

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Formulación del estudio propuesto | 1 |
| 1.2 Hipótesis de trabajo | 2 |
| 1.3 Objetivos..... | 3 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.4 Metodología | 4 |
| 1.4.1 Metodología asociada al objetivo específico 1 y 2..... | 4 |
| 1.4.2 Metodología asociada al objetivo específico 3..... | 4 |
| 1.5 Ubicación y accesos | 5 |
| 1.5.1 Complejo Volcánico Lonquimay | 5 |
| 1.5.2 Volcán Calbuco..... | 5 |
| CAPÍTULO 2 MARCO GEOLÓGICO | 7 |
| 2.1 Antecedentes generales..... | 7 |
| 2.2 Complejo Volcánico Lonquimay (CVL) | 8 |
| 2.2.1 Basamento del Complejo Volcánico Lonquimay | 8 |
| 2.2.1.1 Rocas estratificadas..... | 8 |
| 2.2.1.2 Rocas Intrusivas..... | 10 |
| 2.2.3 Geología del Complejo Volcánico Lonquimay | 11 |
| 2.3 Volcán Calbuco..... | 14 |
| 2.3.1 Basamento del volcán Calbuco | 15 |
| 2.3.1.1 Rocas estratificadas..... | 15 |
| 2.3.1.2 Rocas metamórficas y plutónicas (Paleozoico Superior) | 16 |
| 2.3.1.3 Granitoides del Batolito Norpatagónico (Mioceno inferior a medio) | 16 |
| 2.3.2 Geología del volcán Calbuco..... | 16 |
| CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 3.1 Antecedentes..... | 19 |
| 3.2 Clasificación de estilos eruptivos | 19 |
| 3.3.1 Erupciones estrombolianas..... | 21 |
| 3.3.2 Erupciones plinianas | 23 |
| 3.3 Fase volátil..... | 25 |
| 3.3.1 Nucleación de burbujas..... | 25 |
| 3.3.2 Crecimiento de burbujas | 26 |
| 3.3.3 Flujo de dos fases | 26 |
| 3.3.2 Distribución de tamaño de burbujas..... | 28 |
| 3.4 Cristalización | 31 |

| | |
|---|------------|
| 3.4.1 Distribución de tamaño de cristales (CSD)..... | 32 |
| 3.5 Modelamiento del flujo volcánico en Conflow..... | 34 |
| CAPÍTULO 4 CRONOLOGÍA ERUPTIVA | 37 |
| 4.1 Erupción del Complejo Volcánico Lonquimay de 1988-90..... | 37 |
| 4.2 Erupción del volcán Calbuco de 2015 | 40 |
| CAPÍTULO 5 RESULTADOS..... | 45 |
| 5.1 Petrografía:..... | 45 |
| 5.1.1 Complejo Volcánico Lonquimay (CVL)..... | 45 |
| 5.1.2 Volcán Calbuco | 48 |
| 5.2 Distribución de tamaño de cristales | 53 |
| 5.2.1 Complejo Volcánico Lonquimay (CVL)..... | 54 |
| 5.2.2 Volcán Calbuco | 57 |
| 5.3 Distribución de tamaño de vesículas | 60 |
| 5.4 Geoquímica..... | 63 |
| 5.4.1 Elementos mayoritarios..... | 63 |
| 5.4.2 Geoquímica mineral..... | 64 |
| 5.4.2.1 Plagioclasa | 64 |
| 5.4.2.2 Vidrio | 65 |
| 5.4.2.3 Zonaciones | 66 |
| 5.5 Cálculo de parámetros magmáticos | 68 |
| 5.5.1 Termobarometría | 68 |
| 5.5.2 Viscosidad | 73 |
| 5.6 Modelamiento en Conflow..... | 74 |
| 5.7 Resumen de resultados..... | 78 |
| CAPÍTULO 6 DISCUSIONES | 79 |
| 6.1 Parámetros magmáticos..... | 79 |
| 6.2 Mezcla de magmas | 83 |
| 6.3 Conflow - criterios de fragmentación..... | 84 |
| CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES..... | 89 |
| BIBLIOGRAFÍA | 91 |
| ANEXO A: MAPAS GEOLÓGICOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO..... | 104 |
| ANEXO B: DATOS GEOQUÍMICOS | 107 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.1 UBICACIÓN Y ACCESOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO | 6 |
| FIGURA 2.1 MAPA GEOLÓGICO DEL CVL | 14 |
| FIGURA 3.1 DISTINTOS TIPOS DE CLASIFICACION DE ESTILOS ERUPTIVOS | 20 |
| FIGURA 3.2 REGÍMENES PRINCIPALES DE FLUJO DE 2 FASES (LÍQUIDO Y GAS) | 27 |
| FIGURA 3.3 MODELOS DE DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE BURBUJAS (BSD) | 29 |
| FIGURA 3.4 DIFERENTES MANERAS DE EXPONER LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES (BSD) | 30 |
| FIGURA 3.5 RELACIÓN ENTRE TASAS DE NUCLEACION Y CRECIMIENTO Y LA SOBRESATURACIÓN | 31 |
| FIGURA 3.6 GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PLAGIOCLASAS ESTÁNDAR..... | 33 |
| FIGURA 3.7 EJEMPLOS DE PROCESOS QUE PUEDEN AFECTAR LA FORMA DE LOS DIAGRAMAS CSD | 34 |
| FIGURA 3.8 OPCIONES PARA CALCULAR PROPIEDADES DEL FLUJO EN CONFLOW | 36 |
| FIGURA 3.9 EJEMPLOS DE GRÁFICOS ENTREGADOS EN CONFLOW | 36 |
| FIGURA 4.1 VISTA HACIA EL SW DE LA ERUPCIÓN DEL CVL DE 1988-90 | 37 |
| FIGURA 4.2 ALTURAS DE COLUMNA ERUPTIVA E ÍNDICES DE EXPLOSIVIDAD DEL CVL DE 1988-90 | 38 |
| FIGURA 4.3 DISTRIBUCIÓN DE DEPÓSITOS DE LA ERUPCIÓN DEL CVL DE 1988-90 | 40 |
| FIGURA 4.4 IMÁGENES DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015 | 41 |
| FIGURA 4.5 CLASIFICACIÓN DE LA ERUPCIÓN DEL CALBUCO DE 2015 | 42 |
| FIGURA 4.6 IMÁGENES SATELITES QUE MUESTRAN LA DISPERSIÓN DE CENIZA DEL VOLCÁN CALBUCO..... | 43 |
| FIGURA 4.7 MAPA DE ISÓPACAS PARA LOS DEPÓSITOS DEL VOLCÁN CALBUCO | 44 |
| FIGURA 5.1 MICROFOTOGRAFÍAS DE LÁMINAS DELGADAS DE LA ERUPCIÓN DEL CVL DE 1988-90..... | 46 |
| FIGURA 5.2 IMÁGENES BSE DE LA ERUPCIÓN DEL CVL DE 1988-90 | 47 |
| FIGURA 5.3 IMÁGENES ESCANEADAS DE LAS MUESTRAS DE LA ERUPCIÓN DEL CALBUCO DE 2015 | 48 |
| FIGURA 5.4 MICROFOTOGRAFÍAS DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015 (UNIDAD 1)..... | 49 |
| FIGURA 5.5 IMÁGENES BSE DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015 (UNIDAD 1)..... | 50 |
| FIGURA 5.6 MICROFOTOGRAFÍAS DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015 (UNIDAD 3)..... | 51 |
| FIGURA 5.7 IMÁGENES BSE DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015 (UNIDAD 3)..... | 52 |
| FIGURA 5.8 IMAGEN ESCANEADA DEL CORTE TRANSPARENTE DEL CVL..... | 54 |
| FIGURA 5.9 IMÁGENES DIGITALIZADAS PARA LA MUESTRA DE CENIZA DEL CVL..... | 55 |
| FIGURA 5.10 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE CRISTALES OBTENIDAS PARA EL CVL | 56 |
| FIGURA 5.11 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE CRISTALES DEL CVL DISPUESTAS EN CONJUNTO | 56 |
| FIGURA 5.12 IMÁGENES DIGITALIZADAS PARA DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015..... | 57 |
| FIGURA 5.13 GRÁFICOS CSD DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CALBUCO DE 2015..... | 58 |
| FIGURA 5.14 GRÁFICOS CSD DE AMBOS CENTROS ERUPTIVOS CON SUS ECUACIONES REPRESENTATIVAS.. | 59 |
| FIGURA 5.15 GRÁFICOS CSD DE AMBOS CENTROS ERUPTIVOS | 60 |
| FIGURA 5.16 IMÁGENES BINARIAS PARA EL ESTUDIO DE VESÍCULAS DE AMBOS CENTROS | 61 |
| FIGURA 5.17 DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE VESÍCULAS EN TERMINOS DE LA DENSIDAD NUMÉRICA..... | 62 |
| FIGURA 5.18 DISTRIBUCIÓN DE VOLUMEN DE BURBUJAS DE AMBOS CENTROS ERUPTIVOS | 62 |
| FIGURA 5.19 DIAGRAMA TAS DE LAS MUESTRAS DEL CVL Y DEL VOLCÁN CALBUCO..... | 63 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 5.20 DIAGRAMA AFM PARA LAS MUESTRAS DEL CVL Y EL VOLCÁN CALBUCO..... | 64 |
| FIGURA 5.21 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASA DE AMBOS CENTROS..... | 65 |
| FIGURA 5.22 CLASIFICACIÓN QUÍMICA DEL VIDRIO VOLCÁNICO DE AMBAS ERUPCIONES | 66 |
| FIGURA 5.23 VARIACIÓN COMPOSICIONAL DE PLAGIOCLASAS DEL CVL..... | 67 |
| FIGURA 5.24 VARIACIÓN COMPOSICIONAL DE PLAGIOCLASAS DEL CALBUCO..... | 67 |
| FIGURA 5.25 PERFIL COMPOSICIONAL DE UN FENOCRISTAL DE PLAGIOCLASA DEL VOLCÁN CALBUCO..... | 68 |
| FIGURA 5.26 PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL VOLCÁN CALBUCO Y DEL CVL..... | 72 |
| FIGURA 5.27 PORCENTAJE DE VOLÁTILES (H ₂ O % EN PESO) DEL VOLCÁN CALBUCO Y DEL CVL..... | 72 |
| FIGURA 5.28 SIMULACIÓN DEL ASCENSO MAGMÁTICO DEL VOLCÁN CALBUCO, ROCA TOTAL | 75 |
| FIGURA 5.29 SIMULACIÓN DEL ASCENSO MAGMÁTICO DEL VOLCÁN CALBUCO, VIDRIO..... | 75 |
| FIGURA 5.30 SIMULACIÓN DEL ASCENSO MAGMÁTICO DEL CVL, ROCA TOTAL Y VIDRIO | 76 |
| FIGURA 5.31 SIMULACIÓN DEL ASCENSO MAGMÁTICO DEL VOLCÁN CALBUCO Y DEL CVL | 77 |
| FIGURA 6.1 TEMPERATURA, SOLUBILIDAD Y VISCOSIDAD DEL VOLCÁN CALBUCO Y DEL CVL | 81 |
| FIGURA 6.2 VARIACIÓN DE VISCOSIDAD PARA MAGMAS DE COMPOSICION ANDESÍTICA Y BASÁLTICA | 82 |
| FIGURA 8.1 MAPA GEOLÓGICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO LONQUIMAY | 105 |
| FIGURA 8.2 MAPA GEOLÓGICO DEL VOLCÁN CALBUCO | 106 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA 3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ERUPCIONES DEL TIPO PLINIANAS | 24 |
| TABLA 5.1 TIEMPOS DE RESIDENCIA CALCULADOS A PARTIR DE LA PENDIENTE..... | 59 |
| TABLA 5.2. DATOS GEOQUÍMICOS REALIZADOS EN ANFÍBOLAS DEL VOLCÁN CALBUCO | 69 |
| TABLA 5.3. DATOS GEOQUÍMICOS REALIZADOS EN CLINOPIROXENOS DEL VOLCÁN CALBUCO. | 70 |
| TABLA 5.4 DATOS GEOQUÍMICOS REALIZADOS EN PLAGIOCLASAS DEL VOLCÁN CALBUCO Y DEL CVL | 71 |
| TABLA 5.5 PARÁMETROS DE VISCOSIDAD CALCULADOS PARA EL CVL Y EL VOLCÁN CALBUCO | 73 |
| TABLA 5.6 DIFERENCIAS PRINCIPALES ENTRE LAS ERUPCIONES DEL CVL Y DEL VOLCÁN CALBUCO..... | 78 |
| TABLA 6.1 VALORES DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y H ₂ O% EN PESO | 80 |
| TABLA 6.2 PORCENTAJES VOLUMÉTRICO DE FASES | 85 |
| TABLA 8.1 ANÁLISIS DE ROCA TOTAL DE LOS VOLCANES CALBUCO Y CVL..... | 108 |
| TABLA 8.2 RESULTADOS DE ELEMENTOS MAYORES MEDIDO EN LAS PLAGIOCLASAS DEL CVL..... | 109 |
| TABLA 8.3 RESULTADOS DE ELEMENTOS MAYORES MEDIDO EN PLAGIOCLASAS DEL VOLCÁN CALBUCO. | 110 |
| TABLA 8.4 RESULTADOS DE ELEMENTOS MAYORES MEDIDO EN EL VIDRIO DEL CVL | 111 |
| TABLA 8.5 RESULTADOS DE ELEMENTOS MAYORES MEDIDO EN EL VIDRIO DEL CALBUCO | 112 |