.8	7.1	6.1	5.1	3.6	2.7	3.0	2.9	2.6	2.7
161	CHA-18-36	Edificio Estribo	Qp-Est/2	237158	8203456	98.1	0.0	164.4	84.8	59.1	11.4	0.0	0.0	0.0	52.3	39.0	16.3	30.2	27.4	27.9	15.8	9.7	9.6	7.1	4.9	4.0	3.9	3.4	4.0	3.1
162	CHA-18-101	Edificio Estribo	Qp-Est/2	234970	8200811	44.8	0.0	167.6	36.4	24.6	9.9	0.0	0.0	0.0	37.0	28.0	36.8	21.8	18.2	18.0	10.8	9.1	7.7	5.1	4.0	2.7	3.0	2.5	3.5	0.0
163	CHA-18-102	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	71.0	0.0	145.5	54.5	39.4	10.6	0.0	0.0	0.0	39.5	29.1	30.7	22.5	18.2	20.8	11.6	8.4	7.7	5.1	4.2	3.4	3.2	2.7	3.7	2.7
164	CHA-18-103	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	62.9	0.0	147.0	56.6	39.4	10.8	0.0	0.0	0.0	41.8	31.5	29.6	24.2	21.3	21.6	12.1	9.1	8.5	5.1	4.6	3.4	3.7	3.2	4.2	2.8
165	CHA-18-104	Edificio Estribo	Qp-Est/2	235203	8200839	43.3	0.0	132.9	39.4	29.6	9.4	0.0	0.0	0.0	36.0	28.7	37.9	22.5	18.4	17.3	12.8	9.1	8.5	5.1	4.5	3.4	3.4	2.7	3.5	2.5
166	CHA-18-105	Edificio Estribo	Qp-Est/2	231533	8194806	63.3	0.0	145.0	62.6	44.3	11.7	0.0	0.0	0.0	41.9	31.9	25.7	24.8	21.7	20.8	13.1	8.4	8.5	6.1	4.5	3.4	3.7	3.2	4.0	3.0
167	CHA-18-110	Edificio Estribo	Qp-Est/1	235588	8198257	75.2	0.0	153.5	61.6	44.3	10.5	0.0	0.0	0.0	38.8	29.1	32.0	21.9	21.7	21.2	10.6	8.4	7.2	4.0	4.0	3.4	3.2	2.7	2.8	2.4
168	CHA-19-05	Edificio Estribo	Qp-Est/1	230966	8194482	73.3	150.0	145.0	65.7	44.3	10.8	0.0	0.0	57.1	41.4	31.5	33.9	23.6	17.5	19.8	11.8	8.4	6.8	5.1	3.6	3.4	3.2	3.2	3.0	2.8
169	CHA-18-116	Edificio Estribo	Qp-Est/1	228784	8191638	90.5	158.5	150.3	80.8	54.2	12.8	13.5	0.0	67.9	48.4	33.9	23.6	17.0	22.3	14.0	7.1	5.7	4.5	3.0	3.7	2.9	3.2	3.3	3.3	3.3
170	CHA-19-05	Edificio Estribo	Qp-Est/1	230966	8194482	75.7	110.0	145.0	28.2	38.4	9.0	29.7	0.0	51.9	40.4	32.2	33.1	24.4	15.3	16.1	12.2	10.9	8.7	5.1	3.0	3.6	3.0	2.6	2.9	2.4
171	CHA-VR21-013a	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	218966	8196664	74.8	105.0	131.1	42.4	44.3	7.6	0.0	0.0	47.8	38.5	30.7	32.0	24.9	12.4	12.0	12.6	9.1	7.5	5.1	3.0	3.4	3.0	2.7	3.3	2.5
172	CHA-VR21-013b	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	218966	8196664	105.7	126.7	154.7	64.6	59.1	9.6	13.5	0.0	63.3	44.8	33.5	24.3	25.8	11.5	11.7	12.3	7.8	7.2	5.1	3.0	3.4	3.0	2.7	3.0	2.7
173	CHA-19-25	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219249	8197291	50.5	83.0	153.2	29.7	33.0	7.8	10.8	0.0	47.7	36.4	28.5	43.7	22.0	11.3	9.9	11.1	10.1	7.4	4.0	3.0	2.2	1.9	1.8	2.0	1.6
174	CHA-19-08	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	215402	8197640	38.6	73.3	118.3	33.3	34.5	9.1	0.0	0.0	41.7	34.0	28.3	40.8	22.9	13.2	15.2	13.1	9.7	7.4	5.1	3.9	3.4	3.0	2.5	2.8	2.2
175	CHA-19-08	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	215402	8197640	39.5	60.8	124.4	28.7	28.6	8.2	29.7	0.0	41.2	33.2	27.3	45.0	19.6	15.1	15.4	13.1	11.6	9.1	5.1	3.0	3.0	2.9	2.3	2.8	2.4
176	CHA-19-24A	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219346	8196865	82.4	145.0	150.8	81.8	59.1	11.1	0.0	0.0	57.1	43.2	33.1	29.1	25.4	16.9	19.1	12.1	7.8	6.8	5.1	3.7	2.7	3.0	2.5	2.3	2.8
177	CHA-19-24B	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219346	8196865	65.7	115.0	145.5	64.6	44.3	10.8	0.0	0.0	54.0	43.2	34.6	34.4	26.8	16.9	18.7	13.5	9.1	7.5	5.1	4.0	3.4	3.0	2.7	2.3	2.5
178	CHA-19-25	Lavas basales Chachani	Qp-bch2	219249	8197291	46.7	76.7	147.0	47.5	34.5	9.3	0.0	0.0	46.3	38.7	29.9	42.9	23.1	15.9	16.3	11.3	9.1	5.9	4.0	3.1	2.0	2.3	1.8	1.9	0.0
179	Cha-18-24	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	216896	8210106	76.2	0.0	131.8	75.8	69.0	10.6	0.0	0.0	0.0	47.0	34.6	35.1	31.1	21.0	20.1	16.3	9.7	9.2	6.1	5.0	3.4	3.7	3.2	3.7	2.7
180	Cha-18-29	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	218979	8212426	71.4	0.0	143.6	74.7	64.0	10.6	0.0	0.0	0.0	51.5	39.4	38.2	34.8	20.9	21.2	17.5	11.0	10.1	7.1	5.5	3.4	3.7	3.4	4.0	2.8
181	CHA-18-57	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	217622	8212616	59.0	101.7	124.1	62.6	59.1	10.2	0.0	0.0	52.5	49.1	37.0	43.3	30.3	17.5	17.0	16.0	10.4	9.0	6.1	4.6	4.0	3.4	2.9	4.0	2.8
182	CHA-19-21	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	221285	8194515	26.7	55.0	126.1	27.3	24.6	9.3	0.0	0.0	43.2	37.8	31.1	38.8	25.4	15.0	16.3	14.0	9.7	7.9	6.1	4.5	3.4	3.2	2.5	3.7	2.7
183	CHA-VR21-005	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	218032	8213226	108.1	191.7	161.2	91.9	69.0	12.9	16.2	0.0	57.1	46.9	35.4	21.5	25.4	16.4	19.1	12.6	6.5	7.2	5.1	3.6	3.4	3.2	3.2	5.1	3.1
184	CHA-18-24	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	216896	8210106	76.2	130.0	140.8	80.8	69.0	13.2	13.5	0.0	69.4	42.7	38.7	43.7	30.5	19.4	24.0	15.6	9.9	7.6	5.4	3.0	3.7	3.3	2.8	3.7	2.8
185	CHA-19-21	Lavas basales Chachani	Qp-bch1	221285	8194515	34.3	60.8	133.9	22.4	18.2	9.1	18.9	0.0	46.3	38.0	29.7	41.7	22.6	16.9	15.9	14.0	11.8	9.7	6.1	3.0	3.4	2.9	2.4	3.0	2.5
186	CHA-18-99	Secuencia piroclástica	Qp-pir	239748	8217899	84.8	0.0	152.7	83.8	59.1	12.9	0.0	0.0	0.0	44.4	33.1	19.4	24.7	22.8	21.9	12.6	8.4	7.7	5.1	4.0	3.4	3.2	2.7	3.3	2.8
187	CHA-19-01	Volcán Misti	Qp-vmi	230709	8192422	43.8	131.7	179.1	44.4	29.6	12.0	0.0	0.0	67.9	49.9	39.0	32.1	28.6	20.8	21.6	13.8	9.7	7.5	5.1	3.9	3.4	3.2	2.9	3.3	3.1
188	CHA-19-01	Volcán Misti	Qp-vmi	230709	8192422	51.0	94.7	165.2	19.5	25.6	10.3	10.8	0.0	53.2	47.8	37.7	29.9	31.0	17.8	19.8	14.2	11.9	10.1	5.1	3.0	3.8	3.3	2.9	2.8	3.0
189	CHA-18-75	Cerro Baquetane	Qp-ba	223702	8221517	47.6	71.7	108.8	43.4	29.6	7.6	0.0	0.0	37.0	37.4	27.6	26.6	21.4	14.1	13.4	12.1	8.4	7.4	5.1	4.0	3.4	3.2	3.2	3.0	2.8
190	CHA-18-75	Cerro Baquetane	Qp-ba	223702	8221517	52.4	87.3	120.0	47.5	34.5	8.8	10.8	0.0	40.1	29.9	25.8	31.3	20.2	12.1	15.5	11.7	9.1	6.7	4.5	3.0	3.6	3.2	2.8	3.4	2.8
191	33S-CHA-R22-003	Cerro Baquetane	Qp-ba	225941	8229062	18.1	90.0	179.5	39.4	34.5	11.9																			

199	CHA-18-133	Secuencia volcanoclastica	Qp-vol	235973	8198568	44.8	103.3	155.6	41.4	24.6	10.9	0.0	0.0	57.1	53.7	39.4	37.3	29.6	22.2	19.8	15.5	10.4	8.6	6.1	4.7	3.4	3.4	2.9	4.2	2.8	
200	CHA-19-35	Secuencia volcanoclastica	Qp-vol	240624	8215335	40.5	53.3	115.0	31.3	14.8	7.6	0.0	0.0	41.7	32.3	25.6	35.7	20.6	10.4	12.0	11.1	8.4	6.4	5.1	4.0	3.4	3.0	2.7	2.8	3.0	
201	Cha-18-27	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214839	8212280	86.2	0.0	179.7	101.0	69.0	15.8	18.9	0.0	0.0	47.0	29.5	9.3	22.6	11.5	13.1	10.3	5.2	5.9	4.0	4.0	2.7	3.4	3.9	3.7	3.1	
202	CHA-18-52	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214864	8210161	79.5	90.0	114.7	105.1	69.0	16.9	18.9	0.0	23.1	50.1	32.7	7.8	22.0	13.7	14.1	10.6	5.2	6.3	4.0	3.9	3.4	3.2	3.6	3.7	3.1	
203	CHA-18-53	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214864	8210161	80.0	126.7	145.3	106.1	64.0	17.0	16.2	0.0	41.7	49.2	31.9	8.5	21.7	13.3	14.1	10.1	5.2	5.7	5.1	3.7	3.4	3.2	3.4	3.7	3.0	
204	CHA-19-45	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212382	8204788	69.0	141.7	163.5	77.8	59.1	13.1	16.2	0.0	50.9	45.2	31.9	15.6	22.6	12.1	13.8	10.3	6.5	5.9	4.0	3.9	3.4	3.2	3.2	3.5	3.1	
205	CHA-19-48	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	214275	8213944	118.6	183.3	140.9	100.0	73.9	17.8	21.6	0.0	37.0	49.6	34.6	8.4	24.1	10.5	13.1	12.3	5.8	6.3	5.1	4.2	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	
206	32S-CHA-R22-002	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	225712	8229452	81.9	198.3	193.6	91.9	78.8	18.8	24.3	0.0	57.7	48.9	34.6	10.5	23.9	8.5	11.3	11.6	6.5	6.8	5.1	3.0	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	
207	33S-CHA-R22-005	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212338	8207309	70.5	175.0	185.0	91.9	69.0	13.8	21.6	0.0	66.8	53.3	36.6	13.3	25.2	19.0	16.3	11.6	5.2	5.7	4.0	3.0	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	
208	33S-CHA-R22-007	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	212338	8207309	89.5	176.7	181.1	102.0	73.9	18.4	21.6	0.0	67.6	53.4	35.8	7.2	24.0	13.0	14.1	10.8	4.5	5.3	4.0	3.0	3.4	3.4	3.2	3.3	3.6	
209	33S-CHA-R22-008	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	94.3	193.3	177.0	99.0	73.9	18.4	24.3	0.0	58.6	47.8	32.3	8.7	21.7	12.3	13.1	10.3	4.5	5.1	4.0	3.0	3.4	3.4	3.2	3.5	3.4	
210	33S-CHA-R22-009	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	87.1	193.3	181.2	94.9	73.9	17.6	24.3	0.0	59.4	45.7	31.9	8.4	21.1	13.0	11.7	10.1	4.5	5.1	4.0	3.0	3.4	3.2	3.2	3.7	3.6	
211	33S-CHA-R22-010	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	216016	8212740	79.5	195.0	182.3	98.0	69.0	17.2	24.3	0.0	63.0	48.6	32.7	9.4	22.4	15.5	14.1	10.3	4.5	5.3	4.0	3.0	3.4	3.2	3.2	3.5	3.4	
212	33S-CHA-R23-016	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	222758	8224369	84.8	110.0	161.7	101.0	69.0	16.6	21.6	0.0	42.0	47.9	32.3	7.8	22.3	13.5	13.4	9.9	4.5	6.3	4.0	3.0	2.7	3.2	3.2	2.3	3.1	
213	33S-CHA-R23-017	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	222758	8224369	83.8	153.3	182.4	103.0	69.0	16.6	21.6	0.0	59.1	48.0	32.3	8.0	22.0	13.4	12.7	10.1	4.5	6.3	5.1	3.0	3.4	3.0	3.4	2.8	3.4	
214	32S-CHA-R23-018	Ignimbrita Tufo Yura	Qp-ty	221166	8213130	77.6	100.0	81.1	104.0	64.0	17.3	21.6	0.0	20.1	52.6	36.2	5.0	25.0	19.3	18.0	11.8	4.5	7.5	5.1	3.0	3.4	3.7	3.9	3.7	3.6	
215	Cha-18-25	Volkán monogenético	Qp-cca	211989	8204176	20.0	0.0	112.1	18.2	19.7	7.8	0.0	0.0	0.0	40.9	29.9	44.3	29.1	14.8	13.4	15.8	11.7	10.8	8.1	6.5	4.7	4.6	4.1	4.7	3.3	
216	Cha-18-26	Volkán monogenético	Qp-uyu	212710	8207154	23.3	0.0	126.7	22.2	19.7	8.7	0.0	0.0	0.0	45.7	32.3	44.8	30.5	15.3	14.1	16.5	11.0	9.9	7.1	5.8	4.0	3.9	3.4	4.2	3.0	
217	CHA-19-50	Volkán Monogenético	Qp-cca	213177	8204984	24.3	58.3	136.1	26.3	24.6	9.1	0.0	0.0	55.6	48.1	39.4	47.9	32.0	8.7	13.8	17.7	12.3	11.0	8.1	6.2	4.7	4.6	3.4	4.0	3.4	
218	CHA-19-51	Volkán Monogenético	Qp-cca	213207	8205007	21.0	58.3	138.3	24.2	24.6	8.8	0.0	0.0	55.6	47.5	38.2	49.3	32.1	10.5	13.4	17.7	11.7	10.5	7.1	6.1	4.7	4.3	3.4	3.7	3.3	
219	CHA-19-52	Volkán Monogenético	Qp-ni	205935	8200162	39.5	41.7	95.5	20.2	19.7	7.9	0.0	0.0	43.2	35.5	30.3	44.5	25.9	8.5	12.0	16.3	11.0	10.3	8.1	6.4	5.4	5.0	4.1	4.2	3.9	
220	CHA-VR21-001	Volkán Monogenético	Qp-cca	213209	8205215	19.0	83.3	116.2	33.3	24.6	10.6	0.0	0.0	50.9	48.4	39.8	45.9	32.5	13.8	14.1	18.0	11.7	10.8	8.1	5.5	4.7	4.1	3.4	4.0	3.1	
221	CHA-VR21-002	Volkán Monogenético	Qp-yv	210536	8204358	23.3	68.3	95.5	31.3	24.6	9.7	0.0	0.0	44.8	42.7	35.4	42.4	30.2	15.6	16.3	17.7	11.0	11.8	9.1	6.2	5.4	5.0	3.9	4.2	3.7	
222	CHA-VR21-004	Volkán Monogenético	Qp-yv	211218	8205159	17.6	71.7	119.1	29.3	19.7	10.2	0.0	0.0	52.5	48.3	40.2	47.4	32.6	16.5	16.6	17.7	11.7	10.5	8.1	5.5	4.7	4.1	3.4	7.2	3.1	
223	CHA-VR21-009	Volkán Monogenético	Qp-uyu	212688	8207175	17.6	51.7	119.1	33.3	24.6	11.6	0.0	0.0	49.4	46.8	40.2	45.2	32.6	16.8	17.3	18.0	11.7	10.8	8.1	5.5	4.7	4.1	3.6	8.6	3.1	
224	CHA-VR21-011	Volkán Monogenético	Qp-uyu	212710	8207154	0.0	73.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
225	CHA-VR21-012a	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	28.1	78.3	137.4	29.3	29.6	10.2	0.0	0.0	60.2	49.2	39.8	43.7	33.0	17.9	17.0	17.0	13.0	11.0	8.1	3.0	4.7	4.1	3.2	4.7	3.1	
226	CHA-VR21-012b	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	39.5	68.3	120.9	28.3	29.6	9.7	0.0	0.0	50.9	48.7	39.4	37.9	32.1	15.2	14.5	17.0	12.3	11.0	8.1	3.0	4.7	3.9	3.2	4.4	3.0	
227	CHA-VR21-012c	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	30.0	68.3	131.5	27.3	29.6	9.1	0.0	0.0	55.6	48.5	38.6	41.4	32.4	11.8	11.3	16.5	11.7	10.7	8.1	3.0	4.7	3.9	3.4	4.2	3.0	
228	CHA-VR21-012d	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	27.1	75.0	128.5	27.3	29.6	9.3	0.0	0.0	55.6	47.0	38.6	41.4	31.9	14.3	14.1	16.7	11.7	10.5	7.1	3.0	4.7	3.7	3.4	4.0	3.3	
229	CHA-VR21-012e	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	32.4	75.0	132.3	28.3	29.6	9.1	0.0	0.0	57.1	48.5	39.0	41.4	32.4	13.2	12.4	16.5	11.7	10.5	7.1	3.0	4.7	3.7	3.4	4.0	3.0	
230	CHA-VR21-012f	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	28.1	76.7	133.8	26.3	24.6	8.8	0.0	0.0	58.6	47.3	37.8	42.8	31.5	12.3	11.3	16.7	12.3	10.5	7.1	3.0	4.7	3.7	3.2	4.0	3.0	
231	CHA-VR21-012g	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	34.8	75.0	122.6	26.3	29.6	9.3	0.0	0.0	52.5	49.6	39.8	39.1	32.2	13.9	12.7	16.7	12.3	10.5	7.1	3.0	4.7	3.7	3.2	3.7	3.1	
232	CHA-VR21-012h	Volkán Monogenético	Qp-yv	211280	8205224	29.0	75.0	127.1	32.3	29.6	10.0	0.0	0.0	55.6	48.7	38.6	41.4	31.8	17.0	14.5	17.2	11.7	10.8	7.1	3.0	4.7	3.7	3.4	3.7	3.1	
233	33S-CHA-R22-001	Volkán Monogenético	Qp-cca	212256	8205107	12.9	68.3	127.1	23.2	19.7	9.1	0.0	0.0	58.6	41.7	35.4	45.9	28.2	13.4	12.7	15.8	11.0	10.5	7.1	3.0	4.0	3.9	3.2	4.0	3.1	
234	33S-CHA-R22-013	Volkán Monogenético	Qp-echi	209398	8211441	21.4	58.3	117.3	22.2	34.5	11.1	0.0	0.0	46.3	40.8	33.5	46.5	27.8	10.6	9.2	15.5	10.4	9.9	8.1	3.0	4.7	3.9	3.4	4.0	4.1	
235	33S-CHA-R22-015	Volkán Monogenético	Qp-echi	209212	8211841	20.0	55.0	108.5	24.2	29.6	9.1	0.0	0.0	47.8	42.2	35.0	45.6	28.7	11.8	11.7	16.0	11.0	10.5	8.1	3.0	4.7	3.9	3.4	3.7	4.1	
236	33S-CHA-VR23-014	Volkán Monogenético	Qp-pa	205046	8211607	23.3	35.0	110.0	19.2	19.7	8.4	0.0	0.0	48.0	41.0	33.5	46.6	28.2	16.5	13.4	15.5	11.0	9.9	7.1	3.0	4.0	3.7	2.9	4.0	2.8	
237	CHA-19-51	Volkán Monogenético	Qp-cca	213207	8205007	23.3	55.7	134.7	19.6	18.7	7.6	18.9	0.0	56.3	45.8	36.5	52.1	29.0	13.7	18.1	16.8	13.2	12.0	7.1	3.0	4.5	3.7	3.3	3.8	3.9	
238	CHA-19-52	Volkán Monogenético	Qp-Ni	205935	8200162	21.9	40.0	92.0	19.4	16.3	7.4	16.2	0.0	42.3	34.9	30.2	41.8	23.7	14.3	15.7	15.3	12.8	11.7	7.1	3.0	5.1	4.6	3.7	4.4	4.6	
239	PIC-VR21-001	Volkán Pichu Pichu	Qp-vpp	247231	8183993	41.0	66.7	135.2	38.4	29.6	8.5	0.0	0.0	40.1	30.3	28.3	31.8	21.4	13.8	14.5	11.6	7.8	6.8	5.1	3.7	3.4	2.7	2.5	6.5	2.4	
240	PIC-VR21-002	Volkán Pichu Pichu	Qp-vpp	248890	8179439	62.9	78.3	128.3	32.3	24.6	7.9	0.0	0.0	37.0	29.1	26.8	36.8	21.5	12.6	13.4	11.1	8.4	6.6	5.1	3.6	2.7	2.7	2.5	6.5	2.2	
241	PIC-VR21-003	Volkán Pichu Pichu	Qp-vpp	263928	8169219	34.8	85.0	133.2	30.3	24.6	9.1	0.0	0.0	41.7	33.8	31.9	36.4	26.1	15.0	16.3	14.3	9.7	9.6	7.1	5.0	4.7	4.6	3.9	7.0	3.9	
242	PIC-VR21-004	Volkán Pichu Pichu	Qp																												