



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



CONDICIONES PRE-ERUPTIVAS DEL DOMO CHILLAHUITA (22°11'S-68°5'O) A TRAVÉS DE INCLUSIONES VÍTREAS

Habilitación profesional para optar al Título de Geólogo

Sebastián Ignacio Luna Bécar

Profesor Patrocinante : Dr. Osvaldo Patricio González Maurel
Profesora Co-Guía : Dra. Loreto Tamara Hernández Prat
Profesora Comisión : Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo

Concepción, 2025

A mi familia, Juan Carlos, Agustín, Pedro, Juani y Lily.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Formulación del problema	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Área de estudio y accesos	4
1.4 Síntesis bibliográfica	5
1.5 Agradecimientos	7
2 MARCO GEOLÓGICO	9
2.1 Zona Volcánica Central.....	10
2.1.1 Complejo Volcánico Altiplano-Puna	10
2.2 Marco geológico local	10
2.2.1 Ignimbritas.....	11
2.2.2 Estratovolcanes y Domos	12
2.2.3 Depósitos no consolidados	13
2.3 Geología estructural	14
2.4 Domo Chillahuita	15
2.5 Domos volcánicos similares	16
3 METODOLOGÍA DE TRABAJO	18
3.1 Trabajo en laboratorio	18
3.1.1 Petrografía	18
3.1.2 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).....	19
3.1.3 Análisis en Microsonda Electrónica (EMPA)	19
3.2 Trabajo en gabinete.....	19
3.2.1 Procesamiento de datos	19
3.2.2 Geotermobarometría.....	20
3.2.3 Termobarometría de anfíbol	20
3.2.4 Termobarometría par plagioclasa-líquido	21
4 RESULTADOS.....	22
4.1 Petrografía	22
4.1.1 Petrografía de cortes transparentes.....	22
4.2 Descripción de inclusiones vítreas.....	27
4.3 Geoquímica mineral	29
4.3.1 Anfíbol.....	29
4.3.2 Plagioclasa.....	29
4.4 Geoquímica de inclusiones vítreas y vidrio	32
4.4.1 Diagrama TAS	32
4.4.2 Diagrama K₂O vs SiO₂.....	32
4.4.3 Diagramas Harker.....	34
4.4.4 Diagramas #Mg	37
4.5 Geotermobarometría.....	40
4.5.1 Termobarometría de anfíbol	40
4.5.2 Termobarometría par plagioclasa-líquido	42

5	DISCUSIÓN	45
5.1	Productos volcánicos asociados al Domo Chillahuita	45
5.2	Relación de los enclaves y el <i>mush</i>	48
5.3	Condiciones de cristalización de plagioclasa y anfíbol	49
5.4	Modelo petrogenético	50
5.4.1	Procesos pre-eruptivos	51
5.4.2	Etapa eruptiva.....	55
6	CONCLUSIÓN	58
7	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página	
1.1:	Mapa de la ubicación del Domo Chillahuita.	4
2.1:	Mapa de los dominios morfoestructurales, lineamientos y principales estructuras existentes en el área de estudio.	9
2.2:	Mapa geológico regional del área próxima al Domo Chillahuita.	11
2.3:	Leyenda mapa geológico regional del área próxima al Domo Chillahuita.	12
2.4:	Mapa de ubicación y distribución de la cadena volcánica San Pedro-Linzor.	15
2.5:	Mapa de estructuras volcánicas cercanas al Domo Chillahuita.	16
3.1:	Funciones para la conversión de temperatura y presiones.	20
3.2:	Función para la estimación de la fugacidad de oxígeno.	21
4.1:	Fotomicrografías de fenocristales de anfíbol, biotita y plagioclasa en el Domo Chillahuita a nicoles paralelos (LPP) y cruzados (NC).....	23
4.2:	Fotomicrografías de cortes transparentes del Domo Chillahuita a nicoles paralelos (LPP) y cruzados (NC).....	25
4.3:	Fotomicrografías de Chill-3 a nicoles paralelos (LPP) y cruzados (NC).	26
4.4:	Micrografías SEM de inclusiones vítreas.....	28
4.5:	Diagrama de clasificación de anfíbol	29
4.6:	Diagrama ternario de feldespatos e histograma de densidad de An (%).	30
4.7:	Perfiles intracristalinos de plagioclasa de la dacita.	31
4.8:	Diagrama de clasificación TAS.	33
4.9:	Diagrama de clasificación K ₂ O vs SiO ₂ (wt.....	34
4.10:	Diagramas Harker de elementos mayores v/s SiO ₂	35
4.11:	Diagramas Harker de elementos mayores v/s SiO ₂	36
4.12:	Histograma de densidades de inclusiones en fases minerales vs #Mg	38
4.13:	Diagramas #Mg de elementos mayores v/s SiO ₂	39
4.14:	Diagrama de fugacidad de oxígeno versus temperatura para anfíbol.	41
4.15:	Diagrama de presión versus temperatura para anfíbol.	42
4.15:	Diagrama de temperatura versus contenido de agua en el fundido para anfíbol...	43
5.1:	Perfiles intracristalinos de plagioclasa (An%) de la dacita.	46
5.2:	Modelo petrogenético etapas pre-eruptivas 1 y 2.....	52
5.3:	Modelo petrogenético etapas pre-eruptivas 3 y 4.....	54
5.4:	Modelo petrogenético etapa eruptiva.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
4.1:	Código y coordenadas de muestras para cortes transparentes.	22
4.2:	Termobarómetros utilizados en diferentes fases minerales.	40
4.3:	Resultados de termobarometría para anfíbol.	41
4.4:	Resultados válidos de termobarometría plagioclasa-líquido.	44
A1.1:	Óxidos mayores de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental.	67
A1.2:	Óxidos mayores y #Mg de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental.	68
A1.3:	Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_1	69
A1.4:	Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_1	70
A1.5:	Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_2	71
A1.6:	Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_2	72
A1.7:	Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_Encl_1	73
A1.8:	Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_Encl_1.	74
A1.9:	Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_1.	75
A1.10:	Óxidos mayores en Chill_1.	75
A1.11:	Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_2.	76
A1.12:	Óxidos mayores en Chill_2.	76
A1.13:	Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_Encl_1.	77
A1.14:	Óxidos mayores en Chill_Encl_1.	77
A1.15:	Datos de roca total de trabajos anteriores.	77
A2.1:	Resultados termobarometría de anfíbol.	78
A2.2:	Muestras de anfíbol con resultados inválidos para termobarometría.	79
A2.3:	Resultados prueba de equilibrio plagioclasa-líquido.	80

RESUMEN

El Domo Chillahuita, es una estructura volcánica de composición dacítica, ubicado en el Complejo Volcánico Altiplano-Puna, en la Zona Volcánica Central de los Andes del norte de Chile. La evolución magmática de este domo ha sido brevemente estudiada y carece de trabajos individuales. Esta investigación tuvo como objetivo ampliar el conocimiento sobre el domo, a través de la determinación de los procesos pre-eruptivos que dieron origen a esta estructura, mediante la caracterización de fases minerales y el análisis de inclusiones vítreas presentes en sus productos.

Para cumplir estos objetivos, el trabajo requirió microscopía óptica y electrónica (SEM), microsonda electrónica (EMPA) y modelamiento termobarométrico aplicado a cristales de anfíbol y pares plagioclasa-líquido. Se analizaron muestras de vidrio de la masa fundamental e inclusiones vítreas hospedadas en cristales de anfíbol y plagioclasa, las cuales permitieron interpretar la evolución composicional del magma parental. Las condiciones de temperatura y presión calculadas indican cristalización de las fases minerales analizadas a profundidades de 4,7 a 9,8 km, con temperaturas entre 787°C y 914°C y contenidos de H₂O en el fundido de hasta 6,6 wt%.

Los resultados obtenidos muestran una evolución dominada por procesos de mezclas de magmas, *mingling* y reequilibrio mineral, asociados a múltiples inyecciones máficas en un reservorio cristalino parcialmente sólido (*mush*). Se observaron zonaciones complejas en plagioclasa y evidencias de reabsorción en anfíbol y piroxeno, sugiriendo la interacción entre un reservorio cristalino intermedio y pulsos magmáticos menos evolucionados subyacentes provenientes del manto o la corteza inferior utilizando al Cuerpo Magmático Altiplano-Puna como catalizador de estos procesos.

El modelo propuesto sugiere que el Domo Chillahuita se formó durante un único evento eruptivo, no obstante, las etapas previas a esta erupción se caracterizaron por ser objeto de reactivaciones de un *mush* cristalino somero a partir de inyecciones máficas, siendo la última el desencadenante de la erupción del domo.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema

La Cordillera de los Andes corresponde a un cinturón orogénico formado como resultado de la subducción de la placa Nazca por debajo de la sección occidental de la placa Sudamericana, evento que comenzó hace aproximadamente 200 Ma. A lo largo de su extensión, el régimen tectónico tiende a ser relativamente uniforme; sin embargo, existen ciertas particularidades relevantes en la convergencia y tipo de subducción de las placas que han condicionado diferencias en la evolución cortical y magmática de los Andes. Estas diferencias han permitido la delimitación de las principales zonas magmáticas de la región (Stern, 2004). En particular, el régimen tectónico de los Andes Centrales ha favorecido el engrosamiento anómalo de la corteza, asociado a una intensa actividad magmática que se ve reflejada a través de la generación de estructuras superficiales como los volcanes y los productos volcánicos asociados a estos.

La Zona Volcánica Central, emplazada en los Andes Centrales y ubicada entre los 14° y 27° de latitud sur, comprende parte del sur del Perú, norte de Chile, suroeste de Bolivia y noroeste de Argentina (Stern, 2004). Dentro de la Zona Volcánica Central, se encuentra una provincia volcano-tectónica de gran envergadura conocida como el Complejo Volcánico Altiplano-Puna (APVC, en inglés), ubicado entre los 21° y 24° de latitud sur. El APVC se desarrolló durante el Mioceno debido a un aumento en la actividad de magmatismo félsico, dando lugar a la formación de complejos de calderas, fuentes de los depósitos de ignimbritas a lo largo de esta región (de Silva, 1989). Actualmente, a través de estudios geofísicos se ha caracterizado una zona de baja velocidad ubicada por debajo del APVC, conocida como el Cuerpo Mágmatco Altiplano-Puna (APMB, en inglés). Este cuerpo podría cumplir un papel fundamental en el magmatismo reciente de la región a través de inyecciones máficas provenientes de este cuerpo a los magmas emplazados en zonas corticales someras, gatillando las erupciones de múltiples estructuras volcánicas (Ward *et al.*, 2014).

Debido al ascenso y emplazamiento continuo de estos magmas ricos en sílice, se ha originado una gran cantidad de volcanes y domos volcánicos, tales como el Domo Chillahuita (22°11'S - 68°5'O).

El Domo Chillahuita es una estructura volcánica dacítica, ubicada en la cadena volcánica San Pedro-Linzor (*e.g.*, Godoy *et al.*, 2014), específicamente en el flanco este del Volcán Toconce (22°11'36.16"S - 68° 5'3.98"O) y al oeste del Volcán Linzor (22° 9'1.32"S - 67°58'1.23"O). Su emplazamiento reciente en el APVC (<200 ka; Tierney, 2011) en conjunto con su buen estado de preservación y escasa alteración lo convierten en un elemento altamente relevante para comprender las influencias que pudo tener el Cuerpo Magmático Altiplano-Puna (APMB) en el volcanismo más reciente en la región, particularmente en la génesis de domos silíceos de composición y edad similares.

Si bien la Zona Volcánica Central, específicamente el Complejo Volcánico Altiplano-Puna ha sido objeto de múltiples estudios para comprender la evolución de los sistemas magmáticos principales (*e.g.*, de Silva *et al.*, 1994; Godoy & Kojima, 2013; Godoy *et al.*, 2017); existen varias estructuras volcánicas de menor envergadura, tales como el Domo Chillahuita que han sido consideradas en estudios previos (de Silva *et al.*, 1994; Tierney, 2011), donde han abordado su geología e historia volcánica de manera general en conjunto con otros domos de la región, sin contar con estudios dedicados exclusivamente a su análisis. Mediante el estudio geoquímico de inclusiones vítreas en domos de composición y edad similar, como La Torta (Hernández Prat *et al.*, 2023) y Chao (Hernández Prat *et al.*, 2025) se ha demostrado que los procesos magmáticos de estas estructuras corresponden a un sistema aislado de los domos y volcanes adyacentes, siendo una etapa distintiva en el último período evolutivo del APVC. Esto ha permitido adicionar información relevante respecto a los trabajos que introdujeron la utilización de inclusiones vítreas en el análisis de los procesos asociados a las erupciones de estos edificios volcánicos (*e.g.*, Hernández Prat *et al.*, 2023, 2025). Las inclusiones vítreas son pequeñas cavidades rellenas de fluidos (magma y/o gases) y sólidos atrapados dentro de cristales magmáticos durante su formación, análogas a las inclusiones fluidas que se forman por el atrapamiento de fluidos hidrotermales (*e.g.*, Kent, 2008). Estas inclusiones quedan potencialmente aisladas del resto del magma, siendo una herramienta de gran valor para

estudiar diferentes sistemas magmáticos, ofreciendo información de las composiciones del magma parental, procesos de cristalización, mezclas de magmas, estudios de volátiles, entre otros (*e.g.*, Kent, 2008; Rose-Koga *et al.*, 2021).

Esta investigación, por lo tanto, se centrará en determinar los procesos pre-eruptivos del Domo Chillahuita a través del estudio de inclusiones vítreas, las cuales han sido relevantes para conocer la composición elemental del magma parental y los procesos relacionados a la formación de una estructura volcánica tipo domo (*e.g.*, Hernández Prat *et al.*, 2023, 2025). En consecuencia, este estudio proporcionará información relevante para reconstruir los procesos petrogenéticos asociados al Domo Chillahuita y la evolución del magma que lo formó, así como su posible interacción con el sistema en profundidad asociado al APMB. Con el objetivo de comprender estos procesos, este trabajo se enfocará, además, en determinar la química de las fases minerales principales contenidas en las lavas dacíticas del Domo Chillahuita, así como la composición del vidrio de la masa fundamental. Finalmente, este estudio permitirá ampliar el conocimiento, importancia y aplicación de esta herramienta para el estudio de procesos magmáticos en el norte de Chile.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar los procesos pre-eruptivos asociados a la formación del Domo Chillahuita.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar petrográfica y geoquímicamente las rocas provenientes del domo.
- Identificar y caracterizar las fases minerales contenidas en las lavas del domo.
- Caracterizar geoquímicamente las inclusiones vítreas en fases minerales representativas del domo.
- Proponer un modelo petrogenético para el Domo Chillahuita

1.3 Área de estudio y accesos

El Domo Chillahuita se encuentra en la región de Antofagasta, comuna de San Pedro de Atacama, en el norte de Chile (Figura 1.1). Geográficamente se emplaza aproximadamente a 6 km al oeste de la frontera internacional entre Chile y Bolivia, en la Cordillera de los Andes. Sus coordenadas aproximadas son $22^{\circ}11'S$ y $68^{\circ}5'O$, alcanzando una altitud de 4.700 m s.n.m.

El acceso al domo se realiza desde la localidad de Calama, situada a unos 95 km al suroeste en línea recta. Desde Calama es necesario tomar la ruta 21 en dirección norte hacia el río San Pedro por 65 km y posteriormente tomar la ruta B-145 en dirección este por 65 km hasta llegar el Domo Chillahuita.

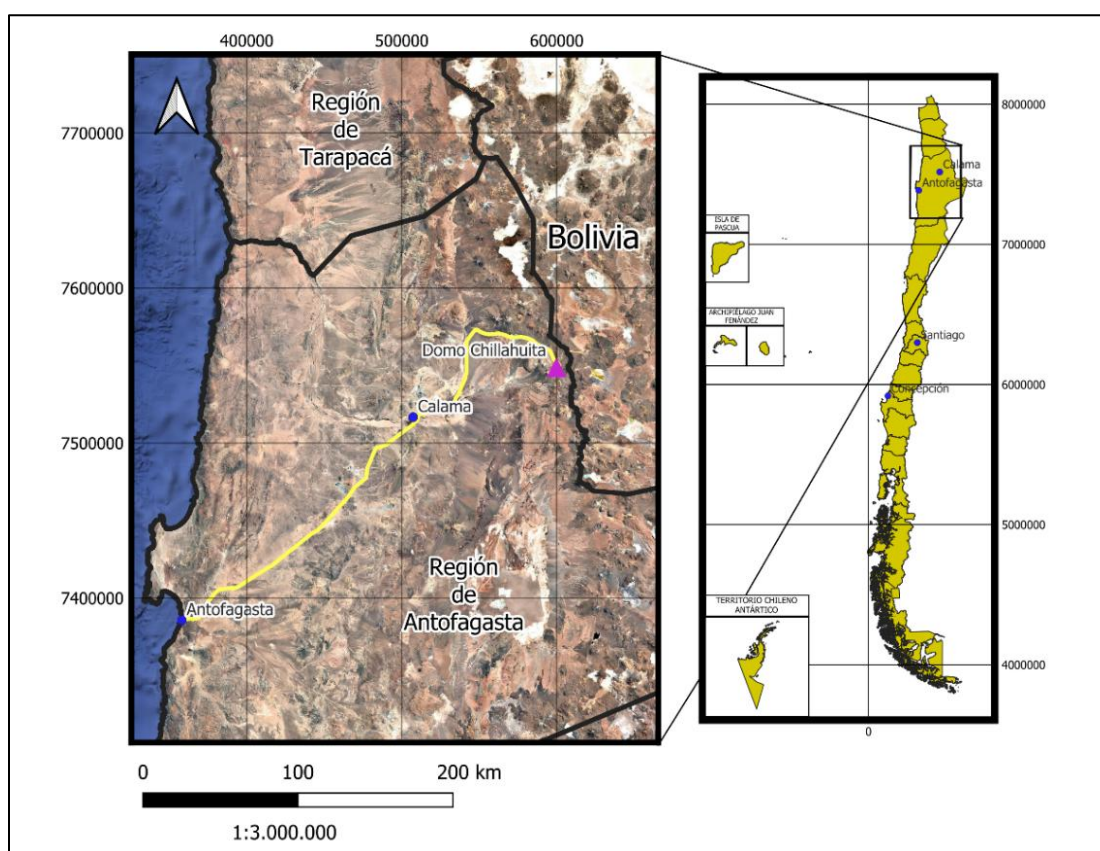


Figura 1.1: Mapa de la ubicación del Domo Chillahuita. Indica la ubicación de las ciudades de Antofagasta y Calama como puntos de referencia. La traza de color amarillo corresponde a la ruta que une Antofagasta con el Domo Chillahuita, pasando por Calama.

1.4 Síntesis bibliográfica

Marinovic & Lahsen (1984) confeccionan la Hoja Calama, con una escala 1:250.000 ubicada entre los 22° y 22°30' de latitud sur, y desde los 69°30' de longitud oeste hasta la frontera entre Chile y Bolivia, cubriendo un área de 13.000 km². Describen cinco dominios morfoestructurales dentro de la región: Sierra del Medio – Sierra Limón Verde; Cordillera de Domeyko, Precordillera – Cordillera de los Andes, Cordillera de la Sal y Depresión del Río Loa. Esta caracterización es relevante para comprender el contexto geológico en el que se emplaza el Domo Chillahuita.

de Silva *et al.* (1994) estudiaron las propiedades reológicas y tasas de efusión de la dacita Chao, ubicado en el Complejo Volcánico Altiplano. A partir de estos datos, desarrollan un modelo para erupciones y emplazamiento de la lava. Además, se compara el Domo Chao con otros domos y rocas volcánicas asociadas en la región como el Domo Chillahuita, con el objetivo de evaluar la importancia de estos en la evolución del APVC. El modelo propuesto sugiere que la erupción del complejo Chao fue impulsada por una intrusión de magma andesítico, observado en inclusiones presentes en las secciones más tardías de la erupción, lo que habría gatillado la erupción y cristalizando en un cuerpo magmático dacítico homogéneo.

Watts *et al.* (1999) realizaron un estudio del Complejo Chascón-Runtu Jarita (CRJ), un centro silíceo efusivo, ubicado en los Andes de Bolivia y perteneciente al APVC, al igual que el Domo Chillahuita. Mediante una combinación de observaciones de campo, datos petrológicos y geoquímicos, y análisis volcanológicos, demostraron que la adición de un magma máfico probablemente gatilló las erupciones en este complejo, además de facilitar el transporte y la erupción de magmas silíceos extremadamente viscosos.

Tierney (2011) caracteriza petrográficamente y estudia las escalas de tiempo de lavas pleistocenas del APVC mediante el uso de geocronómetros U-Th/U-Pb en circones y ⁴⁰Ar/³⁹Ar en biotita, enfocándose en domos de composición riolítica y dacítica (Chao, Chillahuita, Tocorpuri, Chanka, Chascón – Runtu Jarita). Los resultados muestran que las edades de erupción de los domos son inferiores a 150 ka y en un rango de 12 ± 11,8 ka entre ellos. Además propone que el parecido morfológico y geoquímico de estos domos se debe a

que pueden proceder del mismo sistema magmático, propuesto por de Silva *et al.* (1994) y Watts *et al.* (1999).

Ward *et al.* (2014), empleando herramientas de prospección sísmica, obtienen imágenes tridimensionales de la corteza del APVC e identifican una zona de baja velocidad de ondas sísmicas de aproximadamente 200 km de diámetro, 11 km de espesor y un volumen cercano a los 500.000 km³, emplazada entre 4 y 25 km bajo el nivel del mar. Esta zona es interpretada como el Cuerpo Magmático Altiplano-Puna, cuya influencia sería clave para el desarrollo de estructuras volcánicas en la región, tales como el Domo Chillahuita.

Godoy *et al.* (2014) estudian el papel que tuvo el control de estructuras de rumbo NO-SE en la evolución del magmatismo y posterior erupción presente en la cadena volcánica San Pedro – Linzor, en la cual se emplaza el Domo Chillahuita. Debido a esto, los autores proponen que magmas derivados del manto en esta zona presentarían un mínimo contacto con material cortical, y que los lineamientos NO-SE serían utilizados como los principales conductos de ascenso de estos magmas.

Godoy *et al.* (2017) a través del análisis de las variaciones de isótopos radiogénicos de Sr y Nd en la cadena volcánica San Pedro-Linzor, donde se localiza el Domo Chillahuita, evidencian la influencia del APMB (Ward *et al.*, 2014) en las composiciones del magma responsable del volcanismo en dicha cadena. Los resultados indican que estos magmas, previo a su ascenso, interactuaron con la corteza inferior y se mezclaron en distintos grados con el APMB. Esto resaltaría la importancia de este batolito derivado de la corteza superior en la evolución reciente (<1 Ma) de la cadena volcánica San Pedro-Linzor, y aún en mayor medida, en la del Complejo Volcánico Altiplano-Puna.

Hernández Prat *et al.* (2023) analizaron los productos del Domo Cerro La Torta, el cual es equivalente en edad y composición al Domo Chillahuita, con el objetivo de determinar las condiciones pre-eruptivas del magma parental que formó esta estructura. Para ello estudió inclusiones vítreas en fenocristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol en las lavas del domo por medio de análisis de microsonda electrónica (EMPA) y LA-ICP-MS. Sus resultados sugieren

que el domo fue formado a partir de un magma calco-alcalino riolítico rico en Ca y K con contenido de H₂O cercano a 5,4 wt%, emplazado entre los 3,9 y 7,6 km de profundidad, cristalización fraccionada como proceso principal de formación, además, la evolución magmática de La Torta fue relacionada con reciclaje de anfíbol, donde esta fase cristalizó nuevamente en las mismas condiciones luego de haber sido disuelto prácticamente en su totalidad.

Álvarez *et al.* (2023) desarrollan la geología de las áreas Cupo-Toconce y Cerros de Tocorpuri a una escala de 1:100.000, abarcando gran parte del APVC, donde se encuentra emplazado el Domo Chillahuita, entre los 22° y 23°30' de latitud sur y desde 68°30' de longitud O hasta la frontera internacional entre Chile y Bolivia. Describen cuatro dominios desde el punto de vista morfoestructural: el arco volcánico mioceno-cuaternario, el dominio del sector norte de la cuenca del salar de Atacama, la Cordillera de Domeyko y el dominio de la cuenca Calama.

Hernández Prat *et al.* (2025) a través del análisis de inclusiones vítreas presentes en plagioclasa, biotita, anfíbol y cuarzo del Domo Cerro Chao (similar en composición al Domo Chillahuita), respaldan el papel de la recarga máfica en la evolución y erupción de esta estructura. Este fue formado a partir de un *mush* dacítico (68,8-80,1 wt% SiO₂) intruído por magmas máficos de composición andesítica a basalto-andesítica (53-59 wt% SiO₂) provenientes del Cuerpo Magmático Altiplano-Puna (APMB), ascendiendo desde profundidades cercanas a 20 km hasta 8 km.

1.5 Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, que financió este trabajo a través del FONDECYT Regular N° 1240153, ya que, sin su apoyo esta investigación no habría sido posible.

Agradezco también a la Universidad de Estatal de Oregon y al Dr. Frank Tepley III por su colaboración en la confección y análisis de cortes transparentes, así como al Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Florida por su valiosa ayuda y realización de dichos análisis.

Mi gratitud va especialmente al Dr. Osvaldo González Maurel, por la comprensión, paciencia, empatía y buena disposición durante el tiempo que me tocó estar bajo su tutela. Su disposición y compromiso fueron de vital importancia para la confección de este trabajo, y estoy seguro de que seguirá siendo un gran docente con el pasar de los años. Extiendo también un agradecimiento a la Dra. Loreto Hernández Prat, por transmitirme todo su conocimiento sobre inclusiones vítreas, así como sus consejos y orientación a lo largo del trabajo. Agradezco igualmente al Dr. Benigno Godoy por su apoyo en la búsqueda de trabajos similares y por su disposición durante la investigación.

Agradezco al Departamento de Ciencias de la Tierra, su cuerpo docente, administrativo y técnico, por contribuir a la Carrera de Geología, donde además de aprender geología, se cultivan valores fundamentales para la vida profesional y personal.

Quisiera agradecer a mis amigos y conocidos, por estar presentes y regalarme tantos momentos.

Finalmente, y no menos importante, agradezco a mi familia por acompañarme durante todo el trayecto, por enseñarme que, aunque falle o triunfe, ustedes siempre estarán a mi lado.

2 MARCO GEOLÓGICO

La carta geológica de las áreas Cupo-Toconce y Cerros de Tocarपुरi (Álvarez *et al.*, 2023) ubicada entre los 22°00' y 22°30'S y entre el meridiano 68°30'O y la frontera internacional entre Chile y Bolivia, cubre un área de 3.200 km² y se divide en cuatro dominios principales en el flanco oeste de la Cordillera de los Andes: Cordillera de Domeyko, Cuenca Calama, Cuenca salar de Atacama y el Arco volcánico Mioceno Cuaternario, siendo este último el dominio en el que se emplaza el Domo Chillahuita (Figura 2.1).

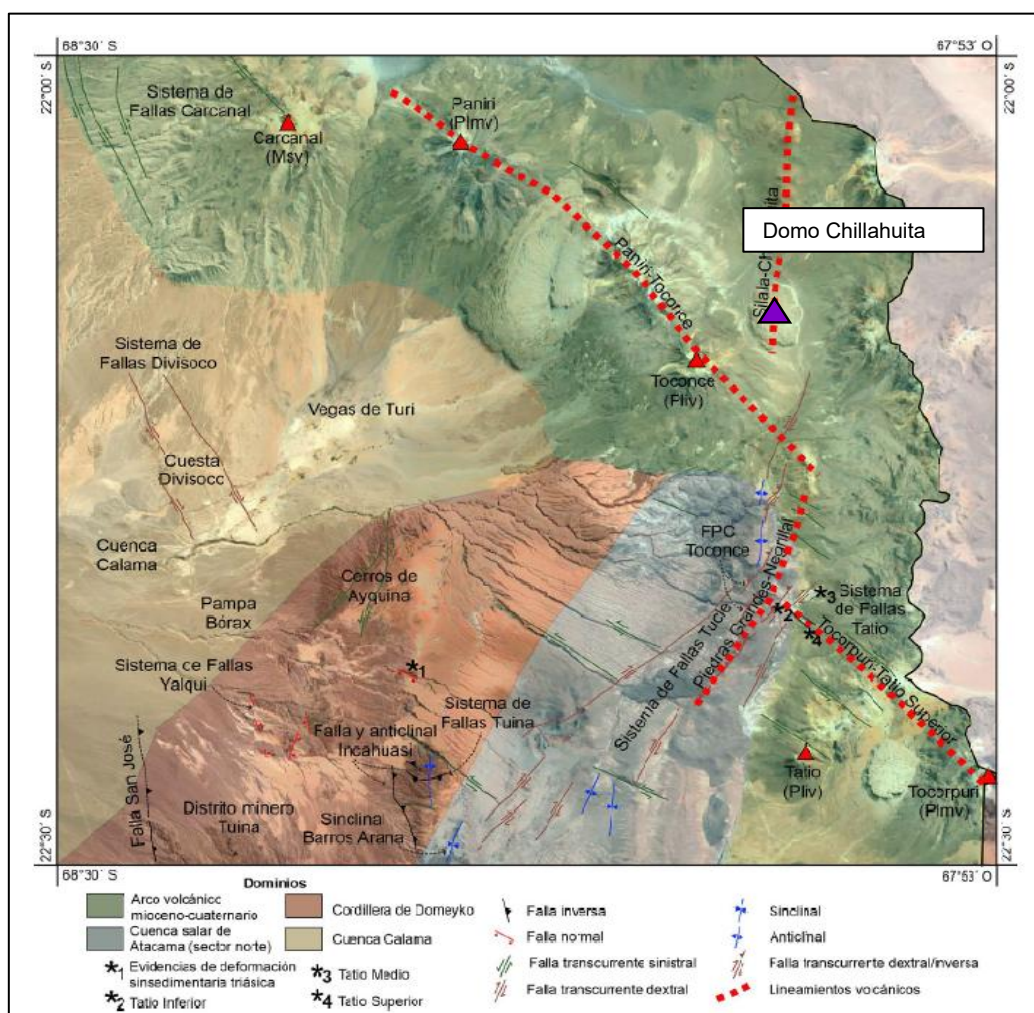


Figura 2.1: Mapa de los dominios morfoestructurales, lineamientos y principales estructuras existentes en el área de estudio. Ubicación del Domo Chillahuita (en morado). Modificado de Álvarez *et al.* (2023).

2.1 Zona volcánica central

Actualmente el arco volcánico andino presenta más de 200 estratovolcanes y 12 sistemas de calderas gigantes potencialmente activos, separados en cuatro segmentos volcánicos cuaternarios principales de la Cordillera de los Andes. Estos se disponen de norte a sur: Zona Volcánica Norte (5°N-2°S), Centro (14-27°S), Sur (33-46°S) y Austral (49-55°S), originados debido a la subducción de las placas oceánicas Nazca y Antártica bajo la placa sudamericana. Entre los segmentos existen divisiones por zonas carentes de volcanismo activo y separados en estos cuatro dominios por distintas edades de basamento pre-andino, evolución Meso-Cenozoica, grosor cortical, tendencias estructurales, además de volcanismo y tectónica activa (Stern, 2004).

En este contexto, la Zona Volcánica Central (ZVC) de los Andes, se encuentra dispuesta en el sur de Perú, suroeste de Bolivia, noroeste de Argentina y norte de Chile. Incluye 44 estructuras volcánicas activas, sumado a más de 18 centros volcánicos menores, y por lo menos 6 sistemas de calderas silíceos cuaternarios potencialmente activos (Stern, 2004). Asimismo, el espesor cortical en la zona de estudio se estima entre 65 y 70 km (Ryan *et al.*, 2016).

2.1.1 Complejo Volcánico Altiplano-Puna

El Complejo Volcánico Altiplano-Puna (APVC, 21-24°S, de Silva, 1989) corresponde a una provincia tectónica que cubre más de 50.000 km² ubicada entre la Cuenca de Atacama y el Altiplano (de Silva, 1989). Es el resultado de un período en el que ocurrieron numerosos pulsos ignimbríticos en el Mioceno tardío en respuesta a una alta tasa de fusión cortical y la ubicación en una zona de grosor cortical anómalamente grande, gatillando un magmatismo silíceo de gran escala que habría formado las estructuras de este complejo (de Silva, 1989).

2.2 Marco geológico local

La zona de estudio (Figura 2.2 y 2.3) se encuentra principalmente en la Cordillera Occidental, constituida por el Arco volcánico Mioceno-Cuaternario, cordón volcánico activo, en el cual los estratovolcanes alcanzan alturas de hasta 6.000 m s.n.m. (Álvarez *et al.*, 2023).

2.2.1 Ignimbritas

Ignimbrita Tatio (Plmit): Corresponde a una unidad piroclástica de edad Pleistoceno Medio ($\sim 0,71$ Ma; Álvarez *et al.*, 2023). La Ignimbrita Tatio fue definida por Lahsen (1969) como la toba soldada más joven del área de estudio. Álvarez *et al.* (2023) describe esta secuencia como una toba de ceniza cristalina de composición dacítica, cuyo color varía de gris claro a rosado pálido. En el área de estudio aflora en el sector sur y en la cara norte del Domo Chillahuita. Presenta un espesor que varía entre 14 y 50 m; no obstante, en el Sistema Geotérmico de El Tatio han cortado espesores aparentes de hasta 120 m (*e.g.*, Álvarez *et al.*, 2023). La edad más reciente obtenida al suroeste del Domo Cerro La Torta es de $0,71 \pm 0,14$ Ma, mediante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita (*e.g.*, Álvarez *et al.*, 2023).

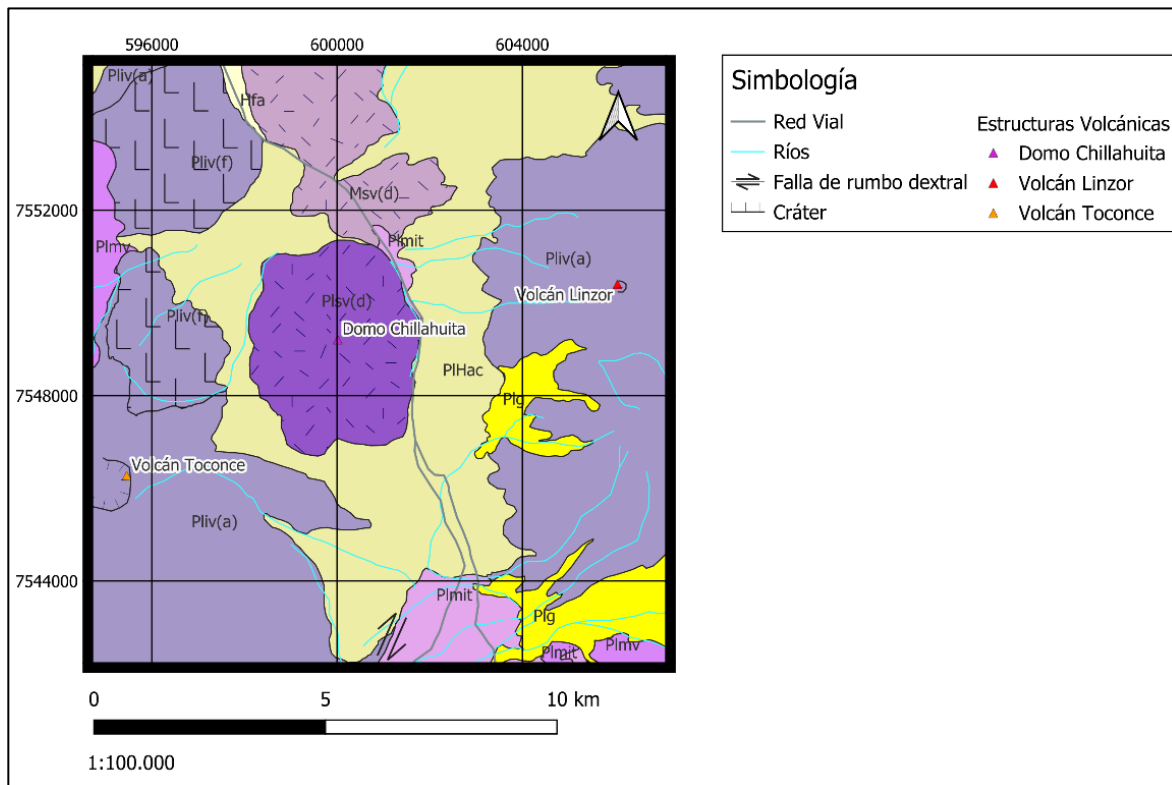


Figura 2.2: Mapa geológico regional del área próxima al Domo Chillahuita. Escala 1:100.000. Basado en el trabajo de Álvarez *et al.* (2023).

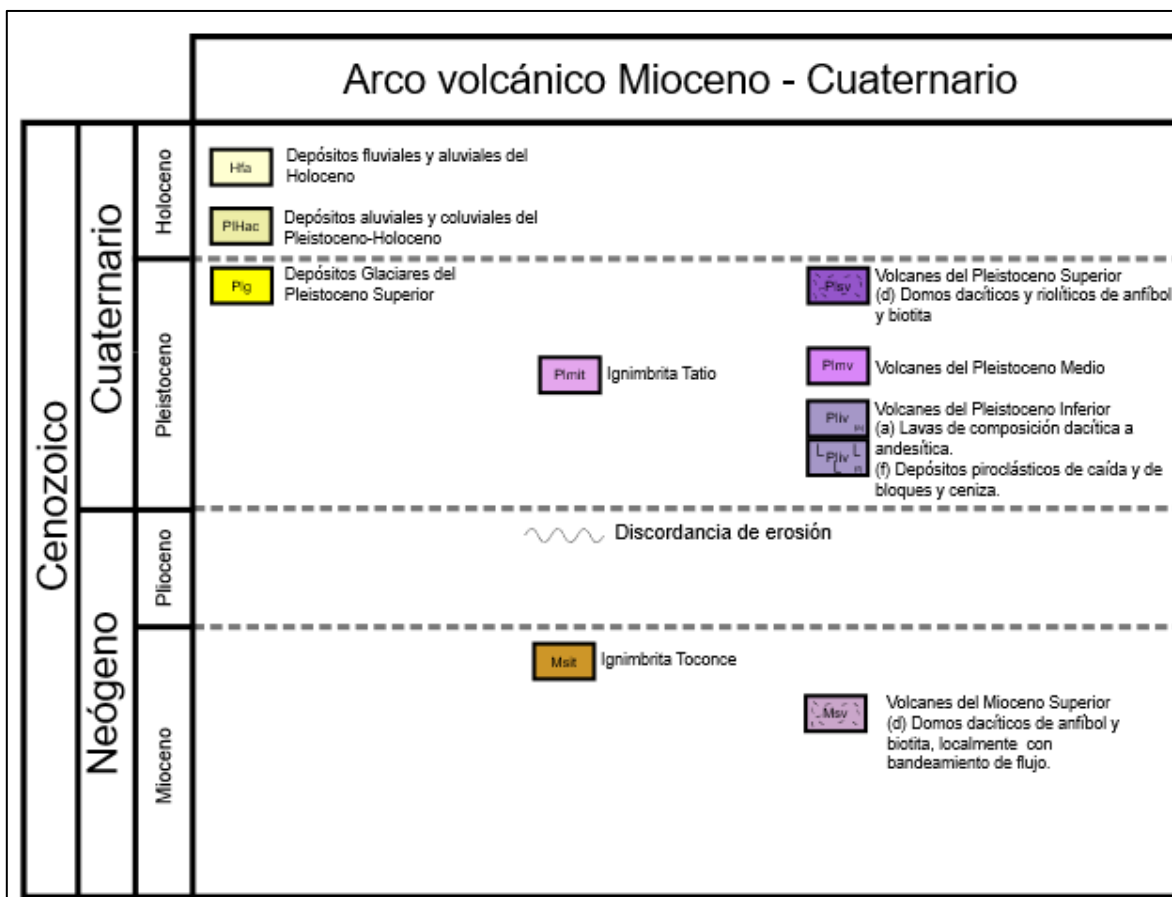


Figura 2.3: Leyenda mapa geológico regional del área próxima al Domo Chillahuita. Escala 1:100.000. Basado en el trabajo de Álvarez *et al.* (2023).

Ignimbrita Toconce (Msit): Unidad piroclástica de edad Mioceno Superior, descrita por Guest (1969) y redenominada por Lahsen (1969) como la Formación Toconce. Corresponde a una toba de ceniza cristalina, no soldada, de composición dacítica, que presenta una coloración que va de gris claro a gris pardo y está compuesta por cuatro unidades de flujo, macizas, sin estructura interna (Álvarez *et al.*, 2023). La Ignimbrita Toconce sobreyace a la Ignimbrita Sifón y subyace a la Ignimbrita Puripicar, las cuales se encuentran fuera del área.

2.2.2 Estratovolcanes y Domos

A partir de la clasificación definida en Álvarez *et al.* (2023) se definen como edificios volcánicos de composiciones, dacíticas, riolíticas y andesíticas, además de un cono monogenético basáltico, y ciertos depósitos piroclásticos. Clasificados en base a relaciones estratigráficas, dataciones radiométricas y grados de preservación de las estructuras. El área

de estudio (Figura 2.2) abarca los volcanes del Mioceno Superior, Pleistoceno Inferior, Pleistoceno Medio y Pleistoceno Superior.

Volcanes del Mioceno Superior (Msv): Álvarez *et al.* (2023) describen esta unidad (Figura 2.2) como lavas, lavas autoclásticas, domos, lavas domo y depósitos piroclásticos de bloques y ceniza, que representan los remanentes de edificios volcánicos variablemente erosionados. Las unidades más relevantes en el área de estudio son: (d) Domos dacíticos de anfíbola y biotita, localmente con bandeamiento de flujo, como el Domo Silaguala.

Volcanes del Pleistoceno Inferior (Pliv): Edificios volcánicos con productos predominantemente andesíticos y dacíticos, formados por lavas, domos y lavas-domo, depósitos piroclásticos y de avalanchas volcánicas (Álvarez *et al.*, 2023). Esta unidad (Figura 2.2) es integrada por múltiples estructuras volcánicas, no obstante, los más relevantes para el área corresponden a: (a) Lavas de composición dacítica a andesítica del Volcán Toconce y el Volcán Linzor y (f) Depósitos piroclásticos de caída y de bloques y ceniza.

Volcanes del Pleistoceno Medio (Plmv): Corresponde a edificios volcánicos conformados principalmente por lavas dacíticas y andesíticas y depósitos de sus colapsos parciales (Álvarez *et al.*, 2023). En el área de estudio (Figura 2.2) es posible encontrar depósitos del Volcán del León en la zona noroeste.

Volcanes del Pleistoceno Superior (Plsv): Edificios volcánicos conformados por domos dacíticos y riolíticos, un monogenético basáltico y depósitos piroclásticos asociados (Álvarez *et al.*, 2023). Dentro de la zona de estudio (Figura 2.2), únicamente se encuentra el Domo Chillahuita.

2.2.3 Depósitos no consolidados

Depósitos glaciares del Pleistoceno Superior (Plg): Descritas por Álvarez *et al.* (2023) como gravas de bolones de gran tamaño, con escasa a nula matriz, macizas, mal seleccionados, matriz-soportados, con bloques de hasta 3 m de diámetro; la matriz varía de tamaño de arena muy gruesa a limo (Figura 2.2).

Depósitos aluviales y coluviales del Pleistoceno-Holoceno (PIHac): Comprende depósitos de gravas, arenas y limos (Figura 2.2), que varían de matriz-soportados a clastosoportados que engranan lateralmente con arenas gruesa a finas, limos y arcillas. Formando abanicos y paleocanales aluviales que cortan piedemontes antiguos y son cortados por drenajes aluviales antiguos. También se observan abanicos coluviales y conos de deyección conformados por gravas, gravas arenosas/limosas y arenas (Álvarez *et al.*, 2023).

Depósitos fluviales y aluviales del Holoceno (Hfa): Corresponden a gravas, arenas, limos y arcillas (Figura 2.2), que varían de pobremente consolidadas a mal seleccionadas que varían de matriz a clastosoportados compuestos por fragmentos subredondeados a subangulosos de tamaño de tamaño bloque y grava de hasta 15 cm de diámetro, Polimícticos en estratos de forma irregular a lenticular (Álvarez *et al.*, 2023).

2.3 Geología estructural

El Arco volcánico Mioceno-Cuaternario (Figura 2.1) presenta estructuras volcánicas alineadas con orientaciones preferenciales NO-SE y fallas predominantemente NO-SE. Estas fallas y lineamientos NO-SE, en conjunto con otras de orientación N-S y NNE-SSO, actúan como agentes determinantes que caracterizan la tectónica de esta parte del APVC (Álvarez *et al.*, 2023; de Silva *et al.*, 1994).

Un claro ejemplo de este control estructural sería el caso de la Cadena Volcánica San Pedro-Linzor, lineamiento volcánico de 65 km de extensión y orientación NO-SE (Figura 2.4). Esta cadena engloba a volcanes del Pleistoceno como San Pedro, Paniri, Cerro del León, Toconce y Linzor, además de otras estructuras volcánicas como el Domo Chillahuita, Domo Chao y el cono de escoria La Poruña.

La estrecha relación de la tectónica y magmatismo en el APVC sugiere que las fallas actuaron como conductos que catalizaron la mezcla y el ascenso de los magmas, controlando el emplazamiento y evolución del volcanismo en esta zona (Godoy & Kojima, 2013).

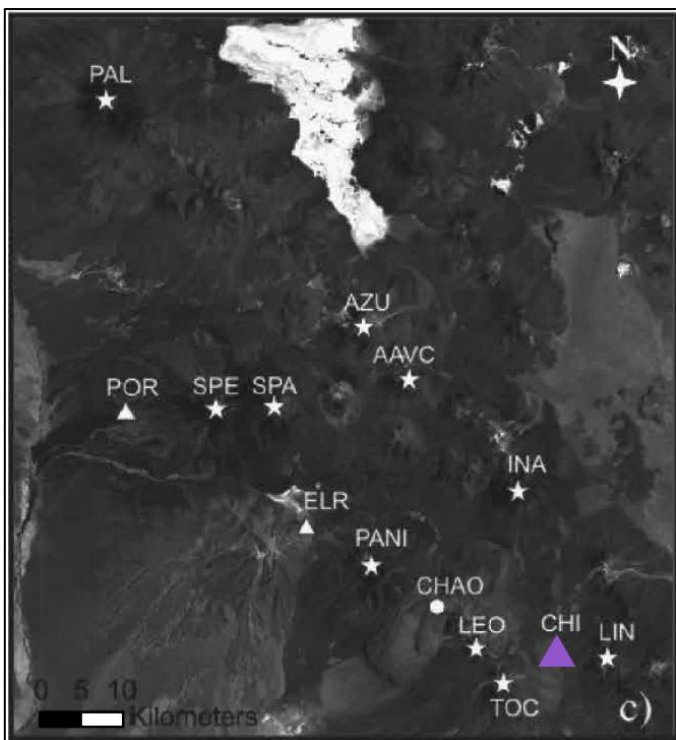


Figura 2.4: Mapa de ubicación y distribución de la cadena volcánica San Pedro-Linzor. PAL: Palpana; AZU: Azufre; AAVC: Complejo Volcánico Aguilucho-Apacheta; INA: Inalcaliri; POR: Poruña; SPE: San Pedro; SPA: San Pablo; ELR: El Rojo; PANI: Paniri; CHAO: Domo Chao; CHI: Domo Chillahuita; LEO: Cerro del León; TOC: Toconce; LIN: Linzor. Extraído de Godoy & Kojima (2013).

2.4 Domo Chillahuita

Corresponde a un domo de lava dacítico, parte de un grupo selecto de domos volcánicos, que representarían la última fase de volcanismo en el APVC (de Silva *et al.*, 1994; Tierney, 2011). Ubicado a 6 km al oeste de la frontera internacional de Chile y Bolivia, el Domo Chillahuita cubre un área de 12,3 km² y un volumen de 4 km³ con una altura máxima de 4.700 m s.n.m (Álvarez *et al.*, 2023). Presenta una morfología ovalada con frentes abruptos de hasta 200 m de altura y se encuentra rodeado por depósitos de escombros originados por colapsos gravitacionales de sus flancos. Sus productos volcánicos fueron depositados en una leve pendiente (3-4°) en dirección noreste (de Silva *et al.*, 1994). Se ubica a ~6 km al oeste de la frontera internacional de Chile y Bolivia.

El Domo Chillahuita se clasifica como un domo dacítico (~69% SiO₂ wt%, de Silva *et al.*, 1994; Tierney, 2011) caracterizado por una textura porfídica gruesa con abundante contenido de fenocristales (47% vol.). Las fases minerales predominantes corresponden a plagioclasa, biotita, cuarzo y anfíbol, comúnmente se observan inclusiones vítreas en todos los componentes mencionados, exceptuando el cuarzo (Tierney, 2011). Esta estructura volcánica,

presenta ciertos enclaves máficos de menor tamaño y abundancia que en Chao o Chanka (Tierney, 2011).

Mediante el uso del geocronómetro $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en fenocristales de biotita se define una edad de $107,8 \pm 6,4 \text{ Ka}$ (Tierney, 2011), estimando que la formación de esta estructura sea producto de un solo evento extrusivo carente de actividad explosiva (de Silva *et al.*, 1994; Tierney, 2011).

2.5 Domos volcánicos similares

En el entorno del Domo Chillahuita se emplazan diversas estructuras volcánicas (Figura 2.5), dentro de ellas se destacan algunos domos silíceos del Cuaternario que comparten características morfológicas similares. Entre ellas se encuentran los domos La Torta, Chao, Chascón-Runtu Jarita y Chanka.

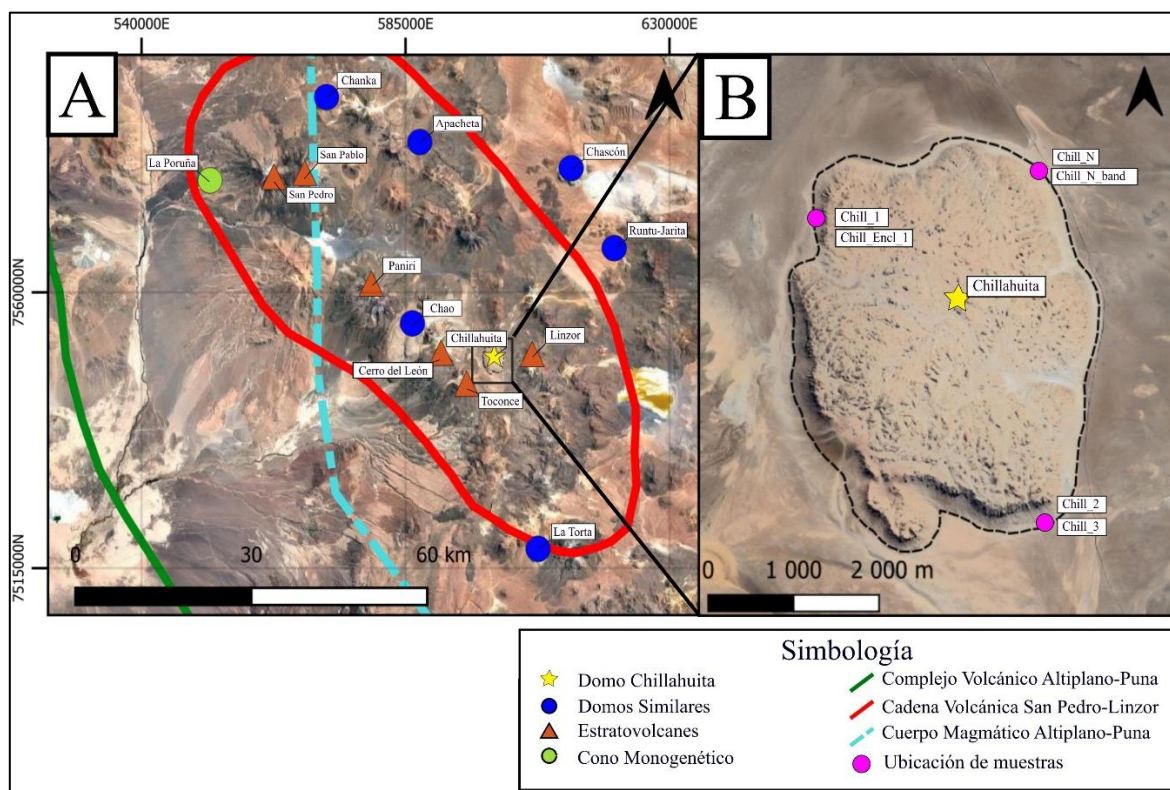


Figura 2.5: Mapa de estructuras volcánicas cercanas al Domo Chillahuita. Basado en el trabajo de Muena *et al.* (2023). (A) Unidades volcánicas cercanas al Domo Chillahuita. (B) Domo Chillahuita y puntos de extracción de las muestras utilizadas en este trabajo. La línea punteada negra corresponde al perímetro del Domo Chillahuita.

Domo Cerro La Torta (22°26'20"S-67°57'13"O) se ubica 30 km al sur del Domo Chillahuita. Corresponde a un lava-domo riolítico que cubre un área de 12 km² y presenta un volumen de 4,7 km³, emplazado en el complejo volcánico El Tatio, al oeste de los Cerros de Tocorpuri y este del Volcán Tatio (*e.g.*, Hernández Prat *et al.*, 2023). La edad de esta estructura fue datada en 34 ± 7 ka a través del método ⁴⁰Ar/³⁹Ar (Renzulli *et al.*, 2006).

Domo Cerro Chao (22°7'3"S-68°10'13"O) se ubica a aproximadamente 14 km al noroeste del Domo Chillahuita y corresponde al coulée silíceo del Cuaternario más grande en el mundo, la erupción de esta estructura ocurrió en tres etapas principales (de Silva *et al.*, 1994). Además, sus productos están compuestos de dacitas y riodacitas con alto contenido de potasio y abundantes cristales. Estos depósitos cubren un área aproximada de 75 km² con una extensión de 14 km de largo, 6,5 km de ancho y un volumen estimado de 26 km³. Martínez (2014) mediante el análisis de U-Pb en circones estima que la edad de formación del Domo Chao sería en el rango de $0,71 \pm 0,04$ Ma – $0,29 \pm 0,03$ Ma.

Domo Chascón–Runtu Jarita (21°53'02"-67°54'18" O), del complejo Chascón Runtu-Jarita, presenta una morfología similar a la del Domo Chillahuita y Cerro La Torta. A diferencia de los otros domos, el Chascón, presenta amplia evidencia de mezcla de magmas, ya que sus productos muestran componentes silíceos y andesíticos (Tierney, 2011). Watts *et al.* (1999) propone que la erupción de los grupos norte y sur del complejo, fueron causadas por una recarga máfica.

Domo Chanka (21°46'33"S- 68°18'52"O) ubicado 50 km al noroeste del Domo Chillahuita, morfológicamente presenta tres lóbulos, con escarpes similares a los del resto de los domos. Mediante el uso de ⁴⁰Ar/³⁹Ar en biotitas, se estima una edad de $119,8 \pm 5,4$ ka (Tierney, 2011).

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las muestras del Domo Chillahuita fueron extraídas el año 2019, de las cuales se realizaron cortes transparentes de 30 μm en VanPetro, dentro de los cuales se utilizaron seis cortes transparentes (Tabla 4.1) para realizar el estudio.

3.1 Trabajo en laboratorio

Esta tesis se basa en el análisis composicional de fases minerales y sus inclusiones vítreas con el fin de reconstruir las condiciones pre-eruptivas del Domo Chillahuita. En particular, las inclusiones vítreas (MIs, en inglés) corresponden a pequeñas gotas de fundido silicatado con contenidos variables de cristales, vidrio y/o vapor, con tamaños en un rango de 1-100 μm que se encuentran atrapadas en irregularidades o defectos superficiales de cristales durante el crecimiento de éstos en el cuerpo magmático, manteniendo las composiciones originales del fundido (*e.g.*, Cannatelli *et al.*, 2016).

Rose-Koga *et al.* (2021) realiza una revisión de prácticas recomendadas al momento de estudiar las inclusiones vítreas, estableciendo técnicas como EMPA y SEM, para su selección, preparación, y la entrega de los datos obtenidos a partir de éstas. Asimismo, las inclusiones vítreas homogéneas y enfriadas rápidamente en condiciones naturales son las más apropiadas a estudiar si es que se busca conocer el contenido de volátiles previo a la erupción. Además, las familias de inclusiones vítreas (MIA, en inglés) hospedadas en una misma fase mineral, son el mejor indicativo para evaluar la consistencia de los datos de volátiles dentro de las inclusiones debido a que fueron atrapadas al mismo tiempo, a la misma temperatura y presión, mismas condiciones y provenientes de un fundido con la misma composición (*e.g.*, Cannatelli *et al.*, 2016; Rose-Koga *et al.*, 2021).

3.1.1 Petrografía

Se realizó una descripción petrográfica de seis cortes transparentes de 30 μm (Tabla 4.1) con un microscopio óptico del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción con el fin de identificar las fases minerales principales y estimar sus porcentajes relativos.

3.1.2 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

El análisis en microscopio electrónico de barrido (SEM, en inglés) fueron realizados en un modelo Zeiss EVO MA10 en el Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Florida. El voltaje utilizado fue de 15 kV e intensidad variable. Las imágenes sacadas fueron por medio de electrones retrodispersados (BSE, en inglés). Esta técnica se usó con el fin de verificar que las inclusiones vítreas cumplieran con los criterios de Roedder (1979), asegurando que se encontraran cerradas, sin evidencias de fuga y en superficie (*e.g.*, Cannatelli *et al.*, 2016; Rose-Koga *et al.*, 2021).

3.1.3 Análisis en Microsonda Electrónica (EMPA)

Los análisis de elementos mayores en fases minerales e inclusiones se realizaron en las muestras Chill_1, Chill_2 y Chill_Encl_1, seleccionando únicamente inclusiones vítreas superiores a 10 μm de diámetro, ya que mediciones en muestras más pequeñas presentan una pérdida significativa en la calidad de los datos. El trabajo fue llevado a cabo mediante microsonda electrónica (EMP. *Eletron MicroProbe*) (Tabla 3.1), modelo Cameca SX-100 con cinco espectrómetros de dispersión de longitud de onda (WDS, *Wavelength Dispersive Spectrometer*) en el Laboratorio de Microsonda Electrónica de la Universidad Estatal de Oregon (OSU, en inglés).

Tabla 3.1: Parámetros usados para el análisis EMP. TAP: Thallium acid phthalate; PET: Penta-erythritol; LiF: Lithium Fluoride.

Corriente	10 nA
Voltaje	15 kV
Cristales usados	TAP, PET, LiF
Líneas detectadas	K α
Tiempo analizado en peak	30 seg
Tiempo analizado en background	15 seg
Elementos analizados	Si, Al, Na, Mg, Ti, Cl, S, K, Ca, Fe, Mn y O

3.2 Trabajo en gabinete

3.2.1 Procesamiento de datos

Se realizó una caracterización geoquímica a través de los resultados de microsonda electrónica (EMP) (Anexo 1). Para esto se generan distintos diagramas geoquímicos: TAS, AFM, Harker, un diagrama ternario de composición de feldespatos y un diagrama de

composición de anfíbol. Los tres primeros gráficos se construyeron utilizando una biblioteca personalizada de Python3 llamada Geochem (sin publicación formal), la cual utiliza las bibliotecas Numpy, Matplotlib y Pandas. Para el diagrama de composición de feldespatos se utiliza Thermobar (v,0.07, Wieser *et al.*, 2022) y para el diagrama de composición de anfíbol se usa una planilla de cálculo en Excel, ACES_9-8.xls (Locock, 2014).

3.2.2 Geotermobarometría

Los cálculos utilizados para determinar las condiciones químicas y físicas como temperatura, presión, agua y fugacidad de oxígeno en el momento de cristalización de las fases involucradas se realizaron mediante el uso de la biblioteca Thermobar (v.1.0.53, Wieser *et al.*, 2022). Este algoritmo iterativo permite calcular termobarómetros de anfíbol (*e.g.*, Putirka, 2008; Prezzi *et al.*, 2009; Ridolfi & Renzulli, 2012; Ridolfi, 2021;) y la determinación de condiciones de equilibrio entre pares plagioclasa-MI y plagioclasa-vidrio (basado en trabajos previos; Putirka, 2008).

3.2.3 Termobarometría de anfíbol

Para estimar los parámetros físico-químicos de anfíbol se empleó la biblioteca de Python3 Thermobar (v.1.0.53, Wieser *et al.*, 2022), la cual permite calcular presiones y temperaturas a través de la iteración de la ecuación 2 (termómetro) de Ridolfi y Renzulli (2012) y un algoritmo que combina los resultados de las ecuaciones barométricas 1a, 1b, 1c, 1d y 1e de Ridolfi y Renzulli (2012) mediante la función “*calculate_amps_press_temp*”. Debido a que Thermobar entrega temperaturas en K y presiones en kbar, se definen funciones simples (Figura 3.1) para transformar los datos de temperatura a °C y presiones, a MPa.

```
def T_K_a_C(T_K):
    T_C_calc = T_K - 273.15
    return T_C_calc

def P_kbar_a_MPa(P_kbar):
    P_MPa_calc = P_kbar*100
    return P_MPa_calc
```

Figura 3.1: Funciones para la conversión de temperatura y presiones.

Para los valores de fugacidad de oxígeno (fO_2) y H_2O , Wieser *et al.* (2022) en Thermobar utiliza las ecuaciones de ΔNNO y H_2O de Ridolfi (2021) mediante la función

“*calculate_amp_only_melt_comps*”. No obstante, el algoritmo no entrega directamente fO_2 por lo que se define una función (Figura. 3.2) con la finalidad de transformar los datos de ΔNNO a $\log(fO_2)$ utilizando la fórmula de Ridolfi (2021) aplicada en la planilla Excel *AMP-TB2.xlsx*.

```
def logfO2_custom(temp_C, pressure_MPa, deltaNNO, ox_sum):
    """
    temp_C: temperatura en °C
    pressure_MPa: presión en MPa
    deltaNNO: posición relativa al buffer NNO
    ox_sum: suma de óxidos mayores en wt%
    """
    if ox_sum < 90:
        return np.nan
    T_K = temp_C + 273.15
    return (-25018.7 / T_K + 12.981 + 0.046 * ((pressure_MPa * 10 - 1) / T_K) - 0.5117 * np.log(T_K) +
            deltaNNO)
```

Figura 3.2: Función para la estimación de la fugacidad de oxígeno.

Finalmente, se calculan profundidades en base a los datos de presiones mediante la función “*convert_pressure_to_depth*” del algoritmo iterativo Thermobar (v.1.0.53, Wieser *et al.*, 2022), utilizando el modelo de Prezzi *et al.* (2009), con densidades ajustadas internamente para la Cordillera de Los Andes.

3.2.4 Termobarometría par plagioclasa-líquido

La estimación de condiciones de temperatura se llevó a cabo utilizando el algoritmo iterativo Thermobar (v.1.0.53, Wieser *et al.*, 2022). Para ello, se seleccionaron pares plagioclasa-inclusión vítrea y plagioclasa-vidrio con el fin de calcular las condiciones termodinámicas correspondientes a cada combinación. El algoritmo emplea las ecuaciones 23 y 24a de Putirka (2008), las cuales dependen tanto del contenido de H_2O en el fundido como de una presión fija aplicada de manera uniforme a todos los pares analizados. Esta presión fue determinada como el promedio de los valores obtenidos mediante la barometría de anfíbol de Ridolfi y Renzulli (2012). En cuanto al contenido de agua, se utilizó el valor mínimo registrado en la fase mineral de anfíbol como referencia para todos los cálculos, asumiendo que representa una condición conservadora y coherente para el sistema.

4 RESULTADOS

4.1 Petrografía

El estudio petrográfico se realizó sobre muestras representativas del Domo Chillahuita, con el propósito de caracterizar sus principales rasgos texturales y mineralógicos, así como identificar evidencias de procesos registrados en sus fases minerales. El análisis petrográfico microscópico (Tabla 4.1), reveló que estos presentan un alto grado de similitud en cuanto a sus características petrográficas. Las lavas se caracterizan por alta abundancia de fenocristales, compuestos principalmente por plagioclasa, anfíbol, biotita y en menor cantidad piroxeno y cuarzo, inmersos en una matriz vítrea que evidencia desvitrificación y texturas de flujo.

Tabla 4.1: Código y coordenadas de muestras para cortes transparentes.

Código	Ubicación	Coordenada E	Coordenada N
Chill N	Domo Chillahuita	601033	7550972
Chill N band		601033	7550972
Chill 1		598418	7550430
Chill Encl 1		598418	7550430
Chill 2		601182	7547034
Chill 3		601182	7547034

A continuación, se presentan las características petrográficas observadas en las muestras, describiendo su textura, mineralogía y componentes de la matriz vítrea.

4.1.1 Petrografía de cortes transparentes

Las muestras descritas corresponden a productos volcánicos extrusivos, de composición dacítica provenientes de distintos sectores del domo, de textura hipocristalina e hipidiomórfica, con desarrollo predominante de texturas porfídicas inequigranulares seriadas, localmente glomeroporfídicas. La masa fundamental es afanítica, compuesta principalmente por vidrio incoloro a gris claro (52-54%) (Figura 4.1A y 4.1B), con vesículas que cubren un 13% del volumen del vidrio. Presenta textura de flujo bien desarrollada con evidencias de desvitrificación parcial en forma de esferulitas radiales de coloración marrón (Figura 4.2E y 4.2F), comúnmente ubicada en torno a fenocristales, especialmente donde la textura traquítica está ausente.

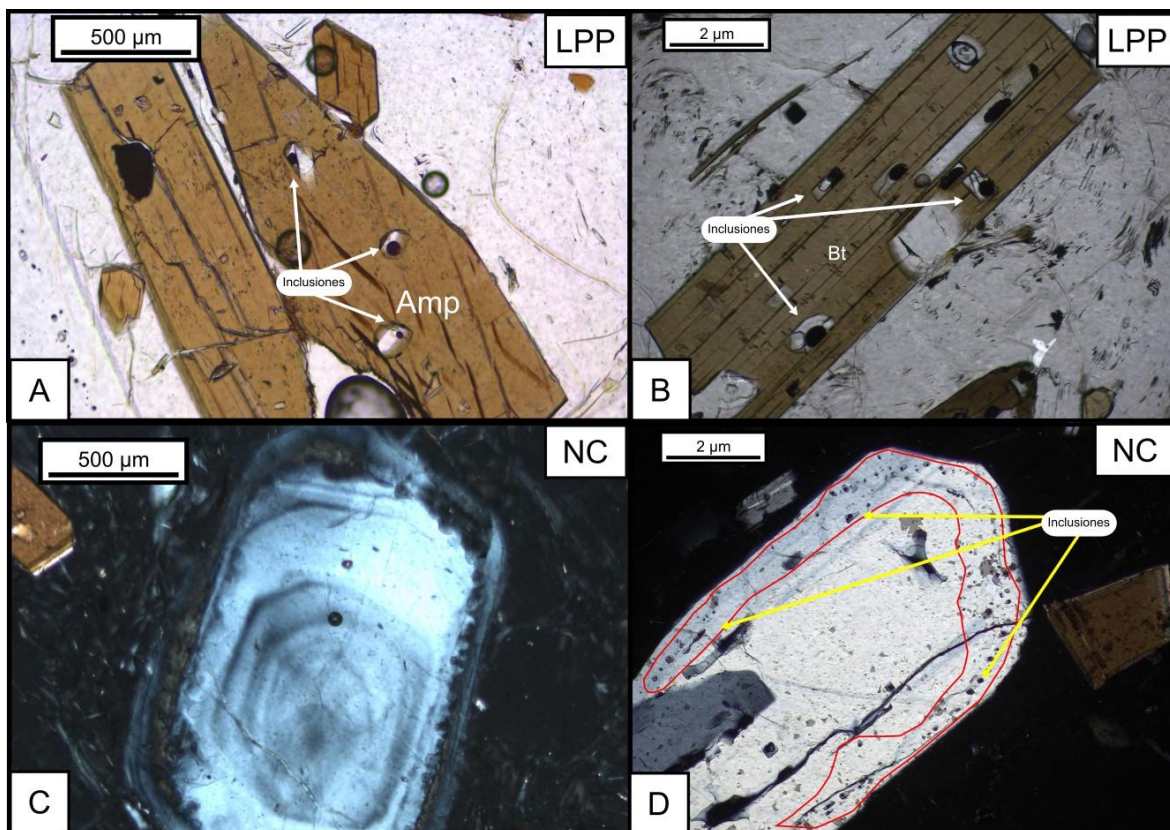


Figura 4.1: Fotomicrografías de fenocristales de anfíbol, biotita y plagioclasa en el Domo Chillahuíta a **nícoles paralelos (LPP)** y **cruzados (NC)**. (A) Fenocristal de anfíbol (Amp) de la muestra Chill_1 (Amp4). (B) Fenocristal de biotita (Bt) con inclusiones vítreas de la muestra Chill_1. (C) Plagioclasa zonada de la muestra Chill_1. (D) Plagioclasa con textura sieve e inclusiones vítreas dispuestas según la zonación del cristal (rojo) de la muestra Chill_1.

Desde el punto de vista mineralógico, los cortes transparentes muestran una composición relativamente homogénea, dominada por fenocristales de plagioclasa (21-25%), biotita (9-11%), anfíbol (7-11%) y cuarzo (2-5%). De los minerales accesorios se identifican óxidos de Fe-Ti (1-3%) y cristales de piroxeno (~1%), estos últimos con texturas coroníticas (Figura 4.2A y 4.2B) evidenciadas por bordes de reacción de anfíbol. Los cristales de plagioclasa se presentan en formas euhedrales a subhedrales de 0,1 a 4,6 mm, con maclado polisintético, zonación bien desarrollada, textura sieve y abundantes inclusiones vítreas, algunas de las cuales se disponen siguiendo la forma de la zonación en anillos concéntricos (Figura 4.1C y 4.1D).

Los cristales de biotita se presentan euhedrales a subhedrales de 0,1 a 3,6 mm, con inclusiones vítreas abundantes, fracturas y embahiamientos parciales. Su color varía desde

verde oscuro hasta marrón anaranjado intenso en los cristales de sección basal de mayor tamaño (Figura 4.2C). El anfíbol aparece en cristales euhedrales a subhedrales comúnmente bien conservados de 0,1 a 3 mm, sus tonalidades van desde verde oscuro hasta café verdoso. Las inclusiones vítreas son recurrentes en estos cristales (Figura 4.1A y 4.1B). El cuarzo presenta cristales anhedrales de 0,1 a 2,3 mm, caracterizado por bordes redondeados a subredondeados, fracturas internas y embahiamiento indicando reabsorción (Figura 4.2D y 4.2F).

Los óxidos de Fe-Ti se observan en cristales subhedrales de 0,1 a 0,8 mm, con disposición preferente sobre glomero-cristales de plagioclasa, biotita y anfíbol, así como en inclusiones dentro de biotita o plagioclasa. Asimismo, algunos de los cristales de menor tamaño (0,1 mm) se encuentran diseminados en la matriz vítrea.

Los cristales de piroxeno suelen presentar tamaños que oscilan entre 0,2 y 0,4 mm, localizados en aglomeraciones de cristales de anfíbol lo que evidenciaría un reequilibrio mineral a fases más estables (Figura 4.2A y 4.2B).

Considerando altos contenidos de minerales hidratados, como biotita y anfíbol y una abundancia significativa de plagioclasa, además del escaso contenido de piroxeno y de la carencia de feldespatos potásicos, esta roca se clasifica como una dacita de biotita y anfíbol.

La muestra Chill_3 es mineralógica y texturalmente contrastante respecto al grupo de muestras descritas anteriormente, al presentar una masa fundamental más oscura y otras características particulares (Figura 4.3). Corresponde a una roca de textura porfídica inequigranular, localmente glomeroporfídica, cuya masa fundamental es vítrea (52%), de color gris oscuro, y presenta microlitos principalmente de plagioclasa y en menor proporción de anfíbol y biotita (Figura 4.3E). Estos microlitos están orientados de manera preferencial, generando una textura traquítica fina alrededor de los fenocristales (Figura 4.3A). La matriz contiene un 12-13% de vesículas.

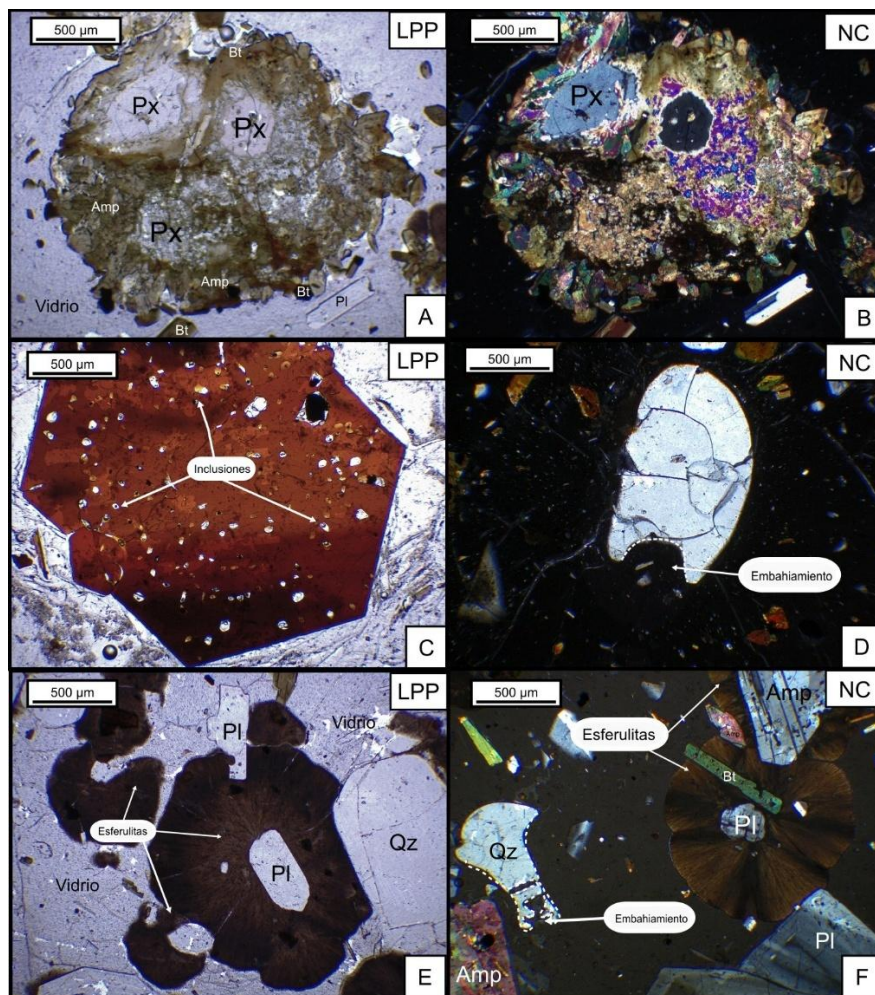


Figura 4.2: Fotomicrografías de cortes transparentes del Domo Chillahuita a nicolos paralelos (LPP) y cruzados (NC). (A) Glomerocrystal de piroxeno con bordes de reacción de anfíbol y biotita (B) Glomerocrystal de piroxeno con bordes de reacción de anfíbol y biotita. (C) Sección basal de cristal de biotita con abundante distribución de inclusiones vítreas. (D) Fenocrystal de cuarzo con bordes corroídos y embahamientos. (E) Vidrio desvitrificado expresado en esferulitas radiales englobando fenocristales de plagioclasa. (F) Embahamiento de cuarzo (Qz). Todas las imágenes corresponden a la muestra Chill_2.

Los fenocristales de plagioclasa (28%) son subhedrales, de tamaño entre 0,1 y 3,7 mm, que exhiben zonación, textura sieve, embahamientos e inclusiones abundantes. La biotita (6%) y anfíbol (5%), aparecen como cristales de hábito euhedral a subhedral, con bordes de embahamientos y fracturas, con tamaños que alcanzan hasta 2 mm (Figura 4.3A a 4.3D). El cuarzo (7%) se presenta como granos anhedral, subredondeados, corroídos y fracturados.

La presencia de piroxeno (1-2%) se restringe principalmente a glomerocristales, donde estos minerales forman núcleos rodeados por coronas de reacción compuestas de anfíbol y biotita (Figura 4.3C). Estos cristales no sobrepasan 1 mm de tamaño. En la parte inferior del corte se observa un contacto neto con una unidad de composición similar a la del resto de los cortes, caracterizada por un vidrio más incoloro, con evidencias de desvitrificación y escasa presencia de microlitos de plagioclasa (Figura 4.3E y 4.3F).

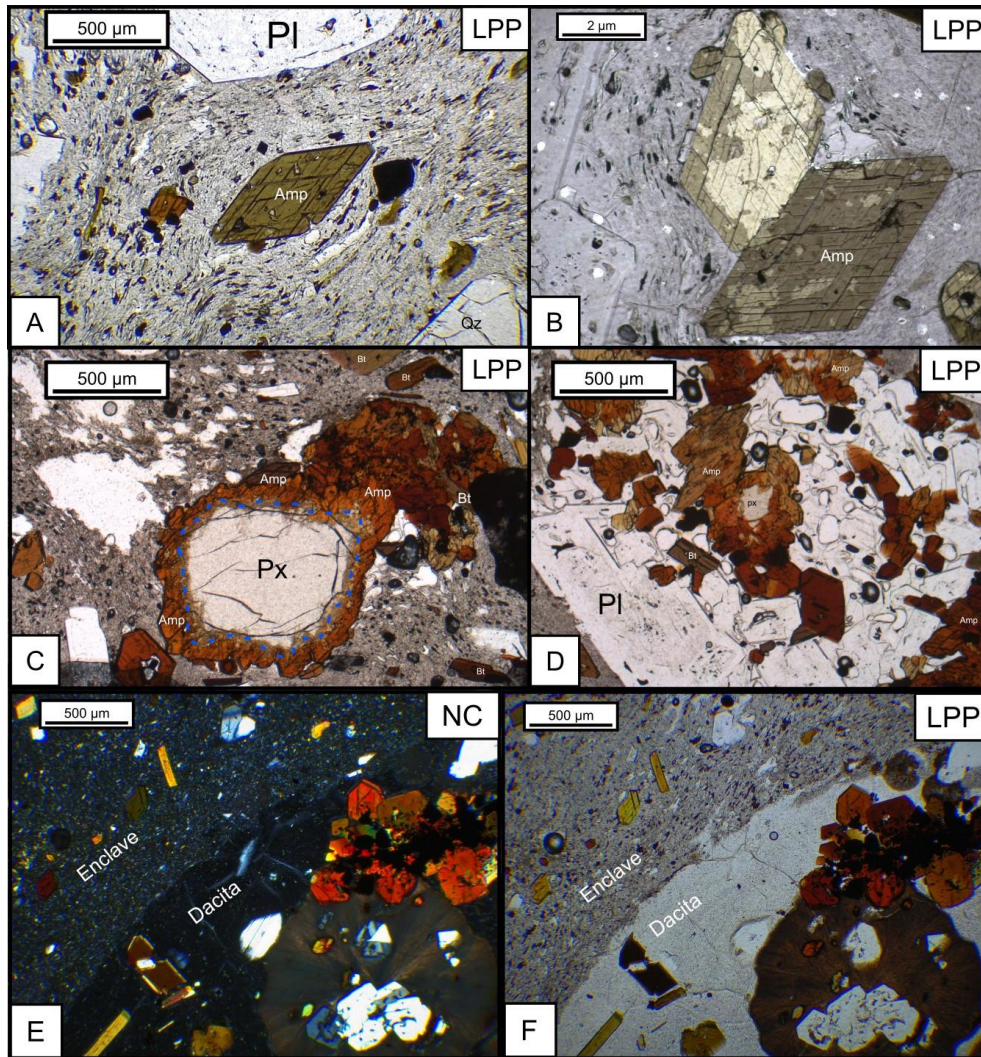


Figura 4.3: Fotomicrografías de Chill-3 a nicolos paralelos (LPP) y cruzados (NC). (A) Fenocristal de anfíbol rodeado de matriz vítrea con textura traquítica en el enclave. (B) Fenocristales de anfíbol en el enclave. (C) Glomerocrystal de piroxeno (Px), anfíbol (Amp) y biotita (Bt) en el enclave. La línea punteada azul indica el piroxeno. (D) Glomerocrystal de plagioclasa (Pl), piroxeno (Px), anfíbol (Amp) y biotita (Bt) en el enclave. (E) y (F) corresponden al contacto neto entre el vidrio del enclave y la dacita.

Debido a sus características petrográficas, como la textura traquítica de la matriz, la presencia de cristales de plagioclasa zonadas, glomerocristales de plagioclasa y piroxeno con coronas de reacción de anfíbol y biotita, así como cuarzo corroído y con embahiamiento, la muestra Chill_3 correspondería a un enclave presente en las lavas que conforman el domo.

4.2 Descripción de inclusiones vítreas

Los análisis de inclusiones vítreas se llevaron a cabo en tres (Chill_1, Chil_2 y Chill_Encl_1) de los seis cortes transparentes originales (Anexo 1, Tabla A1 y A2) específicamente en cristales de anfíbol y plagioclasa, no obstante, se describen también las particularidades de las hospedadas en biotita.

La selección de inclusiones se realizó considerando aquellas que presentaran diámetros mayores a 10 μm de diámetro, ya que tamaños inferiores a este comprometen la resolución analítica del haz utilizado por la microsonda electrónica. Además, se aplicaron los criterios de Roedder (1979) para verificar que las inclusiones seleccionadas sean representativas del magma parental y no presenten reequilibrios posteriores. Estos criterios establecen ciertos principios básicos: (1) las inclusiones deben haber sido atrapadas en una fase homogénea, (2) el sistema debe haberse comportado como cerrado respecto al entorno externo y (3) las inclusiones no deben haber atrapado o perdido componentes después de su encapsulamiento.

Las inclusiones en anfíbol presentan tamaños que varían entre 4 μm y 80 μm , con un promedio de 29,6 μm . Tienen formas tabulares y romboidales, adaptándose a los planos de clivaje del cristal huésped (Figura 4.4A y 4.4B). Estas inclusiones corresponden, en su mayoría, a vidrio homogéneo, con o sin presencia de burbujas. En los casos en que están presentes, las burbujas ocupan entre un 15% y 40% del volumen de la inclusión. En volumen de cristal, las inclusiones presentes en anfíbol representan entre un 1% y 3% del cristal.

En plagioclasa las inclusiones oscilan en tamaños desde 5 μm a 133 μm con un promedio de 41,4 μm , comúnmente dispuestas en bordes de zonación de los cristales y con hábitos tabulares (Figura 4.4E). Al igual que en el caso de los cristales de anfíbol, estas inclusiones corresponden a vidrio homogéneo con o sin presencia de burbuja, las cuales pueden llegar a

ocupar un 20% de la inclusión. La proporción de las inclusiones en el cristal se estima visualmente entre un 1% y 2%.

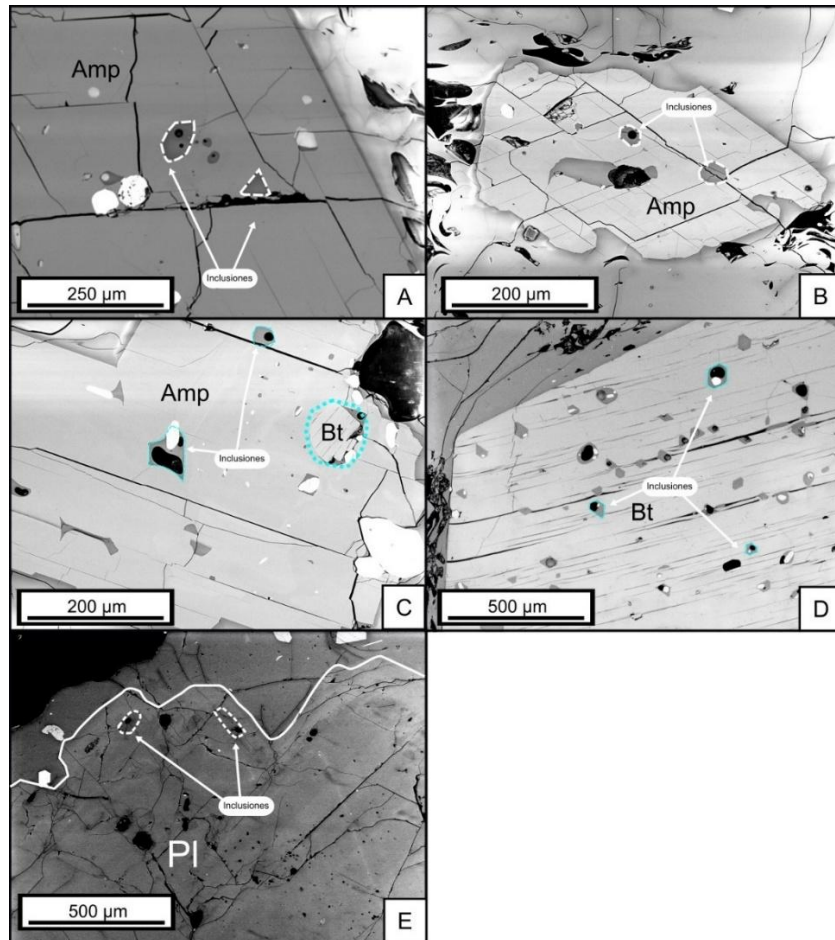


Figura 4.4: Micrografías SEM de inclusiones vítreas. (A) Inclusiones en anfíbol de la muestra Chill_1. (B) Inclusiones vítreas en un cristal de anfíbol con embahiamiento de la muestra Chill_1. (C) Inclusión de biotita (línea celeste) dentro de un cristal de anfíbol de la muestra Chill_1. (D) Biotita con abundante presencia de inclusiones con o sin burbujas y con elementos metálicos de la muestra Chill_2. (E) Cristal de plagioclasa con inclusiones dispuestas respecto a la zonación de este en la muestra Chill_Encl_1.

Por su parte, las inclusiones en biotita suelen presentar tamaños que van de 25 μm a 94 μm con un promedio de 63,7 μm . Estas se distribuyen a lo largo de todo el cristal, siguiendo la forma del clivaje y presentando hábitos tabulares y romboidales, estas inclusiones presentan vidrio homogéneo con o sin burbuja, en caso de que exista burbuja, esta oscila en volúmenes

de la inclusión entre 30% y 70%. En esta fase mineral, el volumen de inclusiones representa aproximadamente entre un 5% y un 6% del cristal.

4.3 Geoquímica mineral

4.3.1 Anfíbol

Los datos de la composición de anfíbol se obtuvieron a través de EMP en 22 cristales de Chill_1, 12 cristales de Chill_2 y en 17 cristales de Chill_Encl_1 (Anexo 1, Tabla A1.9 a A1.14). Los resultados determinan que los cristales de anfíbol analizados corresponden en su mayoría a magnesio-hornblenda (n = 49), y pargasita (n = 1), según el cuadro de clasificación de Locock (2014).

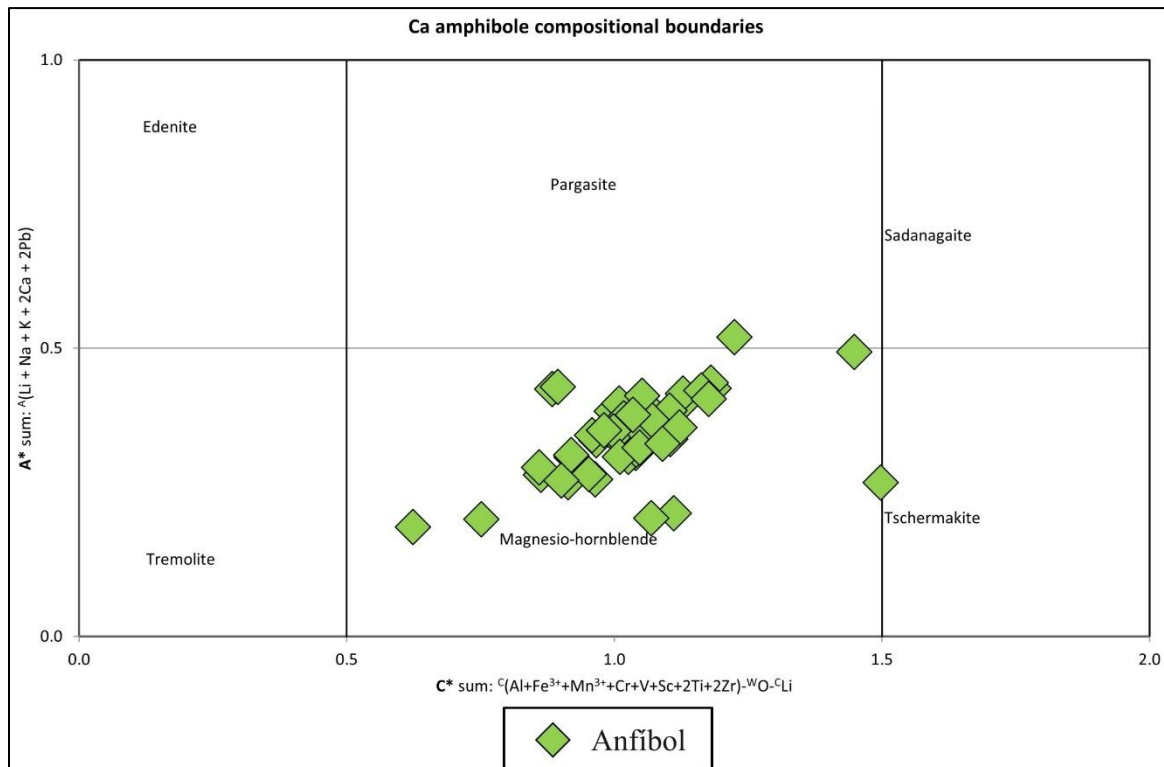


Figura 4.5: Diagrama de clasificación de anfíbol. Propuesto por Locock (2014).

4.3.2 Plagioclasa

Los datos de composición de los cristales de plagioclasa se obtuvieron mediante EMP (Anexo 1, Tabla A1.3 a A1.8) en 5 cristales de Chill_1, 2 cristales de Chill_2 y 2 cristales de Chill_Encl_1, obteniendo un total de 178 mediciones entre todos los cristales.

Las composiciones obtenidas para los cristales de plagioclasa (Figura 4.6), que composicionalmente corresponden a andesina (n = 158) y labradorita (n = 19), y en menor medida a bytownita (n = 1).

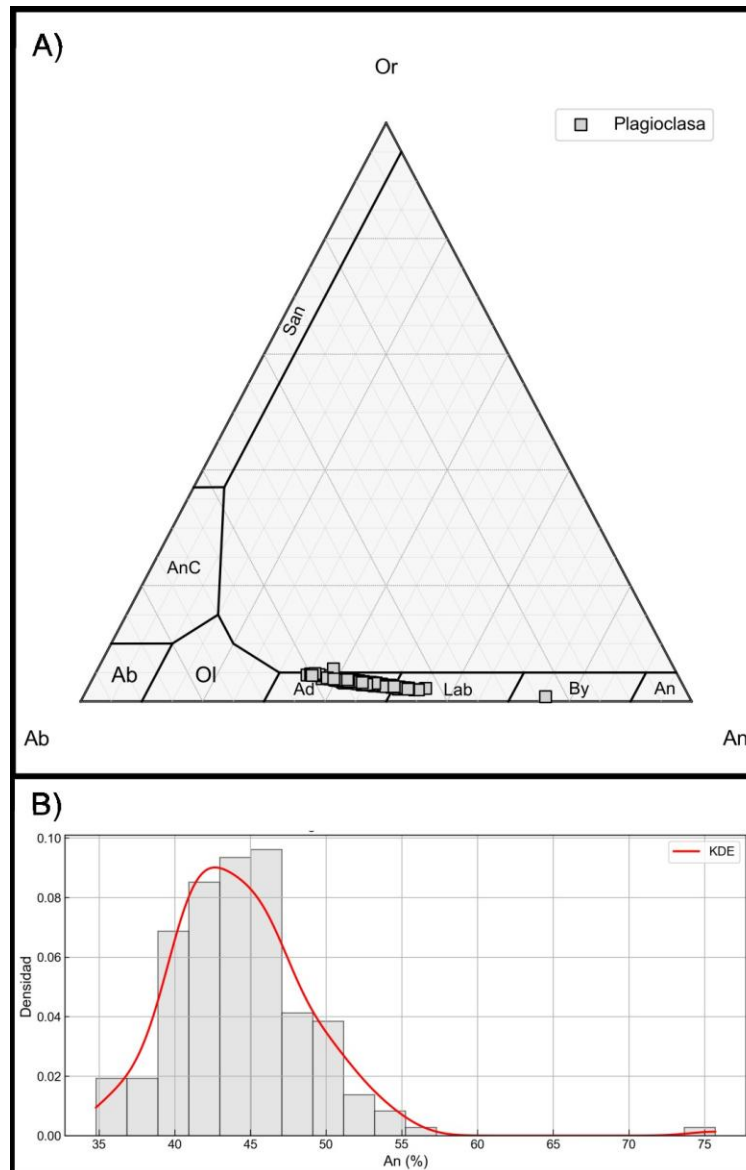


Figura 4.6: Diagrama ternario de feldspatos e histograma de densidad de An (%). Ab: Albite, Ad: Andesina, An: Anortita, AnC: Anortita cálcica, By: Bytownita, Lab: Labradorita, Ol: Oligoclasa, Or: Ortoclasa, San: Sanidina. (A) Diagrama ternario de clasificación de feldspatos de Derr, Howie, & Zussman (1963), gráficado con Thermobar (Wieser et al., 2022). (B) Histograma de densidad de An (%). Línea roja corresponde al estimador de densidad de Kernel.

4.3.2.1 Perfiles plagioclasa

Los perfiles intracristalinos de los cristales de plagioclasa muestran que el contenido de Na_2O no presenta grandes fluctuaciones en bordes o núcleos en los distintos cristales; sin embargo, tiende a aumentar levemente a medida que el K_2O también aumenta. Esta tendencia indica que el Na_2O aumenta donde el CaO disminuye, el CaO presenta un enriquecimiento mayor en los núcleos de los cristales y en los bordes (Figura 4.7B1, 4.7B2 y 4.7C1) con excepción de uno de los perfiles (Figura 4.7A1), mientras que las zonas que presentan bajo CaO , se observa un aumento notable en el contenido de K_2O . En conjunto, estos patrones sugieren una relación inversa en la abundancia de CaO respecto a Na_2O y K_2O .

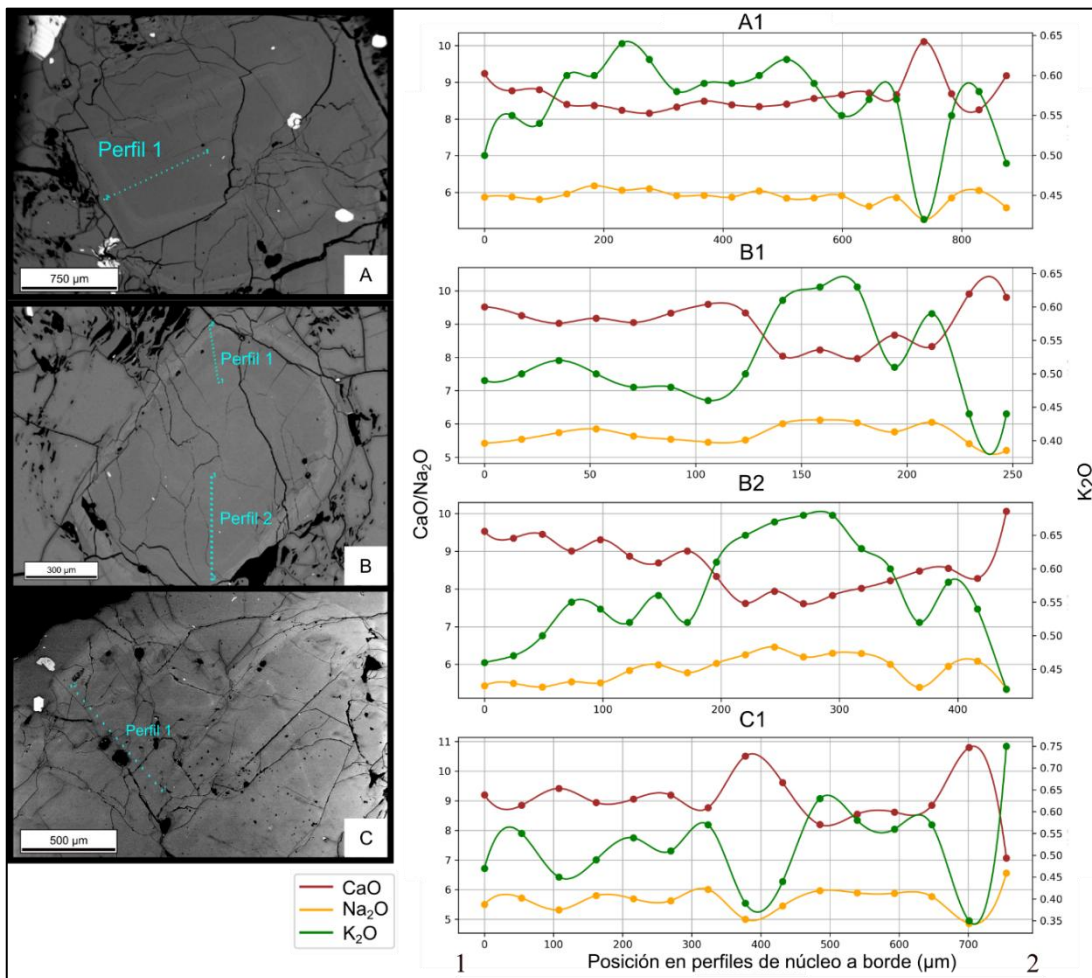


Figura 4.7: Perfiles intracristalinos de plagioclasa de la dacita. Variaciones en contenidos de CaO, K₂O y Na₂O (wt%). (A) Cristal PI2 del corte Chill_1. (A1) Perfil intracristalino 1 Chill_1_PI2. (B) Cristal PI4 del corte Chill_1. (B1) Perfil intracristalino 1 Chill_1_PI4. (B2) Perfil intracristalino 2 Chill_1_PI4. (C) Cristal PI1 del corte Chill_Encl_1. (C1) Perfil intracristalino 1 Chill_Encl_1_PI1.

4.4 Geoquímica de inclusiones vítreas y vidrio

Los análisis realizados en EMP entregaron datos de composición de elementos mayores como óxidos medidos en vidrio de la masa fundamental, plagioclasa, anfíbol e inclusiones vítreas hospedadas en las dos últimas fases minerales.

Se analizaron un total de 57 puntos intracristalinos, de los cuales 43 corresponden a inclusiones vítreas. De estas, 22 se encuentran hospedadas en cristales de anfíbol (11 de la muestra Chill_1, 6 de Chill_2 y 5 de Chill_Encl_1), mientras que las 21 inclusiones restantes están alojadas en plagioclasa (13 en Chill_1, 4 en Chill_2 y 4 en Chill_Encl_1). Los 14 análisis restantes corresponden a vidrio de masa fundamental, distribuidos en 6 análisis de la muestra Chill_1, 5 análisis de la muestra Chill_2 y 3 análisis de la muestra Chill_Encl_1.

4.4.1 Diagrama TAS

Con el fin de comparar las composiciones de las inclusiones vítreas, con la composición de la roca total del domo, además de la composición de enclaves presentes en otros domos, se utilizaron datos de Tierney (2011), de Silva *et al.* (1994) y Taussi *et al.* (2019). Se observa (Figura 4.8A y 4.8B) que los valores de inclusiones vítreas se sitúan en la clasificación de riolitas ($n = 57$), sin mayores variaciones en las fases minerales de anfíbol y plagioclasa, mientras que el vidrio tiende a presentar contenido de sílice mayores a 75 (wt%). Además, las muestras corresponden a rocas subalcalinas.

4.4.2 Diagrama K_2O vs SiO_2

Debido a que las muestras tienden a caer dentro de la serie subalcalina es posible graficar los datos en un diagrama binario de K_2O vs SiO_2 (wt%) (Figura 4.9).

En la Figura 4.9, los puntos de roca total reportados por de Silva *et al.* (1994) y Tierney (2011) se ubican en el campo de dacita alta en K. Asimismo, las inclusiones vítreas de este estudio se distribuyen principalmente en el campo de la serie calcoalcalina de alto K, mostrando valores más elevados de SiO_2 (wt%) y K_2O (wt%) en comparación con las composiciones de roca total. La única excepción corresponde a una muestra de plagioclasa y otra de vidrio de masa fundamental, que se sitúan en el campo de serie calcoalcalina.

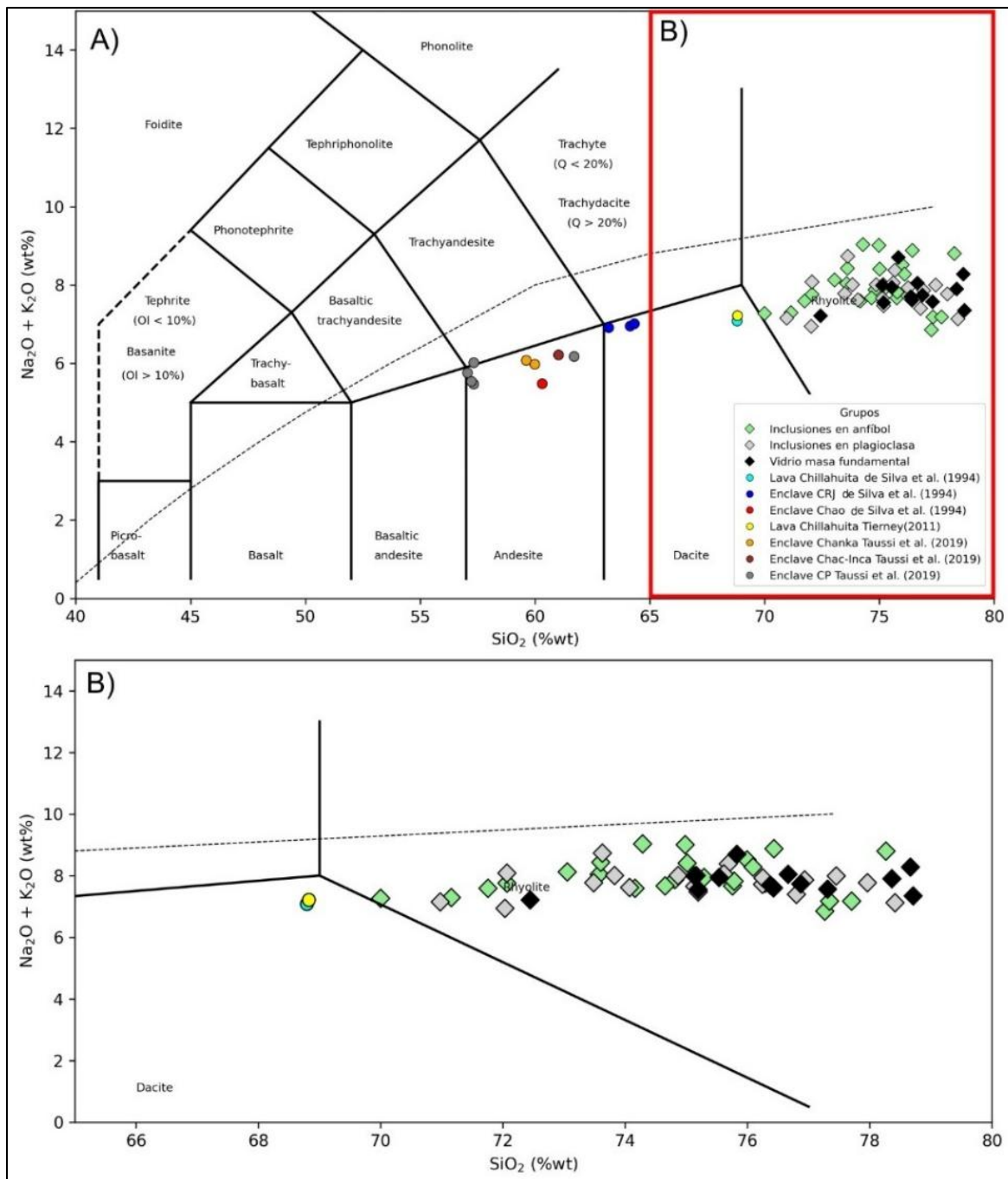


Figura 4.8: Diagrama de clasificación TAS. Modificado de Le Maitre *et al.* (2002). La línea punteada simboliza los límites de la serie alcalina (por encima) y subalcalina (por debajo). (A) Datos de roca total de de Silva *et al.* (1994), Tierney (2011), Taussi *et al.* (2019) y de inclusiones vítreas de este estudio. (B) Datos de roca total de de Silva *et al.* (1994), Tierney (2011) y de inclusiones vítreas de este estudio, ajustado para valores de $\text{SiO}_2 > 65$ (wt%).

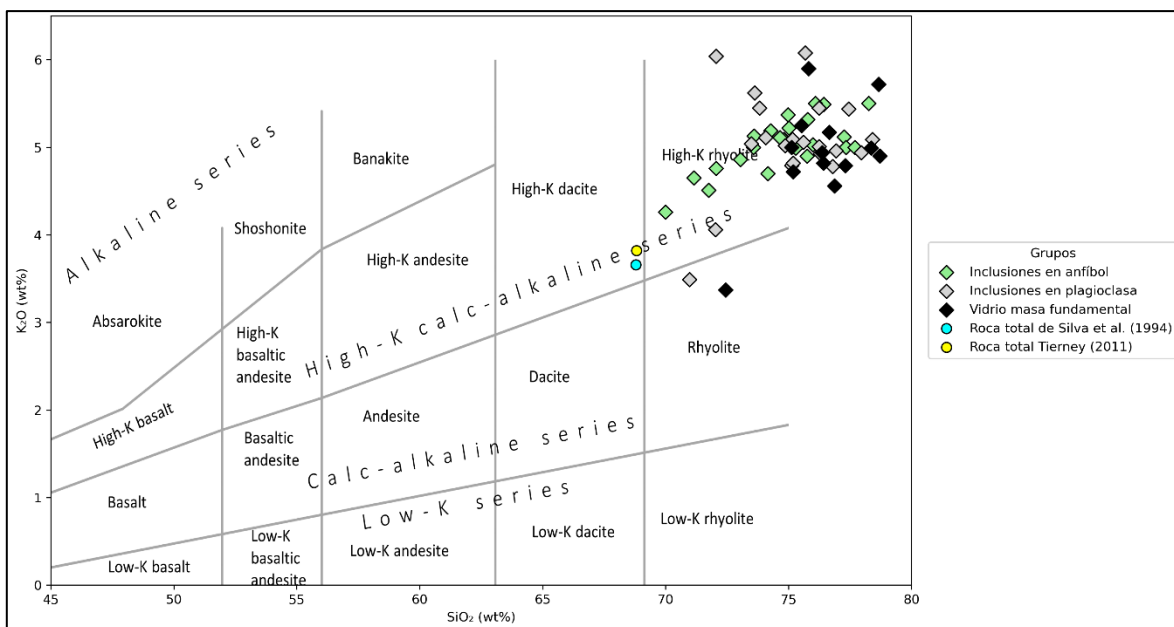


Figura 4.9: Diagrama de clasificación K_2O vs SiO_2 (wt%). Modificado de Ewart (1982). Datos de de Silva *et al.* (1994), Tierney (2011) y este estudio.

4.4.3 Diagramas Harker

Los diagramas Harker permiten analizar la variación de óxidos mayores y de trazas presentes en concentraciones inferiores al 0,1% en función del contenido de sílice (SiO_2). Esta herramienta permite interpretar los mecanismos de cristalización involucrados en la evolución de las muestras. De acuerdo con los análisis de microsonda electrónica realizados en inclusiones vítreas, los principales elementos detectados corresponden a Ca, Al, Na, K, Mg y Ti, además de cantidades menores de Mn, P y Cl (en forma de óxidos). Los puntos analizados se encuentran detallados en el Anexo 2, destacando que estos se analizan principalmente en plagioclasa, anfíbol y vidrio de la masa fundamental adyacente a los cristales en los cortes transparentes Chill_1, Chill_2 y Chill_Encl_1.

La concentración de SiO_2 en las inclusiones varía entre 70 y 79 wt%, con un promedio de 75 wt% (valores normalizados al 100%), sin mostrar una tendencia específica según la fase mineral hospedante (Figura 4.10 y 4.11).

En el diagrama Harker para CaO (Figura 4.10A) los valores observados en anfíbol se encuentran en el rango de 0,03-2,22 wt%, con un promedio de 0,90 wt%. En plagioclasa van

de 0,40 a 3,20 wt% con un promedio de 0,80 wt%. Para el vidrio entre 0,60 y 2,50 wt% con un promedio de 1,00 wt%. Si bien la mayoría de los análisis se mantienen en el rango de 0,40 a 1,50 wt%, se identifican algunas excepciones: tres análisis de anfíbol, dos de plagioclasa y uno de vidrio superan el 1,50 wt% y alcanzan concentraciones de hasta 3,22 wt%.

Para el diagrama de Al_2O_3 (Figura 4.10B) los valores de anfíbol van desde 11,6 a 13,0 wt% con un promedio de 12,4 wt%. En plagioclasa los valores van desde 10 wt% a 16 wt% con un promedio de 12, wt%. Mientras que el vidrio se encuentra entre 12 a 15 wt% con un valor promedio de 12,6 wt%.

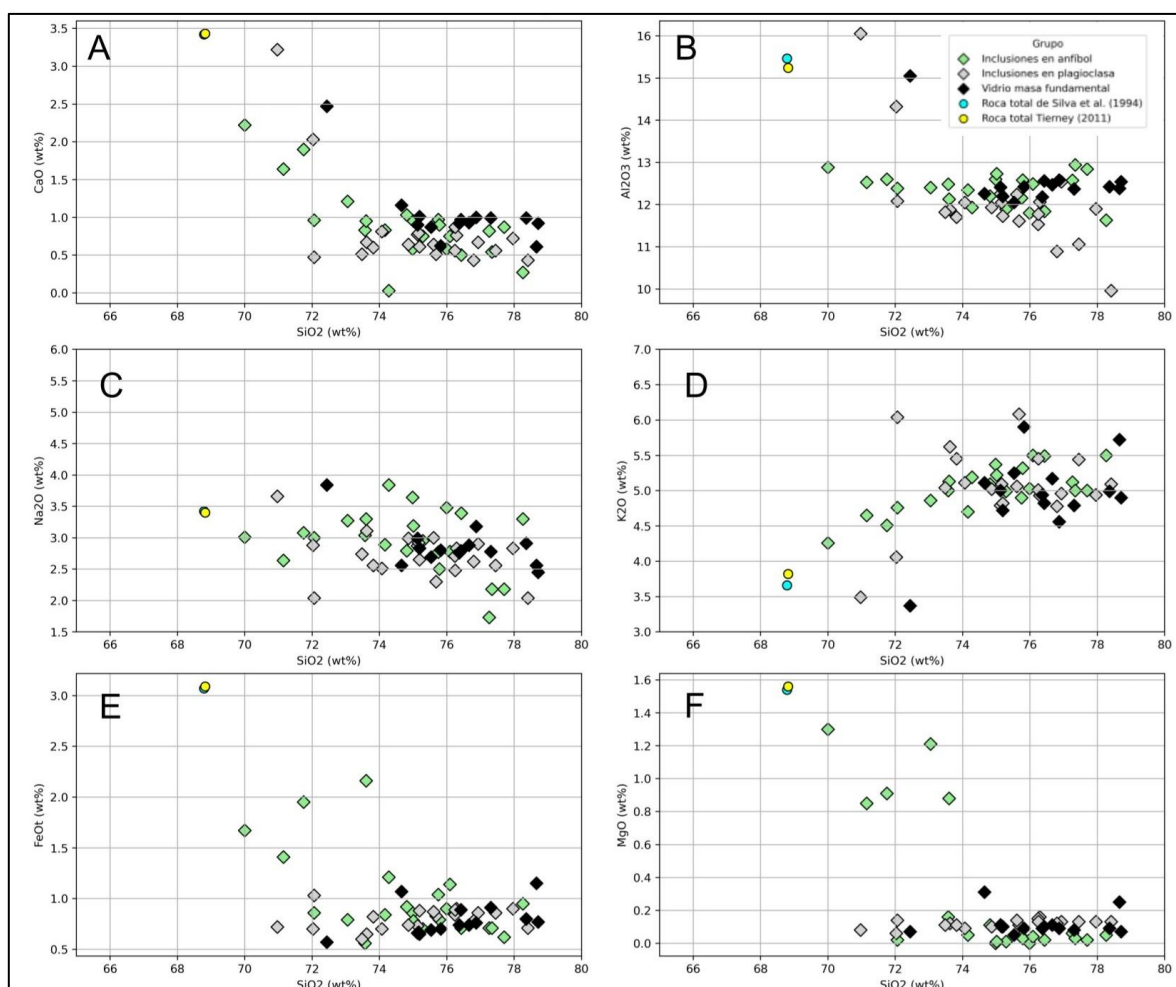


Figura 4.10: Diagramas Harker de elementos mayores v/s SiO_2 . (A) CaO. (B) Al_2O_3 . (C) Na_2O . (D) K_2O . (E) FeOt. (F) MgO. Datos de roca total de de Silva *et al.* (1994), Tierney (2011) y de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental de este trabajo.

En el caso de Na_2O (Figura. 4.10C) los valores se mantienen similares para todas las fases (anfíbol, plagioclasa y vidrio) con un rango entre 1,70 a 3,85 wt% y un promedio general de 2,85 wt%. Para K_2O (Figura 4.10D) los valores MIs en anfíbol, plagioclasa, y vidrio se mantienen en concentraciones comparables que oscilan entre 3,3 y 6,1 wt%, con un promedio de 5,0 wt%.

En cuanto a FeO (Figura 4.10E), tanto el vidrio como la plagioclasa muestran valores que van desde 0,6 a 1,1 wt% con un promedio de 0,8 wt%. En anfíbol, aunque la mayoría de los valores son similares, se identificó un subconjunto de cuatro inclusiones vítreas que presentan concentraciones más elevadas que van desde 1,3 a 2,2 wt%, elevando el promedio de general a 1,0 wt%. Respecto al MgO (Figura 4.10F), los valores en plagioclasa y vidrio suelen ser similares con contenidos que van desde 0,05 a 0,31 wt%, con un promedio de 0,12 wt%. En anfíbol, la mayoría de los datos coinciden con ese rango, salvo 5 puntos que presentan concentraciones elevadas entre 0,80 y 1,30 wt%. Aumentando el promedio total de MgO en la roca a un 0,28 wt%. Las variaciones en MnO y TiO_2 son mínimas (Figura 4.11A y 4.11B), con un promedio general de 0,04 wt% y 0,15 wt% respectivamente. Finalmente, los promedios de P_2O_5 y Cl son de 0,017 wt% y 0,12 wt% respectivamente (Figura 4.11C y 4.11D).

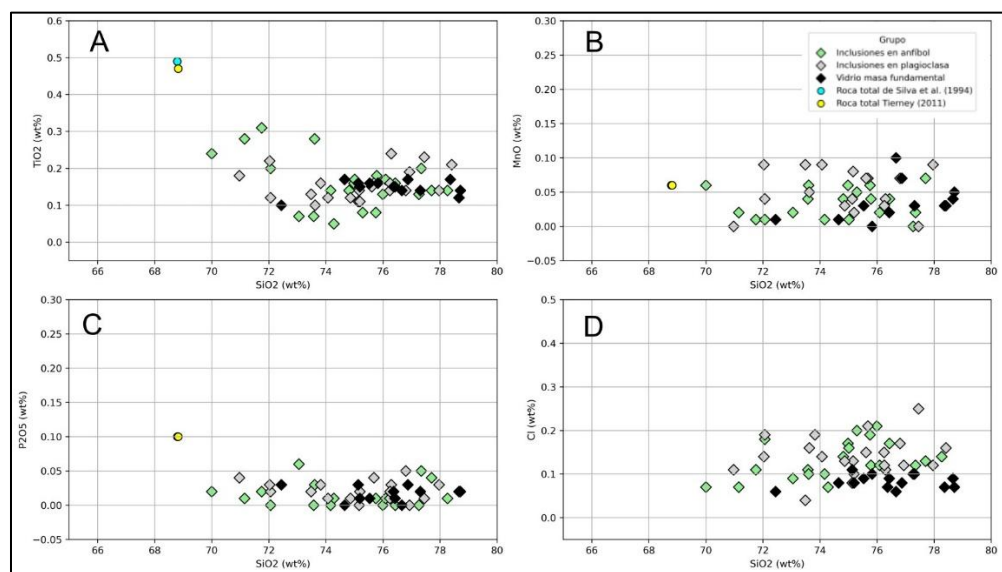


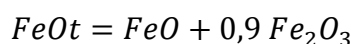
Figura 4.11: Diagramas Harker de elementos mayores v/s SiO_2 (A) TiO_2 . (B) MnO . (C) P_2O_5 . (D) Cl . Datos de roca total de de Silva *et al.* (1994), Tierney (2011) y de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental de este trabajo.

4.4.4 Diagramas #Mg

Con el propósito de obtener una interpretación más precisa, a partir de los análisis geoquímicos de inclusiones vítreas, se utilizaron diagramas de variación del índice magnesiano (#Mg). Este parámetro, corresponde a una razón entre el contenido de Mg y la suma entre el contenido de Mg y Fe, expresado por:

$$Mg = \left(\frac{Mg^{2+}}{(Mg^{2+} + Fe^{2+})} \right) * 100$$

Donde Fe^{2+} corresponde al Fe total, expresado a partir de:



El uso del número magnesiano en magmas riolíticos fue evidenciado en trabajos como los de Hernandez Prat *et al.* (2023), quienes aplicaron este índice con la finalidad de caracterizar la evolución del domo riolítico La Torta (APVC), mostrando que las tendencias de diagramas #Mg versus óxidos mayores en inclusiones vítreas en diferentes fases minerales reflejaban la transición desde fundidos de composición intermedia hacia magmas altamente silíceos. De la misma manera, Boijseauneau-López *et al.* (2023) clasificaron lavas riolíticas del Complejo Acoculco (México) en dos grupos. El estudio se realiza mediante el uso de diagramas de variación del número magnesiano versus SiO_2 con la finalidad de diferenciar el grado de evolución magmática de las muestras. La clasificación se complementó con el análisis de elementos traza, lo que permitió reconocer procesos de fraccionamiento mineral en un grupo y grado de fusión parcial e interacción con un *mush* en otro grupo.

Los análisis por microsonda electrónica utilizados para construir los diagramas #Mg se basan en los mismos datos de elementos mayores previamente considerados en los diagramas Harker vs SiO_2 . Estos corresponden a inclusiones vítreas hospedadas en anfíbol, plagioclasa y vidrio de la masa fundamental de las muestras Chill_1, Chill_2 y Chill_Encl_1. Dado que las variaciones en MnO y P_2O_5 son mínimas, y que el comportamiento de MgO resulta redundante respecto al índice magnesiano (#Mg), se presentan exclusivamente los diagramas de variación de #Mg para los elementos mayoritarios más representativos, es decir, Ca, Al, Na, K, Fe, Ti y Cl.

Las inclusiones vítreas hospedadas en plagioclasa tienden a ubicarse aproximadamente entre 11 y 30 de #Mg, mientras que mediciones en vidrio tienden a estar ubicadas aproximadamente entre los 14 y 30 #Mg. En contraste, las inclusiones en anfíbol presentan dos agrupaciones distintas, una mayoritaria con números magnesianos inferiores a 20, y otra minoritaria con valores de #Mg superiores a 30 (Figura 4.12).

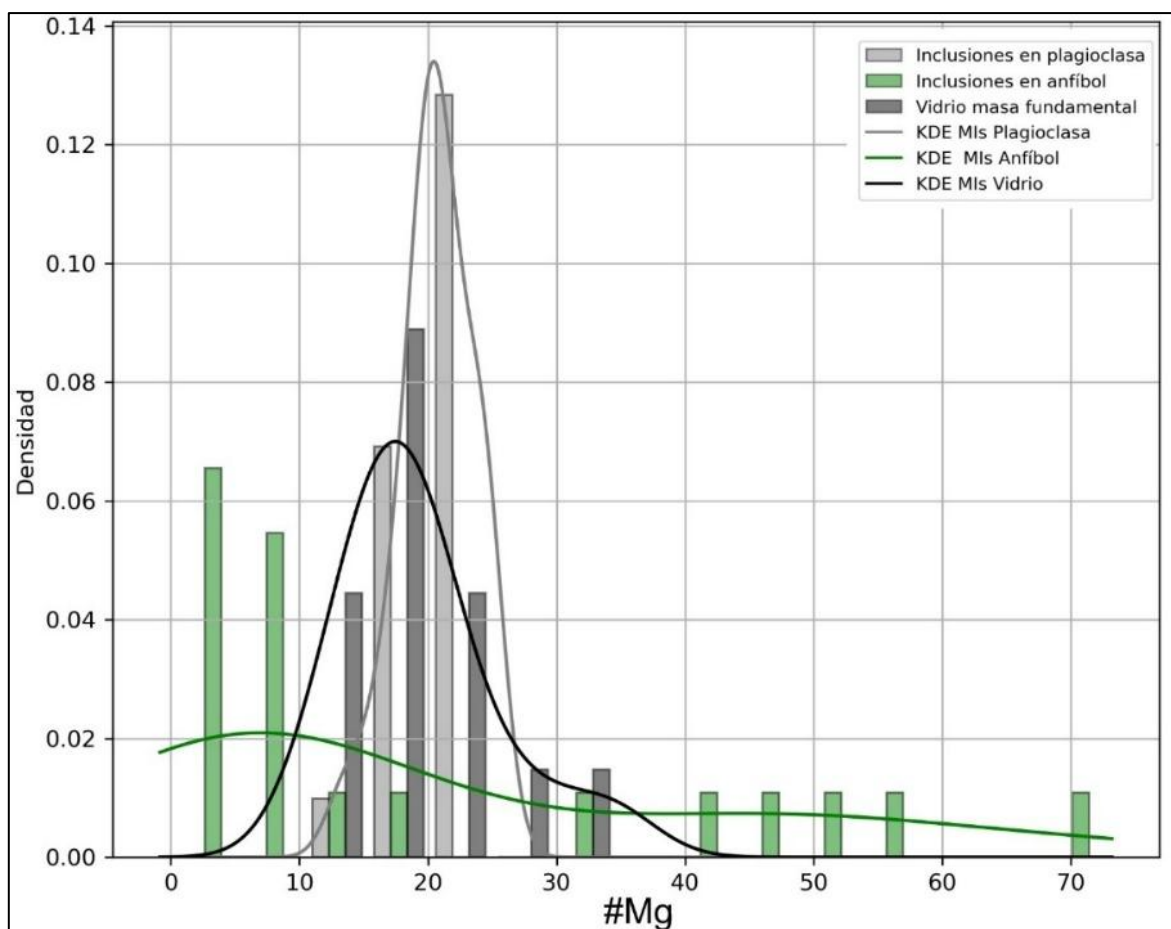


Figura 4.12: Histograma de densidades de inclusiones en fases minerales vs #Mg. Las líneas en colores simbolizan la estimación de densidad de Kernel (KDE) según la fase mineral (plagioclasa, anfíbol y vidrio).

Los contenidos de elementos mayores en las inclusiones de plagioclasa y en el vidrio de la masa fundamental tienden a mantenerse dentro del mismo rango, consistente con las tendencias descritas en los diagramas Harker de óxidos mayores vs SiO₂. En el caso del anfíbol, la comparación entre los cristales de anfíbol de bajo #Mg y alto #Mg revela que el primero presenta menores concentraciones de CaO, FeO y TiO₂ (Figura 13A, 13E y 13F)

disminuciones leves en el contenido de Na_2O y Al_2O_3 (Figura 13B y 13C), ligero aumento en K_2O (Figura 13D) y un enriquecimiento más marcado en Cl (Figura 13G).

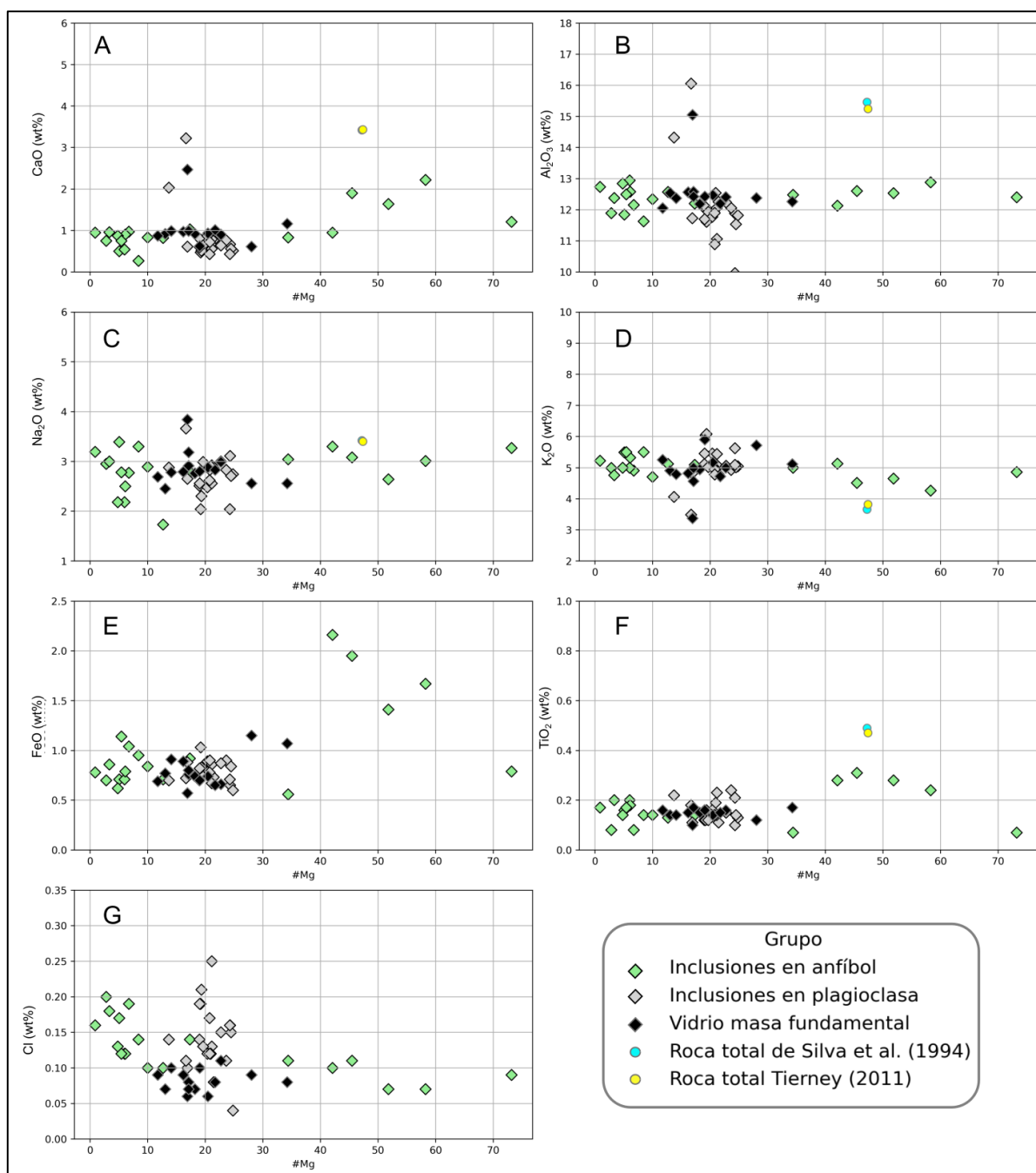


Figura 4.13: Diagramas #Mg de elementos mayores v/s SiO_2 . (A) CaO. (B) Al_2O_3 . (C) Na_2O . (D) K_2O . (E) FeO. (F) TiO_2 . (G) Cl. Datos de roca total de de Silva et al. (1994), Tierney (2011) y de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental de este trabajo.

4.5 Geotermobarometría

Para estimar las condiciones de temperaturas y presiones bajo las cuales cristalizaron las fases minerales presentes (anfíbol, plagioclasa y vidrio) en las muestras analizadas, se aplicaron distintos modelos termobarométricos (Tabla 4.2). Los pares plagioclasa-MI se seleccionados considerando la proximidad entre el punto analizado en el cristal y la inclusión vítrea hospedada en la misma.

Tabla 4.2: Termobarómetros utilizados en diferentes fases minerales.

Modelo Termobarométrico	Referencia	Fase mineral	Error estándar
PTR10	Ridolfi <i>et al.</i> (2010)	Anfíbol	$\pm 20^{\circ}\text{C}$ $\pm 11\%$ para presiones $\pm 0,4$ unidades logarítmicas para $\log f\text{O}_2$ $\sigma_{\text{est}} = 0,4 \text{ wt}\%$ para H_2O
TRR12	Ridolfi & Renzulli (2012).	Anfíbol	$\pm 23,5^{\circ}\text{C}$
PRR12	Ridolfi & Renzulli (2012). Eq 1a, 1b, 1c, 1d y 1e.	Anfíbol	$\pm 11,5\%$ para presiones.
PTR21	Ridolfi (2021). Eq. ΔNNO y eq H_2O .	Anfíbol	$\pm 0,3$ unidades logarítmicas para ΔNNO $\pm 14\%$ para H_2O
PP09	Prezzi <i>et al.</i> (2009).	-	$\pm 2 \text{ kbar}$ $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$
TP08a	Putirka (2008) eq23.	Plagioclasa-Líquido	$\pm 42^{\circ}\text{C}$
TP08b	Putirka (2008) eq 24a.	Plagioclasa-Líquido	$\pm 36^{\circ}\text{C}$

4.5.1 Termobarometría de anfíbol

Se utilizaron 50 análisis en todos los cristales de anfíbol (Anexo 1, Tabla A1.9 a A1.14) sobre los cuales se aplicaron los modelos termobarométricos TRR12, PRR12, PTR21 y PP09 (Tabla 4.2). A partir de estos, se obtuvieron resultados válidos para 35 análisis (Anexo 2, Tabla A2.1), mientras que los 15 restantes fueron descartados debido a que no cumplían condiciones necesarias para su aplicación (Anexo 2, Tabla A2.2). De los datos excluidos,

seis presentaban bajo contenido de cationes en el sitio B y los nueve restantes arrojaron sumas de cationes recalculadas superiores al 102%.

Los resultados para estos métodos muestran que los cristales de anfíbol cristalizaron en temperaturas que oscilan aproximadamente entre 787 y 914 °C con un promedio de 820°C. Las presiones asociadas para esta fase mineral van desde 111 a 425 MPa, y la fugacidad de oxígeno varía desde -13,3 a -8,2 con un promedio de -11,9, el contenido de agua disuelta en el fundido oscila entre 4,4 y 6,6 wt%, con un promedio de aproximadamente 5,6 wt% mientras que las profundidades estimadas de cristalización abarcan desde 4,7 a 15,8 km, promediando aproximadamente 6,8 km (Tabla 4.3). Para la representación gráfica de los resultados obtenidos se emplearon los modelos PTR10, los cuales fueron utilizados para construir los diagramas P-T, $\log f_{O_2}$ -T y T-H₂O (Figura 4.14, 4.15 y 4.16).

Tabla 4.3: Resultados de termobarometría para anfíbol.

Anfíbol	T(°C)	P(MPa)	$\log f_{O_2}$	H ₂ O _{melt} (wt%)	Profundidad (km)
Promedio (n = 35)	819,69	166,45	-11,93	5,63	6,77
Dato Menor	787,41	110,91	-13,32	4,42	4,71
Dato Mayor	913,52	425,46	-8,16	6,56	15,80

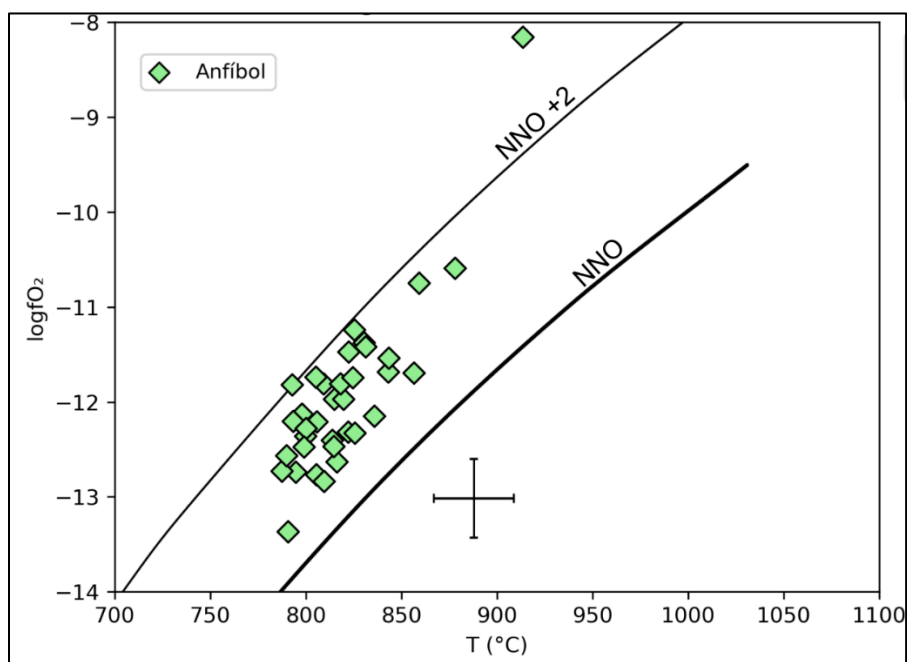


Figura 4.14: Diagrama de fugacidad de oxígeno versus temperatura para anfíbol. Las barras de error indican los errores entregados por PTR10 para la fugacidad de oxígeno y temperatura. Las curvas de NNO y NNO+2 son las propuestas por O'Neill & Pownceby (1993).

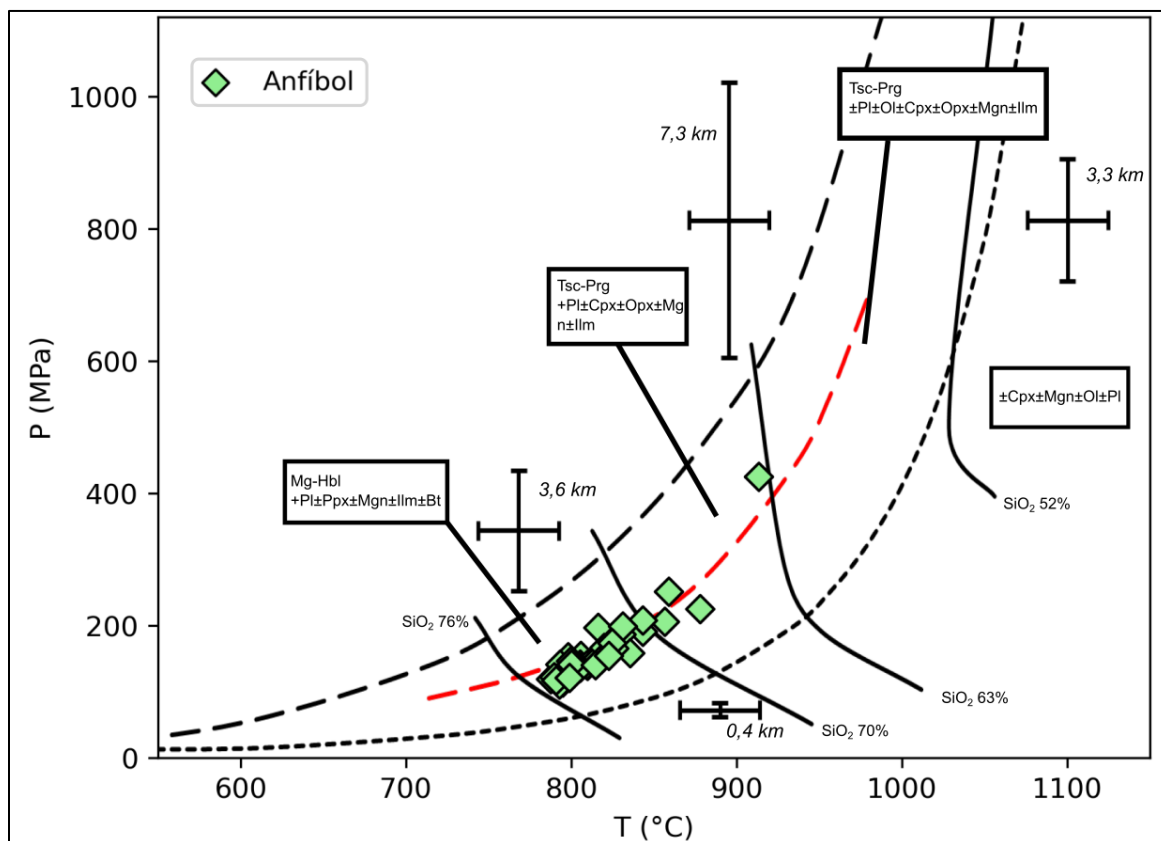


Figura 4.15: Diagrama de presión versus temperatura para anfíbol. Basado en el modelo experimental de Ridolfi *et al.* (2010). Muestra el error máximo de profundidad utilizando una densidad de $2,7 \text{ g/cm}^3$. Se muestran campos de estabilidad de fases minerales como biotita (Bt), plagioclasa (Pl), Ortopiroxeno (Opx), clinopiroxeno (Cpx), magnetita (Mgn), ilmenita (Ilm), olivino (Ol), y anfíbol como magnesio-hornblenda (Mg-Hbl), tschermakita (Tsc) y pargasita (Prg), definidos en función del contenido de anhídrido de sílice (wt%) del fundido, indicado mediante cuatro isópletas. La línea segmentada roja marca la transición entre productos experimentales con distintos grados de cristalinidad. Las líneas segmentadas negras corresponden al margen inferior y superior del rango de error relativo estimado para presión, asociado a la curva de mínima y máxima estabilidad térmica respectivamente.

4.5.2 Termobarometría por plagioclasa-líquido

Inicialmente se utilizaron 23 pares plagioclasa-líquido (incluyendo inclusiones vítreas y vidrio de la masa fundamental), seleccionados a partir de la ubicación de la plagioclasa en relación con el líquido correspondiente. Posteriormente, se realizó el primer filtro utilizando la prueba de equilibrio propuesta por Putirka (2008), cuyo objetivo es verificar si los pares seleccionados se encontraban en equilibrio en el momento de la cristalización. No obstante, los resultados indicaron que sólo 4 pares presentaban las condiciones necesarias para realizar los cálculos termobarométricos confiables.

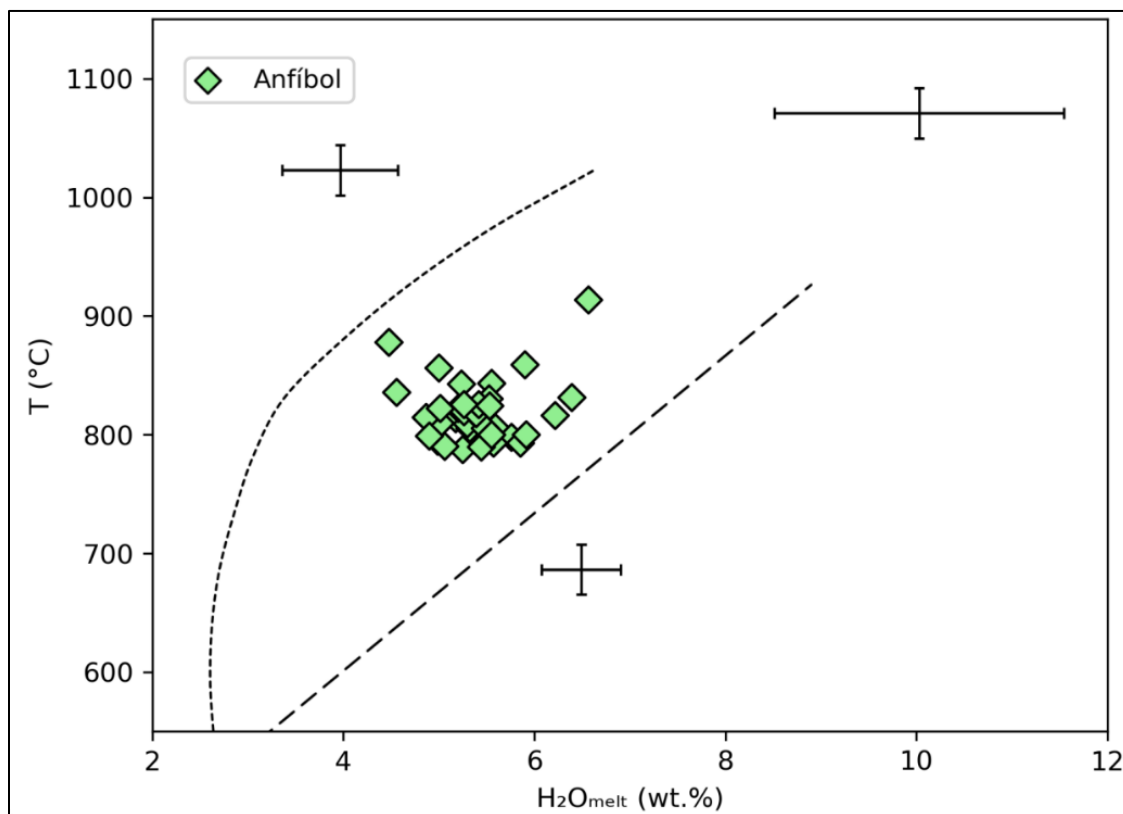


Figura 4.15: Diagrama de temperatura versus contenido de agua en el fundido para anfíbol. Basado en diagrama de Ridolfi *et al.* (2010). Línea segmentada superior indica el límite máximo de estabilidad termal. Línea segmentada inferior corresponde al límite inferior para la fase cristalina de anfíbol. Las barras de error corresponden al máximo error relativo para temperatura (15%) y a la desviación estándar de agua en el fundido según PTR10.

A partir de estos pares, se aplicaron las ecuaciones de TP08a y TP08b (Tabla 4.2), para estimar las temperaturas de cristalización. Los resultados (Tabla 4.4) de TP08a arrojan temperaturas que oscilan entre 830,3 y 837,1 °C, con un promedio de 832,8 °C. Para TP08b los resultados se encuentran entre 795,8 y 809,6 °C con un promedio de 800,9 °C. Finalmente, los resultados de la columna T(°C) sat. (Tabla 4.4) presentan valores entre 837,6 y 842,9 °C, con un promedio de 839,3 °C.

Cabe destacar que, dado que tanto TP08a como TP08b son sensibles a las condiciones de presión y contenido de agua en el fundido, se utilizó un valor promedio de 166 MPa para presión y el menor valor obtenido de H₂O en la termobarometría de anfíbol (4,42 wt%, Tabla 4.2).

Tabla 4.4: Resultados válidos de termobarometría plagioclasa-líquido. Basado en las ecuaciones de Putirka (2008). La columna T (°C) sat. Indica la temperatura de cristalización de plagioclasa cuando el magma se satura en esta fase.

Par plagioclasa-líquido			
Ecuación	TP08a	T(°C) sat.	TP08b
Promedio (n = 4)	832,84	839,34	800,85
Valor Mínimo	830,28	837,56	795,80
Valor Máximo	837,06	842,90	809,60

5 DISCUSIÓN

5.1 Productos volcánicos asociados al Domo Chillahuita

Las rocas del Domo Chillahuita (~69 wt% SiO₂; de Silva *et al.*, 1994; Tierney 2011) presentan una textura porfídica hipocristalina localmente glomeroporfídica, con una alta proporción de fenocristales (~47% vol.), principalmente de plagioclasa (andesina a labradorita), biotita, anfíbol (magnesio-hornblenda), cuarzo y en menor proporción piroxeno. También se identifican glomerocristales formados por ensamblajes de plagioclasa, anfíbol y piroxeno, visible en distintas secciones de los cortes transparentes (Figura 4.2A y 4.2B). Las similitudes texturales y composicionales (Figura 4.1 y 4.2) en la mayoría de las muestras reflejan que el emplazamiento del Domo Chillahuita ocurrió probablemente en un solo evento extrusivo, de acuerdo con la propuesta de Tierney (2011). Asimismo, la presencia de zonaciones en plagioclasa (Figura 4.1C y 4.1D), coronas de reacción en piroxeno (Figura 4.2A y 4.2B) y cristales de anfíbol parcialmente reabsorbidos (Figura 4.4B) reflejan múltiples eventos de desequilibrio previos a la erupción. Además, se observa la presencia un enclave máfico con fenocristales (Figura 4.3A y 4.3B) que presenta similitudes texturales con los cristales del resto de la roca. De igual forma, se identifican glomerocristales dentro del enclave, comparables a los observados en los cortes transparentes de la dacita (Figura 4.3C y 4.3D).

Texturas de desequilibrio

En los cristales de plagioclasa, los núcleos más cálcicos, con zonaciones más potásicas y bordes cálcicos (Figura 4.7), indican una cristalización inicial en condiciones menos diferenciadas un posterior reequilibrio en condiciones más evolucionadas, y finalmente un tercer episodio de reequilibrio provocado por el ingreso de un magma menos diferenciado. Este tipo de zonación ha sido documentada en otros domos del APVC, como Cerro Chao (Hernández Prat *et al.*, 2025), donde se observaron fenocristales con zonaciones oscilatorias de An₄₆₋₃₄ y un fenocristal con núcleo de labradorita (An₅₁), zonación de andesina (An₄₀₋₄₆)-labradorita (An₅₀₋₅₉) y un borde de An₄₆. Para el caso del Domo Chillahuita, los perfiles intracristalinos de An (%), suelen presentar zonaciones oscilatorias, con núcleos de An₄₀₋₄₈, zonaciones de An₃₈₋₄₃ y bordes de An₄₉₋₅₅ (Figura 5.1B1 y 5.1B2). Además, existe un perfil

intracristalino de plagioclasa con zonaciones de An₄₀₋₅₀ (Figura 5.1A1) y un cristal que presenta un núcleo de An₄₂₋₄₈, una zonación de An₄₈₋₅₂, seguido de An₄₀₋₄₅ y bordes de An₅₅ (Figura 5.1C1). Asimismo, en el Domo La Torta, Hernández Prat *et al.* (2023) describen zonaciones concéntricas oscilatorias, lo que refuerza la hipótesis de que estas zonaciones son una característica común en domos síliceos recientes dentro del APVC.

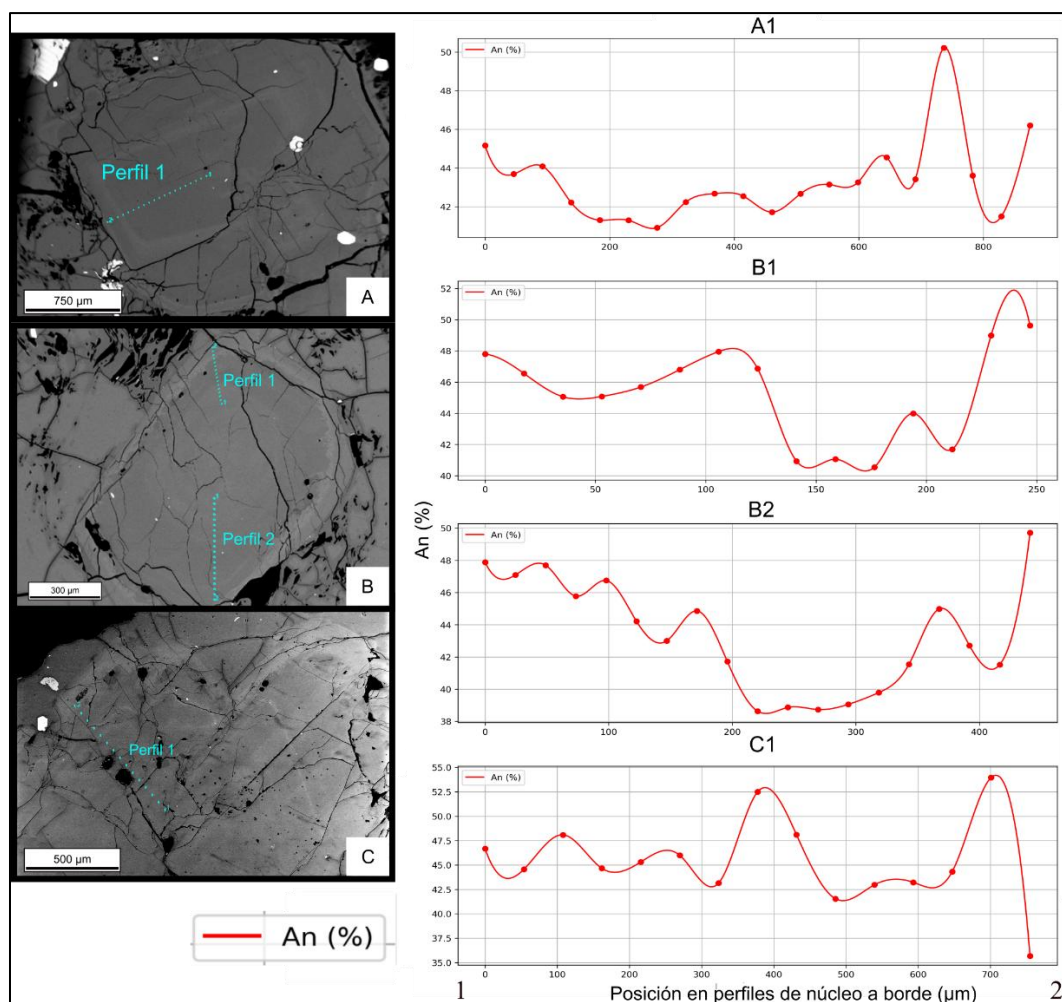


Figura 5.1: Perfiles intracrystalinos de plagioclasa (An%) de la dacita. (A) Cristal P12 del corte Chill_1. (A1) Perfil intracrystalino 1 Chill_1_P12. (B) Cristal P14 del corte Chill_1. (B1) Perfil intracrystalino 1 Chill_1_P14. (B2) Perfil intracrystalino 2 Chill_1_P14. (C) Cristal P11 del corte Chill_Encl_1. (C1) Perfil intracrystalino 1 Chill_Encl_1_P11.

En cristales de piroxeno, se observa un reemplazo parcial de este a través de la presencia de coronas de anfíbol (Figura 4.2A y 4.2B) sugiriendo la interacción de un magma hidratado con el piroxeno formando una fase mineral más estable (anfíbol), no tan sólo en los bordes

de los cristales de piroxeno, sino también dentro de toda la roca como una fase mineral aparte. Este tipo de reacción ha sido descrita en Hernández Prat *et al.* (2025), donde los cristales de piroxeno presentes en el Domo Chao presentan coronas de magnesio-hornblenda, indicando un reemplazo mineral asociado a condiciones de hidratación del reservorio. Asimismo, seguido de estos disequilibrios, es posible observar una nueva etapa en los cristales de anfíbol, ya que estos se encuentran parcial o totalmente reabsorbidos, con posterior aparición de biotita, tanto en cristales de anfíbol, como en las coronas de reacción sobre fenocristales de piroxeno, apuntando a un nuevo desequilibrio y, posiblemente asociado al ascenso y descompresión del sistema. El proceso de reequilibrio de estas fases minerales ha sido documentado por Hernández Prat *et al.* (2023) en el Domo La Torta, quienes indican que la biotita puede cristalizar en equilibrio con el anfíbol o también como producto de recristalización de esta fase, tanto en los fenocristales de anfíbol que forman coronas de reacción en piroxeno o como fenocristales aparte.

Las texturas de desequilibrio reconocidas tanto en plagioclasa como en piroxeno reflejan perturbaciones en las condiciones de estabilidad del reservorio magmático, asociadas a procesos como recarga, mezcla o cambios en presiones y temperaturas, que desequilibran el sistema, favoreciendo reabsorción de fases menos estables y cristalización de otras con más estables. Este comportamiento ha sido evidenciado en sistemas riolíticos donde inclusiones vítreas y los fenocristales hospedantes de estas registran episodios de recalentamiento y descompresión asociados a inyecciones magmáticas (e.g., Hernández Prat *et al.*, 2023).

Glomerocristales y su relación con las texturas de desequilibrio

La presencia de glomerocristales de plagioclasa, anfíbol, biotita, piroxeno y óxidos de Fe-Ti en la dacita sugieren que parte de los fenocristales se generaron en un *mush* cristalino, es decir, en una fase intermedia entre magmas y rocas parcialmente fundidas, donde los cristales dominan la estructura en presencia de un fundido silicatado interconectado (Annen *et al.*, 2015; Sparks *et al.*, 2019). Este tipo de aglomeraciones minerales han sido interpretadas como porciones extraídas de las zonas cristalinas más distales de dicho *mush*, que fueron posteriormente atrapadas en el fundido (Ellis *et al.*, 2014). Esto apoya la hipótesis de que existe un *mush* cristalino a ciertas profundidades que habría alimentado el sistema, y que con

la interacción de posteriores inyecciones máficas a mayores profundidades habría promovido los reequilibrios minerales, la mezcla de magmas y posterior ascenso hacia la superficie. Además, algunos de los cristales presentes en la dacita pueden clasificarse como antecristales, es decir, cristales formados en etapas previas del sistema, los cuales fueron reciclados durante nuevas fases de actividad, como plantea Ubide *et al.* (2014). En el caso del Domo Chillahuita, las fases minerales que podrían cumplir los requisitos para ser clasificados como antecristales serían los cristales de piroxeno con coronas de reacción. Dichos cristales muestran texturas y composiciones que no estuvieron en equilibrio con el sistema y registran múltiples episodios de reequilibrio, evidenciando que fueron formados en condiciones diferentes a las de la composición dacítica final del domo.

5.2 Relación de los enclaves y el *mush*

La muestra de enclave descrita, Chill_3, presenta diferencias texturales con respecto a la dacita. Destaca una matriz vítrea oscura, rica en microlitos finos (menor a 0,1 mm), orientados con textura traquítica alrededor de los fenocristales de plagioclasa, anfíbol y biotita. No obstante, esta muestra presenta una textura porfídica a glomeroporfídica similar, presentando fenocristales de plagioclasa, anfíbol, biotita, cuarzo y piroxeno, parecidos a los de la roca huésped.

Esta similitud sugiere la incorporación de antecristales (piroxenos) y plagioclasa, que conformaron el *mush* inicial, junto con fases minerales tardías (aquellas cristalizadas durante la residencia del magma en el reservorio), a través de procesos de *mingling*, es decir, una dispersión física de magmas diferentes sin intercambios químicos entre ellos (Xia *et al.*, 2025). Este fenómeno ocurre cuando magmas de diferentes composiciones presentan contrastes de temperatura, presión y contenido de volátiles, resultando en mezclas parciales del fundido huésped con porciones de las inyecciones máficas. Así, la inmiscibilidad en procesos de *mingling* favorece la preservación de porciones de magma máfico (enclaves), al interior del reservorio.

Estos enclaves, también reconocidos por Tierney (2011) en el Domo Chillahuita, presentan matriz microcristalina vesiculada, textura traquítica y fenocristales heredados del magma

huésped; han sido descritos en múltiples domos de edades similares a las del Domo Chillahuita (<200 ka) en el área, Chanka, Chac Inca y Cerro Pabellón (Taussi *et al.*, 2019). Estos enclaves fueron definidos como tipo A, según la clasificación de Taussi *et al.* (2019), caracterizados por presentar texturas muy finas con microfenocristales aciculares, texturas de flujo, una composición química alta en sílice (~61 wt% SiO₂) y presencia de fenocristales provenientes de la roca hospedante (Taussi *et al.*, 2019). Por lo tanto, el enclave descrito en el Domo Chillahuita cumple las condiciones previamente descritas, debido a que presentan una matriz vítrea microcristalina, y fases minerales similares a las presentes dentro del resto de las rocas del domo.

Estas evidencias texturales y mineralógicas indican que el sistema magmático operó en condiciones de desequilibrio composicional, a partir de la interacción de un reservorio somero diferenciado y magmas más máficos que ascendieron para interactuar con este sistema.

5.3 Condiciones de cristalización de plagioclasa y anfíbol

Las condiciones de cristalización de las fases analizadas por microsonda electrónica fueron obtenidas mediante análisis de inclusiones vítreas, termobarometría de anfíbol y pares plagioclasa-líquido.

Los cristales de anfíbol, principalmente magnesio-hornblenda y una pargasita, cristalizaron en un rango de temperaturas entre 787 °C y 878 °C, y a presiones entre 111 y 225 MPa. Estas condiciones de presiones y temperaturas corresponden a profundidades de cristalización estimadas en el rango de 4,7 y 9,8 km, a partir del modelo de Prezzi *et al.* (2009) ajustado al orógeno andino con una densidad cortical de 2,7 g/cm³. En estas condiciones, el contenido de agua disuelta en el fundido se estima entre 4,4 y 6,6 wt%. En particular, existe un cristal de anfíbol presente en un glomerocristal, el cuál reveló condiciones pre-eruptivas contrastantes con respecto al resto de los fenocristales. Este presenta temperaturas y presiones de cristalización de 913,5 °C y 425,5 MPa respectivamente, equivalentes a aproximadamente 15,8 km de profundidad. Dado que este valor se aleja significativamente de la desviación estándar esperada, no se considera representativo para la evolución del sistema. Por otro lado,

los cristales de anfíbol muestran una distribución bimodal del número magnesiano (Figura 4.12 y 4.13), lo que sugiere la existencia de dos poblaciones composicionales. Sin embargo, no se observan evidencias texturales ni diferencias composicionales claras (excepto #Mg) que permitan distinguir estos grupos en términos petrográficos. A partir de esto, los cristales de anfíbol con valores más altos de #Mg se interpretan como una evidencia de recargas de magmas máficos en el reservorio.

Los cristales de plagioclasa, clasificados como andesina y labradorita, presentan zonaciones complejas, con núcleos cálcicos, un aumento gradual de K hacia el borde, y bordes cálcicos con inclusiones vítreas de composición riolítica. Las temperaturas estimadas para la cristalización de plagioclasa, basadas en los modelos TP08a y TP08b para pares plagioclasa-líquido, varían entre 795 y 843 °C. A presiones estimadas de 166 MPa, a partir del promedio de presiones de cristalización de anfíbol en el mismo sistema. Estos valores son consistentes con los obtenidos en otras estructuras volcánicas en la zona. Por ejemplo, Hernández Prat *et al.* (2023) obtienen resultados termobarométricos para el Domo La Torta, donde el emplazamiento del reservorio que generó esta estructura se encuentra entre 3,9 y 7,6 km de profundidad, con contenidos de H₂O de 5.4 wt% y temperaturas calculadas de 772 a 862°C para anfíbol. Asimismo, Hernández Prat *et al.* (2025) realizan la termobarometría de fases minerales en el Domo Chao, obteniendo profundidades de cristalización de fenocristales de plagioclasa, magnesio-hornblenda, biotita y cuarzo entre 3,9 y 6,5 km. Asimismo, se estimaron profundidades de 7,6 a 14,4 km vinculadas a una recarga máfica que habría actuado como fuente de calor para removilizar el *mush* y generado glomerocristales.

5.4 Modelo petrogenético

El Domo Chillahuita se encuentra al oeste del Volcán Toconce y al este del Volcán Linzor (Figura 2.2), los cuales se encuentran emplazados en la zona sur de la Cadena Volcánica San Pedro-Linzor. Además, el Domo Chillahuita se encuentra dentro de la proyección superficial del APMB, el cual contiene un volumen estimado de 500.00 km³, a profundidad de ~10 a 20 km y se encuentra parcialmente fundido (10-25% vol.; Ward *et al.*, 2014). Flores Gutiérrez (2022) describe al Volcán Toconce como un estratovolcán de edad pleistocena, petrogenéticamente influenciado por la presencia del APMB. Composicionalmente, lo

caracteriza como predominantemente dacítico, aunque también reporta muestras que se extienden a campos andesíticos y riolíticos, con composiciones subalcalinas de alto K. De acuerdo con las dataciones de Godoy *et al.* (2017) la última erupción del Volcán Toconce ocurre aproximadamente hace 0,89 millones de años, lo que implica un lapso de al menos 780 mil años de diferencia con respecto a la erupción del Domo Chillahuita, cuya edad ha sido determinada en $0,1078 \pm 0,0064$ Ma (Tierney, 2011). Por lo que, a pesar de estar espacialmente asociados, no habría una relación temporal. Así también, Godoy *et al.* (2014) describe al Volcán Linzor como un estratovolcán de edad pleistocena caracterizado principalmente por lavas andesíticas ubicadas en campos calcoalcalinos de alto K.

A partir de los datos de geoquímica, termobarometría y petrografía de las muestras del Domo Chillahuita, se propone un modelo petrogenético con la finalidad de explicar los procesos evolutivos que gatillaron la erupción de esta estructura.

5.4.1 Procesos pre-eruptivos

Los procesos pre-eruptivos del Domo Chillahuita pueden ser divididos en cuatro etapas principales:

i) Ascenso de un primer pulso de magma máfico hidratado, el cual habría asimilado parte de la roca de caja y cristalizando piroxeno a altas presiones. A pesar de que los cristales de piroxeno no fueron analizados, la presencia de texturas de reequilibrio en esta fase mineral sugiere un origen temprano en el sistema pre-eruptivo del domo. Asimismo, González-Maurel (2020) reporta profundidades de cristalización para esta fase en La Poruña y Palpana, a través de cálculos termobarométricos, de 13 a 19 km, lo cual traslapa espacialmente con el APMB. En este contexto, es posible interpretar que los cristales de piroxeno presentes en el Domo Chillahuita podrían haber sido arrastrados desde profundidades similares a las calculadas por González-Maurel (2020) hacia niveles superiores de la corteza posiblemente desde el APMB.

ii) Este magma se estancó entre ~4 y 9 km de profundidad, formando un *mush* cristalino de composición andesítico-dacítico, compuesto por plagioclasa de composición intermedia

(andesina a labradorita) y piroxeno (Figura 5.2C y 5.2D). El ascenso y emplazamiento de este *mush* habría ocurrido en forma de un cuerpo diapírico, movilizado desde la corteza inferior, posiblemente respondiendo a cambios en gradientes geotérmicos y diferencias de densidad. Esto es consistente con lo descrito por Hernández Prat *et al.* (2023) quienes sugieren que un *mush* parental de composición andesítica, alojado en la corteza superior, fue reactivado por aportes máficos profundos, constituyendo la fuente principal del fundido riolítico que generó el Domo La Torta.

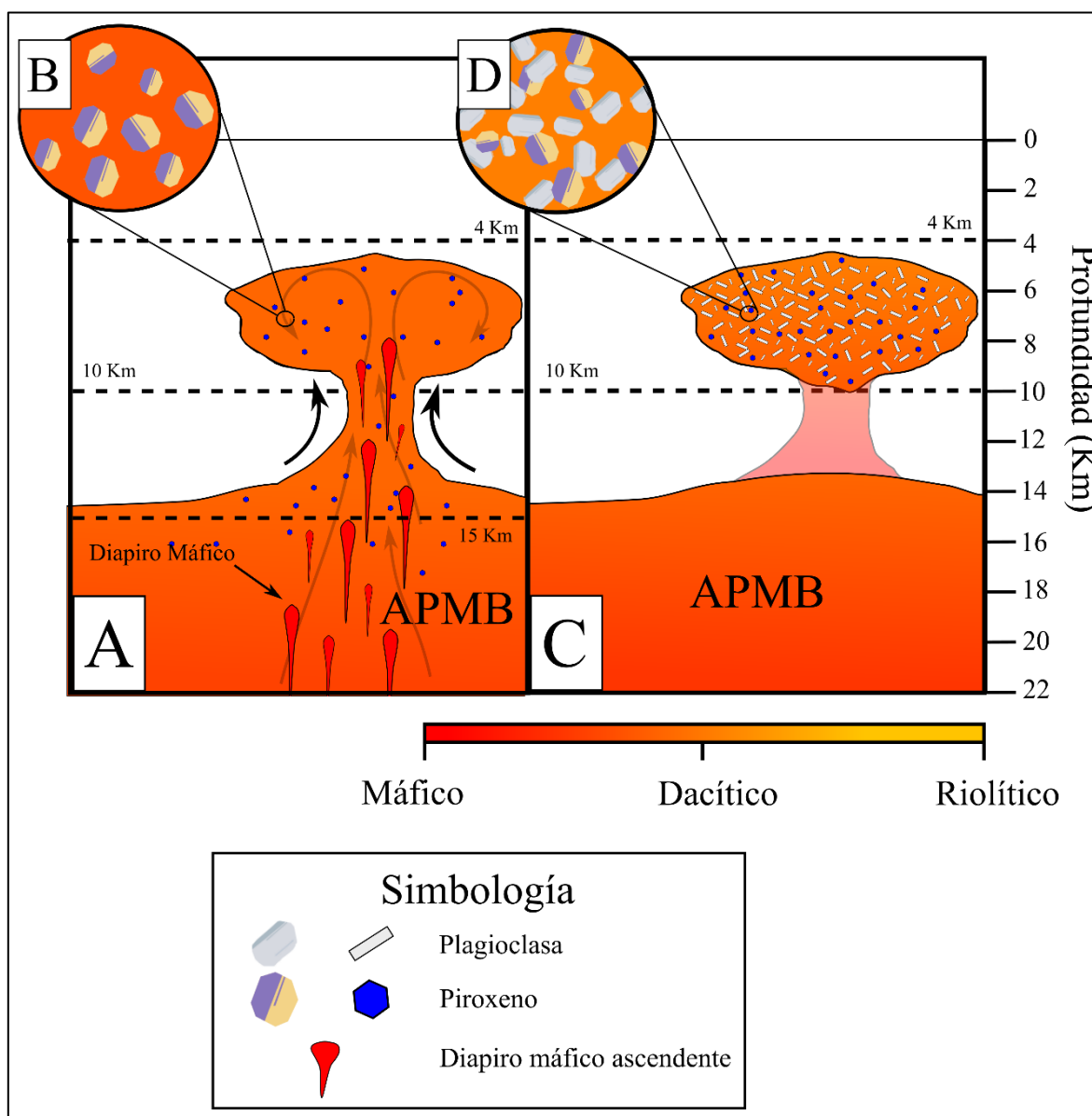


Figura 5.2: Modelo petrogenético etapas pre-eruptivas 1 y 2. (A) Etapa 1. (B) Vista aumentada etapa 1. (C) Etapa 2. (D) Vista aumentada etapa 2.

iii) Posteriormente, una segunda inyección máfica, posiblemente en forma de diapiro, y originado en niveles profundos de la corteza facilitados por la configuración del APMB, provocó una reactivación térmica del sistema, enriqueciendo el fundido en volátiles (~5,6 H₂O %), elevando la temperatura del *mush* y provocando una fusión parcial de la matriz cristalina. Como resultado, se originaron porciones de fundido riolítico poco cristalino dentro del reservorio, además de promover el desequilibrio en los cristales de piroxeno expresado en la aparición de anfíbol a lo largo del reservorio (Figura 5.3A y 5.3B).

Un proceso similar fue evidenciado por Ellis *et al.* (2014) en ignimbritas del Snake River Plain (EE. UU.), donde la reactivación térmica a través de inyecciones máficas gatilló la removilización de fragmentos del *mush*, resultando en la disolución de fases minerales y la posterior formación de volúmenes de fundido riolítico intersticial en el *mush* cristalino. Asimismo, Hernández Prat *et al.* (2023) documentaron reciclaje mineral en el Domo La Torta (perteneciente al APVC), donde la cristalización de anfíbol como resultado de un desequilibrio en cristales de piroxeno y enriquecimiento de agua en el fundido, serían evidencias de una reactivación térmica a partir del ascenso de magmas máficos desde el APMB.

Al mismo tiempo, los cristales de plagioclasa desarrollaron zonaciones de composición más diferenciada, probablemente a partir de este fundido, visible en los aumentos de K₂O en los perfiles intracristalinos de plagioclasa (Figura 4.7 y 5.1)

iv) Durante un período de cese de inyecciones máficas, el reservorio magmático se mantuvo parcialmente a temperaturas suficientemente elevadas, que favorecieron el aumento de las porciones de fundido riolítico (Figura 5.3C y 5.3D). El aumento progresivo del fundido al interior del reservorio promovió la incorporación de secciones del *mush* cristalino adyacente, englobándolo y adicionándolo dentro del fundido más diferenciado. Manifestado texturalmente por la presencia de glomero-cristales, los cuales fueron formados en etapas previas y fueron arrastrados hacia el fundido en expansión. Esta interpretación resulta coherente con Godoy *et al.* (2019), quienes proponen que, tras un período de ~1 millón de años, el APMB entró en una etapa estacionaria, en la que disminuyó la cantidad de pulsos

magmáticos provenientes del manto, aun así, suficientemente activa como para generar estructuras volcánicas andesíticas a dacíticas en la Cordillera de los Andes. Considerando lo anterior, la evolución del sistema que formó el Domo Chillahuita, que tuvo lugar mucho después (< 110 ka), podría haber experimentado períodos de estabilidad térmica entre las inyecciones máficas, favoreciendo la acumulación de fundido riolítico

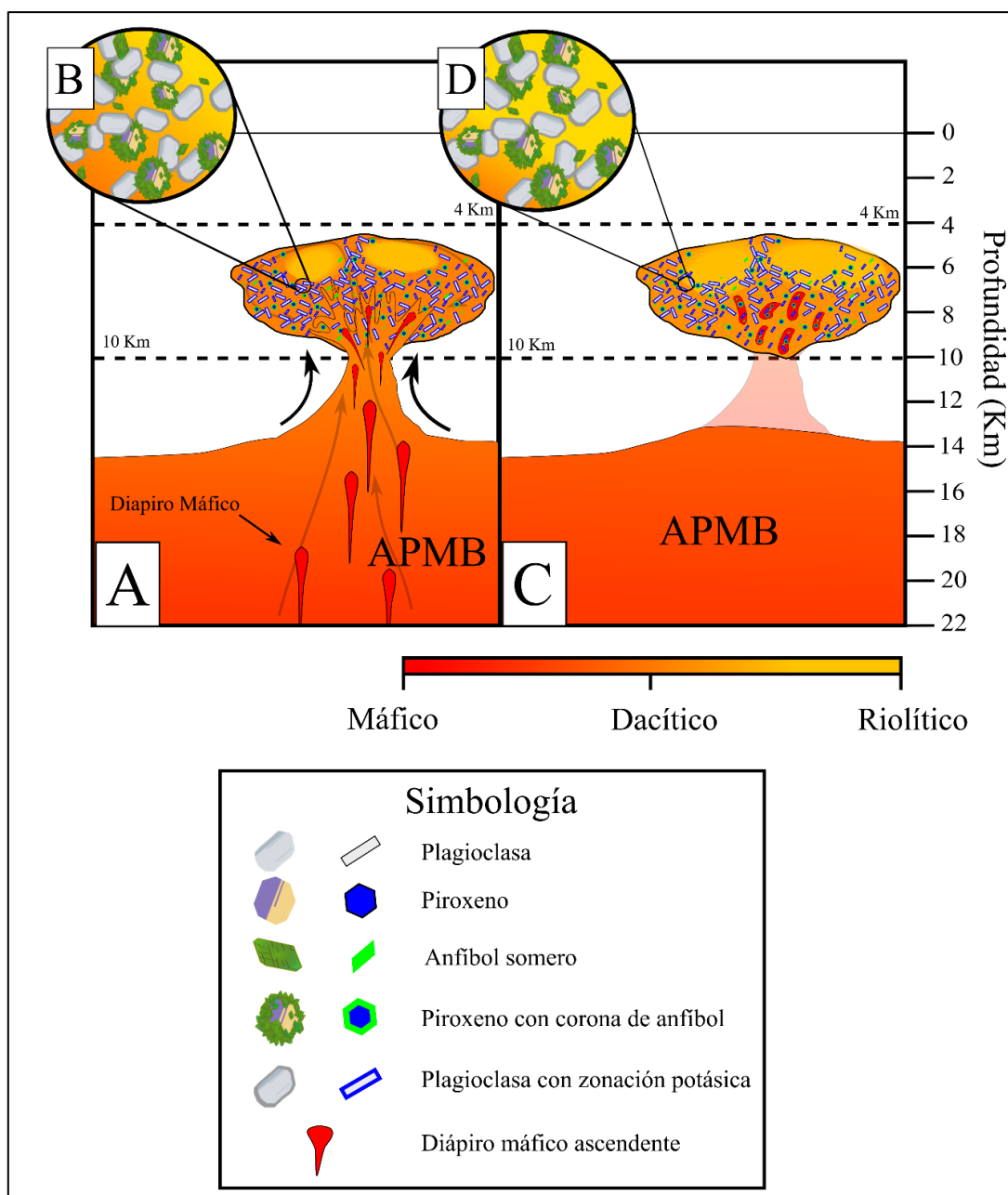


Figura 5.3: Modelo petrogenético etapas pre-eruptivas 3 y 4. (A) Etapa 3. (B) Vista aumentada etapa 3. (C) Etapa 4. (D) Vista aumentada etapa 4.

5.4.2 Etapa eruptiva

Un tercer pulso proveniente del APMB habría provocado una nueva reactivación del sistema (Figura 5.4). Este evento generó el desarrollo de zonaciones cálcicas en los cristales de plagioclasa, junto con la adición de inclusiones vítreas de composición riolítica orientadas según dicha zonación (Figura 4.1D). La nueva adición máfica también produjo un aumento en el contenido de volátiles en la zona del *mush*, generando así un incremento del fundido riolítico dentro del sistema.

Finalmente, el sistema habría alcanzado condiciones ideales de presión y acumulación de volátiles, promoviendo así el ascenso hacia la superficie. Este proceso estuvo acompañado de una descompresión progresiva, favoreciendo la cristalización de fases tardías como el cuarzo y la biotita. En un sistema con recargas máficas espaciadas en el tiempo, como se interpreta para las etapas tardías del APVC (Godoy *et al.*, 2019), esta descompresión habría facilitado además la exsolución de volátiles desde el fundido, permitiendo el ascenso del magma.

Debido a que los cristales de anfíbol presentan inclusiones vítreas de composición riolítica, esta fase cristalina se habría formado antes o de manera contemporánea al crecimiento de bordes cálcicos, es decir, durante los episodios de reactivación que movilizaron el fundido riolítico. No obstante, las inclusiones vítreas en anfíbol se encuentran distribuidas en todo el cristal, por lo que es posible hipotetizar que su crecimiento comenzó cuando el fundido riolítico ya estaba presente de manera extendida en el *mush*. Estos cristales fueron parcial o totalmente reabsorbidos para generar fases minerales más diferenciadas como la biotita.

Finalmente, aunque no sea posible determinar con certeza la temporalidad de los enclaves, estos se pueden interpretar como el registro de procesos de *mingling* por inmiscibilidad de magmas entre el *mush* y las inyecciones máficas (Figura 5.4C). Estos procesos fueron probablemente contemporáneos con los eventos que generaron la fusión parcial y reactivación térmica del *mush*. La propuesta de aportes máficos en forma de diapiros hacia el reservorio somero puede interpretarse en el contexto de un ascenso magmático desde niveles profundos y en dirección a la corteza inferior, utilizando el APMB como un

catalizador de estas inyecciones máficas. De acuerdo con Godoy *et al.* (2014), la cadena volcánica San Pedro-Linzor presenta una corteza inferior máfica relativamente delgada, lo cual se encuentra directamente relacionado con un régimen extensional presente en la zona desde el Mioceno tardío. En este contexto, es posible asociar el ascenso más rápido de magmas máficos desde el manto o corteza profunda hacia zonas someras de la corteza donde se emplazaría el reservorio que da origen al Domo Chillahuita.

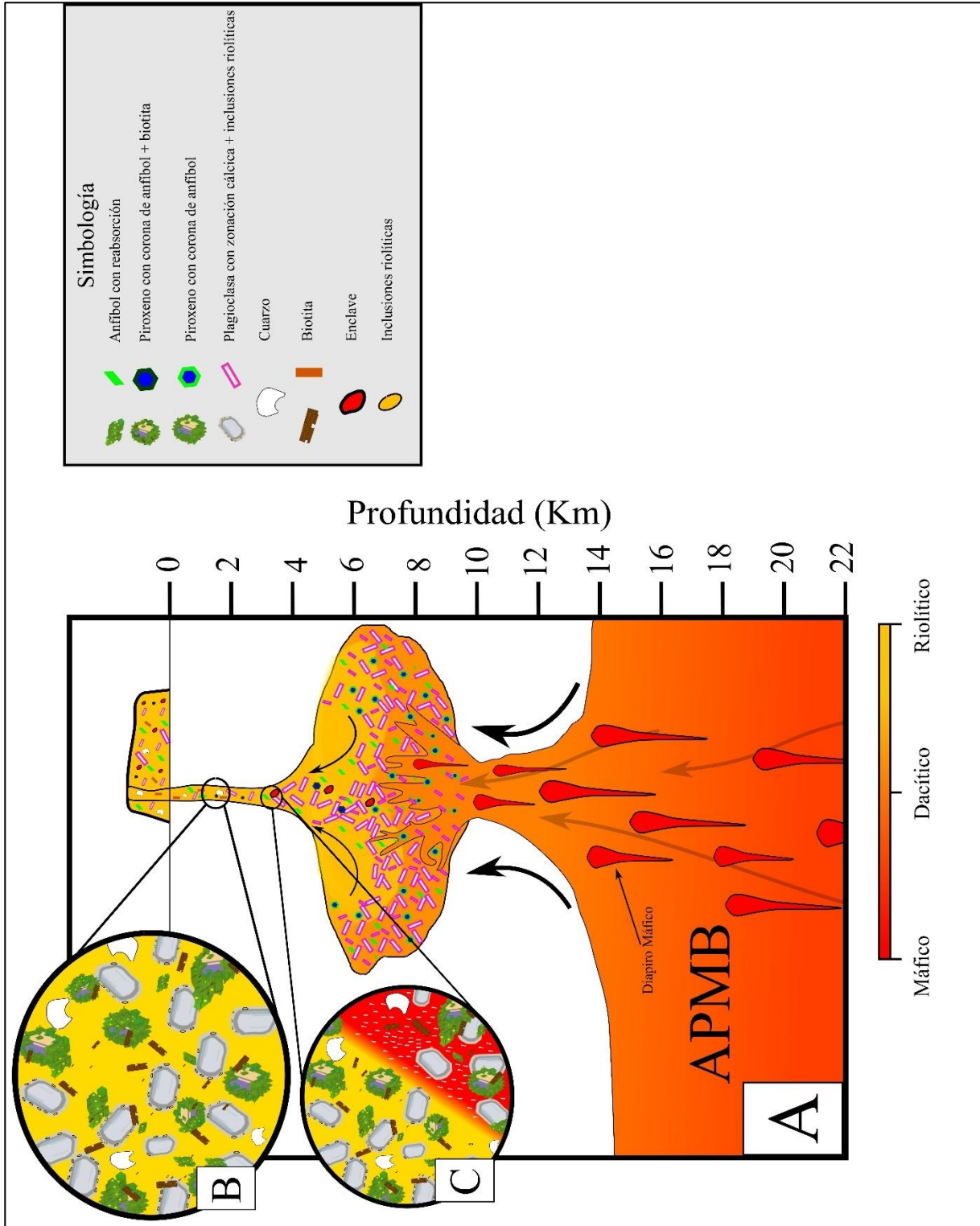


Figura 5.4: Modelo petrogenético etapa eruptiva. (A) Etapa eruptiva del Domo Chillahuita. (B) Fenocristales y masa fundamental de la dacita en ascenso. (C) Contacto entre dacita y enclave.

6 CONCLUSIÓN

El Domo Chillahuita presenta una historia compleja previo a su erupción, caracterizada por la presencia de múltiples eventos de inyecciones máficas, mezcla de magmas, *mingling*, adición de enclaves y reequilibrios minerales.

Las similitudes geoquímicas entre las diferentes muestras permitieron comprender que el Domo Chillahuita fue formado a partir de una única extrusión de magma dacítico, compuesto por un fundido riolítico, un *mush* cristalino intermedio y fases cristalinas tardías formadas a partir del reequilibrio de fases presentes en este mismo *mush*.

A partir de los resultados termobarométricos se interpreta la presencia de un reservorio a niveles someros en la corteza superior, el cual tuvo un origen a partir de una primera intrusión magmática. Durante esta fase pre-eruptiva temprana, el reservorio por sí solo no tenía la capacidad de ascender a superficie, y, como consecuencia, comenzó a enfriarse, aumentando la tasa de cristalización de plagioclasa. En etapas pre-eruptivas más tardías, el sistema recibió aportes magmáticos profundos expresados a través de inyecciones máficas, las cuales habrían reactivado el sistema, produciendo un calentamiento de este y cambiando composición del reservorio, expresado en la cristalización de anfíbol y la aparición de texturas de desequilibrio visibles en gran parte de las fases minerales que se habrían formado tempranamente. En la etapa eruptiva, un último pulso magmático profundo habría provocado la desgasificación del sistema, alcanzando condiciones críticas de presión y temperatura, así, provocando el ascenso del fundido acumulado y diferenciado. Esto respaldaría la hipótesis de que el APMB jugó un rol crucial como catalizador de intrusiones máficas. Asimismo, dichos pulsos habrían gatillado eventos de recarga, reactivación térmica y la eventual erupción del Domo Chillahuita.

El análisis de inclusiones vítreas juega un rol fundamental en la comprensión de los procesos que generaron el Domo Chillahuita, debido a que estas nos entregan fragmentos de la historia del domo, a través de las composiciones que tuvo el reservorio parental en algún punto de su evolución. Específicamente en las etapas más tardías de este, debido a las inclusiones vítreas

de composiciones riolíticas observables en anfíbol, bordes de plagioclasa y en el vidrio de la masa fundamental. Asimismo, es importante destacar el rol de la plagioclasa como un trazador de cambios composicionales en el magma, debido a que esta fase mineral estuvo presente a partir de la cristalización del *mush* y a lo largo de todas las fases posteriores, hasta su extrusión, expresado en las zonaciones presentes en esta, las cuales detallan claramente los cambios composicionales presentes en el sistema.

Finalmente, la caracterización del sistema magmático del Domo Chillahuita no sólo ofrece una reconstrucción detallada de su evolución, sino que también representa un modelo aplicable a otras estructuras volcánicas de similar edad y ensamblaje de la provincia.

En estudios futuros, el análisis de elementos traza y de otras fases minerales como la biotita o el cuarzo, podrían complementar la caracterización del domo, permitiendo generar un modelo aún más detallado y completo de la evolución magmática del Domo Chillahuita. De la misma manera, sería pertinente estudiar la geoquímica de los enclaves presentes en el domo y de las inclusiones vítreas en sus fases minerales, ya que estos podrían entregar información importante sobre la temporalidad de las inyecciones máficas que gatillaron la erupción y su interacción con el reservorio.

7 REFERENCIAS

- Álvarez, P., Tunik, M., Giambiagi, L., & Rodríguez S., C. (2023). Geología de las áreas Cupo-Toconce y Cerros de Tocorpuri, región de Antofagasta. SERNAGEOMIN. Carta N°215-216. Escala 1:100.000, 225 pp. Santiago. <https://repositorio.sernageomin.cl/handle/0104/25987>
- Annen, C., Blundy, J. D., Leuthold, J., & Sparks, R. S. J. (2015). Construction and evolution of igneous bodies: Towards an integrated perspective of crustal magmatism. *Lithos*, 230, 206-221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lithos.2015.05.008>
- Boijseauneau-López, M. E., Sosa-Ceballos, G., Farfán, G. A., Macías, J. L., & Andrews, B. J. (2023). Ultra-crystalline pyroclastic deposits and rhyolitic lavas controlled by crystal mushes: insights from the Acochilco Caldera Complex, México. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 178(9), 63. <https://doi.org/10.1007/s00410-023-02043-7>
- Cannatelli, C., Doherty, A. L., Esposito, R., Lima, A., & De Vivo, B. (2016). Understanding a volcano through a droplet: A melt inclusion approach. *Journal of Geochemical Exploration*, 171, 4-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2015.10.003>
- de Silva, S. L. (1989). Altiplano-Puna volcanic complex of the central Andes. *Geology*, 17(12), 1102-1106. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<1102:Apvcot>2.3.Co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<1102:Apvcot>2.3.Co;2)
- de Silva, S. L., Self, S., Francis, P., Drake, R., & Ramirez, C. (1994). Effusive silicic volcanism in the Central Andes: The Chao dacite and other young lavas of the Altiplano-Puna Volcanic Complex. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 99. <https://doi.org/10.1029/94JB00652>
- Ellis, B., Bachmann, O., & Wolff, J. (2014). Cumulate fragments in silicic ignimbrites: The case of the Snake River Plain. *Geology*, 42, 431-434. <https://doi.org/10.1130/G35399.1>
- Ewart, A. (1982). The Mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks ; with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. En R. S. Thorpe (Ed.), *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*, (pp. 26–87). <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCALGEODEBRGM8320451983>
- Flores Gutiérrez, L. A. (2022). Estimación de las condiciones pre-eruptivas del Volcán Toconce y su importancia en la evolución del sistema volcánico. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología, 121 pp. Santiago.

- Godoy, B., & Kojima, S. (2013). Structural control on magmatic evolution of San Pedro - Linzor volcanic chain, Central Andes, northern Chile. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*
- Godoy, B., Wörner, G., Kojima, S., Aguilera, F., Simon, K., & Hartmann, G. (2014). Low-pressure evolution of arc magmas in thickened crust: The San Pedro–Linzor volcanic chain, Central Andes, Northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 52, 24-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.02.004>
- Godoy, B., Wörner, G., Le Roux, P., Parada, M., Kojima, S., González Maurel, O., Morata, D., Polanco Valenzuela, E., & Martinez, P. (2017). Sr- and Nd- isotope variations along the Pleistocene San Pedro – Linzor volcanic chain, N. Chile: Tracking the influence of the upper crustal Altiplano-Puna Magma Body. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.030>
- Godoy, B., Taussi, M., González-Maurel, O., Renzulli, A., Hernández-Prat, L., le Roux, P., Morata, D., & Menzies, A. (2019). Linking the mafic volcanism with the magmatic stages during the last 1 Ma in the main volcanic arc of the Altiplano-Puna Volcanic Complex (Central Andes). *Journal of South American Earth Sciences*, 95, 102295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102295>
- González Maurel, O. (2020). Origin and evolution of parental magmas associated with Pliocene-Quaternary low-silica volcanism within the Altiplano-Puna Volcanic Complex of northern Chile. Thesis Presented for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Cape Town, Faculty of Science, Department of Geological Sciences, 223 pp. <http://hdl.handle.net/11427/32703>
- Guest, J. E. (1969). Upper Tertiary ignimbrites in the Andean Cordillera of part of the Antofagasta Province, Northern Chile. *Geological Society of America*, Bulletin 80: 337-362.
- Hernández Prat, L., Cannatelli, C., Godoy, B., Manosalva, D., Morata, D., & Buscher, J. (2023). Amphibole recycling and polybaric crystallization in rhyolitic lava domes from melt inclusion geochemistry at Cerro La Torta, Altiplano-Puna Volcanic Complex. *Journal of South American Earth Sciences*, 130, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104569>
- Hernández Prat, L., Godoy, B., Cannatelli, C., Astudillo Manosalva, D., Castruccio, A., Elardo, S. M., & Monteleone, B. (2025). The role of mafic input in highly evolved volcanism within the Altiplano-Puna Volcanic complex: A geochemical study of Cerro Chao. *Lithos*, 504-505, 108024. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lithos.2025.108024>
- Kent, A. J. R. (2008). Melt Inclusions in Basaltic and Related Volcanic Rocks. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 273-331. <https://doi.org/10.2138/rmg.2008.69.8>

- Lahsen, A. (1969). Geología del área comprendida entre el Tatio y los Cerros de Aiquina. Corporación de Fomento de la Producción, Comité Geotérmico. Santiago.
- Locock, A. (2014). An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. *Computers & Geosciences*, 62, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.09.011>
- Marnovic, N., & Lahsen, A. (1984). Hoja Calama, Región de Antofagasta. SERNAGEOMIN. Carta N° 58. Escala 1:250.000, 151 pp. Santiago. <https://repositorio.sernageomin.cl/handle/0104/18659>
- Martinez, P. (2014). Petrología y Geoquímica de Lavas Recientes, al Noroeste del Campo Geotermal del Tatio. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad de Chile, Departamento de Geología, 200 pp. Santiago.
- Muena, N., González Maurel, O., Godoy, B., Rodríguez, I., Geiger, H., Riquelme, S. (2023) Magma supply and storage at Paniri volcano, northern Chile. Geocongress, marzo. Los Angeles.
- Prezzi, C. B., Götze, H. J., & Schmidt, S. (2009). 3D density model of the Central Andes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 177, 217-234. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2009.09.004>
- Renzulli, A., Menna, M., & Tibaldi, A. F., S. (2006). New data of surface geology, petrology and Ar-Ar geochronology of the Altiplano-Puna volcanic complex (Northern Chile) in the framework of future geothermal exploration. Congreso Geológico Chileno No. 11, Antofagasta.
- Ridolfi, F. (2021). Amp-TB2: An Updated Model for Calcic Amphibole Thermobarometry. *Minerals*, 11, 324. <https://doi.org/10.3390/min11030324>
- Ridolfi, F., & Renzulli, A. (2012). Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1,130°C and 2.2 GPa. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163(5), 877-895. <https://doi.org/10.1007/s00410-011-0704-6>
- Ridolfi, F., Renzulli, A., & Puerini, M. (2010). Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160(1), 45-66.
- Roedder, E. (1979). Origin and significance of magmatic inclusions. *Bulletin de Minéralogie* 102(5-6), 487-510.

- Rose-Koga, E. F., Bouvier, A. S., Gaetani, G. A., Wallace, P. J., Allison, C. M., Andrys, J. A., Angeles de la Torre, C. A., Barth, A., Bodnar, R. J., Bracco Gartner, A. J. J., Butters, D., Castillejo, A., Chilson-Parks, B., Choudhary, B. R., Cluzel, N., Cole, M., Cottrell, E., Daly, A., Danyushevsky, L. V.,...Zhou, T. (2021). Silicate melt inclusions in the new millennium: A review of recommended practices for preparation, analysis, and data presentation. *Chemical Geology*, 570, 120145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120145>
- Ryan, J., Beck, S., Zandt, G., Wagner, L., Minaya, E., & Tavera, H. (2016). Central Andean crustal structure from receiver function analysis. *Tectonophysics*, 682, 120-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.04.048>
- Stern, C. R. (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista geológica de Chile*, 31, 161-206. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-02082004000200001&nrm=iso
- Sparks, R., Annen, C., Blundy, J., Cashman, K., Rust, A., & Jackson, M. (2019). Formation and dynamics of magma reservoirs. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 377. <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0019>
- Taussi, M., Godoy, B., Piscaglia, F., Morata, D., Agostini, S., Le Roux, P., González-Maurel, O., Gallmeyer, G., Menzies, A., & Renzulli, A. (2019). The upper crustal magma plumbing system of the Pleistocene Apacheta-Aguilucho Volcanic Complex area (Altiplano-Puna, northern Chile) as inferred from the erupted lavas and their enclaves. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 373. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.01.021>
- Tierney, C. R. (2011). Timescales of large silicic magma systems : implications from accessory minerals in Pleistocene lavas of the Altiplano-Puna Volcanic Complex, central Andes Universidad Estatal de Oregon: 178 pp.
- Ubide, T., Gale, C., Larrea, P., Arranz Yagüe, E., & Lago San José, M. (2014). Antecrysts and their effect on rock compositions: The Cretaceous lamprophyre suite in the Catalan Coastal Ranges (NE Spain). *Lithos*, 206-207, 214-233. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.07.029>
- Ward, K. M., Zandt, G., Beck, S. L., Christensen, D. H., & McFarlin, H. (2014). Seismic imaging of the magmatic underpinnings beneath the Altiplano-Puna volcanic complex from the joint inversion of surface wave dispersion and receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*, 404, 43-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.022>

- Watts, R., Rios, G., & Croudace, I. (1999). Effusive eruption of viscous silicic magma triggered and driven by recharge: A case study of the Cerro Chascon-Runtu Jarita Dome Complex in Southwest Bolivia. *Bulletin of Volcanology*, *61*, 241-264. <https://doi.org/10.1007/s004450050274>
- Wieser, P., Petrelli, M., Lubbers, J., Wieser, E., Ozaydin, S., Kent, A., & Till, C. (2022). Thermobar: An open-source Python3 tool for thermobarometry and hygrometry. *Volcanica*, *5*(2), 349 - 384. <https://doi.org/10.30909/vol.05.02.349384>
- Wörner, G., Mamani, M., & Blum-Oeste, M. (2018). Magmatism in the Central Andes. *Elements*, *14*, 237-244. <https://doi.org/10.2138/gselements.14.4.237>
- Xia, S., Qi, Y., Yu, S., Xiacong, J., Gao, X. Y., Wang, Y., Li, C., Wang, Q., Wang, L.T., & Peng, Y. (2025). Magma Mixing Origin for the Menyuan Granodioritic Pluton in the North Qilian Orogenic Belt, China. *Minerals*, *15*, 391. <https://doi.org/10.3390/min15040391>

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Geoquímica Mineral.....	67
Anexo 2. Geotermobarometría.....	78

Anexo 1. Geoquímica Mineral

Tabla A1.1: Óxidos mayores de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Tamaño del Haz	Observaciones	Posición en el cristal	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	Cl	SO ₃	K ₂ O	CaO	FeO	MnO	P ₂ O ₅	Total
CHILL-1 Amph1_M1	10		Núcleo	76,43	11,84	3,39	0,02	0,16	0,17	0,01	5,49	0,50	0,71	0,04	b. d.	98,77
CHILL-1 Amph1_M2	5		Medio	78,26	11,63	3,30	0,05	0,14	0,14	0,01	5,50	0,27	0,95	b. d.	0,01	100,26
CHILL-1 Amph1_M3	10		Medio-Borde	74,98	12,60	3,64	b. d.	0,16	0,17	0,01	5,37	0,58	0,86	0,06	b. d.	98,44
CHILL-1 Amph1_G	10	Matriz Vítreas		75,13	12,41	2,99	0,11	0,16	0,11	0,01	5,00	0,90	0,66	b. d.	0,03	97,51
CHILL-1 Amph2_M1	5		Núcleo	74,81	12,20	2,79	0,11	0,14	0,14	0,01	5,09	1,03	0,92	0,04	b. d.	97,28
CHILL-1 Amph2_G	10	Matriz Vítreas		76,42	12,56	2,79	0,10	0,15	0,09	0,02	4,82	0,97	0,89	0,02	0,01	98,82
CHILL-1 Amph3_M1	10		Borde	71,75	12,60	3,08	0,91	0,31	0,11	b. d.	4,51	1,90	1,95	0,01	0,02	97,14
CHILL-1 Amph3_M2	1		Borde	71,15	12,53	2,64	0,85	0,28	0,07	0,02	4,65	1,64	1,41	0,02	0,01	95,26
CHILL-1 Amph3_M3	1		Núcleo	70,00	12,88	3,01	1,30	0,24	0,07	0,01	4,26	2,22	1,67	0,06	0,02	95,74
CHILL-1 Amph3_M4	1		Borde	73,57	12,48	3,04	0,16	0,07	0,11	0,00	5,00	0,83	0,56	0,04	0,00	95,88
CHILL-1 Amph4_M2	5		Núcleo Medio	75,29	11,89	2,95	0,01	0,08	0,20	b. d.	4,99	0,75	0,70	0,05	b. d.	96,91
CHILL-1 Amph4_M3	10		Medio	75,99	11,80	3,48	b. d.	0,13	0,21	b. d.	5,03	0,58	0,90	b. d.	0,00	98,12
CHILL-1 Amp4_M4	1		Medio	75,75	12,15	2,77	0,04	0,08	0,19	0,02	4,93	0,97	1,04	0,06	0,01	97,98
CHILL-1 PI1_M2	10		Borde	75,13	12,25	2,87	0,11	0,11	0,08	0,01	4,79	0,77	0,73	0,04	b. d.	96,88
CHILL-1 PI1_M3	10		Borde	75,16	12,05	2,92	0,10	0,14	0,13	0,01	5,09	0,79	0,67	0,08	0,00	97,15
CHILL-1 PI1_M4	1		Borde	74,07	12,05	2,51	0,09	0,12	0,14	b. d.	5,11	0,81	0,70	0,09	0,01	95,69
CHILL-1 PI1_M5	5		Borde	73,62	11,88	3,11	0,12	0,10	0,16	0,01	5,62	0,67	0,65	0,05	b. d.	95,99
CHILL-1 PI1_G	10	Matriz Vítreas		76,66	12,47	2,88	0,11	0,14	0,06	b. d.	5,17	0,93	0,74	0,10	0,00	99,26
CHILL-1 PI2_M1	10		Núcleo	72,06	12,08	2,04	0,14	0,12	0,19	0,01	6,04	0,47	1,03	0,04	0,02	94,24
CHILL-1 PI2_M3	1		Borde	76,93	12,54	2,90	0,13	0,19	0,12	0,02	4,96	0,67	0,86	b. d.	0,00	99,31
CHILL-1 PI2_M4	5		Borde	76,29	12,06	2,83	0,16	0,24	0,11	b. d.	4,93	0,76	0,90	0,04	0,03	98,35
CHILL-1 PI2_G	10	Matriz Vítreas		72,44	15,05	3,84	0,07	0,10	0,06	0,01	3,37	2,47	0,57	0,01	0,03	98,02
CHILL-1 PI3_M1	10		Borde	74,86	11,93	2,99	0,10	0,12	0,13	0,01	5,02	0,64	0,74	0,03	0,01	96,59
CHILL-1 PI3_M2	10		Borde	73,48	11,82	2,74	0,11	0,13	0,04	b. d.	5,04	0,51	0,60	0,09	0,02	94,56
CHILL-1 PI3_M3	10		Borde	75,19	11,73	2,65	0,10	0,11	0,10	0,00	4,82	0,61	0,88	0,02	0,02	96,22
CHILL-1 PI4_M1	10		Borde	76,24	11,53	2,71	0,15	0,14	0,15	0,00	5,01	0,56	0,84	b. d.	0,01	97,34
CHILL-1 PI4_M2	5	Alto Al	Borde	70,97	16,05	3,66	0,08	0,18	0,11	0,03	3,49	3,22	0,72	0,00	0,04	98,54
CHILL-1 PI4_M3	5	Alto Al	Borde	72,03	14,32	2,88	0,06	0,22	0,14	0,01	4,06	2,03	0,70	0,09	0,03	96,57
CHILL-1 PI4_G	10	Matriz Vítreas		76,87	12,58	3,18	0,09	0,17	0,08	b. d.	4,56	1,00	0,76	0,07	0,03	99,38
CHILL-1 PI5_G	10	Matriz Vítreas		76,37	12,18	2,76	0,09	0,15	0,07	b. d.	4,94	0,92	0,74	b. d.	0,02	98,24
CHILL-2 Clot_M1	10		Núcleo	74,28	11,93	3,84	b. d.	0,05	0,07	0,03	5,19	0,03	1,21	b. d.	0,01	96,64
CHILL-2 Clot_M2	1		Medio	73,05	12,40	3,27	1,21	0,07	0,09	0,02	4,86	1,21	0,79	0,02	0,06	97,03
CHILL-2 Clot_G	10	Matriz Vítreas		74,65	12,26	2,56	0,31	0,17	0,08	b. d.	5,11	1,16	1,07	0,01	0,00	97,39
CHILL-2 Amp3_M2	10		Núcleo	77,26	12,57	1,73	0,06	0,13	0,10	0,02	5,12	0,82	0,71	0,00	b. d.	98,52
CHILL-2 Amp3_G	10	Matriz Vítreas		78,66	12,38	2,56	0,25	0,12	0,09	0,01	5,72	0,61	1,15	0,04	0,02	101,59
CHILL-2 Amp4_M1	10		Medio-Borde	77,34	12,94	2,18	0,03	0,20	0,12	0,04	5,00	0,54	0,71	0,02	0,05	99,15
CHILL-2 Amp4_M2	5		Medio-Borde	75,78	12,58	2,50	0,03	0,18	0,12	0,01	5,32	0,90	0,79	0,04	b. d.	98,25
CHILL-2 Amp4_M3	10		Núcleo	77,70	12,84	2,18	0,02	0,14	0,13	0,04	5,00	0,87	0,62	0,07	0,04	99,64
CHILL-2 Amp4_G	10	Matriz Vítreas		78,71	12,54	2,45	0,07	0,14	0,07	b. d.	4,90	0,92	0,77	0,05	0,02	100,62
CHILL-2 PI1_M1	10		Borde	76,25	11,77	2,48	0,13	0,16	0,12	0,00	5,45	0,87	0,89	0,03	0,02	98,17
CHILL-2 PI1_G	10	Matriz Vítreas		75,53	12,05	2,69	0,05	0,16	0,09	b. d.	5,25	0,87	0,69	0,03	0,01	97,41
CHILL-2 PI2_M1	10		Borde	77,45	11,06	2,56	0,13	0,23	0,25	0,02	5,44	0,56	0,86	b. d.	0,01	98,56
CHILL-2 PI2_M2	10		Borde	75,68	11,61	2,30	0,11	0,16	0,21	b. d.	6,08	0,51	0,83	0,07	0,04	97,61
CHILL-2 PI2_M3	5		Borde	73,82	11,70	2,56	0,11	0,16	0,19	0,00	5,45	0,60	0,82	b. d.	0,03	95,44
CHILL-2 PI2_G	10	Matriz Vítreas		75,82	12,42	2,80	0,09	0,16	0,10	0,01	5,90	0,62	0,70	0,00	b. d.	98,62
CHILL-Encl_1 Amp2_G	10	Matriz Vítreas		77,31	12,37	2,78	0,08	0,14	0,10	b. d.	4,79	0,99	0,91	0,03	0,02	99,52
CHILL-Encl_1 Amp3_M8	5		Medio	73,60	12,13	3,30	0,88	0,28	0,10	b. d.	5,13	0,95	2,16	0,06	0,03	98,63
CHILL-Encl_1 Amp3_M9	10		Medio	76,09	12,49	2,78	0,04	0,17	0,12	0,01	5,50	0,75	1,14	0,02	0,01	99,11
CHILL-Encl_1 Amp3_G	10	Matriz Vítreas		78,36	12,42	2,91	0,09	0,17	0,07	b. d.	4,99	0,99	0,80	0,03	b. d.	100,84
CHILL-Encl_1 Amp4_M1	10		Núcleo	72,06	12,38	3,00	0,02	0,20	0,18	0,02	4,76	0,96	0,86	0,01	0,00	94,43
CHILL-Encl_1 Amp4_M2	10		Núcleo	75,01	12,73	3,19	0,01	0,17	0,16	b. d.	5,22	0,95	0,78	0,01	b. d.	98,22
CHILL-Encl_1 PI1_M1	10		Borde	75,61	12,24	3,00	0,14	0,15	0,15	0,06	5,06	0,64	0,87	0,07	b. d.	97,99
CHILL-Encl_1 PI1_M2	10		Borde	77,96	11,90	2,83	0,13	0,14	0,12	0,01	4,94	0,72	0,90	0,09	0,03	99,78
CHILL-Encl_1 PI1_G	10	Matriz Vítreas		75,19	12,19	2,83	0,10	0,15	0,08	b. d.	4,72	1,01	0,65	b. d.	0,01	96,93
CHILL-Encl_1 PI5_M1	1		Borde	78,41	9,96	2,04	0,13	0,21	0,16	b. d.	5,09	0,43	0,71	0,03	b. d.	97,15
CHILL-Encl_1 PI5_M2	1		Borde	76,80	10,89	2,62	0,12	0,14	0,17	0,01	4,78	0,43	0,78	0,07	0,05	96,85
CHILL-Encl_1 Clot1_M1	10		Núcleo	74,16	12,34	2,89	0,05	0,14	0,10	0,01	4,70	0,83	0,84	0,01	0,00	96,08

Tabla A1.2: Óxidos mayores y #Mg de inclusiones vítreas y vidrio de masa fundamental. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Mg#	Si	Al	Na	Mg	Ti	Cl	S	K	Ca	Fe	Mn	P	O	Total
CHILL-1 Amph1_M1	5,07	26,57	4,85	2,29	0,01	0,04	0,10	0,00	2,44	0,19	0,21	0,01	0,00	63,29	100,00
CHILL-1 Amph1_M2	8,42	26,80	4,69	2,19	0,03	0,04	0,08	0,00	2,40	0,10	0,27	b. d.	0,00	63,41	100,00
CHILL-1 Amph1_M3	0,00	26,19	5,19	2,46	b. d.	0,04	0,10	0,00	2,39	0,22	0,25	0,02	b. d.	63,15	100,00
CHILL-1 Amph1_G	22,71	26,44	5,15	2,04	0,06	0,04	0,06	0,00	2,25	0,34	0,19	b. d.	0,01	63,43	100,00
CHILL-1 Amph2_M1	17,33	26,44	5,08	1,91	0,06	0,04	0,09	0,00	2,30	0,39	0,27	0,01	b. d.	63,41	100,00
CHILL-1 Amph2_G	16,18	26,53	5,14	1,88	0,05	0,04	0,05	0,00	2,13	0,36	0,26	0,00	0,00	63,55	100,00
CHILL-1 Amph3_M1	45,48	25,54	5,29	2,12	0,48	0,08	0,07	b. d.	2,05	0,73	0,58	0,00	0,01	63,06	100,00
CHILL-1 Amph3_M2	51,81	25,76	5,35	1,85	0,46	0,08	0,04	0,01	2,15	0,64	0,43	0,01	0,00	63,24	100,00
CHILL-1 Amph3_M3	58,26	25,26	5,48	2,11	0,70	0,07	0,04	0,00	1,96	0,86	0,50	0,02	0,01	63,00	100,00
CHILL-1 Amph3_M4	34,38	26,32	5,26	2,11	0,09	0,02	0,07	0,00	2,28	0,32	0,17	0,01	0,00	63,36	100,00
CHILL-1 Amph4_M2	2,82	26,66	4,96	2,02	0,01	0,02	0,12	b. d.	2,25	0,29	0,21	0,02	b. d.	63,45	100,00
CHILL-1 Amph4_M3	0,00	26,58	4,87	2,36	b. d.	0,03	0,13	b. d.	2,24	0,22	0,26	b. d.	0,00	63,31	100,00
CHILL_1 Amp4_M4	6,73	26,57	5,02	1,88	0,02	0,02	0,12	0,01	2,19	0,36	0,31	0,02	0,00	63,48	100,00
CHILL-1 PI1_M2	21,45	26,58	5,11	1,97	0,06	0,03	0,05	0,00	2,16	0,29	0,22	0,01	b. d.	63,53	100,00
CHILL-1 PI1_M3	21,12	26,55	5,02	2,00	0,05	0,04	0,08	0,00	2,29	0,30	0,20	0,03	0,00	63,44	100,00
CHILL-1 PI1_M4	18,99	26,59	5,10	1,74	0,05	0,03	0,08	0,00	2,34	0,31	0,21	0,03	0,00	63,52	100,00
CHILL-1 PI1_M5	24,31	26,38	5,02	2,16	0,06	0,03	0,10	0,00	2,57	0,26	0,19	0,02	b. d.	63,22	100,00
CHILL-1 PI1_G	20,45	26,52	5,09	1,93	0,06	0,04	0,04	b. d.	2,28	0,35	0,21	0,03	0,00	63,47	100,00
CHILL-1 PI2_M1	19,18	26,38	5,21	1,44	0,08	0,03	0,12	0,00	2,82	0,19	0,32	0,01	0,01	63,40	100,00
CHILL-1 PI2_M3	20,95	26,57	5,11	1,94	0,07	0,05	0,07	0,00	2,18	0,25	0,25	b. d.	0,00	63,53	100,00
CHILL-1 PI2_M4	23,62	26,63	4,96	1,91	0,08	0,06	0,07	b. d.	2,19	0,29	0,26	0,01	0,01	63,53	100,00
CHILL-1 PI2_G	16,92	25,31	6,20	2,60	0,03	0,03	0,04	0,00	1,50	0,92	0,17	0,00	0,01	63,18	100,00
CHILL-1 PI3_M1	19,64	26,59	4,99	2,06	0,05	0,03	0,08	0,00	2,28	0,24	0,22	0,01	0,00	63,44	100,00
CHILL-1 PI3_M2	24,79	26,64	5,05	1,93	0,06	0,04	0,02	b. d.	2,33	0,20	0,18	0,03	0,01	63,53	100,00
CHILL-1 PI3_M3	16,88	26,79	4,93	1,83	0,05	0,03	0,06	0,00	2,19	0,23	0,26	0,01	0,01	63,62	100,00
CHILL-1 PI4_M1	24,46	26,87	4,79	1,85	0,08	0,04	0,09	0,00	2,25	0,21	0,25	b. d.	0,00	63,58	100,00
CHILL-1 PI4_M2	16,67	24,76	6,60	2,47	0,04	0,05	0,06	0,01	1,56	1,20	0,21	0,00	0,01	63,03	100,00
CHILL-1 PI4_M3	13,69	25,62	6,00	1,99	0,03	0,06	0,09	0,00	1,84	0,78	0,21	0,03	0,01	63,35	100,00
CHILL-1 PI4_G	17,11	26,51	5,11	2,12	0,05	0,04	0,05	b. d.	2,01	0,37	0,22	0,02	0,01	63,50	100,00
CHILL-1 PI5_G	18,18	26,66	5,01	1,87	0,05	0,04	0,04	b. d.	2,20	0,35	0,22	b. d.	0,01	63,57	100,00
CHILL-2 Clot_M1	0,00	26,40	5,00	2,64	b. d.	0,01	0,04	0,01	2,35	0,01	0,36	b. d.	0,00	63,19	100,00
CHILL-2 Clot_M2	73,19	25,85	5,17	2,24	0,64	0,02	0,05	0,01	2,19	0,46	0,23	0,01	0,02	63,11	100,00
CHILL-2 Clot_G	34,23	26,38	5,11	1,75	0,17	0,05	0,05	b. d.	2,30	0,44	0,32	0,00	0,00	63,45	100,00
CHILL-2 Amp3_M2	12,66	26,90	5,16	1,16	0,03	0,03	0,06	0,01	2,27	0,30	0,21	0,00	0,00	63,87	100,00
CHILL-2 Amp3_G	28,04	26,63	4,94	1,68	0,13	0,03	0,05	0,00	2,47	0,22	0,33	0,01	0,00	63,51	100,00
CHILL-2 Amp4_M1	5,99	26,73	5,27	1,46	0,01	0,05	0,07	0,01	2,20	0,20	0,20	0,01	0,01	63,78	100,00
CHILL-2 Amp4_M2	6,10	26,51	5,19	1,69	0,02	0,05	0,07	0,00	2,37	0,34	0,23	0,01	b. d.	63,53	100,00
CHILL-2 Amp4_M3	4,79	26,73	5,20	1,45	0,01	0,04	0,08	0,01	2,19	0,32	0,18	0,02	0,01	63,75	100,00
CHILL-2 Amp4_G	13,04	26,81	5,03	1,62	0,03	0,04	0,04	b. d.	2,13	0,33	0,22	0,01	0,01	63,73	100,00
CHILL-2 PI1_M1	20,36	26,71	4,86	1,68	0,07	0,04	0,07	0,00	2,44	0,33	0,26	0,01	0,01	63,53	100,00
CHILL-2 PI1_G	11,74	26,63	5,01	1,84	0,03	0,04	0,05	b. d.	2,36	0,33	0,20	0,01	0,00	63,51	100,00
CHILL-2 PI2_M1	21,14	27,00	4,54	1,73	0,07	0,06	0,15	0,01	2,42	0,21	0,25	b. d.	0,00	63,57	100,00
CHILL-2 PI2_M2	19,34	26,72	4,83	1,58	0,06	0,04	0,13	b. d.	2,74	0,19	0,25	0,02	0,01	63,45	100,00
CHILL-2 PI2_M3	19,02	26,60	4,97	1,79	0,06	0,04	0,11	0,00	2,51	0,23	0,25	b. d.	0,01	63,44	100,00
CHILL-2 PI2_G	19,05	26,44	5,10	1,89	0,05	0,04	0,06	0,00	2,63	0,23	0,20	0,00	b. d.	63,36	100,00
CHILL_Encl_1 Amp2_G	14,10	26,66	5,03	1,86	0,04	0,04	0,06	b. d.	2,11	0,37	0,26	0,01	0,01	63,58	100,00
CHILL_Encl_1 Amp3_M8	42,09	25,80	5,01	2,25	0,46	0,07	0,06	0,00	2,29	0,36	0,63	0,02	0,01	63,03	100,00
CHILL_Encl_1 Amp3_M9	5,44	26,42	5,11	1,87	0,02	0,05	0,07	0,00	2,44	0,28	0,33	0,00	0,00	63,40	100,00
CHILL_Encl_1 Amp3_G	17,09	26,66	4,98	1,92	0,05	0,04	0,04	b. d.	2,17	0,36	0,23	0,01	b. d.	63,55	100,00
CHILL_Encl_1 Amp4_M1	3,35	26,22	5,31	2,11	0,01	0,06	0,11	0,01	2,21	0,37	0,26	0,00	0,00	63,34	100,00
CHILL_Encl_1 Amp4_M2	0,87	26,25	5,25	2,16	0,00	0,05	0,10	b. d.	2,33	0,36	0,23	0,00	b. d.	63,28	100,00
CHILL_Encl_1 PI1_M1	22,73	26,49	5,06	2,04	0,08	0,04	0,09	0,02	2,26	0,24	0,26	0,02	b. d.	63,42	100,00
CHILL_Encl_1 PI1_M2	20,80	26,80	4,82	1,89	0,07	0,04	0,07	0,00	2,17	0,27	0,26	0,03	0,01	63,59	100,00
CHILL_Encl_1 PI1_G	21,72	26,59	5,08	1,94	0,05	0,04	0,05	b. d.	2,13	0,38	0,19	b. d.	0,00	63,55	100,00
CHILL_Encl_1 PI5_M1	24,28	27,66	4,14	1,39	0,07	0,06	0,09	b. d.	2,29	0,16	0,21	0,01	b. d.	63,92	100,00
CHILL_Encl_1 PI5_M2	20,76	27,17	4,54	1,80	0,06	0,04	0,10	0,00	2,16	0,16	0,23	0,02	0,01	63,71	100,00
CHILL_Encl_1 Clot1_M1	10,00	26,47	5,19	2,00	0,03	0,04	0,06	0,00	2,14	0,32	0,25	0,00	0,00	63,49	100,00

Muestra	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	Total
Chill_1 P1 C2	6,10	57,79	26,61	0,59	8,22	0,01	0,27	0,01	99,59
Chill_1 P1 C3	6,04	58,47	26,06	0,62	7,95	0,01	0,28	0,01	99,44
Chill_1 P1 C4	6,15	58,21	26,22	0,68	7,60	0,01	0,24	b. d.	99,09
Chill_1 P1 C5	6,17	58,38	26,35	0,62	7,82	0,01	0,23	0,00	99,58
Chill_1 P12 C1	5,59	57,06	27,20	0,50	9,05	b. d.	0,23	0,01	99,63
Chill_1 P12 C3	5,97	58,35	26,31	0,58	7,90	0,01	0,29	0,02	99,43
Chill_1 P12 C1perfil1	5,87	56,80	27,62	0,50	9,24	0,01	0,23	0,02	100,29
Chill_1 P12 C2perfil1	5,88	57,87	27,21	0,55	8,77	0,01	0,23	0,01	100,53
Chill_1 P12 C3perfil1	5,81	58,53	26,96	0,54	8,80	0,01	0,24	0,00	100,89
Chill_1 P12 C4perfil1	5,96	57,70	26,70	0,60	8,40	0,00	0,26	0,00	99,62
Chill_1 P12 C5perfil1	6,18	58,84	26,73	0,60	8,37	0,00	0,23	0,01	100,96
Chill_1 P12 C6perfil1	6,06	57,83	26,59	0,64	8,24	0,01	0,28	0,01	99,65
Chill_1 P12 C7perfil1	6,10	57,00	26,78	0,62	8,16	0,01	0,28	0,01	98,96
Chill_1 P12 C8perfil1	5,91	57,98	26,84	0,58	8,33	0,00	0,25	0,01	99,90
Chill_1 P12 C9perfil1	5,92	58,01	26,49	0,59	8,49	0,00	0,27	0,01	99,76
Chill_1 P12 C10perfil1	5,87	57,89	26,71	0,59	8,39	b. d.	0,22	0,01	99,68
Chill_1 P12 C11perfil1	6,04	58,19	26,55	0,60	8,34	0,00	0,31	0,01	100,03
Chill_1 P12 C12perfil1	5,84	58,04	26,72	0,62	8,41	0,00	0,28	0,02	99,93
Chill_1 P12 C13perfil1	5,85	57,32	26,85	0,59	8,56	0,01	0,22	0,01	99,40
Chill_1 P12 C14perfil1	5,91	57,94	26,80	0,55	8,66	0,00	0,27	0,01	100,14
Chill_1 P12 C15perfil1	5,62	57,63	27,00	0,57	8,71	0,00	0,23	0,03	99,79
Chill_1 P12 C16perfil1	5,86	57,64	27,04	0,57	8,66	0,01	0,22	0,00	99,99
Chill_1 P12 C17perfil1	5,26	56,44	28,16	0,42	10,11	0,01	0,22	0,01	100,62
Chill_1 P12 C18perfil1	5,85	57,42	26,98	0,55	8,69	0,01	0,26	0,01	99,78
Chill_1 P12 C19perfil1	6,05	57,97	26,68	0,58	8,25	0,01	0,25	0,01	99,79
Chill_1 P12 C20perfil1	5,58	56,86	27,39	0,49	9,18	0,01	0,25	0,00	99,76
Chill_1 P13 C1	5,81	57,39	26,70	0,60	8,48	0,01	0,25	b. d.	99,24
Chill_1 P13 C2	6,00	57,75	26,21	0,66	8,04	0,01	0,25	0,01	98,92
Chill_1 P13 C3	5,63	56,35	27,21	0,55	9,29	0,01	0,23	0,00	99,27
Chill_1 P13 C4	5,85	58,25	26,92	0,55	8,91	0,01	0,26	0,02	100,76
Chill_1 P13 C5	6,29	57,95	25,70	0,73	7,37	0,01	0,26	0,00	98,32
Chill_1 P13 C6	6,24	58,40	25,99	0,66	8,16	0,02	0,24	0,01	99,72
Chill_1 P13 C7	5,26	55,07	28,11	0,41	10,34	0,01	0,29	0,00	99,51
Chill_1 P13 C8	6,12	58,43	26,53	0,61	7,95	0,02	0,28	0,01	99,95
Chill_1 P14 C1	6,14	58,34	26,38	0,62	8,22	0,01	0,23	0,01	99,95
Chill_1 P14 C2	6,10	58,08	26,50	0,56	8,21	0,01	0,29	0,00	99,75
Chill_1 P14 C1perfil1	5,42	56,55	27,64	0,49	9,52	0,00	0,19	0,01	99,82
Chill_1 P14 C2perfil1	5,54	55,99	27,80	0,50	9,26	0,00	0,24	0,01	99,34
Chill_1 P14 C3perfil1	5,74	56,70	27,38	0,52	9,03	0,00	0,19	0,01	99,57
Chill_1 P14 C4perfil1	5,85	56,56	27,41	0,50	9,18	0,00	0,20	0,01	99,71
Chill_1 P14 C5perfil1	5,64	57,09	27,34	0,48	9,05	0,00	0,25	0,01	99,86
Chill_1 P14 C6perfil1	5,54	56,94	27,53	0,48	9,33	0,00	0,19	0,00	100,02
Chill_1 P14 C7perfil1	5,45	56,51	27,85	0,46	9,60	0,01	0,22	0,01	100,11
Chill_1 P14 C8perfil1	5,52	56,14	27,64	0,50	9,34	0,01	0,22	0,01	99,37
Chill_1 P14 C9perfil1	6,01	57,56	26,56	0,61	8,04	0,00	0,17	0,00	98,97
Chill_1 P14 C10perfil1	6,12	58,15	26,42	0,63	8,23	0,01	0,18	0,01	99,74
Chill_1 P14 C11perfil1	6,04	57,97	26,52	0,63	7,97	0,01	0,23	b. d.	99,38
Chill_1 P14 C12perfil1	5,76	56,53	27,16	0,51	8,67	0,01	0,24	0,01	98,88
Chill_1 P14 C13perfil1	6,05	58,54	26,42	0,59	8,33	0,01	0,29	b. d.	100,22
Chill_1 P14 C14perfil1	5,41	55,65	27,87	0,44	9,91	0,01	0,28	0,01	99,58
Chill_1 P14 C15perfil1	5,21	56,40	27,92	0,44	9,81	0,01	0,28	0,00	100,07
Chill_1 P14 C1perfil2	5,43	56,73	27,63	0,46	9,53	b. d.	0,21	b. d.	99,99
Chill_1 P14 C2perfil2	5,50	57,16	27,57	0,47	9,35	0,00	0,22	0,01	100,27
Chill_1 P14 C3perfil2	5,40	56,66	27,56	0,50	9,45	b. d.	0,24	0,01	99,82
Chill_1 P14 C4perfil2	5,54	56,94	26,97	0,55	9,01	0,00	0,25	0,00	99,27
Chill_1 P14 C5perfil2	5,51	56,63	27,31	0,54	9,31	b. d.	0,22	0,02	99,53
Chill_1 P14 C6perfil2	5,84	57,63	27,13	0,52	8,87	b. d.	0,21	0,00	100,20
Chill_1 P14 C7perfil2	5,99	57,69	26,83	0,56	8,69	0,01	0,21	0,00	99,97
Chill_1 P14 C8perfil2	5,78	57,44	27,30	0,52	9,01	b. d.	0,24	0,01	100,30
Chill_1 P14 C9perfil2	6,03	57,92	26,51	0,61	8,33	0,01	0,25	0,02	99,66
Chill_1 P14 C10perfil2	6,26	59,57	25,93	0,65	7,62	b. d.	0,33	0,01	100,38
Chill_1 P14 C11perfil2	6,46	58,73	26,01	0,67	7,94	0,01	0,26	0,01	100,08
Chill_1 P14 C12perfil2	6,20	59,34	25,96	0,68	7,61	0,01	0,24	0,02	100,06
Chill_1 P14 C13perfil2	6,30	58,90	26,23	0,68	7,83	0,01	0,16	0,02	100,13
Chill_1 P14 C14perfil2	6,29	59,28	26,50	0,63	8,02	0,01	0,26	0,02	100,99
Chill_1 P14 C15perfil2	6,00	58,13	26,56	0,60	8,22	b. d.	0,24	0,01	99,76
Chill_1 P14 C16perfil2	5,39	57,51	26,70	0,52	8,48	0,01	0,36	0,01	98,98
Chill_1 P14 C17perfil2	5,95	57,77	26,82	0,58	8,55	0,00	0,22	0,01	99,90
Chill_1 P14 C19perfil2	6,09	58,34	26,76	0,54	8,28	0,01	0,23	0,01	100,25
Chill_1 P14 C20perfil2	5,34	55,94	28,22	0,42	10,06	0,01	0,26	0,02	100,27
Chill_1 P14 C3	5,29	55,36	28,04	0,40	10,21	0,01	0,31	0,02	99,63
Chill_1 P15 C1	5,57	56,66	27,85	0,45	9,30	0,01	0,29	0,01	100,13
Chill_1 P15 C2	2,65	49,12	32,80	0,14	15,43	0,01	0,24	0,01	100,39
Chill_1 P15 C3	6,58	59,95	26,00	0,67	7,64	b. d.	0,26	0,01	101,11
Chill_1 P15 C4	6,18	60,03	25,85	0,72	7,23	0,00	0,25	0,01	100,27
Chill_1 P15 C5	6,13	58,33	26,41	0,62	8,10	0,02	0,25	0,01	99,87

Tabla A1.3: Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Contenido de An (%)	Na	Si	Al	K	Ca	Mg	Fe	Ti	O	Total
Chill_1 PI1_C2	41,17	4,10	20,01	10,86	0,26	3,05	0,00	0,08	0,00	61,63	100,00
Chill_1 PI1_C3	40,54	4,06	20,27	10,65	0,27	2,95	0,01	0,08	0,00	61,71	100,00
Chill_1 PI1_C4	38,92	4,14	20,23	10,74	0,30	2,83	0,00	0,07	b. d.	61,69	100,00
Chill_1 PI1_C5	39,68	4,14	20,20	10,75	0,27	2,90	0,00	0,07	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI2_C1	45,79	3,76	19,79	11,12	0,22	3,36	b. d.	0,07	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI2_C3	40,74	4,01	20,22	10,75	0,26	2,94	0,01	0,08	0,01	61,73	100,00
Chill_1 PI2_C1perfil1	45,16	3,92	19,58	11,22	0,22	3,41	0,00	0,07	0,01	61,56	100,00
Chill_1 PI2_C2perfil1	43,69	3,92	19,87	11,01	0,24	3,23	0,01	0,07	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C3perfil1	44,09	3,85	20,03	10,87	0,24	3,23	0,00	0,07	0,00	61,71	100,00
Chill_1 PI2_C4perfil1	42,21	4,00	19,99	10,90	0,27	3,12	0,00	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C5perfil1	41,30	4,10	20,10	10,76	0,26	3,07	0,00	0,07	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C6perfil1	41,29	4,07	20,02	10,85	0,28	3,06	0,00	0,08	0,00	61,64	100,00
Chill_1 PI2_C7perfil1	40,91	4,13	19,87	11,00	0,28	3,05	0,01	0,08	0,00	61,59	100,00
Chill_1 PI2_C8perfil1	42,24	3,96	20,02	10,92	0,26	3,08	0,00	0,07	0,00	61,69	100,00
Chill_1 PI2_C9perfil1	42,67	3,97	20,07	10,80	0,26	3,15	0,00	0,08	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI2_C10perfil1	42,54	3,94	20,04	10,89	0,26	3,11	b. d.	0,06	0,00	61,69	100,00
Chill_1 PI2_C11perfil1	41,72	4,04	20,07	10,79	0,26	3,08	0,00	0,09	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI2_C12perfil1	42,67	3,91	20,05	10,88	0,27	3,11	0,00	0,08	0,01	61,70	100,00
Chill_1 PI2_C13perfil1	43,14	3,94	19,91	10,99	0,26	3,19	0,00	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C14perfil1	43,26	3,95	19,98	10,89	0,24	3,20	0,00	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI2_C15perfil1	44,55	3,77	19,94	11,01	0,25	3,23	0,00	0,07	0,01	61,72	100,00
Chill_1 PI2_C16perfil1	43,42	3,92	19,90	11,00	0,25	3,20	0,00	0,06	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI2_C17perfil1	50,22	3,51	19,43	11,43	0,18	3,73	0,00	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C18perfil1	43,61	3,92	19,87	11,01	0,24	3,22	0,01	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI2_C19perfil1	41,49	4,05	20,04	10,87	0,26	3,05	0,00	0,07	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI2_C20perfil1	46,20	3,75	19,70	11,19	0,22	3,41	0,01	0,07	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI3_C1	43,02	3,92	19,96	10,94	0,27	3,16	0,00	0,07	b. d.	61,67	100,00
Chill_1 PI3_C2	40,82	4,06	20,13	10,77	0,29	3,00	0,00	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI3_C3	46,16	3,80	19,64	11,18	0,24	3,47	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_1 PI3_C4	44,24	3,89	19,97	10,88	0,24	3,27	0,01	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI3_C5	37,57	4,27	20,30	10,61	0,33	2,77	0,00	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI3_C6	40,36	4,18	20,20	10,59	0,29	3,03	0,01	0,07	0,00	61,63	100,00
Chill_1 PI3_C7	50,80	3,56	19,20	11,55	0,18	3,86	0,01	0,09	0,00	61,55	100,00
Chill_1 PI3_C8	40,26	4,09	20,15	10,78	0,27	2,94	0,01	0,08	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI4_C1	40,95	4,11	20,13	10,73	0,28	3,04	0,01	0,07	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C2	41,20	4,09	20,08	10,80	0,25	3,04	0,01	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C1perfil1	47,80	3,64	19,60	11,29	0,22	3,54	0,00	0,05	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI4_C2perfil1	46,55	3,74	19,49	11,41	0,22	3,45	0,00	0,07	0,00	61,61	100,00
Chill_1 PI4_C3perfil1	45,06	3,86	19,68	11,20	0,23	3,36	0,00	0,05	0,00	61,62	100,00
Chill_1 PI4_C4perfil1	45,08	3,93	19,61	11,20	0,22	3,41	0,00	0,06	0,00	61,57	100,00
Chill_1 PI4_C5perfil1	45,68	3,78	19,75	11,15	0,21	3,36	0,00	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C6perfil1	46,80	3,72	19,68	11,22	0,21	3,45	0,00	0,06	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI4_C7perfil1	47,96	3,65	19,53	11,35	0,21	3,56	0,00	0,07	0,00	61,64	100,00
Chill_1 PI4_C8perfil1	46,86	3,72	19,54	11,34	0,22	3,48	0,00	0,06	0,00	61,62	100,00
Chill_1 PI4_C9perfil1	40,94	4,06	20,05	10,90	0,27	3,00	0,00	0,05	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C10perfil1	41,05	4,10	20,10	10,77	0,28	3,05	0,01	0,05	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C11perfil1	40,54	4,06	20,11	10,84	0,28	2,96	0,00	0,07	b. d.	61,68	100,00
Chill_1 PI4_C12perfil1	43,99	3,90	19,74	11,18	0,23	3,24	0,00	0,07	0,00	61,63	100,00
Chill_1 PI4_C13perfil1	41,69	4,04	20,15	10,72	0,26	3,07	0,01	0,08	b. d.	61,68	100,00
Chill_1 PI4_C14perfil1	48,99	3,65	19,37	11,43	0,20	3,69	0,01	0,08	0,00	61,58	100,00
Chill_1 PI4_C15perfil1	49,62	3,50	19,52	11,39	0,20	3,64	0,01	0,08	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI4_C1perfil2	47,88	3,64	19,63	11,27	0,20	3,53	b. d.	0,06	b. d.	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C2perfil2	47,09	3,68	19,71	11,20	0,21	3,46	0,00	0,06	0,00	61,69	100,00
Chill_1 PI4_C3perfil2	47,70	3,63	19,64	11,26	0,22	3,51	b. d.	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C4perfil2	45,78	3,74	19,83	11,07	0,25	3,36	0,00	0,07	0,00	61,69	100,00
Chill_1 PI4_C5perfil2	46,75	3,71	19,68	11,19	0,24	3,47	0,00	0,06	0,01	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C6perfil2	44,22	3,90	19,86	11,02	0,23	3,27	b. d.	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C7perfil2	43,00	4,01	19,92	10,92	0,25	3,21	0,00	0,06	0,00	61,63	100,00
Chill_1 PI4_C8perfil2	44,86	3,86	19,79	11,08	0,23	3,33	0,00	0,07	0,00	61,64	100,00
Chill_1 PI4_C9perfil2	41,72	4,05	20,05	10,82	0,27	3,09	0,00	0,07	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C10perfil2	38,63	4,17	20,44	10,49	0,28	2,80	0,00	0,10	0,00	61,73	100,00
Chill_1 PI4_C11perfil2	38,87	4,31	20,23	10,56	0,29	2,93	0,00	0,08	0,00	61,60	100,00
Chill_1 PI4_C12perfil2	38,74	4,14	20,42	10,53	0,30	2,81	0,00	0,07	0,00	61,73	100,00
Chill_1 PI4_C13perfil2	39,06	4,20	20,26	10,63	0,30	2,89	0,01	0,05	0,01	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C14perfil2	39,79	4,16	20,23	10,66	0,28	2,93	0,00	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C15perfil2	41,54	4,02	20,09	10,82	0,27	3,05	b. d.	0,07	0,00	61,68	100,00
Chill_1 PI4_C16perfil2	44,99	3,64	20,06	10,98	0,23	3,17	0,00	0,11	0,00	61,81	100,00
Chill_1 PI4_C17perfil2	42,71	3,99	19,96	10,92	0,26	3,16	0,00	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_1 PI4_C19perfil2	41,52	4,06	20,06	10,85	0,24	3,05	0,01	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_1 PI4_C20perfil2	49,72	3,58	19,33	11,49	0,19	3,72	0,01	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_1 PI4_C3	50,44	3,57	19,27	11,50	0,18	3,81	0,01	0,09	0,01	61,58	100,00
Chill_1 PI5_C1	46,70	3,73	19,57	11,33	0,20	3,44	0,01	0,08	0,00	61,64	100,00
Chill_1 PI5_C2	75,71	1,80	17,21	13,54	0,06	5,79	0,00	0,07	0,00	61,53	100,00
Chill_1 PI5_C3	37,55	4,35	20,41	10,43	0,29	2,79	b. d.	0,07	0,00	61,66	100,00
Chill_1 PI5_C4	37,50	4,11	20,59	10,45	0,32	2,66	0,00	0,07	0,00	61,80	100,00
Chill_1 PI5_C5	40,65	4,10	20,14	10,75	0,27	3,00	0,01	0,07	0,00	61,66	100,00

Tabla A1.4: Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	Total
Chill_2 PI1_C1	5,76	57,55	26,73	0,59	8,65	0,01	0,26	0,02	99,57
Chill_2 PI1_C2	6,06	57,74	26,43	0,68	8,06	0,01	0,22	0,00	99,18
Chill_2 PI1_C3	5,42	56,74	27,76	0,46	9,73	0,01	0,19	0,01	100,32
Chill_2 PI1_C1perfil1	5,68	57,88	26,49	0,53	8,56	0,01	0,31	0,01	99,47
Chill_2 PI1_C2perfil1	6,04	57,37	27,00	0,57	8,75	0,01	0,28	0,01	100,03
Chill_2 PI1_C3perfil1	6,11	57,98	26,44	0,64	8,05	b. d.	0,32	b. d.	99,54
Chill_2 PI1_C4perfil1	5,99	58,68	26,46	0,59	7,94	0,00	0,31	b. d.	99,97
Chill_2 PI1_C5perfil1	6,10	58,14	26,45	0,66	8,02	b. d.	0,26	0,01	99,63
Chill_2 PI1_C6perfil1	6,21	58,79	26,41	0,61	8,02	0,01	0,31	b. d.	100,35
Chill_2 PI1_C7perfil1	6,29	57,88	26,07	0,64	7,99	0,00	0,33	b. d.	99,20
Chill_2 PI1_C8perfil1	6,13	57,94	26,87	0,58	8,50	b. d.	0,26	b. d.	100,28
Chill_2 PI1_C9perfil1	5,30	55,46	28,11	0,45	9,74	0,01	0,26	0,01	99,33
Chill_2 PI1_C10perfil1	5,16	55,59	28,49	0,41	10,14	0,01	0,27	0,01	100,09
Chill_2 PI1_C11perfil1	5,28	55,66	27,93	0,47	9,81	0,00	0,26	0,01	99,41
Chill_2 PI1_C12perfil1	5,64	57,29	27,23	0,49	9,19	0,01	0,23	0,01	100,08
Chill_2 PI1_C13perfil1	5,69	57,55	27,31	0,51	9,09	0,01	0,22	0,01	100,39
Chill_2 PI1_C14perfil1	5,72	56,76	27,51	0,51	9,43	0,00	0,25	0,02	100,20
Chill_2 PI1_C15perfil1	6,21	58,06	26,54	0,60	8,30	0,01	0,22	0,02	99,95
Chill_2 PI1_C16perfil1	5,59	56,33	27,63	0,48	9,47	0,01	0,23	0,02	99,75
Chill_2 PI1_C17perfil1	5,45	56,24	28,17	0,48	9,56	0,01	0,23	0,02	100,15
Chill_2 PI1_C18perfil1	5,72	56,85	27,41	0,51	9,37	0,01	0,21	0,01	100,08
Chill_2 PI1_C19perfil1	6,04	57,65	26,99	0,57	8,54	0,01	0,27	0,00	100,06
Chill_2 PI1_C20perfil1	6,06	58,43	26,55	0,62	8,27	0,01	0,25	0,01	100,19
Chill_2 PI1_C1perfil2	6,08	57,40	26,74	0,56	8,50	0,00	0,29	b. d.	99,57
Chill_2 PI1_C2perfil2	6,04	58,82	26,39	0,65	8,06	0,01	0,28	0,01	100,25
Chill_2 PI1_C3perfil2	6,01	58,89	26,67	0,60	8,19	0,00	0,27	0,00	100,63
Chill_2 PI1_C4perfil2	6,17	57,60	26,80	0,60	8,19	0,00	0,26	b. d.	99,61
Chill_2 PI1_C5perfil2	6,11	58,01	26,55	0,64	8,21	0,00	0,25	b. d.	99,78
Chill_2 PI1_C6perfil2	5,72	57,38	26,68	0,56	8,60	0,00	0,26	0,01	99,20
Chill_2 PI1_C7perfil2	5,62	56,43	27,47	0,50	9,07	0,01	0,26	0,01	99,36
Chill_2 PI1_C8perfil2	5,91	57,25	27,09	0,56	8,62	0,00	0,27	0,00	99,70
Chill_2 PI1_C9perfil2	6,42	59,28	25,54	0,74	7,16	b. d.	0,28	0,00	99,43
Chill_2 PI1_C10perfil2	6,41	59,63	25,51	0,77	7,25	0,00	0,29	0,02	99,89
Chill_2 PI1_C11perfil2	6,77	59,01	25,48	0,78	7,03	0,00	0,20	0,01	99,28
Chill_2 PI1_C12perfil2	6,72	60,17	25,55	0,81	7,16	0,01	0,19	0,01	100,60
Chill_2 PI1_C13perfil2	6,66	60,10	25,38	0,80	7,16	0,00	0,19	0,01	100,30
Chill_2 PI1_C14perfil2	5,60	56,80	27,62	0,49	9,41	b. d.	0,24	0,01	100,17
Chill_2 PI1_C15perfil2	5,87	57,15	27,18	0,53	8,69	0,01	0,25	0,00	99,66
Chill_2 PI1_C16perfil2	6,54	59,20	25,52	0,81	7,19	b. d.	0,20	b. d.	99,46
Chill_2 PI1_C17perfil2	5,83	57,73	26,86	0,57	8,58	0,01	0,21	0,01	99,80
Chill_2 PI1_C19perfil2	6,12	57,97	26,46	0,61	8,35	0,01	0,23	0,01	99,74
Chill_2 PI1_C20perfil2	5,83	57,65	27,06	0,57	8,62	0,01	0,22	0,02	99,97
Chill_2 PI2_C1	5,13	54,78	28,38	0,42	10,10	0,00	0,25	0,00	99,06
Chill_2 PI2_C2	5,83	60,30	25,37	0,89	7,29	0,00	0,26	b. d.	99,94
Chill_2 PI2_C3	5,55	56,90	27,53	0,49	9,41	0,00	0,26	0,01	100,16
Chill_2 PI2_C4	5,17	55,76	28,29	0,42	10,09	0,02	0,28	b. d.	100,02
Chill_2 PI2_C5	5,97	57,50	27,12	0,54	8,92	0,01	0,25	0,00	100,31
Chill_2 PI2_C6	5,90	57,85	26,87	0,54	8,69	0,01	0,26	0,00	100,12
Chill_2 PI2_C7	5,73	57,05	27,21	0,51	9,04	0,01	0,24	0,02	99,81
Chill_2 PI2_C8	4,95	55,03	28,87	0,34	10,85	0,01	0,25	0,02	100,33

Tabla A1.5: Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_2. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Contenido de An (%)	Na	Si	Al	K	Ca	Mg	Fe	Ti	O	Total
Chill_2 PI1_C1	43,75	3,87	19,96	10,93	0,26	3,21	0,01	0,08	0,01	61,68	100,00
Chill_2 PI1_C2	40,64	4,08	20,07	10,83	0,30	3,00	0,00	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_2 PI1_C3	48,43	3,63	19,57	11,29	0,20	3,60	0,01	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_2 PI1_C1perfil1	43,98	3,82	20,09	10,84	0,23	3,18	0,00	0,09	0,00	61,74	100,00
Chill_2 PI1_C2perfil1	42,96	4,04	19,81	10,99	0,25	3,24	0,00	0,08	0,00	61,58	100,00
Chill_2 PI1_C3perfil1	40,52	4,10	20,09	10,80	0,28	2,99	b. d.	0,09	b. d.	61,65	100,00
Chill_2 PI1_C4perfil1	40,74	4,00	20,23	10,75	0,26	2,93	0,00	0,09	0,00	61,74	100,00
Chill_2 PI1_C5perfil1	40,42	4,10	20,12	10,79	0,29	2,97	b. d.	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_2 PI1_C6perfil1	40,14	4,14	20,19	10,69	0,27	2,95	0,00	0,09	b. d.	61,67	100,00
Chill_2 PI1_C7perfil1	39,69	4,24	20,12	10,68	0,29	2,98	0,00	0,10	b. d.	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C8perfil1	41,90	4,09	19,94	10,90	0,25	3,13	b. d.	0,07	0,00	61,61	100,00
Chill_2 PI1_C9perfil1	49,02	3,59	19,34	11,55	0,20	3,64	0,01	0,07	0,00	61,61	100,00
Chill_2 PI1_C10perfil1	50,76	3,47	19,25	11,63	0,18	3,76	0,00	0,08	0,00	61,62	100,00
Chill_2 PI1_C11perfil1	49,25	3,57	19,40	11,47	0,21	3,66	0,00	0,08	0,00	61,62	100,00
Chill_2 PI1_C12perfil1	46,01	3,78	19,79	11,08	0,22	3,40	0,00	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_2 PI1_C13perfil1	45,46	3,80	19,81	11,08	0,23	3,35	0,00	0,06	0,00	61,67	100,00
Chill_2 PI1_C14perfil1	46,24	3,83	19,60	11,19	0,23	3,49	0,00	0,07	0,00	61,59	100,00
Chill_2 PI1_C15perfil1	40,96	4,16	20,03	10,79	0,27	3,07	0,00	0,06	0,01	61,61	100,00
Chill_2 PI1_C16perfil1	46,99	3,76	19,54	11,30	0,21	3,52	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C17perfil1	47,83	3,65	19,43	11,47	0,21	3,54	0,00	0,07	0,01	61,62	100,00
Chill_2 PI1_C18perfil1	46,09	3,83	19,65	11,16	0,22	3,47	0,00	0,06	0,00	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C19perfil1	42,42	4,04	19,89	10,97	0,25	3,16	0,00	0,08	0,00	61,62	100,00
Chill_2 PI1_C20perfil1	41,40	4,05	20,11	10,77	0,27	3,05	0,00	0,07	0,00	61,67	100,00
Chill_2 PI1_C1perfil2	42,16	4,09	19,90	10,93	0,25	3,16	0,00	0,08	b. d.	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C2perfil2	40,80	4,03	20,23	10,70	0,28	2,97	0,00	0,08	0,00	61,71	100,00
Chill_2 PI1_C3perfil2	41,42	3,99	20,18	10,77	0,26	3,01	0,00	0,08	0,00	61,72	100,00
Chill_2 PI1_C4perfil2	40,83	4,14	19,94	10,94	0,26	3,04	0,00	0,08	b. d.	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C5perfil2	40,98	4,10	20,05	10,82	0,28	3,04	0,00	0,07	b. d.	61,64	100,00
Chill_2 PI1_C6perfil2	43,86	3,86	19,97	10,94	0,25	3,21	0,00	0,08	0,00	61,70	100,00
Chill_2 PI1_C7perfil2	45,73	3,79	19,63	11,26	0,22	3,38	0,00	0,08	0,00	61,63	100,00
Chill_2 PI1_C8perfil2	43,13	3,97	19,83	11,06	0,25	3,20	0,00	0,08	0,00	61,63	100,00
Chill_2 PI1_C9perfil2	36,41	4,31	20,51	10,42	0,33	2,65	b. d.	0,08	0,00	61,70	100,00
Chill_2 PI1_C10perfil2	36,68	4,28	20,54	10,36	0,34	2,68	0,00	0,08	0,00	61,71	100,00
Chill_2 PI1_C11perfil2	34,80	4,55	20,44	10,40	0,35	2,61	0,00	0,06	0,00	61,60	100,00
Chill_2 PI1_C12perfil2	35,27	4,45	20,57	10,29	0,35	2,62	0,00	0,05	0,00	61,66	100,00
Chill_2 PI1_C13perfil2	35,54	4,42	20,61	10,26	0,35	2,63	0,00	0,06	0,00	61,68	100,00
Chill_2 PI1_C14perfil2	46,76	3,75	19,61	11,24	0,22	3,48	b. d.	0,07	0,00	61,63	100,00
Chill_2 PI1_C15perfil2	43,58	3,94	19,80	11,10	0,24	3,23	0,00	0,07	0,00	61,63	100,00
Chill_2 PI1_C16perfil2	35,99	4,39	20,48	10,41	0,36	2,67	b. d.	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_2 PI1_C17perfil2	43,33	3,91	19,96	10,95	0,25	3,18	0,01	0,06	0,00	61,68	100,00
Chill_2 PI1_C19perfil2	41,46	4,10	20,05	10,78	0,27	3,10	0,00	0,07	0,00	61,63	100,00
Chill_2 PI1_C20perfil2	43,41	3,90	19,91	11,01	0,25	3,19	0,01	0,06	0,00	61,67	100,00
Chill_2 PI2_C1	50,84	3,48	19,17	11,70	0,19	3,79	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_2 PI2_C2	38,56	3,89	20,77	10,30	0,39	2,69	0,00	0,08	0,00	61,89	100,00
Chill_2 PI2_C3	46,98	3,71	19,65	11,21	0,22	3,48	0,00	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_2 PI2_C4	50,57	3,48	19,32	11,55	0,19	3,75	0,01	0,08	b. d.	61,63	100,00
Chill_2 PI2_C5	43,79	3,99	19,80	11,01	0,24	3,29	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_2 PI2_C6	43,42	3,95	19,95	10,92	0,24	3,21	0,00	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_2 PI2_C7	45,16	3,85	19,75	11,11	0,22	3,35	0,00	0,07	0,01	61,64	100,00
Chill_2 PI2_C8	53,66	3,32	19,05	11,77	0,15	4,02	0,01	0,07	0,01	61,60	100,00

Tabla A1.6:

Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_2. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	Total
Chill_Encl_1 PI1_C1	6,05	57,02	26,45	0,61	8,22	0,01	0,20	0,01	98,57
Chill_Encl_1 PI1_C2	5,15	54,97	28,16	0,39	10,19	0,01	0,27	0,02	99,16
Chill_Encl_1 PI1_C3	5,74	57,47	27,26	0,49	9,19	0,01	0,22	0,00	100,38
Chill_Encl_1 PI1_C4	5,25	55,94	27,59	0,42	9,96	0,01	0,27	0,01	99,46
Chill_Encl_1 PI1_C1perfil1	5,50	56,55	27,31	0,47	9,20	0,00	0,21	0,01	99,25
Chill_Encl_1 PI1_C2perfil1	5,72	56,46	27,26	0,55	8,85	0,01	0,26	0,01	99,14
Chill_Encl_1 PI1_C3perfil1	5,32	56,16	27,80	0,45	9,42	0,00	0,23	0,01	99,39
Chill_Encl_1 PI1_C4perfil1	5,80	56,58	27,23	0,49	8,94	0,01	0,25	b. d.	99,30
Chill_Encl_1 PI1_C5perfil1	5,69	56,89	27,36	0,54	9,06	b. d.	0,22	0,01	99,74
Chill_Encl_1 PI1_C6perfil1	5,63	56,10	27,54	0,51	9,19	0,01	0,28	0,01	99,27
Chill_Encl_1 PI1_C7perfil1	6,01	57,64	27,18	0,57	8,77	0,01	0,23	0,01	100,42
Chill_Encl_1 PI1_C8perfil1	5,00	55,14	28,65	0,39	10,51	b. d.	0,23	b. d.	99,93
Chill_Encl_1 PI1_C9perfil1	5,45	56,17	27,90	0,44	9,62	0,01	0,29	0,01	99,90
Chill_Encl_1 PI1_C10perfil1	5,97	58,34	26,73	0,63	8,20	0,01	0,20	0,00	100,06
Chill_Encl_1 PI1_C11perfil1	5,89	57,00	26,95	0,58	8,55	0,02	0,23	0,01	99,23
Chill_Encl_1 PI1_C12perfil1	5,88	57,26	26,70	0,56	8,62	0,00	0,28	0,01	99,32
Chill_Encl_1 PI1_C13perfil1	5,77	57,95	27,09	0,57	8,85	0,01	0,27	b. d.	100,51
Chill_Encl_1 PI1_C14perfil1	4,86	55,65	28,78	0,35	10,80	0,01	0,28	b. d.	100,73
Chill_Encl_1 PI1_C15perfil1	6,56	59,30	25,32	0,75	7,07	0,00	0,28	0,00	99,27
Chill_Encl_1 PI1_C1perfil2	5,66	56,72	27,09	0,51	9,07	0,00	0,25	0,01	99,32
Chill_Encl_1 PI1_C2perfil2	5,45	56,01	27,86	0,48	9,74	0,01	0,26	0,01	99,82
Chill_Encl_1 PI1_C3perfil2	5,76	56,35	27,26	0,51	9,18	0,01	0,24	0,02	99,34
Chill_Encl_1 PI1_C4perfil2	5,84	58,34	26,97	0,51	8,76	0,01	0,22	0,02	100,67
Chill_Encl_1 PI1_C5perfil2	5,14	52,69	26,73	0,42	12,12	0,01	0,26	0,02	97,40
Chill_Encl_1 PI1_C6perfil2	5,51	56,74	27,68	0,48	9,23	0,01	0,28	0,01	99,94
Chill_Encl_1 PI1_C7perfil2	5,56	55,86	25,88	0,54	8,20	0,08	0,38	0,02	96,52
Chill_Encl_1 PI1_C8perfil2	6,30	57,40	26,43	0,66	7,96	0,01	0,25	0,02	99,03
Chill_Encl_1 PI1_C9perfil2	6,02	58,20	26,65	0,63	8,25	0,00	0,28	0,00	100,02
Chill_Encl_1 PI1_C10perfil2	5,99	57,79	26,34	0,61	8,13	0,00	0,19	0,01	99,05
Chill_Encl_1 PI1_C11perfil2	5,50	56,72	27,64	0,46	9,50	0,01	0,24	0,02	100,08
Chill_Encl_1 PI1_C13perfil2	5,08	55,65	28,85	0,36	10,60	0,01	0,27	0,02	100,83
Chill_Encl_1 PI1_C15perfil2	4,79	55,11	28,78	0,34	10,76	0,01	0,28	0,01	100,09
Chill_Encl_1 PI5_C1	5,33	56,76	27,33	0,46	9,51	0,01	0,29	0,01	99,70
Chill_Encl_1 PI5_C2	5,67	56,95	27,36	0,50	9,17	0,01	0,27	0,00	99,93
Chill_Encl_1 PI5_C3	5,67	57,57	27,28	0,48	9,31	0,02	0,27	0,01	100,60
Chill_Encl_1 PI5_C4	5,61	58,12	27,09	0,48	8,91	0,01	0,30	0,01	100,53
Chill_Encl_1 PI5_C1perfil	5,22	55,23	28,39	0,36	10,26	0,01	0,26	b. d.	99,72
Chill_Encl_1 PI5_C2perfil	5,32	55,06	28,41	0,42	10,11	0,00	0,28	0,00	99,60
Chill_Encl_1 PI5_C3perfil	5,02	55,88	28,60	0,40	10,29	0,00	0,30	b. d.	100,49
Chill_Encl_1 PI5_C4perfil	5,37	55,81	28,08	0,43	9,69	0,01	0,29	0,01	99,69
Chill_Encl_1 PI5_C5perfil	5,00	54,88	28,74	0,38	10,53	0,01	0,30	0,00	99,84
Chill_Encl_1 PI5_C6perfil	5,30	55,49	28,16	0,44	10,12	0,01	0,29	0,01	99,81
Chill_Encl_1 PI5_C7perfil	5,06	55,79	28,91	0,36	10,59	0,00	0,27	0,01	100,98
Chill_Encl_1 PI5_C8perfil	5,67	56,34	27,08	0,49	9,13	0,07	0,52	0,01	99,31
Chill_Encl_1 PI5_C9perfil	5,50	56,21	27,35	0,52	9,20	0,01	0,26	0,01	99,05
Chill_Encl_1 PI5_C10perfil	5,73	56,75	27,26	0,50	9,09	0,01	0,22	0,02	99,59
Chill_Encl_1 PI5_C11perfil	5,95	57,58	26,50	0,57	8,35	0,01	0,27	0,00	99,21
Chill_Encl_1 PI5_C12perfil	6,35	59,42	26,19	0,68	7,65	0,01	0,32	0,00	100,62
Chill_Encl_1 PI5_C13perfil	5,91	57,66	26,83	0,62	8,22	0,01	0,24	0,02	99,50
Chill_Encl_1 PI5_C14perfil	6,21	58,42	26,18	0,65	7,83	0,01	0,29	0,01	99,60
Chill_Encl_1 PI5_C15perfil	5,79	57,95	27,04	0,58	8,79	0,01	0,27	0,01	100,44
Chill_Encl_1 PI5_C4	5,68	57,93	26,98	0,54	8,74	0,01	0,25	0,02	100,15

Tabla A1.7: Óxidos mayores de muestras de plagioclasa Chill_Encl_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Contenido de An (%)	Na	Si	Al	K	Ca	Mg	Fe	Ti	O	Total
Chill_Encl_1 PI1_C1	41,36	4,10	19,95	10,91	0,27	3,08	0,01	0,06	0,00	61,61	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C2	51,02	3,49	19,22	11,60	0,18	3,82	0,01	0,08	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C3	45,55	3,84	19,79	11,06	0,22	3,39	0,00	0,06	0,00	61,65	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C4	49,90	3,55	19,49	11,33	0,19	3,72	0,00	0,08	0,00	61,65	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C1perfil1	46,67	3,71	19,70	11,21	0,21	3,43	0,00	0,06	0,00	61,67	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C2perfil1	44,57	3,87	19,68	11,20	0,25	3,31	0,01	0,08	0,00	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C3perfil1	48,10	3,59	19,55	11,40	0,20	3,51	0,00	0,07	0,00	61,68	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C4perfil1	44,66	3,91	19,69	11,17	0,22	3,33	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C5perfil1	45,31	3,82	19,71	11,17	0,24	3,36	b. d.	0,06	0,00	61,63	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C6perfil1	46,00	3,80	19,55	11,31	0,23	3,43	0,00	0,08	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C7perfil1	43,15	4,01	19,82	11,02	0,25	3,23	0,00	0,07	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C8perfil1	52,50	3,36	19,14	11,73	0,18	3,91	b. d.	0,07	b. d.	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C9perfil1	48,10	3,66	19,47	11,40	0,20	3,57	0,01	0,08	0,00	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C10perfil1	41,54	3,99	20,10	10,85	0,28	3,03	0,00	0,06	0,00	61,70	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C11perfil1	42,96	3,97	19,83	11,05	0,26	3,19	0,01	0,07	0,00	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C12perfil1	43,23	3,97	19,91	10,94	0,25	3,21	0,00	0,08	0,00	61,64	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C13perfil1	44,32	3,85	19,92	10,97	0,25	3,26	0,00	0,08	0,00	61,68	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C14perfil1	53,97	3,25	19,18	11,69	0,15	3,99	0,01	0,08	b. d.	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C15perfil1	35,67	4,40	20,55	10,34	0,33	2,63	0,00	0,08	0,00	61,67	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C2perfil2	45,50	3,82	19,74	11,11	0,23	3,38	0,00	0,07	0,00	61,64	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C2perfil2	48,27	3,67	19,43	11,39	0,21	3,62	0,01	0,08	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C3perfil2	45,42	3,89	19,62	11,19	0,23	3,42	0,00	0,07	0,01	61,58	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C4perfil2	43,93	3,88	20,00	10,90	0,22	3,22	0,00	0,06	0,01	61,70	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C5perfil2	55,28	3,57	18,88	11,29	0,19	4,65	0,01	0,08	0,01	61,32	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C6perfil2	46,66	3,70	19,63	11,29	0,21	3,42	0,00	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C7perfil2	43,36	3,86	19,98	10,91	0,25	3,14	0,04	0,11	0,00	61,70	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C8perfil2	39,51	4,25	19,99	10,85	0,29	2,97	0,01	0,07	0,01	61,57	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C9perfil2	41,47	4,03	20,07	10,83	0,28	3,05	0,00	0,08	0,00	61,67	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C10perfil2	41,27	4,04	20,11	10,80	0,27	3,03	0,00	0,06	0,00	61,68	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C11perfil2	47,51	3,68	19,61	11,26	0,20	3,52	0,01	0,07	0,00	61,65	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C13perfil2	52,40	3,39	19,15	11,70	0,16	3,91	0,00	0,08	0,00	61,61	100,00
Chill_Encl_1 PI1_C15perfil2	54,24	3,22	19,12	11,77	0,15	4,00	0,01	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C1	48,29	3,59	19,70	11,18	0,20	3,54	0,00	0,08	0,00	61,70	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C2	45,80	3,80	19,70	11,16	0,22	3,40	0,00	0,08	0,00	61,64	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C3	46,21	3,78	19,79	11,05	0,21	3,43	0,01	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C4	45,37	3,74	19,97	10,97	0,21	3,28	0,01	0,09	0,00	61,74	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C1perfil	50,97	3,52	19,20	11,63	0,16	3,82	0,00	0,08	0,00	61,59	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C2perfil	49,97	3,59	19,17	11,65	0,19	3,77	0,00	0,08	0,00	61,55	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C3perfil	51,83	3,36	19,28	11,63	0,18	3,80	0,00	0,09	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C4perfil	48,66	3,62	19,39	11,50	0,19	3,61	0,00	0,09	0,00	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C5perfil	52,59	3,37	19,08	11,77	0,17	3,92	0,01	0,09	0,00	61,60	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C6perfil	49,99	3,57	19,27	11,53	0,20	3,76	0,00	0,08	0,00	61,58	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C7perfil	52,52	3,37	19,17	11,70	0,16	3,90	0,00	0,08	0,00	61,63	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C8perfil	45,70	3,83	19,64	11,13	0,22	3,41	0,04	0,15	0,00	61,59	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C9perfil	46,56	3,72	19,63	11,26	0,23	3,44	0,00	0,08	0,00	61,64	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C10perfil	45,32	3,86	19,70	11,15	0,22	3,38	0,01	0,07	0,01	61,62	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C11perfil	42,19	4,01	20,02	10,86	0,25	3,11	0,00	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C12perfil	38,33	4,22	20,34	10,57	0,30	2,81	0,00	0,09	0,00	61,68	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C13perfil	41,85	3,97	19,99	10,96	0,27	3,05	0,01	0,07	0,01	61,68	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C14perfil	39,45	4,17	20,21	10,68	0,29	2,90	0,00	0,08	0,00	61,66	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C15perfil	44,05	3,86	19,93	10,96	0,25	3,24	0,01	0,08	0,00	61,67	100,00
Chill_Encl_1 PI5_C4	44,45	3,80	19,97	10,96	0,24	3,23	0,00	0,07	0,00	61,72	100,00

Tabla A1.8: Óxidos mayores y porcentaje de An de muestras de plagioclasa Chill_Encl_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %. Valores con b.d. indican valores no medidos.

Muestra	Na ₂ O	MgO	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO	Cl	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Total
Chill_1 Amp1_C1	1,21	14,20	47,96	0,66	11,11	0,46	15,05	0,09	6,69	1,36	98,81
Chill_1 Amp1_C2	0,88	15,70	51,17	0,40	11,05	0,37	13,56	0,06	4,57	0,88	98,63
Chill_1 Amp1_C3	1,37	13,33	46,25	0,76	11,09	0,41	15,33	0,12	7,94	1,60	98,22
Chill_1 Amp1_C4	1,18	13,85	47,46	0,78	11,35	0,39	15,14	0,11	7,74	1,28	99,29
Chill_1 Amp1_C5	1,13	14,77	48,47	0,68	11,30	0,34	14,03	0,07	7,16	1,31	99,26
Chill_1 Amp2_C1	1,22	12,77	45,46	0,89	11,20	0,38	16,29	0,11	8,28	1,60	98,19
Chill_1 Amp2_C2	1,23	13,65	46,91	0,66	11,08	0,37	15,33	0,07	7,78	1,53	98,61
Chill_1 Amp2_C3	1,20	13,28	46,83	0,72	11,31	0,49	15,85	0,09	7,73	1,60	99,10
Chill_1 Amp2_C4	1,25	13,12	46,68	0,84	11,29	0,40	16,35	0,09	7,88	1,62	99,51
Chill_1 Amp2_C5	1,18	14,64	46,27	0,64	10,94	0,31	13,27	0,08	7,43	1,33	96,10
Chill_1 Amp3_C1	1,43	13,32	45,15	0,77	11,08	0,38	14,82	0,06	9,03	1,86	97,89
Chill_1 Amp3_C2	1,59	12,45	43,45	1,01	11,24	0,30	15,59	0,06	10,50	2,13	98,32
Chill_1 Amp3_C3	1,43	13,06	47,00	0,82	10,87	0,30	14,63	0,06	9,36	1,60	99,13
Chill_1 Amp3_C4	1,46	13,57	46,78	0,76	10,91	0,30	14,48	0,06	9,08	2,01	99,41
Chill_1 Amp3_C5	1,54	13,19	45,06	0,82	11,02	0,32	15,15	0,06	9,45	2,31	98,92
Chill_1 Amp3_C6	1,30	14,11	46,24	0,68	11,22	0,30	14,54	0,06	8,00	1,61	98,06
Chill_1 Amp4_C1	1,18	13,02	46,12	0,94	11,23	0,40	15,83	0,13	8,21	1,38	98,43
Chill_1 Amp4_C2	1,16	13,49	46,98	0,89	11,11	0,50	16,04	0,15	7,52	1,28	99,12
Chill_1 Amp4_C3	1,07	14,46	47,93	0,67	11,11	0,54	15,35	0,12	6,41	1,09	98,73
Chill_1 Amp4_C4	1,26	13,57	49,02	0,87	10,67	0,53	14,39	0,13	6,90	1,08	98,41
Chill_1 Amp4_C5	1,05	14,24	48,38	0,66	11,10	0,47	15,35	0,08	6,52	1,07	98,92
Chill_1 Amp4_C6	1,24	13,07	46,80	0,87	11,02	0,51	16,32	0,17	7,82	1,38	99,20

Tabla A1.9: Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt % .

Muestra	Na	Mg	Si	K	Ca	Mn	Fe	Cl	Al	Ti	O	Total
Chill_1 Amp1_C1	0,89	8,03	18,18	0,32	4,52	0,15	4,77	0,06	2,99	0,39	59,70	100,00
Chill_1 Amp1_C2	0,64	8,79	19,23	0,19	4,45	0,12	4,26	0,04	2,02	0,25	60,02	100,00
Chill_1 Amp1_C3	1,02	7,61	17,70	0,37	4,55	0,13	4,91	0,08	3,58	0,46	59,59	100,00
Chill_1 Amp1_C4	0,87	7,80	17,92	0,38	4,59	0,13	4,78	0,07	3,45	0,37	59,66	100,00
Chill_1 Amp1_C5	0,82	8,27	18,19	0,33	4,54	0,11	4,40	0,04	3,17	0,37	59,76	100,00
Chill_1 Amp2_C1	0,91	7,33	17,50	0,44	4,62	0,12	5,25	0,07	3,76	0,46	59,55	100,00
Chill_1 Amp2_C2	0,91	7,75	17,85	0,32	4,52	0,12	4,88	0,05	3,49	0,44	59,69	100,00
Chill_1 Amp2_C3	0,89	7,53	17,80	0,35	4,61	0,16	5,04	0,06	3,46	0,46	59,66	100,00
Chill_1 Amp2_C4	0,92	7,42	17,71	0,40	4,59	0,13	5,19	0,06	3,52	0,46	59,61	100,00
Chill_1 Amp2_C5	0,89	8,45	17,91	0,32	4,54	0,10	4,30	0,05	3,39	0,39	59,67	100,00
Chill_1 Amp3_C1	1,06	7,61	17,31	0,38	4,55	0,12	4,75	0,04	4,08	0,54	59,56	100,00
Chill_1 Amp3_C2	1,18	7,12	16,68	0,49	4,62	0,10	5,01	0,04	4,75	0,62	59,39	100,00
Chill_1 Amp3_C3	1,05	7,34	17,72	0,40	4,39	0,10	4,61	0,04	4,16	0,45	59,75	100,00
Chill_1 Amp3_C4	1,07	7,60	17,59	0,36	4,39	0,10	4,55	0,04	4,02	0,57	59,71	100,00
Chill_1 Amp3_C5	1,13	7,47	17,12	0,40	4,49	0,10	4,81	0,04	4,23	0,66	59,55	100,00
Chill_1 Amp3_C6	0,96	8,03	17,65	0,33	4,59	0,10	4,64	0,04	3,60	0,46	59,61	100,00
Chill_1 Amp4_C1	0,87	7,44	17,66	0,46	4,61	0,13	5,07	0,08	3,71	0,40	59,58	100,00
Chill_1 Amp4_C2	0,85	7,65	17,86	0,43	4,53	0,16	5,10	0,10	3,37	0,37	59,59	100,00
Chill_1 Amp4_C3	0,79	8,19	18,21	0,32	4,52	0,17	4,88	0,08	2,87	0,31	59,66	100,00
Chill_1 Amp4_C4	0,93	7,67	18,59	0,42	4,34	0,17	4,57	0,08	3,09	0,31	59,84	100,00
Chill_1 Amp4_C5	0,77	8,05	18,33	0,32	4,51	0,15	4,87	0,05	2,91	0,30	59,75	100,00
Chill_1 Amp4_C6	0,92	7,41	17,81	0,42	4,49	0,16	5,19	0,11	3,51	0,40	59,59	100,00

Tabla A1.10: Óxidos mayores en Chill_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %.

Muestra	Na ₂ O	MgO	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO	Cl	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Total
Chill_2 Clot_C2	1,96	15,04	43,34	0,69	10,78	0,21	12,05	0,03	12,26	1,30	97,65
Chill_2 Amp3_C1	1,15	14,29	46,42	0,71	11,20	0,37	14,48	0,07	7,48	1,34	97,51
Chill_2 Amp3_C2	1,51	12,82	44,87	0,86	11,09	0,36	15,86	0,08	9,61	1,87	98,92
Chill_2 Amp3_C3	1,41	13,26	45,44	0,89	11,18	0,39	15,59	0,09	9,08	1,60	98,92
Chill_2 Amp3_C4	1,07	14,39	47,88	0,66	11,25	0,40	14,65	0,10	6,92	1,22	98,52
Chill_2 Amp4_C1	1,31	13,70	46,64	0,72	11,17	0,39	14,89	0,08	8,29	1,70	98,88
Chill_2 Amp4_C2	1,56	13,64	45,85	0,84	11,08	0,34	15,41	0,09	9,23	1,95	99,97
Chill_2 Amp4_C3	1,47	13,99	46,44	0,75	11,16	0,37	14,67	0,09	8,84	1,79	99,56
Chill_2 Amp4_C4	1,33	13,70	46,67	0,87	11,03	0,39	14,37	0,09	8,38	1,61	98,42
Chill_2 Amp4_C5	1,30	14,75	47,13	0,65	11,46	0,34	13,50	0,07	7,99	1,51	98,69
Chill_2 Amp4_C6	1,21	14,17	47,30	0,81	11,22	0,27	14,25	0,09	7,84	1,40	98,55
Chill_2 Amp4_C7	1,35	13,92	46,53	0,81	11,15	0,40	14,82	0,08	8,39	1,69	99,12

Tabla A1.11: Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_2. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt % .

Muestra	Na	Mg	Si	K	Ca	Mn	Fe	Cl	Al	Ti	O	Total
Chill_2 Clot_C2	1,43	8,47	16,38	0,33	4,37	0,07	3,81	0,02	5,46	0,37	59,29	100,00
Chill_2 Amp3_C1	0,86	8,17	17,82	0,35	4,61	0,12	4,65	0,05	3,38	0,39	59,62	100,00
Chill_2 Amp3_C2	1,12	7,28	17,10	0,42	4,53	0,12	5,05	0,05	4,32	0,54	59,49	100,00
Chill_2 Amp3_C3	1,04	7,52	17,29	0,43	4,56	0,13	4,96	0,06	4,07	0,46	59,49	100,00
Chill_2 Amp3_C4	0,79	8,14	18,17	0,32	4,57	0,13	4,65	0,06	3,10	0,35	59,73	100,00
Chill_2 Amp4_C1	0,96	7,74	17,68	0,35	4,54	0,13	4,72	0,05	3,70	0,48	59,65	100,00
Chill_2 Amp4_C2	1,13	7,64	17,23	0,40	4,46	0,11	4,84	0,06	4,09	0,55	59,50	100,00
Chill_2 Amp4_C3	1,07	7,84	17,46	0,36	4,50	0,12	4,61	0,06	3,92	0,51	59,58	100,00
Chill_2 Amp4_C4	0,98	7,76	17,74	0,42	4,49	0,12	4,57	0,06	3,75	0,46	59,66	100,00
Chill_2 Amp4_C5	0,95	8,29	17,77	0,31	4,63	0,11	4,26	0,04	3,55	0,43	59,65	100,00
Chill_2 Amp4_C6	0,89	8,00	17,92	0,39	4,56	0,09	4,51	0,06	3,50	0,40	59,69	100,00
Chill_2 Amp4_C7	0,99	7,84	17,59	0,39	4,52	0,13	4,69	0,05	3,74	0,48	59,60	100,00

Tabla A1.12: Óxidos mayores en Chill_2. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt % .

Muestra	Na ₂ O	MgO	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO	Cl	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Total
Chill_Encl_1 Amp2_C1	1,60	12,13	53,28	1,17	9,18	0,24	10,61	0,07	7,81	0,84	96,93
Chill_Encl_1 Amp2_C2	1,51	13,41	44,77	0,66	11,10	0,25	14,90	0,07	9,47	1,47	97,60
Chill_Encl_1 Amp2_C3	1,12	15,17	48,41	0,55	11,12	0,32	13,26	0,08	6,96	1,11	98,08
Chill_Encl_1 Amp2_C4	0,96	16,04	50,65	0,39	11,17	0,37	12,77	0,05	5,77	0,84	99,01
Chill_Encl_1 Amp2_C5	1,25	14,27	47,16	0,59	11,08	0,32	14,18	0,08	7,90	1,13	97,95
Chill_Encl_1 Amp2_C6	1,30	14,25	45,69	0,75	11,08	0,32	14,18	0,07	8,39	1,48	97,52
Chill_Encl_1 Amp3_C8	1,20	13,80	46,78	0,73	11,17	0,37	15,37	0,08	7,83	1,31	98,63
Chill_Encl_1 Amp3_C9	1,33	12,39	49,56	1,20	9,04	0,31	17,26	0,07	7,42	1,08	99,65
Chill_Encl_1 Amp4_C1	1,35	13,72	46,19	0,78	11,02	0,44	14,29	0,09	8,01	1,96	97,86
Chill_Encl_1 Amp4_C2	1,15	14,45	48,70	0,58	11,16	0,39	14,19	0,09	6,83	1,43	98,97
Chill_Encl_1 Amp4_C3	1,29	13,72	46,50	0,73	10,99	0,41	14,62	0,10	7,54	1,66	97,57
Chill_Encl_1 Amp4_C4	1,19	14,47	47,42	0,67	11,06	0,41	13,97	0,11	6,84	1,34	97,47
Chill_Encl_1 Amp4_C5	1,41	12,80	45,28	0,79	11,09	0,39	15,57	0,12	8,50	1,85	97,80
Chill_Encl_1 Amp4_C6	1,34	13,87	46,08	0,79	11,11	0,33	13,89	0,08	8,58	1,63	97,68
Chill_Encl_1 Clot1_C1	1,26	14,66	46,74	0,76	11,05	0,34	14,07	0,08	7,98	1,55	98,49
Chill_Encl_1 Clot1_C6	1,55	15,05	45,68	0,66	10,44	0,31	13,30	0,05	9,35	1,95	98,35

Tabla A1.13: Óxidos mayores de muestras de anfíbol en Chill_Encl_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %.

Muestra	Na	Mg	Si	K	Ca	Mn	Fe	Cl	Al	Ti	O	Total
Chill_Encl_1 Amp2_C1	1,17	6,81	20,05	0,56	3,70	0,08	3,34	0,05	3,46	0,24	60,55	100,00
Chill_Encl_1 Amp2_C2	1,12	7,68	17,19	0,32	4,57	0,08	4,78	0,05	4,29	0,42	59,50	100,00
Chill_Encl_1 Amp2_C3	0,82	8,55	18,31	0,26	4,51	0,10	4,20	0,05	3,10	0,31	59,79	100,00
Chill_Encl_1 Amp2_C4	0,69	8,92	18,88	0,19	4,46	0,12	3,98	0,03	2,53	0,24	59,96	100,00
Chill_Encl_1 Amp2_C5	0,93	8,10	17,95	0,29	4,52	0,10	4,51	0,05	3,54	0,32	59,70	100,00
Chill_Encl_1 Amp2_C6	0,96	8,14	17,51	0,37	4,55	0,11	4,54	0,05	3,79	0,43	59,56	100,00
Chill_Encl_1 Amp3_C8	0,88	7,83	17,80	0,35	4,56	0,12	4,89	0,05	3,51	0,37	59,63	100,00
Chill_Encl_1 Amp3_C9	0,97	6,97	18,71	0,58	3,66	0,10	5,45	0,04	3,30	0,31	59,92	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C1	1,00	7,83	17,67	0,38	4,52	0,14	4,57	0,06	3,61	0,57	59,65	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C2	0,84	8,12	18,35	0,28	4,51	0,12	4,47	0,06	3,03	0,41	59,83	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C3	0,96	7,86	17,85	0,36	4,52	0,13	4,70	0,07	3,41	0,48	59,66	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C4	0,88	8,26	18,15	0,33	4,54	0,13	4,47	0,07	3,09	0,39	59,70	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C5	1,06	7,35	17,45	0,39	4,58	0,13	5,02	0,08	3,86	0,54	59,56	100,00
Chill_Encl_1 Amp4_C6	0,99	7,90	17,61	0,38	4,55	0,11	4,44	0,05	3,86	0,47	59,64	100,00
Chill_Encl_1 Clot1_C1	0,93	8,28	17,71	0,37	4,48	0,11	4,46	0,05	3,57	0,44	59,62	100,00
Chill_Encl_1 Clot1_C6	1,13	8,47	17,25	0,32	4,22	0,10	4,20	0,04	4,16	0,55	59,56	100,00

Tabla A1.14: Óxidos mayores en Chill_Encl_1. Medidos en microsonda electrónica. Unidad de medida: wt %.

Tabla A1.15: Datos de roca total de trabajos anteriores. LOI: Lost on ignition

Autor	Estructura	Código	Tipo de análisis	Unidad	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	K ₂ O	CaO	FeOt	MnO	P ₂ O ₅	LOI	Total
De Silva et al. (1994)	Chillahuita	84054	XRF	Dacita	68,79	15,46	3,42	1,54	0,49	3,66	3,42	3,07	0,06	0,10		100,01
Tierney(2011)	Chillahuita	Primary Lava 09002CT	XRF	Lava Primaria	68,82	15,24	3,40	1,56	0,47	3,82	3,43	3,09	0,06	0,12		100,01
De Silva et al. (1994)	Chao	Chao II 88068	XRF	Enclaves	60,31	17,30	3,09	3,76	0,87	2,39	5,83	6,14	0,09	0,23		100,01
De Silva et al. (1994)	Chascón Runtu-Jarita	Dome C CCC10	XRF	Enclaves	64,13	16,80	3,44	2,15	0,74	3,51	4,75	5,23	0,07	0,17		100,99
De Silva et al. (1994)	Chascón Runtu-Jarita	Dome C CCC14	XRF	Enclaves	64,32	16,53	3,47	2,11	0,72	3,54	4,82	5,17	0,07	0,17		100,92
De Silva et al. (1994)	Chascón Runtu-Jarita	Dome F CCC31	XRF	Enclaves	63,20	16,54	3,45	1,99	0,72	3,46	4,68	5,00	0,07	0,17		99,28
Taussi et al. (2019)	Chanka	CKA1a_ch	XRF	Enclave (A)	59,62	16,38	3,60	3,32	0,83	2,48	5,57	6,18	0,09	0,29	1,09	99,45
Taussi et al. (2019)	Chanka	CKA1a_sc	XRF	Enclave (A)	59,99	15,85	3,56	3,37	0,84	2,42	5,62	6,11	0,09	0,28	1,55	99,68
Taussi et al. (2019)	Chac-Inca	C-INKA1f	XRF	Enclave (A)	61,02	16,03	3,84	3,29	0,78	2,38	5,54	5,63	0,08	0,22	1,29	100,10
Taussi et al. (2019)	Cerro Pabellón	ICP22	XRF	Enclave (A)	61,69	16,46	3,70	3,10	0,82	2,48	5,32	5,93	0,08	0,22	0,96	100,76
Taussi et al. (2019)	Cerro Pabellón	AA001	XRF	Enclave (B)	57,33	17,06	3,42	3,66	0,89	2,60	5,72	6,22	0,09	0,25	1,89	99,13
Taussi et al. (2019)	Cerro Pabellón	ICP16	XRF	Enclave (B)	57,33	15,98	3,14	4,68	0,76	2,33	6,84	7,35	0,11	0,20	1,16	99,88
Taussi et al. (2019)	Cerro Pabellón	ICP24	XRF	Enclave (B)	57,23	16,22	3,25	4,01	0,78	2,29	6,57	7,31	0,11	0,17	1,01	98,95
Taussi et al. (2019)	Cerro Pabellón	CPAB-ENC-1	XRF	Enclave (B)	57,06	16,77	3,50	4,01	0,84	2,26	6,32	6,65	0,09	0,24	1,19	98,93

Anexo 2. Geotermobarometría

Tabla A2.1: Resultados termobarometría de anfíbol. Promedios (Celeste), menor valor (verde), mayor valor (amarillo).

Anfíbol	T (°C)	σ_{est}	P (Mpa)	$\log fO_2$	σ_{est}	H ₂ O _{melt} wt. %	σ_{est}	ΔNNO	Profundidad (km)
Chill_1 Amp1_C1	794,71	22	114,47	-12,74	0,4	4,99	0,4	1,23	4,85
Chill_1 Amp1_C3	813,70	22	147,41	-12,40	0,4	5,17	0,4	1,15	6,10
Chill_1 Amp2_C1	805,82	22	154,25	-12,21	0,4	5,59	0,4	1,51	6,36
Chill_1 Amp2_C2	805,43	22	141,36	-12,76	0,4	5,32	0,4	0,96	5,88
Chill_1 Amp2_C3	809,61	22	139,91	-12,84	0,4	5,01	0,4	0,80	5,82
Chill_1 Amp2_C5	809,30	22	140,55	-11,81	0,4	5,29	0,4	1,84	5,85
Chill_1 Amp3_C1	843,08	22	191,52	-11,68	0,4	5,23	0,4	1,26	7,71
Chill_1 Amp3_C2	859,09	22	251,50	-10,75	0,4	5,90	0,4	1,86	9,80
Chill_1 Amp3_C3	816,30	22	197,26	-12,63	0,4	6,22	0,4	0,85	7,91
Chill_1 Amp3_C5	856,58	22	205,85	-11,69	0,4	5,00	0,4	0,99	8,22
Chill_1 Amp3_C6	814,98	22	148,16	-11,97	0,4	5,41	0,4	1,56	6,13
Chill_1 Amp4_C1	797,90	22	153,10	-12,13	0,4	5,76	0,4	1,75	6,31
Chill_1 Amp4_C3	792,84	22	110,91	-11,82	0,4	5,57	0,4	2,19	4,71
Chill_2 Amp3_C1	805,30	22	136,46	-11,74	0,4	5,48	0,4	1,99	5,69
Chill_2 Amp3_C2	843,24	22	208,26	-11,54	0,4	5,55	0,4	1,40	8,30
Chill_2 Amp3_C3	830,38	22	187,08	-11,37	0,4	5,52	0,4	1,82	7,55
Chill_2 Amp3_C4	787,41	22	118,95	-12,72	0,4	5,25	0,4	1,40	5,02
Chill_2 Amp4_C1	822,02	22	159,83	-12,32	0,4	5,20	0,4	1,06	6,56
Chill_2 Amp4_C4	819,73	22	167,11	-11,97	0,4	5,26	0,4	1,45	6,83
Chill_2 Amp4_C5	818,05	22	149,33	-11,81	0,4	5,39	0,4	1,66	6,17
Chill_2 Amp4_C6	793,23	22	141,23	-12,20	0,4	5,85	0,4	1,79	5,87
Chill_2 Clot_C2	913,52	22	425,46	-8,16	0,4	6,56	0,4	3,40	15,80
Chill_Encl_1 Amp2_C2	831,31	22	199,62	-11,42	0,4	6,39	0,4	1,75	8,00
Chill_Encl_1 Amp2_C3	789,75	22	122,58	-12,57	0,4	5,44	0,4	1,50	5,16
Chill_Encl_1 Amp2_C5	799,85	22	146,19	-12,36	0,4	5,91	0,4	1,49	6,06
Chill_Encl_1 Amp2_C6	825,40	22	167,71	-11,24	0,4	5,41	0,4	2,06	6,85
Chill_Encl_1 Amp3_C8	800,15	22	141,98	-12,28	0,4	5,55	0,4	1,56	5,90
Chill_Encl_1 Amp4_C1	835,70	22	159,15	-12,15	0,4	4,56	0,4	0,95	6,54
Chill_Encl_1 Amp4_C2	790,60	22	117,20	-13,37	0,4	5,06	0,4	0,69	4,96
Chill_Encl_1 Amp4_C3	814,54	22	140,26	-12,47	0,4	4,87	0,4	1,07	5,83
Chill_Encl_1 Amp4_C4	798,97	22	121,44	-12,47	0,4	4,89	0,4	1,40	5,12
Chill_Encl_1 Amp4_C5	825,70	22	165,94	-12,33	0,4	5,26	0,4	0,97	6,79
Chill_Encl_1 Amp4_C6	824,47	22	173,76	-11,74	0,4	5,53	0,4	1,58	7,07
Chill_Encl_1 Clot1_C1	822,51	22	154,89	-11,47	0,4	5,01	0,4	1,90	6,38
Chill_Encl_1 Clot1_C6	878,02	22	225,17	-10,59	0,4	4,47	0,4	1,68	8,89
Promedios	819,69		166,45	-11,93		5,63		1,54	6,77
Dato Menor	787,41		110,91	-13,37		4,47		0,69	4,71
Dato Mayor	913,52		425,46	-8,16		6,56		3,40	15,80

Tabla A2.2: Muestras de anfíbol con resultados inválidos para termobarometría.

Anfíbol	Fail Msg
Chill_1 Amp1_C2	Low B Cations
Chill_1 Amp1_C4	Recalc Total>102
Chill_1 Amp1_C5	Recalc Total>102
Chill_1 Amp2_C4	Recalc Total>102
Chill_1 Amp3_C4	Recalc Total>102
Chill_1 Amp4_C2	Recalc Total>102
Chill_1 Amp4_C4	Low B Cations
Chill_1 Amp4_C5	Low B Cations
Chill_1 Amp4_C6	Recalc Total>102
Chill_2 Amp4_C2	Recalc Total>102
Chill_2 Amp4_C3	Recalc Total>102
Chill_2 Amp4_C7	Recalc Total>102
Chill_Encl_1 Amp2_C1	Low B Cations
Chill_Encl_1 Amp2_C4	Low B Cations
Chill_Encl_1 Amp3_C9	Low B Cations

Tabla A2.3: Resultados prueba de equilibrio plagioclasa-líquido. Basado en los cálculos de Putirka (2008). Pares plagioclasa (PI) e inclusiones vítreas (M) o vidrio (G) de este estudio. K_D corresponde a la constante de equilibrio para $T < 1050^\circ\text{C}$.

Plagioclasa	Líquido	TP08a	T ($^\circ\text{C}$) sat	TP08b	$K_D(\text{Ab-An})$	$K_D = 0.1 \pm 0.05$
Chill_1 PI1_C4	CHILL-1 PI1_M4	830,28	839,90	795,80	0,05	Si
Chill_1 PI4_C2	CHILL-1 PI4_G	837,06	842,15	809,60	0,05	Si
Chill_1 PI5_C5	CHILL-1 PI5_G	832,68	837,75	800,37	0,05	Si
Chill_2 PI1_C2	CHILL-2 PI1_G	831,33	837,56	797,65	0,05	Si
Chill_1 PI1_C2	CHILL-1 PI1_M2	829,14	839,82	797,78	0,04	No
Chill_1 PI1_C3	CHILL-1 PI1_M3	827,53		795,76	0,04	No
Chill_1 PI1_C5	CHILL-1 PI1_M5	820,65	838,10	788,47	0,03	No
Chill_1 PI2_C1	CHILL-1 PI2_M1	818,85	841,70	779,55	0,03	No
Chill_1 PI3_C1	CHILL-1 PI3_M1	822,00	835,66	790,40	0,03	No
Chill_1 PI3_C2	CHILL-1 PI3_M2	815,31	835,86	780,83	0,03	No
Chill_1 PI3_C3	CHILL-1 PI3_M3	821,71	832,09	788,26	0,03	No
Chill_1 PI4_C1	CHILL-1 PI4_M1	811,80	827,45	776,71	0,03	No
Chill_1 PI4_C2	CHILL-1 PI4_M2	917,46	915,70	906,02	0,17	No
Chill_2 PI1_C1	CHILL-2 PI1_M1	829,78	832,92	795,13	0,04	No
Chill_2 PI2_C1	CHILL-2 PI2_M1	812,31	819,91	775,85	0,02	No
Chill_2 PI2_C2	CHILL-2 PI2_M2	810,41	829,28	770,56	0,03	No
Chill_2 PI2_C3	CHILL-2 PI2_M3	822,04	834,63	787,21	0,03	No
Chill_2 PI2_C6	CHILL-2 PI2_G	821,95	839,47	786,91	0,03	No
Chill_Enc1_1 PI1_C1	CHILL_Enc1_1 PI1_M1	821,46	837,86	790,30	0,03	No
Chill_Enc1_1 PI1_C2	CHILL_Enc1_1 PI1_M2	826,18	829,91	794,77	0,02	No
Chill_Enc1_1 PI1_C2	CHILL_Enc1_1 PI1_G	844,56	840,97	815,53	0,03	No
Chill_Enc1_1 PI5_C1	CHILL_Enc1_1 PI5_M1	794,87	803,32	750,75	0,02	No
Chill_Enc1_1 PI5_C2	CHILL_Enc1_1 PI5_M2	801,54	817,56	764,55	0,02	No