

# Tabla de Contenido

CAPITULO 1: Introducción.....	1
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 General: .....	2
1.2.2 Específicos: .....	2
<b>1.3 Hipótesis .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Zona de estudio .....</b>	<b>4</b>
1.4.1 Ubicación .....	4
1.4.2 Vías de acceso .....	5
<b>1.5 Estudios Anteriores .....</b>	<b>6</b>
CAPITULO 2: Metodología y teoría .....	8
<b>2.1 Planificación.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Trabajo de terreno .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Gabinete y Laboratorio .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 Generalidades .....	9
2.3.2 Descripción petrográfica microscópica roca total.....	9
2.3.3 Estudio por Difracción de Rayos X (DRX) de polvo multicristalino de roca total .....	11
<b>2.4 Teoría.....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Difracción de rayos X .....	12
<b>2.4.2.1 Método de polvo multicristalino .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Abreviación de minerales .....</b>	<b>14</b>
CAPITULO 3: Ceolitas.....	15
<b>3.1. Definición y Estructura.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Ocurrencia .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Aplicaciones .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Ceolitas en Chile.....</b>	<b>20</b>
CAPITULO 4 Marco Geológico.....	23
<b>4.1 Geología Regional.....</b>	<b>23</b>
4.1.1 Unidades estratificadas.....	24

<b>Formación Río Damas (Kimmeridgiano)</b> .....	24
<b>Baños del Flaco (Tithoniano medio)</b> .....	24
<b>Formación Colimapu (Barremiano-Albiano)</b> .....	25
<b>Formación Abanico (Eoceno superior-Mioceno inferior)</b> .....	25
<b>Formación Colbún (Eoceno superior-Mioceno medio)</b> .....	25
<b>Formación Farellones (Mioceno)</b> .....	26
<b>Formación Campanario (Mioceno Medio)</b> .....	26
<b>Formación Cola de Zorro (Plioceno Inferior-Pleistoceno Inferior)</b> .....	27
4.1.2 Volcanismo y depósitos Cuaternarios.....	28
<b>Complejo volcánico Laguna del Maule</b> .....	28
<b>Complejo volcánico Descabezado Grande-Quizapu-Cerro Azul (CVDGQA)</b> .....	28
<b>Complejo volcánico Tatara-San Pedro-Pellado</b> .....	29
4.1.3 Depósitos Cuaternarios .....	29
CAPITULO 5 Geología Local .....	32
<b>5.1 Generalidades</b> .....	32
<b>5.2 Zona I</b> .....	33
<b>5.5 Zona II</b> .....	36
<b>5.4 Zona III</b> .....	39
<b>5.5 Zona IV</b> .....	41
CAPITULO 6 Petrografía .....	44
<b>6.1 Introducción</b> .....	44
<b>6.2 Mineralogía Primaria</b> .....	45
6.2.1 Generalidades .....	45
6.2.2 Zona I .....	45
6.2.3 Zona II .....	47
6.2.4 Zona III.....	49
6.2.5 Zona IV .....	51
<b>6.3 Mineralogía Secundaria</b> .....	52
6.3.1 Generalidades .....	52
6.3.2 Zona I .....	54
6.3.3 Zona II .....	56

6.3.4 Zona III.....	58
6.3.5 Zona IV .....	60
CAPITULO 7 Resultados DRX .....	61
<b>7.1 Generalidades</b> .....	61
<b>7.2 Zona I</b> .....	61
<b>7.3 Zona II</b> .....	63
<b>7.4 Zona III</b> .....	65
7.5 Zona IV .....	66
CAPITULO 8 Discusión .....	67
CAPITULO 9 Conclusiones.....	70
CAPITULO 10 Bibliografía.....	71
ANEXOS.....	78
Anexo 1: Puntos de muestreo.....	79
Anexo 2: Descripción de Columnas.....	81
Anexo 3: Descripción de Láminas Delgadas .....	86
Anexo 4: Difractogramas .....	116

# Índice de Figuras

---

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LAS CUATRO ZONAS DE ESTUDIO. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE MAPS. ....	4
FIGURA 2. ACCESOS A LAS ZONAS DE ESTUDIO Y LEYENDA. TOMADO DE CARTA CAMINERA 2013. ....	5
FIGURA 3. FOTOGRAFÍA DE LAS 32 LÁMINAS DELGADAS Y SUS RESPECTIVOS CÓDIGOS. ....	10
FIGURA 4. DIFRACTOGRAMA OBTENIDO POR MEDIO DEL MÉTODO DE POLVO MULTICRISTALINO Y MOSTRANDO RESULTADOS PRELIMINARES DEL SOFTWARE DIFFRAC.EVA. ....	13
FIGURA 5. TABLA CON LOS MINERALES MENCIONADOS EN ESTE TRABAJO Y SU RESPECTIVA ABREVIACIÓN UTILIZADA. ....	14
FIGURA 6. COMPORTAMIENTO ESPERADO DEL MERCADO GLOBAL DE CEOLITAS NATURALES Y SINTÉTICAS. TOMADA DE INTERNET: HTTP://WWW.MARKETRESEARCHSTORE.COM/REPORT/ZEOLITE-MARKET-Z41101.....	19
FIGURA 7. VENTA DE CEOLITAS PARA CONSUMO HUMANO EN PLATAFORMAS DE INTERNET. ....	21
FIGURA 8. PUBLICIDAD Y PRODUCTO BASADO EN CEOLITAS. IMÁGENES TOMADAS DE INTERNET. ....	22
FIGURA 9. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL, CON LAS CUATRO ZONAS DE ESTUDIO. MODIFICADO DE BASCUÑÁN 2005. ....	30
FIGURA 10. LEYENDA DE MARCO GEOLÓGICO REGIONAL. TOMADO DE BASCUÑÁN 2005. ....	31
FIGURA 11. ZONA I DEL ESTUDIO. CADA PARADA TAMBIÉN CORRESPONDE A UN PUNTO MUESTREADO. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH. ....	33
FIGURA 12. CUERPO INTRUSIVO INTENSAMENTE METEORIZADO. EN LA IMAGEN SE OBSERVA UNA ESTRUCTURA PRODUCTO DE METEORIZACIÓN ESFEROIDAL. ....	34
FIGURA 13. AFLORAMIENTO EXPUESTO EN EMBALSE. TOBAS LÍTICAS CONTENIENDO UNLENTE DE ARENA. ....	35
FIGURA 14. ZONA II DEL ESTUDIO. EL MUESTREO Y LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA SE REALIZARON EN EL PUNTO SEÑALADO, EL CUAL ES UNA CANTERA DE LA EMPRESA FERTOSA. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH. ....	36
FIGURA 15. ALGUNAS DE LAS ARTESANÍAS CONFECCIONADAS A PARTIR DE “PIEDRA TOBA”. ...	37
FIGURA 16. “CANTERA CERRADA”, PROPIEDAD DE EMPRESA FERTOSA. DE AQUÍ SE SOLÍA EXTRAER “PIEDRA TOBA”. ....	37
FIGURA 17. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LEVANTADA EN LA ZONA 2. DETALLE Y MUESTRAS RELACIONADAS EN ANEXO 1. ....	38
FIGURA 18. ZONA III. UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO Y A PARTIR DEL CUAL SE LEVANTÓ LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 2. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH. ....	39
FIGURA 19. CASCADA QUE LLEGA A EMBALSE DIGUA. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH. .	39
FIGURA 20. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LEVANTADA EN LA ZONA 3. DETALLE Y MUESTRAS RELACIONADAS EN ANEXO 1. ....	40

FIGURA 21. ZONA 4. UBICACIÓN DEL CORTE DE CAMINO EN DONDE SE REALIZÓ EL MUESTREO Y PARTIR DEL CUAL SE LEVANTÓ LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 3. AFLORAMIENTO MUESTREADO SE ENCUENTRA DELIMITADO. IMAGEN MODIFICADA DE GOOGLE EARTH. ...	41
FIGURA 22. VISTA A CORTE DE CAMINO QUE EXPONE AFLORAMIENTOS MUESTRADOS EN ESTA ZONA. IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH. ....	42
FIGURA 23. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LEVANTADA EN LA ZONA 4. DETALLE Y MUESTRAS RELACIONADAS EN ANEXO 1. ....	43
FIGURA 24. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ROCAS PIROCLÁSTICAS DE HARPER & ROW, Y SCHMID. TOMADO DE SCHMID (1981). ....	44
FIGURA 25. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE FISHER. TOMADO DE FISHER (1966). ....	44
FIGURA 26. CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS DE ZONA I. SE TIENEN 2 TOBAS LÍTICAS, 2 TOBAS CRISTALINAS Y 2 TOBAS VÍTREAS. ....	45
FIGURA 27. CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS DE ZONA II. SE TIENEN 12 TOBAS VÍTREAS Y 1 TOBA LÍTICA. ....	47
FIGURA 28. MUESTRA HQ10P1-A'. PLAGIOCLASA INMERSA EN MATRIZ DE CENIZA, CON SMECTITA ALREDEDOR. ....	48
FIGURA 29. CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS DE ZONA III. SE TIENEN 7 TOBAS VÍTREAS. ....	49
FIGURA 30. MUESTRA HQ11P3-1. CUARZOS INMERSOS EN MATRIZ DE CENIZA. SE OBSERVA UNA FIAMME ALTERADA A SMECTITA. ....	50
FIGURA 31. MUESTRA HQ12P1-2. RESTOS DE UN CRISTAL DE PIROXENO. ....	51
FIGURA 32. CEOLITA TIPO 1 EN CÚMULOS MOSTRANDO SU CLIVAJE CARACTERÍSTICO. MUESTRA HQ09P6-*. ....	53
FIGURA 33. TOBA LÍTICA ALTERADA. SE OBSERVA UNO DE LOS POCOS CLINOPIROXENO OBSERVADOS EN LAS MUESTRAS. CEOLITA TIPO 2 CON SU HÁBITO FIBROSO, CEOLITA TIPO 1 Y SMECTITA, ALTERANDO A LÍTICOS. MUESTRA HQ09P4-3. ....	53
FIGURA 34. SMECTITA MOSTRANDO UN HÁBITO FIBROSO RADIAL, MIENTRAS ALTERA INTENSAMENTE UN FRAGMENTO JUVENIL. MUESTRA HQ10F-A. ....	53
FIGURA 35. BRECHA PIROCLÁSTICA INTENSAMENTE ALTERADA. CEOLITA TIPO 2 RELLENANDO VESÍCULAS. EL HÁBITO FIBROSO SE APRECIA MEJOR EN LOS BORDES DE LAS VESÍCULAS, MIENTRAS QUE HACIA EL CENTRO DE ÉSTAS LAS CEOLITAS AUMENTAN DE TAMAÑO Y COMIENZAN A TOMAR CARACTERÍSTICAS DE LA CEOLITA TIPO 1, COMO SU CLIVAJE Y CRISTALINIDAD. TAMBIÉN SE PUEDE APRECIAR LA INTENSA ALTERACIÓN A SMECTITA, ARCILLAS Y ÓXIDO EN EL CORTE. MUESTRA HQ09P6-2. ....	54
FIGURA 36. CLASTO LÍTICO INTENSAMENTE ALTERADO. SMECTITA REEMPLAZANDO A EPIDOTAS, CEOLITA TIPO 2 RELLENANDO ESPACIOS Y CEOLITA TIPO 1 SEUDOMORFA DE CALCITA. MUESTRA HQ09P6-2. ....	55
FIGURA 37. ALTERACIÓN INTENSA APRECIADA EN UNA FIAMME, CUYOS LÍMITES CON LA MATRIZ DE CENIZA PRÁCTICAMENTE DESAPARECIERON. SIN EMBARGO SU RESPUESTA A LA ALTERACIÓN FUE DISTINTA, GENERANDO MAYOR CANTIDAD DE SMECTITA. MUESTRA HQ10P1-A. ....	56

FIGURA 38. POMEZ ALTERADA DIFERENCIALMENTE, PLAGIOCLASAS RECRISTALIZADAS POSIBLEMENTE A ALBITA Y ÓXIDOS DISEMINADOS EN LA MATRIZ. MUESTRA HQ10P3-L...	57
FIGURA 39. SE OBSERVAN FENOCRISTALES DE CUARZO EN MATRIZ DE CENIZA, ASÍ COMO UNA FIAMME ALTERADA A SMECTITA. TOBA MUESTRA HQ11P3-1.	58
FIGURA 40. TOBA VÍTREA PRESENTANDO DOS TIPOS DE CEOLITAS. CEOLITA TIPO 2 RELLENANDO VETILLAS Y CEOLITA TIPO 3 REEMPLAZANDO UN SECTOR DE LA MATRIZ. NOTAR LAS DIFERENCIAS EN BIRREFRINGENCIA. MUESTRA HQ11P3-*. . . . .	59
FIGURA 41. LAVA CON ALTERACIÓN INTENSA A SMECTITA. LAS SMECTITA SE PRESENTAN EN TAMAÑOS MUY GRANDES, POSIBLEMENTE DEBIDO A QUE ESTÉN REEMPLAZANDO A EPIDOTAS. MUESTRA HQ12P1-4. . . . .	60
FIGURA 42. TABLA RESUMIENDO LA INFORMACIÓN DE LOS DRX PARA LA ZONA I. CEOLITAS ESTÁN MARCADAS EN VERDE Y LAS MUESTRAS DEFECTUOSAS EN ROJO. . . . .	62
FIGURA 43. DIFRACTOGRAMA DE MUESTRA HQ09P1-1. . . . .	62
FIGURA 44. TABLA RESUMIENDO LA INFORMACIÓN DE LOS DRX PARA LA ZONA II. CEOLITAS ESTÁN MARCADAS EN VERDE Y LAS MUESTRAS DEFECTUOSAS EN ROJO. . . . .	63
FIGURA 45. DIFRACTOGRAMA DE MUESTRA HQ10P1-B. . . . .	64
FIGURA 46. TABLA RESUMIENDO LA INFORMACIÓN DE LOS DRX PARA LA ZONA III. CEOLITAS ESTÁN MARCADAS EN VERDE. . . . .	65
FIGURA 47. DIFRACTOGRAMA DE MUESTRA HQ11P3-5. . . . .	65
FIGURA 48. TABLA RESUMIENDO LA INFORMACIÓN DE LOS DRX PARA LA ZONA IV. CEOLITAS ESTÁN MARCADAS EN AZUL. . . . .	66
FIGURA 49. DIFRACTOGRAMA DE MUESTRA HQ12P1-2. . . . .	66