



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

VOLCÁN LLAIMA: ANTECEDENTES, AMENAZA VOLCÁNICA Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

Memoria para optar al título profesional de Geógrafa

PIA NAVARRETE PIMIENTO
Profesor Guía: Dr. Francisco Ferrando

SANTIAGO-CHILE

2017

*“Lo que sabemos es una gota de agua;
lo que ignoramos es el océano”*

Isaac Newton

*“Mr. Stark, ud. es parte de un universo
más grande... sólo que aún no lo sabe”*

Nick Fury

AGRADECIMIENTOS

Cada uno de los logros que como sujetos individuales obtenemos es posible gracias a aquellas personas que, directa o indirectamente, están apoyándote en el camino. Por lo tanto, un pilar fundamental en cada meta que me he propuesto ha sido mi familia, a pesar de los altos y bajos, al final del día sólo nos tenemos a nosotros seis. A mi mamá, por quererme desde siempre, a mi papá por forjar mi carácter. Quiero agradecer especialmente a mis hermanas, que sin tener conocimientos geográficos, ayudaron en la confección de esta memoria, y a pesar de mis comentarios sin sentido, me acompañaron. A mi Nana querida, por escucharme y estar siempre atenta, también a los mejores primos del mundo y mejores compañeros de locuras, Felipe y Marita. Mi perrito Joey, que llegó a desordenar y acompañarme en mis noches de estudio justo cuando comencé esta memoria.

Agradezco profundamente al profesor Francisco Ferrando, por la paciencia, correcciones y especialmente todos los conocimientos aprendidos durante la realización de esta memoria, fue realmente un lindo proceso. Adicionalmente, agradezco a cada uno de los profesores que tuve durante mi estadía en la Universidad, cada corrección, cada evaluación, cada clase, son el primer pilar en mi consolidación como geógrafa y que atesoraré cada día.

Porque siempre han sido unas loquillas y las mejores amigas, Dani, Pajarita, Charlotte y Marilú, porque realmente estos seis, casi siete años de conocerlas han sido realmente bellos y muy chistosos. A la Belencilla, porque nacimos ñoñas, y moriremos ñoñas. Gracias a mis compañeros de generación, por las grandes alegrías y por aquellos pircazos.

Cada proceso no lo hacemos en solitario, por lo tanto, agradecer a la Nico, Pacita, Anita y Cami por esas arduas tardes de trabajo y risas en el Laboratorio de Geografía Física; al Dieguito (el mejor del mundo), al Félix, la Andreo, la Javi, y todas aquellas personas que formaron parte del Laboratorio de Ciudad y Territorio, por las múltiples celebraciones y grandes momentos vividos.

Agradecer enormemente a mis compañeras de Basquetbol, porque me ayudaron a sobrellevar todo lo que significa estar en la Universidad, por aquellas derrotas y alegrías que comenzamos a obtener. Mención especial para el programa de Monitores de la Universidad, que me ayudó a potenciar cualidades que creí perdidas, porque conocí demasiadas personas muy lindas y porque los llevaré siempre conmigo. Pasar por el programa realmente cambió mi perspectiva de estudiar y pertenecer a "La Chile". Tener que dejar de participar en el programa duele, pero me llevo lo mejor de casi cuatro años de muy buenos momentos, y por sobre todo, muchas risas.

Quiero agradecer a Scarlett por integrarme en la peor de todas las adicciones, a leer novelas, y a la Tere, por su gran espíritu y voluntad de seguir adelante, el trío dinámico sigue operando. Y finalmente, agradecer a Tony por enseñarme a vivir la vida, a Jack por enseñarme mis verdaderos anhelos, a Lara por enseñarme a pasar cualquier obstáculo, a Jon porque realmente no sabe nada, a Peter por recordarme el valor de la familia, y en especial, de vivir el momento como solo nosotros sabemos hacerlo, y porque todos somos Groot. Por esto y muchísimo más, gracias. Doy por terminada una de las mejores etapas de mi corta vida.

«Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber». Albert Einstein.

RESUMEN

El Volcán Llaima, por su pasado eruptivo, se perfila como uno de los volcanes más peligrosos a nivel nacional (SILVA, 2011), donde los efectos de sus erupciones recientes han dejado en evidencia el grado de preparación con el cual se actúa frente a estos eventos. Esta investigación estudia los avances que se han materializado respecto a la Gestión del Riesgo Volcánico (GRV), considerando lo acontecido en las erupciones de 1994 y 2007-2009. Para ello, en primer lugar, se analiza los niveles de riesgo de la población, mediante el estudio de la Amenaza Volcánica, Vulnerabilidad y Exposición en cada evento. En segundo lugar, se examina la Gestión del Riesgo, mediante el análisis de actores y revisión de las medidas implementadas antes, durante y posterior a cada erupción.

Los resultados obtenidos señalan que los niveles de riesgo se explican por el emplazamiento de la población en sectores de alta peligrosidad, condición que se acentúa con el aumento de la vulnerabilidad social, además de la falta de servicios, equipamiento y baja conectividad. Si bien el desarrollo de los estudios volcanológicos en el área de estudio muestra una clara evolución en la comprensión de esta amenaza, sigue primando el entendimiento del fenómeno físico por sobre la vulnerabilidad. Sobre la Gestión, el carácter centralista, reaccionario y poco inclusivo de ésta se hace evidente. Sin embargo, de los avances en la coordinación, las instituciones involucradas declaran avanzar por la senda de la Gestión del Riesgo”, realmente se han producido avances en la *Gestión de la Emergencia*.

Palabras Clave: Amenaza Volcánica – Volcán Llaima – Gestión del Riesgo.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3 ÁREA DE ESTUDIO	14
1.4 OBJETIVOS.....	16
<i>Objetivo General</i>	16
<i>Objetivos Específicos</i>	16
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 EL AUGE DE LOS ESTUDIOS DEL RIESGO Y SU GESTIÓN	17
2.1.1 <i>Los componentes del Riesgo</i>	17
2.1.2 <i>La vulnerabilidad como catalizador de los niveles de riesgo</i>	18
2.1.3 <i>Gestión del Riesgo (GdR) y Gestión de la Emergencia (GdE)</i>	20
2.1.4 <i>Manejo de las crisis volcánicas</i>	23
2.2 AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL.....	24
2.2.1 <i>Amenaza Volcánica</i>	25
2.2.2 <i>Tipos de Volcanes</i>	26
2.2.3 <i>Tipos de erupciones centrales</i>	28
2.2.4 <i>Peligro volcánico</i>	30
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	38
3.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	38
3.2 ESTRUCTURA METODOLÓGICA GENERAL.....	38
3.3 ETAPA I: PELIGRO VOLCÁNICO.....	40
3.3.1 <i>Amenaza Volcánica: Reconstrucción histórica y espacial de las erupciones del Volcán Llaima</i> .	40
3.4 ETAPA II: VULNERABILIDAD.....	40
3.4.1 <i>Índice de Vulnerabilidad Social</i>	40
3.5 ETAPA III: EXPOSICIÓN A LA AMENAZA VOLCÁNICA	42
3.6 ETAPA IV: MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO.....	43
3.7 ETAPA V: ACTORES INVOLUCRADOS EN LA GESTIÓN DE EMERGENCIAS VOLCÁNICAS Y GESTIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO.....	45
3.7.1 <i>Análisis del Marco Normativo en la Gestión del Riesgo Volcánico</i>	45
3.7.2 <i>Reconstrucción histórica a través de los testimonios de los actores</i>	45
3.7.3 <i>Intereses de los actores</i>	46
3.8 ETAPA VI: GESTIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO.....	47
CAPÍTULO IV: ANTECEDENTES.....	48
4.1. EL CAMPO DE LAS INVESTIGACIONES VOLCÁNICAS	48
4.1.1 <i>Investigaciones volcanológicas: Estado del asunto</i>	48
4.1.2 <i>Historia de la Volcanología Chilena</i>	49
4.1.3 <i>Estudios realizados en el Volcán Llaima</i>	50
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN LLAIMA	52
4.2.3 <i>Orígenes del Volcán</i>	53
4.3 MEDIO NATURAL.....	54
4.3.1 <i>Biogeografía</i>	55
4.3.2 <i>Hidrología</i>	55
4.3.3 <i>Clima</i>	56

4.3.4	Geomorfología.....	56
4.4	MEDIO SOCIAL	58
4.4.1	Actividades económicas predominantes.....	58
4.5	CONTEXTO PREVIO A LAS ERUPCIONES	60
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....		61
5.1	AMENAZA VOLCÁNICA.....	61
5.1.1	Geología del Volcán Llaima	61
5.1.2	Historia Eruptiva	67
5.1.3	Evaluación del peligro volcánico: Mapas de peligro del área de estudio	71
5.1.4	Erupciones recientes: eventos año 1994 y 2007-2009.....	79
5.2	VULNERABILIDAD	92
5.2.1	Dimensiones de la vulnerabilidad social en el área de estudio.....	92
5.2.3	Índice de Vulnerabilidad Social	101
5.3	EXPOSICIÓN AL PELIGRO VOLCÁNICO	104
5.4	ARTICULACIÓN DE ACTORES.....	113
5.4.1	Marco Normativo	113
5.4.2	De la organización de los actores	126
5.4.3	Aspectos de la Gestión según los entrevistados	133
5.4.4	Perspectivas de la comunidad	135
5.5	MEDIDAS	138
5.5.1	Identificación del Riesgo	141
5.5.2	Reducción del riesgo	145
5.5.3	Gestión de desastres.....	149
5.5.4	Gobernabilidad y protección financiera.....	156
5.6	GESTIÓN DEL RIESGO EN EL VOLCÁN LLAIMA	159
5.6.1	Evolución de los componentes del Riesgo.....	159
5.6.2	Evolución de la Gestión del Riesgo Volcánico	161
5.6.3	Políticas Internacionales en la Gestión del Riesgo	164
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		166
6.1	DISCUSIÓN	166
6.2	CONCLUSIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA.....		175
ANEXOS		190

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CANTIDAD DE DESASTRES OCURRIDOS A NIVEL MUNDIAL SEGÚN TIPO ENTRE 1900-2015..	11
FIGURA 2. CARTOGRAFÍA DE LAS COMUNIDADES ALEDAÑAS AL VOLCÁN LLAIMA.....	15
FIGURA 3. ECUACIÓN DEL RIESGO Y LAS RELACIONES ENTRE SUS COMPONENTES.	18
FIGURA 4. CICLO CONVENCIONAL DE LA GESTIÓN DEL RIESGO.	21
FIGURA 5. EL CÍRCULO VICIOSO DE LOS DESASTRES.	22
FIGURA 6. PROGRAMA IDEALIZADO DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES PARA UN PROGRAMA EFECTIVO DE REDUCCIÓN DE RIESGO VOLCÁNICO.....	24
FIGURA 7. TIPOS DE VOLCANES BASÁLTICOS	28
FIGURA 8. TIPOS DE ERUPCIONES CENTRALES	29
FIGURA 9. PELIGROS VOLCÁNICOS Y SU EXTENSIÓN ESPACIAL.....	32
FIGURA 10. FORMACIÓN DE UNA PLUMA VOLCÁNICA	34
FIGURA 11. TIPOS DE TRANSPORTE DE PIROCLASTOS.....	35
FIGURA 12. ESQUEMA METODOLÓGICO.	39
FIGURA 13. ESQUEMA TEÓRICO CONOS ADVENTICIOS	53
FIGURA 14. TURISTAS ANUALES PARQUE NACIONAL CONGUILLÍO 1978 - 2015.	54
FIGURA 15. CURSOS DE AGUA QUE HAN ALBERGADO LAHARES DEL VOLCÁN LLAIMA	56
FIGURA 16. VALLES GLACIALES (FORMA DE 'U') A LA SALIDA ORIENTE DE MELIPEUCO	57
FIGURA 17. GSE PROMEDIO COMUNAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	58
FIGURA 18. CARTA GEOLÓGICA VOLCÁN LLAIMA	66
FIGURA 19. EXTRACTO CARTA DE AMENAZA VOLCÁNICA Y GEOLOGÍA VOLCÁN LLAIMA	73
FIGURA 20. CARTOGRAFÍA DE PELIGROS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN LLAIMA AÑO 2003	76
FIGURA 21. CARTOGRAFÍA DE PELIGROS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN LLAIMA AÑO 2011	78
FIGURA 22. EXTRACTO LEYENDA CARTA DE AMENAZA VOLCÁNICA Y DE TSUNAMI REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, PUBLICADO POR ONEMI.....	79
FIGURA 23. ÁREAS CUBIERTAS POR CAÍDA DE TEFRA PRODUCTO DE LA ERUPCIÓN DE MAYO DE 1994	81
FIGURA 24. IMÁGENES DEL LAHAR QUE TRANSPORTÓ EL RÍO QUEPE EN LA LOCALIDAD DE CHERQUENCO.....	82
FIGURA 25. CARTOGRAFÍA DE PELIGROS VOLCÁNICOS GENERADOS EN LA ERUPCIÓN DE MAYO DE 1994.....	83
FIGURA 26. CARTOGRAFÍA DE PELIGROS VOLCÁNICOS GENERADOS DURANTE EL CICLO ERUPTIVO 2007-2009	89
FIGURA 27. EVOLUCIÓN DEL CRÁTER PRINCIPAL.	91
FIGURA 28. CARTOGRAFÍA FACTORES DE VULNERABILIDAD PARA EL AÑO 1992 EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	97
FIGURA 29. CARTOGRAFÍA FACTORES DE VULNERABILIDAD PARA EL AÑO 2002 EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	100
FIGURA 30. CARTOGRAFÍA EVOLUCIÓN ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	103
FIGURA 31. PORCENTAJE DE SUPERFICIE EXPUESTA SEGÚN CATEGORÍA DE PELIGRO VOLCÁNICO.....	104
FIGURA 32. EXPOSICIÓN POBLACIÓN A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA.....	106
FIGURA 33. EXPOSICIÓN INFRAESTRUCTURA RESIDENCIAL A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA.....	107
FIGURA 34. CARTOGRAFÍA EXPOSICIÓN INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA.	108
FIGURA 35. CARTOGRAFÍA EXPOSICIÓN SITIOS DE PRODUCCIÓN A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA.....	109
FIGURA 36. CARTOGRAFÍA EXPOSICIÓN SISTEMAS DE TRANSPORTE A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA	110
FIGURA 37. CARTOGRAFÍA EXPOSICIÓN SERVICIOS URBANOS A PELIGROS DEL VOLCÁN LLAIMA.....	112
FIGURA 38. MARCO NORMATIVO	117
FIGURA 39. CICLO DE LA CATÁSTROFE UTILIZADA EN EL PLAN NACIONAL DE EMERGENCIA DE 1977	118
FIGURA 40. FUNCIONAMIENTO PLAN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL.	119
FIGURA 41. ORGANIGRAMA SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL	120
FIGURA 42. PLAN DE RIESGO VOLCÁNICO ELABORADO POR CONAF.	121
FIGURA 43. MAPA ZONAS DE RIESGO VOLCÁNICO ELABORADO POR CONAF.	121
FIGURA 44. INFOGRAFÍA VÍAS DE EVACUACIÓN COMUNALES DE MELIPEUCO DIFUNDIDAS POR ONEMI	122
FIGURA 45. INFOGRAFÍA VÍAS DE TRÁNSITO HACIA ALBERGUES EN MELIPEUCO.....	123

FIGURA 46. INFOGRAFÍA VÍAS DE EVACUACIÓN SECTOR LLEUQUE DIFUNDIDAS POR ONEMI.....	124
FIGURA 47. INFOGRAFÍA VÍAS DE EVACUACIÓN SECTOR CHERQUENCO DIFUNDIDAS POR ONEMI	124
FIGURA 48. INFOGRAFÍA VÍAS DE EVACUACIÓN SECTOR CAPTRÉN DIFUNDIDAS POR ONEMI.....	125
FIGURA 49. NIVELES DE CONOCIMIENTO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO SEGÚN ÁREA E INSTITUCIÓN	128
FIGURA 50. NIVELES DE CONOCIMIENTO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO DE LAS INSTITUCIONES	128
FIGURA 51. GRAFO DE ACTORES	132
FIGURA 52. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA GESTIÓN SEGÚN LOS ENTREVISTADOS	133
FIGURA 53. LÍNEA DE TIEMPO SEGÚN NIVELES DE ALERTA DECRETADOS PARA LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN LLAIMA 2007-2009 .	140
FIGURA 54. PERSONAS EVACUADAS POR COMUNA DURANTE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN LLAIMA EN EL AÑO 2008.....	141
FIGURA 55. SEÑALÉTICA INSTALADA EN CENTRO URBANO MELIPEUCO.	152
FIGURA 56. MEJORAS EN INFRAESTRUCTURA DE EMERGENCIA IMPLEMENTADAS EN MELIPEUCO	153
FIGURA 57. SEDE SOCIAL CAPTRÉN	153
FIGURA 58. ABORDAJE LINEAL TRADICIONAL DE LA CIENCIA Y LA POLÍTICA SOBRE LOS VOLCANES.....	169

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PROPIEDADES DE PELIGROS VOLCÁNICOS ASOCIADOS A PROCESOS DE FLUJO.	32
TABLA 2. RANGOS FACTORES DE VULNERABILIDAD PARA LOS AÑOS 1992 Y 2002.	41
TABLA 3. RANGOS ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA LOS AÑOS 1992 Y 2002.	41
TABLA 4. VARIABLES ESPACIALIZADAS PARA ANALIZAR LOS GRADOS DE EXPOSICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	43
TABLA 5. PERÍODOS A ANALIZAR DE CADA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN LLAIMA.	44
TABLA 6. ENTREVISTAS APLICADAS POR INSTITUCIÓN Y POR COMUNA.	46
TABLA 7. CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL CONOCIMIENTO RESPECTO DE LA GESTIÓN SEGÚN TESTIMONIOS DE LOS ENTREVISTADOS.	47
TABLA 8. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL VOLCÁN LLAIMA.	51
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN LLAIMA.	52
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS COMUNAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	58
TABLA 11. CRONOLOGÍA ERUPTIVA DOCUMENTADA DEL VOLCÁN LLAIMA.	68
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DE LAS ERUPCIONES DEL CICLO 2007-2009.	88
TABLA 13. DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD SOCIAL 1992 Y 2002.	92
TABLA 14. CAMBIOS EN LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD ENTRE 1992 Y 2002.	102
TABLA 15. EXPOSICIÓN DE POBLACIÓN Y VIVIENDAS AL RIESGO VOLCÁNICO SEGÚN ZONIFICACIÓN DE MORENO Y NARANJO (2003).	105
TABLA 16. EXPOSICIÓN ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	111
TABLA 17. ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES SEGÚN CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN Y AÑO DE INSTALACIÓN.	112
TABLA 18. POSICIÓN DE LIDERAZGO Y PODER EN LA TOMA DE DECISIONES EN CRISIS VOLCÁNICAS.	127
TABLA 19. NIVELES DE ALERTA EMPLEADOS POR ONEMI ANTE ESCENARIOS O SITUACIONES DE RIESGO.	138
TABLA 20. NIVELES DE ALERTA SERNAGEOMIN, VIGENTE DESDE 1999.	139
TABLA 21. EVOLUCIÓN DEL MONITOREO EN EL VOLCÁN LLAIMA CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	142
TABLA 22. EVOLUCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA EN EL VOLCÁN LLAIMA CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	143
TABLA 23. EVOLUCIÓN DE LA INFORMACIÓN PÚBLICA Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA.	144
TABLA 24. EVOLUCIÓN DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS.	145
TABLA 25. EVOLUCIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL RIESGO EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	146
TABLA 26. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN CHILE Y SUS COMPETENCIAS EN TEMAS DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL.	147
TABLA 27. EVOLUCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE FENÓMENOS.	148
TABLA 28. EVOLUCIÓN DEL REFORZAMIENTO E INTERVENCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE BIENES PÚBLICOS Y PRIVADOS CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	149
TABLA 29. EVOLUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y COORDINACIÓN DE OPERACIONES DE EMERGENCIA CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	150
TABLA 30. EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE LA RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA Y SISTEMAS DE ALERTA.	151
TABLA 31. EVOLUCIÓN DE LA DOTACIÓN DE EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	154
TABLA 32. EVOLUCIÓN DE LA PREPARACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA COMUNIDAD.	155
TABLA 33. EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN PARA LA REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN.	156
TABLA 34. EVOLUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DE ACTORES CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	157
TABLA 35. EVOLUCIÓN DE LOS FONDOS DISPONIBLES PARA LA GRD CONSIDERANDO AMBAS ERUPCIONES.	158
TABLA 36. COMPONENTES DEL RIESGO EN LOS TRES SECTORES PARA EL AÑO 1992.	161
TABLA 37. COMPONENTES DEL RIESGO EN LOS TRES SECTORES PARA EL AÑO 2002.	161

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

A nivel nacional, existen más de 2.000 volcanes a lo largo de la Cordillera de los Andes, de los cuales 80 cuentan con antecedentes de actividad en los últimos 450 años, habiéndose registrado alrededor de 200 episodios eruptivos en ese período en los volcanes geológicamente activos (DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2015). Según LARA (2008), existen 123 volcanes geológicamente activos en el territorio continental con capacidad de iniciar ciclos eruptivos, lo que ha llevado a estimar que en Chile ocurre una erupción relevante cada 8-10 años, aunque no existe regularidad en su frecuencia.

Respecto del Volcán Llaima, este se ubica dentro de la Zona Volcánica Sur (ZVS, 33°-46°S), la zona volcánica más extensa del país (aproximadamente 1.400 km de longitud), abarcando desde Santiago a Coihaique y siendo la más activa (MORENO & NARANJO, 2003; WATT, PYLE & MATHER, 2009). Este estratovolcán, se configura como el segundo más peligroso a nivel nacional (SILVA, 2011; SERNAGEOMIN, 2015), al cual se contabilizan alrededor de 50 erupciones (MORENO & NARANJO, 2003), donde en sus eventos recientes, su influencia directa llegó a 400 m de distancia de la localidad de Melipeuco, una de las comunidades más próxima al volcán (GONZALEZ-FERRAN, 1995).

Por la coexistencia de diversas comunidades y el volcán, considerando su pasado eruptivo y las características propias del macizo, surge la necesidad de conocer y comprender la amenaza volcánica en este sector, considerando la exposición ante la amenaza latente de una nueva fase eruptiva del volcán, así como también conocer los planes, programas y estrategias para abordar una erupción volcánica.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo estudiar los avances en la Gestión del Riesgo Volcánico en base a lo ocurrido en las últimas dos erupciones del Volcán Llaima. Para materializar el propósito de la presente memoria, ello requiere del estudio histórico de las erupciones de este volcán, para llegar así a conocer de manera integral cómo se entiende esta amenaza por parte de las instituciones encargadas y cómo ha evolucionado la gestión del riesgo en torno a la amenaza volcánica en este centro eruptivo, sirviendo de reflejo de los avances que se han logrado a nivel nacional.

De los resultados obtenidos, los niveles de riesgo presentados por las comunidades aledañas al volcán, se explican por su emplazamiento en sectores definidos de alta peligrosidad, condición que se acentúa entre ambas erupciones, debido al aumento de la vulnerabilidad de sus residentes, fundamentalmente por ser sectores rurales, enfatizando la falta de servicios, de equipamiento y baja conectividad. Por otro lado, el desarrollo de los estudios volcanológicos en el área de estudio demuestran una evolución en la comprensión de esta amenaza, principalmente incentivada por el aumento del monitoreo instrumental.

Por lo que se refiere a la Gestión, también se aprecian avances, sin embargo, sigue primando el carácter centralista, reaccionario y poco inclusivo en lo que respecta a la Gestión del Riesgo Volcánico y la reducción de éste. Ante este escenario, las instituciones involucradas declaran evidenciar “avances en términos de Gestión del Riesgo”. Sin embargo, actualmente el manejo de eventos eruptivos, los avances que se han materializado por parte de las autoridades poseen relación con la *Gestión de la Emergencia*.

1.2 Planteamiento del Problema

En las últimas décadas uno de los temas que se ha debatido con mayor fuerza, ha sido la convivencia entre el ser humano y los riesgos que existen en los territorios, indistintamente si su origen es natural, socio-natural o antrópico, sobre todo desde la década de los noventa. En esta década, como lo resume LAVELL (2005), el hecho de que se masifique la preocupación en temas de desastres, desarrollo y medio ambiente, se expresa en cuatro acontecimientos. El primero es el desarrollo del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. El segundo, los diversos desastres ocurridos en la transición a esta década (como lo fue el huracán Andrew, las inundaciones del Mississippi y los terremotos de Northridge y Kobe). En tercer lugar, el rápido incremento de la cantidad de desastres a nivel mundial en los países en vías de desarrollo y las poblaciones más pobres y, cuarto, la amenaza del impacto de algunos fenómenos con influencia antrópica – como el efecto invernadero y el calentamiento global – lo que está generando condiciones propicias para que el número de desastres a futuro siga aumentando.

Según datos de EM-DAT (2015), la tendencia de la cantidad de desastres de origen natural desde 1900 al 2015 ha tenido un incremento considerable, como se observa en la Figura 1, donde indistintamente del tipo de amenaza todas han aumentado su ocurrencia, con mayor frecuencia a contar de 1980-1990. Asimismo, MASKREY (1993) asegura que el incremento en la ocurrencia de desastres no viene asociado por una condición natural – funcional de estos fenómenos, sino que está asociado a las condiciones de vulnerabilidad de la población y donde se ubican los asentamientos, lo que empeora aceleradamente.

Este escenario ha ido acompañado por el aumento del monitoreo y por el avance tecnológico en las telecomunicaciones y en medidas preventivas, como los sistemas de alerta temprana en los últimos 20 años (PHILLIPSON, SOBRADELO & GOTTSMAN., 2013), condición que se evidencia en los registros nacionales sobre erupciones volcánicas, el que indica que un 90% de las erupciones fueron registradas a contar de 1970 a la fecha (WATT et al., 2009).

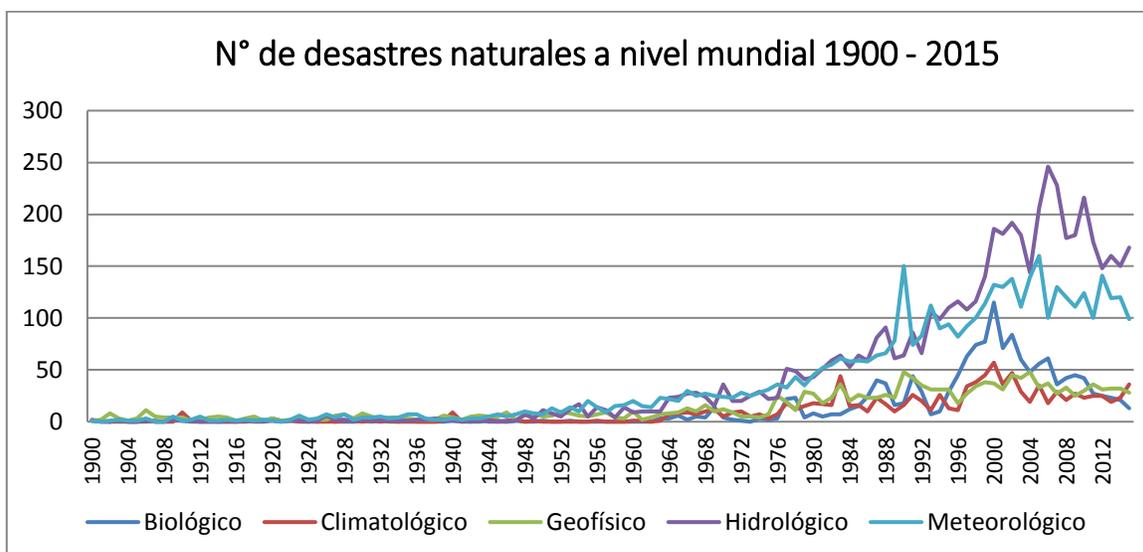


Figura 1. Cantidad de desastres ocurridos a nivel mundial según tipo entre 1900-2015. Fuente: EM-DAT (2016).

Por sus condiciones naturales y características socioeconómicas, la mayoría de los países en desarrollo son más propensos a amenazas de origen natural. Una de estas amenazas es el volcanismo, que a nivel mundial está asociado especialmente con las áreas que comprenden el Cinturón de Fuego del Pacífico, donde aproximadamente el 80% de la actividad total tiene lugar (ANDERSON & DECKER, 1992, en CECIONI & PINEDA, 2010; BBC, 2014). En este sentido, alrededor de 200 millones de personas en el mundo residen dentro de un radio de 30 km, y más de 47 millones de personas en un radio de 5 km de aproximadamente 1.300 volcanes holocénicos (CHESTER et al., 2001; SIEBERT et al., 2010, en PHILLIPSON et al., 2013). Esta distribución espacial ha tenido sus expresiones más dramáticas en los países menos desarrollados de América Latina y del Sudeste Asiático (SMALL & NAUMANN, 2001, en PHILLIPSON et al., 2013; CECIONI & PINEDA, 2010).

En Chile, se localiza aproximadamente el 10% de los volcanes activos que existen a nivel mundial, y dos de los seis más activos de Sudamérica (volcanes Villarrica y Llaima). Según WITHAM (2005) Chile se ubica como el 9° país con mayor cantidad de personas evacuadas, el 10° con mayor cantidad de heridos y el 7° con mayor cantidad de incidentes producidos por eventos volcánicos en el siglo XX a nivel mundial. LARA (2008) sostiene que el 50% del territorio nacional está expuesto a los efectos de las erupciones volcánicas, esto por el alcance de los diversos productos derivados, a lo que SILVA (2011) añade que un 20% de la población se encuentra en áreas de peligro proximal, ya sea directa o indirectamente por las erupciones volcánicas.

Sin embargo, los asentamientos humanos que en el sector centro-sur del país se encuentran expuestos a peligros volcánicos, en el caso particular de Chile, son sectores de baja densidad de población pero mayoritariamente con baja capacidad de resiliencia por ser familias de sectores rurales (LARA et al., 2011).

El Volcán Llaima es uno de los estratovolcanes más activos de Chile, debido a que en conjunto con el Volcán Villarrica, registra más de la mitad de las erupciones ocurridas en el país (SCHILLING et al., 2013). Las dimensiones del Llaima y su pasado evolutivo lo definen como un volcán de alto riesgo, cuyos contextos geográficos bajo amenaza por flujos corresponden a los valles radialmente dispuestos alrededor del volcán, donde por ejemplo, coladas de lavas históricas han llegado a 400 m del pueblo de Melipeuco. También está el riesgo ante lluvias de piroclastos y ante el peligro latente de generación de lahares, lo que ha llevado a incorporar este volcán dentro del programa de vigilancia sismológica y geodésica de SERNAGEOMIN (GONZALEZ-FERRAN, 1995).

En respuesta al hecho que Chile es constantemente golpeado por diversos fenómenos de origen natural de rango extraordinario, se han ido implementando medidas para lograr enfrentar este tipo de fenómenos. No obstante, todavía queda camino por recorrer para lograr disminuir los daños y prevenir los desastres. En este sentido, las diversas iniciativas impulsadas por la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI) creada en 1974, y el monitoreo constante que lleva a cabo el Observatorio Volcánico de los Andes del Sur (OVDAS, Servicio Nacional de Geología y Minería - SERNAGEOMIN) desde su creación el año 1996, han permitido mejorar la respuesta ante estos eventos.

Sin embargo, el país ha invertido poco en el desarrollo de conocimiento científico en torno a los volcanes, cuya deficiencia se traduce en que la cantidad de información que se tiene de estos procesos, tanto a nivel de monitoreo instrumental como del estado de conocimiento geológico, no cubre más del 10 % de los volcanes activos (LARA, 2008).

No se puede desconocer el grado de dificultad en cuanto a tratar esta amenaza, ya que el mero hecho de evaluar el riesgo volcánico es extremadamente complejo por dos razones: una incluye los efectos de la entrada en actividad de un volcán, principalmente por los productos que genera, como los flujos de piroclastos, lahares y lava, caídas de cenizas, lapilli y bombas, emisión de gases y nubes ardientes (DAMIANI et al., 2006; FELPETO, MARTI & ORTIZ., 2007; PNUD, 2012). Y, en segundo lugar, las características intrínsecas de una erupción volcánica, como la forma en que comienza y se manifiesta el proceso eruptivo, y los planes de contingencia y conocimiento por parte de la población y las autoridades, como medidas para afrontar este tipo de escenarios (PNUD, 2012).

En este escenario, llama la atención el Volcán Llaima, el cual históricamente ha estado en la contingencia nacional por su alta tasa de recurrencia de erupciones y por el tipo de éstas, siendo considerado por SILVA (2011) como de “Muy Alta” amenaza, nivel coincidente con la clasificación de peligrosidad realizada por SERNAGEOMIN (2015a). Una de las particularidades de este volcán es la potencial generación de flujos laháricos durante una erupción volcánica por el volumen de los glaciares que alberga en la cima, situación frecuente en erupciones pasadas (MORENO & NARANJO, 1991).

Consecuentemente, lo anterior conlleva la necesidad de lograr comprender las dinámicas que se producen al momento de entrar en actividad un volcán como este, y sobre todo, respecto a cómo se llevan a cabo las distintas medidas para lograr aminorar o disminuir el daño ante estos eventos, considerando además quiénes están detrás de la toma de decisiones e implementación de las medidas pertinentes. Por consiguiente, la pregunta que guía esta investigación es *¿cómo se entiende y evalúa la amenaza volcánica por parte de los actores relacionados con la gestión del riesgo en el caso de las erupciones del Volcán Llaima?*

En relación con el escenario y cuestión señalada, se debe considerar que:

“... el riesgo asociado a las amenazas ambientales depende no solo de las condiciones físicas y los eventos naturales, sino también en las acciones, condiciones humanas (factores de vulnerabilidad, etc.), decisiones y cultura... La seriedad de las consecuencias de cualquier desastre también dependerá de cómo la gente elige, o siente que no tiene otra opción que, vivir y trabajar en áreas de mayor riesgo...” (ICSU, 2008, en EISER et al, 2012: 6).

1.3 Área de estudio

Esta corresponde al Volcán Llaima y su entorno (Figura 2). Este volcán es considerado el segundo más activo de la región sudamericana (SERNAGEOMIN, 2015a), el cual se ubica administrativamente entre las comunas de Melipeuco, Cunco y Vilcún, insertas en la provincia de Cautín, y Curacautín, inserta en la provincia de Malleco, ambas de la IX Región de la Araucanía. Los poblados más cercanos son Melipeuco, Cherquenco, Cunco, Villa García, Captrén y Curacautín. Es uno de los volcanes de mayor tamaño de los Andes del Sur, con un volumen estimado de 377 km³ y un área basal de 490 km².

La presente memoria centra su análisis en tres de las cuatro comunas nombradas anteriormente, por presentar localidades dentro del área de peligro por actividad del volcán: por el norte del volcán, la localidad de Captrén, perteneciente a la comuna de Curacautín; por el oeste Cherquenco, perteneciente a Vilcún y por el sur Melipeuco. Sin embargo, para el caso de la comuna de Cunco, esta no está expuesta directamente a las manifestaciones del volcán, por lo que no se la incluye en el análisis, sólo se la tiene de referencia dado que en caso de una erupción de envergadura, la población de la comuna de Melipeuco debe trasladarse a dicha comuna.

Sobre estas comunas, producto del proceso de regionalización, la comuna de Melipeuco fue fundada en 1981 (SUBDERE, 2016), se compone de un centro urbano principal (el cual se encuentra condicionado su crecimiento hacia el sur por ubicarse la caja del río Allipén), y múltiples localidades rurales, destacando Santa María de Llaima (hacia el suroeste del centro urbano), El Escorial (camino al Parque Conguillío), Pangueco (al norte) y Coyamento (hacia el noreste). Si bien no ha crecido explosivamente, se han consolidado y mejorado la red vial, además de incrementar la cantidad de inmuebles dedicados al turismo, con la construcción de cabañas al interior de los predios, o habilitando piezas al interior de las casas.

En el caso de la comuna de Curacautín, posee la planta urbana más grande de las 3 comunas, creada en 1903 (ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN, 2016), es el centro urbano más antiguo del área de estudio. También la componen otras localidades, destacando Manzanar y Malalcahuello hacia el oriente de la planta urbana. Si bien ha mantenido su estructura fundacional, con el clásico plano de damero de los centros urbanos más antiguos del país, se ha expandido hacia norte y hacia el oriente. De las tres comunas, es la que posee mayor acceso a servicios, debido a su antigüedad y constituirse como uno de los principales centros urbanos de la precordillera.

Vilcún, creada en 1926 bajo la presidencia de Arturo Alessandri Palma debido a querer independizarse de Temuco (ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE VILCUN, 2016), posee 5 localidades (Cajón, General López, San Patricio, Cherquenco y Vilcún) que destacan entre los poblados rurales que la componen, donde Vilcún figura como el área urbana principal de la comuna. La expansión urbana que ha experimentado Vilcún es fundamentalmente hacia el oriente, en torno a la ruta S-35, y en menor medida hacia el norte. El mayor crecimiento lo experimentó entre 2002 y 2011 hacia el oriente, con la urbanización de predios aledaños.

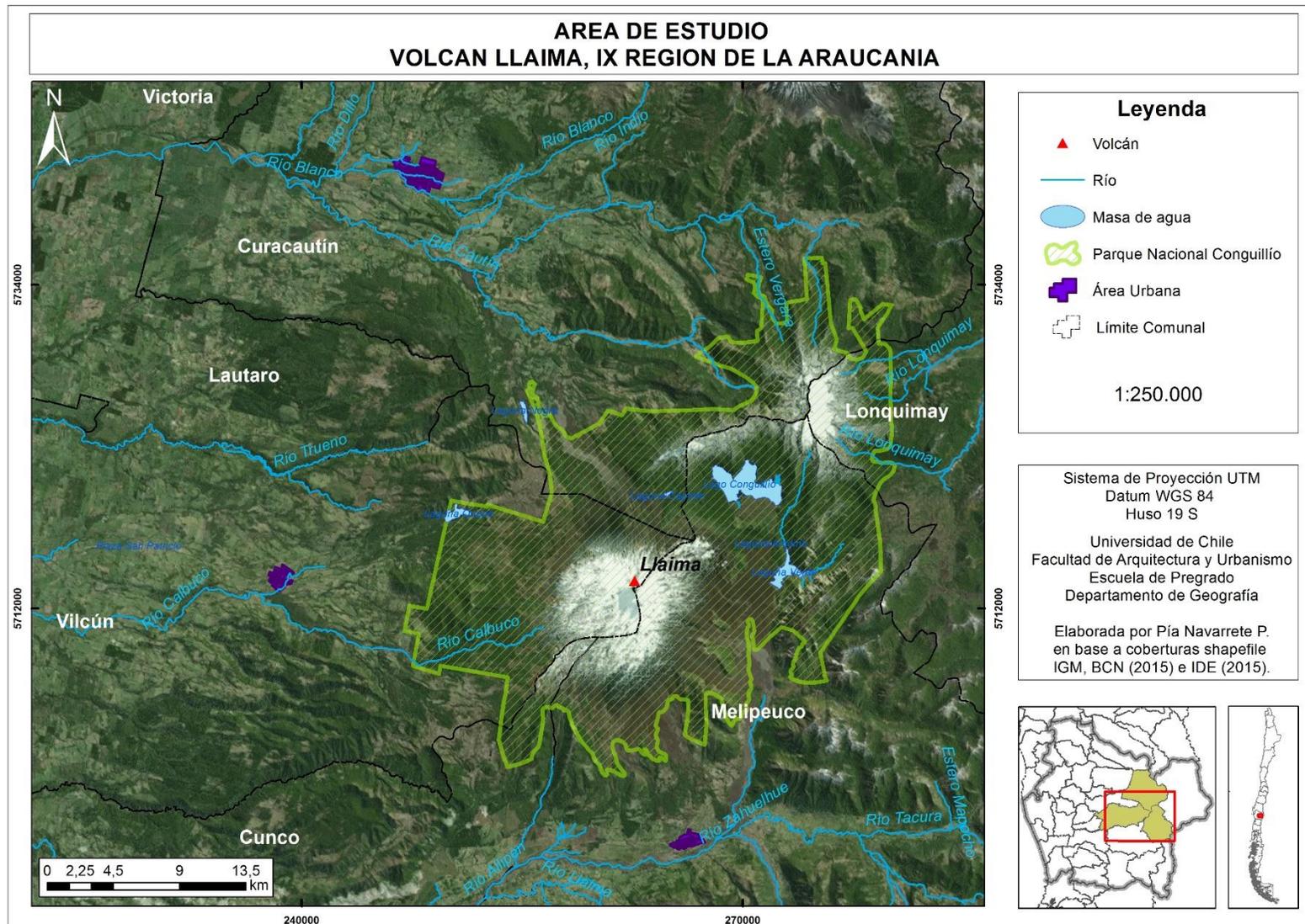


Figura 2. Cartografía de las comunidades aledañas al Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estudiar los avances en la Gestión del Riesgo Volcánico en base a lo ocurrido en las últimas dos erupciones del Volcán Llaima.

1.4.2 Objetivos Específicos

Conocer la evolución de la amenaza volcánica y su evaluación en el área de estudio.

Identificar la evolución de la vulnerabilidad y exposición para cada una de las localidades del área de estudio.

Determinar la coordinación entre actores involucrados en la Gestión del Riesgo Volcánico.

Reconstruir las medidas ejecutadas en las erupciones del Volcán Llaima.

Analizar la Gestión del Riesgo Volcánico en el área de estudio considerando los niveles de riesgo de la población.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO

2.1 El auge de los estudios del Riesgo y su gestión

Durante la década de los 90', producto del aumento de la ocurrencia de desastres a gran escala, se abrió paso de manera acelerada el debate sobre los desastres, el desarrollo, el medio ambiente y la sostenibilidad, y las implicancias que esto tiene para la Gestión de Riesgos y Desastres (LAVELL, 2005). Como el autor señala, lo que estaba en discusión era la relación entre los desastres con las modalidades de desarrollo impuestas en América Latina, lo que ha derivado en el aumento de los niveles de riesgo a los que se encuentra expuesta la sociedad.

Ante esto, se comienza a cuestionar el papel de la ciencia en tratar de entender la relación entre la sociedad y el medio ambiente producto de la crisis medioambiental, cambiando su orientación del dominio y control de la naturaleza a la gestión, ajuste y adaptación a la naturaleza (FUNTOWICZ Y RAVETZ, 1999, en OLTRA, 2005). Por lo tanto, el objetivo que prima es evitar la destrucción y degradación de la naturaleza.

Esto se sustenta en la idea de que actualmente vivimos en una Sociedad del Riesgo (PAULUS, 2004; OLTRA 2005), dado estamos en *“una sociedad que no está asegurada, ni puede estarlo porque los peligros que acechan son incuantificables, incontrolables, indeterminables e inatribuibles”* (BECK, s/f, en PAULUS, 2004: 14). Esta situación es producto de los procesos de modernización y del olvido de los peligros y consecuencias asociadas, las que transforman y cuestionan los fundamentos propios de la sociedad industrial (PAULUS, 2004). Ello conlleva a un incremento de la producción social del riesgo (CLIMENT, 2006).

Lo anterior ha derivado en que la ciudadanía perciba que los riesgos son crecientes, al mismo tiempo de intuir que a las instituciones públicas es cada vez más difícil hacer frente a los desastres, provocando un estado latente de preocupación y desconfianza hacia los poderes políticos. Por lo tanto, es admisible afirmar que esta sociedad del riesgo es tal porque los sistemas normativos y las instituciones fracasan a la hora de conseguir la seguridad de la ciudadanía ante los peligros producidos por la toma de decisiones (BECK, 2000; CLIMENT, 2006).

2.1.1 Los componentes del Riesgo

En el momento que se produce el cambio de mentalidad respecto de los riesgos y el medio ambiente, surge la necesidad de contar con una base conceptual más sólida e incorporar las demandas actuales. Es por esto que el concepto del riesgo ha trascendido barreras, y hoy no solo se preocupa de temáticas específicas como la seguridad de nuevas tecnologías, ha ampliado su espectro a aspectos generales de la sociedad moderna (PAULUS, 2004). El riesgo consiste en *“cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a este fenómeno”* (WILCHES-CHAUX, 1988, en CHARDON & GONZÁLEZ, 2002: 22), el cual se compone de 4 elementos (Figura 3):

- La vulnerabilidad, que es el estado de susceptibilidad a un daño por la exposición a las tensiones con el cambio ambiental y social, y de una ausencia de la capacidad de adaptación frente a un evento desastroso (ADGER, 2006). Además, sostiene que los parámetros claves que explican la vulnerabilidad son las tensiones experimentadas por los sistemas socio-ecológicos, la respuesta del sistema y la capacidad de acción adaptativa.
- La *exposición*, que consiste en el grado, duración y/o extensión en que un sistema está en contacto con, o sujeto a, una perturbación (GALLOPIN, 2006). Esta se constituye un indicador de pérdidas potenciales en caso de un desastre, es decir, si bien no permite el riesgo propiamente tal, se configura como la expresión del modelo de desarrollo económico imperante (CASTRO, RUGIERO & WYNDHAM, 2014).
- La *amenaza*, corresponde a todos aquellos fenómenos que por su naturaleza (natural, socio-natural, tecnológico o antrópico), ubicación, recurrencia, probabilidad de ocurrencia, magnitud e intensidad, puedan afectar a una comunidad o a un conjunto de elementos (CHARDON & GONZÁLEZ, 2002).
- Las *capacidades*, que viene a ser la combinación de fuerzas y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden reducir el nivel de riesgo o los efectos ocasionados durante un desastre (MANYENA, 2014).



Figura 3. Ecuación del Riesgo y las relaciones entre sus componentes. Fuente: elaborado a partir de FERRANDO (2006) y BLAIKIE et al. (1996).

2.1.2 La vulnerabilidad como catalizador de los niveles de riesgo

En particular, la Vulnerabilidad, como lo establece HUFSCHIMDT (2011), es definida, interpretada y aplicada de varias maneras, particularmente debido a la necesidad de trabajar dentro de un contexto ambiental y social específico, lo cual se debe a que una serie de disciplinas entran en este campo de investigación equipadas con sus propias definiciones y métodos.

Este proceso, el cual es el más complejo al tratar el tema de riesgos, posee características importantes, las cuales son expuestas por CHARDON (2008). En primer lugar, es cambiante, ya que evoluciona tanto en el tiempo, como en el espacio y según la amenaza a la que se enfrenta la población o el conjunto de elementos. En segundo lugar, es importante saber que no es un estado que se desarrolle sólo en el momento del evento extraordinario pues, si bien se revela en el momento del impacto, se gesta antes, durante y después del evento por la sinergia de los factores que gradualmente van creando esta situación de vulnerabilidad. En tercer lugar, el estudio de este fenómeno cobra importancia como elemento clave en la búsqueda de una mejor calidad de vida, donde LAVELL (1999, *Ibíd.*: 124) sostiene que la solución verdadera para disminuir la vulnerabilidad está en “el cambio de los parámetros fundamentales de las pautas de desarrollo impuestos”. Y en cuarto lugar, constituyendo el aporte más importante, es el papel fundamental y determinante en las condiciones de vulnerabilidad (tanto en su creación, mantenimiento y agudización) de los factores institucionales.

Adicionalmente, WILCHES CHAUX (1993) aporta al debate, estableciendo que la vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que pueda producir la materialización del riesgo sobre la población. En esta línea, SUSMAN et al (1983, en BOHORQUEZ, 2011:137), sostiene que “la vulnerabilidad es el grado en que las diferentes clases sociales están diferencialmente en riesgo”. Así, el desastre se configura como la expresión espacio-temporal de las inequidades y vulnerabilidades, derivadas de las relaciones de poder de los diversos grupos sociales de una sociedad particular (BOHÓRQUEZ, 2011).

Esto conlleva a aclarar que el riesgo no es el evento, es la potencial probabilidad que ocurra una amenaza o fenómeno natural de rango extraordinario en un lugar y en un momento dado. Se tiende a usar el concepto de riesgo como sinónimo de “desastre”, cuando el primero es la probabilidad y el segundo es la materialización de un evento de gran magnitud. Por lo tanto, uno de los errores fundamentales es que “*el riesgo se visibiliza socialmente sólo cuando se materializa en un desastre*” (MANSILLA, 2000).

En cambio, el desastre es, en palabras de LAVELL (1996), una desestabilización de las condiciones “normales” de convivencia del hombre y de sus estructuras (vivienda, infraestructura, instituciones, etc.) con el medio social y natural en el que se sitúa. Además, se debe tener en cuenta que el desastre “*nunca es repentino, puesto que resulta del desarrollo progresivo de una situación de vulnerabilidad, la cual es revelada en el momento del impacto y de la evaluación del desastre*” (CHARDON & GONZALEZ, 2002: 35). Por lo tanto, su construcción se da en el tiempo y la sociedad juega un rol activo dentro de ello, lo cual resulta en que los impactos exceden la capacidad de la comunidad para hacer frente a esta situación (UNISDR, 2009).

Por otro lado, la emergencia se configura como situación crítica repentina que se produce durante el desastre, que requiere de acciones inmediatas de los organismos pertinentes de ayuda, socorro y rescate (World Health Organization [WHO], 2007; UNISDR, 2009). Por lo general, los impactos que se provocan en la comunidad se pueden atender por medios locales, salvo que el impacto supere estas capacidades (MATURANA, 2011).

Se debe entender que los desastres no sólo ocurren por eventos naturales, sino que también son producto de acciones antrópicas en los territorios, aunque la atención se tiende a focalizar solo en el aspecto físico, sin tomar en cuenta que no necesariamente son los

fenómenos naturales los que provocan las mayores pérdidas (WISNER et al, 2003). Y si bien los eventos físicos son un prerequisite para que sucedan desastres, no son suficientes para que se materialicen. Esto se refiere a la necesidad que una sociedad o un subconjunto de ésta sean vulnerable a sus impactos, o que una sociedad resulte incapacitada para resistir o recuperarse por sí misma de los impactos de un evento de rango extraordinario (BLAIKIE et al., 1996; WILCHES CHAUX, 1998; MASKREY 1993; en LAVELL, 2005). Es decir, el daño que puede ocasionar una amenaza tiene estrecha relación con las condiciones presentadas antes, durante y después del evento, y no por las características de éste.

En este sentido, el riesgo se configura como una condición latente para la sociedad, inherente a la vida en el planeta y que se conforma por la interacción de las amenazas y las vulnerabilidades sociales en un tiempo y en un lugar específicos (LAVELL, 2005), resultado de que *cada modelo de desarrollo construye su propio modelo de riesgo* (LAVELL, 2008, en BOHÓRQUEZ, 2011). Esta condición latente de riesgo lleva a incrementar los niveles de vulnerabilidad de las comunidades en caso de un evento potencialmente destructivo, donde *los desastres no ocurren, sino que se manifiestan* (CALDERÓN, 2001, en BOHÓRQUEZ, 2011).

2.1.3 Gestión del Riesgo (GdR) y Gestión de la Emergencia (GdE)

Producto del debate sobre riesgos en la década de los 90, también surge la interrogante sobre cómo abordarlos preventivamente, sobre cómo gestionar los desastres para disminuir la cantidad de pérdidas humanas y materiales, y tratar de tener una mejor relación con el medio ambiente (LAVELL, 2005; MONTENEGRO-ROMERO & PEÑA-CORTES, 2010). Ante ello, se incorpora una visión más analítica del riesgo (STÖTTER & ZISCHG, en SANCHEZ, 2010), la Gestión del Riesgo consiste en procesos socioeconómicos (ya sean actividades, programas o medidas) orientados a la prevención, reducción y control constante de los factores de desencadenamiento de amenazas, y del resultado de su concreción en desastres que aquejen a la sociedad, en concordancia e integrando pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles (NARVAEZ, LAVELL & PEREZ-ORTEGA, 2009; SANCHEZ, 2010; KHAN et al., 2002, en MIKULSEN & DIDUCK, 2016). Esta doble dimensión temporo-espacial de la gestión del riesgo abarca diversas formas y escalas de intervención, ya sea desde la formulación hasta la concreción de acciones de reducción y de control, monitoreo, sistemas de alerta temprana, mitigación y reducción de la magnitud de las amenazas, etc., desde la escala local hasta la nacional, y permitiendo la coordinación, ya sea tanto de instituciones como de actores (NARVAEZ et al., 2009).

Por otra parte, se han desarrollado diferentes modelos de gestión del desastre, sin embargo todos poseen siete etapas que son convencionales a todos los modelos existentes (Figura 4): la emergencia, la respuesta, la recuperación, la reconstrucción, la prevención, la mitigación y la preparación, siendo un proceso continuo en el espacio y en el tiempo. Estas etapas son fundamentales, dado que de ellas se derivan las acciones y medidas a tomar para la gestión de emergencias. En este sentido, para llevar una efectiva Gestión del Riesgo de Desastre (GRD en adelante), se trata con características que no solo deben ser tratadas en el corto plazo, se torna necesario establecer medidas a mediano y largo plazo.

En este sentido, busca generar una cultura preventiva y conciencia de las acciones llevadas a cabo en cada etapa de la GDR, lo que conlleva que exista una estructura a nivel de país que posibilite la coordinación interinstitucional e intersectorial de todos los actores involucrados (ya sean públicos como privados), acompañado de una activa participación ciudadana (GEENEN, 2008; STÖTTER & ZISCHG, 2008, en SANCHEZ 2010).

RAMOS (2005) enfatiza que la GDR debe ser parte indisoluble del planeamiento, formulación y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas que ayuden a disminuir la ocurrencia, magnitud y consecuencias de eventos y/o fenómenos con alto potencial de daño sobre el territorio.

Existen diferentes medidas que se han aplicado y que se recomiendan para manejar los riesgos (en especial el riesgo volcánico) a largo plazo (BID, 2003, en MONTENEGRO-ROMERO & PEÑA-CORTES, 2010; NEWHALL, 2015): planificación territorial del uso de la tierra, medidas preventivas, de emergencia y de recuperación o rehabilitación, transferencia de riesgos y reconocimiento junto con la aceptación del riesgo por parte de la comunidad, mapas de riesgo y de peligro, educación pública y diálogo sobre los riesgos volcánicos. La dificultad de estas medidas radica en que si bien están enfocadas a disminuir los niveles de riesgo, en la práctica se enfrenta a diversos desafíos y obstáculos para lograr su aplicación. En el caso de América Latina, se enfrenta a una escasez de información sobre las amenazas que aquejan a la región, sobre todo aquello relacionado a los niveles de vulnerabilidad de la población, siendo deficiente y discordante con las necesidades a la hora de evaluar el riesgo e implementar medidas (KEIPI, MORA & BASTIDAS, 2005).

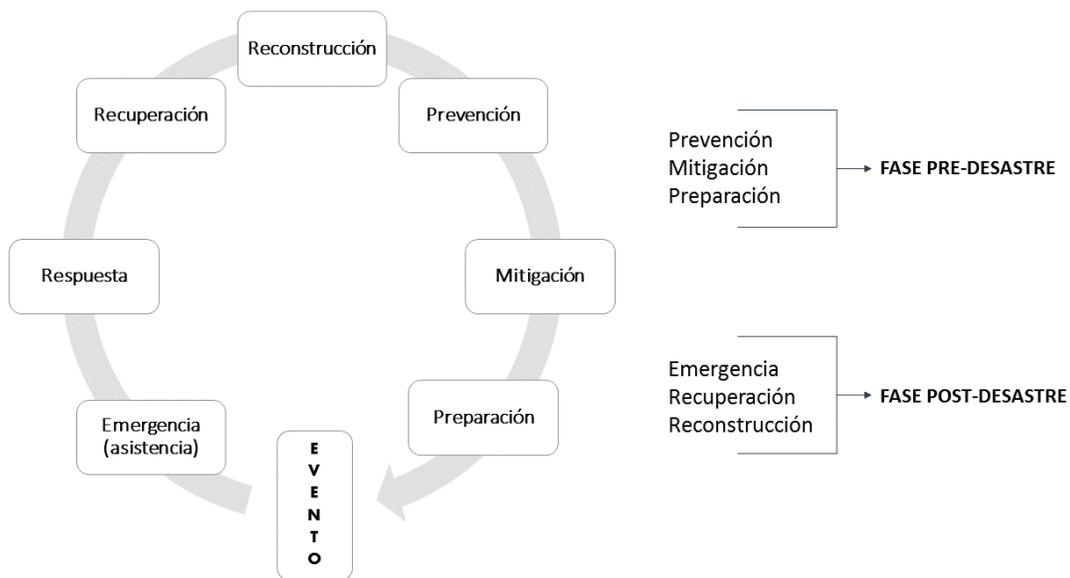


Figura 4. Ciclo convencional de la Gestión del Riesgo. Fuente: MITHTHAPALA (IUCN, 2008 en AL KHAILI & PATHIRAGE (2014).

Otra de las grandes deficiencias es el carácter reactivo a la hora de enfrentar un desastre o catástrofe, en donde los esfuerzos se han orientado fundamentalmente a la respuesta y socorro en caso de emergencia, descuidando las acciones de prevención y mitigación (CARDONA, 2001). Esta situación se refleja en las emergencias volcánicas en Chile, donde

a raíz de importantes eventos eruptivos es que el aparato público ha reaccionado respecto de cómo enfrentar estos eventos. Producto de las erupción del Volcán Chaitén en 2007, el cual dejó un pueblo sepultado bajo el paso de lahares generados por la erupción de dicho volcán, y el proceso eruptivo inestable del Volcán Llaima durante 2007-2009, recién a partir de estos acontecimientos es que se crea la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) en el año 2009, la cual monitorea la actividad volcánica en el país (GIL, s/f).

Esta situación se ve agravada por la falta de incentivo para otorgar recursos, ya que las políticas actuales se preocupan de las actividades de respuesta y emergencia más que en prevención y mitigación, debido que en períodos de crisis los recursos son limitados, y del exterior proviene ayuda médica y en materia de reconstrucción (BID, 2005; ZHAI & IKEDA, 2006; CEPAL, 2007, en MONTENEGRO-ROMERO & PEÑA-CORTES, 2010).

Consecuentemente, las políticas chilenas en torno a la GdR, como señala RETAMAL (2012), no se han masificado como *lineamientos determinantes* en los instrumentos de planificación territorial, más bien se replica una aplicación de medidas reparatorias y orientadas a satisfacer la emergencia, sin tomar medidas preventivas que ayuden en disminuir los niveles de riesgo. Adicionalmente, la amplificación y atenuación de la percepción que desde lo público se tiene sobre los riesgos es responsable de la disociación entre las apreciaciones científicas y públicas del riesgo, lo que dificulta el análisis del riesgo y las posibles medidas a tomar (KASPERSON et al., 1988, en MIKULSEN & DIDUCK, 2016).

Esto conlleva a que no se rompa con el círculo vicioso en torno a los desastres (COLON, 2011), como se observa en la Figura 5, debido a que cuando ocurre un desastre, se opta por actuar ante la emergencia, en vez de considerar una gestión preventiva (BLAIKIE et al., 1996), lo que conlleva que se implementen medidas a corto plazo, sin considerar aquellas a largo plazo.

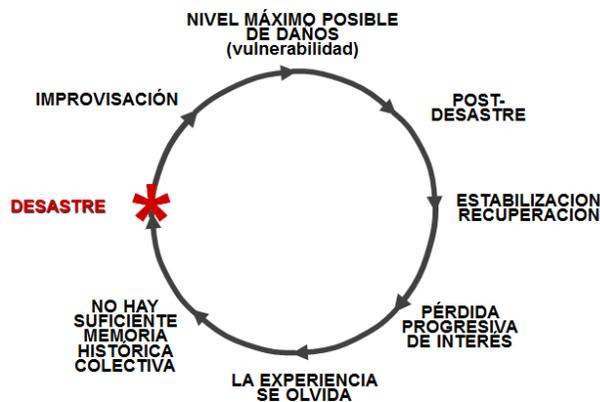


Figura 5. El círculo vicioso de los desastres. Fuente: S. MORA (BID), en FERRANDO (2014).

Según el D.L. 369 del año 1974, el cual crea la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), establece que esta agencia es la encargada de planificar, coordinar y ejecutar las actividades destinadas a prevenir o solucionar los problemas derivados de los sismos o catástrofes. Sin embargo, ONEMI en su portal oficial sostiene que además se encarga de impulsar actividades relacionadas a esta materia, acciones de prevención, respuesta y

rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, ya sean de origen natural o por acción humana (ONEMI, 2016). Esta oficina en el año 2002 desarrolló un modelo para la gestión del riesgo (SANCHEZ, 2010), en el que se consideran las etapas convencionales de la gestión del riesgo.

Uno de los escenarios que contemplan las instituciones relacionadas a la Gestión del Riesgo y atención de desastres en Chile es la amenaza volcánica. Por la ubicación de Chile en una zona de subducción de placas tectónicas, no solo está expuesto a eventos telúricos, también a eventos volcánicos. Esto se refleja claramente en la gran cantidad de volcanes que presenta la geografía de Chile, situándolo como el país que posee el 10% de los volcanes activos del mundo (PNUD, 2012). En los últimos años, el país ha enfrentado diferentes emergencias volcánicas, e incluso albergando una por año: la erupción del Volcán Chaitén en 2007, el Volcán Llaima en 2007-2009, la erupción del Volcán Puyehue - Cordón Caulle en 2011-2012, el Volcán Copahue en 2012-2013, la erupción del Volcán Calbuco en 2015.

ONEMI ha debido integrar esta amenaza dentro de sus planes por ser una de las instituciones que está presente en caso de actividad volcánica, por lo tanto, su modelo de gestión del riesgo otorga las directrices base para atender estos eventos. Si bien el modelo contempla las etapas esenciales de la GdR, cada amenaza se atiende de distinta manera, los sismos no requieren las mismas medidas que las inundaciones, que las erupciones volcánicas, tsunamis, etc., y por lo tanto, realiza una gestión orientada específicamente a la Emergencia (GdE)

2.1.4 Manejo de las crisis volcánicas

Teóricamente, el manejo de las crisis volcánicas es una asociación entre los diferentes actores, la sociedad, los científicos a cargo del monitoreo y evaluación de la amenaza volcánica e instituciones gubernamentales a cargo de la protección civil, cuyo fin es trabajar en conjunto para desarrollar e implementar medidas de preparación y respuesta buscando la mitigación de los efectos de una erupción volcánica (JOLLY & DE LA CRUZ, 2015).

Como señalan CHESTER, DIBBEN y DUNCAN (2002), en el caso de las crisis volcánicas, existen numerosos ejemplos a nivel global de emergencias volcánicas donde la intervención de las autoridades civiles ha permitido el impacto de las erupciones y ayudar a la recuperación: exitosas como la del Monte Santa Helena en Estados Unidos en 1980, Monte Unzen en Japón en 1991 y Monserrat entre 1995-1998, como también desastrosas, como Nevados del Ruiz en Colombia en 1985, El Chinchón en 1982, México. Los autores rescatan que, a partir de estas experiencias, es posible observar que las respuestas exitosas se correlacionan fuertemente con las políticas de reducción de amenazas o peligro, en especial aquellas tomadas antes que ocurra una erupción.

En este sentido, MARZOCCHI, NEWHALL y WOO (2012), CHESTER et al. (2002) y JOLLY & DE LA CRUZ (2015) son enfáticos en señalar que para el éxito en el manejo de este tipo de eventos debe existir una participación de todos los actores involucrados, educación pública efectiva en torno a estos temas (especialmente en los períodos de quiescencia volcánica) y buena comunicación, tanto entre tomadores de decisión como aquellos expuestos al riesgo.

Por lo tanto, no se debe descuidar que las acciones a tomar en caso de emergencia tienen consecuencias, a favor o negativas para la sociedad, dado que cuando un grupo social falla en responder ante una situación de peligro, ello puede incrementar la magnitud del desastre (JOLLY & DE LA CRUZ, 2015).

TILLING (2014) sostiene que las comunicaciones se transforman en un elemento crítico a la hora de una emergencia, por lo tanto, el diálogo entre científicos y oficiales encargados del manejo de emergencias son esenciales para el desarrollo e implementación de estrategias para disminuir las consecuencias.

Por lo tanto, enfatiza que por más detallada y de calidad que sea la información que proporcionen los científicos, no necesariamente significa que posean el conocimiento de otros factores claves (dimensión socioeconómica, cultural y política) y la autoridad para tomar decisiones sobre la atención de emergencias o crisis. Por lo tanto se vuelve esencial el trabajo de equipos multidisciplinarios y que la comunicación y difusión de información sea efectiva y por los entes apropiados (Figura 6).



Figura 6. Programa idealizado de los elementos esenciales para un programa efectivo de reducción de riesgo volcánico. Fuente: TILLING (2014).

2.2 Amenazas de origen natural

Producto de las diferentes manifestaciones de los riesgos a los que se enfrenta la población, se ha vuelto fundamental el estudio y evaluación de las amenazas, y en este caso en especial, las de origen natural. En este sentido, las amenazas corresponden a todos aquellos fenómenos que por su origen (natural, socio-natural, tecnológico o antrópico), ubicación, recurrencia, probabilidad de ocurrencia, magnitud e intensidad, puedan ser partícipes de la generación de una situación de riesgo en que pudiera resultar afectada una comunidad o un conjunto de elementos antrópicos (mod. de CHARDON & GONZALEZ, 2002). Por lo tanto, se expresa como “la probabilidad de exceder el nivel de ocurrencia de

un evento con un nivel de severidad mayor o extremo, en un sitio específico y durante un cierto período de tiempo” (CARDONA, 1993: 52). LAVELL (1996) señala que este tipo de amenazas se les considera como “normales” en el sentido de ser propias del funcionamiento del medio físico natural, en donde el ser humano tiene nula o muy reducida capacidad de intervenir en la magnitud y características de estos fenómenos. Por lo tanto, cualquier gestión que se requiera hacer respecto a este tipo de amenaza, se relega a controlar los impactos que pueda generar sobre la población, apuntando a su mitigación y/o prevención.

En este contexto, se reconocen 4 tipos de amenazas naturales:

- De origen tectónico, geofísicas o de geodinámica interna (endógena)
- De origen geomórfico o de geodinámica externa (exógena)
- De origen meteorológico
- De origen hidrológico

En el caso de las amenazas de origen tectónico y de geodinámica interna, estas se caracterizan por tener una manifestación y/o desarrollo muy rápido, un impacto geográfico areal (en el sentido de que ocurren en ciertas zonas y no en otras), falta de predictibilidad y de gran poder destructivo (OEA, 1991).

Según CARDONA (1993), la ciencia, al no poseer las técnicas necesarias para modelar con alta precisión los sistemas físicos y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas, ha debido adaptarse y adecuarse a los datos que si puede obtener. Es así que para la evaluación de las diferentes amenazas de origen natural, se realizan análisis probabilísticos combinados con análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, recurriendo a información en los registros históricos de estos eventos, ello con el objeto de poder modelar con algún grado de aproximación aceptable el comportamiento que se debiese manifestar.

Esto ha conllevado avances en el proceso de pronosticar la ocurrencia de un fenómeno, en base al estudio de su mecanismo generador, al monitoreo del sistema perturbador y/o registro de eventos en el tiempo. Estos pronósticos se pueden realizar a corto plazo (búsqueda de señales o eventos premonitorios), mediano plazo (indicadores basados en información probabilística) y/o de largo plazo (determinación del evento máximo probable asociado a un periodo de tiempo que permita relacionarse con la planificación del territorio) (Ibíd.).

2.2.1. Amenaza Volcánica

La amenaza volcánica se configura como una de las amenazas más difíciles de cuantificar, dada la complejidad y alcances de sus procesos, y los datos necesarios para realizar el cálculo de esta amenaza, aun cuando la evaluación sea basada en su historia pasada (ALBERICO et al., 2002). A esto se le suma que la relativa falta de datos y la incertidumbre de la aplicabilidad de los datos de un volcán a otro constituyen el desafío mayor en relación a la evaluación de la amenaza volcánica (DONOVAN, OPPENHEIMER & BRAVO, 2012).

La amenaza volcánica se configura como una amenaza de origen natural de tipo geodinámico, interno debido a que la actividad volcánica es una manifestación en la superficie por presiones y elevadas temperaturas al interior de la corteza de la Tierra, lo

que permite la formación de magma debido al derretimiento del material lítico. Para que el magma escape a la superficie, debe atravesar (o extravesar) parte de la corteza o del sustrato a través de una fisura, grieta o falla, y generar una chimenea central o conducto de extrusión (mod. de BELL, 1999; STRADER, ASHLEY & WALKER, 2015). La expresión de esta actividad volcánica se materializa en flujos de lava, expulsión de material piroclástico, lahares y/o salida de vapor caliente o gases principalmente (DA SILVA & LINDSAY, 2015; LEE et al., 2015). Estos productos y procesos han llevado a considerar los relieves volcánicos como “postizos y añadidos” por su carácter superficial, ya que se sitúan sobre formas anteriores sin tener una relación estructural con ellas (DERRUAU, 1978).

El dinamismo evolutivo de la morfología de las montañas volcánicas es resultado directo del tipo de actividad volcánica registrada y de los procesos exógenos ocurridos. Por lo tanto, una forma volcánica de larga vida es testigo de la historia eruptiva y erosional, lo que se expresa en cambios morfológicos en el tiempo, llegando a construir macizos difusos, complejos de identificar y diferenciar morfológicamente.

SCHILLING et al. (2013) establecen que los volcanes están formados por:

- Una cámara magmática, reservorio donde se acumula el magma, ubicado en la corteza terrestre a algunos kilómetros bajo la superficie.
- Un conducto alimentador (o chimenea) que corresponde a una fractura por donde ascienden los fluidos volcánicos.
- Un cono de acumulación (o edificio volcánico), compuesto por lavas y piroclastos generados por diversas erupciones ocurridas en el tiempo. Por lo general, estas acumulaciones adquieren una característica forma cónica (como los volcanes Llaima y Lonquimay), aunque otros pueden estar parcialmente destruidos y con una gran depresión central (caldera), como el volcán Nevados de Sollipulli.

Por la historia eruptiva del volcán, a la hora de entrar en actividad, las manifestaciones más comunes son, en cuanto a actividad precursora, ruidos subterráneos y sismos volcánicos, mientras que en el desarrollo de una erupción se observan procesos de flujos y caída de piroclastos, coladas de lava, explosiones, columnas de gases y de cenizas, lahares, y eventualmente derrumbes parciales del edificio o de sus laderas (mod. de PETIT-BRUILH & LOBATO, 1994).

2.2.2 Tipos de Volcanes

Producto de las configuraciones tectónicas, tasas de derretimiento de glaciares y nieve, composición del magma y condiciones eruptivas de los volcanes, es que estos varían ampliamente en su morfología, tamaño, evolución, estilos eruptivos y comportamientos (CASHMAN & SPARKS, 2013; DA SILVA & LINDSAY, 2015). También, según la cercanía de los lugares de extrusión magmática, el proceso de crecimiento del radio basal los edificios volcánicos pueden llevar a la generación de cadenas volcánicas (mod. de DA SILVA & LINDSAY, 2015).

Para la descripción y caracterización de los tipos de volcanes, se emplea la tipología establecida por POLDEVAART (1971) y DA SILVA & LINDSAY (2015). Basados en la complejidad de la historia eruptiva, estos investigadores dividen los volcanes en monogenéticos, poligenéticos y calderas (Figura 7).

2.2.2.1 Volcanes Poligenéticos

La formación de este tipo de volcán se produce por numerosos ciclos de episodios eruptivos. Típicamente su período de formación comprende 10^4 - 10^5 años. Su composición puede ser máfica o silíceo, y sus tipos comúnmente son volcanes compuestos o en escudo.

– *Volcanes Compuestos*

Aunque son usados como sinónimos, estratovolcanes, conos de lava, conos compuestos, centros volcánicos o volcanes compuestos, estas formas se originan por repetidas erupciones de una misma chimenea o chimeneas migrantes relacionadas a un sistema magmático común. En el caso de los estratovolcanes, estos se originan por el depósito sucesivo de distintas capas de lava y piroclastos. Por otro lado, los volcanes compuestos son aquellos que se construyeron por diferentes etapas de evolución. Este tipo de volcán es común encontrarlo en ambientes tectónicos, especialmente en zonas de subducción, como en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Normalmente estos se construyen a partir de magmas viscosos intermedios a silíceos de composición andesítica a dacítica que erupcionan explosivamente (estilos eruptivos estromboliano, vulcaniano, sub-pliniano a pliniano) producen conos piroclásticos, caída y flujo de piroclastos, y efusivamente produce flujos de lava, *coulées*, y domos. Los flujos de lava, si esta es viscosa, recorre distancias cortas y forman lenguas de dimensiones pequeñas a moderadas. La forma cónica de estos volcanes refleja la influencia de la actividad eruptiva desde la chimenea central.

– *Volcanes Escudo*

Son aquellos volcanes de lava con forma amesetada o suavemente acolinada, con magmas de composición basáltica. Sus erupciones están dominadas por flujos de lava fluida que a menudo presentan fuentes de fuego directamente en los sistemas de alimentación de fisuras en diques. Característicos por poseer bajas pendientes (producto de la fluidez de la lava basáltica), las tasas de efusión son altas, lo que permite que alcancen grandes distancias. Volcanes en escudo oceánicos activos son considerados hot-spots en la litosfera ya que se ubican sobre plumas en el manto terrestre.

2.2.2.2 Volcanes Monogenéticos

Definidos como aquellos donde su actividad eruptiva cesa después de un único episodio de actividad, que puede tener una duración temporal de unas semanas a meses, incluso años. En esta categoría se incluyen:

– *Volcanes Monogenéticos Máficos*

Normalmente se producen como parte de un campo volcánico monogenético debido a volcanismo distribuido o como aperturas en los flancos de grandes volcanes. Se encuentran en diferentes ambientes tectónicos alrededor del mundo. Las principales formas asociadas a volcanes máficos menores son conos de escoria, maar diatreme o anillos de tobas, y conos de tobas.

– *Volcanes Monogenéticos Silíceos*

Son cuerpos gruesos de limitada extensión que presentan flujos lentos debido a las altas viscosidades del magma de composición riolítica a dacítica. Son relativamente escasos y reflejan la propensión de erupciones de este tipo de magma. La morfología más conocida son los domos de lava.

2.2.2.3 Calderas

Son el resultado de las erupciones más catastróficas acompañadas de la liberación de miles de kilómetros cúbicos de magma en días durante un evento único. Este tipo de episodios, conocidas como *super-erupciones*, ocurren cada 100.000 años donde se libera del orden de 1.000 km³ de material piroclástico. Esto forma volcanes inversos (o colapso de la estructura central) quedando rodeadas por flancos de rocas piroclásticas. Se atribuyen a una subsidencia relacionada con una rápida retirada de magma (vaciamiento de la cámara magmática). Se reconocen 3 tipos: de colapso, de explosión y de erosión (Figura 7).

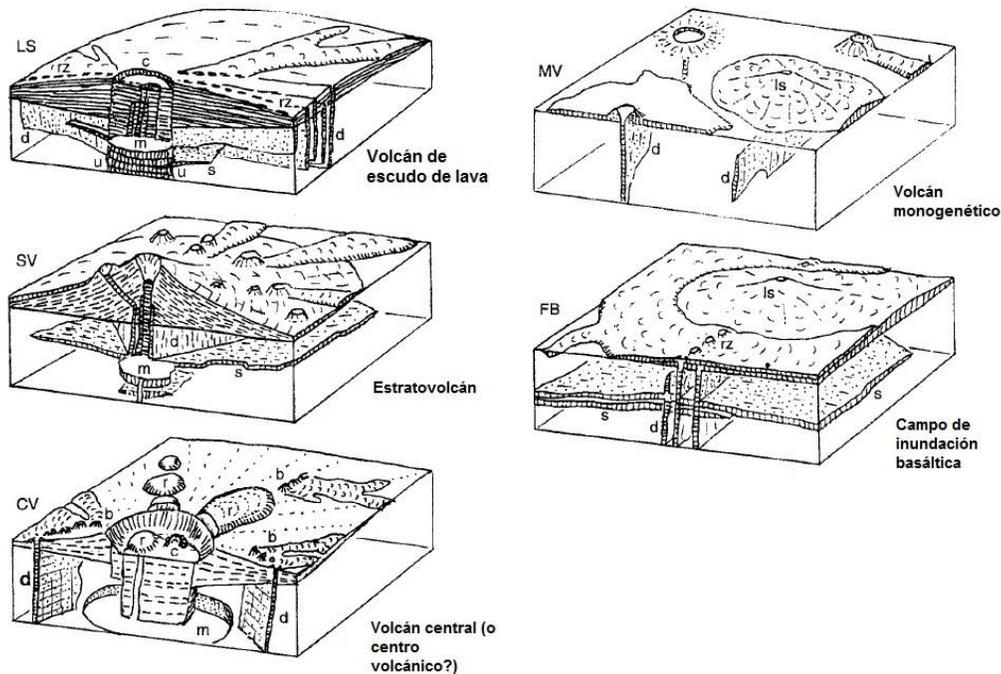


Figura 7. Tipos de volcanes basálticos. Claves: b, respiraderos basálticos; c, caldera; d, dique; m, cámara magmática; rz, zona de rift; r, domo de lava riolítica; s, lámina o manto intrusivo; u, rocas plutónicas, gabroica o ultramáfica. Fuente: WALKER (2000).

2.2.3 Tipos de erupciones centrales

Uno de los grandes debates en materia de volcanismo ha sido la clasificación de los tipos de erupción. La primera clasificación, y que ha servido como base para las clasificaciones futuras, fue la realizada por A. Lacroix en 1908, posteriormente formalizada por Sapper en el año 1931 (POLDERVAART, 1971).

Para lograr clasificar los diferentes tipos de erupciones unificando criterios, Newhall y Self en el año 1982 crearon el Índice de Explosividad Volcánica-IEV (VEI en inglés). Este índice es una escala integradora que posee 9 niveles, con valores de 0 a 8. El propósito de este índice es describir la magnitud (volumen emitido) y la intensidad (altura columna eruptiva). Es aplicable tanto a erupciones recientes como antiguas.

Sin embargo, si bien se asume que la magnitud está relacionada con la intensidad, las diferencias entre ambas variables, cuantitativa y cualitativamente, requiere la utilización de dos escalas diferentes para describir estas variables (PYLE, 2000, en ROMERO, BUSTILLOS & VIRAMONTE, 2015).

A continuación se definen los diferentes tipos de erupciones volcánicas centrales (Figura 8) según los trabajos de DERRUAU (1978) y PORDERVAART (1971).

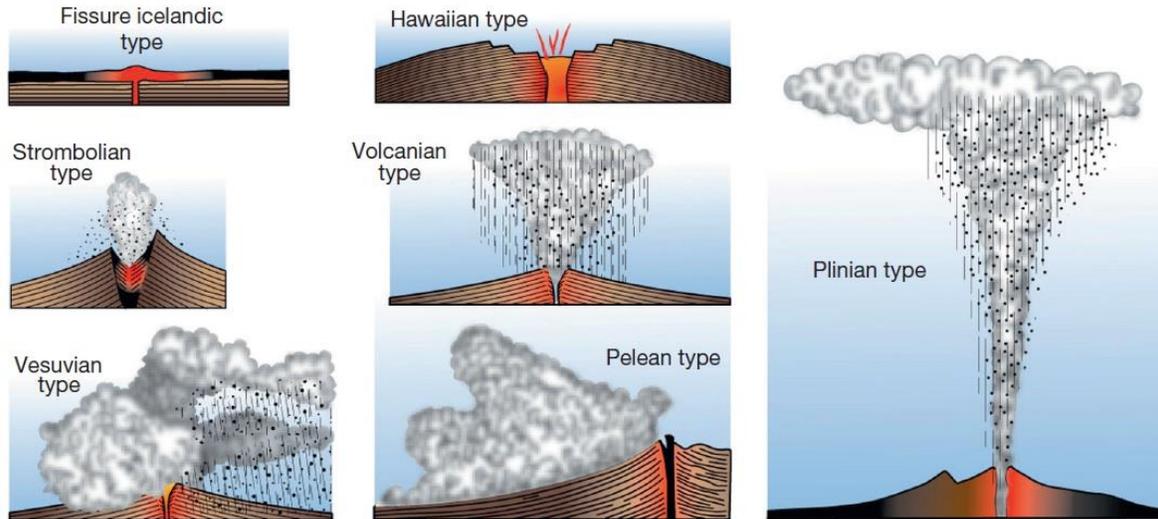


Figura 8. Tipos de erupciones centrales. Fuente: HUFF & OWEN (2015).

– *Islándicas*

Erupciones de tipo fisurales, liberan magma basáltico fluido (líquido) y gases. Además se producen grandes emisiones de volúmenes de lava, de carácter fluido, como hojas sobre largas áreas donde se pueden formar mesetas (por ejemplo, Columbia).

– *Hawaiana*

Pueden ser fisural, de caldera y de cráter. Se caracteriza por efusiones de lava muy fluidas. Son erupciones quietas a moderadas, de mayor permanencia que una erupción, ocasionalmente de rápida emisión de lava cargada con gases lo que produce fuentes de fuego. Además, produce pequeñas cantidades de polvo volcánico y permite la construcción de domos de lava. Si bien el pahoehoe o cordada (tipo de lava que fluye al mismo tiempo que se forma una costra muy delgada) no es el único tipo de lava presente en las erupciones hawaianas, si se halla presente en todos los volcanes de tipo hawaiano.

– *Estromboliana*

Su nombre proviene del volcán Stromboli, ubicado en las islas Lipari en Sicilia. Se produce por escapes espasmódicos de gas. Este tipo de erupción se caracteriza por ser continuo, o a lo menos rítmico, donde el cráter contiene lava fluida en constante ebullición. Esto permite la generación de coágulos de lava eyectada, produciendo bombas y escorias. Además, la coloración de las nubes es clara, por ser principalmente vapor, donde la columna de nubes sobre el volcán alcanza máximos moderados. Durante periodos de paroxismo, la lava puede derramarse por efusión. Si bien no presenta mayores niveles de peligrosidad ya que por el tipo de erupción, la mayor parte de los materiales vuelve a caer al cráter.

– *Vulcaniana*

Asociada a lavas más viscosas, que se solidifican rápidamente. En el intervalo entre una erupción y otra, se produce una corteza de lava taponeando la chimenea, permitiendo que el gas se acumule bajo la superficie. Al estar obstruida la chimenea, la presión del magma se incrementa hasta que el tapón de lava se rompe, eyectando bombas, pumitas y cenizas. Producto de la violencia de la erupción, la lava puede fluir desde la parte superior del flanco después de la explosión principal. Se producen nubes oscuras más o menos verticales que contienen cenizas, y se desarrollan con forma de coliflor, alcanzando alturas moderadas, y depositando ceniza a lo largo de los flancos del volcán. Además, los materiales gruesos sólo representan una mínima parte del total proyectado. (Nota: erupciones pseudo-Vulcanianas tienen características similares pero resultan cuando otros tipos (como la hawaiana) se convierte en freática y produce largas nubes de vapor, transportando material fragmentado).

– *Vesubiana*

Más paroxística que los tipos estromboliano o vulcaniano; explosión extremadamente violenta de magma cargado de gases desde la chimenea. Este tipo de erupciones ocurren después de largos intervalos de quiescencia (de leve actividad) volcánica. Por su violencia, las chimeneas tienden a ser vaciadas con profundidad considerable, dado que la lava se eyecta en una pulverización explosiva (incandescencia sobre la chimenea), con reiteradas nubes con forma de coliflor que alcanzan gran altura y generan importantes depósitos de cenizas.

– *Pliniana*

Más violenta que la vesubiana, la mayor fase es un repentino alzamiento de gas que lleva a la formación de nubes que ascienden rápidamente en columnas verticales por kilómetros. Son angostas en la base pero se expanden a medida que alcanzan mayores elevaciones. Las nubes usualmente presentan bajo contenido de cenizas.

– *Peleano*

Resulta de lavas altamente viscosas (riolita, dacita). De explosividad retardada, este tipo de erupción está separada por largos intervalos de tiempo. Los conductos del estratovolcán usualmente están bloqueados por un domo o por un tapón, permitiendo que los gases y la lava al interior de la chimenea escape por un flanco que esté abierto o por la destrucción o la expulsión del tapón. Gases, cenizas y bloques se mueven pendiente abajo en una o más direcciones como nubes ardientes o avalanchas incandescentes, produciendo depósitos directos. Estas nubes ardientes, están compuestas por polvo volcánico envueltas por vapor de agua que actúa como de colchón. La nube desciende por las laderas a velocidades que pueden variar entre los 10 y 150 m/s, precedida de una onda aérea (parecida a la producida en los aludes), destruyendo todo a su paso.

2.2.4 Peligro volcánico

Erupciones violentas usualmente pueden conllevar cambios drásticos en la superficie terrestre y poner en riesgo a la población. Durante una erupción volcánica se pueden producir flujos de lava, flujos y oleadas piroclásticas, caída de polvo volcánico (tefra), lahares, deslizamiento de tierra y plumas de tefra, los cuales pueden provocar potenciales pérdidas, humanas, económicas y/o disrupción de los ecosistemas naturales dentro del área afectada (STRADER et al., 2015). De estos peligros, la caída de tefra es el que cubre

mayores áreas al momento de una erupción volcánica (WILSON et al., 2014), pero genera menor daño directo. Estos procesos y productos tienen diferentes alcances, además de diferentes mecanismos generadores. En este sentido, la influencia que posee el volcanismo sobre el paisaje es el resultado de diferentes factores (HUFF & OWEN, 2013):

- La naturaleza y patrones de varias fisuras y conductos (respiraderos)
- La duración en tiempo en que el volcanismo es activo
- La relativa edad del volcanismo respecto a las unidades estratigráficas
- La composición y características físicas de los materiales expulsados
- El volumen del material expulsado durante una erupción volcánica
- La cantidad y extensión de la subsecuente erosión

Debido a que los procesos y productos volcánicos se producen por distintas condiciones, es que se diferencian entre procesos volcánicos directos e indirectos (MORENO, 1994):

Procesos Volcánicos Directos

- Corrientes de lavas
- Eyección de piroclastos
- Emisión de gases
- Flujos y oleadas de piroclastos
- Sismicidad
- Avalanchas volcánicas

Procesos Volcánicos Indirectos

- Corrientes laháricas
- Crecidas
- Avalanchas de hielo y nieve
- Deslizamientos
- Obstrucción de valles y cursos fluviales
- Tormentas eléctricas
- Lluvias ácidas
- Incendios forestales
- Alteraciones de aguas termales aledañas, aguas superficiales, de suelos y vegetación.

TILLING (2014) clasifica los procesos directos en procesos de flujo o de caída. Respecto a los primeros, en la Tabla 1 se observan características de estos procesos asociadas a su comportamiento.

Tabla 1. Propiedades de peligros volcánicos asociados a procesos de flujo.

Peligro	T°	Densidad agregada de flujo	Máxima velocidad (km h ⁻¹)
Flujos de lava	700-1200	Alta	Variable; ≤45
Flujos de piroclastos	Variable; ≤850?	Media	≤250
Oleadas piroclásticas	Variable; ≤600?	Media-baja	≤300?
Explosiones laterales directas	Variable; ≤600?	Media-baja	≤1150?
Avalanchas de detritos	Variable	Alta	≤200
Lahares primarios	Variable	Alta-baja	Variable; ≤140?
Inundaciones (jökulhlaups)	Variable	Baja	Variable, dependiendo del gradiente del canal

Fuente: TILLING (2014).

Por las características propias de cada volcán, la actividad volcánica puede manifestarse de variadas maneras y en diferentes condiciones, por lo tanto, cuando se produce una erupción volcánica no necesariamente se producirán todos los procesos descritos anteriormente, tampoco afectarán en la misma extensión y lugar. La Figura 9 muestra el alcance aproximado de los peligros volcánico y su variación respecto de la distancia al edificio volcánico.

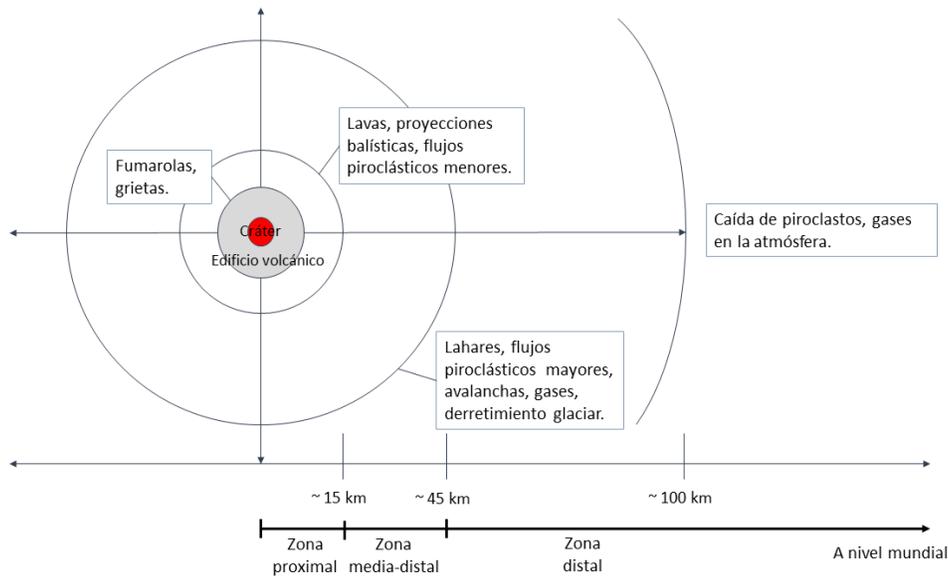


Figura 9. Peligros volcánicos y su extensión espacial. Fuente: CHAMLEY (2003) y SERNAGEOMIN (2015b).

Para una mejor comprensión de estos fenómenos, la descripción de los peligros volcánicos es efectuada considerando las situaciones generadas a partir de la historia eruptiva del Volcán Llaima según lo señalado por PETIT-BRUILH y LOBATO (1994), MORENO y NARANJO (2003), NARANJO y MORENO (2005) y CECIONI y PINEDA (2010), además de las características de los procesos de transporte.

2.2.4.1 Piroclastos (generación y transporte de tefra)

Incluye todo aquel material incandescente proyectado por una erupción explosiva. Producto de esto, pueden viajar más de 10 km desde la chimenea del volcán, a pesar que piroclastos de mayor tamaño usualmente se depositan en un radio de 5 km desde el volcán (BLONG, 1984, en JENKINS et al., 2014). Este tipo de material se diferencia según su tamaño, identificando comúnmente:

- Polvo volcánico (<0,062 mm)
- Ceniza o arena (0,062- 2mm)
- Lapilli (2- 64mm)
- Bombas o bloques (> 64mm): comúnmente elipsoidales, globulares o con forma de pera, producto del resultado de la rotación en el aire durante su vuelo.
- Tobas (entre 0,062 a 64 mm, dependiendo del tipo de toba): rocas de alta porosidad, sus cristales se aprecian rotos bruscamente, tamaño de grano variable, y crudo de buena estratificación gradada. Constituye un depósito consolidado.

Los mecanismos que permiten la formación de tefra son principalmente tres: pérdida de gases por la descompresión dentro del magma cuando alcanza niveles superficiales de la corteza terrestre (erupciones magmáticas), enfriamiento y fragmentación explosiva del magma durante el contacto con agua subterránea y/o superficial como hielo, nieve o lluvia (erupciones hidromagmáticas), y la fragmentación e incorporación de partículas desde las paredes del conducto en procesos de colapso de cráter o calderas, o “voladura” del material suprayacente durante erupciones vulcanianas o de vapor sobrecalentado (erupciones freatomagmáticas) (HEIKEN & WOHLETZ, 1985 en ROMERO et al., 2015).

Producto de una erupción, se pueden dar 3 tipos de transporte de piroclastos:

- *Por caída*: según descripciones de WILSON & HOUGHTON (2000) y ROMERO et al. (2015), corresponde a material que se transporta y dispersa vía aérea, es decir, su transporte es vertical y de baja concentración de sólidos. La dispersión de tefra se produce por convección y advección de las partículas producto del viento y densidad atmosférica. Esto es, la dispersión de piroclastos se produce por el ascenso a través de una columna eruptiva, columna que se compone de una zona inferior de empuje por gases, una zona de chorro (o jet) y una zona superior convectiva por ingesta de aire (Figura 10). La dispersión de los materiales está controlado por la dirección y fuerza del viento, hasta que la columna iguale su densidad con la de la atmosfera. En ese momento, se producirá una expansión lateral en el sentido de los vientos predominantes, formando una amplia nube en forma de paraguas. Producto de la capacidad de transporte del viento (Figura 11a), los clastos más gruesos se depositan en un radio de 3-5 km de la fuente, mientras que las fracciones más finas pueden viajar miles de kilómetros. La extensión en el depósito por caída de piroclastos dependerá de la magnitud de la erupción y de la altitud alcanzada por columna formada. Adicionalmente, el comportamiento de la columna se debe a la composición del magma, la cantidad y naturaleza de los componentes volátiles, la tasa de descarga de magma y la geometría del cráter o respiradero.

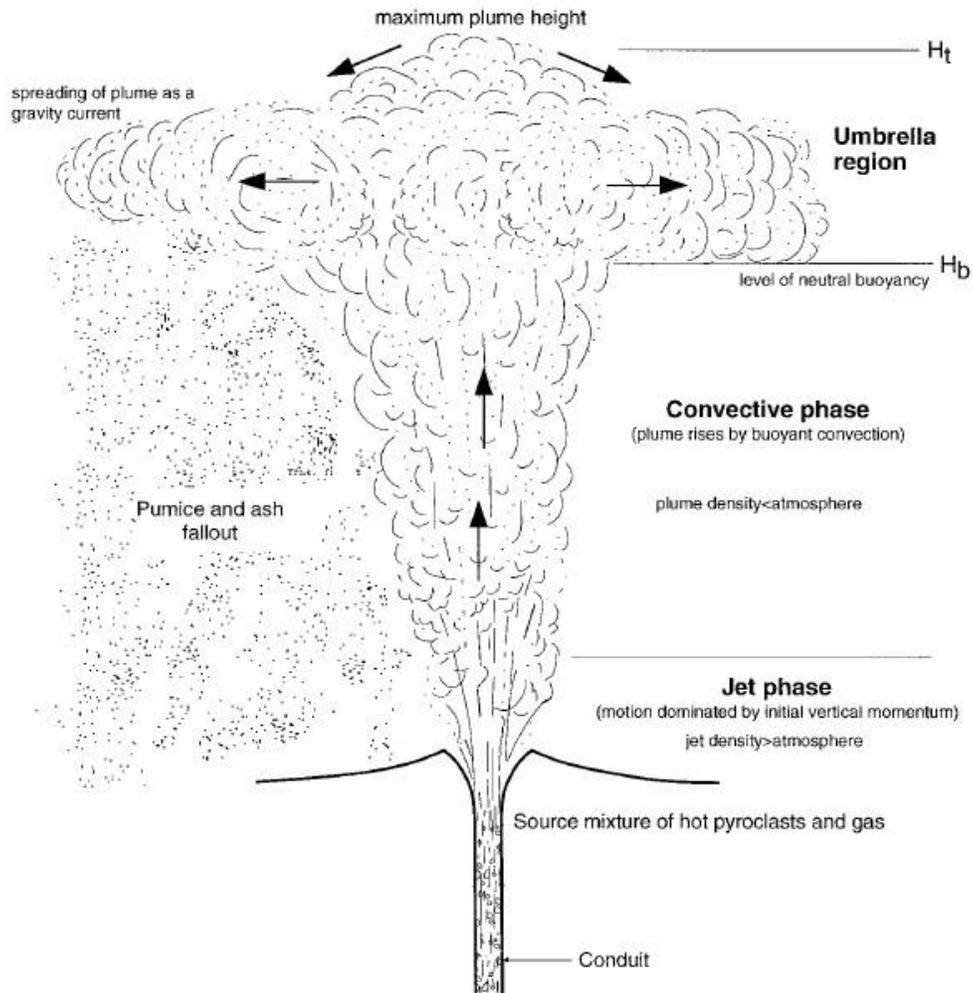


Figura 10. Formación de una pluma volcánica. Fuente: CAREY & BURSİK (2015).

- *Por oleadas (surges)*: flujo horizontal relativamente diluido (baja concentración de sólidos) que gradualmente incrementa su densidad a medida que avanza (Figura 11b). No está influenciado por el viento, pero genera una segunda pluma que si es afectada por el viento (WILSON & HOUGHTON, 2000).
- *Por flujo*: flujo horizontal claramente definido (Figura 11c), compuesto por una masa concentrada que sigue la topografía y por una nube que la acompaña (al igual que las oleadas piroclásticas, también genera una segunda pluma de cenizas) (WILSON & HOUGHTON, 2000; ROMERO et al., 2015). Consiste en una mezcla de partículas volcánicas calientes y gas fluyendo debido a la gravedad, con una densidad más alta que el aire (DELGADO et al., 2015). Estos flujos pueden alcanzar velocidades de 10-15 km/h con temperaturas de 400°C, e incluso, han alcanzado los 100 km/h. Poseen una alta capacidad destructiva, ya que pueden causar daño por impacto térmico e incendios resultantes de este flujo (DRUITT, 1998, en STRADER et al., 2015; LEE et al., 2015).

La capacidad erosiva de este flujo depende del tamaño, densidad y temperatura de los materiales, como también de las características del terreno en el que se mueve (DELGADO et al., 2015). SULPIZIO et al. (2014) considera que la duración de las corrientes (sostenidas versus transitorias) dependen ambas en el volumen total del flujo y la tasa de flujo volumétrica de la fuente, afectando el comportamiento depositacional.

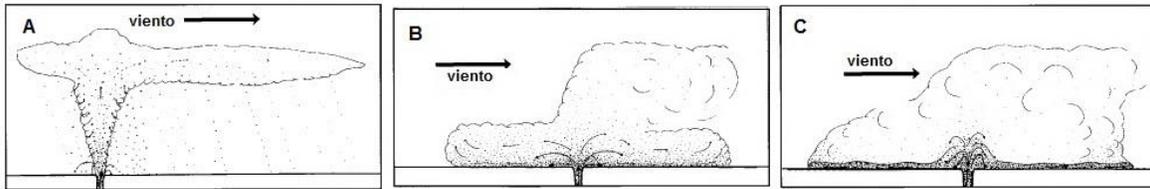


Figura 11. Tipos de transporte de piroclastos. a) Caída de piroclastos, b) oleadas de piroclastos (pyroclastic surges), c) flujos de piroclastos. Fuente: modificado de WILSON & HOUGHTON (2000).

2.2.4.2 Lavas

Según POLDEVAART (1971), el flujo de lava es de carácter laminar, no turbulento, alcanzando velocidades mayores a 40 millas/hora en pendientes escarpadas. La viscosidad de la lava depende principalmente del contenido de sílice, por lo que esta característica determinará la velocidad de propagación y las morfologías resultantes. De acuerdo a las características de la superficie, los flujos de lava se clasifican en pahoehoe, aa y flujo en bloques. El primero es el más fluido y se propaga como delgadas sobre superficies de pendiente suave. La segunda, un poco más lenta, con tasas de menos de 5 pies por minuto, su superficie se compone de escorias pedregosas dentadas con numerosas proyecciones de puntas afiladas y angulosas. El tercer tipo, Lavas en bloque, son normalmente más silíceas y viscosas. Los bloques angulares poseen bordes afilados e incluso, superficies planas sin las asperezas y espinas de las lavas aa. Estas lavas avanzan lentamente, con un frente escarpado donde los bloques continuamente muestran partes del interior fundido del flujo

Gran parte de los flujos de lava no causan muchas pérdidas o muertes porque se mueven a baja velocidad. Aunque, la caída de tefra o material fragmentado producido por una erupción volcánica tiene trayectoria aérea y puede propagarse miles de kilómetros (LEE et al., 2015).

La temperatura que posea el flujo de lava es dependiente de la composición química de éste: lavas máficas son las más calientes (ej. Basálticas); lavas silíceas son más frías (ej. Andesitas, decitas, riolíticas). Consecuentemente, su fluidez depende de la cantidad de sílice, lavas máficas son más fluidas que las silíceas y pueden fluir más lejos y más rápido (TILLING, 2014).

2.2.4.3 Lahares

Son flujos de detritos saturados, los cuales pueden ser de origen volcánico o no. Las corrientes de barro volcánico o lahares resultan de la mezcla de nubes ardientes con aguas de ríos, del derretimiento de hielo glacial por flujos de lava o nubes ardientes, o por la eyección de lagos de cráter producto de la ocurrencia de erupciones volcánicas. Estos flujos pueden alcanzar altas velocidades ($> 20 \text{ ms}^{-1}$) y recorrer grandes distancias ($> 25 \text{ km}$), por lo que se consideran como una de las amenazas volcánicas más destructivas (WITHAM, 2005).

Según DELGADO et al (2015), estos flujos inician cuando la tensión de cizallamiento ejercida por el peso de una capa de escombros en una pendiente pronunciada excede el límite elástico del sedimento. Por lo tanto, el flujo puede ocurrir cuando:

- El límite de fluencia de los sedimentos es reducido por el aumento de la presión de poro
- El esfuerzo de corte se incrementa debido al aumento del ángulo de inclinación producto de la ablación diferencial
- El esfuerzo de corte se incrementa por el aumento del espesor de la capa de tefra.

Sin embargo, el comportamiento, la morfología, y las características sedimentológicas del flujo dependen fuertemente del contenido de agua (JANDA et al., 1981; BENN & EVANS, 1998, en (Ibíd.)). En este sentido, lahares transportan una alta cantidad de detritos de roca (60-90% por peso), tienen una consistencia de cemento mojado; con la disminución de los detritos, estos gradan a inundaciones (TILLING, 2014).

En el caso chileno, es importante su estudio debido a que los volcanes de la ZVS presentan frecuentemente cubiertas de hielo o nieve, por lo que al entrar en actividad el volcán, sirve de abastecimiento de agua para generar flujos laháricos y/o híbridos (STERN, 2004). El Volcán Llaima es un Estratovolcán (STRADER et al. (2015), y este tipo de volcanes por su constitución suelen generar lahares durante una erupción volcánica, lo cual se asocia además con sus fuertes pendientes, altitud (cubierta de nieve constante), rocas fácilmente erodables y tendencia a erupciones explosivas.

Adicionalmente, de los lahares generados en el Volcán Llaima, la mayoría se produce por la descarga de agua subglacial por la rápida fusión de nieve y/o hielo durante una erupción volcánica (VERSTAPPEN, 1992, en BELL, 2002; NARANJO & MORENO, 2005). Adicionalmente, los depósitos de morrenas sobre los flancos medios del volcán se incorporan incrementando la masa del flujo lahárico (NARANJO & MORENO, 2005).

Sobre la base de la generación de lahares en las erupciones recientes del Volcán Llaima, la velocidad de expulsión de la lava es crítica para la formación de pequeños lahares en lugar de inundaciones. Su caudal es de alrededor de $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Lahares significativos se produjeron con una tasa de derrame de aproximadamente $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Por otro lado, con altas tasas de efusión de alrededor de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ suministrada por fuentes de lava, se pueden producir grandes lahares destructivos (DELGADO et al., 2015).

2.2.4.4 Gases

Los gases son parte fundamental de la actividad volcánica, debido a que influyen en el comportamiento de un volcán, es decir, si se incrementa la disponibilidad de gas dentro de un volcán resulta un incremento de su actividad explosiva (DELMELLE & STIX, 2000). Esto es posible debido a que cuando el agua pasa a estado gaseoso, su volumen aumenta aproximadamente 1.000 veces, generando la fuerza necesaria para producir una erupción volcánica, por lo tanto, al ser el agua el componente principal, la cantidad de agua que puede contener un magma depende en la temperatura y la presión (BULLARD, 1979).

La composición de los gases volcánicos depende del tipo de volcán y del estado eruptivo. Sin embargo, los gases comunes en orden de abundancia son agua, dióxido de carbono, dióxido de sulfuro, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y monóxido de carbono (WILLIAM-JONES & RYMER 2015).

DELMELLE & STIX (2000) sostienen que usualmente un volcán libera gases ácidos de alta temperatura desde su cráter activo, liberándose de manera difusa o por altas concentraciones de vapor a través de fumarolas en grietas y respiraderos (vents). Sin embargo, algunos volcanes también liberan gases de baja temperatura de forma difusa a través de sus flancos, los cuales están distantes de la zona del cráter activo. A esto añaden que los factores controladores son las reacciones químicas en la fase gaseosa misma, la tectónica y el marco geológico, la solubilidad de los gases disueltos en el magma (volátiles magmáticos) y la interacción entre el sistema hidrotermal, aguas subterráneas o agua de lluvia a niveles bajos dentro del volcán. E incluso, en ocasiones volcanes emiten grandes cantidades de gas pasivamente, sin ser necesario que se presente una erupción.

Los gases liberados por volcanes son venenosos tanto para el ser humano, animales y plantas, sin embargo, sólo son peligrosos en humanos cuando están concentrados, por ejemplo cerca de respiraderos volcánicos (HUFF & OWEN, 2015). Por otro lado, su importancia no solo radica en los efectos que poseen sobre el ser humano, animales y plantas, también constituyen una de las fuentes naturales de trazas de metales en la atmósfera y puede afectar en la composición química del aire del ambiente a escala local, e incluso a escala global en erupciones mayores (MENARD et al., 2014).

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Fundamentos teóricos

La evaluación del riesgo volcánico se reconoce por ser un fenómeno difícil de abordar, ya que involucra procesos altamente peligrosos (flujos de lava y/o piroclastos, caída de polvo volcánico, movimientos telúricos, remoción en masa o inundaciones) (DAMIANI et al, 2006; FELPETO et al, 2007). Esta evaluación comprende la consideración y análisis de los límites conceptuales, relacionales y físicos, y como resultado requiere del uso de métodos cuantitativos y cualitativos cruzando la geografía física y humana (DONOVAN & OPPENHEIMER, 2015).

Como relatan CHESTER et al. (2002) y SIGURDSSON (2003), hasta los años 70-80 la volcanología estaba dominada por investigaciones netamente asociadas a las ciencias de la tierra y con un marcado carácter descriptivo, enfocándose en los procesos que controlan y se desencadenan a partir de la actividad volcánica. Esta situación cambia con el advenimiento del Decenio Internacional de Reducción de los Desastres Naturales (IDNDR en inglés) y con los cambios en la teoría social de las amenazas naturales, lo que permitió que el paradigma en la evaluación de este tipo de amenaza tuviera cambios significativos, esto es, de ser *“una ciencia estrictamente geológica dedicada al estudio de la petrografía y petrología de las rocas volcánicas, a ser una ciencia multidisciplinar dedicada al estudio de los mecanismos que generan y controlan las erupciones volcánicas y a su predicción y prevención con el fin de reducir su riesgo asociado”* (MARTI, 2010: 29). Esto ha permitido que la atención no esté solo en los procesos físicos, sino que tomen relevancia temas de vulnerabilidad, el potencial de marginalización de las desventajas individuales y de los grupos sociales, y especialmente, de hacer a la volcanología aplicada sensible a las condiciones de la demografía local, economía, cultura y políticas (CHESTER et al., 2002).

En este sentido, los grandes desafíos que actualmente posee la volcanología moderna giran en torno a la cuantificación de este tipo de procesos y a su modelación, la simulación de eventos mediante la utilización de técnicas 3D cada vez más precisas, entender los periodos de “unrest” (inestabilidad volcánica), la evaluación de la peligrosidad, el estudio de la evaluación y gestión del riesgo y el aprovechamiento económico de los volcanes (como la geotermia) (GONZALEZ et al., 2010).

3.2 Estructura metodológica general

Como se observa en la Figura 12, se trabaja bajo dos macro temas: el riesgo volcánico del área de estudio y la gestión del riesgo asociada a este tipo de eventos. Esto conlleva a que se utilice una metodología mixta como señala POLE (2009), es decir, la mezcla de ambas tradiciones investigativas puede contribuir a potenciar los puntos fuertes y neutralizar las limitaciones de cada metodología si se ocuparan separadamente. Ante aquello, las metodologías cuantitativas utilizadas en esta investigación están asociadas a la evaluación de la vulnerabilidad, los niveles de exposición de la población a este tipo de amenaza, mientras que la parte cualitativa toma fuerza en identificar medidas adoptadas y los actores involucrados en la Gestión de la amenaza volcánica, para finalmente unificar los resultados de ambos temas, sustentado en un análisis crítico sobre los avances en términos de gestión del riesgo sobre el Volcán Llaima y sus alrededores.

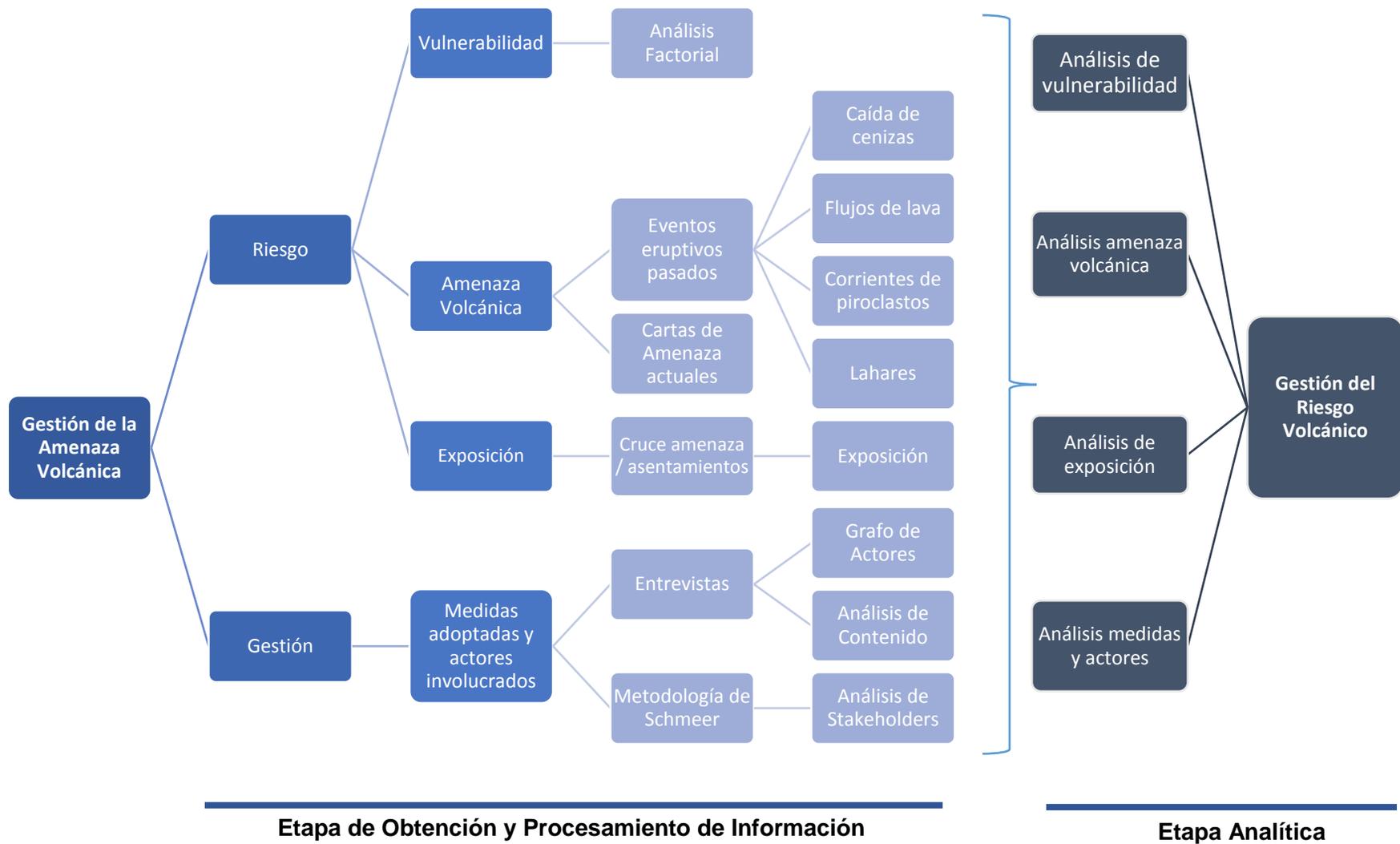


Figura 12. Esquema metodológico. Fuente: elaboración propia (2016).

3.3 Etapa I: Peligro Volcánico

Esta etapa tiene por objeto identificar los niveles de amenaza asociados a las dos últimas erupciones de este volcán. Para ello, se ha estructurado en dos partes: la primera, identificar los procesos asociados a la actividad volcánica pasada y su alcance espacial, con especial énfasis en las últimas erupciones, y segundo, analizar las cartas de amenaza existentes para el área de estudio. Para analizar la actividad volcánica se escogieron las erupciones de 1994 y el ciclo eruptivo 2007-2009 debido que son las erupciones mejor documentadas y de las cuales es posible extraer información. En el caso de las erupciones anteriores, existe escasez de datos, tanto de las erupciones propiamente tal, como de las medidas y actores involucrados, razón por lo que se descartó incluirlas.

3.3.1 Amenaza Volcánica: Reconstrucción histórica y espacial de las erupciones del Volcán Llaima

En el caso de los eventos eruptivos bajo análisis, se realizó una recopilación bibliográfica sobre los procesos y productos volcánicos de ambas erupciones, lo que conllevó a la digitalización de éstos, considerando las publicaciones para el año 1994 de MORENO & FUENTEALBA (1994), información en la carta geológica de NARANJO & MORENO (2005). Para la erupción de 2007-2009, se utilizó la información publicada por SCHILLING et al. (2013) y ROMERO, KELLER y MARFULL (2013). Para erupciones anteriores, se hace referencia de las más significativas pero no hay información formal escrita.

3.4 Etapa II: Vulnerabilidad

Para conocer la evolución de los niveles de vulnerabilidad de la población circundante al Volcán Llaima, se aplicó el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social (CUTTER, BORUFF & SHIRLEY, 2003). En este sentido, se calculó este índice con la información de los últimos dos censos de población y vivienda publicados, ya que ambos censos se realizaron en períodos cercanos a las erupciones del Volcán Llaima. Esta información está disponible para los años 1992 y 2002, y la escala de análisis es factible a nivel distrital, esto debido que dicha información para áreas urbanas sólo existe a nivel de manzanas, mientras que la mayor cantidad de población expuesta en el caso del Volcán Llaima se ubica en áreas rurales. Por lo tanto, para conocer las condiciones de vulnerabilidad se opta por trabajar a nivel distrital, división que contempla tanto áreas urbanas como rurales de cada comuna.

3.4.1 Índice de Vulnerabilidad Social

El Índice de Vulnerabilidad Social (SoV en su sigla en inglés), creado por CUTTER et al., (2003), es una herramienta que permite medir la vulnerabilidad social relativa de un área ante amenazas ambientales. Este índice trabaja con variables socioeconómicas, sintetizándolas a través del Análisis de Componentes Principales. Se eligió la utilización de este índice por aceptación y amplia utilización a nivel mundial (DUNNING & DURDEN, 2013), por trabajar a una escala de mayor detalle y porque permite identificar aquellos factores claves para entender los niveles de vulnerabilidad de la población en un espacio dado (CUTTER et al., 2003).

La aplicación de este índice requiere variables principalmente de los Censos de Población y Vivienda, pero para el caso particular del área de estudio, no existe la misma información ni variables en ambos censos, siendo el último censo aplicado (2002) el que posee mayor

cantidad de información. Ante esta situación, y para lograr ver la evolución de la vulnerabilidad en el área de estudio, se seleccionaron 41 variables que permiten conocer los niveles de vulnerabilidad en ambos censos (1992 y 2002). Las variables seleccionadas (ver Anexo N°1) se agrupan en tres aspectos: demográfica, residencial y socioeconómica. Se diferencian debido a que cada aspecto contribuye a entender y es parte de la vulnerabilidad social de la población. La elección de las variables se realizó siguiendo los criterios utilizados por CUTTER et al. (2003) y LEE et al. (2015).

En el cálculo de este índice, en primer lugar se extrajeron las variables de los censos de población utilizando *REDATAM+SP v.5*, y se calculó su valor porcentual. Posteriormente se normalizaron los datos calculando el puntaje z, para así obtener los datos estandarizados para aplicar el Análisis de Componentes Principales. Este procedimiento permite la reducción de variables a factores robustos, lográndose reducir a 7 factores. Finalmente, se sumaron los factores para lograr el puntaje de vulnerabilidad social para cada distrito.

Si bien CUTTER et al. (2003) utilizan un modelo aditivo de los factores, diferenciando aquellos que contribuyen a aumentar (+) la vulnerabilidad social de aquellos que la reducen (-), en el caso de los datos obtenidos del censo, no se identifican variables que muestren atributos para disminuir la vulnerabilidad como, por ejemplo, ingresos o riqueza. Dado que, todos los factores obtenidos ayudan a aumentar la vulnerabilidad, estos, se sumaron y no existen factores que resten o disminuyan la vulnerabilidad.

La aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) se realizó con el software *SPSS Statistics v. 18*. Para obtener resultados representativos, se trabajó con 83,4% de la varianza explicada para el año 1992 y 82,7 % para el año 2002.

Para diferenciar de aquellos distritos con mayor vulnerabilidad, obtenido el puntaje de vulnerabilidad social, se procedió a establecer categorías basadas en la desviación estándar, como se muestra en las Tabla 2 y Tabla 3. Posteriormente, se espacializó la información utilizando *ArcGIS 10.3*.

Tabla 2. Rangos factores de vulnerabilidad para los años 1992 y 2002.

CATEGORÍA	RANGO (DESVIACIÓN ESTÁNDAR DESDE LA MEDIA)
Alta	> 1
Media Alta	1 - 0,5
Media	0,5 < promedio < -0,5
Media Baja	-0,5 - -1
Baja	<-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Rangos Índice de Vulnerabilidad Social para los años 1992 y 2002.

CATEGORÍA	RANGO (DESVIACIÓN ESTÁNDAR DESDE LA MEDIA)
Alta	> 1,5
Media Alta	0,75 - 1,5
Media	-0,75 < promedio < 0,75
Media Baja	-1,5 - -0,75
Baja	<-1,5

Fuente: elaboración propia.

3.5 Etapa III: Exposición a la amenaza volcánica

Debido a que la exposición es el grado, duración y/o extensión en que un sistema está en contacto con, o sujeto a, una perturbación (GALLOPIN, 2006), por lo tanto considera el cruce de información entre el comportamiento de una amenaza y los objetos que se sitúan en aquellos espacios donde se proyecta esta amenaza. Para lograr esto, la evaluación del aumento de la exposición en el área de amenaza volcánica se realizó mediante la integración espacial del área de peligro volcánico y los objetos presentes en el área de estudio. Se fundamenta que el grado de exposición varía en el tiempo, directamente ligado al crecimiento y desarrollo tanto de la población como de su infraestructura (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2006, en CASTRO et al., 2014).

Para calcular la exposición en el área de estudio, se procedió a la recolección de elementos expuestos en el territorio que fuesen de importancia para la Gestión del Riesgo Volcánico. En este sentido, se utilizaron como base las categorías de SCAINI et al. (2014), las cuales son población, infraestructura – considerando estratégica, residencial y sitios de producción –, sistemas de transporte y servicios urbanos (Tabla 4).

Se realizó la diferenciación respecto de aquellos elementos que se encontraban en el territorio antes de la erupción de 1994, entre 1994 y 2007, en 2008-2009, y posterior a 2010, para identificar aquellos elementos expuestos en cada erupción y apreciar su evolución. Sin embargo, esto no se pudo realizar con la categoría de infraestructura estratégica, por falta de información respecto del año en que se instalaron.

Seguridad: no se diferencian según temporalidad debido a que se instalaron antes de 1994.

Salud: sólo se conoce el año de creación de la Posta Rural La Tepa ubicada en Captrén, aproximadamente en 1992 (MORA, 2007). Debido a que no se han realizado inversiones en creación de nuevos hospitales según el FNDR (CHILEINDICA, 2016), o centros de media-alta complejidad, se presume que son anteriores a ese año.

Educación: De los colegios se desconoce el año en que se instalaron, pero aquellos establecimientos que son utilizados como albergues en las comunas de Curacautín y Vilcún históricamente se han destinados con ese fin, según los entrevistados en terreno, por lo tanto también se encontraban antes de la erupción de 1994.

Sitios de producción: no existe información espacial sobre las empresas o los usos de suelo destinados en ese tiempo, mientras que sobre la red vial, la información georreferenciada no se encuentra por año, pero se parte del supuesto que por ser zona rural, y los tres sectores no haber experimentado un crecimiento demográfico importante, más que expansión y mayor conectividad, se asume que se pavimentaron solo los caminos ya existentes.

Tabla 4. Variables espacializadas para analizar los grados de exposición del área de estudio.

OBJETOS EXPUESTOS	SUB-CATEGORÍAS	ELEMENTOS	FUENTE
Población	Total	Población	CENSO 1992, 2002
	Joven/adultos mayores	Población	CENSO 1992, 2002
Infraestructura	Estratégica	Servicios públicos: salud, seguridad, educación, administración.	SEREMI MINVU Araucanía (2016), Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) (2015)
	Residencial	Viviendas	SEREMI MINVU Araucanía (2016), CENSO 1992, 2002
	Sitios de producción	Minería industrial, Plantaciones, Plantaciones joven-recién cosechada, Rotación cultivo-pradera, Terrenos de Uso Agrícola.	Catastro de Bosque Nativo, Conaf (2013)
Sistemas de transporte	Red de caminos	Caminos	SEREMI MINVU Araucanía (2016)
	Red aeroportuaria	Aeropuertos y aeródromos	IDE (2016)
Servicios urbanos	Red de electricidad	Red eléctrica	Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2011)
	Red de suministro de agua	Cobertura red Aguas Araucanía y APR	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2016)
	Comunicaciones	Antenas de telecomunicaciones	Superintendencia de Telecomunicaciones (2016)

Fuente: Elaboración propia (2016).

3.6 Etapa IV: Medidas adoptadas para la Gestión del Riesgo Volcánico

El propósito de esta investigación es ver los avances en materia de gestión del riesgo, y para lograrlo, se realizó una reconstrucción histórica de las medidas implementadas mediante en las últimas 2 erupciones del Volcán Llaima, mediante una recopilación bibliográfica de las medidas adoptadas, ya sea planes de evacuación, coordinación entre las diversas instituciones, planes de emergencia, planes de prevención y/educación, refugios, etc. Para ello, se revisaron dos fuentes principales: el Repositorio de Documentos de ONEMI y los registros de actividad volcánica publicados por el OVDAS. Debido a la escasa información sobre medidas implementadas en la erupción de 1994, se recurrió a la prensa, para tener una idea del contexto en que se manejó la erupción. La revisión de prensa fue diferencial de acuerdo a la duración de cada erupción, según lo estipulado en la Tabla 5. Además, se aplicaron entrevistas a actores claves y a la comunidad con el fin de conocer las medidas aplicadas. El detalle de su aplicación se encuentra en el apartado a continuación.

Tabla 5. Períodos a analizar de cada erupción del Volcán Llaima.

PERÍODO ERUPCIÓN	PERÍODO REVISIÓN DE PRENSA	PRENSA CONSULTADA
Mayo 1994; agosto 1994	Mayo y Agosto 1994	El Mercurio, La Tercera
Mayo 2007-Abril 2009	Mayo 2007; Enero-Marzo 2008; Junio-Julio 2008; Marzo-Abril 2009	El Austral de Temuco, El Mercurio

Fuente: Elaboración propia (2016).

La presentación de las medidas ejecutadas en las erupciones se realiza según las variables consideradas del Indicador de Gestión del Riesgo definidos por CARREÑO et al. (2004), en el cual se separa en cuatro políticas públicas:

Identificación del Riesgo: considera las actividades para reconocer, medir y representar mediante modelos, mapas, índices, etc., el riesgo en un territorio determinado. Los parámetros que componen esta categoría corresponden a Evaluación de la amenaza y pronóstico, Información pública y participación ciudadana, y Capacitación y educación en gestión de riesgos.

Reducción del riesgo: implica las acciones de anticipación para evitar o disminuir los impactos que pueda generar un fenómeno peligroso, considerando medidas estructurales y no estructurales. Este apartado considera los parámetros de Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación, Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental, Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos, y Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados.

Gestión de desastres: trata de la adecuada respuesta y recuperación posterior a un desastre, o sea, cuando se materializa el riesgo, que depende del nivel de preparación tanto de las instituciones operativas como de la comunidad. Considera los aspectos de:

- Organización y coordinación de operaciones de emergencia
- Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta
- Dotación de equipos, herramientas e infraestructura
- Preparación y capacitación de la comunidad
- Planificación para la rehabilitación y reconstrucción.

Gobernabilidad y protección financiera: es vital para la sostenibilidad del desarrollo y crecimiento económico. Por lo tanto, implica la coordinación de los actores sociales, y su efectividad se relaciona con los niveles de interdisciplinariedad e integrabilidad de las acciones y de los actores. Considera los parámetros de Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada, y Fondos de reserva para el fortalecimiento institucional, localización y movilización presupuestarios.

3.7 Etapa V: Actores Involucrados en la Gestión de Emergencias Volcánicas y Gestión del Riesgo Volcánico

3.7.1 Análisis del Marco Normativo en la Gestión del Riesgo Volcánico

Los marcos normativos señalan los campos de acción que desde la ley se permiten tanto para los actores involucrados como para los instrumentos normativos, cuyo rol sea preventivo, de mitigación y/o respuesta en caso de la entrada en actividad de algún centro eruptivo o algún proceso asociado. Por lo tanto, es de vital importancia conocer cuáles son las leyes y políticas involucradas y sus respectivas modificaciones, y la injerencia de los Instrumentos de Planificación, tanto a nivel local como hasta el nivel nacional. La revisión de estos documentos se realizó mediante el Análisis de Contenido, siguiendo los procedimientos descritos en el punto 3.7.2 siguiente.

3.7.2 Reconstrucción histórica a través de los testimonios de los actores

Para conocer como operaron las instituciones en las erupciones en estudio, el método utilizado para obtener esta información es la selección de actores claves y la aplicación de entrevistas. En esta investigación, la aplicación y obtención de datos con esta herramienta fue multipropósito: por un lado, para implementar el análisis de interesados (o stakeholders) según SCHMEER (1999); conocer cómo se relacionan los diferentes actores, lo que derivó en la elaboración de un grafo de actores; y en la obtención de información acerca de las medidas implementadas, información útil en la etapa anterior.

– *Aplicación de Entrevistas*

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas en profundidad, dado que su propósito es “[...] obtener respuestas sobre el tema, problema o tópico de interés en los términos, el lenguaje y la perspectiva del entrevistado (“en sus propias palabras”) [...] e [...] Interesa el contenido y narrativa de cada respuesta [...]” (HERNÁNDEZ et al., 2006: 599). Por lo tanto, depende de la información y de la calidad de ésta que podamos obtener del entrevistado (ROBLES, 2011). Esto permite que se logre una comunicación y construcción conjunta de los significados que existan respecto de un tema en particular (HERNANDEZ et al, 2006).

Las entrevistas se realizaron en dos campañas de terreno, llevadas a cabo entre abril y mayo del año 2016, tanto a actores claves locales como regionales y a la comunidad. Estas entrevistas (n = 42) se realizaron en las comunas de Curacautín, Vilcún y Melipeuco, sin embargo, para conocer la dinámica y preparación de la comuna de Cunco, también se entrevistó al encargado municipal de emergencias. El detalle de las entrevistas desarrolladas se observa en la Tabla 6.

– *Análisis de Contenido*

Método cuya finalidad es descubrir la significación de un mensaje, proveniente de un discurso, entrevista, artículo de revista, entre otros (ARTEGA & TAPIA, 2015). Específicamente, es un conjunto de procedimientos interpretativos de diversos productos comunicativos, mediante el cual se clasifica y/o codifica los diferentes elementos de un mensaje según categorías (PIÑUEL, 2002; CANALES, 2006, en LARENAS, 2014), para lograr dar explicación a fenómenos sociales que están bajo investigación (FERNANDEZ CHAVEZ, 2002). Se aplicó esta técnica siguiendo los pasos y criterios utilizados por BERMUDEZ (1982), FERNANDEZ CHAVEZ (2002), PIÑUEL (2002), CÁCERES (2003), HERNANDEZ et al. (2006) y ROBLES (2011).

Tabla 6. Entrevistas aplicadas por institución y por comuna.

Actores/instituciones	Cunco	Melipeuco	Vilcún	Curacautín	Lonquimay	Temuco	Puerto Varas
Comunidad	-	7	5	5	-		
Municipio	SECPLAC	-	-	C	1	-	
	DAEM	-	1	1	1	-	
	Encargado COE	1	1	1	1	-	
INDAP agencia de área	-	-	ND	ND	1		
Of. de turismo	-	C	C	C	-		
Servicio de Salud	-	1	2		-		
Bomberos	-	1	-	1	-		
Carabineros	-	1	2	1	-		
Empresarios	-	1	-	1	-		
ONEMI						2	
OVDAS						-	1
Gobierno Regional						1	
Conaf Parque Conguillío						1	
SERNATUR						1	

Claves: C, conversación, se aplicó a aquellos lugares para obtener datos sobre la difusión de información en las oficinas de turismo; ND significa No Disponible para la entrevista. Fuente: elaboración propia (2016).

3.7.3 Intereses de los actores

Diversas son las herramientas que se han empleado para identificar y evaluar el desempeño e interés de aquellos actores involucrados en algún conflicto político o administrativo (WANG, PYLE & MATHER, 2015). Por el carácter de la presente investigación, se optó por recurrir a la metodología de SCHMEER (1999) para análisis de interesados, el cual consta de un set de preguntas con el fin de identificar el Poder, Interés, Liderazgo, Relaciones entre actores y Aspectos de la política. En este caso, se analiza la Gestión de Emergencias Volcánicas. Adicionalmente, para ahondar más en las relaciones entre los actores y su injerencia en la toma de decisiones, se elaboró un Grafo de Actores.

– *Análisis de stakeholders (o interesados)*

Si bien este análisis nace desde lo empresarial, la organización interna de las distintas instituciones ha permitido su aplicabilidad hacia la política pública. En este sentido, la metodología de SCHMEER (1999) permite recopilar y analizar información cualitativa de manera sistemática para establecer los intereses a considerar en la implementación y/o desarrollo de una política o programa. Consiste en realizar una entrevista con cada actor involucrado en la política (en este caso gestión de la amenaza volcánica) siguiendo un set de preguntas, para luego sintetizar y analizar la información.

Poder y Liderazgo: a través de ambas cualidades, se requiere conocer la capacidad de afectar o influir en la toma de decisiones respecto a la Gestión de la Amenaza Volcánica. Por lo tanto, se entiende *poder* como la capacidad de habilitar y movilizar recursos en caso de emergencia y por *liderazgo* la disposición de iniciar, convocar o liderar la acción (SCHMEER, 1999). En el caso de la erupción de 1994, se identificaron según lo que establece la normativa vigente hasta dicho año. En el caso de la erupción de 2007-2009, se complementó con las entrevistas realizadas en terreno.

Conocimiento: según las respuestas de los entrevistados, para conocer su conocimiento respecto de la Gestión de la Amenaza Volcánica, se clasificaron en cuatro categorías (Tabla 7), estipuladas según lo establecido por SCHMEER (1999) y WYNDHAM (2013). En el caso de este parámetro, sólo se puede obtener el conocimiento actual que poseen los actores respecto de la gestión y coordinación ante una emergencia volcánica, ya que ninguno se presentaba en el cargo en ambas erupciones.

Tabla 7. Criterios para la definición del conocimiento respecto de la gestión según testimonios de los entrevistados.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Muy Bueno	Define lo que es gestión de este tipo de amenaza, y posee conocimientos a nivel local como regional e incluso nacional.
Bueno	Define o hace alusión a lo que es gestión, y posee conocimientos a nivel local.
Regular	No define gestión, y posee conocimiento de los planes de contingencia.
Poco	No define gestión, y sabe que se realizan medidas, pero no conoce cuáles son.

Fuente: elaboración propia en base a SCHMEER (1999) y WYNDHAM (2013).

– *Grafo de actores*

Consiste en un diagrama sistémico multi-actor que permite identificar a los actores relevantes en un conflicto o problemática. Para llegar a ello, el proceso consta de tres partes: 1) realizar una revisión y análisis de los actores y las redes para identificar aquellos de relevancia crítica; 2) identificar los factores que pueden influenciar a otros actores, y 3) explorar cómo el uso de los medios del problema central puede afectar a los intereses de los otros actores (WANG et al, 2015). La utilidad de esta herramienta radica en que permite entender las relaciones y/o conflictos derivados de los actores presentes en el territorio dada una problemática particular.

3.8 Etapa VI: Gestión del Riesgo Volcánico

Consiste en la integración y síntesis de los hallazgos más importantes encontrados respecto a la amenaza, vulnerabilidad, exposición, actores y medidas en el área de estudio, de manera de tener una visión global y holística de la Gestión de la Amenaza Volcánica en el Volcán Llaima. Al igual que en las Medidas implementadas en ambas erupciones, los resultados se presentan siguiendo el orden utilizado por CARREÑO et al. (2004) y la definición por cada criterio como mejor escenario de Gestión. Con esto se buscó conocer cómo es la Gestión del Riesgo en Chile, su evolución, fortalezas y debilidades, para finalizar con las posibles líneas de acción o sectores a potenciar, para una eficiente e incluyente Gestión del Riesgo.

CAPÍTULO IV: ANTECEDENTES

4.1. El campo de las investigaciones volcánicas

4.1.1 Investigaciones volcanológicas: Estado del asunto

Como se dijo anteriormente, la cuantificación de la amenaza es uno de los principales objetivos de la volcanología moderna. Hoy, en la elaboración de mapas de amenaza, la aproximación comúnmente más usada se basa en la identificación de áreas afectadas a través del estudio histórico de las erupciones (PARESCHI et al., 2000; MENDOZA-ROSAS & DELA CRUZ-REYNA, 2008, en DZIERMA & WEHRMANN 2010). El supuesto básico es que en el futuro, eventos del mismo tipo afectaran áreas similares de la misma manera y con una frecuencia media similar como en el pasado. Mientras más largo sea el periodo de datos confiables disponibles y mayor el número de datos, más confiable es la evaluación del grado de peligro (PARESCHI et al., 2000).

En general, se han desarrollado dos aproximaciones para la evaluación de este tipo de amenaza: una se basa en la utilización de modelos determinísticos, es decir, conocer el comportamiento de esta amenaza en un lugar dado a través del entendimiento de los procesos físicos asociados, que requiere información altamente detallada y específica; la otra se basa en modelos probabilísticos, donde a través de eventos pasados se calcula la probabilidad de daño, esto basado en que entender las erupciones pasadas otorga luces sobre lo que podría ocurrir en un futuro cercano (DAMIANI et al, 2006; DONOVAN & OPPENHEIMER, 2012; MORALES, 2014). La utilización de modelos probabilísticos es relativamente reciente, y está orientada en tres focos: métodos frecuentistas, métodos bayesianos y extracción de información experta.

En los últimos años, la modelización numérica se ha convertido en una de las líneas de investigación centrales de la volcanología, ya que permiten cuantificar los procesos y comprender cómo y porqué tienen lugar (MORALES, 2014), especialmente utilizando métodos probabilísticos. La utilización de este tipo de métodos se debe a su mayor facilidad de aplicación ya que utiliza una menor cantidad de datos específicos, razón por la que se registra una mayor cantidad de investigaciones siguiendo este tipo de metodología.

Si bien se ha desarrollado un trabajo importante en diseñar metodologías que permitan la zonificación de la amenaza volcánica utilizando métodos probabilísticos (ARAÑA et al., 2000; DAMIANI et al., 2006; FELPETO et al., 2007; MARTI & FELPETO, 2010; ALCORN, PANTER & GORSEVSKI, 2013; BARTOLINI et al., 2014; SCAINI et al. 2014), otros se han dedicado a explicar las dinámicas de estos procesos, y buscar la manera de aminorar los efectos que tiene sobre la población, cuyo foco de estudio se centra en los flujos de lava y la caída de cenizas (ALBERICO et al., 2002; DAMIANI et al., 2006; ROLANDI, 2010; ALBERICO, PETROSINO & LIRER, 2011; DE VIVO & ROLANDI, 2013; BRANCA et al., 2015). En este campo se destacan los avances en monitoreo y evaluación de la amenaza volcánica en Europa, EE.UU y Japón, donde se ha estudiado este tipo de amenaza (TILLING, 2014). Esta situación contrasta con la realidad chilena, donde de los trabajos mencionados anteriormente solo uno de ellos se ha realizado en Chile, en la Isla Decepción (BARTOLINI et al., 2014), dejando en evidencia la falta de investigación y recursos en esta materia.

Una de las limitantes en la evaluación de este tipo de amenaza se relaciona con su financiamiento, ya que los recursos se destinan al estudio de las zonas volcánicas activas o antiguas que otorguen información en el entendimiento del volcanismo activo (GONZALEZ et al., 2010), lo que ha derivado en que exista poco conocimiento sobre los procesos de muchos volcanes en el mundo (TILLING, 2014), debido a que se priorizan aquellos que registran mayor frecuencia de actividad volcánica.

En el caso chileno, las experiencias en la evaluación de la amenaza volcánica son desarrolladas principalmente por SERNAGEOMIN, ya que realiza estudios en el área de la geología, siendo el ente encargado en elaborar cartografías de peligrosidad volcánica, acción que va acompañada con el Observatorio Volcánico de los Andes del Sur (OVDAS) el cual realiza el monitoreo constante de los volcanes más activos del país.

Desde la academia, los estudios relacionados a la amenaza volcánica son escasos, y gran parte de ellos se basa en el cálculo de diferentes productos y efectos asociados a este tipo de eventos (CONTRERAS, 2013, GHO INZUNZA, 2013; BUSTAMANTE, 2013; GONZALEZ, 2011) especialmente procesos laháricos (CASTRUCCIO 2005; CASTRUCCIO, 2008; BONO, 2014; FLORES, 2014; SALAS, 2014). Esto se debe a que la mayoría de los volcanes en Chile poseen glaciares en sus cimas, en el entorno de cráteres y en la sección superior de las laderas, así como registran nieve estacional, por lo que existe una alta probabilidad de que se generen lahares (GONZALEZ-FERRAN, 1995). Adicionalmente, el volcán más estudiado es el Volcán Villarrica por su alta frecuencia de actividad volcánica y por la severidad de sus erupciones (ver FLORES, 2014), además de tener asentamientos humanos cercanos, como lo son Pucón y Villarrica por el norte, Licanray y Coñaripe por el sur, asentamientos destacados como centros turísticos.

4.4.2 Historia de la Volcanología Chilena

GONZALEZ-FERRAN (1995) en su libro titulado “Volcanes de Chile” hace una compilación de la historia de la volcanología a nivel nacional, además de realizar un compendio de los volcanes que existen en el país. En él estipula que el desarrollo de esta ciencia se remonta a los orígenes de la nación, en los tiempos del Descubrimiento, la Conquista y Colonización del Territorio, dado que en esta época se encuentran relatos y referencias sobre la ocurrencia de erupciones volcánicas, pero esta información solo se remite a aquellas que afectaron pequeños asentamientos humanos, principalmente pueblos nativos. Por lo tanto, la información más o menos continua sobre la actividad volcánica data sólo de la mitad del siglo XVIII en adelante.

Según registros en esta materia se deben al trabajo de naturalistas e investigadores que llegaron al país, y realizaron la publicación de catálogos y listados de los volcanes activos en Chile en el siglo XIX. A fines del siglo XX destaca la labor de Lorenzo Cazzertano, físico italiano que en 1959 llega a trabajar en la Universidad de Chile con el fin de enseñar volcanología, estudiar volcanes activos del país y buscar un lugar adecuado para establecer un observatorio volcanológico (similar al observatorio vesubiano en Italia), que hasta ese momento no existía en Chile (MORENO, 2004).

En los años 60 cambia el desarrollo de esta disciplina, pasa de ser descriptiva al estudio sistemático de numerosos centros volcánicos, producto de la creación de la Escuela de Geología de la Universidad de Chile, lo que ha permitido identificar zonas volcánicas, caracterizar los procesos eruptivos, condiciones tectónicas y magmáticas que los controlan,

su evolución geológica, etc. Adicionalmente, a partir de este momento, se produce una difusión de este tipo de información, mediante publicaciones tanto por parte de la Escuela de Geología, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), y el Instituto Geográfico Militar (IGM), a través de investigaciones y publicaciones de mapas referentes a esta materia.

Hito en la volcanología chilena lo constituye la creación del Servicio Nacional de Geología y Minería en el año 1980, en donde se establece un programa de monitoreo de 7 de los volcanes más activos de los Andes del Sur, contemplando un programa de cartografía geológica y de peligro de algunos de los volcanes presentes en el país (LARA, 2008).

Las aspiraciones de Cazzertano no se ven materializadas hasta el año 1996, cuando se crea el Observatorio Vulcanológico de los Andes del Sur (OVDAS) perteneciente al SERNAGEOMIN, con sede en la ciudad de Temuco. Éste tiene como función el estudio del comportamiento y monitoreo constante de los volcanes de la Zona Volcánica Sur Central (ZVSC), especialmente los volcanes Villarrica y Llaima. En complemento, en el año 2009 SERNAGEOMIN a través del programa Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) (creado producto de las erupciones de los volcanes Llaima y Chaitén en el año 2008) monitorea e investiga la actividad volcánica en Chile. Para ello, establece vigilancia instrumental en 43 volcanes a nivel nacional, vigilancia desarrollada por OVDAS y el Proyecto de Riesgo Volcánico (PRV), encargados además de elaborar mapas de amenaza volcánica para los mismos centros volcánicos (GIL, s/f).

Esto significó una inversión inicial durante el período 2009-2013 de M\$19.484.392 (SERNAGEOMIN, 2014). Esto ha permitido que tanto la RNVV como OVDAS se han fortalecido en el tiempo, hasta llegar a poseer actualmente 219 estaciones de vigilancia a nivel nacional (SERNAGEOMIN, 2016).

Ciertamente se ha avanzado en materia de monitoreo, se ha invertido y ampliado la red de cobertura y acrecentado la investigación volcanológica pero, como establece LARA (2008), si se considera que existen más de 2.000 volcanes en el país, de los cuales 123 son geológicamente activos y que solo 43 están siendo monitoreados, no cabe duda que se ha invertido poco en el desarrollo del conocimiento científico en torno a los volcanes, como también en la implementación y ampliación de las redes de monitoreo. Se suma a este escenario el que en los últimos años el país ha sido testigo de casi una erupción volcánica importante por año.

4.4.3 Estudios realizados en el Volcán Llaima

Producto de ser considerado uno de los volcanes más peligrosos a nivel nacional y latinoamericano, ha existido interés por conocer las dinámicas de este volcán. En la Tabla 8 se resumen los estudios llevados a cabo en el Volcán Llaima, considerando estudios relativos a geología, petrología y erupciones.

Tabla 8. Estudios realizados en el Volcán Llaima.

AUTOR Y AÑO	DESCRIPCIÓN
Stone y Ingerson (1934) y Stone (1935)	Describieron las erupciones de 1917, 1927 y 1929
Saint Amand (1961)	Ubica al Volcán Llaima en el contexto del trazado de la falla Reloncaví (Liquiñe Ofqui)
Casertano (1963)	Describe las dimensiones básicas y características simples de la estructura del volcán y una síntesis de sus principales erupciones.
Aguirre y Levi (1964) y Hauser (1970)	Primero mapeos geológicos regionales, que incluyen el Volcán Llaima y las formaciones volcánicas andinas de la IX y X Región.
Moreno (1974)	Realizó una síntesis dentro de un catálogo en una guía de excursión, realizada en el primer Simposio Internacional de Volcanología celebrado en Chile.
Klerkx (1965)	Otorga los primeros antecedentes específicos del volcán. Realizó un análisis geoquímico y una interpretación petrológica preliminar.
López et al. (1976, 1977)	Entregó caracterizaciones e interpretaciones petrogenéticas de sus rocas volcánicas modernas.
Moreno et al. (1991)	Resultados preliminares del mapeo y petrología del volcán, incluyendo mapas de la geología y peligros volcánicos.
Naranjo y Moreno (1991)	Estudio sobre el volcanismo explosivo posglacial (13 y 7,4 ka), y hacen la primera mención a la Ignimbrita Curacautín y parte de la secuencia Trifultruful.
Quinteros (1991)	Realiza estudio de los lahares que se han generado en el Volcán Llaima.
Petit-Bruilh (1993)	Realizó un estudio sistemático de recopilación bibliográfica e interpretación de antecedentes de erupciones históricas.
Moreno y Fuentealba (1994)	Describen los detalles de la erupción iniciada el 17 de mayo de 1994.
Delpino, Bermudez y Case (1994)	Describe los efectos de la tefra caída producto de la erupción de 1994 en territorio argentino.
González-Ferrán (1995)	Realiza una síntesis actualizada de las características del volcán y sus principales erupciones.
Moreno y Naranjo (2003)	Publican el mapa de peligros del volcán a escala 1:75.000.
Naranjo y Moreno (2005)	Publican el mapa de geología específica del volcán.
Moreno et al. (2009), Naranjo et al. (2009), Romero et al. (2013)	Realizan una descripción y análisis del proceso eruptivo llevado a cabo entre 2007-2009.
Salas (2014)	Estudio sobre las dinámicas de los flujos laháricos e híbridos del flanco norte del Volcán Llaima generados en la última erupción de los años 2007-2009.

Fuente: elaboración propia a partir de MORENO & NARANJO (2005).

4.2 Características del Volcán Llaima

Las dimensiones del Llaima y su pasado evolutivo lo definen como un volcán de alto riesgo; el volcán cubre un área elíptica de 500 km² y posee un volumen de 400 km³, siendo uno de los volcanes más voluminosos de la Zona Volcánica de los Andes Sur (NARANJO & MORENO, 2005). Este estratovolcán, como lo describe MORENO y NARANJO (2003), presenta una forma cónica casi perfecta, en donde la base del edificio tiene una forma elíptica, y presenta un eje mayor que se extiende por 30 km con orientación N-S y uno menor de 25 km con dirección E-W. Posee dos cimas separadas por un portezuelo de 1 km de extensión, el cono principal posee una altura de 3.179 m.s.n.m. y el cono sur 2.930 m.s.n.m. Algunas de las características generales del volcán se resumen en la Tabla 9.

Su base presenta una altitud media de 740 m, sin embargo, ésta es irregular, con aproximadamente 750 m.s.n.m. en el norte, 900 m en el este, 500 m al sur y 800 m en el oeste. Su cumbre principal exhibe un cráter de 350 m de diámetro y de más de 300 m de profundidad. Por su parte, la cumbre sur (Pichillaima) presenta restos de un pequeño cono de escorias anidado en un cráter obstruido de unos 200 m, ambos cortados hacia el sureste por un deslizamiento (MORENO & NARANJO, 2003).

Su morfología es compuesta, mixto y de escudo, con dos cimas y una caldera cubierta de 40 conos adventicios de escoria (Figura 13). Posee una estructura basal aplanada, de relieve convexo y de pendientes suaves, menor a 10° (NARANJO & MORENO, 2005). Este se encuentra activo desde el Pleistoceno Superior; y su composición predominante es basáltica a andesítica (51,78 - 55,73% SiO₂) (MORENO & NARANJO, 1991; PETIT-BREUILH & LOBATO, 1994). Según NARANJO y MORENO (en PETIT-BREUILH & LOBATO, 1994) su etapa de actividad altamente explosiva concluyó a los 7200 a A.P. con el depósito de oleadas piroclásticas.

Tabla 9. Características del Volcán Llaima.

CARACTERÍSTICAS	VOLCÁN LLAIMA
Ranking de riesgo específico OVDAS	2
Ranking de amenaza Silva (2011)	2
Altura cono volcánico	3.179 m.s.n.m.
Diámetro basal	30 km N-S, 25 km E-W
Área basal	490 km ²
Volumen estimado	377 km ³
Última actividad	2012
Última erupción mayor	2007-2009
Tipo de volcán	Estratovolcán
Actividad histórica documentada	49 eventos documentados entre 1640 y 2009
Composición	Basáltica a andesítica
Comportamiento predominante erupciones	Estromboliano, con fases subplinianas, y en casos, efusiones de tipo hawaiano
Presencia de glaciares	~ 29 km ² de glaciares
Frecuencia eruptiva	No posee patrón

Fuente: Elaboración propia a partir de MORENO y NARANJO (2003) y SERNAGEOMIN (2015).

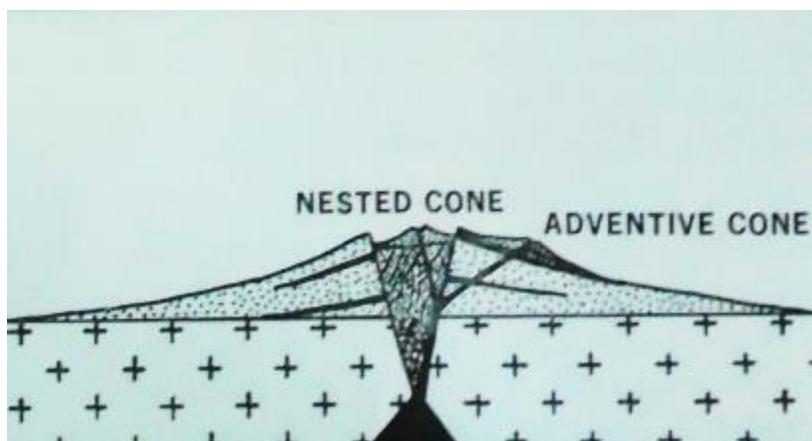


Figura 13. Esquema teórico conos adventicios. Fuente: POLDEVAART (1971).

Según NARANJO y MORENO (2005), la actividad de este volcán se ha desarrollado principalmente durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno, a pesar de que su inicio se desconoce, el cual se ubicaría en el Pleistoceno Medio tardío. A esto añaden que el volcán no posee un comportamiento regular eruptivo ni recurrencia definida. Sin embargo, su estilo eruptivo de los últimos cuatro siglos ha seguido un modelo fisural y de flanco, con centro de emisión ubicados entre los 2.000 y los 2.250 m.s.n.m., en los flancos norte y sur, alineados con una orientación NNE.

Consecuentemente, este volcán ha presentado erupciones principalmente del tipo estromboliano con fases subplinianas, e incluso algunas tipo hawaiano, desarrollando columnas de emisión de hasta 5 km de altura sobre el cráter, contemplando eyección de piroclastos pero no necesariamente emisión de lava (PETIT-BREUILH & LOBATO, 1994; NARANJO & MORENO, 2005).

4.2.3 Orígenes del Volcán

La construcción de este centro eruptivo se divide en 3 fases (MORENO & NARANJO, 1991, en GONZALEZ-FERRAN, 1995; NARANJO & MORENO, 2005; STERN et al., 2007).

- *Llaima I*

La construcción de este primer edificio volcánico estuvo determinada por una fase esencialmente efusiva, mediante la depositación de lavas con escasas brechas de composición andesítico-basáltica. Se da término a esta fase con una erupción explosiva de gran magnitud, causando el colapso del edificio, generando una caldera de 8 km de diámetro hace unos 13.200 años A.P. El material expulsado de esta erupción dio paso al depósito piroclástico conocido como Ignimbrita Curacautín.

- *Llaima II*

El depósito de Ignimbrita Curacautín indica el comienzo de la segunda fase, la cual alcanza una extensión de 2.200 km² (llegando hasta Temuco), lo que se traduce en un volumen de 24 km³ de material piroclástico. Ignimbrita Curacautín establece el inicio de una etapa eruptiva que finalizó hace 7.600-7.200 años A.P.

Durante este período se habría producido una erupción pliniana, permitiendo el depósito de pómez, con una dispersión mayor a los 2.000 km², con un volumen de 4 km³. Le sucedieron oleadas de piroclastos con orientación este-sur y sureste.

– Llaima III

La construcción del Llaima III se refiere a la estructura del edificio actual, el que morfológica y genéticamente corresponde a un estratovolcán, mixto y de escudo, con efusivos predominantemente andesítico-basáltico. Hacia la actualidad, surgieron numerosos centros eruptivos adventicios sobre sus laderas.

Finalmente, su actividad histórica más reciente (a contar de 1640) es principalmente efusiva, con la generación de lavas y piroclastos basálticos a andesítica-basáltica.

4.3 Medio Natural

El área de estudio comprende al Parque Nacional Conguillío en la precordillera andina de la IX Región. Este parque nace el año 1950 como Reserva Forestal Conguillío con 36.000 hectáreas de extensión, cambiando su figura a Parque Nacional en el año 1970. Posteriormente en el año 1987 se une con el Parque Nacional Los Paraguas, para conformar lo que actualmente es el parque, con una extensión de 60.833 hectáreas de superficie (CONAF, 2004).

Desde su creación, se ha convertido en el destino turístico de miles de visitantes, tanto nacionales como extranjeros, lo que ha llevado a que hasta el año 2015, se recibieran 2.689.190 turistas (CONAF, 2016), atrayendo más turistas a pesar de las erupciones (Figura 14).

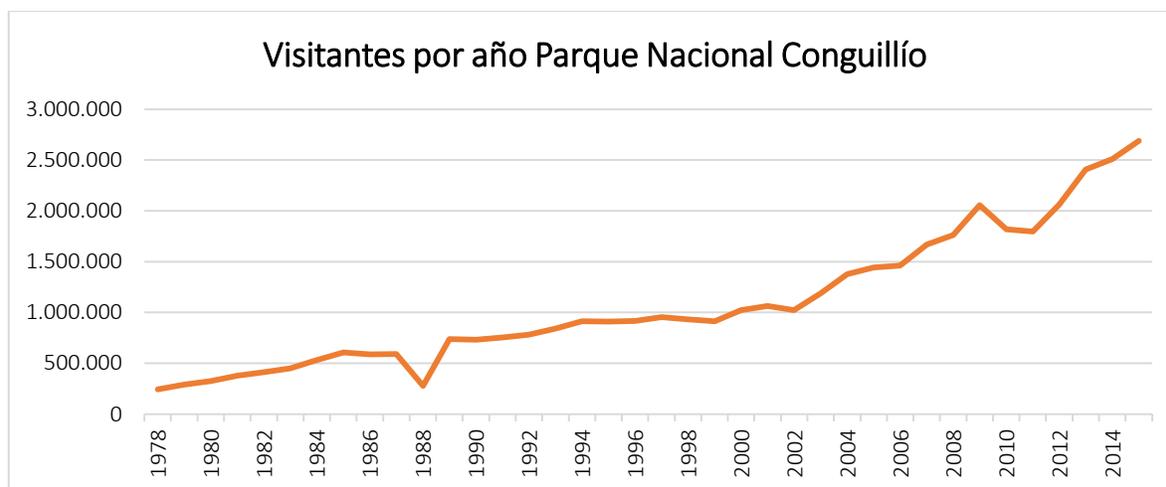


Figura 14. Turistas anuales Parque Nacional Conguillío 1978 - 2015. Fuente: CONAF (2016a).

El Parque Nacional Conguillío, en 2012 llega la concesionaria Sendas Conguillío, la cual ofrece servicios de alojamiento y recreación al interior del Parque, a través del trabajo en conjunto con CONAF, la cual tiene como propósito “lograr un modelo de participación asociativa que permita mejorar tanto el cuidado del área, su valoración y el acercamiento de esta hacia las personas” (SENDASCONGUILLIO, 2016: s.p).

4.3.1 Biogeografía

Según la descripción de SCHILLING et al. (2013), el área de estudio se encuentra inserto en el ecosistema templado reconocido por su alto endemismo, lo que ha llevado a que se integre dentro de los 34 sitios prioritarios de conservación. Se identifican distintos tipos de bosques, principalmente caducifolio, siempreverde y resinoso.

Los bosques, principalmente en zonas montañosas se presentan dominados por la araucaria desde mediana altura hasta el límite de vegetación arbórea, especialmente en el Parque Conguillío. En otras áreas sobresale junto al ñirre, la lenga o en zonas más bajas el coihue. Disminuyendo el dosel, se pueden encontrar arbustos como colihue, azaras, canelo enano, enredaderas, especies epífitas y en el estrato herbáceo, violetas, añañucas y quinchamalí.

En aquellas zonas de mayor altura de la Cordillera de los Andes, es posible encontrar bosques de lenga y ñirre, de crecimiento achaparrado producto de la acción del viento y la nieve. A más baja altitud se encuentra el raulí asociado a lenga, y más abajo, con el roble. Estas especies pertenecen al bosque caducifolio.

En cuanto al bosque siempreverde (característica esencial de ser perennes), en este se encuentran coihues asociados a otras especies de Nothofagus, mañío de hoja corta, tineo y notro o radial, entre otras. Por su parte, en el estrato arbustivo es posible encontrar chilco, estrellita y diversos helechos, hongos, epífitas y musgos.

Finalmente, existen zonas diferenciadas por la dominancia del ciprés de la cordillera, conífera endémica, que si bien en ocasiones forma bosques puros, también se puede encontrar asociado a radial, maitén y maqui, entre otras.

4.3.2 Hidrología

Según QUINTEROS (1991) y NARANJO & MORENO (2005), la red de drenaje existente en el área de estudio presenta un patrón radial centrífugo a partir de las laderas (Figura 15) y se compone de ríos y esteros tributarios a hoyas hidrográficas importantes de la región. Entre los más importantes destacan:

- Río Trifultruful: curso de agua que corre dirección norte-sur por el flanco este del volcán. Sus aguas fluyen subterráneamente desde los lagos Conguillío, Arcoíris y Verde, aflorando en el sector Las Vertientes, hasta desembocar en el río Allipén, el cual pasa a 1 km al sur del pueblo de Melipeuco.
- Río Captrén: nace en su lago homónimo, al NNE del Volcán Llaima. Hasta que desagua sus aguas en el río Cautín, se le agregan los esteros El Negro, Puentes, Colorado y Queule.
- Río Quepe: drena el flanco oeste del volcán mediante dos valles: el del río Quepe-estero Lanlán y del río Calbuco-estero El Tigre. Estos tributarios se juntan cerca de Cherquenco.
- Río Calbuco

Adicionalmente, se señala que los lagos de esta zona se formaron por el represamiento producto de lavas volcánicas e, históricamente, los ríos Captrén, Lanlán, Calbuco y Trifultruful han alojado lahares producidos por la actividad del volcán.

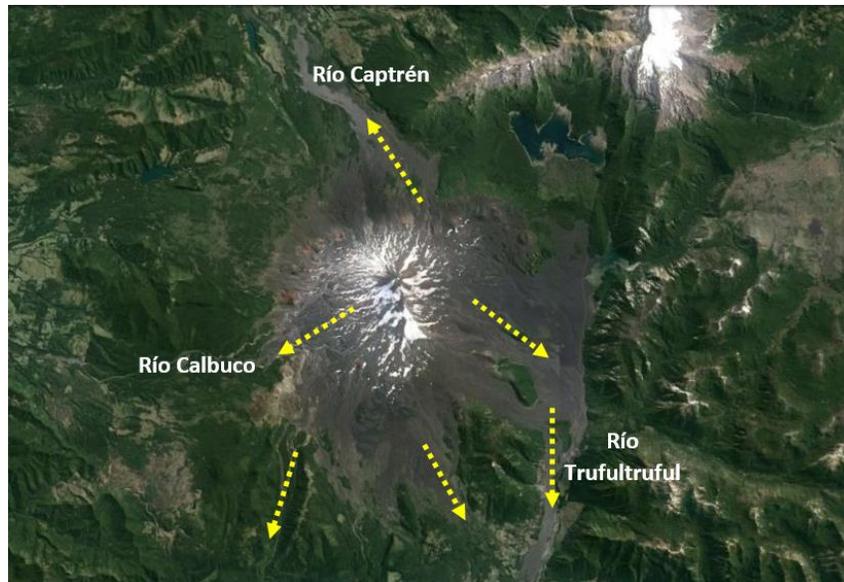


Figura 15. Cursos de agua que han albergado lahares del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia utilizando *Google Earth* (2016).

4.3.3 Clima

Según la clasificación climática de Köppen, se aprecian dos climas principales en el área de estudio: templado-cálido con menos de cuatro meses secos, donde las temperaturas promedio fluctúan entre los 15.1 °C en el mes más cálido (enero) y 6.0 °C en junio y julio, los meses más fríos. Desde mayo a octubre se presentan mínimas medias inferiores a 3 °C, que se traduce en ocurrencia de heladas en esta zona. En cuanto a las precipitaciones, oscilan entre los 1.500 a 2.500 mm al año. Posee una alta humedad relativa, que en promedio llega al 85 % (RESERVA BIOSFERA ARAUCARIAS, 2009) y se destaca la influencia pasajera del viento cálido local denominado Puelche, pese a que los vientos dominantes son de N y W (UCHILE, 2016).

Producto de la altura, también se identifica el clima de hielo por efecto de altura (RESERVA BIOSFERA ARAUCARIAS, 2009), presentándose en la zona andina y las cumbres de cerros a partir de 1.400 m.s.n.m. Las precipitaciones son de carácter nival y bordean los 3.000 mm anuales. Las temperaturas dominantes son bajas (menores a 0°C) en invierno como en verano y se presenta una baja humedad relativa. Este clima es de carácter estacional, presentándose desde fines de otoño a mediados de primavera.

4.3.4 Geomorfología

Utilizando la descripción geomorfológica de NARANJO & MORENO (2005), estos señalan que el área de estudio se ubica en el borde occidental de la Cordillera de los Andes, y se caracteriza por presentar relieves accidentados debido a la intensa acción erosiva glacial del Pleistoceno, y a la actividad fluvial que se ha desarrollado hasta el día de hoy (Figura 16). Producto de esta erosión, es posible encontrar valles en 'U', circos glaciales y cordones morrénicos en el edificio volcánico, evidenciando antiguos frentes glaciales, material que aumenta el volumen de detritos durante eventos eruptivos (Ibíd.).



Figura 16. Valles glaciales (forma de 'U') a la salida oriente de Melipeuco. Fuente: elaboración propia utilizando *Google Earth*.

Los relieves del entorno volcánico corresponden a cordones montañosos graníticos, a saber:

- Por el norte del volcán, se ubica la cordillera de Hirrampe (1.339 m.s.n.m.) y hacia el nor-noroeste se extiende el valle del río Captrén, relleno por materiales volcánicos y fluviales.
- Hacia el oeste, se prolonga el edificio volcánico pleistocénico, mientras que por el este del Volcán Llaima se eleva un cordón granítico que comprende la cordillera Los Truenos (1.967 m.s.n.m.) y el cordón de Cheñe (1.918 m.s.n.m.), sin embargo el volcán se encuentra separado de este cordón granítico por el valle del río Trifultruful.
- La Cordillera de Melo (1.305 m.s.n.m.) se ubica hacia el suroeste del volcán, y entre ambos se ubica la caja fluvial del río Allipén, separando el Volcán Llaima del Complejo Volcánico Nevados de Sollipulli, cuya cota máxima alcanza los 2.282 m.s.n.m.).
- En dirección nororiente, se encuentra el Volcán Sierra Nevada, y entre ambos macizos se aloja la cuenca endorreica del Lago Conguillío, donde se ubica la administración del Parque.

En cuanto a la morfología propia del volcán, en sus flancos se reconoce la presencia de 40 conos adventicios dispersos con dirección nor-oriente y sur-oeste. También destacan los extensos campos de lava y depósitos de escoria y laháricos del Volcán Llaima que rellenaron el valle del Trifultruful, conocido como 'Valle de la Luna'.

Además, presenta seis glaciares en forma de lenguas repartidos en los flancos occidental, suroccidental y oriental del volcán, abarcando una superficie de 19 km².

De acuerdo a las características del volcán, su cima principal se eleva alrededor de 1.600 m por sobre la línea media de cumbres de la región y 2.400 sobre su base, y sus laderas presentan gradientes que van entre los 10° y los 35°.

4.4 Medio Social

Demográficamente, las comunas y asentamientos alrededor del volcán poseen una baja densidad poblacional (Tabla 10), considerando los tamaños de las comunas (donde gran parte del suelo se destina a plantaciones agrícolas y forestales) y la baja cantidad de población de esta zona. Se trata, además de comunas con alto porcentaje de población rural, la que se encuentra dispersa en pequeñas localidades al interior de ellas (detalle por distrito censal, en *Anexo N° 2*).

Tabla 10. Características Demográficas Comunas del área de estudio.

VARIABLE	CURACAUTÍN	MELIPEUCO	VILCÚN
Habitantes (Censo 2002)	16.970	5.628	22.491
Población urbana	12.412	2.333	9.024
Población rural	4.558	3.295	13.467
Habitantes (Proyección INE al 2012)	15.188	5.411	23.996
Superficie	1.664 km ²	1.107 km ²	1.421 km ²
Densidad poblacional (hbte/has)	0,102	0,051	0,158

Fuente: Elaboración propia a partir de INE ARAUCANIA (2012).

En cuanto a los Grupos Socioeconómicos (GSE) predominantes (Figura 17), en la población de las cuatro comunas predomina el grupo D, oscilando entre 48,21% en Melipeuco y 58,88% en Curacautín. En cuanto al grupo E, este tiene una alta presencia en la Comuna de Melipeuco, donde abarca el 43,71 % y en Curacautín corresponde al 23,22% de la población. En el caso de Vilcún, predomina el Grupo D con un 57%.

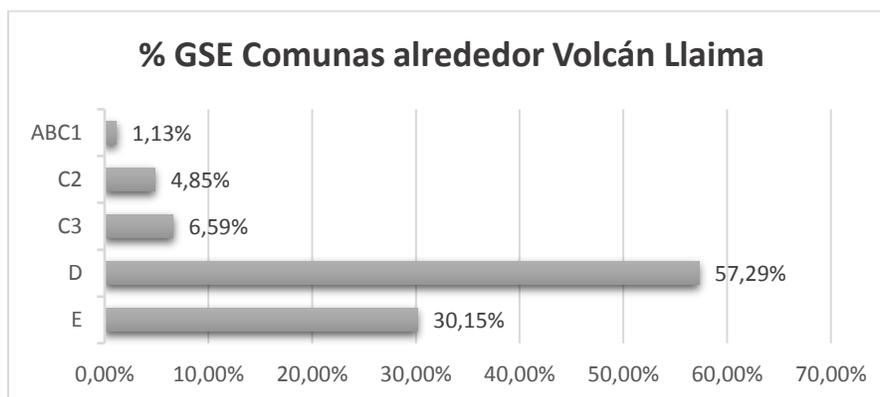


Figura 17. GSE promedio comunas del área de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de INE ARAUCANIA (2012).

4.4.1 Actividades económicas predominantes

Una característica destacable de estas comunas, es que forman parte del Parque Nacional Conguillío, lo que ha derivado que en los últimos años exista una mayor oferta en servicios turísticos, ya sea alojamiento, recorridos, agencias turísticas, etc. Sin embargo, no se ha desarrollado de forma pareja entre las tres comunas: Curacautín lidera este proceso, debido a la gran cantidad de atractivos naturales que posee la comuna (Volcán Llaima, Volcán

Tolhuaca, Termas de Manzanar, Termas de Tolhuaca, entre otros), lo que ha conllevado a una alta oferta de alojamiento en la comuna (18 establecimientos registrados, sólo en la planta urbana), además de recibir turistas durante todo el año, tanto en verano como en invierno. Le sigue Melipeuco, con 21 establecimientos registrados en SERNATUR (2016), tanto en la planta urbana como en las cercanías al Parque Conguillío, sin embargo la temporada estival constituye el principal ingreso de esta comuna. Finalmente, Vilcún, que en su planta urbana posee dos alojamientos a turistas, y otros dos registrados en SERNATUR en la entrada de la comuna, en la localidad de Cajón.

Melipeuco: según el Plan de Desarrollo Local – PLADECO- de esta comuna (MUNICIPALIDAD DE MELIPEUCO, 2011), las principales actividades económicas que se desarrollan en ella son la agricultura, la actividad forestal y el turismo, el cual está siendo potenciado este último tiempo.

La actividad agrícola en Melipeuco se desarrolla en los valles de la comuna, en las riberas de los ríos Allipén, Huallalupe, Sahuelhue, Alpehue, Caren y Tracura. Por otro lado, la tenencia de la tierra está concentrada principalmente en pequeños agricultores, que poseen suelos de baja fertilidad, lo que condiciona el desarrollo a una actividad preferentemente de subsistencia.

En cuanto a la actividad forestal, históricamente el bosque nativo se desempeñaba como base de la explotación forestal, situación que actualmente ha cambiado, ya que hoy en día se considera como un recurso ecoturístico de relevancia. El principal obstáculo lo constituye la articulación con las Reservas y Parques Nacionales presentes.

Por último, el sector turismo, está asociado a turismo de naturaleza, aventura y ecoturismo, aprovechando los atractivos naturales de la comuna. Existen numerosos emprendimientos de alojamiento y alimentación a distintas escalas.

Curacautín: predominan diversos sectores económicos, sin embargo, la mayor parte lo genera la agricultura, y en segundo lugar los recursos forestales. Le sigue la construcción, enseñanza y finalmente el comercio menor. En el Censo Agropecuario del año 2007, se contabilizaron 1.061 explotaciones, de las cuales 992 de carácter agropecuario y 69 forestales, abarcando una superficie de más de 131 mil hectáreas (MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN, 2010).

Vilcún: según el PLADECO de esta comuna, las actividades que destacan son los rubros forestales (silvícola), agrícola, y ganadero (pecuario) (MUNICIPALIDAD DE VILCUN, 2010). En cuanto a la actividad forestal, se desarrolla mediante las plantaciones y/o explotaciones forestales presentes en la comuna, el manejo del bosque nativo, la obtención de madera pulpable (elaboración de papel), madera aserreable y productos forestales no maderables. Del total comunal, 12.208 ha se destinan para esta actividad.

En cuanto a la agricultura, está compuesto por cultivos de trigo, avena, cebada, lupino, entre otros, cuya producción, en su mayoría, es destinada a la industria. Sin embargo, la escala de producción varía desde el auto sustento hasta de producción económica.

La actividad ganadera en la comuna se compone de ganado mayor (bovinos, ovinos, porcinos, caprinos, equinos y camélidos), ganado menor (broilers, ponedoras, otras aves de criaderos y caseras), productos pecuarios (leche, huevos, lana), entre otros.

4.5 Contexto previo a las erupciones

Aunque la erupción de 1994 tomó por sorpresa a los habitantes (debido a que no existía monitoreo permanente en el volcán), a nivel de las autoridades el tema volcánico formaba parte de lo contingente producto que desde 1989, Chile fue testigo de una seguidilla de erupciones de gran impacto: Lonquimay en 1989, Peteroa en 1990, Hudson, Lascar y Copahue en 1992, Ojo del Salado en 1993. Incluso, la erupción del Volcán Lonquimay en 1989 causó gran conmoción en la región, todavía siendo hasta el día de hoy recordada por los habitantes de Lonquimay y de Curacautín. En el caso particular del Llaima, fue escasa la información técnica publicada sobre las características y procesos volcánicos antes y durante la erupción (p. ej. MORENO & FUENTEALBA, 1994; DELPINO et al., 1994). Menos información existe aún sobre las medidas implementadas.

Contrariamente, la erupción de 2007-2009 fue ampliamente documentada, sobre todo por la prensa escrita, llegando incluso a medios internacionales. Esto se produjo, en primer lugar, por los avances en tecnología, especialmente celular y mayor accesibilidad a internet (expansión de la red de cobertura), y en segundo lugar, porque la erupción principal coincidió con año nuevo 2008, y porque las condiciones climáticas permitieron observar el fenómeno.

Debido a que en este período hizo erupción el Volcán Chaitén, dejando a todo un poblado bajo el paso de lahares, esta erupción conllevó la visita (para evaluar la situación y disponer de recursos si la situación lo ameritaba) de diferentes autoridades del nivel nacional a la zona, como la Presidenta de la República Michelle Bachelet, los ministros de Agricultura y Obras Públicas, el Director Nacional de INDAP, la Directora Nacional de ONEMI.

Previo a la última erupción del volcán, las condiciones climáticas del año 2007, producto de nevazones y heladas, causaron estragos desde la IV a la X Región del país. Específicamente en la IX región, este fenómeno provocó el aislamiento de cerca de 15 mil personas por acumulación de nieve en los caminos (FREDES, 2007). Afectó principalmente caminos vecinales, en el caso de Curacautín quedaron aislados los sectores Los Nogales, Piedra Cortada, Piedra Santa, Caracoles, Cañón del Blanco, acceso Laguna Blanca, La Culebra y Laguna Negra (Captrén); en Melipeuco, los sectores de Huechelepun, Lonco Triuque, Legnay, Paile Paile, Cherquen Alto, Molusco, y en Vilcún: Colonia Mendoza, Colonia Caupolicán, Laguna Quepe, Fdo. La Selva, El Danubio y Los Lleuques, sectores cercanos al Volcán Llaima.

Esto conllevó a que se declarara zona de catástrofe en las comunas de Lonquimay, Melipeuco y Curarrehue, además de declarar situación de emergencia agrícola a toda la región (ONEMI, 2009b). Esto significó la liberación de recursos en ayuda de estas comunas, significando un costo de \$2.600 millones por parte del Gobierno en atender esta emergencia (FREDES, 2007). Producto de esto, es que el Gobierno Regional a fines del 2007 destinó \$1.100 millones para financiar proyectos agrícolas, viales y sociales en 31 comunas para reforzar la atención de emergencia, bajo la denominación “Plan de Reconstrucción Cordillera Araucanía” (Ibíd.) (Para las medidas ejecutadas, ver *Anexo N° 3*).

Esto sirvió de incentivo a equipar estas comunas, que hasta ese momento, se veían desprovistas de infraestructura de emergencia e insumos. Por lo que, a partir de esta erupción, se aprobaron y financiaron diferentes proyectos e infraestructura para las comunas de Melipeuco, Vilcún, Curacautín, y en menor medida, en Cunco.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 El entendimiento de la Amenaza volcánica en el Volcán Llaima

Desde el punto de vista geológico, en el Volcán Llaima (conocido también como Yaima o Llaymas, que en mapudungún significa “zanja”, venas de sangre o desangradero) se puede diferenciar al basamento sobre el que se ubica el edificio volcánico actual y la geología del volcán propiamente tal, geología que le ha proporcionado los materiales para su construcción, lo cual sienta las bases para entender los procesos volcánicos y sus depósitos, mismos que han sido definidos por MORENO y NARANJO (2005), observables en la Figura 18.

5.1.1 Geología del Volcán Llaima

5.1.1.1 Basamento del Volcán Llaima

El basamento en el cual se ha formado el Volcán Llaima lo componen el Grupo Plutónico Melipeuco (Mm) del Mioceno, la Formación Malleco (PPlim) del Plioceno-Pleistoceno Inferior y el Complejo Volcánico Sierra Nevada (Plmsn) del Pleistoceno Medio a Superior?, además de reconocerse en el área la existencia de una rama del Sistema de Fallas Liquiñe-Ofqui.

Grupo Plutónico Melipeuco (Mm): pertenece al conjunto de rocas graníticas en el entorno del pueblo de Melipeuco, las cuales subyacen con discordancia de erosión a las rocas de la Formación Malleco. En los alrededores del Volcán Llaima, se distribuye como afloramientos discontinuos al norte, oeste y este del volcán y sean estos últimos los que presentan una mayor extensión.

Formación Malleco (PPlim): sucesión volcánica continental de edad pliocena-pleistocena inferior. Esta unidad sobreyace con discordancia angular a unidades estratificadas (Formación Cura-Mallín) y en discordancia de erosión a los granitoides del Grupo Plutónico Melipeuco; a su vez, está parcialmente cubierta por el Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal. Esta secuencia se distribuye al oeste del Volcán Llaima y está formada por una sucesión alternante de lavas andesítico-basálticas a andesíticas con niveles volcanoclásticos.

Complejo Volcánico Sierra Nevada (Plmsn): corresponde a una estructura volcánica compleja, formada por un estratovolcán principal extinto y un cordón volcánico fisural de rumbo N65°E, ubicado al NNE del Volcán Llaima. Alcanza una altura de 2.554 m y muestra evidencias de profunda erosión glacial pleistocena (SUÁREZ & EMPARÁN, en NARANJO & MORENO, 2005). Su base alcanza cerca de 30 km de diámetro y sus materiales cubren con discordancias a rocas estratificadas y plutónicas del Mioceno.

Sistema de falla Liquiñe-Ofqui (SFLO): al este del Volcán Llaima y a lo largo del río Trifultruful se reconoce un lineamiento de orientación NNE que corresponde a una de las ramas del Sistema de Falla Liquiñe-Ofqui (HERVÉ, 1976; 1984; HERVÉ et al., 1979, en NARANJO & MORENO, 2005). Este es el principal rasgo estructural del basamento cuya tendencia regional NNE se mantiene a lo largo de la ZVS, con más de 1.000 km de longitud. En el terreno, el SFLO está representado por zonas de cizalle dúctil y fallas frágiles de tendencia norte-sur (LÓPEZ et al., 1995 b, en NARANJO & MORENO, 2005).

Según LAVENU Y CEMBRANO (1999, en NARANJO & MORENO, 2005), la reactivación pleistocena de esta estructura pudo haber controlado el emplazamiento de edificios volcánicos neógenos tardíos como el Volcán Llaima.

5.1.1.2 Geología local

– *Llaima Ancestral (Lla1 y Lla2) Pleistoceno Medio?-Superior*

Estas unidades corresponden a secuencias formadas predominantemente por lavas basálticas a andesíticas macizas, con intercalaciones brechosas e intrusiones de lacolitos. Representan los remanentes de una estructura volcánica primitiva y más extensa que el actual Volcán Llaima.

Se distingue un nivel más elevado y potente, cuyo espesor máximo alcanza unos 600 m (Llaima Ancestral 1), al cual se adosa un nivel topográficamente más bajo y joven (Llaima Ancestral 2), de hasta 300 m de espesor.

Las unidades ancestrales del Volcán Llaima fueron intensamente afectadas por la acción erosiva de la última glaciación, la cual labró en ellas profundos valles en 'U', dispuestos en forma radial alrededor del volcán y dejó espolones remanentes con paredes abruptas. En los fondos de amplios valles como los de los ríos Calbuco y Captrén, se identifican coladas cuyas superficies son de tipo 'aa' sin ningún patrón de erosión posterior, aunque cubiertas por depósitos piroclásticos. La disposición morfoestratigráfica de la unidad Llaima Ancestral 2 indicaría, por lo tanto, un emplazamiento bajo grandes lenguas glaciales, que labraron valles en la unidad Llaima Ancestral 1.

– *Volcán Peñón (Plsp) Pleistoceno Superior?*

Corresponde a una estructura remanente de chimenea volcánica fuertemente erosionada por acción glacial, que aflora al este del río Trufultruful y 3,5 km al sureste del lago Verde, al oriente del Volcán Llaima. La estructura abarca un área de 1 km² e incluye depósitos de bombas escoriáceas de hasta 1,5 m de diámetro. Sobresale cerca de 200 m por encima de granitoides del Complejo Plutónico Melipeuco y está parcialmente cubierta por un manto de escorias de caída, acumuladas durante erupciones históricas del Volcán Llaima. El Volcán El Peñón se habría desarrollado en forma independiente del Volcán Llaima y, debido al grado de erosión que presenta, se estima que tiene una edad pleistocena superior.

– *Ignimbrita Curacautín (Llic) Pleistoceno Superior*

Moreno y Naranjo (1991, en NARANJO & MORENO, 2005) dan esta denominación a un depósito de flujo piroclástico, tipo escoria y ceniza, que se encuentra principalmente sobre el fondo de los valles radialmente distribuidos alrededor del Volcán Llaima y que constituye el suelo de fundación de la ciudad de Curacautín. Estos depósitos sobreyacen o están lateralmente adosados a lavas de las unidades Llaima Ancestral 1 y 2 y a las unidades del basamento que rodean el volcán, depósitos que cubren un área que sobrepasa los 2.200 km². La Ignimbrita Curacautín subyace, a su vez, a las lavas de las unidades fisurales y del cono principal, así como a la sucesión de depósitos piroclásticos de la Secuencia Trufultruful. Su máximo espesor expuesto alcanza 52 m en el sector del lago Quepe, al noroeste del Volcán Llaima, y su volumen se estima del orden de 24 km³.

La Ignimbrita Curacautín se emplazó a comienzos del postglacial, mediante una erupción que pudo haber estado vinculada a la posible generación de una estructura de caldera de entre 6 y 8 km de diámetro la que, en la actualidad, estaría completamente cubierta por el cono principal del Volcán Llaima.

– *Llaima Fisural 1 (Lif1) Holoceno*

Corresponde a una unidad formada por conos piroclásticos de escorias, en parte erosionados, y coladas de lava de tipo 'aa', localmente cubiertos por depósitos morrénicos recientes en el sector Los Paraguas. Al oeste, las coladas descansan sobre depósitos de la Ignimbrita Curacautín y al nororiente del volcán, sobre parte de la Secuencia Trufultruful. A su vez, están cubiertos por las coladas y piroclastos de los centros eruptivos adventicios de la unidad Llaima Fisural 2. Coladas de lava de 3 a 5 m de espesor alcanzan hasta 15 km de longitud a lo largo del río Quepe.

– *Llaima Fisural 2 (Lif2) Holoceno*

La unidad Llaima Fisural 2 está representada por conos piroclásticos adventicios bien conservados y coladas de lava 'aa' asociadas, ubicados sobre el mismo lineamiento en arco que controla la disposición de los centros adventicios de la unidad Fisural 1. La sobreposición es particularmente notoria en los sectores suroccidental y nororiental (Captrén-Conguillío), donde los centros de emisión se alinean a lo largo de estructuras paralelas de orientación ENE a E-W de 2 a 2,5 km de largo. Al noreste, los conos están parcialmente cubiertos por lavas de la unidad Llaima Fisural 3 y, al noroeste, por lavas provenientes del cono principal. Por otra parte, bajo la cota de los glaciares del volcán están cubiertos parcialmente por depósitos morrénicos recientes.

– *Llaima Fisural 3 (Lif3) Histórico*

Corresponde a un rosario de pequeños conos y cráteres alineados a lo largo de una fisura de 1 km de longitud, orientada en dirección ENE, entre lineamientos paralelos de la unidad Fisural 2. Se ubican sobre el flanco y pie ENE del Volcán Llaima, 5 km al suroeste del lago Conguillío. Se sobreponen a los conos de las unidades Llaima Fisural 1 y 2, así como a lavas y depósitos laháricos provenientes del cono principal del volcán.

La unidad Llaima Fisural 3 está formada por 8 pequeños conos piroclásticos de 70 a 120 m de diámetro basal y sus lavas 'aa' presentan morfologías primarias bien conservadas, solo lateralmente cubiertas por una colada de lava y depósitos laháricos de la erupción de 1945. Análisis químicos de muestras de bombas, lapilli y lava corresponden a andesitas basálticas (52,2-52,8% SiO₂).

– *Llaima Cono Principal (Licp) Holoceno-Histórico*

La unidad Llaima Cono Principal comprende esencialmente las coladas de lava que conforman gran parte de la estructura cónica del edificio del volcán y que han sido emitidas desde los cráteres de cimas, así como también desde fisuras radiales en los flancos altos del volcán; adicionalmente, se evidencia desarrollo de flujos piroclásticos.

Los flujos de lava de esta unidad se distribuyen en forma radial alrededor del volcán y se extienden preferentemente hacia el norte, este y sur. Las lavas son de tipo 'aa' al igual que la mayoría de las lavas del Volcán Llaima, sin embargo destacan por ser las de mayor longitud, con distancias de hasta 27 km desde el centro de emisión y con espesores de hasta 10 m en su frente.

– *Secuencia Triful Triful (List) Holoceno-Histórico*

Corresponde a una sucesión estratificada que incluye depósitos piroclásticos de flujo, caída y oleada, producto de erupciones explosivas, principalmente holocenas, del Volcán Llaima. Originalmente descrita por MORENO y NARANJO (1991, en NARANJO & MORENO, 2005), esta secuencia sobreyace a depósitos de la Ignimbrita Curacautín, a rocas plutónicas del basamento y a lavas de las unidades Llaima Ancestral 1 y 2. Sobre la Secuencia Trifultriful se desarrolla el suelo actual y, localmente, está erosionada por flujos aluviales. Los depósitos de la Secuencia Trifultriful se acumularon hacia el este y, principalmente, sureste del volcán.

– *Depósitos Indiferenciados De Caída De Escorias (Lice) Histórico*

Esta unidad corresponde a acumulaciones de caída de piroclastos escoriáceos que afloran en forma de un manto aislado, al este del Volcán Llaima. Tiene un espesor estimado entre 1 y 2 m e incluye fragmentos escoriáceos de tamaño lapilli y escasas bombas finas.

Se reconoce sobre el sector oriental, en los alrededores de las unidades Llaima Fisural 2 y 3, así como sobre rocas graníticas del Grupo Plutónico Melipeuco, en las inmediaciones del Volcán Peñón, hasta 12 km al este del Volcán Llaima. Se infiere que estas acumulaciones son producto de las principales erupciones históricas del Volcán Llaima.

– *Depósitos Morrénicos Recientes Indiferenciados (Hm) Holoceno*

Corresponden a depósitos glaciales y sedimentos removidos por el escurrimiento ('outwash') de aguas de fusión de los glaciares del volcán. Son acumulaciones de detritos matriz soportados, mal seleccionados, formados principalmente por limos, arenas, bloques y bolones de materiales volcánicos. Estos depósitos morrénicos alcanzan espesores de 10 a 30 m y se acumularon alrededor de los frentes de las lenguas glaciales más antiguas, quedando separadas de estas tras el retroceso de los hielos actuales. Generalmente, cubren las lavas de la unidad Llaima Cono Principal, pero a su vez, han sido removidos por lahares generados durante la mayoría de las erupciones históricas. En consecuencia, solo afloran a medio flanco occidental y nororiental del volcán.

– *Depósitos Laháricos Indiferenciados (Llh) Histórico*

Esta unidad corresponde a depósitos de flujo de detritos, no consolidados, pobres en arcillas, con abundantes fragmentos tamaño grava, mal seleccionados y ricos en matriz arenosa. Constituyen los rellenos de superficie plana de casi todos los valles que drenan radialmente el volcán (QUINTEROS, 1991, en NARANJO & MORENO, 2005). Cubren y allanan superficies de lavas más antiguas y su deposición antecede el emplazamiento de coladas de lava de la misma erupción, como es el caso de la mayoría de las erupciones históricas.

– *Depósitos Aterrazados Poligénicos (Htp) Holoceno tardío-Histórico*

Estos depósitos tienen características intermedias entre depósitos de flujos laháricos y aluviales, los cuales forman el relleno principal y más extendido de los grandes valles. Se reconoce al norte, en el valle del río Cautín, correspondiente al ensanchamiento y continuación del valle del río Captrén, y al sur, en las terrazas elevadas del río Allipén. Las terrazas se han formado por el encajonamiento de los cauces activos de inundación de estos ríos y han sido cubiertas por flujos laháricos y flujos aluviales producidos por la remoción de éstos, causados por lluvias torrenciales.

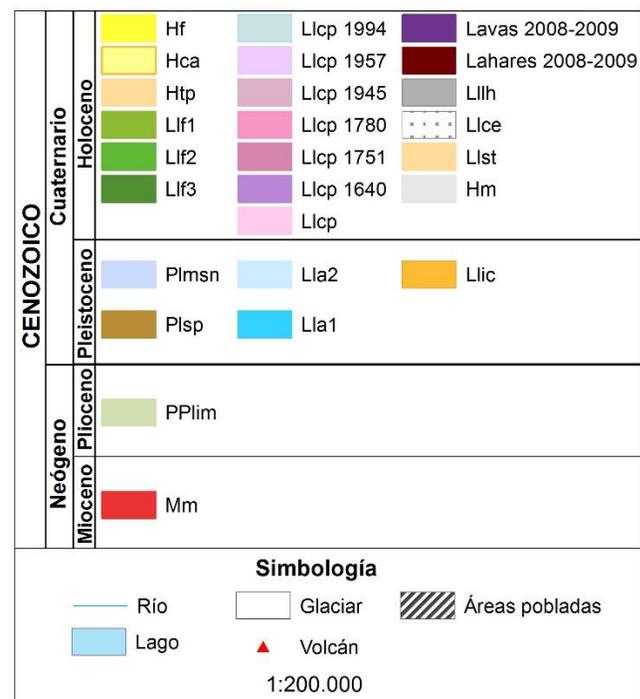
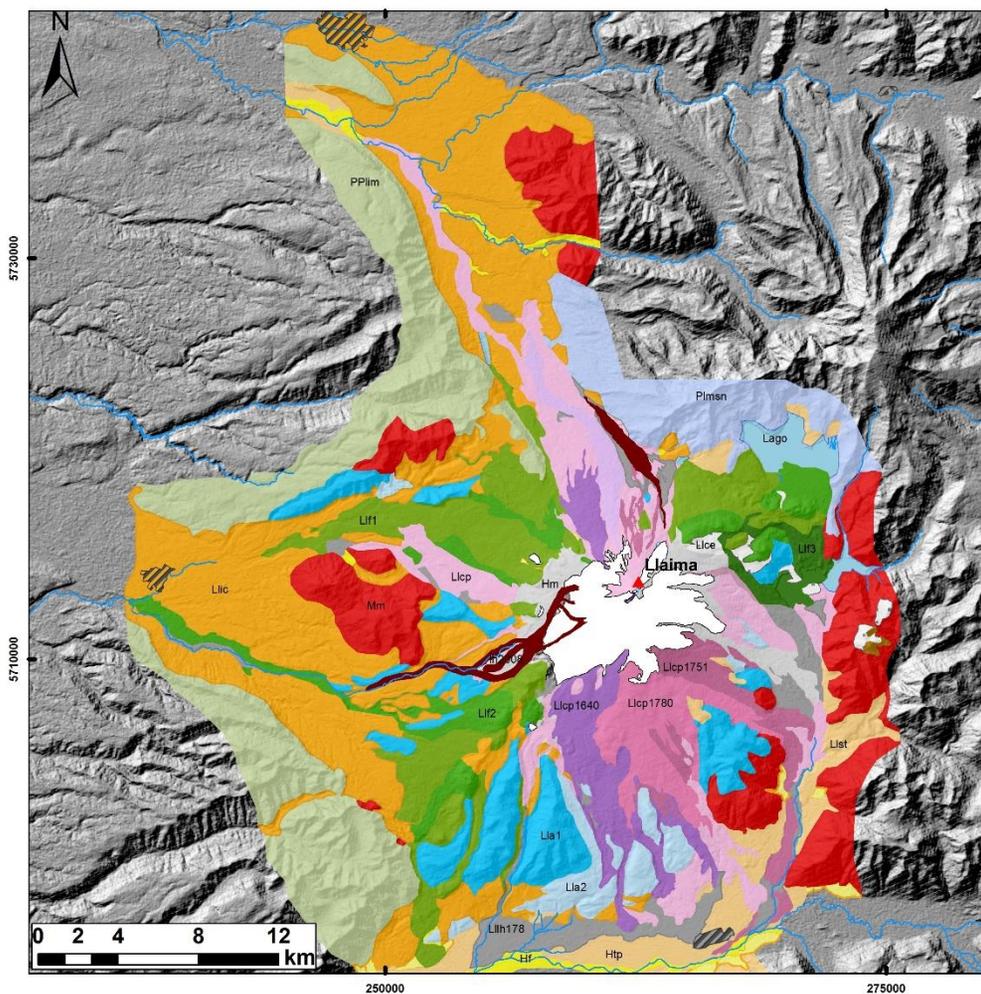
– *Depósitos Coluviales y Abanicos Aluviales (Hca) Holoceno*

Los depósitos coluviales corresponden a acumulaciones de gravas y bloques clastosoportados, mal seleccionados, generados por el colapso gravitacional de taludes en condiciones inestables. Con la ocurrencia de lluvias torrenciales, se acumulan como depósitos aluviales que incluyen gravas, arenas y barro. Sobre los faldeos, alrededor del Volcán Llaima, tienen una expresión areal reducida como pequeños abanicos, formados principalmente a partir de la remoción de depósitos piroclásticos y morrénicos y, en ocasiones, mezclados con taludes conformados por detritos del basamento rocoso.

– *Depósitos Fluviales Actuales (Hf) Holoceno*

Corresponden a depósitos de gravas, bolones y arenas acumulados en las terrazas de inundación de los lechos de ríos y esteros activos, a veces efímeros, entrecruzados. Muestran un carácter polilitológico, con un predominio de rodados volcánicos, especialmente si provienen de afluentes que drenan depósitos laháricos y piroclásticos del Volcán Llaima.

GEOLOGIA VOLCAN LLAIMA, IX REGION DE LA ARAUCANIA



Universidad de Chile
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo
 Escuela de Pregrado
 Departamento de Geografía
 Elaborado por Pía Navarrete P. en base a NARANJO & MORENO (2005) y SCHILLING et al. (2013)
 Sistema de Proyección UTM
 WGS 84
 Huso 19 S

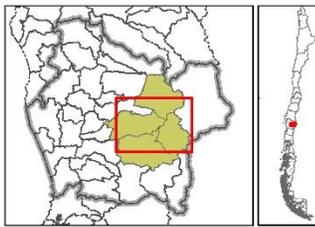


Figura 18. Carta Geológica Volcán Llaima. Fuente: NARANJO y MORENO (2005) y SCHILLING et al. (2013).

5.1.2 Historia Eruptiva

Según PETIT-BRUILH y LOBATO (1994), el Volcán Llaima debió presentar al menos 20 erupciones en cada siglo. Sin embargo, el registro que se tiene de las erupciones que han tenido lugar es a contar de 1640, y consiste en alrededor de 50 erupciones registradas, de las cuales en más de 10 se generaron lahares (NARANJO & MORENO (2005), como muestra la Tabla 11. En las erupciones de este volcán, usualmente se produce emisión de coladas de lava, formación de lahares, proyección de piroclastos y ocasionalmente flujos piroclásticos (SERNAGEOMIN, 2015a).

Si bien NARANJO y MORENO (2005) aseveran que aparentemente este volcán no presenta un comportamiento y recurrencia definida en erupciones de magnitud similar, ROMERO et al. (2013) sostienen que según la historia del volcán, existe una erupción VEI=2 cada 5,6 años aproximadamente. Esto lo fundamenta en que las erupciones más frecuentes son aquellas que presentan un VEI 2 con un 77,3%, seguidas por aquellas de VEI 3 con un 13%, y VEI 1 con 7,5%, y excepcionalmente VEI 4, con un 1,8%. Como otro antecedente, PETIT-BRUILH y LOBATO (1994) sostienen que gran parte de los ciclos eruptivos del Volcán Llaima durante el siglo XX han tenido lugar entre los meses de septiembre a marzo, coincidiendo con la máxima acumulación nival en la cumbre del volcán.

Sin embargo, a partir de la mayor erupción registrada de este volcán (año 1640), la actividad ha mantenido un carácter principalmente efusivo a explosivo de baja intensidad, cuyo estilo eruptivo ha seguido un modelo fisural y de flanco, con centros de emisión en cráteres adventicios ubicados entre los 2.000 y 2.250 m.s.n.m. (NARANJO & MORENO, 2005).

Tabla 11. Cronología eruptiva documentada del Volcán Llaima.

N°	Fecha de Inicio Año/Mes/Día	Fecha de Término Año/Mes/Día	Características Principales										Altura de la columna (km)	IEV
			RS	SV	EX	GC	EP	FL	FP	LH	AR	DR		
1	1640/02/3		X	X	X	X	X	X	?	X	X	X		3
2	1751/12/14-18		-	-	X	X	X	X	-	-	-	-		2
3	1759/12		-	-	X	-	-	-	-	-	-	-		?
4	1780-90				X	X	X	X	X	X	X	-		
5	1822		-	-	X	X	-	-	-	-	-	-		2
6	1852, a fines de	1853, inicios de	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
7	1862		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
8	1864		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	5-6	2
9	1866		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	4-5	2
10	1869/04		-	-	X	?	?	-	-	-	-	-		?
11	1872/06/06		-	-	X	X	-	?	-	-	-	-	4-5	2
12	1875, a fines de	1876, inicios de	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X		2
13	1877/01/17		-	-	X	?	?	-	-	-	-	-		?
14	1883		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		1-2
15	1887/01/16	1887/06/24	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-		2
16	1889/04/20	1889/07	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-		2
17	1892/04/06	1892/04	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
18	1893/12		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		1-2
19	1894/03	1894/12	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-		1
20	1895, fines de	1896, inicios de	-	-	X	X	X	X	-	X	X	-	4--5	2
21	1903/05/12	1903/05/14	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-		2
22	1907/03/08	1908/03	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
23	1912		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		1-2
24	1914/07/03		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		1-2
25	1917/02/04		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		1-2
26	1922/10/24		-	X	X	X	X	-	-	-	-	-		2
27	1927/10/05	1927/12/05	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	4-5	2
28	1929		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
29	1930/07/06	1930/08/20	X	-	X	X	X	?	-	-	-	-		2
30	1932/12/31	1933/01/05	X	-	X	X	X	-	?	X	X	-	10	2
31	1937/02/10	1937/11/02	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-		?
32	1938/12		-	-	X	-	-	-	-	-	-	-		?
33	1941/06/23		-	-	X	-	-	-	-	-	-	-		?
34	1942/06/09	1942/11	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-		2
35	1944		-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	3-4	2
36	1945/03/31	1945/04/03	-	-	X	X	X		?	X	-	-		2
37	1946/07/23	1947	-	-	?	?	?	X	-	X	X	X		?
38	1949/09		-	-	X	X	X	X	-	-	-	-		1-2
39	1955/10/22	1955/10/22	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-		2
40	1956/01/18	1956/10/11	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	3	1-2
41	1957/01/14	1957/11	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	12	2-3
42	1964		-	-	X	X	X	X	-	-	-	-		1-2
43	1971/11	1972/03/12	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	1,5	2
44	1979/10/15	1979/11/28	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	1-2	2
45	1984/04/20	1984/11/26	-	-	X	X	X	-	?	-	-	-	6	1-2
46	1990/02/25	1990/11/25	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	1	1-2
47	1994/05/17	1994/05/19	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	4	2
48	1994/08/25	1994/08/30	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	3,7	1-2
49	2007	2009	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-		3

RS: ruidos subterráneos; SV: sismos volcánicos; EX: explosiones cráter central; GC: columna cenizas y gases; EP: eyección de piroclastos; FL: flujo de Lava; PP: flujo piroclástico; LH: flujos laháricos; AR: aumento caudal ríos; DR: derrumbes en cráter; IEV: Índice de explosividad volcánica (NEWHALL & SELF, 1982). Fuente: modificado de NARANJO y MORENO (2005).

5.2.2.1 Erupciones más importantes del Volcán Llaima

NARANJO y MORENO (2005) destacan las erupciones de los años 1640, 1751, 1875, 1903, 1927, 1944-1946, 1955-1957, debido a la magnitud de estas y de sus impactos, ya sean humanos como ambientales. Las áreas comprometidas se encuentran en la carta geológica del Volcán Llaima en la Figura 18.

– 1640

Es la erupción histórica más grande conocida, la cual presentó actividad precursora (ruidos subterráneos y explosiones fuertes). La erupción mostró eyección de piroclastos (produjo incendios forestales en las cercanías del volcán), gases sulfurosos y lahares calientes, que bajaron por el Trufultruful, afectando los ríos Allipén y Toltén, provocando mortandad de gran cantidad de peces. Adicionalmente, se produjeron derrumbes en los cerros cercanos e inundaciones por el embalsamiento de algunos ríos por los flujos laháricos (OVALLE, 1646; ROSALES, 1877, en MORENO, s/f).

– 1751

Presentó actividad en los dos cráteres del volcán. En el cráter principal produjo emisión de piroclastos y formación de una columna eruptiva, mientras que en el sector sur presentó emisión de lava por una fisura hacia Melipeuco por el valle Trufultruful, actual sector de Panguco (HAVESTADT, 1777; MORENO & NARANJO, 1991, en MORENO, s/f).

– 1875

Erupción violenta en el Volcán Llaima. Inició con una actividad eruptiva menor a fines de 1874 en el cráter principal, mientras que a fines de 1875 e inicios de 1876, dio cabida para la etapa paroximal de la erupción. Presentó columna de gases y ceniza, pluma que afectó ~138 km a la redonda, flujos de lava, lahares y derrumbes del cono hacia el norte. En esta erupción se produjo – al parecer – una modificación significativa del edificio volcánico, adquiriendo una hendidura en su cima (FONCK, 1888; SUBERCASEAUX, 1889; MARTIN, 1901, en MORENO, s/f).

– 1903

Registro de esta erupción se encuentran en el flanco sur del volcán, la cual presentó explosiones, eyección de piroclastos y una columna de gases y ceniza. Se formaron coladas de lava observables desde Temuco. Esta erupción también modificó parte del edificio volcánico, con la aparición de un nuevo cráter en el flanco sur, cerca del Pichi Llaima (MARTIN, 1923; JAGGAR, 1925, en MORENO, s/f).

– 1927

Se distinguen dos etapas en esta erupción, donde presentó actividad en ambos cráteres. La primera etapa comprende del 5 al 8 de octubre de 1927, mostrando actividad explosiva, acompañada de fuertes y numerosos temblores, con ruidos sordos. La segunda etapa, comprende la erupción paroximal del volcán, el día 29 de noviembre de dicho año. Según declaraciones, se observó poca caída de ceniza. En el cráter principal, se formó una densa columna de gases y piroclastos de varios km de altura. Producto de la actividad, se depositó una cubierta de ~20 cm de espesor sobre el hielo del glaciar en el lado sur con una escoria negra (vítrea) tamaño ceniza a lapilli, la cual se puede apreciar en el sector de Lago Verde. Además cayeron en el lado norte del volcán, a 6-7 km de la cumbre.

La actividad en el cráter sur, si bien fue el más activo durante la segunda etapa de la erupción, se caracterizó por la formación de una colada de lava (BOLETÍN DEL SERVICIO SISMOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 1929; DIARIO EL CORREO DE VALDIVIA, 1927; SAPPER, 1927; VALDERRAMA, 1927; JAGGAR, 1929; STONE E INGERSON, 1934; STONE; 1935, en MORENO, s/f).

– *PERÍODO 1944-1946*

1944: erupción Violenta. Formación de una columna eruptiva de piroclastos y vapor de agua de aprox. 3 a 4 mil metros sobre el cono.

1945: tuvo lugar entre el 31 de marzo hasta el 3 de abril. En esta ocasión, presentó explosiones, eyección de piroclastos, flujos piroclásticos de poco alcance, lahares (bajaron por el río Manzano) que generaron pérdidas de ganado. El 2 de abril se produjo una gran explosión, formando una columna densa de piroclastos. Producto de la actividad volcánica, el nuevo puente sobre el río Trifultriful fue destruido en parte (DIARIO EL CORREO DE VALDIVIA, 1945; DIARIO LA NACIÓN, 1945 en MORENO, s/f).

1946: comprende desde el 23 de julio hasta 1947. Esta erupción se presentó acotada al cráter principal, desde donde se produjo un flujo de lava, sumado a las precipitaciones de ese momento, formaron lahares y derrumbe en el cerro sur del Lago Colico. Estos lahares provocaron que la localidad de Santa María de Llaima quedara aislada (EL DIARIO AUSTRAL, 1946, en MORENO, s/f).

– *PERIODO 1955-1957*

1955: producida entre el 22 de octubre hasta el 13 de noviembre de 1955, en la cual mostró actividad en ambos cráteres del volcán. Inició con una fase explosiva, la que dio paso al derretimiento de nieve. Producto del viento puelche, el eje de la pluma estaba orientado hacia Cherquenco. En el cráter principal se formó una colada de lava, apareciendo desde el cráter y otra más debajo de éste. Alcanzó una extensión de ~ 1.200 m, de 200 a 250 m de ancho aproximadamente. Adicionalmente se produjeron grietas de 15 a 20 m por donde pasó la lava. En cuanto al cráter sur, presentó actividad fumarólica intensa. La actividad cesó con ambos cráteres tapados, emitiendo fumarolas (DIARIO AUSTRAL DE TEMUCO, 1955; HANTKE 1959; CASERTANO, 1963 en MORENO, s/f).

1956: abarcó desde el 18 de enero hasta noviembre de 1956, erupción en la que se pueden distinguir 3 etapas. La primera, comprende el 18 y 19 de enero, donde exhibió actividad precursora (ruidos subterráneos). La erupción presentó explosiones que formaron la columna eruptiva. Existió emisión de lava por ambos cráteres y se abrió una fisura en el flanco norte. Se produjeron lahares hacia el Trifultriful, Calbuco, Captrén y Catrill, los cuales destruyeron el puente sobre el Trifultriful y el puente Peuco en Melipeuco, mientras que en Captrén se llevó todos los puentes, dejando aislada esta zona. Hubo un muerto en esta ocasión, atrapado por el lahar. Además, el camino a la laguna Conguillío fue destruido en un tramo por 6 km debido a un lahar, que inundó en un metro toda esta extensión.

La segunda etapa, iniciada el 5 de junio hasta fines de dicho mes, presentó explosiones y una columna eruptiva que alcanzó en momentos hasta 3.000 m.s.c., con dirección nornoreste. Producto de la actividad, se agrandó el cráter, dando paso a la generación de dos cráteres pequeños al interior de éste. Hacia el 26 de junio se percibieron sismos volcánicos, que derivó en una fuerte explosión y emisión de lava hacia Cherquenco, produciendo un aumento del caudal del río Calbuco.

La tercera etapa comprende octubre de 1956, la cual presentó explosiones rítmicas cada un minuto en el cráter principal. Además, fueron eyectadas bombas tipo spatters, cayendo dentro del cráter (DIARIO AUSTRAL DE TEMUCO, 1956; HANTKE, 1956, en MORENO, s/f).

1957: la actividad se presentó del 14 de enero hasta noviembre de 1957. Estuvo acompañada de actividad precursora, tanto ruidos subterráneos como sismos volcánicos. Esta erupción presentó fisuras laterales hacia el N, E y SE en la pendiente del volcán, con fuentes de lava a altas tasas y generación de lahares con flujos de lava basáltica voluminosa (DELGADO et al., 2015). Igualmente, se puede describir en tres etapas:

En la etapa 1, que comprende entre el 14 de enero al 19 de febrero, se produjeron ruidos subterráneos perceptibles hasta Victoria. También se percibieron sismos volcánicos. Se caracterizó por erupciones menores con débil emisión de ceniza.

En la etapa 2, se intensificó la actividad eruptiva entre el 19 y 20 de febrero, registrando salida de lava. El día 21 de febrero se formó un lahar que bajó por el lado de Trufultruful, destruyendo un puente provisorio. Esto provocó que los ríos Trufultruful y Allipén cambiaran de curso generando inundaciones. Adicionalmente se cortaron los puentes entre Cunco - Collahuén, y Peuco - Villa García.

En la etapa 3, el 22 de febrero a las tres de la mañana se reanudó la actividad. En el cráter principal se formó un nuevo cráter al interior de éste, el cual formó una columna eruptiva, la cual depositó una capa de cenizas hasta Temuco. Hubo emisión de vapor de agua y una colada de lava en el flanco norte, que avanzó a una velocidad de ~6 km/hr. El día 23 se produjeron lahares que afectaron a Peuco. Finalmente, el día 24 de febrero cesó la actividad eruptiva, manifestando fumarolas en cráteres y fisuras. La caída de ceniza dejó una capa de 2 cm al pie del volcán. Sin embargo, producto de la lava, se produjeron incendios forestales que perduraron hasta fines de abril de 1957 en la zona de Captrén (DIARIO AUSTRAL DE TEMUCO, 1957; HANTKE, 1959; CASERTANO, 1963, en MORENO, s/f).

5.1.3 Evaluación del peligro volcánico: Mapas de peligro del área de estudio

Por la severidad de sus erupciones y por la alta ocurrencia de eventos eruptivos, se han desarrollado diferentes mapas de peligro volcánico, llevados a cabo principalmente por SERNAGEOMIN. El primer mapa data del año 1984, desarrollado por la Universidad de Concepción a pedido de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), el cual establece una zonificación de los depósitos alrededor del volcán (PINEDA, 1984), de acuerdo al análisis de fotografías aéreas.

MORENO en el año 1991 estableció la primera aproximación formal en la cuantificación de la amenaza volcánica de este macizo, la cual sentó las bases para el desarrollo del mapa actual de peligro volcánico, elaborado por MORENO y NARANJO (2003), donde se zonificó considerando los registros de eventos pasados y la geología del volcán.

Se han desarrollado otros intentos de evaluación de peligro volcánico. Por ejemplo, el año 2013 SCHILLING et al. elaboraron una cartografía de peligro volcánico para el Volcán Llaima simplificando la elaborada por MORENO y NARANJO en el año 2003, estableciendo sólo tres categorías (alto, moderado y bajo peligro), en el marco de la creación del Primer Geoparque Nacional, el cual contempla este volcán. Previamente, LARA et al. (2011)

publican el mapa de peligro volcánico a escala nacional, zonificando las posibles áreas que se verían afectadas en caso de actividad volcánica, tomando erupciones hito para la estandarización del modelo aplicado. De acuerdo a esta zonificación, ONEMI en el año 2012 elaboró cartografías a escala regional de peligro volcánico y por tsunami, cartografías publicadas en su página web.

5.2.3.1 Mapa de peligro volcánico, PINEDA (1984)

En la explicación del mapa, la autora señala que no considera la expulsión de piroclastos, en especial la ceniza volcánica, ya que puede afectar extensas zonas, ya sean lejanas o cercanas al centro activo.

Teniendo en cuenta la historia eruptiva del volcán, establece que los alrededores de éste deben ser considerados como de alto riesgo. En este escenario, realiza una descripción de los flujos lávicos y laháricos y sus probables trayectorias, de acuerdo a erupciones anteriores, y señala que la ciudad de Curacautín, a pesar de estar fuera del radio de mayor riesgo de peligro volcánico, podría ser afectada en caso de una actividad intensa. También está incluido en la zona de mayor riesgo el sector comprendido entre la laguna Captrén y la laguna Conguillío, donde se ubica el Parque Nacional homónimo. La ciudad de Cherquenco, a pesar de estar fuera del radio de mayor riesgo volcánico, se ubica en un lugar donde confluyen dos zonas probables para flujos lávicos y/o laháricos. La zonificación realizada por PINEDA (1984) se muestra en la Figura 19.

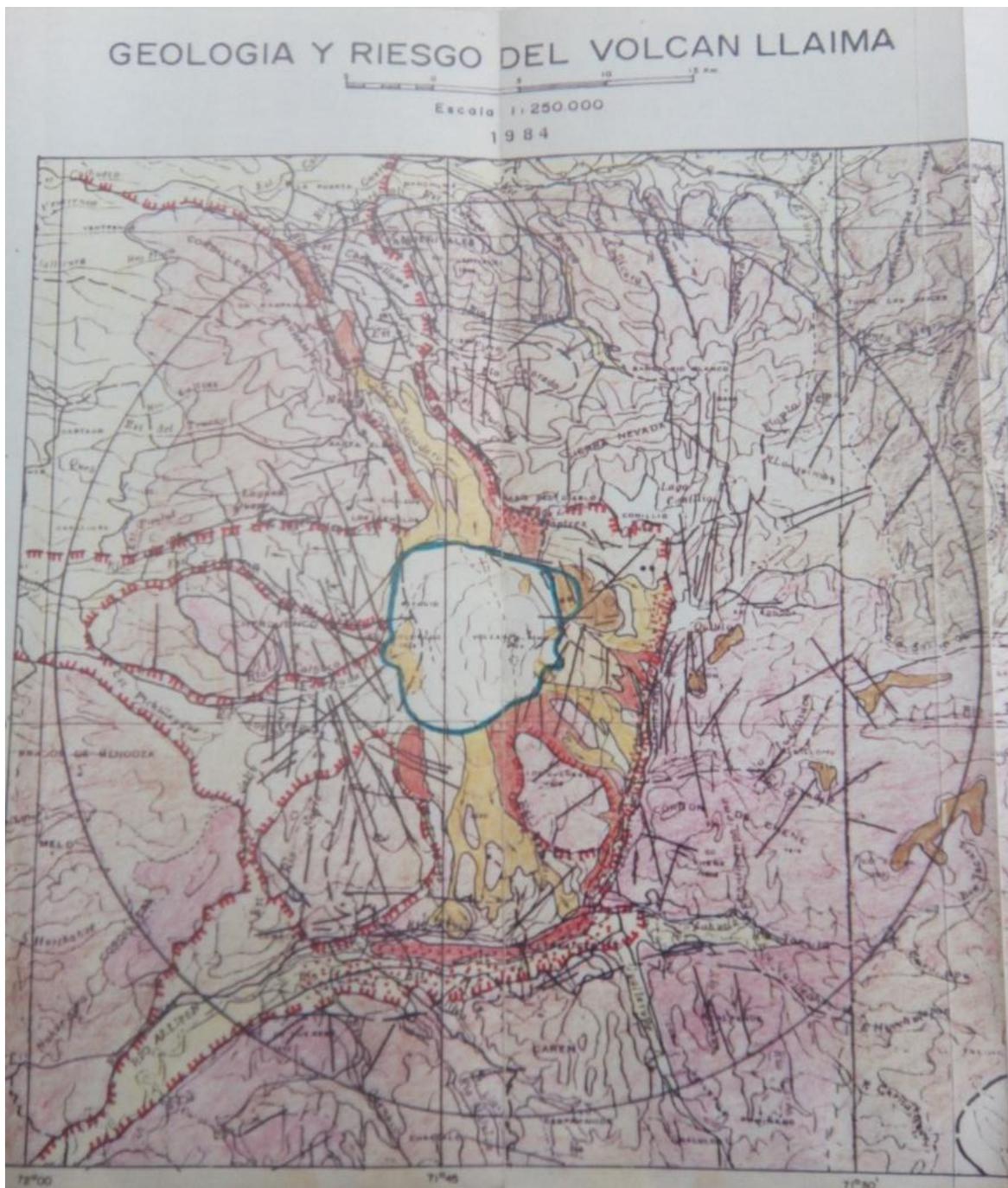


Figura 19. Extracto carta de amenaza volcánica y geología Volcán Llaima. Fuente: PINEDA (1984).

5.2.3.1 Mapa de peligro del Volcán Llaima, escala local, MORENO y NARANJO (2003)

Este mapa, presenta los principales productos y procesos volcánicos posibles a generarse y las áreas que podrían verse afectadas (Figura 20). Estos autores sostienen que los procesos volcánicos peligrosos que se podrían generar serían caídas de piroclastos, flujos de lava y generación de lahares. Sin embargo, podrían estar acompañados de emisiones de gases tóxicos, actividad sísmica local, deslizamientos locales, incendios forestales, tormentas eléctricas, obstrucción de cursos fluviales, avalanchas de nieve y alteraciones físico-químicas de aguas, suelos y vegetación. En el caso particular de los flujos piroclásticos, su probabilidad de ocurrencia en el corto plazo es más baja, pero no se debe descartar (MORENO & NARANJO, 1989, 1991a, 1991b, en MORENO & NARANJO, 2003).

A partir de aquello, se establece la zonificación de peligrosidad volcánica para el área de estudio, la cual se divide en:

Alta peligrosidad

AL1: zonas con muy alto peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares durante erupciones originadas en el edificio principal y/o en áreas de los cráteres adventicios orientales, tales como las ocurridas durante el período histórico registrado (siglos XVII a XX).

AL2: zonas con alto peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares durante erupciones originadas en el edificio principal, similares a las ocurridas en la prehistoria reciente (1.300 años AP). La extensión de los lahares puede incrementarse notablemente durante los meses de máxima acumulación de nieve (comúnmente entre junio y septiembre).

AI: zonas con muy alto peligro de ser afectadas solo por lahares durante erupciones originadas en el edificio principal y/o en áreas de los cráteres adventicios orientales, similares a las ocurridas durante el período histórico registrado (siglos XVII a XX).

Moderada peligrosidad

MLI: zonas con moderado peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares provenientes del edificio principal. Ello podría ocurrir durante erupciones de mayor duración o de mayor volumen que las documentadas en el registro histórico (últimos 360 años). Corresponden a sectores laterales de cauces o a terrazas moderadamente más elevadas.

ML: zonas con moderado peligro de ser afectadas por lavas durante erupciones originadas en los conos adventicios, aunque se estima una moderada probabilidad de ocurrencia en el futuro próximo (~50 años). También se podrían generar lahares menores, solo en erupciones que ocurran en la época de mayor acumulación de nieve (comúnmente entre junio y septiembre).

MI: zonas con moderado peligro de ser afectadas solo por lahares provenientes del edificio principal. Ello podría ocurrir durante erupciones de mayor duración o de mayor tasa de emisión de lava que aquellas del registro histórico (últimos 360 años). Corresponden a sectores laterales de cauces o a terrazas moderadamente más elevadas.

Baja peligrosidad

BLI: zonas con bajo peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares. Ello podría ocurrir durante erupciones de gran magnitud, originadas en el edificio principal, producidas durante la época de mayor acumulación de nieve (comúnmente entre junio y septiembre). Corresponden a sectores laterales de cauces, lugares aterrizados más elevados o relieves más prominentes en los cauces.

BL: zonas con bajo peligro de ser afectadas por lavas durante erupciones originadas en los conos adventicios. Ello solo podría ocurrir durante erupciones de gran magnitud, originadas en los conos adventicios. También podrían ser afectadas por lahares menores, en erupciones que ocurran en la época de mayor acumulación de nieve (comúnmente entre junio y septiembre). Corresponden a sectores laterales de cauces, lugares más distales o a relieves aterrizados moderadamente más elevados.

BI: zonas con bajo peligro de ser afectadas solo por lahares. Ello solamente podría ocurrir durante erupciones de gran magnitud, originadas en el edificio principal, y producidas durante la época de mayor acumulación de nieve (comúnmente entre junio y septiembre). Corresponden a sectores laterales de cauces, lugares aterrizados más elevados o a relieves más prominentes en los cauces.

5.2.3.2 Descripción de los procesos acorde a los productos de las erupciones del Volcán Llaima

Caída de piroclastos: como se aprecia en el mapa de peligrosidad, las caídas de piroclastos afectarán hacia los sectores oriental y suroriental del volcán, influenciada por los vientos predominantes de la zona (dirección este). Las áreas más vulnerables son las localidades de los lagos Conguillío y Verde, el valle de Coyamento, China Muerta y los lagos Galletué e Icalma. En la erupción de 1994, se pudo comprobar la presencia de flúor en las cenizas gruesas que precipitaron en el sector de Icalma (MORENO & FUENTEALBA, 1994), elemento químico altamente tóxico para la actividad agropecuaria.

Lavas: podrían fluir en cualquier dirección, debido a su baja viscosidad y elevadas tasas de emisión. En este sentido, podrían recorrer hasta 30 km desde el edificio volcánico.

Lahares: en la historia eruptiva del volcán, ha sido un proceso frecuente, debido a la existencia de glaciares en sus flancos y el manto de nieve invernal que cubre al volcán, por lo tanto, se configura como un proceso frecuente en futuras erupciones. Usualmente alcanzan distancias mayores que los flujos de lava. Los ríos Captrén, Lanlán, Calbuco y Trutultruful históricamente han sido las vías ocupadas por los lahares producidos por el Volcán Llaima.

Flujos piroclásticos: en algunas erupciones explosivas históricas en los siglos XVII y XVIII se han desarrollado flujos piroclásticos en este volcán, sin embargo, en los últimos siglos no ha sido el caso. Como señalan los autores, durante el postglacial (últimos 14 ka) se produjeron depósitos y oleadas y coladas piroclásticas durante erupciones explosivas de gran magnitud, afectando un radio mayor de 50 km desde el volcán. ASTIZ et al. (2000, en MORENO & NARANJO, 2003), calculan que el tiempo de recurrencia para erupciones explosivas que permitan la generación de flujos piroclásticos de volúmenes menores a 1km^3 es de aproximadamente 207 años. Si bien es baja la probabilidad, no se descarta que se puedan generar en el futuro.

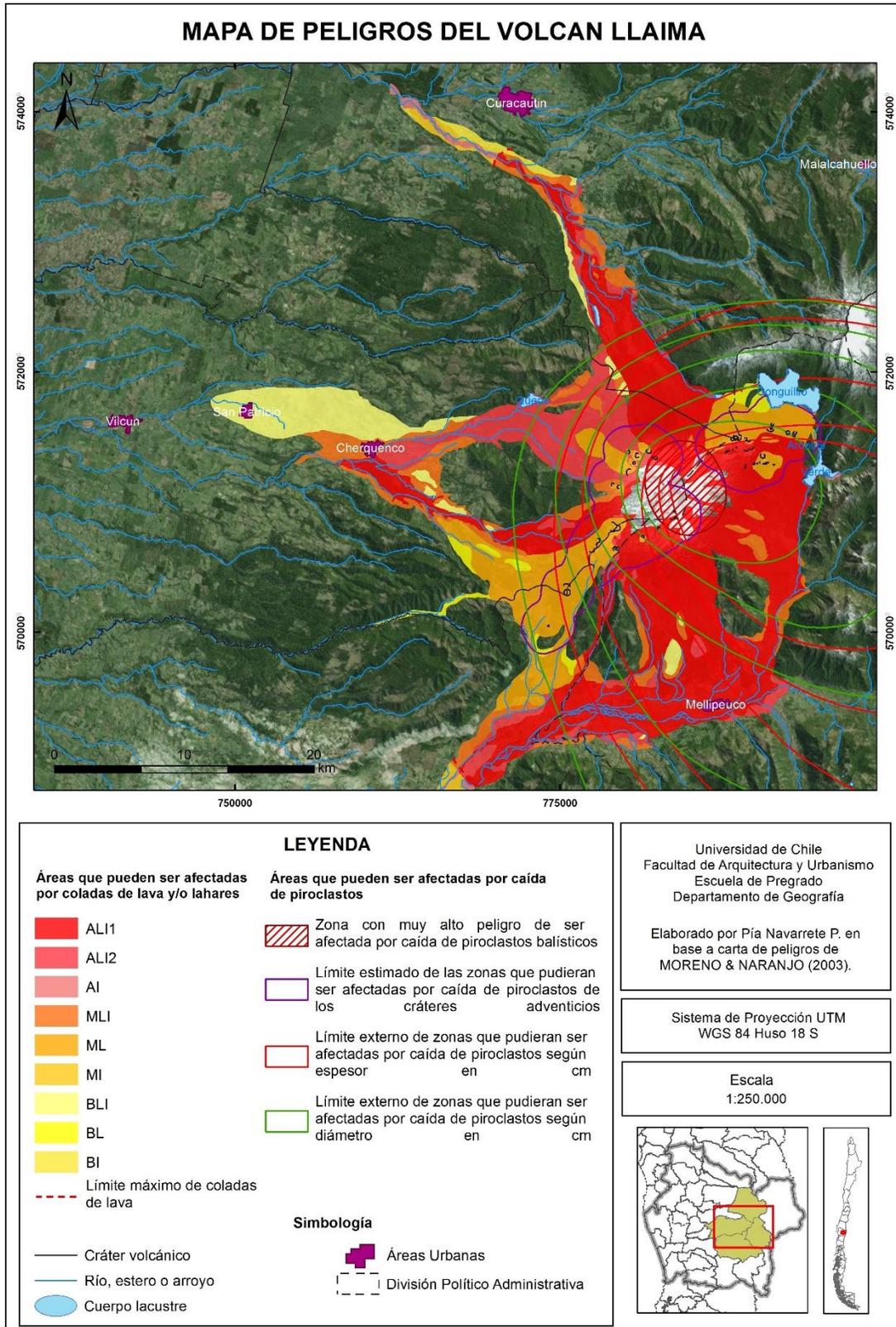


Figura 20. Cartografía de peligros volcánicos del Volcán Llaima año 2003. Fuente: MORENO y NARANJO (2003).

5.2.3.3 Mapa de peligro volcánico, escala nacional

En el seno de los diferentes planes que posee SERNAGEOMIN en el monitoreo de la amenaza volcánica, en el año 2011 publicó la carta de peligro volcánico a nivel nacional, como se muestra en la Figura 21 en donde realizan una evaluación del riesgo asociado a un sistema de clasificación y priorización de cada volcán geológicamente activo, y una evaluación del peligro volcánico para cada centro, obteniendo una base para la integración final (LARA et al., 2011). En esta cartografía, se establecen las siguientes categorías.

– *Lavas, lahares, flujos piroclásticos y avalanchas volcánicas*

Alto peligro de lavas, lahares y flujos piroclásticos y avalanchas: representa el sector más susceptible de ser afectado por lavas, lahares y flujos piroclásticos, además de proyecciones balísticas, como consecuencia de erupciones en un amplio rango de magnitudes a partir del edificio principal y centros adventicios o adyacentes. Corresponde al área afectada por los procesos más recurrentes que incluyen al edificio principal, los valles y laderas cercanas.

Bajo peligro de lahares y flujos piroclásticos: representa el sector menos susceptible de ser afectado por lahares y flujos piroclásticos, como consecuencia de erupciones de alta magnitud a partir del edificio principal y centros adventicios o adyacentes. Corresponde al área afectada por procesos poco recurrentes, generalmente sin expresión en el registro histórico, capaces de generar flujos de alta movilidad que podrían desplazarse grandes distancias por los valles, incluso superando puntos topográficos menos altos del relieve local.

– *Caída de piroclastos*

En un contexto de erupciones tipo asignadas a cada volcán según su historia eruptiva, en condiciones atmosféricas que reflejan estadísticamente las variaciones estacionales, se reconocen las siguientes situaciones:

Alto peligro de caída de piroclastos: representa el sector más susceptible de ser afectado por la acumulación de más de 1 cm de material piroclástico.

Moderado peligro de caída de piroclastos: representa el sector moderadamente susceptible de ser afectado por la acumulación de más de 1 cm de material piroclástico.

Bajo peligro de caída de piroclastos: representa el sector menos susceptible de ser afectado por la acumulación de más de 1 cm de material piroclástico.

Si bien con esta cartografía se logra el objetivo propuesto, que es una primera aproximación al peligro volcánico presente en el país para volcanes que todavía no contaban con cartas específicas de peligro volcánico, se debe hacer la salvedad que esta cartografía no debe ser considerada para análisis particulares debido a la escala trabajada, pudiendo entrar en conflicto con especificidades que se poseen al momento de trabajar con una escala local, tal como establecen LARA et al. (op. cit).

MAPA DE PELIGROS VOLCÁNICOS VOLCÁN LLAIMA

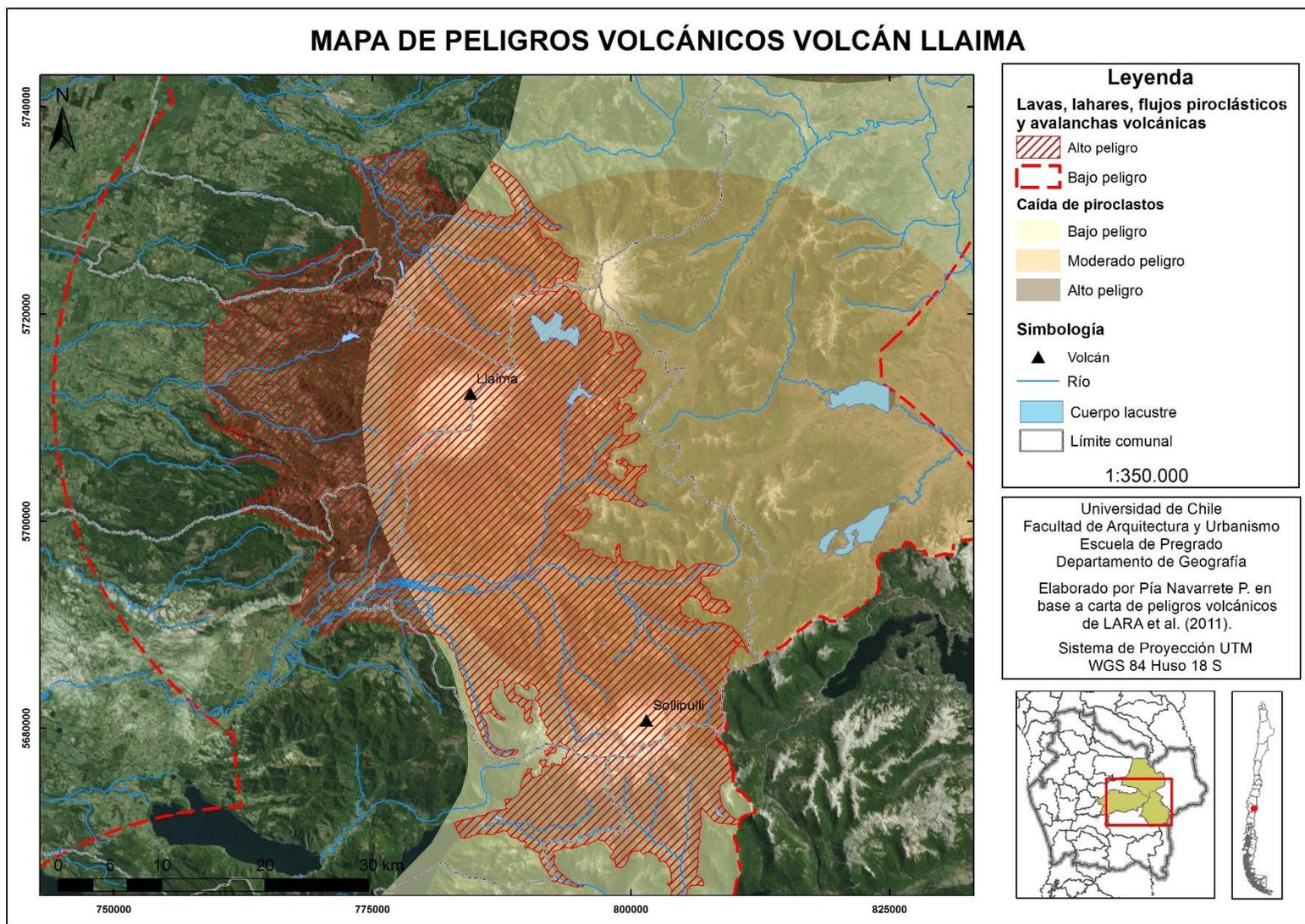


Figura 21. Cartografía de peligros volcánicos del Volcán Llaima año 2011. Fuente: LARA et al. (2011).

Como se dijo anteriormente, esta cartografía fue utilizada por ONEMI en el año 2012, en una serie de cartografías publicadas mostrando peligro volcánico y por tsunami a nivel regional, tomando como base la zonificación elaborada por LARA et al. (op. cit).

Esta evaluación del peligro volcánico es deficiente en algunos aspectos. Por ejemplo, producto de la escala trabajada, existe una falta de precisión de los procesos volcánicos, en el sentido de considerar en una misma categoría los flujos de lava, los lahares y la lluvia de piroclastos, cuando estos procesos no poseen los mismos comportamientos ni alcanzan las mismas extensiones en el territorio. La gran preocupación en este caso la constituye la generación de lahares, por lo que se debe entregar información más detallada de dichos procesos.

Adicionalmente, en la cartografía publicada por ONEMI se omiten diversas localidades menores que están expuestas. Por otro lado, no se integra una explicación de las categorías presentadas ni alguna referencia a la base de información, resultando confuso lograr comprender la cartografía. La información relativa a procesos volcánicos se detalla en la Figura 22.

Debido a la vocación de esta institución, habría sido interesante si en la publicación de la carta de amenaza se mostraran las vías de evacuación, la información relativa a los albergues, información necesaria en caso de actividad volcánica que involucre medidas de resguardo, y no ser reproducción de material realizado por SERNAGEOMIN.



Figura 22. Extracto leyenda carta de amenaza volcánica y de tsunami Región de la Araucanía, publicado por ONEMI. Fuente: ONEMI (2012).

5.1.4 Erupciones recientes: eventos año 1994 y 2007-2009

El Volcán Llaima es uno de los volcanes que más erupciones ha presentado en el país (LARA, 2008), lo que ha conducido a un estado de alerta permanente en caso de que se inicie una nueva etapa eruptiva y a destinar recursos al monitoreo constante del macizo. Si bien, en los últimos 50 años, este volcán ha presentado erupciones aproximadamente cada 7 a 10 años, la información disponible difiere entre una erupción y otra en cantidad y calidad. Es por esto que se ha optado por trabajar con las últimas dos erupciones, la ocurrida en 1994 y el ciclo eruptivo de 2007-2009.

La actividad volcánica registrada en el año 1994, si bien presentó dos erupciones importantes, es bastante diferente de la presentada durante el período 2007-2009, ciclo en el cual se reconocen al menos 9 erupciones.

5.1.4.1 Año 1994

En 1994, el Volcán Llaima presentó un primer episodio eruptivo entre el 17 y 19 de mayo (Figura 25), y un segundo episodio entre el 25 y 30 de agosto (MORENO, s/f).

– Erupción de Mayo

Descripción del evento: El 17 de mayo, alrededor de las 06:00 de la mañana, en el volcán comenzó una erupción estromboliana a subpliniana de VEI 2 (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994a), con un fuerte componente freático (MORENO & FUENTEALBA, 1994). Esta erupción tuvo lugar 10 años después de la última erupción freatomagmática, desarrollada en abril de 1984 (*Ibíd.*). Según MORENO (s/f), algunos pobladores de Melipeuco señalaron que se sintieron sismos previos a la erupción.

MORENO y FUENTEALBA (1994) describieron este episodio haciendo constar que la erupción principal duró alrededor de 8 horas, la cual se inició por una fisura de rumbo 10° N de 500 m de largo que se abrió en el cráter principal con dirección SSW, presentando por lo menos 4 fuentes de lava. La expulsión de la lava alcanzó unos 200 m de altura y fluyó desde la fisura por debajo del glaciar oeste con dirección SSW, seguida de numerosas explosiones. DELGADO et al. (2015) añaden que la tasa de efusión de lava fue alrededor de 60 m³/s.

La interacción entre la lava y el glaciar produjo un derretimiento violento y una fuerte vaporización, donde se estima que al menos 3 a 4 millones de m³ de hielo se derritieron producto del contacto con los flujos de lava. Considerando que el volumen de los flujos de detritos fue de 2,5 millones de m³, gran parte del agua liberada (2,4 a 3,2 millones de m³) podrían haber sido evaporados.

En cuanto a la columna eruptiva, se sostiene que alcanzó los 4.000 m de altura sobre la cima del volcán (7.000 m.s.n.m.), y presentó una fase de vapor de agua en una pluma de menor altura con dirección ESE a 5.000 m.s.n.m. aproximadamente. La columna principal fue vista a 80 km del volcán, incluso desde el lago Aluminé en Argentina.

Por las condiciones climáticas, la cumbre del volcán se mantuvo cubierta hasta el 21 de mayo, lo que permitió observar los cambios en la cima del volcán. Se pudo apreciar una pequeña muesca en el cráter principal, a partir de la cual un canal de hielo de 50 m de ancho y de 500 m de largo baja por la pendiente del volcán con dirección N110°W, canal que aumenta su profundidad a 150 m a 1,5 kilómetros de distancia.

Caída de tefra: la pluma de ceniza, tuvo una orientación noreste (Figura 23), hacia las localidades de Cruzaco – Paso Icalma (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994a; MORENO, s/f), y debido a los vientos predominantes alcanzó una distancia de 300 km, la cual produjo depósitos en un área elíptica de 37.680 km² aprox. (DELPINO et al., 1994). La caída de ceniza se produjo entre el 17 y 19 de mayo, registrando mayor intensidad los días 17 y 18. En Cruzaco, la caída de polvo volcánico se registró solo hasta las 12:00 a.m. del día 19 (MORENO & FUENTEALBA, 1994).

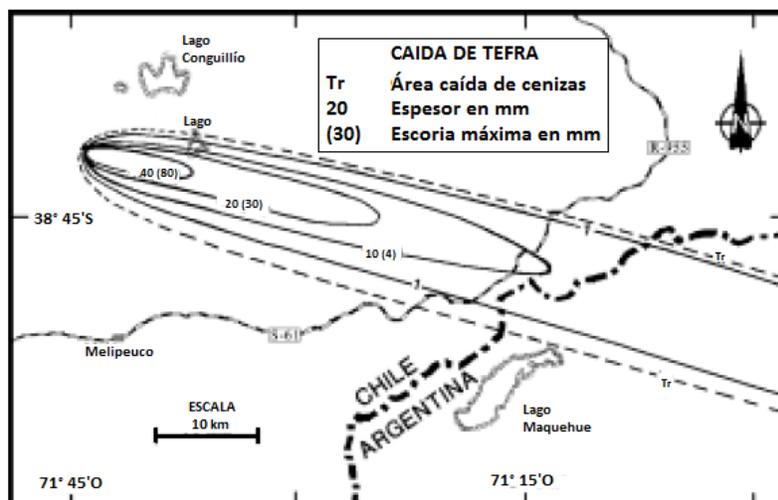


Figura 23. Áreas cubiertas por caída de tefra producto de la erupción de mayo de 1994. Fuente: modificado de MORENO y FUENTEALBA (1994).

Los primeros en divisar la columna eruptiva fueron pilotos de aerolíneas locales (DELPINO et al., 1994; MORENO & FUENTEALBA, 1994). Además fue vista por pobladores a las 09:30 hr en Paso Icalma (SMITHSONIAN). Esta estuvo compuesta de gases, piroclastos y vapor de agua (MORENO, s/f). La velocidad de propagación de la nube fue de ~35 km/hr, y el punto extremo se registró en el pueblo de Arroyito (límite entre las provincias de Neuquén y Río Negro, en Argentina (DELPINO et al., 1994).

FUENTEALBA y MORENO (1994) realizaron un análisis de los depósitos de ceniza en las áreas afectadas dentro del territorio chileno, en donde encontraron depósitos en:

- CONAF en Trifultriful: evidencia de ceniza (grosor <1mm)
- Laguna Verde, 3,5 km S: Lapilli ($M_s=35\text{mm}$; grosor= 25mm)
- Laguna Verde, 3 km S: evidencia de ceniza (grosor <1mm)
- Coyamento Grande: evidencia de ceniza (grosor =1mm)
- Icalma: cubierta de ceniza (grosor =1mm)
- Casas Cruzaco: caída de ceniza gruesa a lapilli fino (Tamaño máx.=4mm; grosor= 10 mm).
- Zapala (Argentina): cubierta de ceniza fina (grosor > 1 mm)

Estos autores señalan que el área comprendida entre Trifultriful y Laguna Verde (al interior del Parque Nacional Conguillío) fue afectada desde las 08:00 a.m. hasta las 12:30 p.m., mientras que en el área Icalma-Cruzaco, se depositó polvo volcánico desde las 10:00 a.m. hasta las 01:30 p.m. en la última localidad, registrando el peak de la caída entre las 1:00-1:30p.m.

MORENO (s/f), señala que las muestras recolectadas en el sector de Laguna Verde, consisten en lapilli grueso y ceniza (53% SiO_2). Por otro lado, en Cruzaco e Icalma se recolectaron muestras de ceniza, de tamaño fina a gruesa.

Lahares e inundaciones: MORENO y FUENTEALBA (1994) describen los lahares generados a partir de la actividad volcánica, donde el glaciar oeste -el más grande del Volcán Llaima, de 17,2 km² de extensión, y un volumen equivalente en agua de 367x10⁶ m³- presentó grietas con actividad humeante y explosiones más abajo del sitio de la erupción, indicando que hubo flujos de lava por debajo del hielo con dirección oeste, hacia los ríos Lanlán y Calbuco, en la comuna de Vilcún. Producto de esto, se generó un lahar cerca de las 12:15 p.m. por el río Calbuco, el cual fue visto a las 12:45 p.m. en las localidades de El Danubio, La Selva y Santa Juana, a 16 km al WSW del volcán, con una duración de 15 minutos. El material que arrastró el lahar lo componían árboles, sedimentos, bloques de hielo y largos cantos rodados mayores a 9 m de diámetro, por un barranco de 35 m de ancho y 19 m de profundidad. El volumen estimado del lahar fue de 2,5 x 10⁶m³. Algunas de las consecuencias se pueden observar en la Figura 24.

En una campaña de terreno realizada por Moreno y Fuentealba, se observó la cabeza diluida del lahar, el cual se fusionó al río Quepe como un flujo marrón. Cerca de Vilcún, el flujo llegó a las 3:15 p.m., con una velocidad de 13-14 km/h, alcanzando un ancho de 61 m, cuando el río usualmente tiene 32 m, y una altura máxima de 4,3 m sobre el nivel del río. Cerca de las 4:00 p.m., en El Danubio, La Selva y Santa Juana, se generó otro flujo lahático que duró 30 minutos.

Efectos: dentro de las consecuencias de la actividad volcánica, 5 puentes y numerosos caminos fueron cortados por el flujo de detritos, actividad que provocó la evacuación de 59 personas y 7 guardaparques. Adicionalmente, el cementerio de Cherquenco fue cubierto parcialmente por los depósitos, y generó remoción de algunos sectores de tumbas (MORENO & FUENTEALBA, 1994).



Figura 24. Imágenes del lahar que transportó el río Quepe en la localidad de Cherquenco. En la foto a la izquierda muestra una roca transportada por el lahar y a la derecha troncos que dejó el paso del lahar en el puente Quepe. Fuente: POVI (1994).

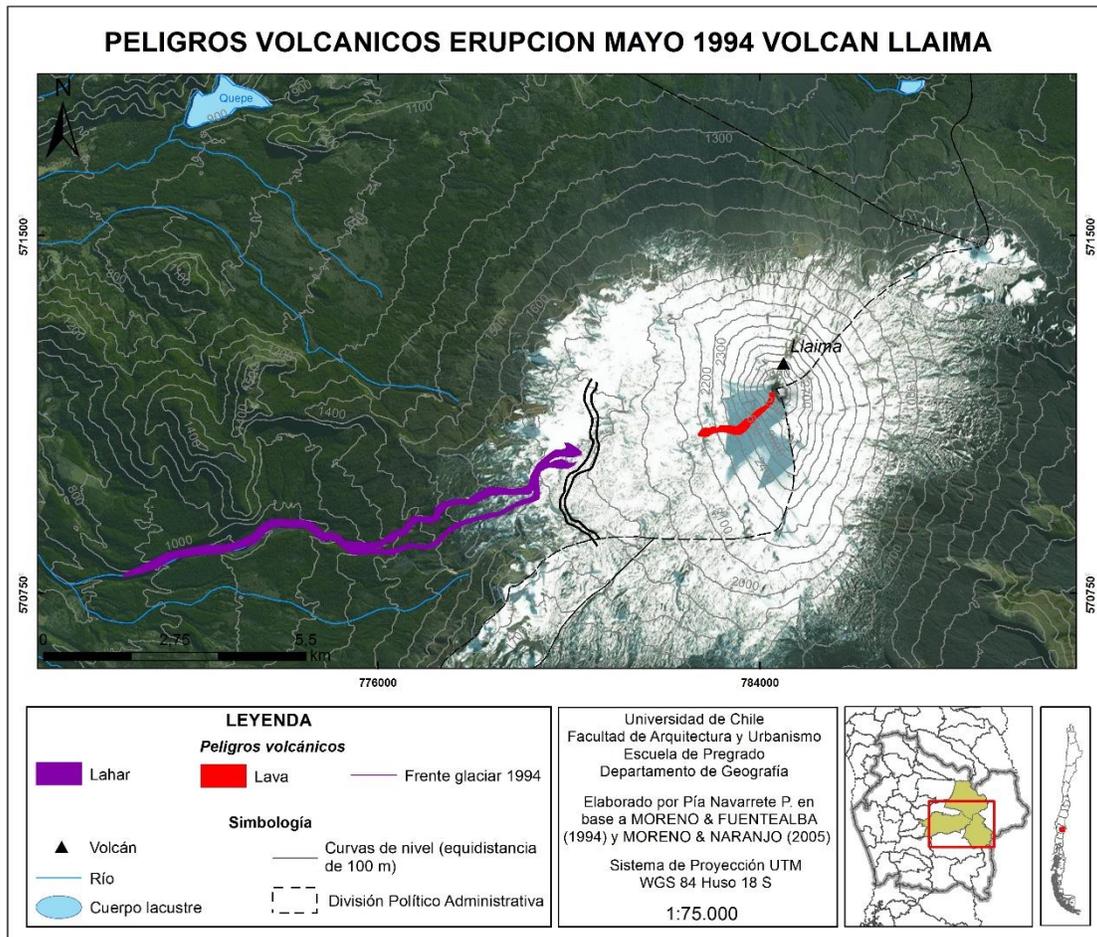


Figura 25. Cartografía de peligros volcánicos generados en la erupción de mayo de 1994. Fuente: elaboración propia a partir de MORENO y FUENTEALBA (1994) y MORENO y NARANJO (2005).

– *Erupción de Agosto-1994*

Descripción: a ~ 5,4 km al oeste de la cumbre (Sector Los Paraguas) entre las 09:00 hr y 09:15 hr del 21 de agosto la población sintió dos terremotos de intensidad II y III (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994b). Cuatro días después, el 25 de agosto se inició la erupción, la que se prolongó hasta la noche del 28 de dicho mes (23:00 hr), variando la intensidad de la actividad durante este periodo. MORENO (s/f) señala que la erupción correspondió a un VEI 1, iniciada con explosiones menores en el cráter principal con emisiones de ceniza y ruidos subterráneos.

Según el GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (1994b), el 25 de Agosto, a partir de las 09:00 hr, personas escucharon explosiones en el cráter principal y a las 11:35 se hizo visible la primera columna de ceniza. Desde las 19:30 hacia la noche, la erupción aumentó en intensidad, expulsando gases y tefra incandescente hasta unos 500 m por encima de la cumbre, arrojando piroclastos sobre los flancos exteriores de la cumbre. Entre el 27 y 28 de agosto, el volcán estaba cubierto por completo por nubes, lo que imposibilitó observaciones visuales directas.

El 29 de agosto a las 00:00 hr se produjo una violenta explosión informada por CONAF. A las 06:20 hr del mismo día desde Melipeuco fue posible observar la emisión constante de ceniza fina y gases desde el nuevo cráter. Se formaron columnas de 300 a 800 m sobre el cráter las que, producto del viento oeste, se dispersaron a más de 80 km en dirección sureste (MORENO, s/f). Entre las 11:20 y 12:09 horas las emisiones piroclásticas se reactivaron, descargando una columna continua a 1.000 m por encima del cráter con explosiones cada 5 segundos ($VEI = 2$) (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994b).

Esta actividad fue principalmente magmática. Se comenzó a formar un cono de salpicadura que cubrió el suelo del cráter principal, producto del nuevo cráter, cuyas dimensiones son de 100 m de diámetro en la parte E del cráter principal. En la noche desde Melipeuco se observaron piroclastos incandescentes expulsados dentro y fuera del cráter (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994b; MORENO, s/f).

El día 30 continuó la emisión constante de ceniza fina desde el cráter principal, pero la columna se vio menos densa que el día anterior (con respecto al material juvenil). Además era evidente que la componente gaseosa había aumentado. Este día la columna alcanzó alturas oscilantes entre 2.000 y 3.700 m sobre el cráter. Entre las 16:03 y las 18:40 horas cesó la emisión constante de piroclastos, apareciendo intermitentemente bocanadas de vapor de agua y ceniza. Luego, a partir de las 18:40 se reanudó la actividad volcánica, con emisión intermitente de columnas con poca ceniza, que alcanzaron alturas entre 200 y 400 m y aumentando la presencia de vapor de agua. A las 19:01 hora local la altura alcanzó unos 1500 m sobre el cráter, cesando la actividad a las 21:30 hr. El cráter principal quedó tapado al igual que el cono de piroclastos que se formó al interior de éste durante la erupción. Por otro lado, desde el día 29 hasta después de finalizada la erupción se observó en el cráter sur o Pichillaima, una débil actividad fumarólica (MORENO, s/f).

Debido a la disminución de la actividad volcánica y sísmica, alrededor del 2 de septiembre los científicos decidieron bajar el estado de peligro de naranja a amarillo. Sin embargo, expresaron preocupación por una posible restricción u obstrucción de la ventilación por nuevos depósitos en el cráter principal. También estaban preocupados por el reciente cambio en el carácter sísmico en comparación con los 4 años anteriores (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 1994b).

5.2.4.2 Período 2007 – 2009

El 26 de mayo de 2007 se inició un nuevo ciclo eruptivo, el que se prolongó hasta junio de 2009 (SALAS, 2014). Este se caracterizó por diferentes fases, cuyos estilos incluyeron erupciones Estrombolianas y Hawaiianas, con producción de piroclastos y lavas basálticas (~51% SiO_2) de plagioclasa y olivino. Este nuevo ciclo es la erupción de mayor magnitud después del ciclo de 1955-1957, y se caracterizó por concentrar la actividad en el cráter principal y en centros de emisión menores en el flanco oriental y nororiental del volcán (Figura 26), las primeras fueron fuente de explosiones piroclásticas con desarrollo de flujos y las segundas generaron chorros de lavas clastogénicas (MORENO et al., 2009; NARANJO et al., 2009).

Este ciclo eruptivo presentó una primera erupción paroxismal de tipo estromboliana que comenzó el 01 de enero de 2008, la que duró alrededor de 15 h con actividad energética, y la segunda de mayor envergadura, iniciada el 3 de abril de 2009 de tipo estromboliana vigorosa, con una duración de 80 h (FRANCO et al., 2015).

Según ROMERO et al. (2013), la erupción comenzó con una deformación de la superficie (05/2007-01/2008), provocando un aumento del volumen del edificio volcánico. Este ciclo constituye la primera vez en que se pudieron observar diferentes mecanismos y estilos eruptivos durante un ciclo prolongado de actividad del Volcán Llaima (NARANJO et al., 2009).

Producto de la variación en la actividad volcánica, este ciclo es posible separarlo en 10 fases claramente distinguibles. En la Tabla 12 se describen características de las erupciones principales de este período.

– *Fase 1*

26 mayo-31 diciembre de 2007. Esta etapa destaca por el comienzo de anomalías sísmicas y visuales (SALAS, 2014). Corresponde a la reactivación del volcán caracterizada por explosiones menores y emisión de cenizas, en donde las señales sísmicas de tales explosiones corresponden a sismos de período largo (LP) y ocasionalmente, tremor (MORENO et al., 2009). Se produjeron explosiones freatomagmáticas, que depositaron ceniza fresca en 0,3 km² de extensión cerca del cráter en junio del 2007, y se encontraron fragmentos de lapilli 8 km al E del cráter (ROMERO et al., 2013).

– *Fase 2*

01-02 enero de 2008. La erupción mayor del ciclo se inició alrededor de las 17:30 hr del 01 de enero, donde las explosiones más vigorosas comenzaron a las 18:23 hr de estilo freatomagmático al inicio, dando paso a una fase Estromboliana de 9 hr de duración (Ibíd.). Cerca de las 20:00 hr, volutas cargadas de cenizas y gases formaron una columna que alcanzó un máximo de ~11.000 m.s.n.m. con una angosta pluma de dispersión hacia el ESE, que se internó en territorio argentino (MORENO et al., 2009).

A las 20:25 hr, testigos indicaron la generación de un lahar hacia el NE y la erupción presentó flujos piroclásticos en el flanco oriental del volcán. A las 21:12 hr se produjo la actividad Estromboliana más enérgica, presentando formación de salpicaduras en chorros de lava de proyección balística oblicua, de 600 m de largo y de 150 m de ancho en las partes altas de los flancos. La caída de lavas clastogénicas en contacto con los glaciares y nieves presentes en el volcán, propició mecanismos generadores de lahares de rápida formación (“lahares flash”) y alta energía. El lahar generado al NE aumentó su caudal producto de esto, alcanzando velocidades de 30-40 km/hr, dañando alrededor de 7 km del acceso norte al Parque Conguillío, llegando al río Captrén. Además, se produjo un segundo lahar en dirección oeste producto de largas salpicaduras de lavas proyectadas en forma oblicua sobre el flanco occidental, produciendo rápida fusión sobre la nieve (NARANJO et al., 2009; SALAS, 2014).

Los piroclastos eyectados del volcán alcanzaron un espesor de 11 cm a 7 km de distancia del cráter del volcán (SALAS, 2014). Además, generó un depósito de lapilli al este, que sigue en importancia al producido en 1957 (NARANJO et al., 2009).

Por otro lado, esta fase se caracterizó por numerosos pulsos eruptivos pequeños, presentando flujos de lava, lagos de lava, flujos de piroclastos, lahares rápidos, caída de depósitos de tefra con caída de escoria y pequeños conos de ceniza (ROMERO et al., 2013). Durante esta fase la señal sísmica se caracterizó por un tremor altamente energético y la energía sísmica liberada alcanzó cerca de 5.000 unidades RSAM. Esta fase declinó abruptamente a las 12 horas de iniciada (MORENO et al., 2009).

– Fase 3

02 al 21 de enero de 2008. Caracterizada por emisiones esporádicas de cenizas y gases, además se generaron flujos piroclásticos menores formados en diversas fisuras y centros de emisión sobre la parte superior-media del flanco oriental. Conjuntamente, se inició la construcción de un cono de escorias anidado en el cráter principal. Las explosiones más notables ocurrieron el 03 y 18 de enero (MORENO et al., 2009; NARANJO et al., 2009; SALAS, 2014).

Producto de la actividad volcánica, el 03 de enero se produjo una pluma de cenizas visible en imágenes satelitales a una altura de 3,7 km hacia el NE, mientras que el 11 de enero se observaron bloques de material incandescente que rodaron ~1,5 km pendiente abajo y causaron emisiones de vapor de agua al entrar en contacto con glaciares. Adicionalmente, los glaciares presentaron abundantes grietas al SW del cráter. Por otro lado, basado en las observaciones de imágenes satelitales y reportes de pilotos, VAAC Buenos Aires reportó una pluma de cenizas de 5,567 km de altitud con dirección NE el 11 de enero y SW el 13 de enero (GLOBAL VOLCANISM PROGRAM, 2008a). El 18 de enero, después de presentar sismos discretos de baja frecuencia, explosiones en el sector del cráter resultaron en un flujo piroclástico dirigido hacia el flanco alto E (SALAS, 2014).

Los registros de esta fase mostraron principalmente sismos de tipo LP y la energía sísmica liberada que fluctuó entre 40 y 120 unidades RSAM durante el evento (MORENO et al., 2009).

– Fase 4

21 enero-02 febrero de 2008. Período de relativa calma (NARANJO et al., 2009), se caracterizó por una reactivación de la actividad Estromboliana débil a moderada acompañada por la formación de un pequeño lago de lavas pahoehoe al interior del cráter principal. Adicionalmente, se detectaron explosiones laterales aisladas en la parte superior del flanco oriental. La sismicidad se caracterizó al comienzo por sismos de tipo LP y luego por tremor energético, cuya energía liberada superó las 100 unidades RSAM (MORENO et al., 2009). En esta etapa, el cono de escorias anidado aceleró su crecimiento a través de al menos 4 cráteres activos (MORENO et al., 2009; NARANJO et al., 2009).

– Fase 5

02 al 13 febrero de 2008. Se produjeron explosiones menores con proyección de spatters (salpicaduras) y un estilo efusivo de tipo Hawaiano. La lava escurrió fuera del cráter a través de una muesca hacia el flanco oeste, ocasionalmente bajo el glaciar (MORENO et al., 2009; NARANJO et al., 2009). SALAS (2014) puntualiza que el flujo de lava es de tipo aa y descendió 2,5 km, el cual formó un pequeño lahar. Por otro lado, las explosiones arrojaron material incandescente a 200 a 500 m. de altura. El contacto entre la lava y los glaciares presentes en el volcán produjeron un aumento en 1 m sobre el nivel habitual del río Calbuco el 9 de febrero. El 12 de febrero una fuerte explosión arrojó bombas en los flancos E y NE del volcán, y el 13 de febrero se observó incandescencia en la cima.

La sismicidad estuvo representada por tremor energético y la energía sísmica se incrementó paulatinamente hasta cerca de 800 unidades RSAM y decreció abruptamente a 10 unidades cuando cesó la emisión de lava el 13 de febrero (MORENO et al., 2009).

– Fase 6

13 febrero-01 julio de 2008. Si bien esta fase fue tranquila, el 21 de febrero ocurrió una pequeña explosión y se observaron flujos piroclásticos descendiendo por el flanco E del volcán, y posiblemente por el flanco W. Un sobrevuelo al cráter principal el 2 de abril reveló material piroclástico y emisiones de gas y ceniza, acompañados por pequeñas explosiones originadas de tres conos de piroclastos (SALAS, 2014). Este período se caracteriza por no presentar signos visuales de emisión, ni registrar actividad sísmica importante, donde la energía sísmica se mantuvo bajo las 50 unidades RSAM y sólo ocurrieron escasos eventos de tipo LP (MORENO et al., 2009).

– Fase 7

01-27 julio de 2008. Se produjo una reactivación en la actividad volcánica, produciéndose 5 episodios eruptivos, entre los cuales hubo breves períodos de calma. Las erupciones ocurridas fueron: 01 al 07 de julio, presentando emisión de lava hacia el flanco occidental del volcán y lahares menores; 10, 14 y 19 de julio, erupciones de tipo estromboliano, con emisiones de lava hacia el flanco occidental; 26 de julio, presentó una erupción estromboliana vigorosa, con alta tasa de emisión de lava al oeste. En cada erupción, los registros sísmicos mostraron al comienzo una predominancia de eventos de tipo LP y posteriormente, temblor energético, para finalizar nuevamente con sismos de tipo LP. La energía sísmica liberada fue aumentando en cada erupción hasta alcanzar las 1700 unidades RSAM el 26 de julio (MORENO et al., 2009).

– Fase 8

27 julio de 2008 al 02 abril de 2009. El ciclo eruptivo bajó en actividad durante este período, se caracterizó por explosiones menores y esporádicas de cenizas diluidas. Presentó débiles emisiones de gases a través de los cráteres del cono piroclástico anidado. Hasta septiembre, los niveles de energía liberada se mantuvieron bajo las 50 unidades RSAM, aunque se registró temblor bandeado y sismos de tipo LP y baja amplitud, situación que se mantuvo hasta el 02 de abril de 2009 (MORENO et al., 2009).

En cuanto a manifestaciones visibles, se produjeron dos pequeños flujos de detritos los cuales descendieron por el flanco W a través de un canal en el hielo el 11 de diciembre y dos emisiones débiles de ceniza se produjeron el 22 de diciembre. En enero del 2009 las dos cámaras de monitoreo de SERNAGEOMIN capturaron 37 explosiones freatomagmáticas en alrededor de 14 horas. Por otro lado, la pluma de gases y piroclastos provenientes del cono intracráter alcanzó unos 100 m de altura antes de cesar su actividad (SALAS, 2014).

– Fase 9

03-06 abril de 2009. Corresponde a la segunda fase estromboliana vigorosa desarrollada durante el ciclo. Se produjo una columna color gris oscura de 7.000 m de altura y con una extensión de más de 100 km hacia el SE y E. La efusión de lava formó tres lóbulos de lavas aa hacia el flanco occidental y otro al noreste generando un lahar (MORENO et al., 2009). El 3 de abril, se reportó incandescencia en el cráter principal, además se produjeron explosiones estrombolianas débiles en el cono N dentro del cráter. Ese día ocurrieron explosiones estrombolianas rítmicas en dos de los conos de piroclastos anidados en el cráter principal. Se eyectó tefra incandescente a más de 700 m de altura sobre el cráter. ONEMI reportó que un flujo de lava viajó 1 km en dirección al río Calbuco y ceniza fina cayó sobre el lago Conguillío. SERNAGEOMIN constató que la actividad estromboliana continuó

durante el día 5 de abril con emisión de ceniza, generación de un lahar que bajó hacia el NNE por el río Captrén, y un flujo de lava que bajó por el flanco oeste. El 6 de abril se observaron continuas explosiones desde Melipeuco (17 km. al SSE). Nuevamente bajaron lahares por el río Captrén, y hubo fuerte caída de ceniza y lapilli en el Parque Nacional Conguillío (SALAS, 2014).

– Fase 10

07 abril al 12 junio de 2009. Caracterizada por un descenso en la actividad eruptiva y sísmica. La actividad que se presentó durante este período fueron explosiones débiles y esporádicas de cenizas, especialmente sobre el flanco oriental, con escasos flujos piroclásticos menores. La sismicidad se caracterizó por la presencia de un débil temblor de fondo y sismos de tipo LP de 20 a 25 sismos por hora (MORENO et al., 2009).

El 7 de abril la columna alcanzó 1 km sobre el cráter y se dispersó en dirección NE. Además se observaron dos flujos de lava descender por el flanco oeste, alcanzando 4,5 km. de largo, y lahares por el río Calbuco. El 8 de abril ONEMI reportó que los flujos de lava alcanzaron 12,5 km de longitud (ONEMI, 2009a). En el flanco NE un flujo de lava originado en la base del cono de piroclastos causó lahares que descendieron al valle del río Captrén. El 29 de mayo una fisura de 500 m de largo en la parte superior del flanco Este comenzó a emitir densas nubes de vapor. El 1 de junio la energía aumentó, y a las 11:20 hr comenzó una poderosa erupción freática, la cual duró hasta las 12:00 hr. Durante los primeros días de junio se reportó un área de 2 km² en el flanco E con elevada temperatura, varias áreas pequeñas emitían gas, y un pequeño cono se formó a 800 m. de profundidad en el cráter. Se observó una fisura de 300 m. de largo a 200 m. del cráter principal, la cual emitió ceniza y vapor, y presentó incandescencia. Se detectaron fumarolas débiles en el cráter principal, así como continuaban activos pequeños afloramientos de lava en el flanco SW. Desde el 12 de junio en adelante no hubo evidencia de erupción lateral o en la cima, sin embargo el mal tiempo no permitía observar de manera clara el volcán (SALAS, 2014).

Tabla 12. Características de las erupciones del ciclo 2007-2009.

IEV	FECHA	DURACIÓN	ENERGÍA (J)	DR	ESTILO ERUPTIVO
1	2007-05-31	2 h	6.6E+7	40	C
1	2007-06-14	14 h	6.8E+8	50	C
3	2008-01-01	15 h	1.4E+10	250	E
1	2008-01-25	60 h	2.4E+8	17	C
0	2008-02-01	12 d	1.0E+10	50	H
1	2008-07-01	7 d	1.9E+9	35	H+E
1	2008-07-10	19 h	3.7E+8	50	E+H
1	2008-07-14	12 h	3.0E+8	75	E+H
1	2008-07-19	11 h	2.5E+8	60	E
1	2008-07-26	17 h	2.5E+8	75	E
2	2009-04-03	4 d	2.2E+10	90	E

Nota: IEV es índice de explosividad volcánica. Duración es en horas (h) y días (d). Energía total en Joules. DR es desplazamiento reducido promedio en cm². Estilo eruptivo: emisión de ceniza (C), actividad estromboliana (E), y actividad hawaiana (H). Erupciones más energéticas en gris. Fuente: modificado de FRANCO et al. (2015).

PELIGROS VOLCANICOS CICLO ERUPTIVO 2007-2009 VOLCAN LLAIMA

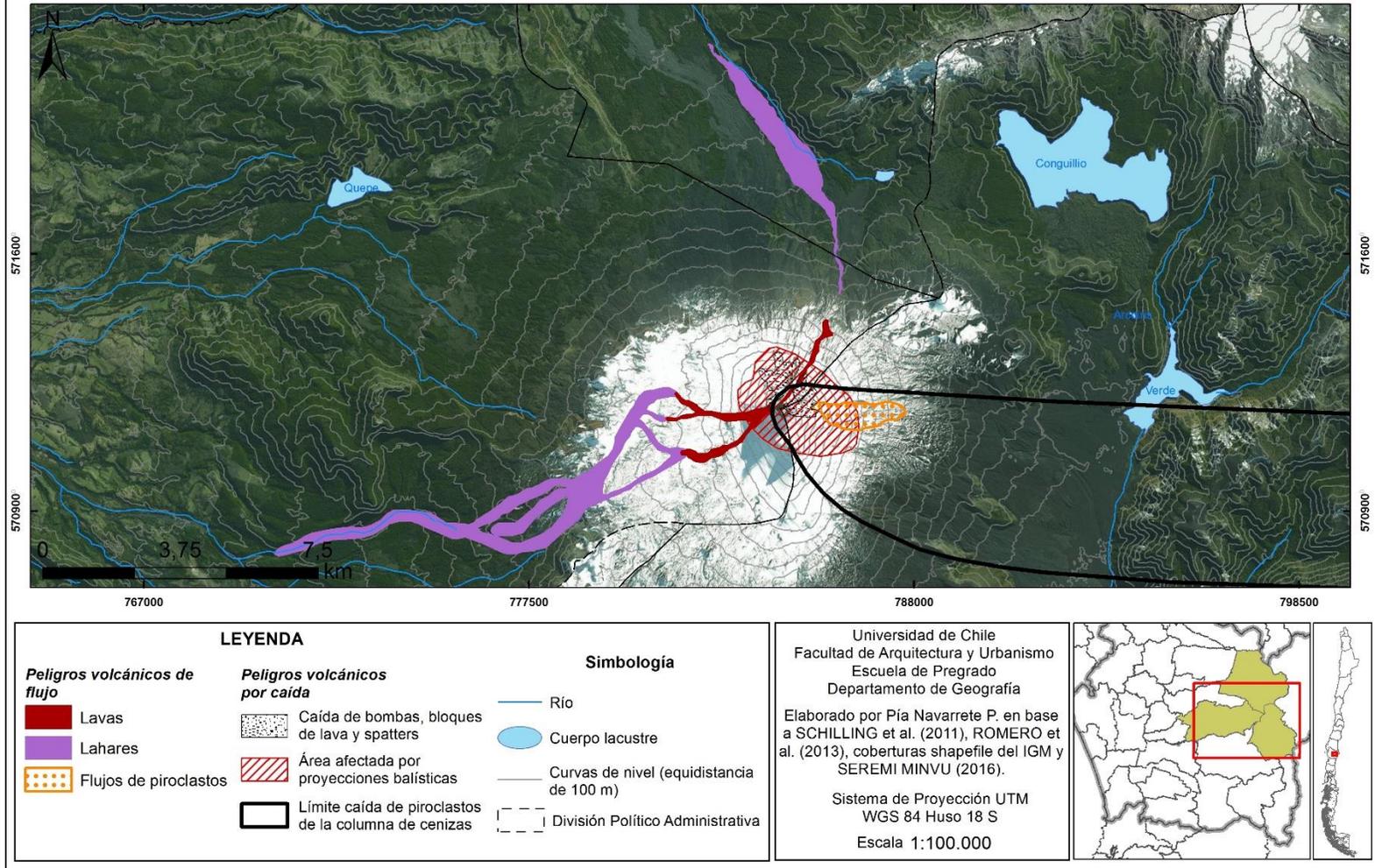


Figura 26. Cartografía de peligros volcánicos generados durante el ciclo eruptivo 2007-2009. Fuente: elaboración propia a partir de SCHILLING et al. (2013) y ROMERO et al. (2013).

– *Efectos*

Lava: en este ciclo, la emisión de lava se centró al S del cráter principal, con una tasa de efusión de ~ 20-30 m³/s, en dirección del cauce del río Calbuco, no reportándose daños (DELGADO et al., 2015).

Evolución de la estructura del cráter principal: ROMERO et al. (2013) relatan la evolución que sufrió el cráter principal del Volcán Llaima durante este ciclo eruptivo, que le confiere el estado actual del volcán, en el que se encuentra obstruido el cráter principal (Figura 27). Según sus descripciones, en 2006, el cráter presentaba un diámetro de 300 m y una profundidad de más de 250 m con paredes profundas dando origen a un conducto abierto. El 24 de diciembre del 2007 la morfología del cráter exhibió abundantes grietas y deslizamientos de tierra producto del incremento de la sismicidad y su inestabilidad. En esta ocasión, las paredes internas del cráter se expusieron a alteraciones hidrotermales y actividad fumarólica al interior del conducto. Adicionalmente, un depósito reciente de ceniza tapó la nieve del cráter. Con posterioridad a la erupción del 1 de enero, escoria cubrió parcialmente el cráter y tres pequeños conos de salpicaduras se construyeron al interior del cráter principal, con emisión de lava constante. En febrero, escoria relleno el cráter, donde los bordes excedieron ~ 80 m en la base. Los tres conos crecieron en tamaño, alcanzando 70 m de altura, mientras que la actividad fumarólica persistió al interior de estos.

Grietas anuales con desgasificación en la base del cráter principal mostraron descenso de la pluma magmática y la subsecuente subsidencia, permitiendo la generación de un lago de lava en dirección oeste. Un complejo de cráteres nacidos mostró solo dos aperturas en febrero de 2009, de 100 m de altura y diámetros basales de 300 m. Estos continuaron su crecimiento hasta abril del 2009, cuando convergieron en un solo cono de 200 m de diámetro. Finalmente, el magma descendió y se estabilizó en este cono, causando el colapso interno parcial.

Lahares: Durante los eventos del 01 de enero del 2008 y el 03 de abril de 2009, se produjo derretimiento glacial inmediato, lo que desencadenó en dos lahares, uno sobre los ríos Captrén y otro por el río Calbuco, y tres pequeños en abril de 2009. Detritos mezclados con cenizas y bloques de hielos fueron transportados por estos lahares, alcanzando 10-80 ton. Cerca de la abertura principal, se derritieron numerosos metros de glaciares, producto de lo cual, en la base del flanco oeste del Llaima se produjo una zanja de 10 m por la erosión derivada del derretimiento glacial. Sin embargo, estos flujos laháricos no fueron extensos, quizás porque afectaron el flanco oeste del volcán, el cual es menos habitado (ROMERO et al., 2013).

La generación de lahares es un peligro latente cuando el volcán entra en actividad, y esto se observa en los extensos depósitos laháricos antiguos reconocidos en el pie occidental del volcán (MORENO & NARANJO, 2003), relevando que pueden alcanzar magnitudes mayores. Esta situación se ve acrecentada debido a la generación de lahares *flash*, lo que acorta los tiempos de respuesta de la población ante una erupción volcánica. Esta situación empeora si existen malas condiciones climáticas (NARANJO et al., 2009).

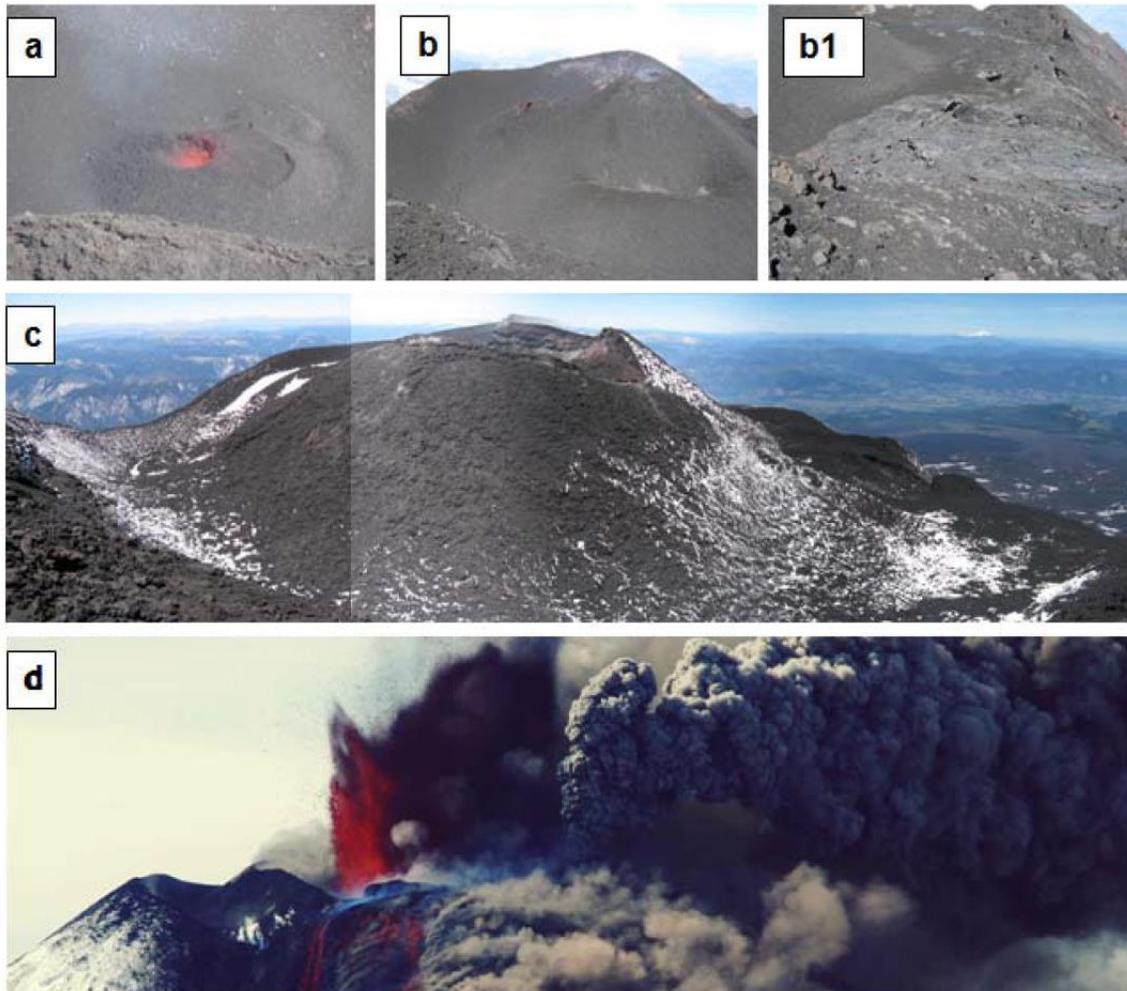


Figura 27. Evolución del cráter principal. a) Escoria y cono por salpicadura el 16 de enero de 2008. b) Vista del sureste de los cráteres formados el 27 de febrero de 2008. b1 muestra los bordes anulares y los flujos de lavas respectivos. c) Vista panorámica desde el norte del cráter principal en febrero de 2009. d) Vista general del conducto principal y el nuevo cráter formado a partir de los conos por salpicadura anteriores en abril de 2009. Fuente: ROMERO et al. (2013).

5.2 Patrones de Vulnerabilidad en las comunidades aledañas al volcán

5.2.1 Dimensiones de la vulnerabilidad social en el área de estudio

De acuerdo al análisis factorial, se redujo a siete los factores que explican los niveles relativos de vulnerabilidad social, tanto para el año 1992 como 2002. Para efectos de esta investigación, se utilizó la Matriz de Componentes Rotados para identificar las variables dominantes sobre cada factor, debido a que *“la rotación factorial busca la solución más sencilla e interpretable a través de hacer girar los ejes de las coordenadas que representan los factores, hasta llegar a la máxima aproximación con respecto a las variables en que están saturados”* (IBARRA, 2001: 280). En la Tabla 13 se muestran los factores y la carga factorial de la variable dominante. MORA (s/f) explica que mientras más cercano sea a 1, mayor es el peso que tiene esa variable en el factor en cuestión, por lo tanto, como la carga representa la correlación entre la variable y el factor, una carga de 0.3 explica el 10%, mientras que una de 0.5 explica el 25% de la varianza que se le atribuye a ese factor.

Tabla 13. Dimensiones de Vulnerabilidad Social 1992 y 2002.

AÑO	NOMBRE	% VARIANZA EXPLICADA	VARIABLE DOMINANTE	CORRELACIÓN
1992	Nivel educacional	34,64	Ed. Básica	0,89
	Población adulto mayor	15,31	Población 65 o más	0,9
	Movilidad	10	Vehículo no motorizado	0,83
	Desempleo	7,66	Desempleo población joven	0,91
	Acceso a servicios higiénicos	6,33	No tiene WC	0,75
	Condiciones de materialidad de la vivienda	5,82	Fonolita	0,89
	Tipo de vivienda	3,67	Pieza en casa antigua o conventillo	0,61
2002	Movilidad	34,1	Vehículo no motorizado	0,86
	Acceso a servicios básicos	13,62	No tiene cañería	0,9
	Jubilados y pensionados	11,33	Jubilados y/o pensionados	0,85
	Desempleo	7,42	Desempleo población juvenil	0,9
	Tipo de vivienda	7,3	Mejora, mediagua	0,85
	Acceso a servicios higiénicos	4,69	No tiene WC	0,59
	Condiciones de materialidad de la vivienda	4,29	Fonolita	0,92

Fuente: elaboración propia (2016).

5.2.1.1 Justificación factores

Nivel Educativo: está relacionado con la forma en que la población percibe o representa una amenaza (JUAREZ, IÑIGUEZ & SANCHEZ, 2006), en donde la carencia de educación dificulta la reacción que la población puede presentar y su capacidad de recuperación ante una amenaza determinada (HEINZ CENTER FOR SCIENCE, ECONOMICS, AND THE ENVIRONMENT, en CUTTER et al., 2003). En este sentido, menor nivel formativo supone mayor vulnerabilidad a los efectos de las amenazas naturales (RUIZ & GRIMALT, 2012).

Población adulta mayor: este rango de población constituye el grupo de población con mayores dificultades debido a que presenta problemas de movilidad por una mayor proporción de discapacitados, siendo altamente vulnerables (RUIZ & GRIMALT, 2012). En este sentido, este grupo está asociado a problemas como pérdida de energía, movilidad limitada y percepción sensorial disminuida (DIPECHO, s/f).

Movilidad: puede ser vista desde dos puntos de vista: de aquellos que poseen vehículos como de perturbaciones en el sistema de transportes. Si existe una obstrucción en el sistema de transporte o sistema vial, aquellas personas que no poseen algún mecanismo de transporte personal, se ven afectadas e imposibilitadas de poder movilizarse a otro lugar (COOLEY et al., 2012; NUTTERS, 2012). Adicionalmente, la falta de tenencia de un vehículo, puede incrementar los niveles de vulnerabilidad para evacuar a lugares fuera de peligro (NUTTERS, 2012).

Incluso, el hecho de poseer un vehículo (en este caso motorizado) disponible para utilizarlo en una inminente evacuación implica tener dinero para combustible y tenerlo en condiciones óptimas (TIERNEY, 2009). Por otro lado, si bien el transporte es importante tanto en los procesos de mitigación y recuperación, en tiempos de desastre, un auto se convierte en otro elemento susceptible a estar expuesto a daño (DWYER et al., 2004), así como causante de daño por atropellos o accidentes durante la evacuación.

En el caso de este factor, se evalúa tanto la tenencia de vehículos no motorizados como la ausencia de vehículos motorizados en la vivienda (auto, camioneta, furgón), debido a que en sectores rurales, la bicicleta se vuelve un mecanismo de transporte importante para realizar trayectos por la falta de ingresos para obtener un vehículo motorizado. En este sentido, el poseer un vehículo no motorizado (bicicleta) no habla de mejores condiciones de “resiliencia”, sino de una connotación de falta de recursos para poder mejorar las condiciones en caso de tener que evacuar, y una familia sea numerosa, por ejemplo, o se deba recorrer grandes distancias para salir de los sectores de inminente peligro, no sitúa a este medio de transporte como el óptimo o diseñado para la tarea.

Desempleo: las capacidades para encontrar empleo y estabilidad de éste son aspectos que intervienen en la vulnerabilidad de la población (CUTTER et al., 2003), debido a que la falta de recursos de los grupos no es suficiente para satisfacer sus necesidades básicas (RAMIREZ, 2013). Adicionalmente, la vulnerabilidad económica posee una relación indirecta entre los ingresos (en sus diferentes escalas) y el impacto de los fenómenos físicos extremos, cuya relación se expresa en que la pobreza aumenta el riesgo, y consecuentemente, la magnitud del desastre.

Elevados niveles de cesantía son directamente proporcionales con altos niveles de vulnerabilidad en situaciones de crisis y desastres (BURTON, 2010, ADGER, 1999, ROSHTI, 2010 en FATEMI et al, 2016). Aquellos desempleados y aquellos que viven cerca de la línea de pobreza no pueden proveer a sus familias de ingresos y si su condición persiste, pueden incrementar su nivel de pobreza (ARDALAN et al, 2010^a, en FATEMI et al, 2016).

Acceso a servicios básicos: CUTTER et al. (2003) señalan que la pérdida de servicios básicos (como alcantarillado, puentes, agua, comunicaciones y transporte) puede causar pérdidas potenciales durante la ocurrencia de un desastre. La pérdida de infraestructura puede significar una alta carga económica en pequeñas comunidades que no poseen recursos financieros para la reconstrucción.

Condiciones de materialidad de la vivienda: la calidad de una vivienda es una componente importante de la vulnerabilidad (CUTTER et al. 2003), sin embargo, poseerá distintos significados y niveles según el tipo de amenaza y magnitud de ésta. Consecuentemente, el tipo de suelo o paredes no atañe directamente a este tipo de amenaza, la situación difiere con el tipo de techo de la vivienda, el cual se torna relevante en el caso de caída masiva de cenizas.

En este sentido, la materialidad de los componentes de la vivienda, otorga condiciones diferenciales de vulnerabilidad, por ejemplo, los techos de fonolita (plancha de cartón acanalado recubierto de alquitrán color negro), son considerados un indicador de carencias en infraestructura habitacional (MINVU, 1995) debido a que se utilizaban para construir viviendas precarias.

Tipo de vivienda: CUTTER et al. (2003) sostienen que la calidad y tenencia de una vivienda es un componente importante de la vulnerabilidad. Por lo tanto, el valor, la calidad y la densidad residencial afecta potenciales pérdidas y capacidad de recuperación (HEINZ CENTER FOR CIENCE, ECONOMICS, AND THE ENVIRONMENT, CUTTER, MITCHELL Y SCOTT, 2000, BOLIN & STANFORD, 1991, en CUTTER et al., 2003). En el caso particular de Chile, en la aplicación de la encuesta CASEN, se consideran viviendas precarias aquellas que poseen piso de tierra, sean departamento con piso de tierra, mediagua, vivir en una pieza al interior de la vivienda, chozas, rancho o ruca (a pesar que éste último está relacionado a los modos de vida tradicionales de ciertas culturas), piezas en una casa antigua, sobre todo aquellas que no cumplan con las normas actuales frente a distintos riesgos, por ejemplo, resistencia sísmica (MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL, 2016^a, 2016^b; MINVU, 2004).

Jubilados y pensionados: si bien las pensiones son instrumentos de ahorro durante la vida laboral de una persona, teóricamente contribuyen a contener la disminución de ingreso en la vejez (SEDESOL MEXICO, 2013), sin embargo constituye el principal ingreso durante la vejez, las cuales suelen ser bastante bajas. Por lo tanto, la mayoría de los pensionados son frágiles y completamente dependientes de ayudas externas para sobrevivir en caso de escenarios extremos (DUTTON, 2013).

Acceso a servicios higiénicos: Se considera como factor de vulnerabilidad el poseer saneamiento deficitario, es decir, no tener agua por cañería dentro de la vivienda o si el sistema de eliminación de excretas es letrina sanitaria, cajón, pozo negro o no posee servicio higiénico (WC), si el agua proviene de río o vertiente, y si no se dispone de un sistema de distribución de agua (MUÑOZ, 2008).

5.2.2 Expresión espacial de la vulnerabilidad social

– Factores año 1992

El factor *nivel educacional* es el factor dominante en explicar los niveles de vulnerabilidad para el año 1992, con un 34,64% de la varianza explicada. Casi la totalidad de los distritos muestran valores entre 50% y 60% de la población con enseñanza básica como su último nivel cursado, siendo los valores más bajos de vulnerabilidad las áreas urbanas, específicamente en los distritos de Vilcún (centro urbano), Pidenco, Estación y Municipalidad en Curacautín, que por ser áreas urbanas, tienen mayor acceso a instituciones educacionales. En el caso del centro urbano de Vilcún, se encuentra a una hora aproximadamente de Temuco, por lo tanto, posee aun mayor acceso a este tipo de servicios. En cuanto a los valores medios, abarcan más de la mitad de la comuna de Vilcún (sectores rurales y con baja conectividad vial) y Melipeuco (incluyendo su centro urbano), y los distritos de Tolguaca y Hueñivales en Curacautín. Finalmente, los mayores valores de vulnerabilidad se encuentran en Niágara, presentando un 65% de la población que cursó solo la enseñanza básica.

El segundo factor que explica la vulnerabilidad es la *población adulto mayor* que habita en la zona. Esto se debe a la condición de ruralidad que poseen las comunas, en donde los jóvenes buscando mejores expectativas de vida, se mueven hacia centros urbanos importantes (en este caso Temuco) donde tienen mayor oferta laboral, instituciones de educación y servicios. Los distritos bajo la denominación de baja vulnerabilidad lo integran Niágara, Meto y Tolguaca, en donde el porcentaje de población adulto mayor es de un 25-26% respecto del total. Predominan las categorías “media baja” y “media” tanto en las comunas de Vilcún y Curacautín. En el caso de Melipeuco, es la comuna con mayor valor de vulnerabilidad, donde el distrito que contiene al centro urbano se encuentra en “media alta vulnerabilidad” y Santa María de Llaima en “alta vulnerabilidad” con valores sobre el 30% en población mayor o igual a 65 años.

El tercer factor pertenece a la *movilidad*, donde los valores se encuentran concentrados: aquellos que denotan una “alta y media alta condición de vulnerabilidad” respecto a este factor, se encuentran en el sector poniente de la comuna de Vilcún, debido a la cercanía con Temuco y mayor acceso al transporte público, por lo que justifica en cierta forma la ausencia de vehículos motorizados y no motorizados. Los valores medios se encuentran en los sectores aledaños al Volcán Llaima, donde predomina población de carácter rural, donde existe menor frecuencia de buses que une estos sectores con Temuco (ciudad principal de la región), por lo tanto, se privilegia el uso de la bicicleta como medio de transporte local. Por otro lado, los distritos bajo la categoría “media baja” y “baja” se encuentran concentrados en Curacautín intercalados con distritos de “media” vulnerabilidad.

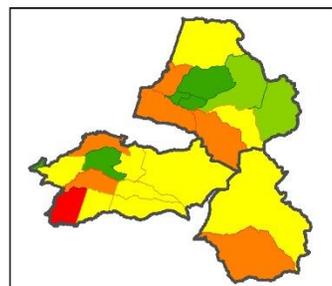
El cuarto factor trata el *desempleo*, enfocado a la desocupación juvenil, Cherquenco se encuentra en la categoría de “alta” vulnerabilidad, ya que cerca del 2% de la población presenta esta condición (cesantía en aquellas personas menores de 25 años, excluyendo aquellas que se encuentran estudiando o trabajando). Melipeuco, Cajón y Municipalidad (en Curacautín) pertenecen a la categoría “media alta”, mientras aquellos distritos cercanos al centro urbano de Vilcún y aquellos al sur del centro urbano de Curacautín presentan “media” vulnerabilidad, dejando a los distritos Meto, Santa María de Llaima y General López en la categoría “media baja”. Finalmente, los distritos Quiltrilpe, Tolguaca y Manzanar pertenecen a la categoría de “baja” vulnerabilidad.

Respecto al quinto factor, *acceso a servicios higiénicos*, corresponde al quinto factor, no presenta un patrón espacial definido, sino la mezcla de valores extremos tanto en la comuna de Vilcún como Curacautín, mientras que en Melipeuco predomina el nivel de “media” vulnerabilidad, dado que, entre otros, no existe una empresa que otorgue servicios de agua potable, sino una cooperativa que abastece de servicios de agua potable y alcantarillado a la planta urbana, a diferencia de Curacautín y Vilcún, donde opera Aguas Araucanía en los centros urbanos.

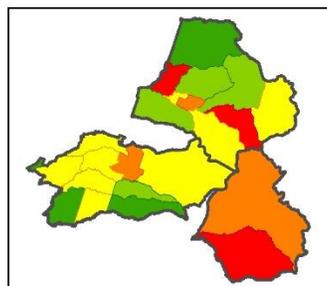
El sexto factor habla sobre las *condiciones de materialidad de la vivienda*, que en este caso la variable dominante es “techo de fonolita”, donde los distritos bajo la categoría de “alta” vulnerabilidad son Meto, Rarirruca y Malacahuello. Los distritos de Melipeuco, Santa María de Llaima, Tolguaca, General López y San Patricio se encuentran en la categoría de “media alta”, mientras que Santa Julia y Pídeno poseen “baja” vulnerabilidad respecto de este factor. El resto de los distritos se distribuyen entre las categorías “media” y “media baja”.

Finalmente, el último factor que explica la vulnerabilidad en el área de estudio para el año 1992 es el *tipo de vivienda* con un 3,54% de la varianza explicada, dominando la variable “pieza en casa antigua o conventillo”. En su distribución espacial predominan los valores de vulnerabilidad “media”, mientras que los valores extremos se presentan en Cajón y Tolguaca en las categorías de “alta” vulnerabilidad, mientras que los distritos de Meto, Manzanar y Malacahuello presentan “baja” vulnerabilidad. La distribución espacial de cada factor se muestra en la Figura 28.

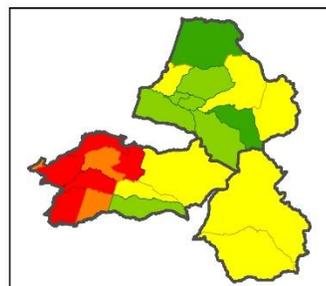
FACTORES DE VULNERABILIDAD AÑO 1992, COMUNAS CURACAUTIN, MELIPEUCO Y VILCUN



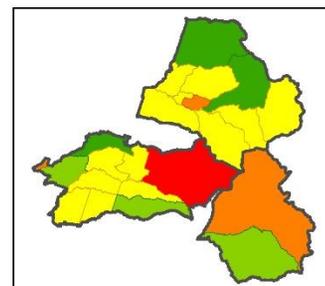
NIVEL EDUCACIONAL



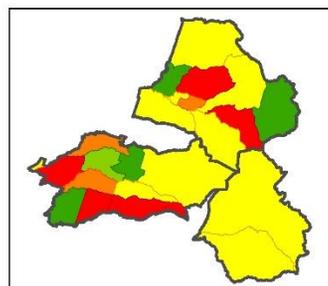
POBL. ADULTO MAYOR



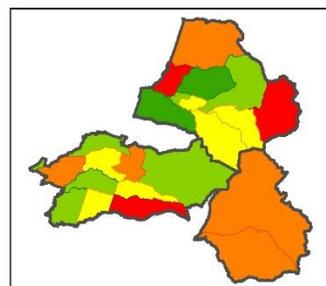
MOVILIDAD



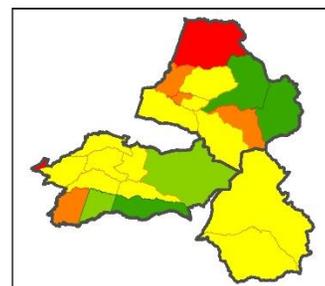
DESEMPLEO



ACC. SERV. HIGIENICOS



COND. ESTRU. VIVIENDA



TIPO DE VIVIENDA

Leyenda

Clasificación vulnerabilidad

- Alta
- Media Alta
- Media
- Media Baja
- Baja

Simbología

- División Comunal
- División Distrital

0 15 30 60
km

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Departamento de Geografía

Elaborado por Pía Navarrete P
en base a coberturas shapefile
BCN (2012). Procesamiento de
variables INE a través del
software SPSS v.18.

Sistema de Proyección UTM
WGS 84 Huso 18 S

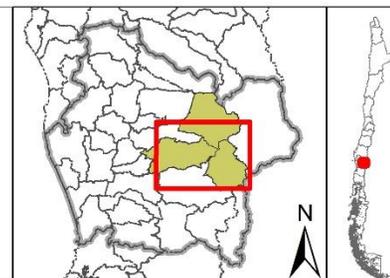


Figura 28. Cartografía factores de vulnerabilidad para el año 1992 en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.

– Factores año 2002

Para el año 2002, el factor que predomina es *movilidad*, con 34,1% de la varianza explicada. Al igual que en el año 1992, presenta valores altos en los centros urbanos de Curacautín y Vilcún, y medios altos los distritos de Cherquenco, Pidenco y Alambrado. En cuanto a los valores medios, las zonas circundantes al área urbana de Vilcún, la comuna de Melipeuco completa y Malacahuello pertenecen a esta categoría, mientras que los valores de “baja” vulnerabilidad se concentran en la comuna de Curacautín en los distritos rurales aledaños al centro cívico.

La distribución del segundo factor – *acceso a servicios básicos* – concentra la categoría “alta” vulnerabilidad en los distritos occidentales de la comuna de Vilcún, distritos donde entre un 28% y 44% de las viviendas no posee cañería, siendo el caso más extremo General López donde 582 viviendas cumplen con esta condición. Santa Julia y Meto se ubican en la categoría “media alta”. Predomina la categoría “media” vulnerabilidad en las tres comunas, mientras que los valores correspondientes a “media baja” y “baja” se observan en los centros urbanos de las tres comunas, además de Manzanar, Cajón y Malalcahuello.

El tercer factor, se explica por los *jubilados y pensionados* en el área de estudio. En este sentido, predominan la categoría “media alta” y “alta” vulnerabilidad, presentando los valores más elevados (entre 9,7% y 10,9% de la población) los distritos de Rarirruca, Captrén y Hueñivales en Curacautín y Santa María de Llaima en Melipeuco. No se presentan distritos en la categoría de “media” vulnerabilidad. En cuanto a los distritos pertenecientes a las categorías de “media baja” y “baja”, se distribuyen en la parte sur de la comuna de Vilcún y el sector norte de la comuna de Curacautín.

Para el cuarto factor, *desempleo*, predominan los valores de “alta” y “media alta” vulnerabilidad, abarcando prácticamente toda la comuna de Curacautín, exceptuando los distritos de Estación y Municipalidad, ambos en la categoría “media” vulnerabilidad. En el caso de Melipeuco, el distrito que alberga al centro urbano se encuentra en la categoría “media alta” vulnerabilidad y Santa María de Llaima en “media baja” vulnerabilidad. Por otro lado, en la comuna de Vilcún predominan los distritos bajo la categoría “media”, exceptuando Cherquenco (media alta), Quintrilpe (media baja) y Prados de Mendoza, único distrito en la categoría de “baja” vulnerabilidad.

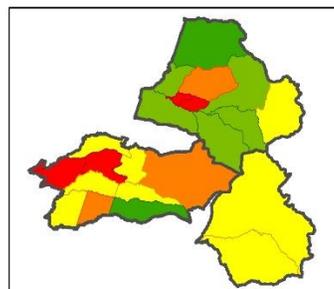
El *tipo de vivienda* constituye el quinto factor, con un 7,3% de la varianza explicada. En este factor predomina la categoría “media” en las tres comunas. En cuanto a los valores de mayor vulnerabilidad, se encuentran en los distritos Prados de Mendoza y Meto, un 6,2 y 5,4% respectivamente las viviendas corresponden a “mediagua”. Pidenco, Malalcahuello y General López pertenecen a la categoría “media alta”, mientras que Quintrilpe y Manzanar a la categoría “media baja”. Los distritos con “baja” vulnerabilidad los constituye Niágara, Santa Julia y Captrén.

Respecto al sexto factor, predomina la categoría “media” en *acceso a servicios higiénicos* para el año 2002, especialmente en la comuna de Vilcún y aproximadamente en la mitad de Curacautín. En la comuna de Melipeuco prevalecen las categorías de menor vulnerabilidad, “baja” en Santa María de Llaima, único distrito en esta categoría, y Melipeuco en “media baja”, en conjunto con Curaco y Pidenco, distritos de las otras comunas.

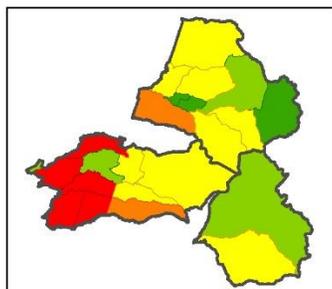
En cuanto a los valores de alta vulnerabilidad, los distritos bajo la categoría “media alta” lo componen Cajón y Estación, mientras que en la categoría “alta” Tolguaca, Hueñivales y Captrén en la comuna de Curacautín, y Prados de Mendoza de Vilcún.

Finalmente, el factor *condiciones de materialidad de la vivienda*, se encuentra dominado por la variable “techo de fonolita”, al igual que para el año 1992. Presenta una concentración de la categoría “alta” en la comuna de Vilcún, abarcando aproximadamente la mitad de la comuna, representando 1,3 a 2,05% de las viviendas en los distritos bajo esta categoría, siendo Captrén con el mayor porcentaje de viviendas con este tipo de techo. Los distritos bajo la categoría “media alta” corresponden a Meto y Municipalidad (Curacautín), mientras aquellos pertenecientes a “media baja” los constituyen Cajón, Niágara, Prados de Mendoza y Santa María de Llaima. Los distritos de Quiltripe y Hueñivales se encuentran en la categoría “baja” vulnerabilidad. Por último, los distritos restantes se encuentran en la categoría “media”, abarcando principalmente la comuna de Curacautín y Melipeuco, además de los distritos Vilcún y San Patricio. La expresión espacial de cada factor se encuentra plasmada en la Figura 29.

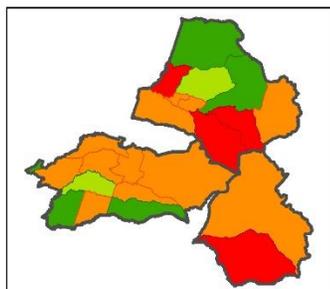
FACTORES DE VULNERABILIDAD AÑO 2002, COMUNAS CURACAUTIN, MELIPEUCO Y VILCUN



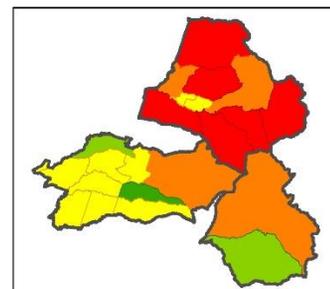
MOVILIDAD



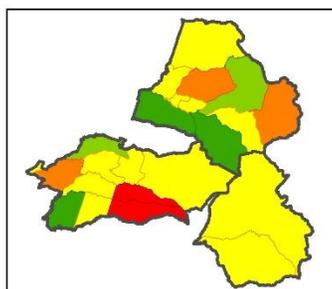
ACC. SERV. BASICOS



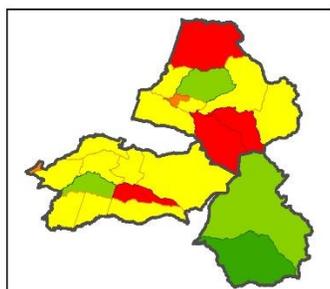
JUB. Y PENSIONADOS



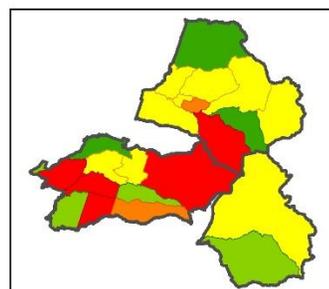
DESEMPLEO



TIPO DE VIVIENDA



ACC. SERV. HIGIENICOS



COND. ESTRUCT. VIVIENDA

Leyenda

Clasificación vulnerabilidad

- Alta
- Media Alta
- Media
- Media Baja
- Baja

Simbología

- División Comunal
- División Distrital

0 15 30 60
km

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Departamento de Geografía

Elaborado por Pía Navarrete P
en base a coberturas shapefile
BCN (2012). Procesamiento de
variables INE a través del
software SPSS v.18.

Sistema de Proyección UTM
WGS 84 Huso 18 S

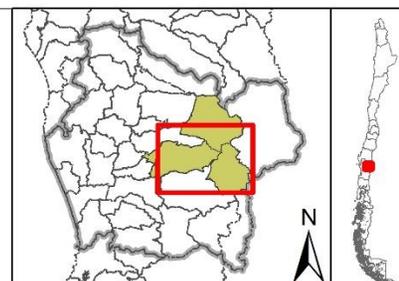


Figura 29. Cartografía factores de vulnerabilidad para el año 2002 en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.

5.2.3 Índice de Vulnerabilidad Social

5.2.3.1 Panorama General

En la Figura 30, se aprecia que en el año 1992, la mitad de la comuna de Curacautín estaba dominada tanto por la categoría “media” y la otra mitad presentaba “media baja” y “baja” vulnerabilidad, concentrándose estas categorías en dicha comuna. Sólo Rarirruca se encontraba en “media alta vulnerabilidad”. En el caso de Melipeuco, el distrito Melipeuco se encuentra en la categoría “media” mientras que Santa María de Llaima en “media alta”. Por otro lado, en la comuna de Vilcún predomina la categoría “media”, exceptuando en los distritos Meto (media baja), San Patricio (media alta) y General López, este último el único distrito perteneciente a la categoría de mayor vulnerabilidad. Contrariamente, para el año 2002, no existen distritos en la categoría “baja” vulnerabilidad. Predomina la categoría “media” en la totalidad de la comuna de Melipeuco, mientras que en Vilcún y Curacautín y “media alta” dominan “media” y “media alta” vulnerabilidad. Sin embargo, Manzanar y Niágara pertenecen a la categoría “media baja”, mientras que General López y Alabrado presentan los niveles más altos de vulnerabilidad para este año.

Los cambios experimentados entre ambos, conllevan a que doce distritos presentaron un aumento en los niveles de vulnerabilidad, a excepción de Rarirruca, Santa María de Llaima, San Patricio y Niágara, distritos que mostraron una disminución de la vulnerabilidad social. Consecuentemente, siete distritos mantuvieron su condición. En la Tabla 14 se diferencian los distritos que aumentaron, disminuyeron o se mantuvieron de categoría para el año 2002 respecto de la situación de 1992.

General López constituye el distrito con mayores niveles de vulnerabilidad, debido a la presentar altos valores de vulnerabilidad en la mayoría de los factores, tanto para 1992 como 2002. En específico, para el año 1992 los factores categorizados como “alta” vulnerabilidad que explican estos niveles son nivel educacional, movilidad y acceso a servicios higiénicos. En cambio, para el año 2002 lo constituyen movilidad, servicios básicos, condiciones de materialidad, mientras que el resto de los factores se sitúan en las categorías “medio” o “medio alto”.

Manzanar se presenta como el distrito con menores niveles de vulnerabilidad, sin embargo, tuvo un incremento entre 1992 y 2002, pasando de “baja” vulnerabilidad a “media baja”. En este distrito predomina en ambos años las categorías “baja”, “media baja” y “media”, sólo exhibe “media alta” vulnerabilidad en el factor desempleo en 2002.

El distrito que mostró una mayor variación fue Alabrado, pasando de media a alta vulnerabilidad en el IVSo. Los niveles de vulnerabilidad para el año 1992 se deben a que en los factores servicios higiénicos presenta “alta” vulnerabilidad, mientras que el resto de factores presenta “media” o “media alta”, exceptuando en tipo de vivienda (media baja). Contrariamente, en el año 2002 los factores que explican su condición se debe a que en servicios básicos y condiciones de materialidad de la vivienda exhibe la categoría de mayor vulnerabilidad. El resto de los factores se encuentra en las categorías “media” o “media alta”.

Tabla 14. Cambios en los niveles de vulnerabilidad entre 1992 y 2002.

COMUNA	DISTRITO	CAMBIO SoV	COMUNA	DISTRITO	CAMBIO SoV
Curacautín	Municipalidad	=	Vilcún	Vilcún	=
	Estación	+		San Patricio	-
	Rarirruca	-		Cherquenco	+
	Tolguaca	=		Quintrilpe	=
	Pidenco	+		General López	=
	Manzanar	+		Curaco	+
	Malalcahuello	+		Prados de Mendoza	+
	Hueñivales	+		Metó	+
	Captrén	+		Alambrado	+
	Santa Julia	+		Cajón	=
	Melipeuco	Melipeuco		=	Niágara
Santa María de Llaima		-			

Fuente: elaboración propia.

5.2.3.2 Sectores aledaños al Volcán Llaima

Enfocando el análisis en los niveles y cambios experimentados por los distritos expuestos directamente a actividad volcánica del Llaima, se describe la situación de Cherquenco (comuna de Vilcún), Captrén (Curacautín) y Melipeuco (comuna homónima).

Cherquenco: en el año 1992, el factor que presentó “alto” nivel de vulnerabilidad fue desempleo, mientras que para el año 2002 fue condiciones de materialidad de la vivienda. El comportamiento del resto de las variables se mantuvo en las categorías medias, sin embargo existe una predominancia de la categoría “media alta” en los factores en el año 2002. Esto se refleja en que para 1992 el IVSo en este distrito pertenezca en la categoría “media”, aumentando a “media alta”.

Captrén: el comportamiento de la vulnerabilidad en este distrito es similar al de Cherquenco, aumentando los niveles entre ambos años. Los valores de mayor vulnerabilidad predominan en los factores obtenidos para el año 2002 (jubilados, desempleo, acceso a servicios higiénicos, condiciones de materialidad de la vivienda), lo que explica que el año 1992 en el IVSo perteneciera a la categoría “media” aumentando a “media alta” en el año 2002.

Melipeuco: de los tres distritos, Melipeuco se mantuvo ambos años en la categoría “media” sin variación. Sin embargo, en 1992 los factores población adulto mayor, desempleo y condiciones de materialidad presentan “media alta” vulnerabilidad, situación similar para el año 2002, donde los factores jubilados y desempleo también pertenecen a esa categoría.

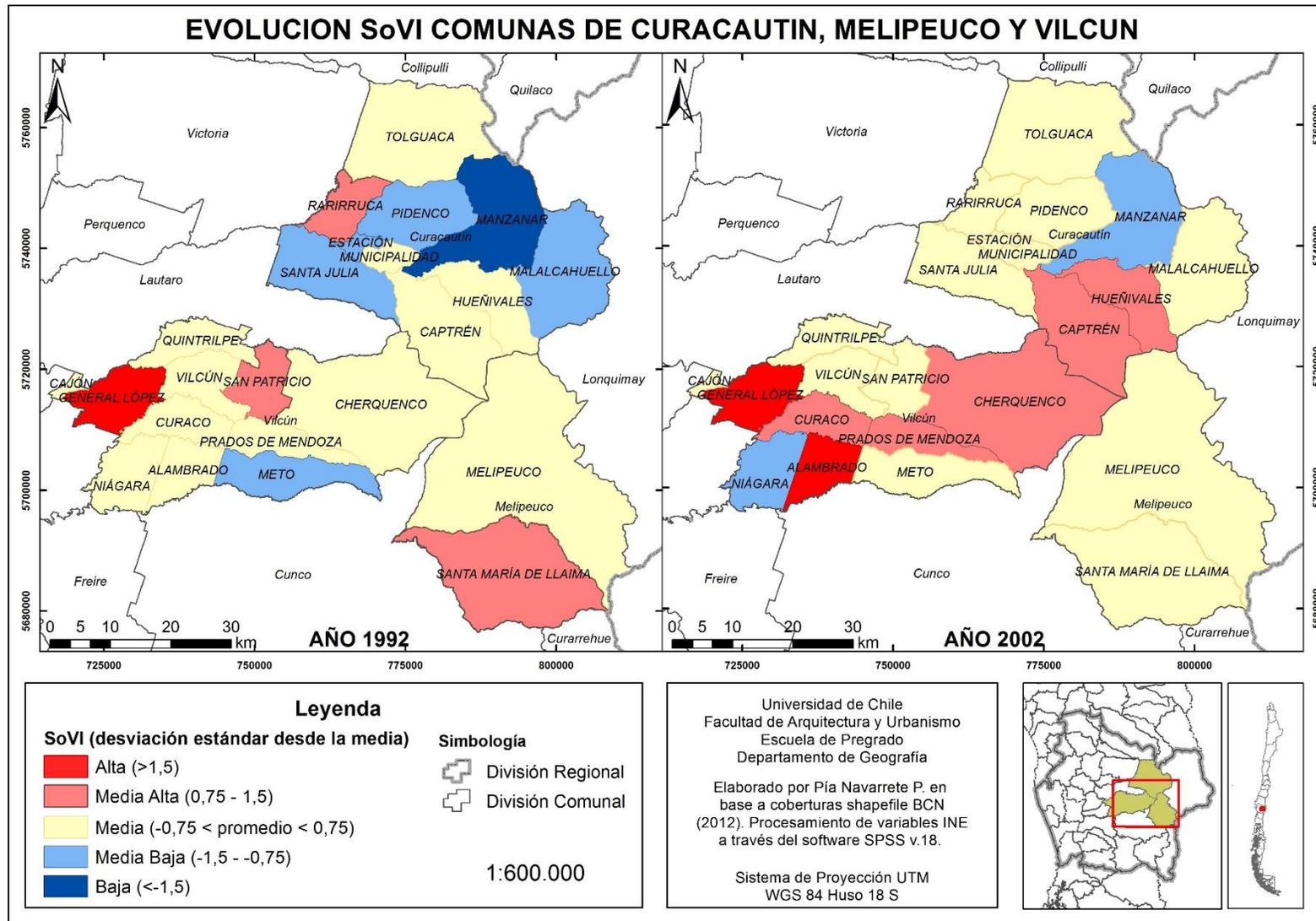


Figura 30. Cartografía evolución Índice de Vulnerabilidad Social en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.

5.3 Exposición al Peligro Volcánico

Considerando la carta de peligro volcánico vigente, existen 632,06 km² de superficie expuesta a alguna categoría de amenaza, lo que corresponde al 15% de la superficie total considerando las tres comunas analizadas. Si bien no es un alto valor, se debe considerar la extensión de las comunas, las que sumadas llegan a un total de 4.184 km². En dicha extensión de terreno, podrían verse damnificados cerca de 7.970 personas considerando todas las localidades aledañas al Volcán Llaima expuestas a alguna categoría de peligrosidad.

De la superficie expuesta total, un 51% corresponde a la categoría más alta, situada en el valle de Captrén en Curacautín, el sector oriental de Cherquenco en Vilcún y El Escorial en Melipeuco. A medida que disminuye la peligrosidad, abarca menores áreas de terreno, como muestra la Figura 31.

A nivel distrital, destaca que Cherquenco posee la mayor cantidad de superficie expuesta, con un 51,15%, predominantemente en la categoría de media peligrosidad (MLI y ML). Le sigue Captrén con un 36,89%, lo que corresponde a 80,79 km² de superficie expuesta, mayoritariamente bajo la categoría de alta peligrosidad (ALI1). Respecto Melipeuco, el distrito homónimo posee un 33,49% de su superficie expuesta, distribuyéndose entre las categorías alta y media peligrosidad (ALI1, MLI Y ML).

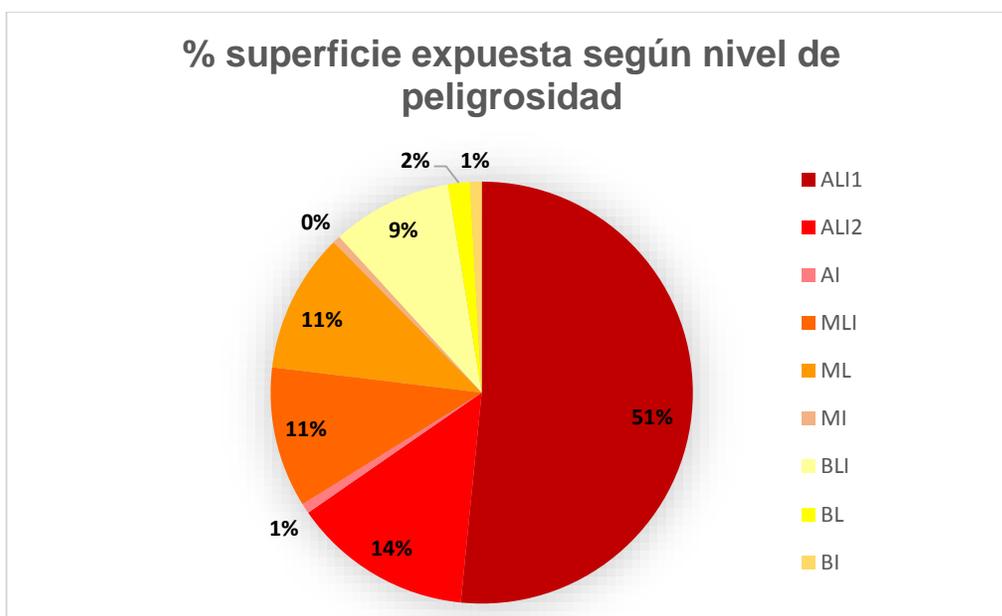


Figura 31. Porcentaje de superficie expuesta según categoría de peligro volcánico. Fuente: elaboración propia.

5.3.1.1 Población

Las comunas de Melipeuco, Curacautín y Vilcún, a través de los últimos censos, han mostrado una variación en la cantidad de habitantes (Tabla 15), sin embargo, no han crecido explosivamente como otras ciudades de Chile. Esto se debe en parte, a su ubicación en la precordillera andina, y ser comunas predominantemente rurales, conlleva una falta de equipamiento y servicios.

En el caso de Curacautín, la población expuesta a esta amenaza constituye aquella ubicada en el llano del río Captrén, llegando incluso a la conjunción con el río Cautín, a 5 km al sur del centro urbano de Curacautín. Esta localidad está situada sobre un área de alto peligro de ser afectada por lavas y/o lahares (ALI1). Para el año 1992 considera la exposición de 547 personas, correspondientes al 3,0% de la población de la comuna, situación que cambia para el 2002, debido a una disminución en la cantidad de población (472 habitantes) que reside en la zona.

En la comuna de Vilcún, la población de Santa María de Quepe, Los Lleuques y Cherquenco, cuyas áreas corresponden a sectores con moderado peligro (MLI) de ser afectadas por lavas y/o lahares originadas en el edificio principal, donde en el año 1992 residían en estos espacios 2.763 personas mientras que San Patricio, con una población de 1.192 personas, localidad considerada rural, se encuentra en una zona de bajo peligro de ser afectada por lavas y/o lahares (BLI). De la población total comunal para dicho año, un 17,6 % podría verse afectada directamente ante una erupción volcánica del Llaima. En comparación al año 2002, en el caso de Cherquenco disminuye la cantidad de población residente en la zona, pasando de un 13,2% en 1992 a un 11,9% de la población expuesta en la misma categoría de amenaza. En cambio, San Patricio experimentó un incremento en la población (1.270 habitantes), sin embargo, mantiene el porcentaje de población expuesta (5,7%) en 2002.

Como se observa en la Figura 32, Melipeuco sería la comuna más afectada, debido a que sus centros poblados se ubican en la zona ALI1, áreas con muy alto peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares debido a que se encausarían en el cauce del río Allipén, comprometiendo el centro urbano y aquellas localidades ubicadas en los márgenes del río, llegando incluso a Cunco. Según los datos entregados por el Censo 1992, 5.313 personas se encontraban expuestas en la categoría más alta de amenaza, considerando tanto la población urbana como rural de la comuna. Por lo demás, esta situación se incrementa en 2002 debido al aumento de población (5.628 personas).

Tabla 15. Exposición de población y viviendas al riesgo volcánico según zonificación de MORENO y NARANJO (2003).

Comuna	Distrito	Categoría Amenaza	1992				2002			
			Pobl.	%	Viv.	%	Pobl.	%	Viv.	%
Curacautín	Captrén	ALI1	547	3,0	190	3,8	472	2,8	243	4,0
Melipeuco	Melipeuco	ALI1	3.152	59,3	855	59,8	3.556	63,2	1.269	63,4
	Santa María de Llaima	ALI1	2.161	40,7	574	40,2	2.072	36,8	733	36,6
Vilcún	San Patricio	BLI	1.192	5,7	321	6,3	1.270	5,7	456	6,6
	Cherquenco*	MLI	2.763	13,2	715	13,9	2.672	11,9	883	12,8

Nota: * En el caso de Cherquenco, el poblado urbano se encuentra en dicha categoría, sin embargo, posee localidades menores que se encuentran situadas en la categoría más alta de amenaza, es decir, en ALI1. Fuente: elaboración propia.

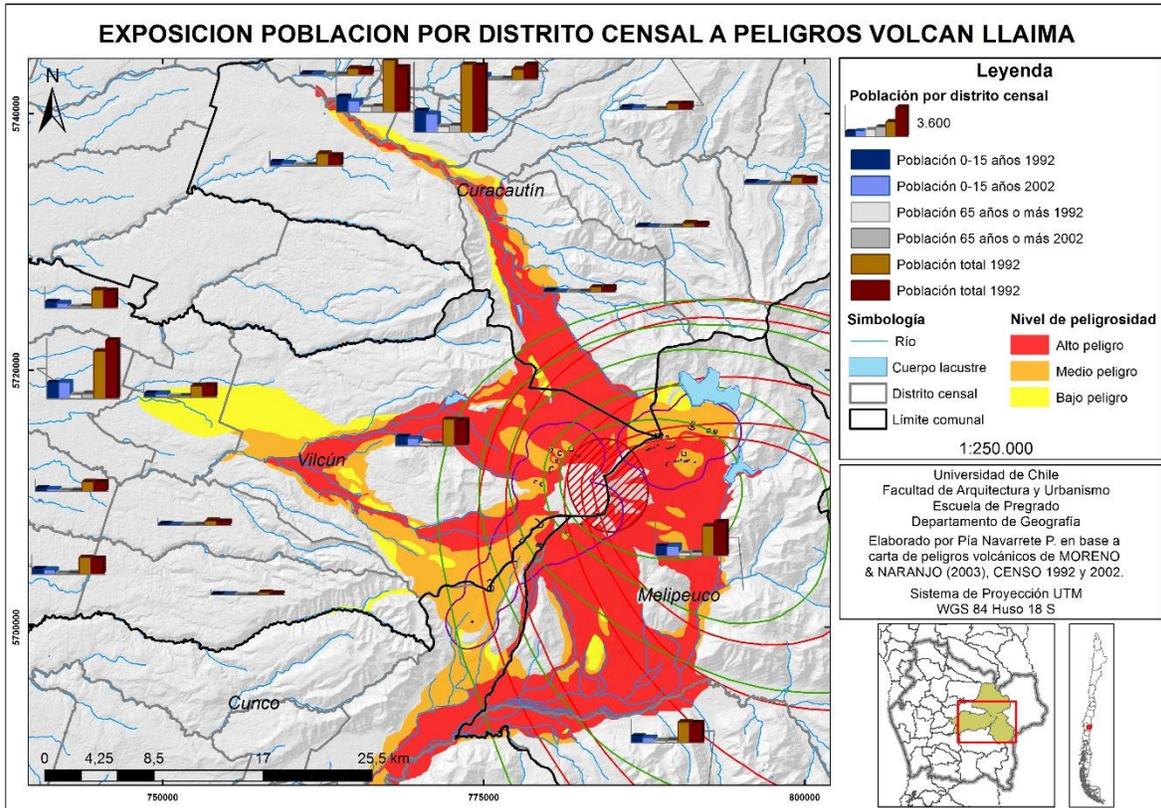


Figura 32. Exposición población a peligros del Volcán Llaima. Nota: la ubicación de los gráficos no representa la ubicación exacta de los poblados bajo análisis. Fuente: elaboración propia a partir de MORENO y NARAJÓ (2003), CENSO (1992, 2002).

5.3.1.2 Infraestructura

– Residencial

Considerando los datos de ambos Censos para el año 1992 existían 2.655 viviendas en zonas de peligro volcánico considerando las tres comunas (Figura 33), de las cuales 1.429 pertenecen a Melipeuco, 190 al sector de Captrén en Curacautín y 1.036 a las localidades de San Patricio y Cherquenco. En cambio, en 2002 los tres sectores presencian un aumento en la cantidad de viviendas expuestas a esta amenaza, 2.001 en Melipeuco, 243 en Captrén y 1.339 en San Patricio y Cherquenco, como lo muestra la Tabla 15. Si bien la comuna que incrementó en términos de población fue Melipeuco, el aumento en la cantidad de viviendas se explica por la subdivisión predial de los terrenos debido a que integrantes familiares comienzan su proceso de independización.

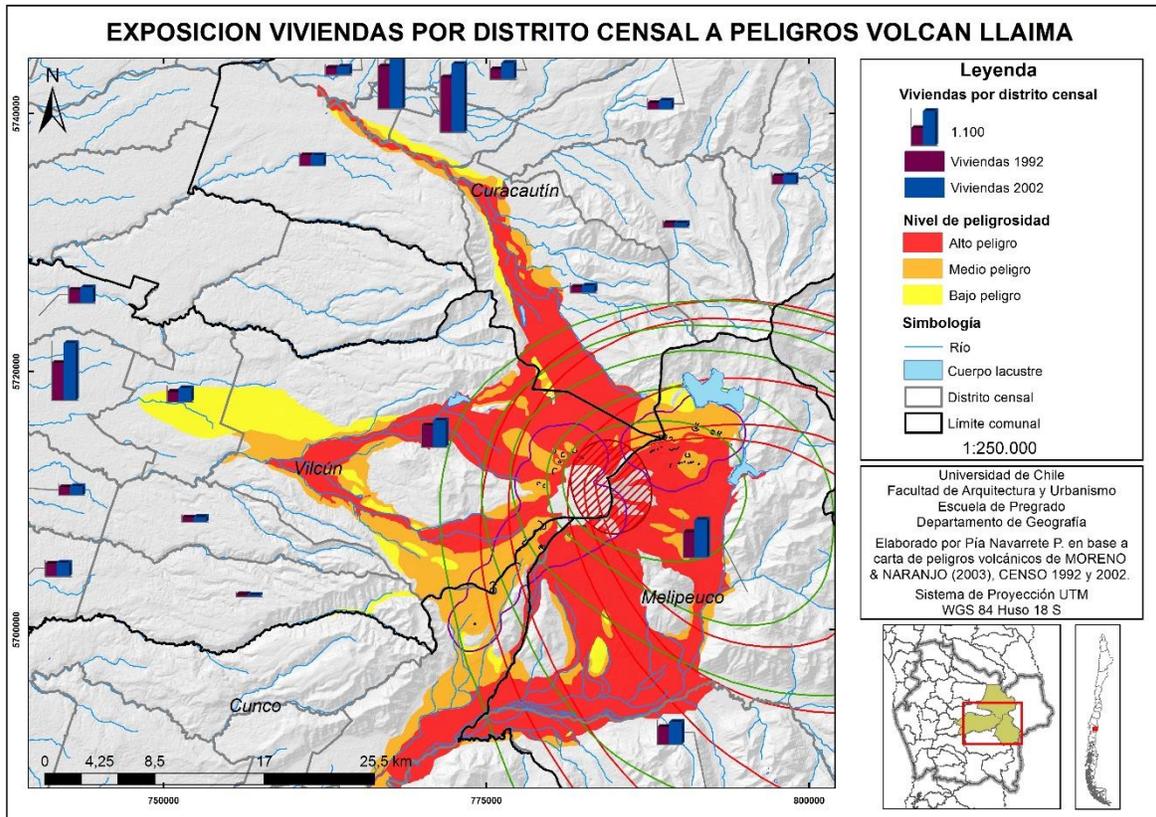


Figura 33. Exposición infraestructura residencial a peligros del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

– *Estratégica / crítica*

Se considera como infraestructura estratégica aquellas instalaciones necesarias para el funcionamiento normal de la sociedad, ya sea servicios básicos como sistemas de producción (BARAJANO, 2011). Este tipo de infraestructura es vital en materia de riesgos, debido que *“la infraestructura crítica reduce la pérdida de vidas y propiedades durante y después de un desastre, y lo que resulta crítico depende de la situación y del peligro natural”* (BANCO MUNDIAL, 2011: 126).

En esta ocasión, se consideraron como infraestructura estratégica instalaciones de carabineros, bomberos, servicios de salud (tanto comunales como del servicio de salud Araucanía Sur), colegios y jardines infantiles. Estos últimos se integraron debido a que en Curacautín y Vilcún se utilizan algunos colegios como albergues en caso de emergencia. La infraestructura de las tres comunas se muestra en la Figura 34.

Melipeuco: En cuanto a las instituciones de seguridad consideradas (Carabineros y Bomberos), éstos se localizan en el centro urbano, por lo tanto, se ubica dentro de la zona de alto peligro. Los establecimientos de salud, lo componen seis postas rurales y un consultorio en la planta urbana, de los cuales un 71,4% de estos establecimientos se ubican en áreas de alto peligro. En cuanto a los establecimientos educacionales, de los 18 presentes en la comuna, 8 se encuentran expuestos lo que equivale al 44,4% del total de establecimientos.

Vilcún: de las instituciones de seguridad, 2 de las 4 que existen a nivel comunal se encuentran en zonas de peligro volcánico, ubicadas en Cherquenco y otra en San Patricio. Esta situación se repite con las instalaciones de bomberos, por lo que también se encuentran en áreas expuestas a peligros volcánicos, quedando fuera de esta área la compañía ubicada en Vilcún. De los establecimientos de salud, de los 11 centros asistenciales ubicados en la comuna, dos postas rurales se ubican en áreas que pueden verse afectadas directamente, una en San Patricio y la otra en Cherquenco, pero la comuna cuenta con un Hospital Público en el centro urbano. Finalmente, de los establecimientos educacionales, de los 38 existentes en la comuna, un 13,2% se encuentra en alguna área de impacto directo, ubicados en las localidades más expuestas de la comuna.

Curacautín: es la comuna con menos infraestructura expuesta, debido a que no existe ningún poblado urbano en la zona de peligro volcánico, por lo que no posee instituciones de seguridad, de salud ni educacional expuestas, debido a que la mayoría se encuentra en la planta urbana de la comuna.

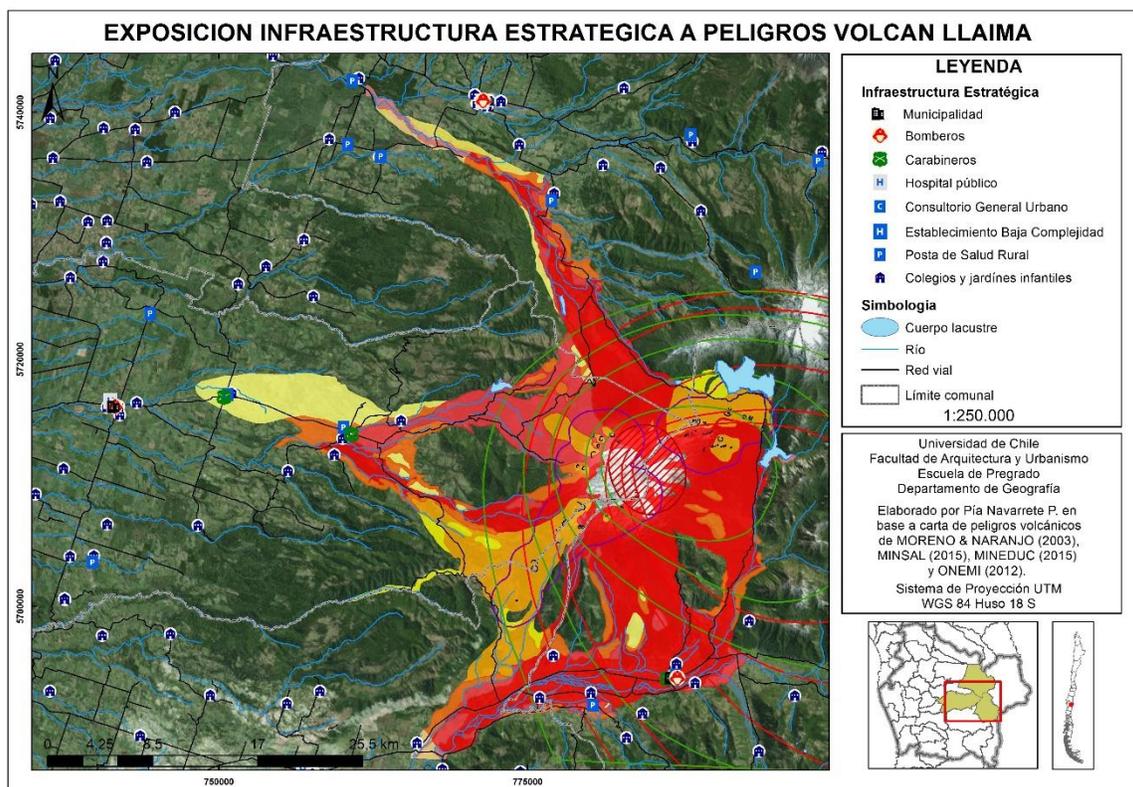


Figura 34. Cartografía Exposición Infraestructura estratégica a peligros del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

– *Sitios de producción*

Según el Catastro de Bosque Nativo existen 12.666,51 hectáreas en áreas de peligro volcánico considerando la zonificación de MORENO y NARANJO (2003), como se observa en la Figura 35. Vilcún presenta mayor superficie en área de peligro, con 8.277,18 has, lo que corresponde a un 11,4% de la superficie comunal utilizada en plantaciones, principalmente en áreas de bajo peligro (3.833,04 has) y moderado peligro (2.797,68 has).

Por otro lado, Melipeuco posee la mayor superficie expuesta a alto peligro volcánico, con 1.235,8 hectáreas (44,3%). Si bien posee menor superficie dedicada a la extracción o agricultura, es la que en proporción posee mayor cantidad de superficie bajo alguna categoría de peligro del total comunal (4.027,98 has).

En el caso de Curacautín, por situarse las áreas de peligro en un valle confinado, es la que menos superficie se afectaría en caso de una erupción según las proporciones de la carta de peligro, a pesar que posee 2.603,11 hectáreas expuestas (más que Melipeuco), en proporción a la superficie comunal alcanzando un 6,5% del total.

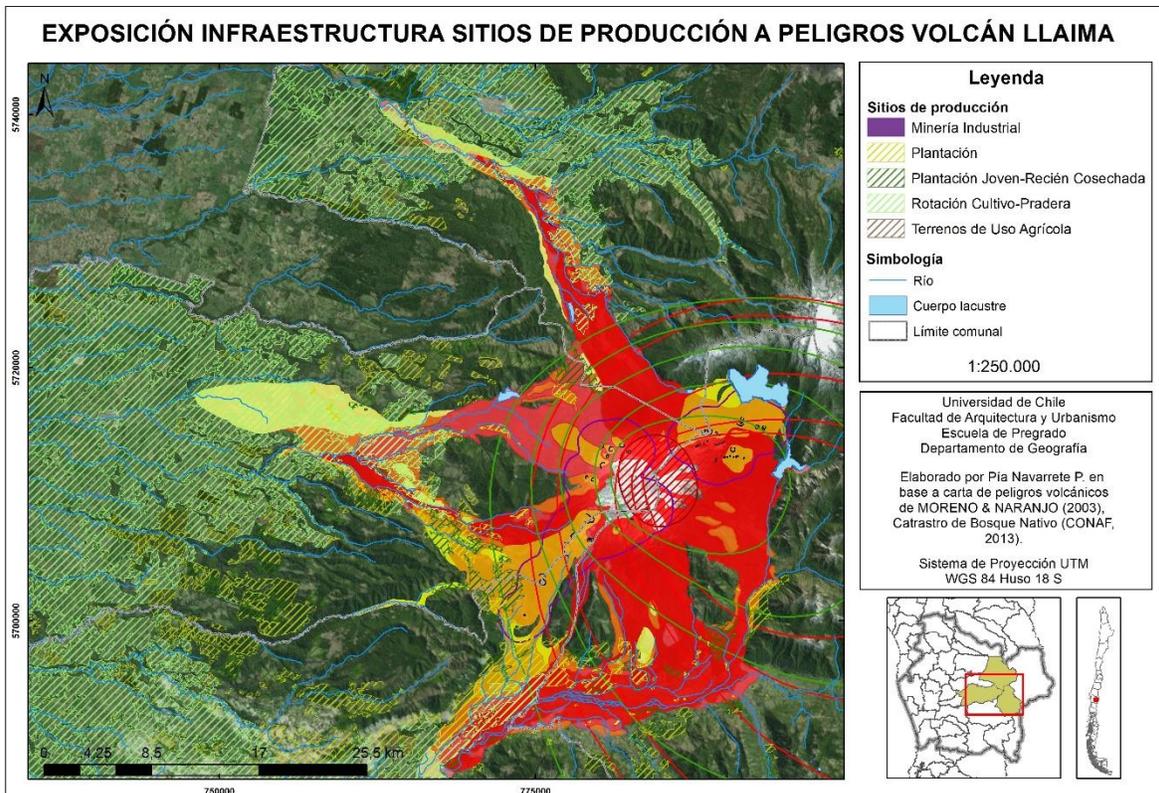


Figura 35. Cartografía Exposición Infraestructura estratégica sitios de producción a peligros del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

5.3.1.3 Sistemas de transporte

En cuanto a la red vial presente en el área de estudio (Figura 36), se encuentran 367,73 km expuestos en zonas de peligro volcánico, de la cual un 58,22% se encuentra en áreas de alto peligro. En el detalle, la comuna de Melipeuco presenta mayor cantidad de vías bajo alguna categoría de peligro, con 149,95 km de longitud, equivalente al 43,8% de la red vial comunal. Por otro lado, Vilcún posee una red más amplia de cobertura vial, con 688,34 km, sin embargo, posee aproximadamente 141,95 km en zonas de peligro (20,6%). Curacautín por su parte, es la comuna con menor cantidad de vías expuestas o construidas en áreas de peligro volcánico, con 75,83 km de red vial expuesta, correspondiente al 10% de los 755,19 km de red vial que posee la comuna.

Finalmente, es pertinente señalar que la red vial expuesta incluye los tres accesos al Parque Nacional Conguillío, los que se encuentran en áreas de alto peligro volcánico, e incluso en erupciones anteriores, como el ciclo eruptivo de 2007-2009, se cortaron tramos de los accesos por el lado de Captrén (DIARIO AUSTRAL DE TEMUCO, 2008).

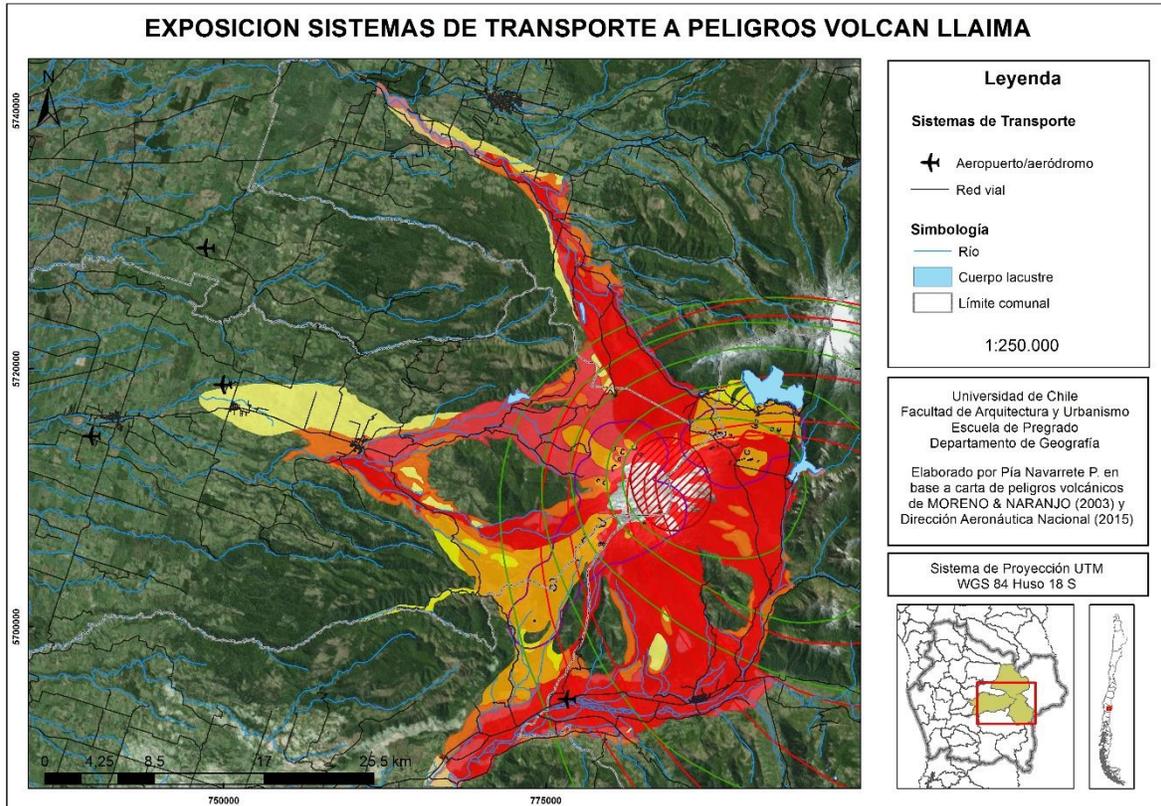


Figura 36. Cartografía Exposición Sistemas de Transporte a peligros del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

5.3.1.4 Servicios urbanos

Dentro de los servicios urbanos, SCAINI et al. (2014) consideran la cobertura de las redes de agua potable y la red de electricidad, especialmente en áreas urbanas. Sin embargo, debido a las características de la zona, se ha optado por incluir en este apartado las comunicaciones, producto de ser una de las deficiencias y uno de los problemas de estas localidades, especialmente para aquellas personas que residen en las cercanías del volcán (Figura 37).

– Red de electricidad

Según datos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles la comuna de Vilcún posee 1.203,94 km de cableado eléctrico, Melipeuco 1.110,01 y Curacautín 675,59 km. De esto, las tres comunas presentan entre un 10 a un 15% del total comunal de la red eléctrica en zonas de peligro volcánico, siendo la menor Vilcún y la mayor Melipeuco.

– *Red de suministro de agua*

En este apartado cabe hacer una distinción. Según la Superintendencia de Servicios Sanitarios los centros urbanos de Vilcún y Curacautín poseen cobertura de agua potable por la empresa Aguas Araucanía, la cual abastece a gran parte de la región. Sin embargo, Melipeuco se abastece mediante la acción de una Cooperativa de Agua Potable, mientras que las localidades más cercanas al volcán se abastecen por APR (Agua Potable Rural) (Tabla 16). Consecuentemente, de las tres APR existentes en Melipeuco, dos se encuentran en zona de alto peligro volcánico, lo que afectaría alrededor de 4.240 personas (datos al año 2014). Sin embargo, en la erupción de 1994 sólo existía la cooperativa de agua potable en Melipeuco. En el caso de Vilcún, existen tres APR en zona de peligro, la ubicada en Santa María de Quepe bajo alto peligro, de Cherquenco en moderado peligro y San Patricio en bajo peligro. Estas APR constituyen el 33,3% de las APR que existen en la comuna, donde la ubicada en San Patricio se encontraba para la erupción de 1994. Finalmente, Curacautín no posee APR en zonas de peligro volcánico, por lo que la población se abastece mediante bombas y/o pozos.

Tabla 16. Exposición abastecimiento de agua potable.

COMUNA	NOMBRE	SERVICIO	AÑO	AMENAZA	BENEFICIARIOS
Melipeuco	Melipeuco	Cooperativa	1978	ALI1	3828
	El Membrillo	Comité	1999	ALI1	412
Vilcún	Cherquenco	Tratamiento de Aguas Servidas	-	MLI	Se desconoce
	Santa María de Quepe	Comité	1996	ALI2	76
	San Patricio	Comité	1982	BLI	1840

Fuente: elaboración propia en base a SSIS (2016)

– *Comunicaciones*

De las tres comunas, Curacautín posee 171 antenas en la actualidad, sin embargo, ninguna instalada en áreas de peligro volcánico, y por lo tanto, expuesta a las erupciones bajo análisis. El problema radica en que pobladores de Captrén se ven dificultados a la hora de lograr comunicarse, ni la telefonía móvil funciona perfectamente, estando completamente aislados. Por otro lado, en Vilcún se han instalado 18 antenas que se encuentran en áreas de peligro, principalmente en zonas de bajo y moderado peligro, equivalente al 15% del total comunal. La situación más dramática la enfrenta Melipeuco, de las 78 antenas instaladas a la fecha, 47 se encuentran en zonas de peligro, 19 en áreas de alto peligro y 27 en áreas de bajo peligro y solo una en área de moderado peligro. Estas 47 antenas corresponden al 60,3% del total comunal, y la situación se vuelve más crítica para los residentes de El Escorial, los cuales poseen los mismos problemas que la población de Captrén.

Considerando la temporalidad de las erupciones, como muestra la Tabla 17, hasta antes de 1994, no existían antenas de ningún tipo en Melipeuco ni en Vilcún, por lo tanto, la conectividad respecto a comunicaciones era escasa. Esta situación cambia con posterioridad a la erupción, donde se incrementa la cantidad de antenas instaladas. Para la erupción de 2007-2009 sucede lo mismo.

Tabla 17. Antenas de telecomunicaciones según categoría de exposición y año de instalación.

COMUNA	NIVEL PELIGROSIDAD	ANTERIOR A 1994	1994-2007	2008-2009	2010-2016	TOTAL EXPUESTAS	TOTAL ANTENAS	%
MELIPEUCO	ALI1	0	8	1	7	16	78	20,5
	ALI2	0	3	0	0	3		3,8
	BLI	0	5	22	0	27		34,6
	ML	0	0	0	1	1		1,3
VILCUN	ALI1	0	3	0	0	3	120	2,5
	BLI	0	4	1	2	7		5,8
	ML	0	1	0	0	1		0,8
	MLI	0	0	1	6	7		5,8
CURACAUTIN	No posee	0	0	0	0	0	171	0,0

Fuente: elaboración propia a partir de SUBTEL (2016).

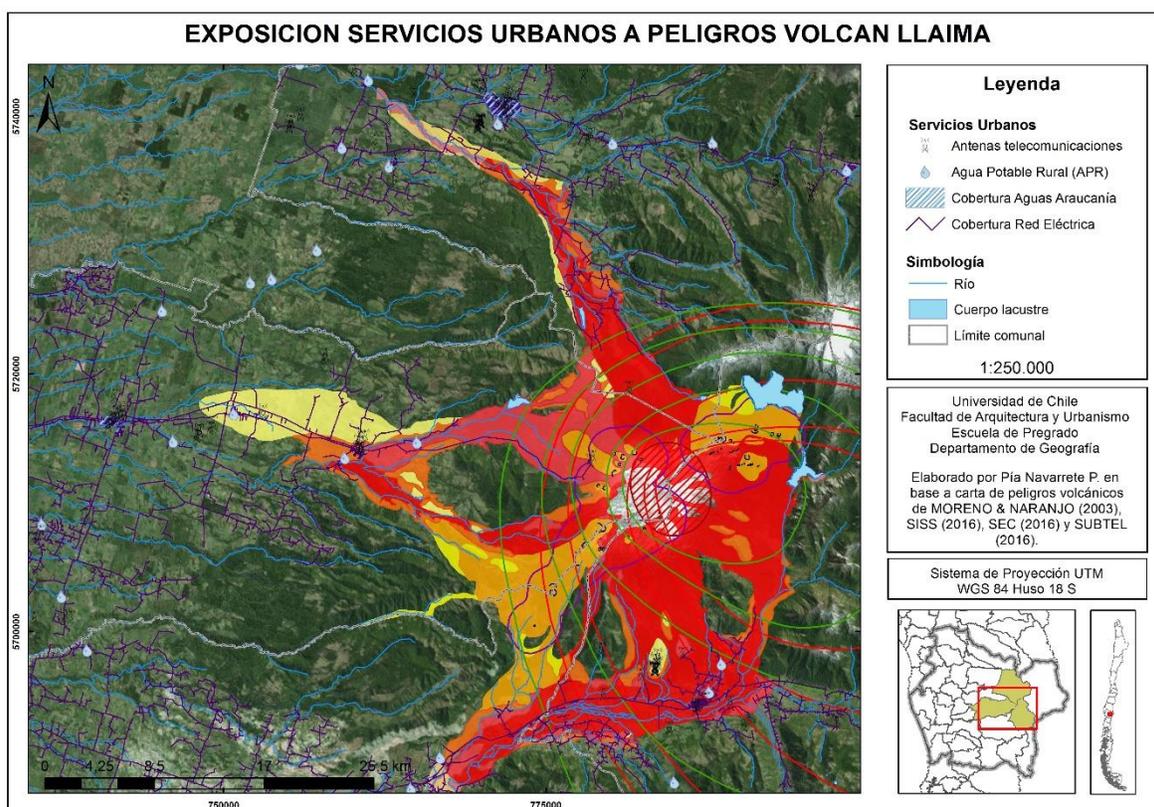


Figura 37. Cartografía Exposición Servicios Urbanos a peligros del Volcán Llaima. Fuente: elaboración propia.

5.4 Articulación de actores ante eventos eruptivos

5.4.1 Marco Normativo

Del cuerpo normativo que compete a la Gestión del Riesgo y a atender los procesos volcánicos, existen leyes, decretos y planes orientados a satisfacer esta necesidad, los que se detallan a continuación:

– *De las instituciones encargadas de la Protección Civil y su coordinación*
Constitución Política de la República de Chile de 1980: dispone que es deber del Estado resguardar la seguridad nacional, dar protección a la población y a la familia, propender al fortalecimiento de ésta, promover la integración armónica de todos los sectores de la Nación y asegurar el derecho de las personas a participar con igualdad de oportunidades en la vida nacional.

Art. 41 El estado de catástrofe, en caso de calamidad pública, lo declarará el Presidente de la República, determinando la zona afectada por la misma. Declarado el estado de catástrofe, las zonas respectivas quedarán bajo la dependencia inmediata del Jefe de la Defensa Nacional que designe el Presidente de la República. Este asumirá la dirección y supervigilancia de su jurisdicción con las atribuciones y deberes que la ley señale.

Art. 42 El estado de emergencia, en caso de grave alteración del orden público o de grave daño para la seguridad de la Nación, lo declarará el Presidente de la República.

Decreto Ley 369 de 1974 Creación de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI): al cual corresponderá durante las situaciones de catástrofes, sismos o calamidades públicas, la coordinación de las actividades de cualquier otro organismo público o privado que tenga relación con la solución de los problemas derivados de estas emergencias.

Decreto Supremo N° 155 de 1977, del Ministerio del Interior aprueba el Plan Nacional de Emergencias (derogado): otorgaba a la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI) el rol de diseñar planes y programas de emergencia, mientras que los gobiernos regionales estaban encargados de la coordinación, y los gobiernos municipales de la ejecución de dichos planes.

Decreto Supremo N° 509 de 1983, del Ministerio del Interior: Establece el reglamento para la aplicación del D.L. N°369, que crea la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior.

Ley N° 19.175 de 1992, Orgánica Constitucional Sobre Gobierno y Administración Regional: Esta ley dispone en su Art. 4°, letra e) y Art. 16, letra f), que será función general del Gobierno Regional, mediante la figura de los intendentes y gobernadores, adoptar las medidas necesarias para enfrentar situaciones de emergencia o catástrofe y desarrollar programas de prevención y protección ante situaciones de emergencia o catástrofe.

Decreto Supremo N° 156 de 2002, del Ministerio del Interior aprueba el Plan Nacional de Protección Civil: Este se establece como un instrumento indicativo para la Gestión del Riesgo en Chile, visto como una realidad dinámica y controlable, que apoya el proceso de desarrollo sostenible mediante el fortalecimiento de las condiciones de seguridad, como factor de mejoramiento de la calidad de vida y para el desarrollo sustentable. Anterior a este decreto, operaba el DS 155 de 1977.

Plan Regional de Protección Civil de la Región de la Araucanía de 2004: instrumento que tiene por objetivo disponer de una planificación multisectorial en materia de Protección Civil de carácter indicativo, destinada al desarrollo de acciones permanentes para la prevención y atención de emergencias y/o desastres en la región, a partir de una visión integral de manejo de riesgos.

Ley N° 18.695 de 2006, Orgánica Constitucional de Municipalidades: Las municipalidades son corporaciones autónomas de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas. En materia de riesgos, se designa como función la prevención de riesgos y la prestación de auxilio en situaciones de emergencia o catástrofes, y el apoyo y el fomento de medidas de prevención en materia de seguridad ciudadana y colaborar en su implementación.

Resolución exenta N° 1.115 de 2007, de la Oficina Nacional de Emergencia: crea las direcciones regionales u OREMIS.

Resolución Exenta N° 2.415 de 2013, de la Oficina Nacional de Emergencia determina la dependencia, organización y funciones de las Direcciones Regionales de ONEMI: las Direcciones Regionales de Protección Civil y Emergencia (DRPC) son organizaciones eminentemente técnicas de asesoría y de nivel superior, las cuales se colocan a disposición de la autoridad regional (Intendente) para una eficiente coordinación y gestión en materias relacionadas con la Protección Civil. Deberá contar con un Centro de Alerta Temprana (CAT), con funcionamiento 24/7 conforme a los protocolos de funcionamiento definidos por la Dirección Nacional de ONEMI.

Decreto Supremo N° 38 de 2011, determina la constitución del Comité de Operaciones de emergencia (COE): Se indica mediante esta ley que deberá constituirse un Comité Nacional de Operaciones de Emergencia, cuando se registren emergencias, desastres o catástrofes que provoquen daños de consideración en las personas y/o bienes, que afecten a todo o parte del territorio nacional, entendiéndose por tal cuando se vean involucradas dos más regiones del país, o bien, en el caso que afectándose a una o más comunas de una misma región, el Ministro del Interior resuelva que el siniestro provoca un alto impacto en la población, atendida la magnitud del mismo. Ante la ocurrencia de un desastre o catástrofe de carácter regional, y no obstante que se disponga la constitución del "Comité Nacional", según lo indicado precedentemente, se constituirá un Comité Regional de Operaciones de Emergencia, el que será presidido por el Intendente Regional respectivo.

Política Nacional de Gestión del Riesgo de 2014, Oficina Nacional de Emergencias: instrumento indicativo, constituye un marco guía que permita desarrollar una gestión integral del riesgo y de los desastres donde se articulen la política general con las políticas transversales y las políticas sectoriales, y en donde se lleven a cabo las acciones de prevención, respuesta y recuperación ante desastres, dentro del marco del desarrollo sustentable.

– *De los estados de emergencias*

Ley 18.262 de 1965, disposiciones permanentes en caso de sismos o catástrofes: promulgada por el Ministerio de Hacienda, a raíz del terremoto de 1965, en donde se fijan las disposiciones para que en caso de producirse en el país sismos o catástrofes que provoquen daños de consideración en las personas o en los bienes, el Presidente de la República decreta, mediante decreto supremo fundado, una zona afectada por catástrofe. Los sectores declarados como zona de catástrofe, las medidas especiales pueden ser aplicadas por un lapso de doce meses contados desde la fecha del sismo o catástrofe, plazo que podrá ser extendido hasta por igual período. Asimismo, previene que el Ministerio del Interior tendrá a su cargo la planificación y coordinación de las actividades que establece esa ley y la atención de aquel tipo de evento. El Decreto 104 de 1977 modifica esta ley, agregando la conformación de los Comité Operacionales de Emergencia.

Decreto 104 de 1977, disposiciones permanentes para casos de sismos o catástrofes: las Municipalidades, en caso de sismo o catástrofe, podrán solicitar la modificación de sus presupuestos, en relación a los gastos que éstos demanden. Adicionalmente, el Fisco, con cargo a los fondos que para casos de calamidades públicas otorga el N° 10 del artículo 72° de la Constitución Política del Estado o a los recursos que le otorgue la ley, podrá efectuar aportes extraordinarios a las Municipalidades afectadas.

Además estipula que en cada comuna se constituirá un Comité Comunal de Emergencia, que estará integrado por el Alcalde, el Jefe de la Unidad de Carabineros y el Jefe de la Unidad del Servicio Nacional de Salud de la localidad, sendos representantes de la Cruz Roja y Cuerpo de Bomberos de la comuna y un representante de la Dirección de Asistencia Social, si existiere esta oficina en la comuna. En aquellas comunas en que tengan su asiento el Intendente o el Gobernador, éstos integrarán el referido Comité Comunal. También lo integrará el Oficial de más alta graduación de las Fuerzas Armadas que opere en la comuna.

Ley N° 18.415 de 1985, Orgánica Constitucional sobre Estados de Excepción Constitucional: En una situación de emergencia, donde se ven sobrepasadas las capacidades de las autoridades para proveer el orden y la seguridad pública, se podrá declarar la zona afectada en un estado de Excepción Constitucional, en donde el ejercicio de los derechos y garantías que la Constitución Política de la República de Chile asegura a todas las personas, sólo puede ser afectado en situaciones en que ésta lo autoriza.

– *De la amenaza volcánica*

Decreto Ley 3525 de 1980, Creación del SERNAGEOMIN: organismo descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se relacionará con el Ejecutivo por intermedio del Ministerio de Minería, y cuyo objeto será servir de asesor técnico especializado de dicho Ministerio en materias relacionadas con la geología y minería. Corresponde a Sernageomin realizar estudios de geología básica orientada a fines específicos en relación a recursos minerales y prevención de riesgos naturales. Deberán confeccionar las cartas temáticas que complementan la Cartografía Geológica Regional.

Decreto Supremo 68 de 2009 Establece un Sistema de Coordinación Permanente de Procesos de Monitoreo Sísmico y Volcánico; a fin de fortalecer las capacidades técnicas de observación y monitoreo permanente de la dinámica geológica del país. La coordinación de la red de monitoreo de dichos procesos estará a cargo de la Oficina Nacional de Emergencia y estará compuesto por el Servicio Sismológico Nacional y el Servicio Nacional de Geología y Minería.

Para la adecuada implementación del Sistema referido, el Programa Red de Monitoreo Volcánico incluirá todas aquellas actividades destinadas a disponer del mejor conocimiento científico complementado con el monitoreo instrumental de los volcanes activos de Chile como una herramienta para mitigar el potencial impacto de las erupciones volcánicas y elevar así la calidad de vida de la población; y constituir un sistema coherente de acciones y servicios de información orientados a facilitar la toma de decisiones y asistir en la gestión de emergencias.

5.4.1.1 Cambios en la normativa competente

En la Figura 38 muestra el marco normativo que aplica en caso de erupción volcánica y sus modificaciones considerando los períodos en que se produjeron las erupciones bajo análisis. El cuerpo legal competente ha sufrido modificaciones, las que se han producido principalmente por otros desastres ocurridos en el país (terremotos fundamentalmente), donde se ha intentado dar una mejor solución a cómo enfrentar las emergencias. Sin embargo, estos cambios se han materializado después que ya se han producido catástrofes y no antes.

ONEMI cambia el Plan Nacional de Emergencia de 1977 por el Plan Nacional de Protección Civil en el año 2002, lo actualiza pasando desde una mirada reactiva de las emergencias donde la atención está centrada en el desastre mismo, a llegar a considerar el riesgo como una realidad dinámica y controlable (MUÑOZ, 2011).

La ley Orgánica de Municipalidades, promulgada en el año 1988 y materializada junto con sus modificaciones en 1992, es la primera vez en la historia donde los municipios se consideran como corporaciones de derecho público autónomas y propenden a la descentralización de funciones del poder central (SUBDERE, s/f), razón por la cual se modificó nuevamente en 2006.

Se modifica la organización de los COE en el DS 38 de 2011 donde se agrega la conformación de un COE nacional en caso que una emergencia, desastre o catástrofe provoque daños de consideración en las personas y/o bienes afectando todo o gran parte del territorio nacional o afecta una o más comunas de una misma región, provocando un alto impacto en la población. La publicación de este decreto se produce posterior al terremoto del Maule en el año 2010, donde afectó a la zona centro-sur del país. Viene a complementar lo dispuesto en Decreto 104 de 1977.

Si bien no compete en el ámbito legal, la creación del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur en 1996 es el primer paso en el monitoreo instrumental de esta amenaza, el cual se refuerza en el año 2009 con la implementación del Sistema de Coordinación de monitoreo sísmico y volcánico.

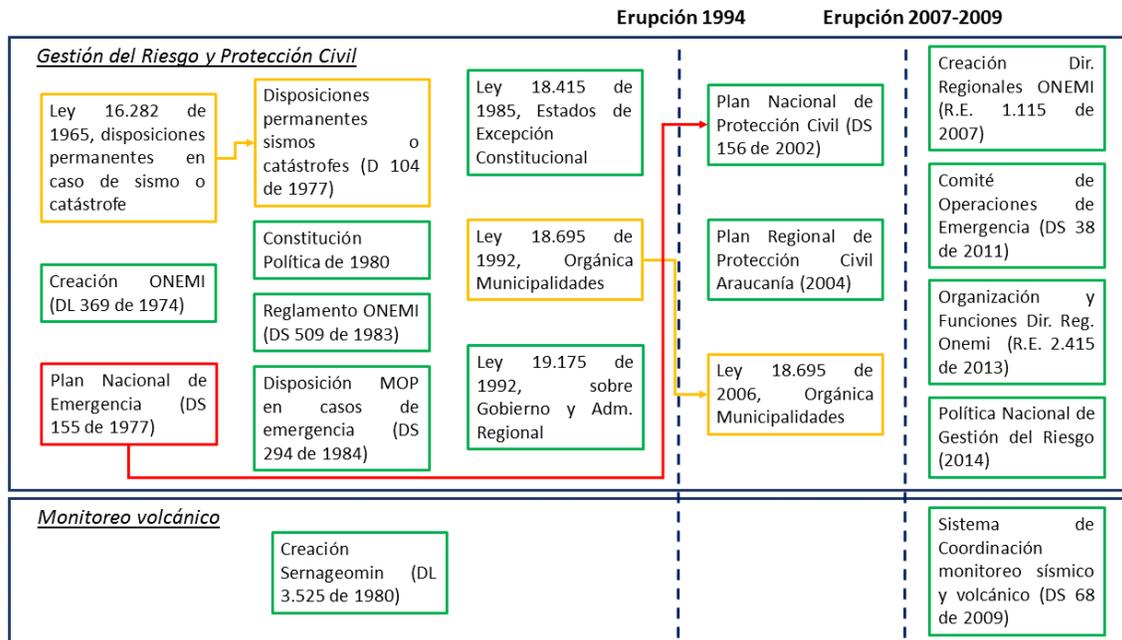


Figura 38. Marco normativo. Recuadros en verde normas vigentes al día de hoy, en amarillo normas con su respectiva modificación, en rojo normas derogadas. Fuente: elaboración propia.

5.4.1.2 Planes que involucran la gestión de estos eventos

Dentro de los planes donde se estipulan los pasos a seguir y cómo será la coordinación entre las distintas instituciones, ello lo establecía el Plan Nacional de Emergencias, que operaba entre 1977 y 2002, el cual era de carácter normativo y con una clara influencia militar, mientras que el Plan Nacional de Protección Civil, promulgado desde 2002 hasta la actualidad, es de carácter indicativo y tiene por objetivo promover una gestión integral del riesgo.

– Plan Nacional de Emergencias 1977

En la descripción del plan, se señala que nace a partir del terremoto de 1965, por un proceso gradual de perfeccionamiento del Sistema de Protección Civil que operaba en ese momento, aspirando a *“una efectiva participación de toda la nación para asegurar la no interrupción de nuestros planes de desarrollo y mejorar la capacidad de respuesta para recuperar la normalidad en el plazo más breve, si ella es alterada”* (ONEMI, 1977: 2). Se apoya en el D.L N°369 de creación de la Onemi, y establece la forma general de actuar, sin embargo no establece los procedimientos para ejecutar esas acciones.

En el plan se establece que, producida una catástrofe, se dictará un Decreto Supremo de Zona de Catástrofe o Estado Preventivo de Catástrofe en las comunas afectadas. Adicionalmente, se establecía que cada entidad o Servicio debía contribuir desde el primer momento, con su especialidad y medios, a contrarrestar los efectos de la catástrofe, integrándose con las FF.AA. y Carabineros e Investigaciones en un esfuerzo masivo.

Este plan se divide en dos fases (Figura 39): Fase uno (preparación), contempla a) Planificación y preparación, b) Organización para afrontar catástrofes; Fase dos (ejecución) considera c) Operaciones de Emergencia, d) Restablecimiento de Servicios vitales y rehabilitación de emergencia, y e) reconstrucción, a cargo de la Oficina de Planificación Nacional (ODEPLAN) y ministerios.

En cuanto al mando durante una emergencia, lo ejercerá el Ministerio del Interior (ONEMI), pero si la Zona de Catástrofe abarca más de una región, quedaba al mando del Oficial Superior o General de las FF.AA. designado, actuando en representación del Ministro del Interior, mientras que si la catástrofe no excede los límites regionales, el mando lo ejerce el Intendente Regional.



Figura 39. Ciclo de la Catástrofe utilizada en el Plan Nacional de Emergencia de 1977. Fuente: ONEMI (1977).

Este plan responde a la lógica de gobierno que regía al país en esos años, por lo tanto, el mando era ejecutado por representantes de las Fuerzas Armadas. Además, no considera labores preventivas, ya que las etapas I y II estaban orientadas a preparar las condiciones (materiales) para afrontar un futuro desastre (como abastecimiento de insumos de emergencia), no buscando disminuir los niveles de vulnerabilidad existentes en un territorio particular.

– *Plan Nacional de Protección Civil 2002*

Busca “disponer de una planificación multisectorial en materia de Protección Civil, de carácter indicativo, destinada al desarrollo de acciones permanentes para la prevención y atención de emergencias y/o desastres en el país, a partir de una visión integral de manejo de riesgos” (ONEMI, 2002: 8). Se fundamenta en que para lograr un desarrollo sostenible, se debe colocar énfasis en la administración y el manejo de riesgos, constituyéndose como una estrategia efectiva de prevención de desastres. Para esto, conlleva la integración de instancias sectoriales, científico-técnicas, regionales, provinciales, comunales, del voluntariado y de la comunidad organizada.

En la descripción del plan, establece como marco de acción la protección civil, entendida como “la protección a las personas, a sus bienes y ambiente ante una situación de riesgo colectivo, sea éste de origen natural o generado por la actividad humana” (ONEMI, 2002:8).

Para ello, la misión de la Protección Civil contempla acciones de Prevención, Mitigación, Preparación, pilares base para lograr responder de manera eficaz y eficiente ante una emergencia o desastre, cuando no ha podido evitarse (Figura 40).

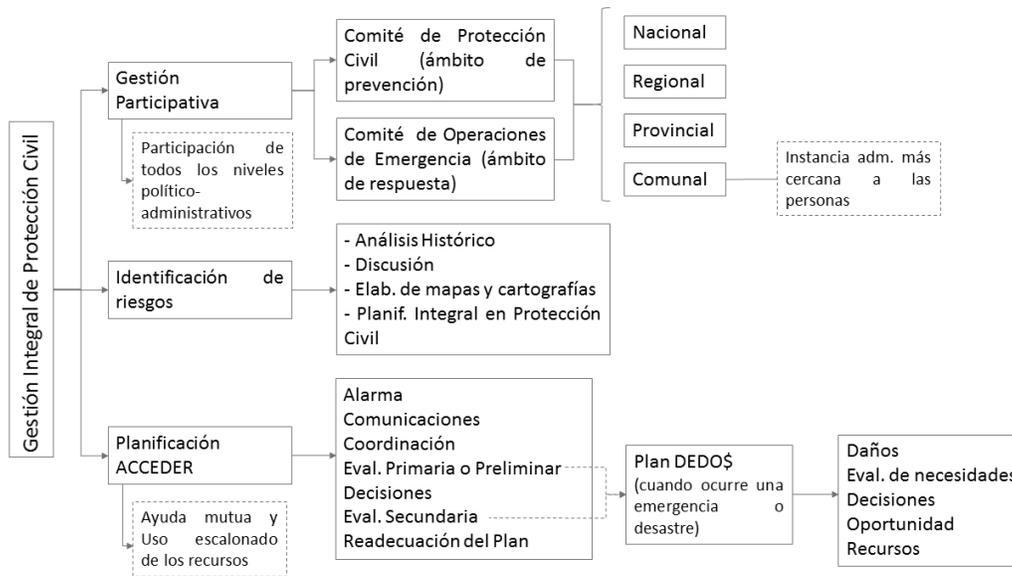


Figura 40. Funcionamiento Plan Nacional de Protección Civil. Fuente: ONEMI (2002).

Para lograr una gestión de emergencias y desastres, establece que la estructura para esta gestión en cada nivel jurisdiccional se configura a través de los comités de protección civil en el ámbito de la prevención y en los comités de operaciones de emergencia en el ámbito de la respuesta ante una emergencia (Figura 41). Esto significa que las organizaciones e instituciones convocadas por el comité de protección civil (recursos para la prevención, mitigación, preparación y cumplimiento de planes y programas que puedan aportar a la gestión de la protección civil; trabajo permanente) o comité de operaciones de emergencia (recursos necesarios de coordinar para la respuesta y la rehabilitación ante la ocurrencia de un evento adverso), mantienen su propia estructura y tienen plena libertad para adecuar su organización y para aportar en la gestión del riesgo en sus diferentes fases.

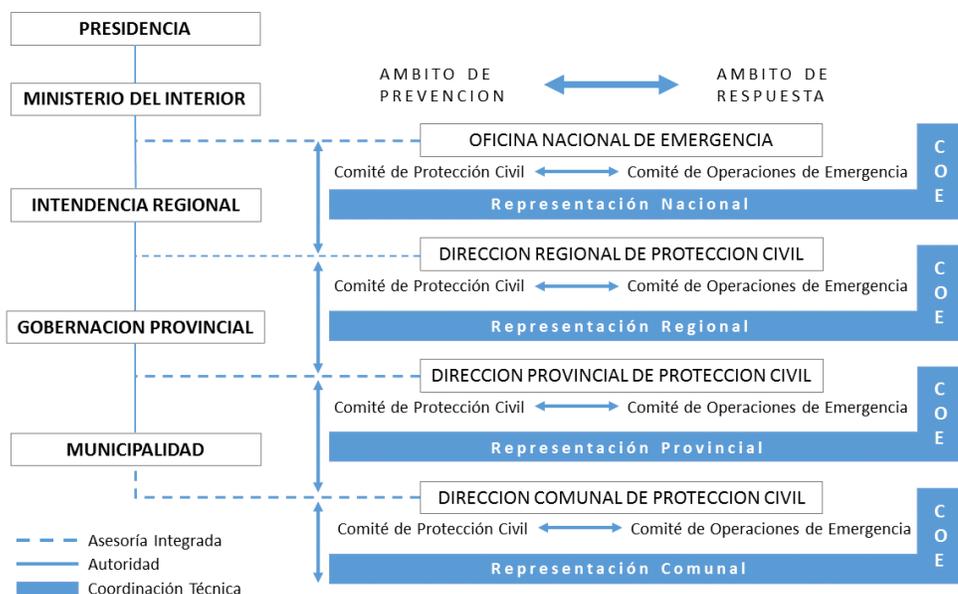


Figura 41. Organigrama Sistema de Protección Civil. Fuente: ONEMI (2014).

– Planes de Contingencia

En el Plan Nacional de Protección Civil se señala la necesidad de contar con un plan de respuesta a nivel local, que permita preparar y establecer la manera de operar ante una emergencia. A través del Plan ACCEDER (Figura 40) determina la estructura para elaborar un plan de respuesta. Sin embargo, esto no significa que todos los planes tengan la solidez que debiesen, e incluso, que no todos se encuentren a disposición de la comunidad.

Parque Nacional Conquillío: Debido a las constantes erupciones del volcán, guardaparques desarrollaron un plan de contingencia en caso de aumento de la actividad volcánica. En caso de evacuación, cuentan con cinco helipistas ubicadas con GPS, además se tiene considerado diferentes escenarios de evacuación dependiendo de la actividad volcánica y hacia donde se desarrolle, por lo tanto, se consideró evacuación ya sea vía aérea (helipistas), o terrestre (accesos del parque o sendero a Sierra Nevada), como muestra la Figura 42. En la entrevista con el encargado de protección del parque, señaló que este plan se utilizó en enero de 2008 cuando el volcán presentó aumento en su actividad, y que año a año se va evaluando el plan. En dicha ocasión, reunieron a los turistas en la caseta de administración, se les proporcionaron las indicaciones, y se esperó la orden desde la intendencia para evacuar a las 200 personas que se encontraban al interior del Parque.

Si bien administrativamente el parque no es una entidad político-administrativa válida, guardaparques debieron crear un plan de contingencia para salvaguardar a los turistas que visiten el Parque y a ellos mismos. Respecto del estado del volcán, mantienen informados a los municipios cercanos, ONEMI, CONAF (central Temuco) y SERNAGEOMIN, pero actúan indistintamente de los límites administrativos de la zona. Adicionalmente, en época estival, difunden material visual y charlas como parte del programa de educación ambiental que realizan (Figura 43).



Figura 42. Plan de riesgo volcánico elaborado por Conaf. Fuente: CONAF (2016b).



Figura 43. Mapa zonas de riesgo volcánico elaborado por Conaf. Fuente: CONAF (2016b).

Melipeuco: Creado en el año 2008 y actualizado al año 2015, en su elaboración participó SERNAGEOMIN, ONEMI (Dirección Regional), CONAF, carabineros (Retén Melipeuco), y la Municipalidad de Melipeuco (MUNICIPALIDAD DE MELIPEUCO, 2016). En él se establecen los integrantes del COE, sus datos de contacto, sus funciones, y las acciones que deben desarrollar en caso de emergencia volcánica.

Describe cómo se realizaría la evacuación del área urbana de la comuna en caso que fuese necesario, en la cual se designaron sectores de la planta urbana a diferentes instituciones: sectores rurales ayudan en la evacuación Carabineros, Bomberos y Fuerzas Armadas, mientras que en el centro urbano se incluye el Municipio. Sin embargo, no señala cómo se evacuarían los sectores rurales (puntos de encuentro, albergues), siendo aquellos que se ubican en áreas de mayor peligrosidad en comparación al centro urbano. En la realización del simulacro en el año 2010 por parte de ONEMI, se difundió las vías de evacuación y los puntos de encuentro, tanto para el área rural (Figura 44) como urbana (Figura 45).

Por otro lado, no se integran los planes de contingencia del Parque Conguillío ni de la comuna de Cunco, los cuales pueden modificar las dinámicas de esta comuna. En el caso del Parque, Melipeuco es uno de los puntos hacia donde se evacuaría, mientras que Cunco se posiciona como receptora de los habitantes de Melipeuco en caso de evacuación completa de la comuna. Carece de información relativa a los albergues, vías de evacuación y ubicación de servicios que se colocan a disposición en caso de una emergencia de la comuna de Cunco.

Adicionalmente, el plan señala deficiencias tanto a nivel comunal, regional e incluso nacional respecto a esta materia, que obstaculizan las gestiones y acciones ante una emergencia volcánica.



Figura 44. Infografía vías de evacuación comunales de Melipeuco difundidas por ONEMI. Fuente: ONEMI (2010).

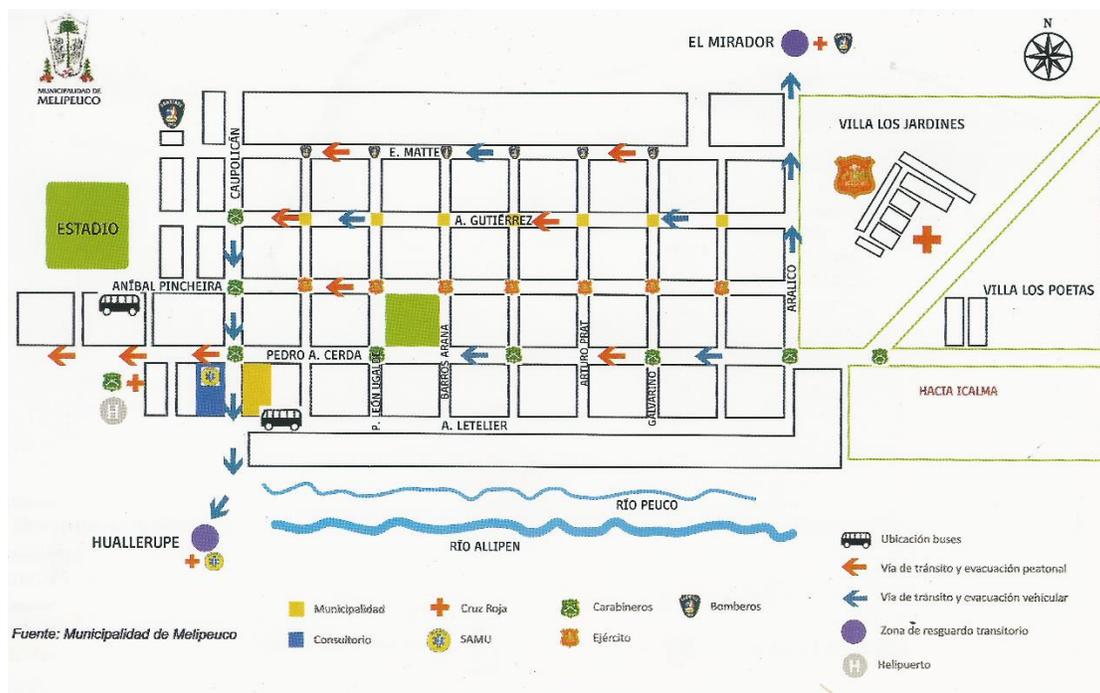


Figura 45. Infografía vías de tránsito hacia albergues en Melipeuco. Fuente: ONEMI (2010).

Vilcún: Existe escasa información sobre la manera de operar de esta comuna, debido a que no posee el plan de contingencia redactado, lo que dificulta su análisis. Por otro lado, en la entrevista con el encargado comunal de emergencias, este alude que independiente de no tener escrito el plan, tiene conocimiento absoluto de éste. En este sentido, señala que en caso de una erupción (o en una emergencia en general), debe preparar a los funcionarios que tiene a disposición, que son funcionarios operativos, excluyendo a los administrativos: principalmente personal del departamento de medio ambiente, aseo y ornato, áreas verdes y dirección de obras. Tienen estipulado un punto de reunión, desde donde se designan labores según las necesidades que se produzcan considerando la magnitud del evento. Además, cuentan con *turnos de llamado*, personal permanente en cuadrillas, los cuales están encargados de emergencias constantes que se desarrollan en la comuna, como inundaciones.

Del material difundido por ONEMI en 2010, se recabó información sobre los puntos de encuentro de la población de los sectores aledaños al volcán en caso de evacuación, rutas que se observan en las Figura 46 y Figura 47. Ésta se desarrollaría dependiendo de la cantidad de gente a evacuar: en aquellos sectores próximos al volcán como Santa María de Quepe, Bellavista, Los Lleuques, Las Mercedes, La Selva y otras localidades menores, evacuarían hacia Cherquenco, albergando en la Escuela Japón. En caso que sea mayor la actividad volcánica, se evacuaría Cherquenco, sacando a toda la población y trasladándola al centro urbano (Vilcún).



Figura 46. Infografía vías de evacuación sector Lleuque difundidas por ONEMI. Fuente: ONEMI (2010).



Figura 47. Infografía vías de evacuación sector Cherquenco difundidas por ONEMI. Fuente: ONEMI (2010).

Curacautín: Al igual que el plan de contingencia de Melipeuco, señala las funciones de cada institución local que se verían involucrada en caso de una emergencia volcánica. En la entrevista con el encargado comunal, éste sostiene que se elaboró el año 2010. Tampoco

se encuentra disponible a la comunidad, debido a que se encuentra en fase de actualización, y según lo señalado por la encargada de SECPLAC, se encuentran esperando la aprobación de un estudio profundo sobre los riesgos de la región, haciendo alusión al Plan Regional de Ordenamiento Territorial.

Cabe destacar que considera principalmente recursos comunales para atender situaciones de emergencia, a diferencia de Melipeuco, el cual por la cantidad de población comprometida requiere de mayores recursos e infraestructura dependiendo de la ayuda que se libere desde estamentos más centralizados. Detalla los espacios destinados a cumplir la función de albergue, lo constituyen 14 establecimientos educacionales con una capacidad total para 1.975 personas. Sin embargo, no especifica cuáles son los albergues principales.

Si bien el plan detalla la información relativa a los recursos con los que cuenta el municipio en caso de una emergencia volcánica y de los albergues, no detalla los flujos de información con los servicios más centralizados, cómo efectivamente se realizará la evacuación, y no posee un mapa de la zona comprometida con los servicios disponibles en el área (que si bien son escasos, son de referencia para la población) ni de las rutas de evacuación. Dentro del plan no se considera a los privados, a través de empresarios turísticos y de la piscicultura presente en la zona, sobre todo en los últimos años. No señala cómo se avisará a la población (alerta) de los sectores rurales comprometidos, sólo adjunta el mensaje que se transmitirá por la radio local.

Aquellas rutas definidas como idóneas por parte de los organismos públicos para evacuar al sector de Captrén se aprecian en la Figura 48, sin embargo, a nivel comunitario, existe incertidumbre por la ubicación de las rutas de evacuación debido a estar instaladas cercanas al cauce del río Captrén.

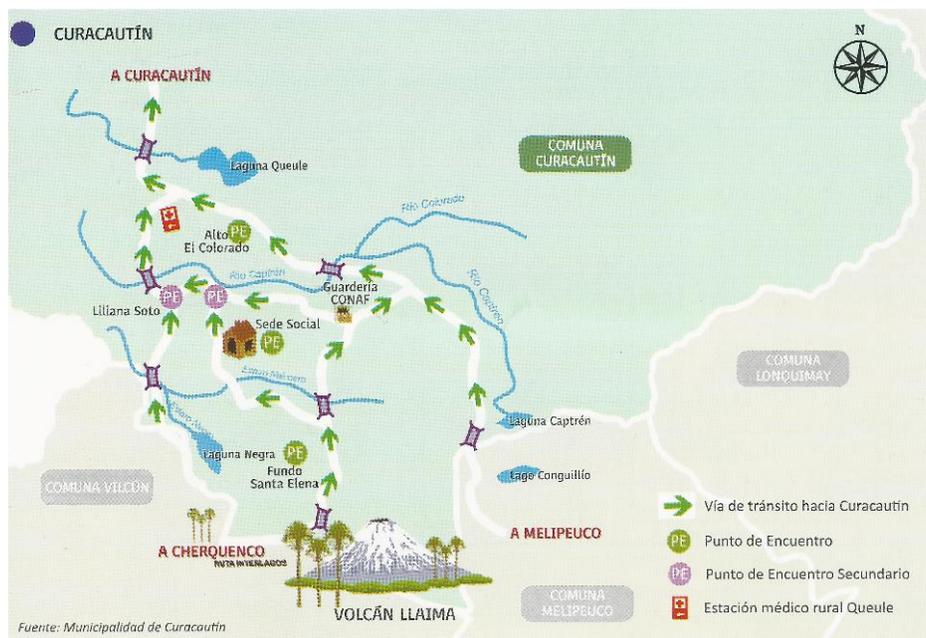


Figura 48. Infografía vías de evacuación sector Captrén difundidas por ONEMI. Fuente: ONEMI (2010).

5.4.2 De la organización de los actores en la GRV

– *Poder y liderazgo*

La distribución de los actores involucrados considerando la capacidad de liderazgo y de poder se muestra en la Tabla 18, donde el Gobierno Regional se posiciona como el ente con liderazgo y alto poder debido a que posee la facultad de movilizar recursos a las áreas afectadas, de decretar el nivel de alerta y además lidera las acciones en el COE regional. Por otro lado, la figura del Municipio, si bien tiene acción más directa y constante en el territorio, lidera las acciones sólo a escala local debido a que los recursos con los que cuenta son escasos y por escalas jerárquicas debe someterse a las decisiones que determine el Intendente, como ente líder en dicho COE.

Por lo demás, aquellas instituciones con medio o alto poder y no liderazgo, comprende a ONEMI y SERNAGEOMIN, los cuales se configuran como aquellas instituciones que otorgan información vital para la toma de decisiones, SERNAGEOMIN sobre el comportamiento del volcán y ONEMI sobre cómo operar y asesorar sobre la situación, además de permitir las instancias de coordinación entre los diversos actores. Ambas instituciones no actúan de forma directa en el territorio, ya que no cuentan con las competencias legales para determinar acciones concretas, sólo proveen información y ser asesores técnicos. Adicionalmente, las SEREMIS regionales actúan en representación de los diferentes ministerios y entregan los recursos sectoriales que cada sector corresponde, si la situación así lo amerita. Por lo tanto son canalizadores de recursos pero no toman decisiones ni asumen parte del liderazgo en el proceso.

A su vez, las instituciones de respuesta local, Carabineros, Bomberos y Salud, en conjunto con el Departamento de Administración de Educación Municipal (DAEM), no poseen liderazgo en terreno, sólo al interior de la institución ya que se colocan a disposición del COE comunal. Tampoco poseen atribuciones de movilizar recursos ya que dependen de la asignación a nivel central de su institución, y en el caso de Salud, si es municipal, de lo que el municipio pueda destinar o el Servicio de Salud pueda proveer. Con respecto a Conaf y SERNATUR, tampoco lideran el proceso, en el caso de Conaf sólo al interior del Parque Conguillío, hasta que el Ejército evacúe a los turistas, de ser necesario, mientras que SERNATUR no participa en el proceso, sólo aparece si algún empresario o turista se ha visto damnificado.

Tabla 18. Posición de liderazgo y poder en la toma de decisiones en crisis volcánicas.

Escala intervención	Liderazgo y alto poder de decisión	Liderazgo y medio poder de decisión	No liderazgo y medio o alto poder de decisión	No liderazgo y bajo poder de decisión
Local		Municipio (COE Comunal)		SALUD, DAEM, Carabineros, Bomberos
Regional	GORE		Dir. Reg. ONEMI, SERNAGEOMIN, SEREMIS REGIONALES (aportes sectoriales)	Conaf, FF.AA, SERNATUR

Fuente: elaboración propia.

– *Conocimiento*

Los actores según el sector que corresponden (salud, educación, seguridad contemplando a carabineros y bomberos, y los encargados comunales de emergencia), como se muestra en la Figura 49, su distribución según el nivel de conocimiento que poseen se debe a la especialización y al rol que cumplen en la gestión de esta amenaza. Por lo tanto, que los encargados COE, ONEMI y SERNAGEOMIN integren el grupo de mejor conocimiento es esperable, debido a que son los mayores involucrados, ONEMI en coordinar las actividades de gestión, SERNAGEOMIN con el monitoreo volcánico y los encargados COE respecto a la preparación comunal y actualización de los planes de emergencia locales.

Respecto a los actores que pertenecen a la categoría “bueno”, éstos también están involucrados en la gestión pero, no poseen mayor conocimiento por falta de información o porque su grado de involucramiento es menor, sin embargo desempeñan un rol fundamental. En el caso de CONAF, este organismo debe procurar por el bienestar de los turistas al interior del parque, por lo que cuenta con un plan de contingencia que constantemente están actualizando pero, el problema es que desconocen el funcionamiento de las emergencias volcánicas a nivel regional. Esta situación se repite para las DAEM, sin embargo, son fundamentales debido a que cuando ocurre una emergencia, se utilizan establecimientos educacionales como albergues.

Aquellos actores en la categoría “regular” son los servicios de respuesta para el bienestar y seguridad de la comunidad, integrándolos las instituciones de salud, carabineros y bomberos. Estos servicios son los que poseen una visión más reactiva sobre el manejo de situaciones de emergencia, debido a su función institucional. Por otro lado, el conocimiento que manejan sobre la gestión y los protocolos se limitan principalmente a la institución a la cual pertenecen.

Por último, aquellos actores con “poco” conocimiento lo comprende la dirección de Planificación del Gobierno Regional y SERNATUR, ambos actores involucrados, con nociones muy generales sobre cómo se manejan estos eventos y sobre los protocolos que existen para ello.

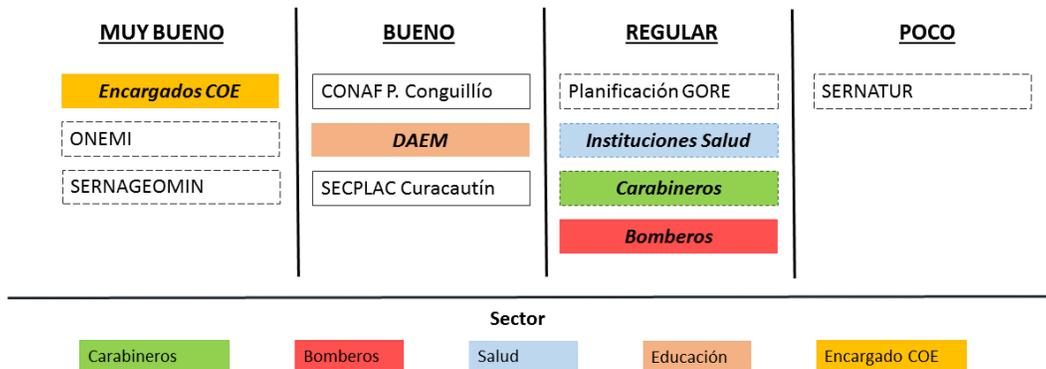


Figura 49. Niveles de conocimiento de la Gestión del Riesgo Volcánico según área e institución. Con línea discontinua actores regionales. Fuente: elaboración propia.

El panorama cambia si se desagrupan y se considera el testimonio de cada representante de las instituciones entrevistadas, evidenciando el nivel de conocimiento y preparación según la comuna a la cual pertenecen. Los cambios de posición que se producen se observan en la Figura 50, donde resalta que el grado de conocimiento del encargado de emergencias de la comuna de Vilcún queda inserto en “regular”, dado que carece de conocimiento sobre la labor de OVDAS en la región, sobre los planes de evacuación y del equipamiento logístico que posee Onemi actualmente, especialmente en los Centros de Alerta Temprana de las Direcciones Regionales, que en el caso de la instalada en La Araucanía fue remodelada y mejorada en 2013 (ONEMI, 2013).

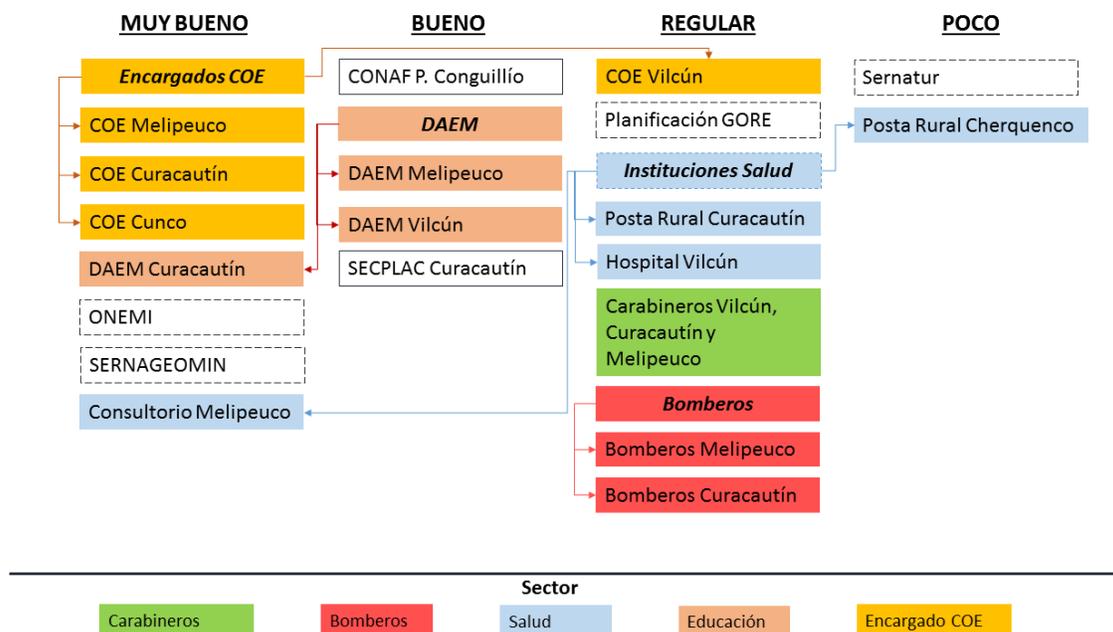


Figura 50. Niveles de conocimiento de la Gestión del Riesgo Volcánico de las instituciones. Con línea discontinua actores regionales. Fuente: elaboración propia.

Al respecto, el encargado de emergencias de Vilcún (2016) señala:

“A nosotros nos falta mucha falta tecnología, al menos aquí en la IX Región, porque tenemos el caso del Villarrica, el que está constantemente con problemas y sobre el cual es difícil detectar cuándo ocurriría un siniestro grande (...) Yo no soy científico en la materia, hay otros expertos preparados en la Onemi, pero tampoco tienen la tecnología. Tienen lo básico, pero más allá de eso, como monitoreo permanente, no hay. Creo que solo en Villarrica (...) Además de más prevención, dado que Chile no está preparado para este tipo de situaciones, con planes de evacuación, por ejemplo”.

Por otro lado, existe diferente nivel de conocimiento entre las instituciones de salud por comuna, donde aquellas que presentan mayor participación poseen mayor conocimiento de la gestión que se realiza, como es el caso del Consultorio de Melipeuco. Esta situación se repite con la DAEM correspondiente a la comuna de Curacautín.

En mayor detalle, a partir de los testimonios de los entrevistados es posible identificar que no existe un flujo de la información dentro de las mismas instituciones, especialmente en carabineros y bomberos, y que eso explica, en parte, su bajo nivel de conocimiento. En las entrevistas a carabineros, fue posible hablar con dos oficiales en servicio en Curacautín y Melipeuco y con el encargado de la comisaría de Vilcún. Este último hace alusión a las mesas de trabajo del comité de operaciones de emergencia. Sin embargo, aquellos carabineros en servicio desconocen mayormente las instancias de coordinación, sólo conocen los planes que deben ejecutar, y específicamente su rol:

“Hemos tenido mesas de trabajo, donde se han llevado estos temas y que podemos hacer en caso de. Estamos pidiendo a la Onemi que nos venga a ilustrar de mejor forma, porque ellos son los capacitados íntimamente en esta área y nosotros también integrarlos al ABC del trabajo para dar las directrices en cómo seguir los cursos de acción en caso de emergencia”. Encargado Comisaría de Vilcún, 2016.

Esta situación se repite en bomberos, donde conocen que se juntan los encargados de emergencias de cada institución y/o departamentos a nivel local a trabajar en estos temas, pero tampoco poseen mayor información. Esto conlleva a que en ocasiones, se dan las instancias de coordinación de acciones, roles, necesidades, etc., entre las diferentes instituciones que operan en la gestión de una determinada situación, pero todo lo que se trabaja, no se logra bajar eficientemente a las bases, lo que crea incertidumbres y bajo conocimiento sobre lo que se debe hacer a la hora de actuar.

– *Interés en la Gestión del Riesgo Volcánico*

Respecto de este interés, existe acuerdo en señalar que una mejor gestión de estos eventos mejora notablemente su desempeño y poder mantener a la población a salvo. Por lo tanto existe interés de que los procesos de gestión se mejoren, ya que haría que las acciones fuesen más expeditas, se ejecutarían aquellas acciones debido a mayor disponibilidad de recursos, tanto económicos como sociales. Además, mejorar la Gestión ayuda al empoderamiento local, a la autonomía y a disminuir los niveles de vulnerabilidad.

“Nosotros hemos hecho este tema con los recursos que tenemos, que no son abundantes, y si esto se mejorara o hubiera otro tipo de recursos, obviamente se mejora enormemente. Teniendo gente preparada, teniendo inversionistas más preparados, teniendo funcionarios más preparados, al COE más preparado... todo positivo en ese sentido”. Encargado de emergencias de Curacautín, 2016.

“Tener una respuesta más adecuada frente a estos tipos de catástrofe. Establecer protocolos claros frente a cualquier tipo de situación, y que designe tareas de manera más automática, y que las decisiones sean más locales que nacionales”. Encargado División de Planificación y Desarrollo Territorial, GORE Araucanía, Temuco, 2016.

– *Relaciones entre los actores*

De acuerdo a las entrevistas, se identificó que entre los actores existe una disposición a trabajar y que se realiza en conjunto entre las instituciones públicas, dejando de lado a la población, relegándola como receptor de información sin tener participación en el proceso de gestión.

Adicionalmente, dentro de la comunidad se detectaron diferentes grupos de habitantes. Por un lado los antiguos residentes, con experiencia en erupciones y por lo tanto, con conocimiento detallado sobre su comportamiento, los cuales son bastante críticos sobre lo que se realiza en materia de gestión de estos eventos, especialmente de las vías de evacuación instauradas. Otro grupo es el de los nuevos residentes, que si bien son de la región – la mayoría – se asustan ante cualquier actividad que presente el volcán, por lo que prefieren abandonar el área. Las comunidades mapuches presentes en las cercanías, en especial la comunidad Melivelu Melirallen en el sector de El Escorial se distinguen por su cosmovisión particular acerca de estos procesos:

“Los volcanes para nosotros son seres vivos que... a ver, que son como el traspaso desde la vida que esta abajo a traer nueva vida. Es como un ducto o respiración como le dicen algunos de la tierra, pero para nosotros es como un túnel, un medio de transporte, que desde la tierra de abajo trae a través del volcán trae vida nueva acá arriba”. Hombre, El Escorial 2016.

Los empresarios turísticos, específicamente aquellos cercanos al Parque, son parte de la comunidad, se ven mayormente afectados cuando el volcán hace erupción, ya que baja la cantidad de albergados en este tipo de servicios en caso de erupción, especialmente de aquellos que se encuentran al interior del Parque. Finalmente, los pequeños agricultores y ganaderos de la zona que hacen uso de la tierra, cuando caen cenizas corren el riesgo de perder todo su ganado y plantaciones.

La Figura 51 muestra las diferentes relaciones entre los actores que principalmente se ven involucrados en la gestión ante una erupción volcánica. Existen dos actores o instituciones que lideran, el municipio y el gobierno regional, en donde ambos determinan medidas y movilizan a los equipos según las necesidades en una etapa de emergencia a través de los Comités de Operaciones de Emergencia, y cuando es período inter-emergencia, se trabaja en los Comité de Protección Civil. Ahora, producto de que no existe personal dedicado exclusivamente a los riesgos tanto en el GORE como en el municipio, trabajar en la preparación ante el próximo evento se torna complejo, priorizando las amenazas o situaciones inmediatas que, por condiciones del territorio, se podrían materializar, como nevazones, desbordes de ríos, cortes de caminos, etc.

En este sentido, en las entrevistas el encargado de emergencia de Curacautín sostuvo que se juntan por lo menos dos veces al año (a nivel comunal) para gestionar cómo se enfrentarán los períodos más álgidos del año, antes y después de la temporada de invierno. En el caso de Melipeuco, se tratan de juntar una vez al año, pero desde hace tiempo no se juntan, situación similar en Vilcún. En cuanto a tratar temas volcánicos, se realizan en mayor medida cuando aumenta la actividad del volcán y no antes.

Ante esto, cuando ocurre una emergencia volcánica, el municipio se configura como el receptor, canalizador y ejecutor de medidas y coordinador de actores, donde recibe las decisiones que se emitan desde la Intendencia, la asesoría técnica de personal de ONEMI y SERNAGEOMIN, y a partir de ello, se distribuyen las instituciones de socorro, colocándose a disposición del municipio, como lo son Carabineros, Bomberos, las Instituciones de Salud, tanto municipales como las pertenecientes al Servicio de Salud, las radios locales y el voluntariado.

Respecto a los organismos regionales, actúan como entes de asesoramiento, por parte de la Dirección Regional de ONEMI y SERNAGEOMIN a través del OVDAS; y de soporte, los cuales ayudan en el mejoramiento de las condiciones de un sector, como el caso del Servicio de Salud, que va en ayuda de las instituciones de salud municipales, dotando de ambulancias, personal si es necesario e insumos; de las fuerzas armadas, que operan en ambos COE, y de las SEREMIS ministeriales, las cuales entregan aportes sectoriales y ayudan en la toma de decisiones en el COE regional. En el caso de SERNATUR, no es constituyente del COE, pero va en ayuda de los empresarios turísticos o en el caso que algún turista resulte damnificado.

Caso especial lo constituye CONAF, que opera a nivel local (jurisdicción sólo al interior del Parque) pero es un organismo presente a nivel regional, el cual provee de información sobre el estado del volcán a los municipios, a SERNAGEOMIN y a ONEMI, y vela por el estado de los turistas al interior del Parque.

En el caso de INDAP, este organismo opera a través de las agencias de área que existe casi una por comuna, excepto en Melipeuco. En este caso, desde nivel central se dictaminan medidas, las que finalmente las ejecutan las agencias de área.

Finalmente, la prensa, actor itinerante en el proceso, el cual cumple un rol informativo, pero que se presenta en conflicto con ONEMI y SERNAGEOMIN debido a la publicación irresponsable de informaciones durante una emergencia, que va en detrimento de la población involucrada y del desempeño de las instituciones que actúan ante una emergencia.

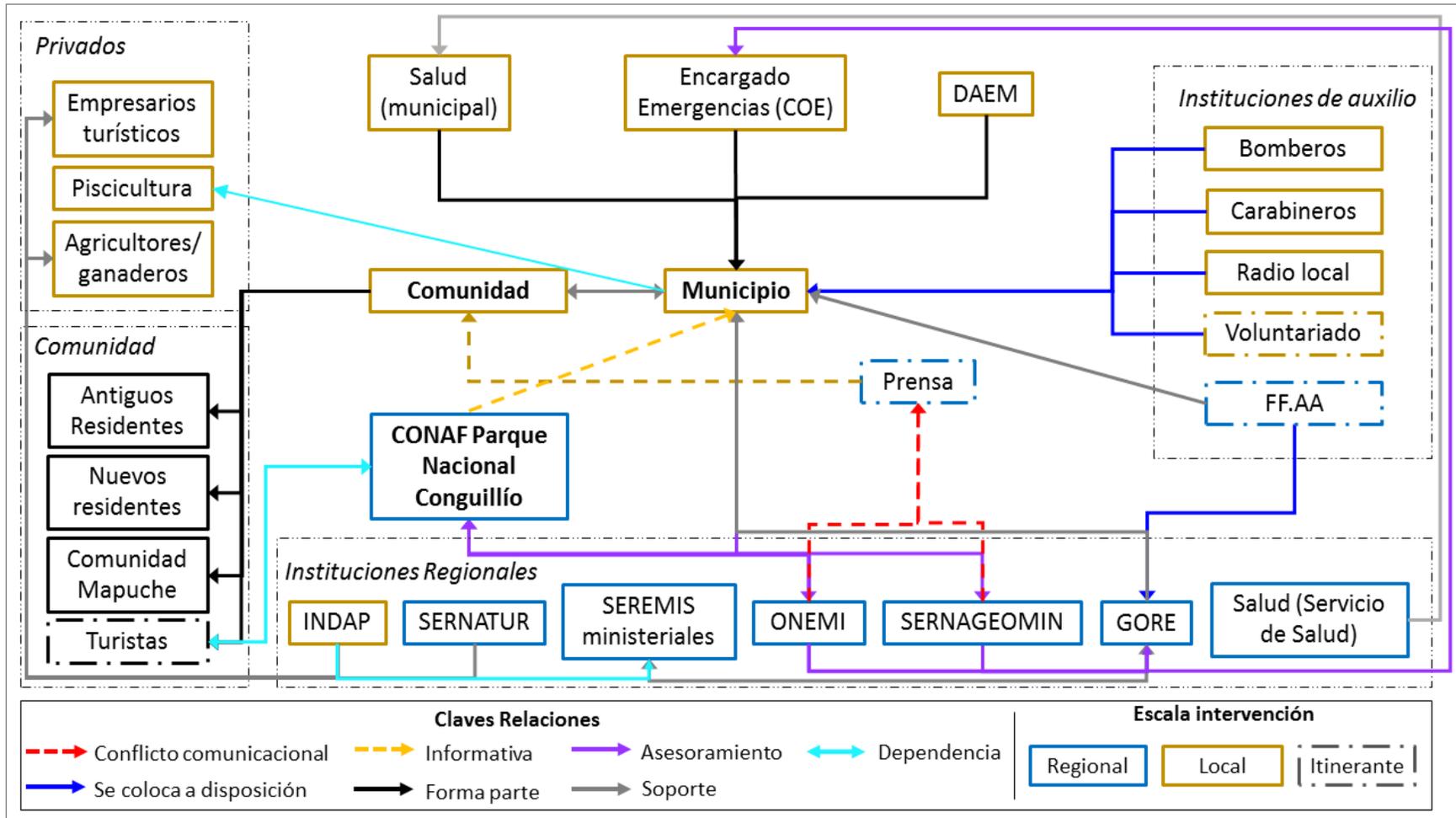


Figura 51. Grafo de Actores. Fuente: elaboración propia.

5.4.3 Aspectos de la Gestión

Respecto de aquellos atributos a destacar y de aquellos que dificultan la Gestión, las instituciones señalaron un sinnúmero de aspectos, los que se resumen en la Figura 52. Sobre aquellos aspectos destacables, señalan la mayor coordinación entre las diversas instituciones, los avances que se han producido en términos de monitoreo volcánico y el cambio de mentalidad por parte de los organismos públicos de tratar temas de Gestión del Riesgo.

“Es algo importante que hemos logrado, si no estamos en el tema de la prevención, si estamos bien coordinados con el equipo. Tenemos hasta un WhatsApp del COE que en el caso de que ocurra cualquier emergencia, todo el equipo sabe, y con eso hemos podido enfrentar emergencias, por ejemplo, la erupción del Calbuco”
Encargado de emergencias de Melipeuco, 2016.

<p><i>Fortalezas:</i> Avances en el monitoreo volcánico, conllevando mayor información disponible Equipos coordinados por experiencias anteriores Mayor disposición y preocupación a trabajar en estos temas</p>
<p><i>Debilidades:</i> Los encargados de emergencia poseen otras funciones y no son de formación en estos temas Poca dotación de personal destinado a la Gestión del Riesgo Cargos rotativos por cambio en la administración y no existe un continuo de información entre los equipos a raíz de lo mismo Escasos recursos Sólo cuando se producen emergencias se liberan recursos y no antes Gestión de recursos “acorde” a la amenaza: por su magnitud y recurrencia Escasa cultura preventiva Reparto desigual y mal uso de recursos No existe regulación en espacios rurales ni planificación del riesgo Burocracia del sistema entorpece la coordinación entre actores Falta de información sobre los planes entre instituciones y hacia la población y sobre el qué hacer Escasos sistemas de comunicaciones según el lugar Rol negativo de la prensa Deterioro de la ayuda (no hay renovación de ella) Sistemas de alerta diferentes entre ONEMI y SERNAGEOMIN ONEMI no posee facultades de fiscalización</p>

Figura 52. Fortalezas y debilidades de la Gestión según los entrevistados. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, al momento de consultarles sobre los obstáculos que presenta la Gestión, señalan numerosos aspectos, los cuales, como se ve en la figura anterior, se concentran en el tema de recursos, personal destinado a trabajar en gestión del riesgo, la reactividad del sistema para trabajar el riesgo, inexistencia de trabajo preventivo, falta de protocolos claros de acción y sistemas de comunicación no adecuados.

Los recursos se identifican como el principal factor que obstaculiza la gestión. Se sigue pensando en “enfrentar” más que en el “prevenir” y “preparar”. En este sentido, sólo cuando se produce un nivel de alerta importante se liberan los recursos, por lo tanto, para periodos inter-emergencias no existen fondos disponibles, y cuando se observa un aumento en la actividad volcánica recién se produce una actualización de los diferentes planes o se piensa en ejecutar esto, como lo señala el sistema de alerta de la ONEMI (Tabla 19).

Otra situación que se señala respecto a los recursos es que debido a la recurrencia y magnitud de estos eventos, lo que se invierte a nivel local es escaso por la priorización que deben tener, cuyo presupuesto ya es insuficiente para abarcar todas las necesidades que poseen.

“Sería genial que hubiese un montón de cosas, pero también hay que saber que la gestión de recursos debe ser acorde a la amenaza. No puedo tener un contenedor de 50.000 lt de agua si no lo voy a ocupar nunca”. Jefe Gestión Administrativa, DAEM Vilcún, 2016.

Adicionalmente, los entrevistados sostienen que parte de esta “reactividad” del sistema se sustenta en la escasa cultura o educación respecto al prevenir han sido ante la cantidad de emergencias y desastres que se han producido en el país después de haber sufrido los daños.

Por lo demás, añaden que existe baja dotación de personal que realmente se encargue de realizar labores de Gestión del Riesgo. En las municipalidades existe un encargado de emergencias (que se debe distribuir entre múltiples funciones), mismo caso el intendente y gobernador provincial (si amerita la emergencia), a lo que se agrega que las direcciones regionales de ONEMI cuentan con personal reducido, donde de los 15 funcionarios que componen estas direcciones, fehacientemente sólo cuatro personas se dedican a la gestión (tres profesionales y la dirección). Por lo tanto, se dificulta realizar acciones en el ámbito de la prevención, considerando que existe una multiplicidad de amenazas en la región.

Por otra parte, la directora Regional de ONEMI expresa su inquietud respecto de los sistemas de alerta, debido a que existe un sistema para las emergencias que es el que compete a la ciudadanía y que maneja ONEMI, sin embargo, SERNAGEOMIN dispone de su propio sistema de alerta, el cual es técnico. Es a raíz de este que se establece el nivel de alerta que se requiera según el comportamiento del volcán. Además, ambos sistemas de alerta no poseen las mismas categorías, por lo que se genera mayor incertidumbre y desconfianza sobre lo que establece ONEMI, debido a la alta credibilidad que posee SERNAGEOMIN en la población.

No sólo la burocracia dificulta la coordinación, sino también la falta de información entre las propias instituciones sobre los planes y medidas a ejecutar tanto antes, durante como después de una erupción, y más aún, hacia la población. El director de DAEM de Curacautín va más allá, y señala la falta de información respecto a los mismos planes, ya que solo se conoce o difunde información sobre las vías de evacuación, y eso es lo que esencialmente se le señala a la población. Existe despreocupación hacia otro tipo de información que, si bien son detalles más específicos, son tan importantes como las rutas de evacuación: si se decreta evacuación, ¿cuánto tiempo tengo?, ¿qué se hace con la ceniza? (para los sectores más cercanos al volcán que viven en un radio inferior a 10 km, necesitarán cascos en caso de caída de piroclastos), ¿qué cuidados debo tener?

“No tenemos el personal que nos diga que lo que hacemos es lo adecuado o no. Con el Calbuco, distribuimos mascarillas en las escuelas, y después en TV se señalaba que no era mucho lo que ayuda, porque la mascarilla protege de lo que tu respiración sale hacia afuera que de proteger que lo del ambiente entra. Al final, te estas engañando solo. Más allá de la evacuación, no se sabe que más hacer. ¿Cuando salgo con el auto? ¿Es muy dañina la ceniza, o es el mal menor?” Director DAEM Curacautín, 2016.

Así mismo, preocupa la manera en que la prensa informa a la población sobre las emergencias, donde exacerbaban situaciones buscando ser sensacionalistas e incluso enfrentando instituciones, cuando esa información sólo genera mayor grado de incertidumbre y entorpece el desempeño de los organismos que se encuentran trabajando, especialmente en el tema volcánico.

“Por lo general, uno le habla a los periodistas de lo que está ocurriendo y de la incertidumbre que hay, (podemos hablar de la sismicidad de hoy, pero imposible la de mañana), entonces uno habla de las incertidumbres, bueno ello lo transforman a que no saben (...) Se supone que los medios de prensa en general, es por donde más se informa la gente. Los diarios llegan hasta los pueblos más chiquititos, y se informan con brutalidades de repente.” Hugo Moreno, Sernageomin 2016.

5.4.4 Perspectivas de la comunidad ante la GRV

– Preparados ante una erupción

La mayoría de los habitantes entrevistados señala que no se siente preparado, que no cuentan ni con la información ni las herramientas en caso de una erupción, a pesar de las mejoras que se han realizado en los tres sectores. En cuanto a los que señalan que sí lo están, es porque conocen el volcán y conocen su territorio, y tienen identificadas las zonas seguras, sin embargo, declaran que hay que tenerle respeto al volcán.

“¿Para una erupción? Yo creo que no. Sea la erupción que sea, no. Porque seamos realistas. Estamos en un país que espera que pasen las cosas para solucionar los problemas. Ya tuvimos una erupción, hasta el momento no tengo ni una linterna ni una mochila preparado para salir y decir "de aquí salgo con esto para...". Ni una preparación” Hombre, Captrén 2016.

– Seguros antes una erupción

En las tres localidades la mayoría señaló que no se siente seguro ante una erupción volcánica ante el escenario incierto de cuándo hará erupción, de qué magnitud será y hasta dónde abarcará. Si bien conocen su comportamiento regular, de igual no se sienten seguros. En cambio, aquellos que si se sienten seguros, es porque aceptan vivir con el volcán, lo conocen e incluso, se han apoyado en opiniones técnicas.

“Es que uno nunca puede estar seguro porque uno no sabe lo que puede pasar más adelante. Si es en el día, uno tiene chances de arrancar a una parte más segura, pero en la noche es más complicado”. Hombre, Cherquenco 2016.

– *Sobre la Gestión y las medidas*

La opinión respecto de la gestión no es positiva, se identifican varias falencias. La principal es la falta de información desde las autoridades hacia la población sobre lo que deben hacer en caso de erupción, preocupación que existe sólo cuando se producen emergencias, trabajo que según ellos mismos, debiese ser permanente. Ante esta situación, varios se guían por los conocimientos que poseen sobre el volcán y por los testimonios de sus familiares.

“El pueblo en general no sabemos nada. Pusieron los letreros no más. Si al municipio le llega una cantidad de plata del gobierno, debería preocuparse, hacer reuniones. Instar a la gente. Entregaron volantes, cuestiones, pero... les entregamos a los niños, pero tiene que ser algo que este siempre, constantemente diciendo, viendo. Ver que la carretera esté en condiciones. Yo creo que en el pueblo se pondría difícil la cosa”.

Mujer, Cherquenco 2016.

Un aspecto que ha debilitado la gestión son las comunicaciones, donde señalan que difunden información errónea irresponsablemente, lo que crea mayor incertidumbre y temor en las personas que son externas al pueblo pero que tienen familiares en las cercanías al volcán.

Además, existe consenso de que las vías de evacuación no son las óptimas en caso de que tuviera que evacuar toda la población de los sectores que se verían afectados. Se debe destacar que si bien la población conoce a dónde debe llegar, no conocen el por dónde deben transitar para llegar a los puntos designados a pesar de la señalética de evacuación.

En el caso de Melipeuco, los entrevistados señalan que por las condiciones geográficas y por el comportamiento del volcán durante una erupción, la vía de escape hacia Huallape (donde se ubica un albergue transitorio) no es el lugar óptimo para evacuar en caso de erupción volcánica, a pesar que para el 2008 se utilizó como lugar de albergue. Esto debido a que temen que en caso que se genere un lahar y se desplace por el cauce del río TrufulTruful, no logren realizar la evacuación en el tiempo suficiente, ya que históricamente se ha demorado 30-40 minutos en llegar a Melipeuco, según los vecinos más antiguos del sector, y existe sólo una vía de ingreso al albergue para la evacuación de todo el sector urbano. En cuanto a los habitantes de El Escorial, saben que en caso de alerta de evacuación, deben trasladarse al refugio habilitado en el sector, pero desconocen a dónde los llevarán posteriormente, si deben llevar algo, por cuánto tiempo, qué hacer después.

A su vez, habitantes de Cherquenco señalan que recién a partir de la erupción de 2007-2009 se señalizaron las vías de evacuación, e incluso en ese momento, en la emergencia misma, evaluaron por donde establecer las rutas. Además, no se ha realizado difusión sobre estas, sólo cuando se realizó el simulacro el año 2010. Al mismo tiempo, existe preocupación porque cuando entra el volcán en erupción, llegan personas externas a observar este fenómeno, y por lo estrechas de las calles congestionan el sector, lo que obstaculiza el poder evacuar al pueblo.

“Porque Cherquenco no tenía ni claro las vías de evacuación. Se hizo un plano y en ese plano buscaron los lugares, y tuvieron que hablar con los dueños de los campos que tuvieran planicies más altas, donde pudieran llegar helicópteros en caso de tener que sacar personas. Y eso lo vieron recién en esa erupción” Mujer, Vilcún 2016.

Respecto a Captrén, el principal problema es el estado del camino e incluso, por la subdivisión de los predios, existen alta cantidad de portones para salir al camino, siendo tema en el simulacro ya que el ejército no pudo entrar a sacar a los vecinos del sector.

“Ese camino está pésimo. Hay gente de ese lado que no puede salir. Desde que yo vivo acá que están diciendo que van a arreglarlo” Mujer, Captrén 2016.

Todas estas situaciones conllevan a que los habitantes de estos sectores se sientan desprotegidos, debido a la falta de información respecto de los planes y sobre lo que hay que hacer, la implementación de infraestructura de emergencia en el transcurso de una erupción, los problemas en cuanto a comunicaciones, y otras situaciones. Ello lleva a que la población no se sienta segura ni preparada, y a tener una visión pesimista de la situación.

5.5 Medidas para la GRV

– *Sistemas de Alerta*

Existen dos, el de alerta de protección civil, estipulado en el plan nacional de protección civil del año 2002 (ONEMI, 2002), y la alerta técnica de Sernageomin vigente desde 1999 (MUNICIPALIDAD DE MELIPEUCO, 2015). En el primer sistema se establecen tres niveles según la actividad generada por la amenaza. Este sistema se utiliza para cualquier tipo de fenómeno que pueda generar un estado de emergencia o una situación de riesgo (ONEMI, 2016a), incluyendo erupciones volcánicas. En este sentido, estos niveles de alerta están orientados a la atención del evento, tanto en materia de preparar e informar a la comunidad sobre la situación en que se encuentra y la disposición de recursos y medidas según el nivel de alerta. En la Tabla 19 se muestran los niveles de la alerta para el sistema de protección civil.

Tabla 19. Niveles de alerta empleados por ONEMI ante escenarios o situaciones de riesgo.

NIVEL DE ALERTA	DESCRIPCIÓN
Verde	Implica la vigilancia continua de la situación general del país, en cada área geográfica, para advertir con la máxima prontitud factible toda situación de riesgo, que pudiera desencadenar en un evento de emergencia. Al advertirse una situación de riesgo, esta Alerta Verde se proyecta al Sistema de Protección Civil (hacia el Comité Nacional y Regional de Emergencias y Direcciones Regionales de ONEMI de las zonas en riesgo), en su expresión de Alerta Temprana Preventiva. <i>Verde Temprana Preventiva:</i> Constituye un estado de reforzamiento de las condiciones de vigilancia y atención, mediante el monitoreo preciso y riguroso de las condiciones de riesgo advertidas, y las respectivas condiciones de vulnerabilidad asociadas a esa amenaza, para actuar oportunamente, tanto para controlar la ocurrencia, como en caso de derivar en un evento mayor.
Amarilla	Se establece cuando una amenaza crece en extensión y severidad, lo que lleva a suponer que no podrá ser controlada con los recursos locales habituales, debiendo alistarse los recursos necesarios para intervenir, de acuerdo a la evolución del evento destructivo.
Roja	Se establece cuando el evento crece en extensión y severidad, requiriendo la movilización de todos los recursos necesarios y disponibles, para la atención y control del evento destructivo. Una Alerta Roja se puede establecer de inmediato con la amplitud y cobertura necesarias, sin que medie previamente un Alerta Amarilla.

Fuente: ONEMI (2016b).

Por otro lado, Sernageomin posee su propio sistema de niveles de alerta según la actividad volcánica, donde establece cuatro niveles: alerta verde, amarilla, naranja y roja (Tabla 20). A diferencia de los niveles de alerta de ONEMI, el sistema de SERNAGEOMIN es técnico, por lo tanto, las especificaciones están relacionadas a los niveles de actividad presentados y no constituyen el aviso para la disposición de recursos ni de evacuación de la población. Solo señala indicaciones, pero la alerta que compete a la ciudadanía es la de ONEMI. Si bien es una alerta interna de Sernageomin, es de conocimiento público a través de los medios de difusión del servicio.

Tabla 20. Niveles de alerta Sernageomin, vigente desde 1999.

Color de Alerta	Estado de Actividad	Tiempo para erupción mayor	Escenario posible	Infografía
Rojo	Erupción mayor inminente o en curso. Reporte diario.	Horas/erupción en progreso	Erupción mayor en desarrollo o inminente con clímax en un lapso muy corto. Ésta podría ser efusiva (emisión de lava) y/o explosiva (emisión de piroclastos y ceniza), y contemplar más de un episodio. El proceso en curso o esperado implica alta amenaza para las personas. El tiempo de preparación y respuesta es muy breve. Se generan reportes informativos diarios u horarios.	
Naranja	Probable erupción mayor o retorno después de etapa eruptiva. Reporte diario.	Días/Semanas	Variación significativa de comportamiento, mayor inestabilidad. Alternativas: 1) Incremento con alta probabilidad de evento(s) eruptivo(s) mayor(es), de carácter efusivo (emisión de lava) y/o explosivo (emisión de piroclastos y cenizas). 2) Erupción menor, eventual amenaza limitada hacia las personas e infraestructura. Posibles lahares. Se generan reportes diarios.	
Amarillo	Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica. Reporte: 15/20 días	Semanas/ Meses	Volcán con actividad sobre líneas de base, inestable e intermitente. Puede registrar: enjambres sísmicos más frecuentes, emisión débil de piroclastos, cambios morfológicos, ruidos, olor a gases volcánicos, etc. Afecta al entorno directo del cráter o parte alta del edificio volcánico. Esta alerta activa al Sistema de Protección Civil. Se generan reportes cada 15-20 días.	
Verde	Volcán activo, con comportamiento estable. Sin riesgo inmediato. Reporte Mensual.	Meses/Años	Volcán con actividad dentro de su línea base (habitual), en reposo o quietud. Escenarios: actividad sísmica (incluyendo enjambres esporádicos) y fumarola y otra manifestación superficial, que afecta a la zona inmediata o próxima al centro de emisión. Sin peligro para personas ni actividad económica. Se debe elaborar el Plan de Emergencia Volcánico comunal. Reportes informativos: una vez al mes.	

Fuente: SERNAGEOMIN (2016).

– Evacuación

Evacuados 1994: según la prensa, durante la erupción de Mayo de 1994, hubo 59 damnificados, correspondiente a 17 familias del sector El Danubio, La Selva y Los Lleuques, en Vilcún. Una minoría se albergó en las escuelas públicas designadas a cumplir esa misión (en la Escuela Japón de Cherquenco), mientras que el resto se alojó en casas de amigos o parientes dentro de la comuna.

Evacuados 2007-2009: producto de la inestabilidad de este proceso eruptivo, en aquellos momentos en que se incrementó considerablemente la actividad volcánica, se decretaron seis alertas amarillas (cuando la actividad volcánica incrementó según los niveles de sismicidad), dos alertas rojas (máximos peaks de actividad efusiva) y alerta verde temprana preventiva (al momento de cambios en los niveles base de sismicidad tanto al inicio del ciclo eruptivo como en los períodos intermedios entre los otros niveles de alerta), como se muestra en la Figura 53.

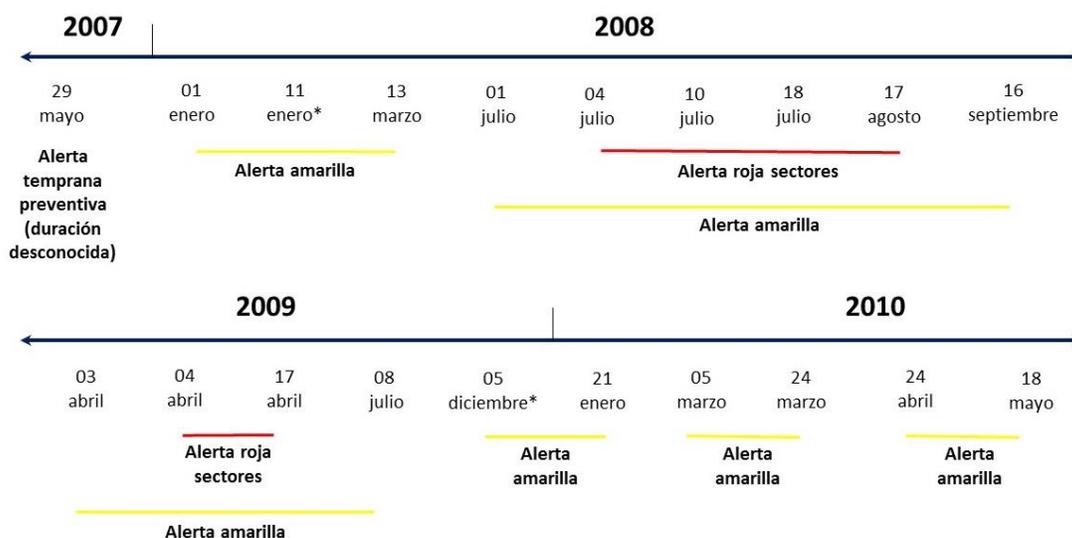


Figura 53. Línea de tiempo según niveles de alerta decretados para la erupción del Volcán Llaima 2007-2010. * Considera la alerta para cinco comunas: Melipeuco, Vilcún, Curacautín, Cunco, y agrega a Lonquimay. Fuente: elaboración a partir de ONEMI (2009), EMOL (2008, 2009, 2010) y AUSTRAL DE TEMUCO (2008).

Según ONEMI (2009c) y EMOL (2009), durante los meses de mayor algidez del ciclo eruptivo se evacuaron 948 personas aproximadamente (no existen cifras oficiales) de las tres comunas, incluyendo a turistas y guardaparques. La mayor cantidad de evacuados se produjo en la comuna de Vilcún, donde se decretó zona roja en dos oportunidades, en Julio de 2008 y Abril de 2009, como se muestra en la Figura 54. Las zonas evacuadas en Vilcún corresponden a las localidades de La Selva, Los Lleuques, Las Mercedes, Bellavista Bajo, El Danubio, Colonia Caupolicán, Parque Las Paraguas (incluyendo el Centro de Sky Araucarias) y Caivico, cercanas a Cherquenco. En el caso de Melipeuco corresponde a El Escorial y turistas que visitaban el parque. En Curacautín se evacuaron vecinos del sector de Captrén, en mayor número en abril debido a daños en el acceso norte del parque producto de un lahar generado durante esta erupción.

De las personas evacuadas en Melipeuco en el mes de enero, 47 se albergaron en Villa García (localidad de Cunco), y 120 en el centro urbano de Cunco. Cabe destacar que, según el diario regional AUTRAL DE TEMUCO (2008) algunos melipeucanos alojaron en el albergue Huallupe definido como punto de seguridad, que consistía en un sitio eriazo donde se podía acampar para aquellos que así lo considerarán (todavía no se edificaba el albergue).

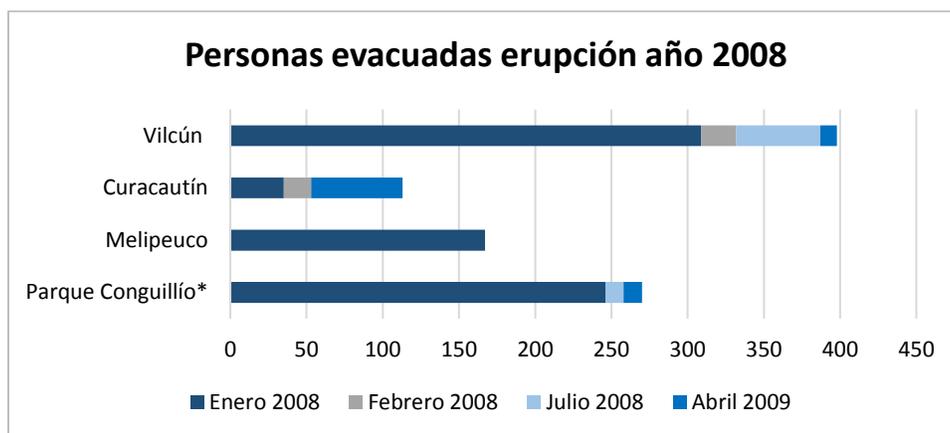


Figura 54. Personas evacuadas por comuna durante la erupción del Volcán Llaima en el año 2008. * Contempla la evacuación de los guardaparques. Fuente: elaborado a partir de ONEMI (2009c) y EMOL (2009).

La evacuación fue voluntaria, exceptuando cuando producto de la actividad del volcán, llegó a nivel rojo donde amerita evacuación de las zonas bajo esta categoría. Esta evacuación voluntaria se llevó a cabo por Carabineros, Bomberos y Fuerzas Armadas en las comunas de Melipeuco, Vilcún y Curacautín. A diferencia de la erupción de 1994, en este período Cunco se une a la zona bajo emergencia, al igual que Lonquimay, debido a que Cunco puede albergar a los evacuados de Melipeuco y el segundo podría verse afectado por caída de cenizas.

5.5.1 Identificación del Riesgo

5.5.1.1 Evaluación de la amenaza y pronóstico

– Monitoreo amenazas

Se ha incrementado la cobertura del monitoreo volcánico y de la red hídrica en el Volcán Llaima (Tabla 21). Esto se debe a aportes sectoriales y desde el nivel nacional producto de diferentes crisis volcánicas que han ocurrido en el país, para mejorar el monitoreo y no por prevenir futuros desastres. En este sentido, ambas erupciones del Volcán Llaima han contribuido a colocar en el debate público la necesidad de mejorar las condiciones y la cobertura del instrumental de monitoreo y la importancia que se le debe otorgar a esta amenaza. Las estaciones de monitoreo se encuentran en detalle en Anexo N° 4 y 5.

Sin embargo, uno de los obstáculos que ha debido enfrentar SERNAGEOMIN es el robo de estaciones de monitoreo en diferentes volcanes, no sólo representando inversión perdida, sino también disminuir los niveles de conocimiento del comportamiento del volcán, lo que va en desmedro de la población (EL MOSTRADOR, 2016; conversación personal HUGO MORENO, Abril 2016).

Tabla 21. Evolución del monitoreo en el Volcán Llaima considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (CARREÑO et al., 2004)	Amplia cobertura de redes de estaciones y sensores para todo tipo de amenaza en toda la ciudad, análisis permanente y oportuno de información y sistemas de alerta automáticos funcionando continuamente.
Monitoreo	
Antes de la erupción 1994	Volcánico: No existían estaciones de monitoreo en el volcán. Caudales: 11 estaciones en las juntas de los ríos en un perímetro de 30 km rodeando el volcán, pero ninguna en el perímetro cercano al volcán.
Durante la erupción 1994	Volcánico: dos estaciones portátiles ubicadas en los faldeos del volcán, Vilcún, Melipeuco y Estero Las Minas (GLOBAL VOLCANIC PROGRAM, 1994a). 9 días en la zona. Caudales: No se incorporaron más estaciones.
Posterior 1994/ anterior 2007- 2009	Volcánico: Creación del OVDAS en 1996: monitoreo en 8 volcanes, incluyendo al Volcán Llaima. Instalación de dos estaciones sismológicas uniaxiales, una estación local (MELI) al sur del cráter, y otra telemétrica (LLAI), a 17,8 y 9,7 km al sur del cráter principal. La última está ubicada en el Retén de Carabineros de Melipeuco (GORE ARAUCANIA, 2004). Caudales: No se incorporaron más estaciones.
Durante la erupción 2007- 2009	Volcánico: Dos estaciones permanentes, una instalada en 2007 y otra en 2009, e instalación de dos estaciones portátiles. Caudales: monitoreo de los niveles y concentraciones de químicos por empresas de piscicultura y Carabineros; se instaló una estación en el río Calbuco.
Posterior a la erupción 2007- 2009	Volcánico: 18 estaciones de monitoreo en el volcán (sismológicas, GPS, Gases [DOAS] y cámaras de vigilancia); creación RNVV y ampliación cobertura OVDAS. En 2013 se inaugura la nueva sede de OVDAS en Temuco. Caudales: Se agregó una estación en el río Trifultrful, alcanzando 13 estaciones de monitoreo en un radio de 30 km.

Fuente: elaboración propia.

– *Evaluación amenaza*

Los mapas disponibles para el Volcán Llaima difieren en su metodología, por lo tanto no consideran los mismos parámetros ni los mismos fenómenos. Tampoco consideran la misma escala de análisis, PINEDA (1984) y MORENO y NARANJO (2003) trabajan a 250.000 y LARA et al. (2011) a 2.000.000, debido a que mapea la amenaza volcánica a nivel nacional. A pesar de estas diferencias, los tres mapas contribuyen al conocimiento del comportamiento del volcán de aquellos sectores que en el registro histórico se han visto afectados por las erupciones, como los cauces de los ríos cercanos. Sin embargo, no existen estudios de microzonificación sobre los procesos generados en el volcán a raíz de su actividad (Tabla 22). Por otro lado, se ha incrementado la cantidad de estudios en el volcán, sobre todo desde la academia en los últimos cinco años.

Tabla 22. Evolución de la evaluación de la amenaza en el Volcán Llaima considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Estudios detallados y microzonificación de la mayoría de los fenómenos potenciales de la ciudad utilizando metodologías avanzadas; alta capacidad técnica para generar conocimiento sobre sus amenazas.
Evaluación amenaza	
Antes de la erupción 1994	Mapa de peligro de PINEDA (1984, análisis de fotografías aéreas) y MORENO (1991, proyecto FONDECYT).
Durante la erupción 1994	Publicaciones sobre la erupción de 1994 por MORENO & FUENTEALBA (1994) y por DELPINO et al. (1994).
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Mapa de peligros volcánicos de MORENO & NARANJO (2003). Mapa determinístico, vigente.
Durante la erupción 2007-2009	Publicaciones sobre el comportamiento del volcán en la erupción de 2007-2009 por MORENO et al. (2009) y NARANJO et al. (2009).
Posterior a la erupción 2007-2009	Mapa de peligro volcánico a nivel nacional (LARA et al., 2011), modelación numérica. Publicaciones sobre el comportamiento del volcán por FRANCO et al. (2015) y ROMERO et al (20xx).

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.2 Información pública y participación comunitaria

Respecto a la información disponible a la población sobre el volcán, la mayor difusión se produce a contar de 2012 por parte de ONEMI y en 2014 por parte de SERNAGEOMIN, lo que potencialmente mejora el conocimiento público sobre el volcán en los últimos años (Tabla 23). Además, la liberación de información, que representa un avance, al mismo tiempo constituye una situación de incertidumbre en la población sobre el volcán. Esto se debe a que ambas cartografías poseen lenguaje técnico específico de la volcanología, por lo que para una persona que desconoce los términos, resulta dificultoso comprender lo que muestran las cartografías.

Por otro lado, en terreno se hizo el ejercicio de consultar en las oficinas de turismo en cada municipio sobre información relativa al volcán, y el único tipo de información que manejan es de actividades recreativas, servicios, alojamientos, etc. No poseen información relativa a qué hacer en caso de erupción, por lo tanto, no existe información disponible para los turistas que visiten el área de estudio y no conozcan el comportamiento del volcán.

Sobre la participación comunitaria, de testimonios recabados de los pobladores en los tres sectores, la participación que poseen en todo el proceso de gestión es de receptor de información, existiendo mayor preocupación este último tiempo, después de la erupción de 2007-2009, cuando se realizó el primer simulacro volcánico en 2010 en las cuatro comunas aledañas al volcán (integró a Cunco). En dicha oportunidad se entregaron dípticos con información sobre los puntos de encuentro en caso de erupción, tanto para los sectores urbanos como rurales, y las vías de evacuación (figuras Figura 42 a Figura 48).

Tabla 23. Evolución de la información pública y participación comunitaria.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Amplia participación y apoyo del sector privado a las actividades de divulgación; consolidación de redes sociales y disponibilidad de plataformas tecnológicas apropiadas para la divulgación de información.
Información pública y participación comunitaria	
Antes de la erupción 1994	Inexistente
Durante la erupción 1994	Difusión sólo sobre cómo será la alerta de evacuación. Vecinos de Captrén no se enteraron de la erupción de 1994.
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Inexistente
Durante la erupción 2007-2009	Difusión de los planes de evacuación por las radios locales.
Posterior a la erupción 2007-2009	Publicación mapas de peligro volcánico (SERNAGEOMIN, 2014b) y ranking de los volcanes más peligrosos del país (2014 b) a toda la población; Reportes de actividad volcánica de la RNVV mensuales desde 2013; mapas de peligro volcánico y tsunamis por la ONEMI (2012); visor Chile Preparado, ONEMI (2016c).

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.3 Capacitación y educación en gestión de riesgos

Al igual que la categoría anterior, son escasas las iniciativas de capacitación y educación sobre estos temas en la población (Tabla 24). En parte se debe a que existe poca personal en las instituciones que se dedica a la Gestión del Riesgo, lo que imposibilita poder instruir a la población sobre los planes o sobre el volcán. Esta categoría es una de las más débiles dentro de la gestión del riesgo volcánico, ya que sólo se ha realizado un simulacro masivo considerando esta amenaza en el área de estudio.

Esta situación se torna crítica ya que existen escasas iniciativas de campañas de educación ambiental, tanto a nivel local como a nivel nacional, sobre la reducción del riesgo, siendo que *“la percepción y preparación del riesgo volcánico en la población joven es de particular importancia debido a que los programas educacionales en las escuelas han demostrado un incremento en la claridad de la percepción del riesgo, por lo que los estudiantes a menudo comparten este conocimiento con sus familias”* (CARLINO, SOMMA & MAYBERRY, 2008: 229).

Respecto de las instituciones involucradas en la gestión de desastres a nivel local, en las entrevistas aquellos que declararon que recibían mayor cantidad de capacitaciones fueron los encargados comunales de emergencia, principalmente desarrolladas por Onemi. El servicio de salud, tanto municipal como regional, constantemente se encuentra en capacitaciones de emergencias, pero es genérico, no específico a este u otro tipo de amenaza, donde se le da prioridad a las emergencias que puedan enfrentar desde el punto de vista clínico principalmente. Carabineros declara que reiteradamente tienen capacitaciones sobre estos temas, por lo menos una vez al año. Bomberos por su parte sostiene que no han recibido capacitaciones o charlas tratando el tema volcánico, en específico bomberos de Melipeuco, donde se comienza a instruir a los voluntarios cuando

inicia una erupción (hecho acontecido en la erupción de 2007-2009). Por otra parte, el encargado de protección del Parque Nacional Conguillío declara que no reciben capacitaciones, sino que por iniciativa propia y por su trabajo, han aprendido y se han preparado.

A pesar de esta situación, estos actores declaran conocer los procedimientos a realizar cuanto existe una erupción en transcurso, pero aquellos que reciben menor capacitación señalan la necesidad de recibir mayor información, de interiorizarse más en el tema volcánico, ya que el hecho de no poseer la preparación necesaria, dificulta su actuar en caso de emergencia.

Tabla 24. Evolución de capacitación y educación en Gestión de Riesgos.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Alta capacidad técnica de la ciudad para generar conocimiento sobre riesgos; amplia cobertura de los programas de educación y producción de materiales; permanente capacitación de la comunidad.
Capacitación y educación en gestión de riesgos	
Antes de la erupción 1994	Inexistente
Durante la erupción 1994	Inexistente
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Inexistente
Durante la erupción 2007-2009	Inexistente
Posterior a la erupción 2007-2009	Simulacro masivo en cuatro comunas alrededor del volcán en 2010.

Fuente: elaboración propia.

5.5.2 Reducción del riesgo

5.5.2.1 Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación

Como muestra la Tabla 25, en el caso específico del área de estudio, sólo Curacautín cuenta con Plan Regulador Comunal, cuyo instrumento es del año 1989. En cambio, Vilcún y Melipeuco sólo poseen Límite Urbano, el primero data desde 1970 mientras que el segundo desde 1991. Tanto el PRC como el Límite Urbano solo poseen injerencias en el ámbito urbano (Tabla 26), por lo tanto, aquellas áreas rurales cercanas al volcán no son reguladas por ningún IPT. Se espera que esta situación cambie con los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), los cuales todavía no se implementan ni se conoce de su estado actual. Por lo tanto, este es uno de los puntos en el cual no se ha avanzado.

A nivel general, existe un numeroso cuerpo de instrumentos que atañen a la planificación territorial, tanto normativos como indicativos, que establecen líneas directrices y restricciones en términos de riesgos. Sin embargo, el área de estudio no posee todos estos instrumentos o no aplican. A pesar de ello, los IPTs existentes trabajan y regulan, aunque escasamente el riesgo volcánico, como se aprecia en la Tabla 26.

Por ejemplo, en la LGUC los Planes Reguladores Comunales, desde 1992 deben incluir un estudio de riesgo dentro de la memoria explicativa (Decreto 47 de 1992, Ministerio de Vivienda y Urbanismo), por lo tanto, aquellos PRC, como el de Curacautín, que son anteriores a esta norma, no incluyen este estudio el cual dentro de la zonificación debe considerar áreas de restricción según las amenazas presentes, siempre y cuando dichas áreas se encuentren dentro de la superficie que considera el PRC.

Tabla 25. Evolución de la integración del riesgo en la planificación territorial considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Aprobación y control del cumplimiento de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo que incluyen los riesgos como determinantes y se generalizan las disposiciones de seguridad urbana respectivas.
Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	
Antes de la erupción 1994	PRC de Curacautín en 1989; Límite Urbano en Melipeuco 1991 y Vilcún 1970. No existe regulación en áreas rurales ni considerando riesgos de origen natural. En el caso de Melipeuco, la creación del PRC se encuentra estancada desde 2008 según el encargado de emergencias y Secplac de dicho municipio. En cuanto a Vilcún, encargados del departamento de planificación declararon que todavía se está en conversaciones con el MINVU.
Durante la erupción 1994	
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	
Durante la erupción 2007-2009	
Posterior a la erupción 2007-2009	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Instrumentos de Planificación Territorial en Chile y sus competencias en temas de riesgos de origen natural.

INSTRUMENTO	ESCALA	TIPO	INCORPORACIÓN DEL RIESGO
Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU)	Nacional	Indicativo	Si bien señala los <i>principios</i> que orienta la planificación en Chile, solo hace un llamado a un mayor conocimiento de las áreas de riesgo, pero no hace alusión a las graves consecuencias de ocupar territorios, que por dinámicas naturales, son más propensos al desarrollo de eventos nocivos para la población.
Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC)	Nacional	Normativo	Define las responsabilidades y funciones de los distintos niveles jerárquicos, pero trata escasamente el tema de los riesgos, en el sentido que no restringe la ocupación de espacios de riesgo, siempre y cuando se cuente con un estudio fundado de que no representa una amenaza para la población.
Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)	Nacional	Normativo	Instrumento reglamenta a la LGUC, establece que para los PRI, los municipios, presentando un estudio más detallado de riesgo, pueden modificar el área de restricción. Además, la localización de actividades definitivas sobre áreas de riesgo se puede realizar si un proyecto, al momento de ingresar al SEA presenta un estudio formal de riesgos y con las medidas de mitigación necesarias. Considera aquellos riesgos más recurrentes.
Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC)	Nacional	Indicativo	No hace alusión a los riesgos, de ningún tipo, y ninguna consideración dentro de los sistemas costeros.
PROT	Regional	Indicativo	Se encuentra en proceso de elaboración e implementación.
Plan Regional de Desarrollo Urbano	Regional	Indicativo	Vigentes hasta que se aprueben los PROT. Trata escasamente el tema de los riesgos, quedándose en que no se debe edificar sobre zonas de riesgo.
Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO)	Comunal	Indicativo	Instrumento rector del desarrollo en la comuna, contemplará las acciones orientadas a satisfacer las necesidades de la comunidad local y a promover su avance social, económico y cultural. Estipula la imagen-objetivo que se desea alcanzar, pero se queda en las buenas intenciones.
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	Nacional	Regulatorio	No es in IPT, pero los proyectos deben pasar por SEA para su evaluación ambiental, en donde se debe justificar su localización. Si en el proyecto se estipulan medidas de mitigación (no necesariamente medidas que realmente mitiguen el riesgo), se puede ejecutar el proyecto.
Límite urbano	Comunal	Normativo	Estos instrumentos tienen la misma escala de aplicación, se basan principalmente en lo que estipula la LGUC y la OGUC. En el caso de los Planes Intercomunales y PRC, deben presentar un estudio de riesgos para su aprobación.
Planes Seccionales	Comunal	Normativo	
Plan Regulador Intercomunal	Comunal	Normativo	
Plan Regulador Comunal	Comunal	Normativo	

Fuente: elaboración propia.

5.5.2.2 Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental e Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos

Constituye uno de los aspectos menos trabajados de la Gestión. A la fecha, no existen iniciativas de protección ambiental ni técnicas de protección en el área de estudio (Tabla 27), principalmente fundamentado por la incertidumbre de la magnitud del próximo evento, por la distancia de centros poblados de tamaño considerable respecto del volcán y por escasez presupuestaria sobre este tema.

Tabla 27. Evolución de la Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental e Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Intervención de las cuencas deterioradas y de zonas sensibles y ecosistemas estratégicos; planes de intervención y protección ambiental. Respecto a las técnicas de protección, existe una implementación amplia de planes de mitigación y adecuado diseño y construcción de obras de estabilidad, amortiguamiento, disipación y control con fines de protección de la población e inversiones sociales.
Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental e Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos	
Antes de la erupción 1994	No se han realizado ni se tienen en consideración en un futuro cercano (MOP, 2016).
Durante la erupción 1994	
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	
Durante la erupción 2007-2009	
Posterior a la erupción 2007-2009	

Fuente: elaboración propia.

5.5.2.3 Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados

Este aspecto considera el progresivo refuerzo y adecuación de edificios existentes y líneas vitales iniciados por estímulos fiscales o particulares ante las amenazas de un territorio (CARREÑO et al., 2004). En el caso particular del área de estudio, a contar específicamente desde 2007 se han mejorado instalaciones pertenecientes a diferentes organismos, debido a diferentes emergencias que han ocurrido en esta zona, como el terremoto blanco de 2007 o el incendio en la Reserva Natural China Muerta en 2015 (ver Anexos N° 6, 7 y 8 sobre los detalles de inversión). Pero, se desconoce si estas nuevas instalaciones realmente se edificaron considerando la amenaza volcánica, por ejemplo, que sean resistentes a la caída intensa de ceniza o piroclastos de mayor tamaño. Por lo demás, estas mejoras se han producido a contar de 2007 y no buscando mejores condiciones para afrontar esta amenaza, sino porque a raíz del terremoto blanco de ese año quedó al descubierto la falta de condiciones para enfrentar diferentes amenazas, en ese caso, nevazones intensas (Tabla 28).

Tabla 28. Evolución del reforzamiento e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Masificación del reforzo de los principales edificios públicos y privados; programas permanentes de incentivos para rehabilitación de vivienda de estratos socio-económicos de bajos ingresos.
Reforzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados	
Antes de la erupción 1994	Inexistente
Durante la erupción 1994	Inexistente
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Desde 2007 se han mejorado instalaciones pertenecientes a diferentes organismos, debido a diferentes emergencias que han ocurrido en esta zona, como el terremoto blanco de 2007 o el incendio en la Reserva Natural China Muerta en 2015. Sin embargo, se desconoce si se han mejorado pensando en los efectos que una erupción puede traer sobre éstos.
Durante la erupción 2007-2009	
Posterior a la erupción 2007-2009	Remodelación edificios consistoriales en Melipeuco (2015) y Curacautín (2016); CECOF en Cherquenco M\$ 414.816 pesos, inversión sectorial del Servicio de Salud Araucanía Sur en el año 2015 (2016); arreglos en la Escuela Japón; y Cuerpo de Bomberos de Melipeuco M\$ 821 pesos, para una instalación de dos pisos con 627 m2, convenio firmado en noviembre de 2016.

Fuente: elaboración propia a partir de BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016) y CHILEINDICA (2016).

5.5.3 Gestión de desastres

5.5.3.1 Organización y coordinación de operaciones de emergencia

Los cambios normativos han permitido que, en primer lugar, se haya cambiado de una mirada de atender sólo los desastres, a incorporar la gestión del riesgo como un proceso dinámico del cual debe existir preocupación, cambio que se materializó con la publicación del Plan Nacional de Protección Civil de ONEMI (Tabla 29). Si bien constituye un primer paso, los esfuerzos, las medidas y la legislación no han propendido a materializar esta situación. En el ámbito que si se ha avanzado, y que es posible visualizar considerando ambas erupciones, es en la coordinación y organización de los actores institucionales ante una emergencia, especialmente en el ámbito volcánico.

Además, se ha mejorado el flujo de información entre SERNAGEOMIN, ONEMI, el Gobierno Regional y los municipios, pero falta una mayor coordinación con los otros actores, los cuales también forma parte vital dentro del proceso de gestión, y no solo con aquellos actores institucionales, sino también los privados y la comunidad.

Tabla 29. Evolución de la organización y coordinación de operaciones de emergencia considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Modelos organizacionales que involucran estructuras de mando, instancias de coordinación y gestión de recursos y una avanzada integración interinstitucional entre entidades públicas, privadas y comunitarias.
Organización y coordinación de operaciones de emergencia	
Antes de la erupción 1994	Plan Nacional de Emergencias, o PNE (1977) establece las acciones a llevar a cabo en caso de emergencia (reactivo, normativo). Ley 18.262 de 1965 (mod. en 1977) establece la constitución de COE a nivel comunal. Ley 19.175 de 1992 de la Adm. Regional, establece la constitución de un COE a nivel regional. Liderazgo del Municipio e Intendencia en la toma de decisiones, independiente de los recursos con los que el municipio pueda contar.
Durante la erupción 1994	
Posterior 1994/ anterior 2007- 2009	Cambio del PNE por el PNPC de 2002 (gestión integral del riesgo, indicativo). Guía para considerar lo que se debe hacer para la Gestión del Riesgo. Liderazgo del Municipio e Intendencia en la toma de decisiones, independiente de los recursos con los que el municipio pueda contar.
Durante la erupción 2007- 2009	Fortalecimiento de la coordinación con la llegada de las Direcciones Regionales de ONEMI. Liderazgo del Municipio e Intendencia en la toma de decisiones, independiente de los recursos con los que el municipio pueda contar.
Posterior a la erupción 2007- 2009	Cambio normativo; se agrega el COE nacional (DS 38 de 2011). Fortalecimiento de la coordinación con la llegada de las Direcciones Regionales de ONEMI. Liderazgo de la Intendencia en la toma de decisiones.

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.2 Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta

Sobre los sistemas de alerta, estos nacen en 2002 en el caso de la alerta de protección civil y en 1999 para la alerta técnica de SERNAGEOMIN, y se han mantenido en el tiempo, lo que ha involucrado que la población se familiarice con ellos. Sin embargo, todavía existe poco conocimiento sobre los sistemas y niveles de alerta. Además, debido a que ambos están disponibles para todo público, dificulta la gestión ya que crean confusión. Esto se debe a que los sistemas de alerta no poseen los mismos niveles, por lo tanto, la alerta de ONEMI no necesariamente será la misma que SERNAGEOMIN. Esto significa que según la alerta de SERNAGEOMIN, el volcán puede presentar nivel de alerta naranja, lo que se refiere a una probable erupción mayor o retorno después de etapa eruptiva, donde ONEMI puede considerar alerta amarilla, por el aumento de la actividad de base del volcán, o alerta roja, si el diagnóstico es que existe población en riesgo inminente, lo que puede llevar a decretar la evacuación con este nivel de alerta. No necesariamente cuando SERNAGEOMIN establece nivel de alerta naranja significa que se decreta alerta roja en ONEMI. Al no estar homologados estos sistemas, y producto que ambos son publicados en línea, se genera confusión en la comunidad.

Respecto de los planes de contingencia, se avanzó de no poseer nada en 1994 a contar con planes donde se incluyen indicaciones sobre la evacuación de la población (Tabla 30). Sin embargo, estos planes no cuentan con estudios profundos de riesgo, de las capacidades y vulnerabilidades del sector en cuestión, por lo tanto, no se antepone a diversos escenarios, respondiendo a la inmediatez y reactividad con que se consideran los riesgos (los planes de contingencia actuales se crearon durante la erupción de 2007-2009).

Tabla 30. Evolución de la Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta.

PERIODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Preparación para la respuesta operativa con base en escenarios probables en todas las localidades o distritos; uso de tecnología de la información para la activación de procedimientos automáticos de respuesta.
Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta	
Antes de la erupción 1994	Planes de contingencia: se desconoce la existencia de algún plan en específico.
Durante la erupción 1994	Planes de contingencia: se hace alusión al Plan de Emergencia Volcán Llaima (ONEMI, 1994), pero se desconoce en qué consiste. Señal de alerta: dos toques de sirena de bomberos. Tipos de alerta: no existen.
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Planes de contingencia: se desconoce la existencia de algún plan en específico, a pesar que en el Plan Nacional de Protección Civil (PNPC) estipula que cada comuna debe tener un plan de emergencia. En 2004 nace el Plan de Protección Civil de La Araucanía. Tipos de alerta: comienza el funcionamiento de los sistemas de alerta de SERNAGEOMIN (1999) y ONEMI (2002).
Durante la erupción 2007-2009	Planes de contingencia: durante esta erupción se crean los planes de contingencia en las tres comunas, y se utiliza el plan que elaboraron los guardaparques en Conguillío. Señal de alerta: toque continuo de la sirena de bomberos.
Posterior a la erupción 2007-2009	Planes de contingencia: actualización de los planes de contingencia (Melipeuco, Curacautín, Parque).

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.3 Dotación de equipos, herramientas e infraestructura

La última erupción del Volcán Llaima contribuyó a mejorar las condiciones para enfrentar este tipo de fenómenos debido a que se liberaron recursos para fortalecer la infraestructura de emergencia en la zona (Tabla 31).

Comunicaciones: hoy existe mayor conectividad en telefonía celular, sin embargo, al interior del Parque Conguillío no llega señal, incluso en los sectores de Captrén y El Escorial, la señal es deficiente. No todas las compañías poseen cobertura, lo que perjudica en caso de emergencia, sobre todo entendiendo que las comunicaciones es lo primero que deja de funcionar. Ante esto, se instalaron radios durante el proceso eruptivo de 2007-2009, en el caso de El Escorial, residentes del sector aseguran que los radios actualmente no se encuentran en funcionamiento y en Captrén se instalaron radios, se utilizaron en la evacuación de enero y julio, pero actualmente sólo se encuentra funcionando la radio base ubicada en la sede social.

Señalética: Adicionalmente, existe consenso en la comunidad en indicar que la señalética es deficiente, poco clara, que en caso de una evacuación masiva, no se respetará e incluso, sólo ayudará a crear mayor confusión. Y sobre los semáforos volcánicos, parte de la población los desconoce, y los que si los han visto señalan que se encuentran deteriorados (Figura 55c) y que no existe preocupación por cambiar esta situación.

“No dice a cuántos metros, cuantos metros tiene que avanzar para abajo ud. Para la gente de aquí sabemos, que llegamos a la calle allá, hasta el refugio, pero ¿y el que no sabe? Va andar haciendo taco no más... Ud. cree que el volcán le va a decir que en 15 min, media hora va a llegar a Melipeuco? Tiene que ser rápido”. Hombre, área urbana Melipeuco 2016.

“Creo que faltan algunas que colocar, son muy pocas. Sobre todo para la gente externa para llegar a la sede”. Mujer, Captrén 2016.

La particularidad de estas señaléticas es que se encuentran en inglés y español, buscando resguardar tanto a los habitantes del sector como turistas (ONEMI, 2011; ONEMI, 2012b). Sin embargo, en terreno se pudo comprobar que la mayoría de la señalética instalada corresponde a la del año 2008 (Figura 55a), efectivamente poco clara, sin indicar cuántos metros continuar ni hacia dónde dirige. Por otro lado, la señalética instalada en 2012 (Figura 55b) integra a los turistas extranjeros (indicaciones en inglés), sin embargo existen pocos letreros de este tipo, sólo vistos en terreno en la comuna de Melipeuco.



Figura 55. Señalética instalada en centro urbano Melipeuco. Figura A señalética instalada en Av. Pedro Aguirre Cerda (Melipeuco), Figura B, señalética instalada en Camino a Huallurupe (Melipeuco), Figura C, semáforo volcánico en puente Quepe, Cherquenco. Fuente: elaboración propia.

Albergues: en la erupción de 2007-2009, se construyeron tres albergues en la comuna de Melipeuco, localizados en la sede social de El Escorial (camino a Conguillío), Villa El Mirador (sector norte planta urbana) (Figura 56a) y Huallurupe (ribera sur río Allipén, Figura 56b). Estos albergues se solicitaron a principios de enero de 2008 y el costo de esta inversión por parte de la SUBDERE fue de M\$181.545.000 financiados por el Programa de Mejoramiento Urbano (PMU) de dicha institución (SUBSECRETARIA DEL MINISTERIO DE HACIENDA, 2016). Sin embargo, producto de que estos espacios se utilizan exclusivamente como albergue, es que se han deteriorado por fuera según los vecinos del sector, en específico el albergue Huallurupe, ya que no existe preocupación del Municipio por mantener estos espacios limpios y que no sean destino de “tomateras” o “fiestas” (Figura 56b).



Figura 56. Mejoras en infraestructura de emergencia implementadas en Melipeuco. En la figura A muestra el refugio transitorio ubicado en Villa El Mirador, en la figura B muestra el refugio transitorio Huallalupe. Fuente: fotografías tomadas en terreno.

Curacautín actualmente tiene definido como albergues 14 recintos educacionales de la comuna ubicados en la planta urbana, siendo el Internado Municipal el albergue principal. Por lo tanto, en las zonas de posible afectación se juntan en los puntos de encuentro definidos, como la sede social de Captrén (Figura 57), la cual cuenta con insumos de emergencia. Se desconoce si el internado o alguno de los 13 establecimientos han sido ocupados en ocasiones anteriores como albergues, por lo menos no en erupciones del Volcán Llaima.



Figura 57. Sede Social Captrén. Fuente: fotografías tomadas en terreno.

Por lo demás, en Vilcún históricamente se ha designado a la Escuela Japón como lugar de albergue para la zona de Cherquenco. Esta escuela tiene 90 años al servicio de la comunidad, razón por la cual se utiliza como albergue, por lo tanto, se ocupó en la erupción de 1994, en 2007-2009, e incluso para el terremoto del Maule el año 2010, según testimonio de una residente de Cherquenco. Hasta hace seis años atrás, este espacio era internado, lo que complicaba si coincidía albergar población producto de una emergencia cuando fuese durante el período escolar.

Se ha decidido integrar a Cunco, debido a que en caso de evacuación total de la comuna de Melipeuco, ésta se trasladará hacia esta comuna, constituyéndose como albergue. Según la prensa, en la erupción de 2007-2009, se informó los albergues en esta comuna dispuestos en caso de evacuación y para la población que quisiese salir de la comuna de Melipeuco, los que fueron la Escuela Atenea y Liceo Teodoro Schmidt en Cunco. Estos

estaban equipados con colchonetas, frazadas, y alimentos entregados por Onemi. En la entrevista con el Jefe de Gabinete y encargado de emergencias de la comuna, señaló que actualmente se cuenta con el gimnasio municipal para ser ocupado como albergue principal, además del Colegio Atenea (internado, sede enseñanza básica y sede enseñanza media), lugares que se ocuparon en el simulacro realizado el año 2010. Se desconoce desde qué año se designaron estos espacios como albergues.

Tabla 31. Evolución de la dotación de equipos e infraestructura considerando ambas erupciones.

PERIODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Redes de apoyo interinstitucional, de centros de reservas y entre COEs funcionando permanentemente; amplias facilidades de reporte, comunicaciones, transporte y abastecimiento en caso de emergencia.
Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	
Antes de la erupción 1994	Comunicaciones: Existía un teléfono en Melipeuco. Obras públicas: se desconoce.
Durante la erupción 1994	Comunicaciones: Existía un teléfono en Melipeuco. Insumos de emergencia y apoyo logístico: entrega por parte de ONEMI (nacional) y disposición de buses por la Intendencia. Obras públicas: se desconoce. Infraestructura de emergencia: utilización de recintos educacionales como albergue.
Posterior 1994/ anterior 2007- 2009	Comunicaciones: Llegaron 50 teléfonos a la planta urbana de Melipeuco. Financiado por el FNDR Sistema de comunicación de emergencia en Curacautín en 1998; radios focalizadas en 2001, 2002 y 2006; 2007 radios en postas rurales. Insumos de emergencia y logísticos: adquisición carro bomba en Cherquenco.
Durante la erupción 2007- 2009	Comunicaciones: radios en El Escorial y Captrén. Insumos de emergencia y apoyo logístico: entrega por parte de ONEMI de sistema básico de telecomunicación de emergencia, equipos electrógenos, focos alógenos, conductores eléctricos, linternas, cascos de seguridad, máscaras de media cara con filtro, antiparras; y disposición de buses por la Intendencia. Obras públicas: pavimentación vías de evacuación en Melipeuco 2008: Huallerope M\$ 50.000, financiado por el FNDR el año 2008, y Camino a Conguillío por Melipeuco \$389.837.611, ejecución en el año 2009 y realizado por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas. Señalética: se licita e instalan en 2008. Infraestructura de emergencia: construcción albergues Melipeuco (2008); utilización de recintos educacionales como albergue en Curacautín, Vilcún y Cunco.
Posterior a la erupción 2007- 2009	Comunicaciones: instalación de radios en las comunas de la Región por parte de ONEMI, pero todavía no se inauguran. Obras públicas: proyecto pavimentación acceso Cherquenco (Cajón-Vilcún-Refugio Llaima) y Captrén (KM 9,0 al KM 21,6 mirador Captrén) hacia el Parque (2016); remodelación puentes TrifulTriful (2010-2012) y Medina (2011-2014). Señalética: densificación de la ya instalada (2011).

Fuente: elaboración propia a partir de entrevistas, BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016) y MOP (2016), ONEMI (2009c), ONEMI (2011), ONEMI (2012b)

5.5.3.4 Preparación y capacitación de la comunidad

Considerando el período entre ambas erupciones, no se han realizado este tipo de actividades, a excepción de los sectores de El Escorial y Captrén, pero durante la erupción de 2007-2009 (Tabla 32). Por lo demás, si bien existe la voluntad de realizar mayores actividades de capacitación hacia la comunidad, ello no se da en la realidad debido a falta de recursos, de personal y de tiempo fundamentalmente, por lo que este tipo de actividades se encuentra relegado hasta una próxima oportunidad.

Tabla 32. Evolución de la preparación y capacitación de la comunidad.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Cursos permanentes de prevención y atención de desastres en todas las localidades o distritos dentro de la programación de capacitación en desarrollo comunitario en coordinación con otras entidades y ONGs.
Preparación y capacitación de la comunidad	
Antes de la erupción 1994	Inexistente
Durante la erupción 1994	Inexistente
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Inexistente
Durante la erupción 2007-2009	Durante la erupción se realizaron charlas informativas en los sectores aledaños al volcán, El Escorial y en Captrén. Se desconoce en Cherquenco.
Posterior a la erupción 2007-2009	Inexistente

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.5 Planificación para la rehabilitación y reconstrucción

Según lo que plantea CARREÑO et al. (2004), este parámetro conlleva el diseño e implementación de planes de rehabilitación y reconstrucción antes de la ocurrencia de un desastre, donde para una efectiva Gestión y Reducción del Riesgo y de los Desastres, se deben realizar programas de recuperación del tejido social, fuentes de trabajo y medios productivos, reconstrucción de daños físicos mediante iniciativas de los distintos organismos involucrados según la legislación específica, siempre anticipándose al evento. Sin embargo, en Chile no existen normas, leyes ni protocolos que apunten a esto, enfocándose en la liberación de recursos cuando se produce el siniestro (atención del desastre), y en caso de tener que reconstruir o relocalizar población, se maneja en el momento, primando la recuperación de la vivienda, desconociendo y despreocupando la recuperación social (CONTRERAS & BELTRAN, 2015). Esta situación se replica en el área de estudio (Tabla 33).

Tabla 33. Evolución de la planificación para la rehabilitación y reconstrucción.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Desarrollo generalizado de planes detallados de reconstrucción de daños físicos y recuperación social con base en escenarios de riesgo; legislación específica y medidas anticipadas para futura activación.
Planificación para la rehabilitación y reconstrucción	
Antes de la erupción 1994	No existen normas, leyes ni protocolos que apunten a esto, enfocándose en la liberación de recursos cuando se produce el siniestro, y en caso de tener que reconstruir o relocalizar población, se maneja en el momento, primando la recuperación de la vivienda, desconociendo y despreocupando la recuperación social
Durante la erupción 1994	
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	
Durante la erupción 2007-2009	
Posterior a la erupción 2007-2009	

Fuente: elaboración propia.

5.5.4 Gobernabilidad y protección financiera

5.5.4.1 Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada

El hito en la Gestión del Riesgo en Chile lo constituye el PNPC, sin embargo, todavía se sigue operando en la emergencia, donde lo que se ha fortalecido es la comunicación entre los organismos técnicos y los municipios. Además, en los gobiernos locales no se cuenta con encargados de emergencia que posean una formación asociada a estos temas ni tampoco equipos multidisciplinarios que se encarguen de los riesgos de origen natural. Esta comunicación se ha fortalecido con la llegada de las direcciones regionales, tanto de ONEMI como de OVDAS, pero se continúa con una organización básica de entidades con un enfoque sobre la respuesta a la emergencia (Tabla 34).

Tabla 34. Evolución de la organización de actores considerando ambas erupciones.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Personal experto con amplia experiencia incorporando la gestión de riesgos en la planificación del desarrollo humano sostenible; sistemas de información de alta tecnología.
Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	
Antes de la erupción 1994	Por las características de la normativa imperante, se enfoca en la emergencia, sin prevenir desastres, sino atender la contingencia.
Durante la erupción 1994	
Posterior 1994/ anterior 2007-2009	Cambio en el paradigma que opera sobre la atención de emergencias, pero existe la dificultad que se maneja desde nivel central. Se trata de mejorar la gestión con la llegada de las direcciones regionales de ONEMI en la región.
Durante la erupción 2007-2009	La organización se ha fortalecido a través de la llegada de direcciones regionales en la Araucanía (tanto OVDAS como ONEMI), lo que ha permitido que se realicen mayores actividades y que exista un contacto frecuente entre estas instituciones. Sin embargo, todavía existe un enfoque orientado en la respuesta a emergencias.
Posterior a la erupción 2007-2009	

Fuente: elaboración propia.

5.5.4.2 Fondos de reserva para el fortalecimiento institucional, localización y movilización de recursos presupuestarios

Respecto al financiamiento en casos de emergencia, desastre o catástrofe, no existe ítem en el presupuesto municipal designado para ello o fondos permanentes con este destino. Por lo tanto, los municipios se ven en la tarea de ajustar sus presupuestos, dependiendo de los recursos sectoriales que puedan ser liberados para ayudar en la emergencia, o de la postulación a proyectos para mejorar la infraestructura y equipamiento. Las emergencias no son algo contemplado permanentemente dentro de la legislación chilena o de los presupuestos, a pesar de que el país enfrente múltiples riesgos constantemente (Tabla 35).

En este sentido, producto de la caída de polvo volcánico durante la erupción de 2007-2009, el impacto de ésta en las actividades económicas comprometió el ganado de los agricultores de la zona, por lo que el Ministerio de Agricultura decretó zona de emergencia agrícola en las comunas de Lonquimay, Curacautín, Vilcún, Cunco y Melipeuco, involucrando un monto de M\$ 2.500, lo que se destinó en medidas de protección en relación a la alimentación y el cuidado sanitario del ganado, mediante un catastro ganadero para medir los daños (INDAP, 2009). Sin la disposición de estos recursos, los agricultores afectados no habrían contado con los recursos para cuidar sus animales, teniendo en consideración que en 2007 también se había decretado zona de catástrofe producto del “terremoto blanco” (FREDES, 2007). En el caso del Turismo, se controlaron los accesos al Parque Conguillío, el cual en el año 2008 estuvo cerrado varios meses, y se estableció un Plan de empleo para aquellas personas que trabajan en el rubro y estuvieran en la zona roja designada, medida aplicada desde la Intendencia según lo señalado en la prensa.

Actualmente, las comunas aledañas al volcán se han podido equipar de mejor infraestructura debido a proyectos financiados por la SUBDERE o del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), pero estos no están destinados exclusivamente a mejorar las condiciones ante las amenazas que puedan existir en un territorio, sino a programas incluidos en ambas instancias que permiten su financiamiento.

Tabla 35. Evolución de los fondos disponibles para la GRD considerando ambas erupciones.

PERIODO	Fondos de reserva para el fortalecimiento institucional	Localización y movilización de recursos de presupuesto
Mejor escenario (según CARREÑO et al., 2004)	Funciona un fondo de reservas en la ciudad. Se realiza ingeniería financiera para el diseño de instrumentos de retención y transferencia de riesgos.	Utilización de empréstitos gestionados por la ciudad con fines de reducción de riesgos ante organismos multilaterales de crédito.
Antes de la erupción 1994	Los municipios están supeditados a los aportes sectoriales o destinados desde el poder central para mejorar la infraestructura, a los proyectos que pueda generar la SUBDERE y a las iniciativas que se puedan financiar a través del FNDR, sin embargo, ninguna de estas instancias está destinado un porcentaje para emergencias.	
Durante la erupción 1994		
Posterior 1994/ anterior 2007-2009		
Durante la erupción 2007-2009		
Posterior a la erupción 2007-2009		

Fuente: elaboración propia.

5.6 Gestión del Riesgo en el Volcán Llaima

5.6.1 Evolución de los componentes del Riesgo

5.6.1.1 Amenaza

En los diferentes mapas e investigaciones sobre el volcán se encuentran descritos los procesos de flujo que usualmente se generan en una erupción (lahares, flujos de lava, flujos de piroclastos), pero son escasos los trabajos relacionados con la caída de piroclastos. Por otro lado, la mayoría de las investigaciones se realizaron cuando el volcán estaba en erupción, lo cual es el momento idóneo para el estudio de su comportamiento, sin embargo, se ha generado escaso conocimiento posterior a las erupciones.

En cuanto a la evaluación del riesgo, existen diferentes cartas de peligro, sin embargo, no poseen las mismas metodologías ni escalas de trabajo, por lo tanto, difieren en las zonas mapeadas y la extensión que abarcaría el volcán considerando su pasado eruptivo. En este sentido, PINEDA (1984) realiza la primera evaluación de peligro volcánico a través del análisis de fotografías aéreas, y si bien relata los procesos y los cauces mayormente expuestos a la generación de lahares, no posee una base volcanológica detalla en los procesos, sino más bien en las áreas históricamente comprometidas.

Por otro lado, MORENO y NARANJO (2003) realizan la primera evaluación formal del peligro volcánico en el Llaima a través de un estudio del comportamiento físico del volcán, en el cual a partir de ello, zonifica en alta, moderada o baja peligrosidad. La particularidad de esta evaluación es que se preocupa del comportamiento específico del volcán, sin dejar de lado la historia eruptiva.

Finalmente, LARA et al. (2011) realiza una zonificación de la amenaza volcánica asociada a un sistema de clasificación y priorización de cada volcán geológicamente activo, y una evaluación del peligro volcánico para cada centro, obteniendo una base para la integración final a nivel nacional. Sin embargo, a través de parámetros bases realiza la modelación numérica, por lo tanto, estandariza la información para todos los volcanes. Si bien el objetivo de esta iniciativa es constituir una primera aproximación al peligro volcánico a nivel nacional, queda al debe respecto de las particularidades de cada volcán, e incluso, en separar la zonificación según los procesos.

Ahora bien, la evaluación de la amenaza volcánica y las metodologías utilizadas responde al desarrollo teórico y metodológico vigente para cada cartografía. En este sentido, la cartografía de PINEDA (1984) se enmarca en donde la volcanología era poco estudiada en Chile, ya que en esos años recién se había creado SERNAGEOMIN, institución que el día de hoy lidera las investigaciones volcanológicas en el país. Además, hasta los años 70-80 la volcanología estaba dominada por investigaciones netamente asociadas a las ciencias de la tierra y con una marcado carácter descriptivo (CHESTER et al., 2002, SIGDURSSON, 2015). Tampoco se habían desarrollado los avances en esta disciplina en cuanto a modelación determinística y probabilística (MORALES, 2014). Por otro lado, la cartografía de MORENO y NARANJO (2003) se enmarca en el cambio paradigmático de la volcanología, enfocándose al estudio de los mecanismos que generan y controlan las erupciones, y colocando énfasis en la predicción y prevención para reducir los niveles de riesgo (MARTI, 2010).

En cambio, la zonificación de LARA et al. (2011) responde a los avances que se han realizado en la volcanología moderna (GONZALEZ et al., 2010), a través de la utilización de parámetros para la modelación numérica de esta amenaza, requiriendo menos cantidad de datos y mayor facilidad para trabajar con ellos (FELPETO et al., 2007).

5.6.1.2 Vulnerabilidad

De acuerdo a los resultados del Índice de Vulnerabilidad Social de CUTTER et al. (2003), la evolución de la vulnerabilidad entre 1992 y 2002 refleja un aumento de ésta, donde en doce distritos subieron una categoría respecto al año anterior, a excepción de cuatro distritos – Rarirruca, Santa María de Llaima, San Patricio y Niágara – los cuales mostraron una disminución de la vulnerabilidad social. Consecuentemente, los siete distritos restantes mantuvieron su condición de vulnerabilidad en el período.

Específicamente en los sectores aledaños al volcán, se pudo apreciar que en Cherquenco y Captrén aumentaron los niveles de vulnerabilidad, lo que se explica por los altos valores de los factores de desempleo (1992) y condiciones de materialidad de la vivienda (2002) para el primero, mientras que en el segundo, la vulnerabilidad se explica por los jubilados, el desempleo, el acceso a servicios higiénicos y condiciones de materialidad de la vivienda tanto para el año 1992 como 2002. En el caso de Melipeuco, esta localidad se mantuvo en la categoría “media” ambos años, y si bien no mostró variación en el nivel de vulnerabilidad, sí lo hizo en los factores predominantes de ésta para cada año, donde en el año 1992 los factores de población adulto mayor, desempleo y condiciones de materialidad presentan vulnerabilidad “media alta”, mientras que en 2002 priman los factores jubilados y desempleo.

Por lo tanto, es factible aseverar que han aumentado los niveles de vulnerabilidad de la población circundante al volcán, y que los factores que explican esta situación corresponden a desempleo (principalmente juvenil), población adulto mayor, y condiciones de materialidad de la vivienda, lo que se explica por la migración de los jóvenes hacia ciudades que ofrecen mayor accesibilidad a servicios (principalmente trabajo y estudios). Los sectores aledaños al volcán tienen un carácter eminentemente rural y van en línea con las tendencias actuales de envejecimiento de la población a nivel nacional.

5.6.1.3 Exposición

Producto de la escasa información disponible respecto de la infraestructura, sistemas de transporte y servicios urbanos, no fue posible calcular la exposición de estos elementos tanto para la erupción de 1994 ni de 2007-2009, sólo la actual. Por ello, se analiza la exposición en términos de cantidad de población y vivienda en los sectores aledaños al volcán, ya que fue posible ver la evolución de estas variables para ambas erupciones. Debido a esa misma escasez de población, tampoco es posible conocer la exposición actual en términos de población y viviendas del área de estudio.

Por lo tanto, la evolución de estos parámetros indica que estos sectores no han experimentado crecimiento demográfico explosivo entre 1992 y 2002, incluso han tendido a la baja entre ambos años. Pero, la cantidad de viviendas se ha incrementado. Esto se debe a la subdivisión predial que realizan las familias para aquellos integrantes que buscan su independencia y conformación de familia, lo que no necesariamente implica aumento de la cantidad de población, pero si mayor cantidad de viviendas.

La comuna con mayor cantidad de habitantes y viviendas ubicada en alta peligrosidad de acuerdo a la cartografía de MORENO y NARANO (2003) es Melipeuco, que si bien no ha experimentado un crecimiento demográfico explosivo, ha aumentado en población y en cantidad de viviendas. Por estar en el mayor nivel de peligrosidad, todos los servicios y equipamiento que existen en Melipeuco se encuentran en esta categoría, que si bien en cuanto a servicios han llegado en forma posterior a la erupción de 1994, en el caso del equipamiento este se encuentra instalado con anterioridad a la erupción. Esta situación se repite en Cherquenco y en Captrén.

Producto de esto mismo es que Melipeuco posee mayor cantidad de infraestructura expuesta, seguida por Cherquenco y en menor medida Captrén, debido a ser una localidad rural. La comuna de Melipeuco se encuentra completamente expuesta en el área de riesgo, mientras que Cherquenco y Captrén son localidades pequeñas al interior de sus respectivas comunas.

5.6.1.4 Niveles de Riesgo de la Población

En síntesis, como muestra la Tabla 36 y Tabla 37, aquella comuna que presenta tanto la amenaza como la exposición y la vulnerabilidad en altos niveles es Melipeuco considerando ambos años, ya que a diferencia de los otros sectores, posee mayores elementos en exposición en zonas de alta peligrosidad, a pesar que la vulnerabilidad social se ha mantenido. En el caso de Cherquenco, para ambos años presenta condiciones medias de los tres componentes, sólo aumentando la vulnerabilidad en 2002, mientras que Captrén, que es la menor localidad bajo estudio, si bien se emplaza en un sector de alta peligrosidad, la cantidad de población es reducida, no existen equipamientos en la zona pero la vulnerabilidad presenta los mayores niveles.

Tabla 36. Componentes del Riesgo en los tres sectores para el año 1992.

Componente	Melipeuco	Cherquenco	Captrén
Amenaza	Alta	Media	Alta
Vulnerabilidad	Media	Media	Media
Exposición	Alta	Media	Baja

Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. Componentes del Riesgo en los tres sectores para el año 2002.

Componente	Melipeuco	Cherquenco	Captrén
Amenaza	Alta	Media	Alta
Vulnerabilidad	Media	Media Alta	Media Alta
Exposición	Alta	Media	Baja

Fuente: elaboración propia.

5.6.2 Evolución de la Gestión del Riesgo Volcánico

5.6.2.1 Identificación del Riesgo

En comparación con los parámetros que establecen CARREÑO et al. (2004), no se ha llegado al óptimo pero si, se ha mejorado considerablemente el monitoreo volcánico, cuyo avance no ha ido paralelo al monitoreo de los ríos del sector, donde es la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas la institución responsable de esta labor. Solo se

han instalado dos estaciones en los cursos de agua que nacen en el volcán, las cuales ayudan en el alertamiento del incremento del caudal de los ríos y al estudio de éstos, y las otras 11 estaciones se encuentran en un radio de 30 km desde la cima del volcán. Si bien se ha mejorado en cuanto a monitoreo, todavía existen brechas en la bajada de esta información a instituciones (no solo del aparato público) y hacia la población.

Sobre la evaluación de la amenaza volcánica, si bien existe un avance con la publicación de información referente al estado del volcán, este se ve entorpecida por no acercar esta información en términos que pueda comprender la población y aquellas instituciones que no poseen una formación en términos volcánicos. Se entiende que esta agencia es de carácter técnico-científico, sin embargo, tiene alta llegada a la comunidad, y si se impulsa a través de los diferentes medios acercar estos temas de alguna forma a la población, debiese ser con un lenguaje y explicación acorde a ello, en especial los mapas de peligro. En efecto, muchos de los encargados de emergencia comunales no poseen una formación sobre estos temas, y sin embargo deben tratarlos e incluso leer los reportes que les envían mensualmente. Utilizar otro tipo de lenguaje contribuiría a mejorar la difusión de información y a mantener a una población informada. La educación en la población es un pilar fundamental y la participación de ésta en los procesos para poder disminuir los daños ante un evento desastroso (Ibíd.).

Uno de los aspectos más deficientes de la gestión lo constituye la escasa o nula participación comunitaria, ya sea en términos de información o de preocupación, y esto es motivado porque la población no se incorpora en la gestión, sino que se tiene como receptor y ejecutor de las medidas que las autoridades ya determinaron, no existe un flujo bidireccional o multidireccional de información ni retroalimentación de los procesos entre la población y las autoridades. Así mismo, tampoco se incluye al sector privado. Además, no se dan las instancias de flujo de información constante tanto de la situación del volcán, los planes y de la gestión que se realice a todos los actores. Más bien existe mayor información en períodos de emergencia, mientras que en condiciones “normales” se tiende a olvidar la importancia de mantener constantemente a todos los actores informados, ya sean públicos, privados como a la comunidad.

Ahora, respecto a la capacitación y la educación en gestión de riesgos, no se les da prioridad dentro del currículum escolar, tampoco capacitaciones a nivel comunitario. Se prioriza la capacitación a personal encargado de o dispuesto para emergencias. En este sentido, son necesarias las capacitaciones a todo actor que trabaje en la contingencia, pero que sea previo a un evento eruptivo, no con la erupción en transcurso. Como se mencionó anteriormente, los encargados de emergencias de los municipios tampoco provienen de una formación relacionada a los riesgos, y como además cumplen múltiples funciones, ello dificulta el hacer una gestión integral, enfocándose sólo en la GdE.

5.6.2.2 Reducción del riesgo

El riesgo volcánico y, en general, la mayoría de las amenazas presentes en el territorio nacional, no se las integra en la planificación, ni urbana ni de los espacios rurales, provocando que espacios con alta exposición sean ocupados sin tener las precauciones por un futuro evento que pueda dañar estos lugares. Se pretende que con los Planes de Ordenamiento Territorial (PROT) se regule esta situación, pero hasta el momento, no existe instrumento normativo que regule los espacios rurales. En este sentido, este es uno de los

puntos bajos que posee la Gestión del Riesgo Volcánico, ya que al comparar con el mejor escenario propuesto por CARREÑO et al. (2004), es deficiente tanto a nivel local como a nivel nacional por no contar con una normativa que permita planes de ordenamiento territorial coherentes con las realidades y contextos del territorio, y se consideren las amenazas de origen natural dentro de la planificación.

Otro rasgo de la reducción del riesgo es el refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados, el cual se ha desarrollado escasamente en el área de estudio. Existen inmuebles que se remodelaron, o que están en proceso de, sin embargo, por ley no existe legislación sobre la edificación de cierta resistencia y materialidad de los techos en caso de caída de polvo volcánico o piroclastos de mayor tamaño (en el caso hipotético que ocurriese), por lo tanto no necesariamente estas edificaciones se han adecuado a estas condiciones. Se desconoce si así fuese, pero por ley la única amenaza integrada en términos de códigos de construcción es la sísmica, e hipotéticamente se establece la construcción fuera de áreas de riesgo, siempre y cuando exista un estudio de por medio.

5.6.2.3 Gestión de desastres

Respecto de la organización y coordinación de operaciones de emergencia, este es uno de los puntos fuertes de la gestión y ha tenido una evolución positiva, considerando el lapso temporal de estas erupciones. Pero al ampliar la escala, es posible identificar que los avances que se han realizado constituyen la base inicial y que todavía falta más en esta materia. CARREÑO et al. (2004) establecen que el mejor escenario considera modelos organizacionales que contemple estructuras de mando, espacios de coordinación y gestión de recursos, acompañado de una integración interinstitucional entre todos los actores, considerando públicos, privados y comunitarios. Aquellos actores que no es considerado en ningún aspecto de la gestión del riesgo son los privados y la población, donde ambos actores quedan relegados a las decisiones que se tomen desde las autoridades.

A su vez, con la entrada en vigencia del Plan Nacional de Protección Civil, se cambia de reaccionar en el momento mismo a una gestión de las emergencias, si bien se tiene como objetivo realizar una gestión del riesgo, en términos prácticos se sigue actuando sobre la emergencia. Sin embargo, este plan logra que a nivel local existan planes de emergencia para saber cómo actuar en caso que una situación lo amerite. Esto lleva a que a partir de 2008, las comunas aledañas al volcán hayan creado sus planes de contingencia volcánica, y si bien no todos están disponibles a la comunidad, se cuenta con esa medida. Por el contrario, estos planes de contingencia no poseen un estudio previo sobre la amenaza, situándose en diferentes escenarios.

Por lo demás, la preparación y capacitación de la comunidad es un punto débil de la gestión, ya que como se mencionó anteriormente, son escasas y focalizadas a aquellos espacios que se encuentran más expuestos, pero sólo durante la emergencia.

Otro punto bajo es la planificación para la rehabilitación y reconstrucción, donde no existen normas que consideren esta situación, por lo tanto, cuando la emergencia o un desastre conllevan la relocalización de población o de actividades, se evalúa en el momento. No se anticipa frente a ningún escenario, a pesar de conocer aquellas amenazas más recurrentes o con registros históricos de zonas que se han visto damnificadas.

5.6.2.4 Gobernabilidad y protección financiera

Si bien han existido avances en esta materia, todavía tiende a concentrar la atención en la emergencia, como dotación de radios, carpas, colchonetas, dejando de lado aquellas intervenciones que podrían realmente apuntar a una gestión del riesgo, como reducción de la pobreza, políticas públicas que traten la reducción de la vulnerabilidad, etc. Por lo tanto, se ha avanzado más en una mejor coordinación frente a una emergencia, que en una coordinación interinstitucional, multisectorial y descentralizada para reducir eficientemente los niveles de riesgo y, por ende, la vulnerabilidad de la población.

Por otro lado, estos recursos no se han repartido equitativamente en los sectores comprometidos ante una erupción, donde la mayor cantidad de recursos se han invertido en Melipeuco, seguido de Curacautín y Vilcún. Esto se debe a que toda la población de Melipeuco se encuentra en zona roja, por lo tanto, se han inyectado recursos para sopesar esta situación. Sin embargo, no se deben descuidar las otras localidades ya que, por ejemplo, en el caso de Cunco, recibiría a los evacuados de Melipeuco, por lo que debe contar con las condiciones necesarias tanto para la gente que viene llegando, como para los residentes de la comuna. Si bien no están directamente expuestos, si deben equiparse para responder a este mandato. El detalle de los proyectos ejecutados se encuentra en los anexos N° 6, 7 y 8.

Además, ONEMI por ley no posee atribuciones en el ámbito de la fiscalización, por lo que al ser un organismo asesor ante situaciones de emergencia conlleva a que no todas las iniciativas que propongan se materialicen, a pesar que socialmente se tiene la creencia de que dicha institución tiene poder político y económico para atender este tipo de eventos. ONEMI se configura como la institución encargada de realizar y “promover” la Gestión del Riesgo a nivel nacional considerando todas las amenazas presentes en el territorio, sin embargo, al no poseer dichas facultades se encuentra entrampada de poder realizar fehacientemente Gestión del Riesgo en Chile.

5.6.3 Políticas Internacionales en la Gestión del Riesgo

Con el advenimiento del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN) en los años 90, se tensiona en la opinión pública las acciones que hasta dicha década se venían materializando en términos de GdR y GdE. En dicho período, a nivel mundial se estableció la necesidad de la concientización sobre estos temas, a través de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres (CMRD). Se han realizado tres conferencias, las cuales tienen por objetivo reducir las pérdidas, ya sean en términos de población como materiales, en situaciones de desastre, sobre todo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo (PARGA, 2010).

Estas conferencias poseen distintas prioridades de acción, que van en relación con el contexto en el cual se desarrollaron, por lo tanto, en la Conferencia de Yokohama en 1994 (UNISDR, 1994), la atención estaba orientada a la concientización hacia los desastres y de tomar medidas para disminuir sus costos, estipulando que cada país tiene el deber de resguardar a su población, infraestructura y patrimonio social, además de recalcar la importancia de las actividades humanas en la generación de escenarios de desastres.

Si se compara con lo acontecido en el Volcán Llaima, hasta dicho minuto no existía conciencia de generar acciones que propiciaran la Gestión del Riesgo, en menor medida la Gestión del Riesgo Volcánico, ya que, tanto por condiciones políticas (devuelta a la Democracia) como por condiciones de mentalidad, imperaba una mirada reaccionaria y claramente alejada de la justicia ambiental. Además, recién a contar de 1996 existe monitoreo de esta amenaza en el país, por lo tanto, no se pensaba en disminuir los niveles de riesgo ni apelar a una GdR para mejorar las condiciones de la población ante escenarios de desastre, simplemente de contar con las condiciones mínimas para responder ante las emergencias que se presentasen.

Producto de la Conferencia albergada en Hyogo (UNISDR, 2005) tenía como propósito lograr un cambio en la mentalidad de los gobiernos y las naciones, específicamente en llegar a constituir como prioridad nacional la reducción de riesgos de desastres, mejorar y potenciar los sistemas de alerta temprana, utilizar los conocimientos y la educación para crear una cultura de seguridad y resiliencia, reducir los factores de riesgo subyacentes, y fortalecer la preparación para casos de desastres.

Constituye un cambio fundamental en Chile la promulgación del Plan Nacional de Protección Civil y del programa de RNVV, sin embargo, todavía se encuentran insertos en la visión reaccionaria que impera a nivel de Estado. Sin embargo, se encuentra en línea con los compromisos propuestos en dicha conferencia, pero mejorando el sistema de respuesta desde la emergencia.

Respecto a los avances y acuerdos identificados en la Conferencia de Sendai (UNISDR, 2015), se retoma el comprender el riesgo de desastres, se potencia el fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres, invertir en la reducción del riesgo para la resiliencia, y aumentar la preparación para casos de desastres, ya sea para dar una respuesta eficaz como para reconstruir mejor. Por haberse realizado hace casi dos años atrás, no existen cambios visibles y apreciables que permitan pensar en la materialización de estas prioridades.

Como establece la BASS et al. (2009), efectivamente la mejora de los sistemas de respuesta ante emergencias salvan vidas y disminuyen las pérdidas materiales, esas mismas pérdidas pueden evitarse si se abordan las causas originarias del Riesgo de Desastre, para colocar en funcionamiento mecanismos que aboguen a la mitigación, preparación y respuesta en efecto integrados en la planificación del desarrollo. Al considerar las erupciones analizadas en esta memoria y las medidas implementadas en aquellas oportunidades, queda al descubierto que por su magnitud, no han sido necesarias grandes obras de infraestructura ni de intervención en los centros poblados circundantes al Volcán Llaima, por lo que desde las instituciones se declara haber avanzado en la Gestión del Riesgo Volcánico.

Sin embargo, tienen como referencia lo acontecido en esas erupciones, descuidando escenarios de mayor magnitud y complejidad, y como se ha visto en experiencias pasadas (como Chaitén en 2007), donde se ha visto sobrepasada la capacidad institucional de dar solución ante situaciones de mayor envergadura, por no contar con los recursos técnicos ni económicos y por no contar con un marco legislativo que permita una reducción del riesgo de desastre.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1 Discusión

Las erupciones volcánicas se configuran como un problema de preocupación creciente, debido al incremento y acelerada densificación que están experimentando las áreas urbanas (CASELLI & VELEZ, 2011), y los asentamientos humanos dispersos o concentrados en las cercanías de centros volcánicos activos o con antecedentes de erupciones históricas.

En este estudio se analizó la gestión del riesgo volcánico desde las instituciones públicas que actúan en este tipo de eventos, esto derivado por la disponibilidad de información y de los entrevistados durante las campañas de terreno.

Los resultados obtenidos en esta memoria respecto de la gestión del riesgo volcánico se condicen con lo que CASTRO et al. (2014), LARENAS (2014) y BOHORQUEZ (2011) sostienen en relación a las características de este proceso, donde se reconocen principalmente siete aspectos, descritos a continuación.

Existe una alta centralización y representación espacial, debido a que históricamente los organismos gubernamentales en Chile han adoptado una política de gestión empresarial en lo que compete a la gestión del riesgo, donde los estamentos de mayor rango lideran la respuesta orientada a la reacción ante una emergencia. Esta situación entorpece los procesos de la gestión del riesgo y los desastres (GRD), especialmente cuando actúan con esquemas estandarizados (LARENAS, 2014). Esta centralización excesiva, se observa en la constitución de los Comités de Operaciones de Emergencia y en el marco normativo imperante, donde indistintamente de las medidas adoptadas y sus efectos a nivel local, la toma de decisiones pasa por estamentos de escala regional, y en caso que la situación empeore, a escala nacional. Esto entorpece cualquier intento de mejorar las condiciones particulares de un sector dado debido a que las determinaciones que emanan desde el poder central descuidan los contextos específicos de un territorio, en este caso, de las comunas aledañas al Volcán Llaima.

La superposición de funciones que en este caso se presenta entre los encargados comunales de emergencia, los cuales no poseen una función exclusiva y dedicada única o prioritariamente a la gestión del riesgo. Adicionalmente, la mayoría no posee una formación en la materia. Sólo a partir de talleres y capacitaciones realizadas por ONEMI han logrado obtener ciertos conocimientos fundamentales. Ambas situaciones dificultan el poder “hacer gestión” ya que no se cuenta con la especialización necesaria ni la dedicación exclusiva para trabajar en los riesgos de las tres comunas bajo análisis, lo que ha derivado que la atención en materia volcánica aumente cuando se han producido erupciones, como fue la situación para la de 2008-2010.

Escasa (o nula) participación ciudadana y Falta de integración de la empresa privada en la Gestión del Riesgo. En el área de estudio fue previsible apreciar que no existe una participación efectiva de la comunidad ni de todos los actores involucrados en los planes y programas que contemplan a la amenaza volcánica, limitando las posibilidades de realizar una gestión integral y eficiente del Riesgo (DRABEK, 1986, PEARCE, 2003, en ALBRIGHT & CROW, 2015).

BECK (2000) y CLIMENT (2006) señalan que por las deficiencias institucionales, la población percibe que los riesgos son crecientes. Ello, sumado a la creencia de que es cada vez más difícil hacer frente a desastres por parte de las instituciones públicas, provoca una mayor sensación de preocupación y desconfianza hacia las instituciones. CHARDON (2008) sostiene que, los factores institucionales en la configuración del riesgo dependen fundamentalmente del nivel de integralidad, interrelaciones y sinergia que exista entre los actores. Tanto en Melipeuco, Curacautín como Vilcún, existe poca participación ciudadana y representación local en las instancias de toma de decisiones, debido a que ciertos actores (como la comunidad y la empresa privada en las cercanías del Volcán Llaima) no son consultados, y sólo se les informa de las determinaciones que emanan desde las jerarquías superiores de mando.

GAILLARD & MERCER (2013, en DONOVAN et al., 2015) considera que para el proceso de evaluación de los riesgos, se debe integrar tanto el conocimiento científico como el conocimiento de la población, a lo que LANE et al. (2011, en DONOVAN et al., 2015) agregan que los impactos que surgen a partir de los procesos de evaluación y su recepción en la ciudadanía difieren significativamente de la evaluación científica, recalando la necesidad de incorporar efectivamente a todos los actores en estos procesos, situación que no se correlaciona con la realidad del Volcán Llaima. En este sentido, se impone la mirada tecnocrática por sobre los recursos y conocimientos de la comunidad, desperdiciando información valiosa y una oportunidad de mejorar su calidad de vida (LARENAS, 2014).

Sobre el *análisis de riesgos*, uno de los aspectos débiles de la GRV y de la GRD en Chile es la insuficiente importancia que se le otorga a la vulnerabilidad dentro del proceso, cuyo adecuado conocimiento es clave para comprender las causas de los desastres, así como las consecuencias que se deriven, las cuales tampoco son homogéneas en el territorio (mod. de CAMPOS, 2015, en CAMUS et al., 2016). Se incurre en el error de otorgar mayor importancia a la amenaza descuidando a las personas que conviven con dicha amenaza y que se ven damnificados debido a esto (KAPPES, 2013).

La escasa relación entre la normativa y acciones de la gestión del riesgo, el ordenamiento territorial y la gestión ambiental. En este sentido, el ordenamiento y la planificación territorial no consideran los riesgos de origen natural, o lo hacen de forma altamente insuficiente (Ej.: OGUC), dentro del vasto cuerpo normativo e instrumentos de planificación territorial que existen en Chile, por ende, tampoco a la amenaza volcánica. Adicionalmente, no se consideran las áreas rurales, ya que si existiesen normas que regulasen la ocupación de estos sitios, por ejemplo, habría mayor control sobre la instalación de cabañas de veraneo en zonas de alta exposición al riesgo volcánico, solo aumentando la vulnerabilidad tanto de los lugareños como de turistas en caso de una erupción volcánica. Si bien se reconoce que en Chile es casi imposible vivir en lugares exentos de alguna amenaza de origen natural, se debe procurar que el establecimiento en estas zonas considere medidas tanto estructurales como no estructurales para disminuir los niveles de vulnerabilidad ante un evento. Por lo tanto, se ha despreocupado y pasando por alto la adaptación de las formas de ocupación del espacio a las condiciones geográficas y particulares del territorio (CAMUS et al., 2016).

Los municipios por ley son organismos autónomos, sin embargo estos no participan directamente en la determinación de medidas o resoluciones que se adopten, situación que se presentó en ambas erupciones bajo estudio debido a que por el grado de centralismo que opera en el servicio público, sustentado en una normativa que abala esa disposición, éstos no poseen las competencias ni las capacidades para participar en la toma de decisiones, siendo un ejecutor de las resoluciones que se adopten. Lideran las acciones a nivel local, pero a pesar de tener jurisdicción al interior de la comuna, en temas que competen a la GRD están supeditados, como fuera señalado precedentemente, a las determinaciones que emanan de estamentos superiores, además que desde el punto de vista de recursos, no cuentan con presupuesto para financiar medidas orientadas a la gestión.

A las siete debilidades propuestas por CASTRO et al. (2014), y complementadas con lo señalado por CHARDON (2008) y LARENAS (2014), otra deficiencias a integrar son los *problemas comunicacionales y de flujo de información*. Respecto a esto, se reconoce que la mirada científico-técnica en crisis volcánicas es necesaria ya que la población se vuelve dependiente cuando un volcán entra en actividad y existe una necesidad de información en rango de tiempo crítico acerca de estos escenarios (DONOVAN, BRAVO & OPPENHEIMER, 2013). Por lo tanto, los científicos en materia volcánica cumplen un rol vital ya que en lo específico poseen una imagen pública de confianza y se configuran como la fuente preferida de información pública sobre volcanes activos (HAYNES et al., 2008, BIRD et al., 2010, en DONOVAN & OPPENHEIMER, 2014).

Considerando esto, en el contexto chileno SERNAGEOMIN es el principal generador y difusor de información, por lo que juega un rol vital en la publicación del estado de los volcanes a nivel nacional. Sin embargo, esta labor la adoptó con mayor fuerza cuando se crea el Programa Nacional de Riesgo Volcánico y la Red de Vigilancia Volcánica (RVV) en el año 2009. Esto conllevó a la liberación de los mapas de amenaza de 43 volcanes a nivel nacional (incluido el Volcán Llaima). Antes del 2014, solo aquellas personas relacionadas en la gestión del riesgo volcánico poseían acceso a esta información. Por otro lado, esta RVV ha instituido sus propios niveles de alerta, los que son distintos de los de ONEMI, alerta que si bien es técnica y está a disposición de la población, ha generado conflictos con esta última institución debido a que crea confusiones en la ciudadanía.

A esto, se agrega que no todos los planes de emergencia se encuentran publicados y disponibles para cualquier persona que lo requiera, y solo en instancias informativas (como simulacros) la población se ha enterado de las rutas de evacuación.

Por lo tanto, si bien se han dado los espacios (sobre todo en los últimos años) para la divulgación de mayor información en lo que concierne al estado del Volcán Llaima, ello se ha realizado después de quedar en evidencia la poca preparación que existía hasta la erupción de 2008-2010. Además, todavía no se internaliza que el manejo del riesgo es un proceso social como también uno científico y, por lo tanto, este proceso admite que el manejo científico realmente no puede ser independiente de sus implicaciones políticas, y que existe un nivel de difusión entre la ciencia y la toma de decisiones políticas y la comunidad, mediante la participación de los actores humanos, sus impactos y las ideas durante el proceso (DONOVAN et al., 2015). Es decir, sigue primando la aproximación lineal tradicional de la ciencia y la política sobre los volcanes (Figura 58), donde la población

actúa como receptor de información. Se apela a que la comunidad realmente se inserte en el proceso, al interior de la evaluación de peligro, permitiendo una retroalimentación entre actores, y derivando en mayor confianza entre instituciones. Ello contribuiría a asegurar la aceptación de los planes por parte de la comunidad, ya que esta pasaría a formar parte del proceso y no sería simplemente un receptor de información.

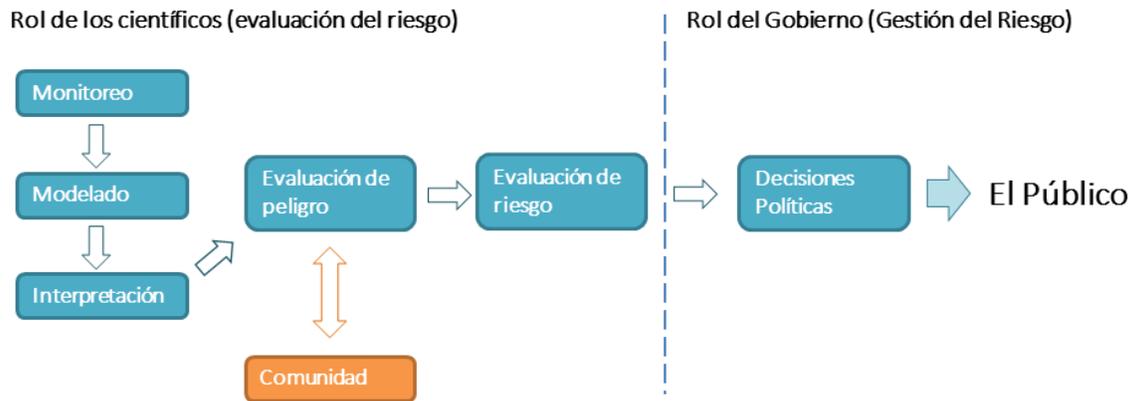


Figura 58. Abordaje lineal tradicional de la ciencia y la política sobre los volcanes. Fuente: mod. de DONOVAN et al. (2014).

Todas estas situaciones derivan en que, en el caso en estudio, el desempeño de las instituciones en el tiempo ha agudizado la situación de vulnerabilidad de la población, debido a que no se trabaja mancomunadamente ni pensando en disminuir los niveles de riesgo, primando la reactividad ante cualquier suceso volcánico. Si bien para lograr la reducción del riesgo de desastre se requiere una gestión integradora y con una visión holística y sustentada en altos niveles de gobernanza, esta se ve obstaculizada principalmente por la poca articulación entre los ámbitos científicos, normativos y de toma de decisión (mod. de DONOVAN & OPPENHEIMER, 2015).

Uno de los grandes aprendizajes que se encuentra pendiente en la institucionalidad chilena es que si bien la vulnerabilidad se revela cuando ocurre un desastre, todas aquellas medidas que se implementan no intervienen en la vulnerabilidad, agudizando o disminuyendo su nivel (CHARDON, 2008). Por lo tanto, *“los desastres, como expresión material del riesgo, se configuran en el día a día, en las circunstancias particulares (socioeconómicas, políticas e institucionales) en que la sociedad, previamente y en condiciones progresivas, hace vulnerables a las comunidades ante los eventos potencialmente destructivos”* (Calderón, 2001, en BOHORQUEZ, 2011: 136).

Adicionalmente, como señala SABATIER (1999, en ALBRIGHT & CROW, 2015), la extensión y tipo de aprendizajes cuando ocurre un evento depende la complejidad, gravedad y distribución del problema de las políticas que lo competen, y de los recursos y cambios en la disponibilidad de recursos, como parte de la condicionantes en este proceso.

Considerando las diferentes medidas y cambios normativos acontecidos entre ambas erupciones, el PNPC y el fortalecimiento del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), constituyen los grandes avances en la GRD. Sin embargo, continúan operando fundamentalmente con una mirada reactiva. Carecen de atribuciones para actuar en la etapa ex -pre de los desastres.

Por lo demás, es posible aseverar que las instituciones, cuando se refieren a “obtener mayores recursos para mejorar las condiciones ante una emergencia” se remiten a obtener mejores condiciones desde el punto de vista de contar con mejor infraestructura, obviando que para realmente hacer gestión, esto conlleva medidas estructurales como no estructurales, ya que constituyen la base para la generación y activación de los diferentes protocolos para salvaguardar a la población, e iniciar la senda para disminuir los niveles de vulnerabilidad.

Tampoco ha existido un cambio de mentalidad desde los gobiernos recientes por cambiar dicha situación, por lo tanto, sigue primando la reactividad de las acciones ante este tipo de amenaza, de la cual se conoce su periodicidad relativa en el tiempo, así como se continúa con la toma de decisiones altamente centralizada y rígida, descuidando las situaciones locales.

Las erupciones analizadas del Volcán Llaima no han involucrado pérdidas de vidas humanas ni han impactado gravemente las actividades productivas de la zona, por lo tanto, desde las instituciones se considera que con las medidas implementadas, se ha avanzado en la Gestión del Riesgo Volcánico, pero dado que la gestión del riesgo “*pretende centrar todos sus esfuerzos en aquellos elementos generadores de condiciones de vulnerabilidad, las que exponen a las comunidades a situaciones de riesgo, y que de no intervenir efectivamente sobre ellas podrían, consiguientemente, conducir a desastres, esta gestión se articula entonces con evaluaciones pre-evento*” (ARTEGA, 2006, en BOHORQUEZ, 2011: 138), por lo tanto, el mero hecho de mejorar el monitoreo instrumental como de mejorar las condiciones para las coordinaciones entre instituciones, no se consideran como pasos hacia la gestión preventiva del riesgo, sino que se ha avanzado en materia de la gestión de la emergencia, y en disponer de insumos para las comunas que resulten involucradas en los efectos de erupciones, en este caso del Volcán Llaima.

Por lo tanto, para realizar una efectiva gestión del riesgo, el foco no debe estar en la movilización de recursos humanitarios sino en cambiar los parámetros de las pautas de desarrollo impuesto (LAVELL, 1999, en CHARDON, 2008), que constituyen el obstáculo más grande en la gestión. Esto conlleva, como sostiene MORA (BID, s/f), en que continúa operando el ciclo vicioso de los desastres, donde se sigue actuando sobre el desastre, permitiendo una progresiva pérdida de interés, lo que desencadena en una memoria colectiva histórica insuficiente para lograr que estos temas se traten constantemente.

Ante esta situación, no sólo es necesaria la gestión del riesgo, sino que la *Gestión Social del Riesgo (GRS)*, la que se plantea como el marco de acción necesario de aplicar en procura de mejorar las condiciones y niveles de riesgos a los que se encuentra expuesta la población, y en especial en materia de amenaza volcánica. Se realiza esta distinción debido a que, a diferencia de la GRD, es “*el reconocimiento y la concientización social de que ciertas prácticas económicas, políticas, institucionales, sociales y culturales, lo que configura escenarios desequilibrados, excluyentes e inequitativos que exponen de forma diferencial a la población ante eventos potencialmente destructores y vulneran, limitan o reducen, para el caso de los más frágiles, su capacidad de afrontarlos, asimilarlos y superarlos*” (BOHORQUEZ, 2011: 141).

Por lo tanto, *“los gobiernos necesitan soluciones holísticas, no propuestas incrementales que resuelven un aspecto del problema, ignorando mayores ramificaciones”* (ALCANTARA-AYALA, 2002: 278), consecuentemente, las medidas orientadas a la prevención deben considerarse como pilar fundamental de los procesos de desarrollo, tanto a nivel regional como urbano, para lograr reducir los niveles de riesgo (MASKREY, 1993). Ello conlleva el propender a que las instituciones encargadas de la gestión realmente ejecuten obras no para mejorar la respuesta, sino implementar medidas que prevengan y mitiguen potenciales desastres, con una mirada a largo plazo y considerando todas las variables que intervienen en los niveles de riesgo y en la gestión de este, además de una coordinación que apunte a la descentralización en la toma de decisiones, integrar eficiente y eficazmente a todos los actores y ser multisectorial.

6.1.1 Límites y aportes de la investigación

En la presente investigación se evidenció cómo se gestionan episodios eruptivos y la mirada que se tiene respecto sobre la gestión del riesgo. Por lo tanto, se posiciona como un desafío importante debido a que la evaluación de riesgos involucra manipular información que no poseen unidades comunes, medibles o que sólo pueda ser evaluada utilizando calificaciones lingüísticas (CARREÑO et al., 2004). Debido a esto, es importante señalar aquellos límites que involucran el desarrollo de esta investigación.

Uno de los principales obstáculos se refiere a la información disponible y su temporalidad, información necesaria para realizar análisis sobre la Gestión del Riesgo, en particular aquella información sobre los niveles de vulnerabilidad social y de exposición en el área de estudio. Esto se debe, a que no se cuenta a nivel institucional con una base de datos que considere variables utilizables en la gestión del riesgo, además de la actualización de la información, ya sea demográfica, estructural, económica, entre otras, lo que dificulta la obtención de estos datos y su posterior análisis. En el caso de la vulnerabilidad social, el simple hecho de no haber sido posible integrar en el análisis variables sobre ingresos socioeconómicos, modifica los resultados que se pueden obtener al considerar dicha variable en la estimación de la vulnerabilidad. En el caso de la exposición, la mayor dificultad radica en que no existe la información necesaria para comparar y realizar una evolución de los elementos expuestos considerados (población, vivienda, infraestructura, sistemas de transporte y servicios urbanos) para ambas erupciones.

Además, se evidencian límites respecto a la falta de metodologías para tratar la evolución de las medidas, insertas en el paradigma de la Gestión del Riesgo, ya que principalmente se evalúa mediante la utilización de índices, siendo el principal obstáculo de esta herramienta la subjetividad inserta en ella, es decir, las variables a utilizar van en el sentido de lo que el autor desea mostrar, sin necesariamente considerar todas aquellas que sean competentes. Sin embargo, se vuelve a caer en la situación del manejo de información que no posee unidades de medida estandarizadas o dimensionables.

Por lo demás, es necesario señalar que es vital la integración de los actores privados en el análisis, el cual no fue posible debido que durante la campaña de terreno, por la fecha no se encontraban operando, caso específico para la piscicultura presente en la zona, y en el caso de los empresarios turísticos, aquellos insertos en el parque se encuentran dispersos por éste, y por dificultades logísticas, principalmente accesibilidad a la zona, no fue posible entrevistarlos. Por lo tanto, fue imposible contar con su participación.

El principal aporte de este trabajo es fundamentalmente constituir un nuevo enfoque en la evaluación y análisis referente a la gestión del riesgo volcánico, incluso a nivel nacional. Producto de la tardía creación de OVDAS, Chile todavía se encuentra en fase de recopilación de información por parte de Sernageomin respecto de esta amenaza, por tanto, todavía existen vacíos de conocimiento respecto del comportamiento de los volcanes a nivel nacional y, sobre el Volcán Llaima existe escasa información respecto de su comportamiento a escala local, como por ejemplo microzonificaciones de aquellas áreas que se han visto comprometidas en las últimas erupciones. Si se compara con el panorama internacional, la GRV en Chile se encuentra en los pasos iniciales, debido a que existe mayor número de publicaciones asociadas a la amenaza volcánica considerando no solo comportamientos de los centros eruptivos, que respecto de la prevención y de cómo los planes dialogan con el comportamiento de los volcanes. En comparación, en el caso europeo por ejemplo, varios países han sido testigo de grandes episodios volcánicos y poseen mayores registros históricos, por lo que poseen mayores bases de datos, lo que los ha llevado a un alto grado de inversión en la gestión preventiva ante la amenaza volcánica.

Por otro lado, con el fin de entender el funcionamiento y acoplamiento de los actores involucrados en la gestión de estos eventos, es que la metodología de SCHMEER (1999) permite obtener otra mirada preliminar respecto a los actores involucrados, contemplando el grado de conocimiento, liderazgo, poder, interés y las relaciones entre estos, aspectos escasamente trabajados, sobre todo considerando a aquellos que intervienen en el riesgo volcánico.

Sobre los niveles de vulnerabilidad y exposición en el área de estudio, esta investigación constituye un primer acercamiento al estudio de estos temas, debido a que no existe información publicada que abarque ambos fenómenos, y aún menos, relacionados a la amenaza volcánica.

Finalmente, se considera trascendente el poder incorporar otro tipo de variables que comúnmente no se consideran en los análisis de vulnerabilidad, como es la tenencia de vehículos motorizados o no motorizados, ya que la falta de tenencia de un vehículo, puede incrementar los niveles de vulnerabilidad para evacuar hacia lugares fuera de peligro (NUTTERS, 2012), sobre todo considerando que una erupción volcánica puede afectar más directamente áreas en un radio de 45 a sobre 100 km alrededor del volcán (se refiere principalmente a lluvia de piroclastos, coladas de lava y lahares. Más allá, la caída de polvo volcánico puede cubrir áreas de cientos a miles de kilómetros cuadrados).

6.2 Conclusiones

El Volcán Llaima, debido a su pasado eruptivo, se perfila como uno de los volcanes más peligrosos a nivel nacional (SILVA, 2011), donde los efectos de sus erupciones recientes han dejado en evidencia la – falta de – preparación con la cual se actúa frente a estos eventos.

Se ha desarrollado, con mayor énfasis en los últimos años, mayor investigación para conocer y entender el comportamiento del Volcán Llaima, además de mejorar y aumentar la cobertura de la red de monitoreo. Sin embargo, el monitoreo ha incrementado en los últimos seis años, con la creación del Programa de RNVV, ya que permitió una inyección de recursos en esta área. En su pasado eruptivo ha tenido episodios que han abarcado grandes extensiones, sin embargo las erupciones bajo análisis no han sido de tal magnitud. A pesar de ello, no existen microzonificaciones colocando especial énfasis en aquellos espacios que recurrentemente se han visto amenazados por la actividad volcánica, como lo es el sector oriental de Cherquenco (Vilcún), El Escorial en Melipeuco y el valle del río Captrén en Curacautín.

Respecto a los niveles de vulnerabilidad social, en las tres localidades en estudio se han mantenido, y en algunos casos aumentado, donde las variables que explican estos niveles son desempleo (principalmente juvenil), población adulto mayor, y condiciones de materialidad de la vivienda. Por lo tanto, Cherquenco y Captrén poseen un nivel medio alto de vulnerabilidad, mientras que Melipeuco se encuentra en la categoría de media vulnerabilidad. Se debe considerar que los tres sectores no poseen la misma cantidad de población, y dos corresponden a localidades rurales y el restante incluye el centro urbano de la comuna.

Por otro lado, sobre la exposición y su evolución en el área de estudio a esta amenaza, se observa un incremento en la cantidad de elementos que se ubican alrededor del volcán. Respecto a la superficie expuesta, esta se extiende por 626,36 km², que corresponde al 14% de la superficie total de las tres comunas. Por lo tanto, la cantidad de población expuesta (bajo cualquier categoría de peligrosidad) asciende a 7.970 habitantes. Esto debido a que en el caso de Melipeuco, el centro urbano y la mayoría de sus localidades rurales se encuentran en zonas de peligro volcánico según la carta de MORENO y NARANJO (2003).

De la coordinación de actores, se trabaja de manera separada, sobre todo aquellos relacionado con las mejoras estructurales en los territorios, supeditados a la priorización de recursos de cada sector. Esta situación se produce por los altos niveles de centralismo con los cuales se maneja la toma de decisiones (independiente de la escala del problema), avalado por un marco normativo con un marcado carácter reaccionario, cuya expresión se manifiesta en que los avances en materia de coordinación de actores se enfoquen sólo en la emergencia, dejando de lado aquellos períodos donde el volcán no exhibe actividad volcánica importante, que son aquellos espacios donde se debe trabajar y fortalecer los planes y las acciones preventivas.

Adicionalmente, producto de la falta de recursos y de una real intención de avanzar en términos de GRV, constituye una desventaja que aquellos profesionales que a nivel local se dedican a la gestión de este tipo de eventos, no posean la formación necesaria para trabajar holísticamente estas situaciones. Otra agravante es la falta de comunicación entre actores, e incluso, dentro de la misma institución, lo que obstaculiza la gestión.

Por otro lado, no se incorpora la comunidad en la adopción de medidas, tanto preventivas (casi inexistentes) y reactivas, dejando a la población como mero receptor de indicaciones, a pesar del conocimiento local que poseen sobre erupciones pasadas del Volcán Llaima, conocimiento que no es incluido dentro del proceso de GRV. Tampoco se integra a los privados, los cuales también se ven vulnerados en caso de una catástrofe.

Sobre las medidas, las que existen se ejecutan ante la contingencia, a pesar de los cambios en la normativa que apuntan a preparar mejor a las comunidades. En 1994 la preparación y atención de emergencias era deficiente, donde la Gestión del Riesgo era impensada y desconocida. Si bien dicha erupción ayudó en la creación del OVDAS, no motivó cambios en la manera de pensar los desastres, sino en la poca instrumentalización acerca de esta amenaza. En la erupción de 2007-2009 se repite esta situación, donde se hace un llamado a mejorar el monitoreo y la ayuda en la concreción de esto, pero se sigue sin tratar la vulnerabilidad en torno a esta amenaza, no solo contemplando la vulnerabilidad social, sino cada uno de sus aspectos, ya sean institucionales, políticos, físicos, económicos, entre otros.

Aquellas medidas que apuntaron a esclarecer una mayor coordinación, como los planes de contingencia, carecen de una justificación científica y técnica en relación a las vías de evacuación e instalación de infraestructura de emergencia, ya que se realizan en la emergencia misma, por lo que no se consideran todas las variables que ayuden a que realmente los esfuerzos que se destinan para mejorar las condiciones, terminen siendo desperdiciados ante la ocurrencia de un nuevo evento.

Se ha avanzado a colocar en el debate la Gestión del Riesgo, pero todavía no se logra dar el siguiente paso, que es cambiar la manera de actuar y fortalecer una institucionalidad que permita prevenir, mitigar, preparar y disminuir los niveles de riesgo de la población a través de la actualización del marco legal que apunte a ello. Además, no existe un ente fiscalizador a nivel institucional ni el Estado se encarga de velar por que realmente se ejecuten las medidas orientadas a mejorar las condiciones de vida de aquellas zonas más expuestas, por lo tanto, muchas veces, aquellas mejoras se implementan ocurrida una emergencia o durante ésta, demostrando una vez más la reactividad del sistema y la poca relevancia que se le otorga a una efectiva Gestión del Riesgo.

A pesar de la existencia de convenios internacionales de cooperación, de marcos de acción (como Hyogo 2005 y Sendai 2015), y de un amplio debate científico-técnico que va a cumplir aproximadamente 25 años tratando temas de Riesgo de Desastres y su reducción, todavía no se logra incorporar en la normativa ni en la toma de decisiones instaurar políticas sustentadas en la Gestión del Riesgo. Por lo tanto, si bien existe el sustento teórico, y se conoce que realizando GdR disminuyen las potenciales pérdidas y existe mayor armonía entre el medio ambiente y la sociedad, sigue primando la reactividad por sobre la prevención, lo cual sólo significa pérdidas y daños para la población.

BIBLIOGRAFÍA

- ADGER, W.N. (2006) Vulnerability. *Global Environmental Change* (16): 268-281.
- AL KHAILI, K., & PATHIRAGE, C. (2014). A critical review on disaster preparedness and management of the emirati energy sector. *Revista EAN*, (77): 104-121.
- ALBERICO, I., LIRER, L., PETROSINO, P. & SCANDONE, R. (2002). A methodology for the evaluation of long-term volcanic risk from pyroclastic flows in Campi Flegrei (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 116: 63-78.
- ALBERICO, I., PETROSINO, P. & LIRER, L. (2011). Volcanic hazard and risk assessment in a multi-source volcanic area: the example of Napoli city (Southern Italy). *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 11: 1057-1070.
- ALBRIGHT, E. & CROW, D. (2015) Learning processes, public and stakeholder engagement: Analyzing responses to Colorado's extreme flood events of 2013. *Urban Climate*, 14: 79-93.
- ALCANTARA-AYALA, I. (2002) Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47: 107-124.
- ALCORN, R., PANTER, K.S. & GORSEVSKI, P.V. (2013). A GIS-based volcanic hazard and risk assessment of eruptions sourced within Valles Caldera, New Mexico. *Journal of volcanology and geothermal research*, 267: 1-14.
- ARAÑA, V., FELPETO, A., ASTIZ, M., GARCÍA, A., ORTIZ, R. & ABELLA, R. (2000). Zonation of the main volcanic hazards (lava flows and ash fall) in Tenerife, Canary Islands. A proposal for a surveillance network. *Journal of volcanology and geothermal research*, 103: 377-391.
- BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016) Consulta Estado de la Inversión. [En línea] <<http://bip.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/bip-trabajo/index.html>> [consulta: 10 septiembre 2016].
- BANCO MUNDIAL (2011) Peligros naturales, desastres evitables. La economía de la prevención efectiva. Ediciones Gondo, España. 332 pp.
- BARAJANO, M.J. (2011) Protección de las infraestructuras críticas. Documento de análisis, Instituto Español de Estudios Estratégicos. N° 21. Pp. 1-7.
- BARTOLINI, S., GEYER, A., MARTI, J., PEDRAZZI, D. & AGUIRRE-DIAZ, G. (2014). Volcanic hazard on Deception Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Journal of volcanology and geothermal research*, 285: 150-168.
- BASS, S., RAMASAMY, S., DEY DE PRYCK, J. & BATTISTA, F. (2009) Análisis de Sistemas de Gestión del riesgo de Desastres: Una Guía. Serie N° 13 sobre el Medio Ambiente y la Gestión de los Recursos Naturales FAO. Roma. 116p.
- BBC. (26 de Agosto de 2014). ¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico? BBC Mundo, pág. s/n.
- BECK, U. (2000) Retorno a la teoría de la "sociedad del riesgo". *Boletín de la A.G.E.* (30): 9-20.
- BELL, F.G. (1999) Geological Hazards: Their assessment, avoidance and mitigation. Ed. E & FN SPON. Londres y Nueva York. 631 pp.

- BELL, F.G. (2002) Geological Hazards: Their assessment, avoidance and mitigation. E & FN SPON. Londres y Nueva York. 631 p.
- BERMUDEZ, M. (1982). El análisis de contenido, procedimientos y aplicaciones. *Cienc. Soc.*, 24: 71-80.
- BOHÓRQUEZ, J. E. (2011). Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿una contradicción histórica? *Revista de Geografía Norte Grande* (48) 133-157.
- BONO, L. (2014) Modelación de los lahares del Volcán Villarrica en el sector de Pucón, Región de la Araucanía. Memoria para optar al título de Geóloga. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 139 p.
- BRANCA, S., AZZARO, R., DE BENI, E., CHESTER, D. & DUNCAN, A. (2015). Impacts of the 1669 eruption and the 1693 earthquakes on the Etna region (Eastern Sicily, Italy): an example of recovery and response of a small area to extreme events. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 303: 25-40.
- BULLARD, F. (1979) 2 - Volcanoes and their activity. En: SHEETS, P & GRAYSON, D. (eds.) *Volcanic activity and human ecology*. Academic Press. p. 9-48.
- BUSTAMANTE, O. (2013) Dispersión de tefra de erupciones explosivas holocenas del complejo volcánico Lonquimay, Región de la Araucanía, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 138 p.
- CACERES, P. (2003) Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable. *PsicoPerspectivas*, 2: 53-82.
- CAMUS, P., ARENAS, F., LAGOS, M. & ROMERO, A. (2016) Visión histórica de la respuesta a las amenazas naturales en Chile y oportunidades de gestión del riesgo de desastre. *Revista de Geografía Norte Grande*, 64: 9-20.
- CARDONA A., O. (1993) Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. En MASKREY, A. (comp.). *Los Desastres No son Naturales*. Bogotá: La RED / Tercer Mundo Editores. NUMERO DE PP
- CARDONA, O. (2001) Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior D'enginyers De Camins, Canals I Ports. 335 p.
- CAREY, S. & BURSİK, M. (2015) Volcanic Plumes En: SIGURDSSON, H. (ed.) *The Encyclopedia of Volcanoes*. 2da Edición. Academic Press, Amsterdam.
- CARLINO, S., SOMMA, R. & MAYBERRY, G.C. (2008) Volcanic risk perception of young people in the urban areas of Vesuvius: Comparisons with other volcanic areas and implications for emergency management. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172: 229-243.
- CARREÑO, M.L., CARDONA, O.D. & BARBAT, A.H. (2004) Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo. CIMNE monograph IS-51, Technical University of Catalonia, Barcelona, España.
- CASELLI, & VELEZ, (2011) Riesgo Volcánico. En: XVIII CONGRESO GEOLOGICO Argentino: 02 al 06 de Mayo de 2011 [Relatorio]. Neuquén, Argentina. 601-607.

CASHMAN, K. & SPARKS, R. S. (2013) How volcanoes work: A 25 year perspective. Geological Society of America Bulletin. [En línea] <doi:10.1130/B30720.1> [consulta: 20 enero 2016].

CASHMAN, K.V. & SPARKS, R.S.J. (2013). How volcanoes work: A 25 year perspective. Geological Society of America Bulletin, 125 (5-6): 664-690.

CASTRO, C.P., RUGIERO, V., WYNDHAM, K. (2014) Los drivers del Riesgo en la ciudad de La Serena, Chile: exposición, vulnerabilidad subjetiva e institucional. En: TAPIA, R. & ARTEAGA, C. (ed.) Vulnerabilidades y desastres socionaturales: Experiencias recientes en Chile. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. p. 79-97.

CASTRUCCIO, A. (2005) Lahares generados por la erupción de 1971, en el flanco occidental del Volcán Villarrica, Andes del Sur (39,5°S). Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 112 p.

CASTRUCCIO, A. (2008) Comparación y modelación numérica de lahares calientes en el Volcán Calbuco (41,3°S) y lahares fríos en el Volcán Villarrica (39,5°S), Andes del Sur. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, mención Geología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 187 p.

CECIONI, A., & PINEDA, V. (2010). Geology and geomorphology of natural hazards and human-induced disasters in Chile. En: LATRUBESSE, E. (Ed.). Natural Hazards and Human-exacerbated disasters in Latin America, de la serie de libros "Developments in Earth Surface processes, vol. 13". Gran Bretaña. pp. 379-413.

CHAMLEY, H. (2003) Chapter 2 Volcanic eruptions, En: Developments in Earth and Environmental Sciences, Elsevier, Volume 1: 51-76.

CHARDON, A.-C. (2008) Amenaza, Vulnerabilidad y Sociedades urbanas: Una visión desde la dimensión institucional. Gestión y Ambiente, 11 (2): 123-135.

CHARDON, A.-C., & GONZALEZ, J. (2002). Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre. Mitigación, Prevención... Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales. Manizales, Colombia: BID / CEPAL / IDEA.

CHESTER, D., DIBBEN, C. & DUNCAN, A. (2002) Volcanic hazard assessment in western Europe. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 115: 411-435.

CHILEINDICA (2016) Informes Inversión Pública Regional. [En línea] <<http://www.chileindica.cl/araucania/inversiones/index.php>> [consulta: 10 septiembre 2016].

CLIMENT, V. (2006) Sociedad del riesgo: producción y sostenibilidad. Papers (82): 121-140.

COLON, E. (2011) Experiencias con desastres naturales. [En línea] <http://www.confea.org.br/media/Emilio_ExperienciasDesastresNaturales-EEUU.ppt> [consulta: 29 junio 2016].

CONAF (2004) "Plan de Manejo del Parque Nacional Conguillío". Documento de Trabajo N° 405 CONAF, Unidad Gestión de Patrimonio Silvestre, Región de La Araucanía. Temuco.

CONAF (2016a) Estadísticas de Visitación. [En línea] <<http://www.conaf.cl/parques-nacionales/visitanos/estadisticas-de-visitacion/>> [consulta: 13 octubre 2016].

CONAF (2016b) Resumen Informativo Plan de Contingencia de Riesgo Volcánico Parque Nacional Conguillío. [Documento de Trabajo].

CONTRERAS, M.A. (2013) Dinámica de flujos de lava históricos de los volcanes Lonquimay y Villarrica, Andes del Sur, Chile. Memoria para optar al título de Geóloga. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 149 p.

CONTRERAS, Y. & BELTRAN, M. (2015) Reconstruir con capacidad de resiliencia: el casco histórico de la ciudad de Constitución y el sitio del desastre del terremoto y tsunami del 27 de febrero 2010. Revista INVI, 30 (83): 79-115.

COOLEY, H., MOORE, E., HEBEGER, M. & ALLEN, L. (2012) Social Vulnerability to Climate Change in California. California Energy Commission y Pacific Institute. California, Estados Unidos. 75 p.

CUTTER, S. L., BORUFF, B. J. & SHIRLEY, W. L. (2003), Social Vulnerability to Environmental Hazards*. Social Science Quarterly, 84: 242–261

DA SILVA, S. & LINDSAY, J.M. (2015). Primary Volcanic Landforms. En: SIGURDSSON, H., HOUGHTON, B., McNUTT, S.R., RYMER, H. & STIX, J. (Eds.). The Encyclopedia of Volcanoes. 2° Edición. Academic Press, Estados Unidos. pp. 273-297.

DAMIANI, M.L., GROPELLI, G., NORINI, G., BERTINO, E., GIGLIUTO, A. & NUCITA, A. (2006). A lava flow simulation model for the development of volcanic hazard maps for Mount Etna (Italy). Computers & Geosciences, 32: 512-526.

DE VIVO, B. & ROLANDI, G. (2013). Vesuvius: volcanic hazard and civil defense. Rend. Fis. Acc. Lincei, 24: 39-45.

DELGADO, H., MIRANDA, P., CARRASCO, G., PULGARÍN, B., MOTHE, P., MORENO, H., CACERES, B., CORTES, J. (2015) Hazards at Ice-Clad Volcanoes: phenomena, processes, and examples from Mexico, Colombia, Ecuador and Chile. En: SHRODER, J.F., HAEBERLI, W. & WHITEMAN, C. Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters. Academic Press, Boston. 607-646.

DELMELLE, P. & STIX, J. (2000) Volcanic Gases. En: SIGURDSSON, H. (ed.) Encyclopedia of volcanoes. San Diego: Academic Press. 803-815.

DELPINO, D., BERMUDEZ, A. & CASE, A. (1994) Algunas características de la tefra caída sobre Argentina durante la erupción del Volcán Llaima (Chile) Mayo de 1994. En: VII CONGRESO GEOLOGICO Chileno 1994. Concepción, Chile. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra. pp. 265-268.

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA UNIVERSIDAD DE CHILE (2015) Erupciones recientes del Volcán Chaitén y Cordón Caulle [En línea] <<http://www.geologia.uchile.cl/erupciones-recientes-del-volcan-chaiten-y-cordon-caulle>> [consulta: 28 de Septiembre, 201].

DERRUAU, M. (1978). Geomorfología. 2° Edición. Ed. Ariel. España. 527 pp.

DIPECHO (s/f) Guía para incluir a personas mayores en programas de Gestión de Riesgos. [En línea] <<http://www.helpagela.org/silo/files/gua-para-incluir-a-personas-mayores-en-temas-de-gestion-de-riesgos.pdf>> [Consulta: 09 Abril 2015].

DONOVAN, A. & OPPENHEIMER, C. (2014) Science, policy and place in volcanic disasters: Insights from Monserrat. *Environmental Science & Policy*, 39: 150-161.

DONOVAN, A. & OPPENHEIMER, C. (2015) Modelling risk and risking models: The diffusive boundary between science and policy in volcanic risk management. *Geoforum*, 58: 153-165.

DONOVAN, A., BRAVO, M., & OPPENHEIMER, C. (2013) Co-production of an institution: Montserrat Volcano Observatory and the social dependence on science. *Science and Public Policy*, 40 (2): 171-186.

DONOVAN, A., OPPENHEIMER, C. & BRAVO, M. (2012) The use of belief-based probabilistic methods in volcanology: Scientists' views and implications for risk assessments. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 247-248: 168-180.

DUNNING, C.M. & DURDEN, S. (2013) Social Vulnerability Analysis: A comparison of Tools. US Army Corps of Engineers, Institute of Water Resources. 34 p.

DUTTON, K. (2013) La Vulnerabilidad de la Tercera edad en Desastres Naturales: Un Estudio de la Inundación en La Plata, Argentina el 2 de abril de 2013 [en línea] The vulnerability of the elderly during natural disasters: A study of the flooding in La Plata, Argentina on April 2nd, 2013. <http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2607&context=isp_collection> [Consultado en 09 de Abril de 2015]

DWYER, A., ZOPPOU, C., NIELSEN, O., DAY, S. & ROBERTS, S. (2004) Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. *Geoscience Australia Record* 2004/14. 101 p.

DZIERMA, Y. & WEHRMANN, H. (2010) Eruption time series statistically examined: Probabilities of future eruptions at Villarrica and Llaima Volcanoes, Southern Volcanic Zone, Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 193: 82-92.

EISER, J, BOSTROM, A., BURTON, I., JOHNSTON, D., MCCLURE, J., PATON, D., VAN DER PLIGT, J., WHITE, M. (2012) Risk interpretation and action: a conceptual framework for responses to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1: 5-16.

EL MOSTRADOR (2014) El vergonzoso robo de las estaciones de monitoreo del Volcán Iruputuncu en Tarapacá. [En línea] El Mostrador. 16 de septiembre, 2014. <<http://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2014/09/16/elvergonzosorobodelasestacionesdemonitoreodelvolcaniruputuncuentarapaca/>> [consulta: 04 de octubre, 2016].

EM-DAT (2015). Base de Datos Internacional: Tendencia de los desastres entre 1900-2015. [En línea] <http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html> [consulta: 27 noviembre 2015].

FATEMI, F., ARDALAN, A., AGUIRRE, B., MANSOURI, N. & MOHAMMADFAM, I. (2016) Social Vulnerability Indicators in Disasters: Findings from a Systematic Review, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Available online 21 September 2016, ISSN 2212-4209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.09.006>.

FELPETO, A., MARTÍ, J., & ORTIZ, R. (2007). Automatic GIS-based system for volcanic hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (166): 106-116.

FERNANDEZ CHAVEZ, F. (2002). El análisis de contenido como ayuda metodológica para la investigación. *Revista de Ciencias Sociales* (Cr), 2(96): 35-53.

FERRANDO, F. (2014) Curso Electivo de Riesgos. Santiago, Chile. Escuela de Geografía. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

FLORES, F. (2014) Análisis cuantitativo del riesgo de inundación por lahares en el Volcán Villarrica: métodos integrados de peligro y vulnerabilidad para la ciudad de Pucón, centro sur de Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 224 p.

FRANCO, L. E., LARA, L.E., PALMA, J. L. & SAN MARTÍN, J. J. (2015) Aspectos sismológicos relacionados con las erupciones estrombolianas en el último ciclo eruptivo del volcán Llaima, Chile (2007 - 2010). En: XIV Congreso Geológico Chileno, La Serena, Chile: 4 - 8 Octubre 2015, 2015, pp.154-157 (v.3).

FREDES, I. (2007) Emergencia climática en la IX Región tuvo un costo de \$2.600 millones [En línea] Economía y Negocios. 07 de noviembre, 2007. <<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=36201>> [consulta: 04 noviembre 2016].

GALLOPIN, G. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293-303.

GHO INZUNZA, R. (2013) Determinación de parámetros eruptivos de flujos de lava del complejo volcánico Lonquimay (38°S), Andes del Sur. Memoria para optar al título de Geóloga. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 131 p.

GIL, F. (s/f) Proyecto Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur-OVDAS dentro del Plan Nacional de Vigilancia Volcánica. 3p.

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (1994a) Report on Llaima (Chile). In: Wunderman, R (ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 19:5. Smithsonian Institution. <<http://dx.doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN199405-357110>>.

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (1994b) Report on Llaima (Chile). In: Wunderman, R (ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 19:8. Smithsonian Institution. <<http://dx.doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN199408-357110>>.

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (2008a) Report on Llaima (Chile). In: Wunderman, R (ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 33:1. Smithsonian Institution. <http://dx.doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200801-357110>.

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (2008b) Report on Llaima (Chile). In: Wunderman, R (ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 33:6. Smithsonian Institution. <http://dx.doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200806-357110>.

GONZALEZ, E., ESCOBAR, E., BECERRA, R., UBALDO, R., DONIZ, J. (2010) Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008. Centro de Estudios Calatravos, España

GONZALEZ, M.J. (2011) Estudio de impacto territorial-ambiental generado por la erupción del Volcán Chaitén. Memoria para optar al título de Geógrafa. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Geografía. 130 p.

GONZALEZ-FERRAN, O. (1995). Volcanes de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 640 pp.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2006). Metodología de la Investigación. Mc Graw-Hill, 4° Edición, México. 850p.

HUFF, W.D. & OWEN, L.A. (2013) Volcanic landforms and hazards. En: SHRODER, J. (Editor en jefe), OWEN, L.A. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, vol. 5, Tectonic Geomorphology, pp. 148–192.

HUFSCHMIDT, G. (2011). A comparative analysis of several vulnerability concepts. Nat Hazards, 58, 621-643.

IBARRA, A. (2001) Análisis de las dificultades financieras de las empresas en una economía emergente: las bases de datos y las variables independientes en el sector hotelero de la bolsa mexicana de valores. Tesis doctoral en Dirección y Administración de Empresas. Departamento de Economía de la Empresa, Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. 319 p.

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN (2016) La Comuna [En línea] <<http://www.mcuracautin.cl/comuna/>> [consulta: 30 julio 2016]

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE VILCUN (2016) Reseña histórica de Vilcún [En línea] <<http://www.vilcun.cl/portal/comuna.html>> [consulta: 30 julio 2016].

INDAP (2009) Ordenanza Modificación Presupuestaria Instituto de desarrollo Agropecuario. [En línea] <http://transparencia.indap.cl/Archivosenlace/Documentos/ORD726782-23-06-2009_1.pdf> [consulta: 11 mayo 2016].

INE ARAUCANIA (2012) Compendio Estadístico Regional La Araucanía. Informe Anual. [En línea] <<http://www.inearaucania.cl/archivos/files/pdf/SistemaEstadisticoRegional/COMPENDIO%20ESTADISTICO%20REGIONAL%20FINAL%202012.pdf>> [consulta: 05 septiembre 2016].

JENKINS, S., SPENCE, R., FONSECA, J.F., SOLIDUM, R.U., WILSON, T.M. (2014) Volcanic risk assessment: Quantifying physical vulnerability in the built environment. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 276: 105-120.

JOLLY, G. & DE LA CRUZ, S. (2015) Chapter 68: Volcanic Crisis Management. En: The Encyclopedia of Volcanoes. 2da edición. 1187-1202. FALTA EL RESTO DE LOS DATOS

JUAREZ, M.C., IÑIGUEZ, L. & SANCHEZ, M.A. (2006) Niveles de riesgo social frente a desastres naturales en la Riviera Mexicana. Investigaciones Geográficas, (61): 75-88.

KAPPES, R. (2013) Evaluación de la Gestión de Riesgos en tres ciudades intermedias de Chile. Memoria para optar al título de Geógrafo. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 126 p.

KEIPI, K., MORA C., S., & BASTIDAS, P. (2005). Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo. Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

LARA, L. (2008). Volcanes activos de Chile: Estado del conocimiento y evaluación preliminar de la amenaza volcánica [Informe inédito]. Santiago de Chile: SERNAGEOMIN.

- LARA, L.E., OROZCO, G., AMIGO, A., SILVA, C. (2011) Peligros Volcánicos de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental, No.13: 34 p., 1 mapa escala 1:2.000.000. Santiago.
- LARENAS, J. (2014) Resistencia y territorio: El caso de Chaitén en la zona austral de Chile. En: TAPIA, R. & ARTEAGA, C. (ed.) Vulnerabilidades y desastres siconaturales: Experiencias recientes en Chile. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. p. 117-130.
- LAVELL, A. (1996) Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En FERNÁNDEZ, M. (comp.). Ciudades en riesgo: Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Bogotá: La RED / Tercer Mundo Editores.
- LAVELL, A. (2005) Desastres y Desarrollo, Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre: El caso del Huracán Mitch en Centroamérica. En: FERNANDEZ, A. (comp.). Comarcas vulnerables: Riesgos y desastres naturales en Centroamérica y el Caribe. Ed. CRIES. Buenos Aires. 11-44 p.
- LEE, S., LEE, C., & LEE, S. (2015). A comparison of the Landsat image and LAHARZ-simulated lahar inundation hazard zone by the 2010 Merapi eruption. Bulletin Volcanology, 77 (46): 1-13.
- MANSILLA, E. (2000) Riesgo y Ciudad. Universidad Nacional Autónoma de México, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Arquitectura. 181 p.
- MANYENA, S. (2014) Disaster resilience: A question of “multiple faces” and “multiple spaces”? International Journal of Disaster Risk Reduction, 8: 1-9.
- MARTI, J. & FELPETO, A. (2010). Methodology for the computation of volcanic susceptibility. An example for mafic and felsic eruptions on Tenerife (Canary Islands). Journal of volcanology and geothermal research, 195: 69-77.
- MARTI, J. (2010) La investigación volcanológica a nivel internacional. En: GONZALEZ, E., ESCOBAR, E., BECERRA, R., UBALDO, R., DONIZ, J. Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008. Centro de Estudios Calatravos, España. 29-32.
- MARZOCCHI, W., NEWHALL, C. & WOO, G. (2012) The scientific management of volcanic crises. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 247-248: 181-189.
- MASKREY, A. (1993). Cómo entender los desastres naturales. En A. Maskrey, Los Desastres No Son Naturales. La Red (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina) (pág. 140).
- MATURANA, A. (2011) Evaluación de Riesgos y Gestión en Desastres. 10 preguntas para la década actual. Revista Médica Las Condes, 22(5): 545-555.
- MENARD, G., MOUNE, S., VLASTELIC, I., AGUILERA, F., VALADE, F., BONTEMPS, M. & GONZALEZ, R. (2014) Gas and aerosol emissions from Lascar volcano (Northern Chile): Insights into the origin of gases and their links with the volcanic activity. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 287: 51-67.
- MIKULSEN, M. & DIDUCK, A. (2016) Towards an integrated approach to disaster management and food safety governance. International Journal of Disaster Risk Reduction, 15: 116-124.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL (2016a) Encuesta CASEN: Definiciones e indicadores > Trabajo. [En línea] <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen/casen_def_trabajo.php> [consulta: 09 abril 2015].

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL (2016b) Indicadores de Caracterización Social: Glosario [En línea] <<http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/indicadores/glosario.php>> [consulta: 09 abril 2015].

MINVU (1995) Demanda potencial de la vivienda social: interrelaciones entre alojamiento y pobreza. En: Focalización en la Vivienda Social. Santiago. p. 1-15.

MINVU (2004) El déficit habitacional en Chile Medición de requerimientos de vivienda y su distribución espacial. Gobierno de Chile. Chile. Noviembre.

MONTENEGRO-ROMERO & PEÑA-CORTES, F. (2010). Gestión de la emergencia ante eventos de inundación por tsunami en Chile: el caso de Puerto Saavedra. Revista de Geografía Norte Grande, 47: 63-80.

MONTENEGRO-ROMERO, T. & PEÑA-CORTES, F. (2010) Gestión de la emergencia ante eventos de inundación por tsunami en Chile: el caso de Puerto Saavedra. Revista de Geografía Norte Grande, 47: 63-80.

MORA, H. (s/f) Breve guía de procedimiento para explorar validez y confiabilidad de cuestionarios. Aplicaciones con SPSS 11.0. [En línea] <https://www.academia.edu/1982369/Validez_y_Fiabilidad_con_SPSS> [consulta: 07 de Agosto, 2015].

MORA, P. (2007) Historia didáctica de Curacautín “1882-2004”. [En línea] <<http://historiadecuracautin.blogspot.cl/>> [consulta: 04 noviembre 2016].

MORALES, J.M. (2014) Algoritmo probabilístico para la simulación de flujos de lavas. Tesis para obtener el título de Master en Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería. Gran Canaria, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería. 36 pp.

MORENO, H. & NARANJO, J. (2003) Mapa de Peligros del Volcán Llaima Escala 1:75.000. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental N°7. SERNAGEOMIN.

MORENO, H. & NARANJO, J.A. (1991) Síntesis geológica del Volcán Llaima, Andes del Sur (38°45'S), Chile. Sexto Congreso Geológico de Chile. Resúmenes expandidos. Ed. SERNAGEOMIN. Santiago, Chile.

MORENO, H. (2004) Lorenzo Casertano (1921-2004). Revista Geológica de Chile, 31(2): 368-369.

MORENO, H. (s/f) Catálogo de Erupciones Históricas: 3.2 Volcán Llaima. p. 20-35.

MORENO, H., & FUENTEALBA, G. (1994) The May 17-19 1994 Llaima volcano eruption, southern Andes (38°42'S-71°44'W). Revista Geológica de Chile, Vol. 21, N° 1, 167-171.

MORENO, H., NARANJO, J.A., PEÑA, P., MUÑOZ, J., BASUALTO, D., DELGADO, C., GALLEGOS, C., DUNGAN, M., BOUVET DE MAISONNEUVE, C. (2009) El ciclo eruptivo 2007-

2009 del Volcán Llaima, Andes del sur. En: XII CONGRESO GEOLOGICO Chileno: 22 al 26 de Noviembre de 2009. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN (2010) Actualización Plan de Desarrollo Comunal PLADECO Comuna de Curacautín 2010-2015 [En línea] <<http://www.mcuracautin.cl/transparencia/documentos-publicos/pladeco/>> [consulta: 29 junio 2016].

MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN (2010) Plan de Emergencia Zonas de Riesgo Volcán Llaima. 27 p. (Documento de Trabajo).

MUNICIPALIDAD DE MELIPEUCO (2011) Plan de Desarrollo Comunal PLADECO 2012-2016 [en línea] <<http://www.melipeuko.cl/LEY%20DE%20TRANSPARENCIA/Pladeco%20Melipeuco%202012-2016.pdf>> [consulta: 29 junio 2016].

MUNICIPALIDAD DE MELIPEUCO (2015) Plan de Emergencia Volcánica de la comuna de Melipeuco. [En línea] <[http://www.melipeuko.cl/LEY%20DE%20TRANSPARENCIA/Plan%20Emergencia%20Volc%20C3%A1nica%20Actualizado%20\(2015\).pdf](http://www.melipeuko.cl/LEY%20DE%20TRANSPARENCIA/Plan%20Emergencia%20Volc%20C3%A1nica%20Actualizado%20(2015).pdf)> [consulta: 16 marzo 2016].

MUNICIPALIDAD DE VILCUN (2010) Plan de Desarrollo Comunal 2010-2015 [En línea] <<http://www.vilcuntransparente.cl/inicio/index.php/todos-los-documentos/category/671-plan-de-desarrollo-comunal>> [consulta: 29 junio 2016].

MUÑOZ, C. (2008) Requerimientos de vivienda: Comparación metodologías utilizadas por MIDEPLAN. Documento N°11 Departamento de Estudios División Social, Gobierno de Chile. Ministerio de Planificación, Gobierno de Chile. 29 p.

MUÑOZ, M. (2011) Institucionalidad e Instrumentos de Gestión del Riesgo en Chile [En línea] <<http://diplomadogsrd socialesudec.cl/wp-content/uploads/2011/09/Institucionalidad-e-Instrumentos-de-Gestion-del-Riesgo-en-Chile.pdf>> [consulta: 05 noviembre, 2016].

NARANJO, J.A., MORENO, H. 2005. Geología del Volcán Llaima, Región de la Araucanía. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 88, 33 p., 1 mapa escala 1:50.000, Santiago.

NARANJO, J.A., MORENO, H., PEÑA, P., MUÑOZ, J., BASUALTO, D., DELGADO, C., GALLEGOS, C., DUNGAN, M., BOUVET DE MAISONNEUVE, C. (2009) Estilos eruptivos 2007-2008 del Volcán Llaima, Andes del Sur. En: XII CONGRESO GEOLOGICO Chileno: 22 al 26 de Noviembre de 2009. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

NARVÁEZ, L., LAVELL, A. & PÉREZ - ORTEGA, G. (2009) La Gestión del Riesgo de Desastres: Un Enfoque basado en procesos. [Documento digital] PREDECAN. Lima, 106 pp.

NEWHALL, C.G. (2015) 4.14 Volcanology 101, En: SCHUBERT, G (ed.) TREATISE ON GEOPHYSICS. Vol. 4. 2da Edición. Elsevier, Oxford. 357- 387.

NUTTERS, H. (2012) Addressing Social Vulnerability and Equity in Climate Change Adaptation Planning. [En línea] <http://www.adaptingtorisingtides.org/wp-content/uploads/2015/04/ART_Equity_WhitePaper.pdf> [consulta: 30 octubre 2016].

OEA (1991) Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de amenazas naturales para reducir los daños. Proyecto de Riesgos Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Washington DC. 145 p.

OLTRA, C. (2005). Modernización ecológica y sociedad del riesgo: Hacia un análisis de las relaciones entre ciencia, medio ambiente y sociedad. *Papers*, 78: 133-149.

ONEMI (1977) Plan Nacional de Emergencia de 1977 [En línea] <<http://hdl.handle.net/20.500.11762/19125>> [consulta: 06 noviembre, 2016].

ONEMI (2002) Plan Nacional de Protección Civil

ONEMI (2009a) Anexo Imágenes satelitales Volcán Llaima, Centro Nacional Alerta Temprana. [En línea] <<http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/133>> [consulta: 16 marzo, 2016].

ONEMI (2009b) Heladas y nevadas, Impacto en el sector Agricultura 2007. [En línea] <<http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/99/ONE1055.pdf?sequence=1>> [consulta: 04 noviembre, 2016].

ONEMI (2009c) Actividad volcánica en Chile Año 2008. [En línea] <<http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/434/Actividad%20Volcanica%20en%20Chile%202008.pdf?sequence=1>> [consulta: 16 marzo 2016].

ONEMI (2010) Dípticos informativos Simulacro Volcán Llaima. Comunas de Cunco, Melipeuco, Vilcún y Curacautín.

ONEMI (2011) ONEMI presentó señalética de riesgo volcánico. [En línea] < > [Consulta: 16 octubre, 2016].

ONEMI (2012a) Mapa de Riesgo Regional Peligro Volcánico y Tsunami, Región de La Araucanía [En línea] <<http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/378>> [consulta: 09 noviembre 2015].

ONEMI (2012b) ONEMI y SUBDERE presentaron señalética de riesgo volcánico en Pucón. [En línea] < > [Consulta: 03 octubre, 2016].

ONEMI (2013) ONEMI Araucanía inaugura nueva Dirección Regional en Temuco. [En línea] <<http://www.onemi.cl/noticia/onemiaraucaniainauguranuevadireccionregionalentemuco/>> [consulta: 31 marzo 2016].

ONEMI (2016a) Presentación ONEMI [En línea] < <http://www.onemi.cl/presentacion/>> [consulta: 13 octubre 2016].

ONEMI (2016b) Centro de Alerta Temprana CAT. [En línea] <<http://www.onemi.cl/cat/>> [consulta: 13 octubre 2016].

ONEMI (2016c) Visor Chile Preparado. [En línea] <<http://www.onemi.cl/visor-chile-preparado/>> [consulta: 05 noviembre, 2016].

PARESCHI, M.T., CAVARRA, L., FAVALLI, M., GIANNINI, F. & MERIGGI, A. (2000). GIS and Volcanic Risk Management. *Natural hazards*, 21: 361-379.

PARGA, V. (2012) Evaluación de la construcción social del riesgo frente a amenazas de tsunamis en el área urbana de la comuna de Caldera, III Región de Atacama. Memoria para optar al título profesional de Geógrafa. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 147 p.

- PAULUS, N. (2004) Del concepto de Riesgo: Conceptualización del Riesgo en Luhman y Beck. *Revista Mad.*, 10: 1-63.
- PETIT-BREUILH, M., & LOBATO, J. (1994). Análisis comparativo de la cronología eruptiva histórica de los volcanes Llaima y Villarrica (38° - 39° L.S). En: VII CONGRESO GEOLOGICO Chileno 1994 (págs. 366-370). Concepción: Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción.
- PHILLIPSON, G., SOBRADELO, R., & GOTTSMANN, J. (2013). Global volcanic unrest in the 21st century: An analysis of the first decade. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (264): 183-196.
- PINEDA, V. (1984) Mapa Nacional de Riesgo Volcánico. 59-63.
- PIÑUEL, J.L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3 (1): 1-42.
- PNUD (2012). Análisis de Riesgos de Desastres en Chile VII Plan de Acción DIPECHO en Sudamérica 2011-2012. Santiago.
- POLDEVAART, A. (1971). Volcanicity and forms of extrusive bodies. En: GREEN, J & SHORT, N.M. (Eds.) *Volcanic landforms and surface features: a photographic atlas and glossary*. Springer-Verlag, Nueva York. pp. 1-18.
- POLE, K. (2009) "Diseño de metodologías mixtas: Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas". [En línea] *Revista Renglon* N° 60, pp 37-42, Tlaqueapague, México, Marzo de 2009. <http://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/252/katrhrn_pole.pdf?sequence=2> [Consulta: 24 de Enero, 2016].
- POVI (1994) Proyecto Observación Visual Volcán Llaima: La erupción de 1994. [En línea] <<http://www.povi.cl/llaima/historia.html>> [consulta: 05 mayo 2016].
- QUINTEROS, C. (1991) Estudio de los lahares de Volcán Llaima IX Región de la Araucanía. Memoria para optar al título de Geóloga. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. 103 p.
- RAMIREZ, A. (2013) Hábitat vulnerable en situación de emergencia por desastres naturales. Recomendaciones para su manejo a partir de la experiencia post – terremoto 2010 en Chile – [documento digital] "Actividad Formativa Equivalente para postular al Grado Académico de Magister en Hábitat Residencial" Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- RAMOS, M. (2005) Metodología para la Evaluación de una Política de Gestión de Riesgos ante Desastres Naturales y Antrópicos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). 80 p.
- RESERVA BIOSFERA ARAUCARIAS (2009) Expediente de propuesta para la ampliación y zonificación de la Reserva de Biosfera Araucarias PENDIENTE
- RETAMAL, M. (2012) Infraestructura vial de Talcahuano Análisis de su incidencia como elemento de vulnerabilidad frente a desastres naturales. Tesis (Magister en Urbanismo). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2012.

ROBLES, B. (2011) La entrevista en profundidad: una técnica útil dentro del campo antropofísico. Cuicuilco, 18 (52): 39-49.

ROLANDI, G. (2010). Volcanic hazard at Vesuvius: An analysis for the revision of the current emergency plan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 189: 347-362.

ROMERO, J. E., KELLER, W. & MARFULL, V. (2013) Short chronological analysis of the 2007-2009 eruptive cycle and its nested cones formation at Llaima volcano. Journal of Technological Possibilities, 2 (3): 2-9.

ROMERO, J., BUSTILLOS, J. & VIRAMONTE, J. (2015) Los depósitos de caída de tefra: Una breve revisión sobre su cuantificación y análisis para la clasificación de erupciones volcánicas explosivas, con ejemplos Latinoamericanos. Pyroclastic Flow, 5(1): 1-33.

RUIZ, M. & GRIMALT, M. (2012) Análisis de la vulnerabilidad social frente a desastres naturales: el caso de la isla de Mallorca. Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). [En línea] Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Luján, Año 4, Número 4 <<http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2012/Investigacion/01-RUIZ-GRIMALT-GOESIG4-2012.pdf>> [consulta: 09 abril 2015]

SALAS, A. (2014). Dinámica de flujos laháricos e híbridos, flanco norte del Volcán Llaima, Zona Volcánica Sur, Chile. Memoria para optar al título de geóloga. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 154 pp.

SANCHEZ, R. (2010). La debilidad de la gestión del riesgo en los centros urbanos. El caso del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Revista de Geografía Norte Grande, 47: 5-26.

SCAINI, C., FELPETO, A., MARTI, J., CARNIEL, R. (2014) A GIS-based methodology for the estimation of potential volcanic damage and its application to Tenerife Island, Spain. . Journal of Volcanology and Geothermal Research, 278-279: 40-58.

SCHILLING, M.; TORO, K.; CONTRERAS, P.; LEVY, C.; PARTARRIEU, D.; AMIGO, Á.; HERNÁNDEZ, J. 2013. Geoparque Kütralkura: Guía Geoturística. Servicio Nacional de Geología y Minería, 194 p., 3 mapas escala 1:300.000, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

SCHMEER, K. (1999) Guidelines for Conducting a Stakeholder Analysis. November 1999. Bethesda, MD: Partnerships for Health Reform, Abt Associates Inc. 40 p.

SEDESOL (2013) Diagnóstico del Programa Pensión para Adultos Mayores [En línea] <http://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Sedesol/sppe/dgap/diagnostico/Diagnostico_PAM_2013.pdf> [consulta: 09 abril 2015]

SENDAS CONGUILLIO (2016) Nuestra llegada [En línea] <<http://www.sendasconguillio.cl/nuestra-llegada/>> [consulta: 19 octubre 2016].

SERNAGEOMIN (2014a) Funcionamiento Red Nacional de Vigilancia Volcánica 2do. Informe trimestral Enero-Junio 2014. [En línea] <http://www.senado.cl/site/presupuesto/2014/cumplimiento/Glosas%202014/quinta_subcomision/17%20Miner%C3%ADa%202014/ORD.N%C2%B0%201418/FUNCIONAMIENTO%20RED%20NACIONAL%20DE%20VIGILANCIA%20VOLCANICA.pdf> [consulta: 04 octubre 2016].

SERNAGEOMIN (2014b) Sernageomin publica en internet los mapas de amenaza de 43 volcanes activos. [En línea] <<http://www.sernageomin.cl/detallenoticia.php?ildNoticia=126>> [consulta: 04 octubre 2016].

SERNAGEOMIN (2015a) Ficha Volcán Llaima. [En línea] <<http://www.sernageomin.cl/volcan.php?ild=23>> [consulta: 28 de Septiembre, 2015].

SERNAGEOMIN (2015b) Presentación RNVV.[En línea] <http://www.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Presentacion_general_RNVV_2015.pdf> [consulta: 05 junio 2016].

SERNAGEOMIN (2016) Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur. [En línea] <<http://www.sernageomin.cl/volcan-observatorio.php>> [consulta: 04 enero 2016].

SERNATUR (2016) Buscador de Servicios Turísticos [en línea] <<http://serviciosturisticos.sernatur.cl/>> [consulta: 30 julio 2016].

SIGURDSSON, H. (2003) Volcanology. En: MEYER, R. (ed.) Encyclopedia of Physical Science and Technology. 3ra Edición. Academic Press, New York. 579-605.

SILVA, C. (2011). Evaluación objetiva de la amenaza volcánica del territorio nacional. Memoria para optar al Título de Geógrafa. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 100 pp.

STERN, C. (2004) Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile*, 31 (2): 161-206.

STERN, C., MORENO, H., LOPEZ-ESCOBAR, L., CLAVERO, J., LARA, L., NARANJO, J., PARADA, M., SKEWES, M.A. (2007) Chapter 5 Chilean Volcanoes. En: MORENO, T. & GIBBONS, W. (eds.) *The Geology of Chile*. The Geological Society, Londres. 147-178.

STRADER, S., ASHLEY, W. & WALKER, J. (2015). Changes in volcanic hazard exposure in the Northwest USA from 1940 to 2100. *Natural Hazards*, 77: 1365-1392.

SUBDERE (2016) Melipeuco [En línea] <<http://www.subdere.gov.cl/divisi%C3%B3n-administrativa-de-chile/gobierno-regional-de-la-araucan%C3%ADa/provincia-de-caut%C3%ADn/melipeuco>> [consulta: 30 julio 2016].

SUBSECRETARIA DEL MINISTERIO DE HACIENDA (2016) Registro Central de Colaboradores del Estado: Reporte de Transferencias Ingresadas. [En línea] <<https://www.registros19862.cl/reportes/transferencias/reporte/ingresadas>> [consulta: 10 octubre 2016].

SULPIZIO, R., DELLINO, P., DORONZO, D.M., SAROCCHI, D. (2014) Pyroclastic density currents: state of the art and perspectives. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 283: 36-65.

TIERNEY, K. (2009) Disaster response: research findings and their implications for resilience measures. Department of Sociology and Institute of Behavioral Science, Natural Hazards Center, University of Colorado. 57 p.

TILLING, R.I. (2014) Volcanic hazards. En: *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier. 2-17.

UCHILE (2016) Climas de Chile. [En línea] <<http://www.uchile.cl/portal/presentacion/la-u-y-chile/acerca-de-chile/8086/climas-de-chile>> [consulta: 29 junio 2016].

UNISDR (1994) Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un Mundo más Seguro. [En línea] <<http://eird.org/fulltext/Yokohama-strategy/YokohamaEspa%F1ol.pdf>> [consulta: 24 enero 2017].

UNISDR (2005) Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. [En línea] <<http://cenepred.gob.pe/download/Marco%20de%20Acci%C3%B3n%20de%20Hyogo.pdf>> [consulta: 04 noviembre 2016].

UNISDR (2009) Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Naciones Unidas. 38p

UNISDR (2015) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. [En línea] <<http://www.wcdrr.org/uploads/UN-WCDRR-CH-Es.pdf>> [consulta: 04 noviembre 2016].

WALKER, G. (2000) Basaltic Volcanoes and Volcanic Systems. En: SIGURDSSON, H. (ed.) Encyclopedia of volcanoes. San Diego: Academic Press. 283-289.

WANG, W., LIU, W., MINGERS, J. (2015) A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using Soft Systems Methodology (SSM). European Journal of Operational Research, 246: 562-574.

WATT, F.L., PYLE, D. & MATHER, T. (2009). The influence of great earthquakes on volcanic eruption rate along the Chilean subduction zone. Earth and Planetary Science Letters, 277: 399-407.

WILCHES CHAUX, G. (1993) La Vulnerabilidad Global. En A. Maskrey, Los Desastres No son Naturales. Bogotá: La RED / Tercer Mundo Editores. 11-44.

WILLIAM-JONES, G. & RYMER, H. (2015) Chapter 57 - Hazards of Volcanic Gases. En: SIGURDSSON, H. (ed.) The Encyclopedia of Volcanoes. 2da Edición. Academic Press, Amsterdam. Pp. 985-992.

WILSON, C. & HOUGHTON, B. (2000) Pyroclast transport and deposition. En: SIGURDSSON, H. (ed.) Encyclopedia of volcanoes. San Diego: Academic Press. 545-554.

WILSON, G., WILSON, T.M., DELIGNE, N.I., COLE, J.W. (2014) Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 286: 148-182.

WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T. & DAVIS, I. (2003) Chapter 1: The Challenge of Disasters and our approach. En: WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T. & DAVIS, I. At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge. 2° Edición. 3-48.

WITHAM, C. (2005). Volcanic disasters and incidents: A new database. Journal of volcanology and geothermal research (148): 191-233.

WYNDHAM, K. (2013) Análisis de vulnerabilidad y riesgo del sector turístico y la población flotante en la comuna de La Serena frente a la ocurrencia de una amenaza de origen natural. IV Región de Coquimbo. Memoria para optar al título de Geógrafa. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 179 p.

ANEXOS

Anexo N°1. Variables consideradas en el análisis de Vulnerabilidad Social.

	ID	VARIABLE
VULNERABILIDAD SOCIODEMOGRÁFICA	1	Población entre 0 y 14 años
	2	Población entre 65 y más
	3	Población con discapacidad
	4	Sin educación formal
	5	Con educación pre-básica
	6	Con educación básica/primaria
	7	Pertenece a un grupo originario o indígena
	8	Mujeres
VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA	9	Sin trabajar pero tiene empleo
	10	Trabajando para un familiar pero sin pago en dinero
	11	Buscando trabajo habiendo trabajado antes
	12	Buscando trabajo por primera vez
	13	Estudiando
	14	Jubilados
	15	Incapacitados para trabajar
	16	Mujeres Jefa de Hogar
	17	Desempleo de población entre 15 y 24 años
	18	Trabaja en actividades primarias
	19	Trabaja en actividades secundarias
	20	Trabaja en actividades terciarias
	21	2 a 4 hogares por vivienda
	22	Vivienda arrendada
	23	Vivienda cedida por trabajo o servicio
	24	Vivienda Gratuita
	25	Ausencia de vehículo motorizado
	26	Posee vehículo no motorizado
VULNERABILIDAD RESIDENCIAL	27	Piezas en casa antigua o conventillo
	28	Mejora, mediagua
	29	Rancho, choza o ruca
	30	Móvil
	31	Residencia comunitaria
	32	Fonolita
	33	Cubierta de techo paja y barro
	34	Piso de tierra
	35	Fuera de la vivienda, dentro del sitio
	36	No tiene
	37	Pozo o noria
	38	Río, vertiente, estero
	39	Cajón sobre pozo negro
	40	Cajón sobre acequia o canal
	41	No tiene

Anexo N°2. Datos demográficos por distrito comunas área de estudio

Comuna	Distrito	1992		2002	
		Población	Viviendas	Población	Viviendas
Curacautín	Municipalidad	7.114	1.819	6.956	2.277
	Estación	5.403	1.406	4.682	1.654
	Rarirruca	732	231	643	266
	Tolguaca	267	60	121	59
	Pidenco	1.061	319	1.522	539
	Manzanar	627	203	615	288
	Malalcahuello	679	262	539	298
	Hueñivales	420	135	328	137
	Captrén	547	190	472	243
	Santa Julia	1.285	344	1.092	353
	Melipeuco	Melipeuco	3.152	855	3.556
Santa María de Llaima		2.161	574	2.072	733
Vilcún	Vilcún	4.968	1.230	6.100	1.888
	San Patricio	1.192	321	1.270	456
	Cherquenco	2.763	715	2.672	883
	Quintrilpe	1.900	445	1.807	523
	General López	4.162	940	4.491	1.299
	Curaco	1.024	262	972	302
	Prados de Mendoza	496	146	392	159
	Metó	247	78	129	55
	Alambrado	1.776	417	1.658	459
	Cajón	1.356	324	2.092	588
	Niágara	1.003	248	908	306

Anexo N°3. Medidas consideradas dentro del Plan de Reconstrucción Cordillera Araucanía (SUBDERE).

Plan de reconstrucción cordillera Araucanía (Lonquimay Melipeuco y Curarrehue) (SUBDERE, s/f).

A partir de la declaración de zona afectada por catástrofe el 16 de agosto del 2007 a las comunas de Lonquimay, Curarrehue y Melipeuco, se comenzaron a generar acciones para mitigar la emergencia, así como también, durante los meses posteriores profesionales de la División de Planificación del GORE comenzaron a levantar un documento denominado "Propuesta Plan de Reconstrucción Zona de Catástrofe".

A continuación se detallan las áreas de intervención del plan de Reconstrucción.

- En el ámbito de MOP - vialidad
- Reparación de caminos dañados de relevancia estratégica.
- Reparación de puentes menores de relevancia estratégica.
- Arriendo de maquinaria de conservación vial.

En el ámbito de vivienda

- Reparación de viviendas dañadas. \$ 200M que favorecieron a 1.024 viviendas, y cuyos recursos se gestionaron por Cideze con Fondo social
- En el ámbito de educación
- Reparación de establecimientos educacionales.
- Implementación de ayuda (frazadas, colchonetas y otros) a los internados.
- Adquisición de 3 equipos electrónicos para establecimientos educacionales de Curarrehue.

En el ámbito de salud

- Reparación de sistema de calefacción de postas rurales.
- Adquisición de motos de nieve.
- Apoyo de Medico a comunas de Curarrehue y Melipeuco.
- Adquisición de equipamiento de Ambulancia.

En el ámbito de sistemas productivos

- Construcción de 2 galpones comunitarios por comuna.
- Implementación de fardos y concentrado para los galpones comunitarios.
- A corto plazo se organizarán ferias ganaderas para la venta de animales.

Anexo N° 4. Estaciones de monitoreo volcánico en el área de estudio. Fuente: SERNAGEOMIN (2016).

ESTACIONES SISMOLÓGICAS						
Nombre Estación	Código	Distancia al cráter	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Fecha Instalación
LLAITE	SLLA	11	-38,78086	-71,700218	1.088	Noviembre 2007
LAVE	SLAV	8	-38,701454	-71,646114	1.090	Octubre 2009
CRUZ	SCRU	6,2	-38,711903	-71,797615	1.681	07/05/2012
AGUILA	SAGU	3,2	-38,723293	-71,711525	2.146	15/04/2013
CONDOR	SCON	5,8	-38,740063	-71,770401	1.759	15/04/2013
ROCA	SROC	6	-38,677921	-71,682961	1.692	15/04/2013
LAJAS	SLAJ	4,3	-38,754921	-71,696182	1.582	02/04/2014
MOTIN	SMOT	2,9	-38,675415	-71,748161	1.970	19/03/2015

ESTACIONES GPS						
Nombre Estación	Código	Distancia al cráter	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Fecha Instalación
LAVE	LAVE	8	-38,699	-71,661	1.273	Junio 2011
CRUZ	CRUZ	6,3	-38,709	-71,799	1.704	Mayo 2012
PAILE	PAI2	20,6	-38,872	-71,652	1.095	Febrero 2015
MOTIN	MOTN	2,9	-38,675	-71,748	1.971	Marzo 2015
AGUILA	AGUI	3,24	-38,721	-71,714	2.167	Marzo 2015

ESTACIONES DOAS (GASES)						
Nombre Estación	Distancia al cráter	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Frecuencia medición	Fecha Instalación
LAVE	8	-38,699	-71,661	1.273	4 muestras/hora	Febrero 2010

CÁMARAS DE VIGILANCIA						
Nombre Estación	Distancia al cráter	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Frecuencia captura	
LAV	7,5	-38,701	-71,646	1.090	1 img/min	
PAI	20,6	-38,872	-71,653	1.053	1 img/min	
CRU	23,7	-38,686	-72,003	522	1 img/min	
VIR	30,5	-38,454	-72,909	656	1 img/min	

Anexo N° 5. Estaciones hidrológicas en las cercanías al Volcán Llaima.

Código	Estación hidrológicas	Tipo	Comuna	Fecha Vigencia
09402002-6	Estero Melipeuco	FL	Melipeuco	01 dic. 1952 - 01 dic. 1956 *
09131001-5	Río Quepe en Vilcún	FL	Vilcún	01 enero 1969 - actualidad *
09131001-5	Río Quepe en Vilcún	CA	Vilcún	31 octubre 1969 - * actualidad
09122002-4	Río Blanco en Curacautín	FL	Curacautín	30 enero 1979 - actualidad *
09402001-8	Río Allipén en Melipeuco	CA	Melipeuco	31 enero 1984 - actualidad *
09402001-8	Río Allipén en Melipeuco	FL	Melipeuco	17 enero 1985 - actualidad *
09135001-7	Río Quepe en Quepe	CA	Vilcún	01 marzo 1985 - * actualidad
09135001-7	Río Quepe en Quepe	FL	Vilcún	01 marzo 1985 - * actualidad
09404001-9	Río Allipén en Los Laureles	FL	Cunco	01 marzo 1985 - * actualidad
09404001-9	Río Allipén en Los Laureles	CA	Cunco	01 marzo 1985 - * actualidad
09123001-1	Río Cautín en Rariruca	FL	Victoria	01 marzo 1985 - * actualidad
09123001-1	Río Cautín en Rariruca	CA	Victoria	01 marzo 1985 - * actualidad
09130002-8	Río Calbuco en Ruta Interlagos	FL	Vilcún	01 sept. 2008 - actualidad **
09400000-9	Río Triful Camino Internacional	FL	Melipeuco	18 dic. 2014 - actualidad ***

Nota: FL: estación fluviométrica; CA: estación de calidad del agua (química). * Estación construida antes de la erupción de 1994, ** Estación construida durante la erupción de 2007-2009, *** Estación construida posterior a la erupción de 2007-2009. En negrita estación en la red hídrica que nace del volcán. Fuente: elaboración propia a partir de Dirección General de Aguas (2016).

Anexo N°6. Inversión relacionada a GRD en Curacautín realizada por el Gobierno Regional. Fuente: BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016).

Nombre Iniciativa	Etapa que postula	Año de Postulación	Descripción Etapa	Financiamiento	Costo Total
ADQUISICION AMBULANCIA EMERGENCIA BASICA 4X4 PARA H. DE CURACAUTIN	EJECUCION	2011	SE REQUIERE ADQUIRIR UNA AMBULANCIA DE EMERGENCIA BÁSICA 4X4 PARA EL H. DE CURACAUTIN.	F.N.D.R.	33.500
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	33.500
ADQUISICION EQUIPOS DE RADIO PSR. CURACAUTIN	EJECUCION	1998	8 EQUIPOS DE RADIO PORTATILES PARA CADA UNA DE LAS PSR. DE LA COMUNA DE CURACAUTIN.	F.N.D.R.	1.724
	EJECUCION	1999		F.N.D.R.	1.807
ADQUISICION RADIOS COMUNICACION EMERGENCIAS.CURACAUTIN	EJECUCION	2001	11 EQUIPOS BASES, 3 TRANSCPTORES MOVILES Y 4 ESTACIONES PORTATILES. SE TRANFERIRAN A LAS INSTITUCIONES DE BOMBEROS, CARABINEROS, HOSPITAL DE CURACAUTIN Y JUNTAS DE VECINOS FOCALIZADAS.	MUNICIPAL	12.562
	EJECUCION	2002		MUNICIPAL	14.945
	EJECUCION	2006		MUNICIPAL	9.165
ADQUISICION VEHÍCULO DE RESCATE PARA EL CUERPO DE BOMBEROS, CURAC.	EJECUCION	1999	VEHÍCULO DE RESCATE PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE CURACAUTÍN, EL CUAL SERÁ UTILIZADO PARA EL TRASLADO DE SUS MIEMBROS UNA VEZ SURGIDA ALGUNA EMERGENCIA.	OTROS - MUNICIPAL	8.500
AMPLIACION EDIFICIO CONSISTORIAL MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN	DISEÑO	2010	ELABORACION DE UNA CARPETA TECNICA DEL PROYECTO, PARA LICITAR LA CONSTRUCCION DE LA OBRA.	F.N.D.R.	33.979
	EJECUCION	2012	EL EDIFICIO ES DE UN DATA DE 60 AÑOS, ES UNA CONST. DE 615,6 M2, CONTEMPLA LA AMPLIACIÓN Y REMODELACIÓN DEL EDIFICIO ACTUAL A UNA SUPERFICIE BRUTA TOTAL DE 1.603,6 M2, CON UN TOTAL DE SUPERFICIE CONSTRUIDA AMPLIADA DE 988,0 M2.	F.N.D.R.	1.169.109
	EJECUCION	2013		F.N.D.R.	1.221.021
	EJECUCION	2014		F.N.D.R.	1.826.939
	EJECUCION	2015		F.N.D.R.	2.080.803
	EJECUCION	2016		F.N.D.R.	2.176.425
CONSERVACION CAMINO GUARDERÍA -CAPTREN- CHERQUENCO, COMUNA CURACAUTIN	EJECUCION	2003	CONSERVACIÓN DEL CAMINO GUARDERIA - CAPTREN - CHERQUENCO, EN EL SECTOR CORRESPONDIENTE A LOS KM 0 AL KM. 8,6, Y UNA INVERSION ESTIMADA DE M\$129.000. LAS OBRAS A REALIZAR CORRESPONDEN PRINCIPALMENTE A: CONSTRUCCIÓN DE CARPETA GRANULAR, SANEAMIENTO BASICO, OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.	F.N.D.R.	131.000
IMPLEMENTACION SISTEMA DE COMUNICACION PARA EMERGENCIA, CURACAUTIN	EJECUCION	1998	INSTALACION DE UN COMPLETO SISTEMA DE COMUNICACIONES QUE PERMITIRA UNIR DISTINTOS PUNTOS DE LA COMUNA A UNA ESTACION BASE, QUE A SU VEZ EN DETERMINADAS SITUACIONES DE CASTASTROFE O EMERGENCIAS ENLACE CON LA OFICINA DE EMERGENCIA DE LA INTENDENCIA, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS :1 ESTACION BASE PRINCIPAL EN LA I. MUNICIPALIDAD DE CURACAUTIN, 12 ESTACIONES MOVILES PARA VEHICULOS DE TERRENO DE USO MUNICIPAL, 8	OTROS - MUNICIPAL	10.513

			ESTACIONES BASE EN LOCALIDADES PREFIJADAS, 10 RADIOS PORTATILES PARA EL PERSONAL.		
MEJORAMIENTO RUTA R-925-S CURACAUTIN-CONGUILLIO S:HUEÑIVALES-CAPTREN	DISEÑO	2009	DISEÑO DE INGENIERÍA PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA RUTA R-925-S. EL TRAZADO A DISEÑAR VA DESDE EL KM 9,0 (PUENTE CAUTÍN) AL KM 21,6 MIRADOR CAPTREN (CRUCE CON RUTA R-297-S), EN UNA LONGITUD APROXIMADA DE 12,6 KM.	SECTORIAL	189.032
	DISEÑO	2010		SECTORIAL	202.438
	DISEÑO	2011		SECTORIAL	126.613
	DISEÑO	2012		SECTORIAL	130.378
	EJECUCION	2015	MEJORAMIENTO DE LA RUTA R-925-S E INCLUYE CICLOVÍA EN TODA SU EXTENSIÓN Y LA REPOSICIÓN DEL PUENTE QUEULE.	SECTORIAL	6.064.730
	EJECUCION	2016		SECTORIAL	6.343.737
	EJECUCION	2016		SECTORIAL	6.343.737
REPOSICION 5TA. COMISARIA DE CARABINEROS DE CURACAUTIN	EJECUCION	1997	CONSTRUCCION DE UN NUEVO INMUEBLE DE 858,78 M2. DE UN PISO.	F.N.D.R.	222.756
REPOSICION AMBULANCIA TRANSPORTE SIMPLE HOSPITAL CURACAUTÍN	EJECUCION	2002	REPOSICIÓN DE UNA AMBULANCIA DE TRANSPORTE SIMPLE CON EQUIPAMIENTO BASICO DE CARACTERISTICAS SAMU PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO DE MOVILIZACIÓN Y MEJORAR LA CAPACIDAD DE REACCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO FRENTE A LAS EMERGENCIAS.	F.N.D.R.	12.005
	EJECUCION	2007		SECTORIAL	23.332
REPOSICION EQUIPOS RADIOCOMUNICACION POSTAS RURALES, CURACAUTIN	EJECUCION	2007	9 EQUIPOS ESTACIONES BASE/MOVIL, 9 ANTENA BASE OMNIDIRECCIONAL, 9 FUENTE DE PODER, 9 BATERIA, 9 CABLE ADPATADOR, 252 CABLE COAXIAL, 9 MSTIL TELESCOPICO, 1 INSTALACION ESTACION BASE, 10 TRANSCPTOR PORTATIL PARA LAS TODAS LAS POSTAS RURALES DE LA COMUNA.	F.N.D.R.	12.027
REPOSICION POSTA SALUD RURAL LA TEPA, COMUNA DE CURACAUTIN	EJECUCION	2013	CONSTRUCCIÓN DE 410,78 M2 Y EL EQUIPAMIENTO DE LA POSTA Y DE LA VIVIENDA DEL PARAMEDICO, COMO ASI MISMO LA REPOSICIÓN DE EQUIPOS PARA UN MEJOR FUNCIONAMIENTO Y ATENCIÓN A LAS PERSONAS DEL SECTOR.	F.N.D.R.	386.365
	EJECUCION	2014		F.N.D.R.	392.105
	EJECUCION	2015		F.N.D.R.	403.910
	EJECUCION	2016		F.N.D.R.	587.474

Anexo N°7. Inversión relacionada a GRD en Melipeuco realizada por el Gobierno Regional. Fuente: BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016).

Nombre Iniciativa	Etapa que postula	Año de Postulación	Descripción Etapa	Financiamiento	Costo Total
ADQUISICION 2 CAMION TOLVA 6 A 8 M3 ,1 RETROEXCAVADORA	EJECUCION	2014	2 CAMIONES TOLVA NUEVOS SIN USO; 1 RETROEXCAVADORA NUEVA SIN USO.	F.N.D.R.	190.093
AMPLIACION CONSULTORIO GENERAL RURAL MELIPEUCO	DISEÑO	2000	EL PROYECTO CONSISTE EN DEFINIR EL DISEÑO PARA LA AMPLIACION QUE REQUIERE PARA UN MEJOR G FUNCIONAMIENTO EL CONSULTORIO GENERAL RURAL DE MELIPEUCO.	F.N.D.R.	16.233
	DISEÑO	2001		F.N.D.R.	5.900
CONSERVACION CAMINOS RURALES, SECTOR ORIENTE, COMUNA DE MELIPEUCO	EJECUCION	2011	CONSERVACIÓN DE LOS CAMINOS PÚBLICOS EXISTENTES AL LADO ORIENTE DE LA COMUNA, (SECTORES DE: HUECHELEPÚN, CAREN, FLOR DEL VALLE, LONCOTRIUQUE, LEGNAY, CUMCUMLLAQUE, ALPEHUE, RUMIÑAÑE, CASA BLANCA, TRES ESQUINAS, ESCORIAL Y HUALLERUPE).	F.N.D.R.	50.000
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	50.000
CONSTRUCCION CENTRO LOGISTICO VULCANOLOGICO LLAIMA, MELIPEUCO	EJECUCION	1998	CONVENIO SERNAGEOMIN Y MUN. DE MELIPEUCO MEDIANTE EL CUAL SE ESTA REALIZANDO UNA VIGILANCIA INSTRUMENTAL SISMOLOGICA DEL VOLCAN LLAIMA, INSTALADO EN EL LICEO LOS ANDES.	MUNICIPAL	10.919
CONSTRUCCION DEFENSAS FLUVIALES RIO CAREN, MELIPEUCO	EJECUCION	2005	PROTEGER DE INUNDACIONES Y CORTES DE CAMINO, QUE PRODUCEN LAS CRECIDAS DEL RIO, A UN VASTO SECTOR POBLACIONAL Y AGRICOLA DE LA COMUNA DE MELIPEUCO.	SECTORIAL	100.001
CONSTRUCCION DEFENSAS FLUVIALES RIO TRACURA, MELIPEUCO	EJECUCION	2005		SECTORIAL	180.001
CONSTRUCCION DEFENSAS FLUVIALES SECTOR FLOR DEL VALLE, MELIPEUCO	EJECUCION	2007		F.N.D.R.	128.782
CONSTRUCCION PARADOR TURISTICO MELIPEUCO	DISEÑO	2011	DISEÑO DEL PROYECTO DE UN PARADOR TURISTICO CULTURAL DE MELIPEUCO.	F.N.D.R.	2.500
	EJECUCION	2011	EL EDIFICIO CONTEMPLA 667.73 MTS. CUADRADOS DENTRO DE LOS CUALES EXISTE UNA SUPERFICIE DESTINADA A AREA DE EXPOSICION, SALA DE CINE 4D, CAFETERÍA, SERVICIOS HIGIENICOS, UN ESPACIO PARA INFORMACIONES TURISTICAS Y AREAS VERDES EN EXTERIOR.	F.N.D.R.	430.141
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	683.970
	EJECUCION	2013		F.N.D.R.	939.745
	EJECUCION	2014		F.N.D.R.	935.765
EJECUCION	2015	F.N.D.R.		937.243	

	EJECUCION	2016		F.N.D.R.	947.939
CONSTRUCCION PAVIMENTACION CAMINO CUNCO MELIPEUCO ICALMA	EJECUCION	1997	EL PROYECTO CONTEMPLA LA PAVIMENTACION DEL SECTOR EN BASE A UN PAVIMENTO TIPO DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL EN UNA LONGITUD DE 6 KMS., CON UN ANCHO DE CARPETA DE 7 METROS.	F.N.D.R.	263.000
	EJECUCION	1998		F.N.D.R.	301.135
	EJECUCION	1999		F.N.D.R.	301.135
INSTALACION EQUIPOS DE RADIO COMUNICACION VARIOS SECTORES, MELIP.	EJECUCION	1998	EQUIPOS EN LOS SECTORES DE HUECHELEPUN, MOLULCO, CASA BLANCA, CAREN Y LONCOTRIUQUE, UN SISTEMA BASE VHF, ALIMENTADO POR BATERÍA Y CON ANTENA, EN UN LUGAR ACCESIBLE POR TODA LA COMUNIDAD, SIENDO LA INSTITUCIÓN RESPONSABLE LA JUNTA DE VECINOS DEL SECTOR, CONECTANDOSE AL CANAL MUNICIPAL Y DE SALUD PRINCIPALMENTE.	OTROS - MUNICIPAL	2.098
	EJECUCION	1999		OTROS - MUNICIPAL	2.655
MEJORAMIENTO Y HERMOSEAMIENTO CALLE P.A.C., MELIPEUCO	EJECUCION	2011	REPOSICIÓN DE ACERAS, CONSTRUCCIÓN DE EQUIPAMIENTOS (BANCAS, BASUREROS, LUMINARIAS), Y ÁREAS VERDES.	F.N.D.R.	50.000
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	50.000
MEJORAMIENTO CAMINO MELIPEUCO - PANGUECO	EJECUCION	2003	CONSERVACIÓN DEL CAMINO MELIPEUCO - PANGUECO, CORRESPONDIENTE A LOS KM 0 AL KM. 7.6, CON UNA LONGITUD DE 7.6 KMS LA RUTA EN CUESTION CORRESPONDE A LA RED VIAL COMUNAL SECUNDARIA. LAS OBRAS A REALIZAR CORRESPONDEN PRINCIPALMENTE A: CONSTRUCCIÓN DE CARPETA GRANULAR, SANEAMIENTO BASICO, OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.	F.N.D.R.	108.000
	EJECUCION	2004		F.N.D.R.	106.731
MEJORAMIENTO CONSULTORIO GENERAL RURAL DE MELIPEUCO	EJECUCION	2003	OBRAS DE MEJORAMIENTO Y AMPLIACION.	F.N.D.R.	32.620
	EJECUCION	2004		F.N.D.R.	122.459
	DISEÑO	2005	DISEÑAR EL PROYECTO DE ARQUITECTURA Y ESTUDIOS DE INGENIERIA PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO DEL CONSULTORIO Y VIVIENDAS DEL MEDICO RESIDENTE Y DE LOS PROFESIONALES, CONSISTENTE EN LA AMPLIACION DE 80 M2 APROX., REMODELACION 23 M2 APROX., 980 M2 APROX. DE CAMBIO DE TECHUMBRE Y 2860 MS APROX. DE PINTURA INTERIOR Y EXTERIOR.	F.N.D.R.	8.000
	EJECUCION	2006	OBRAS DE MEJORAMIENTO Y AMPLIACION.	F.N.D.R.	131.820
	EJECUCION	2007		F.N.D.R.	135.646
	EJECUCION	2008		F.N.D.R.	135.095
REPARACION Y MANTENCIÓN EDIFICIO CONSISTORIAL COMUNA DE MELIPEUCO	EJECUCION	2016	MANTENCIÓN AL EDIFICIO CONSISTORIAL DE LA COMUNA DE MELIPEUCO.	F.N.D.R.	20.000
	EJECUCION	1998		F.N.D.R.	22.000

REPOSICION AMBULANCIA C.G.R. MELIPEUCO.	EJECUCION	2000	ADQUISICION DE UNA AMBULANCIA TRACCION SIMPLE, Y LA ADQUISICION DEL EQUIPAMIENTO PARA TRASLADO DE PACIENTES DE ACUERDO A LA COMPLEJIDAD Y RED DE ATENCION PREHOSPITALARIA DE URGENCIA REGIONAL.	F.N.D.R.	30.543
	EJECUCION	2001		F.N.D.R.	18.300
	EJECUCION	2002		F.N.D.R.	15.394
	EJECUCION	2003		F.N.D.R.	32.770
REPOSICION CAMIONETA POR AMBULANCIA 4X4 DPTO DE SALUD MELIPEUCO	EJECUCION	2008	ADQUISICIÓN DE UNA AMBULANCIA 4X4 EQUIPADA, CON EL FIN DE MEJORAR LA RESOLUTIVIDAD DE LOS TRASLADOS Y CON ELLO LOS RIESGOS QUE ESTO IMPLICA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN USUARIA DEL CONSULTORIO MELIPEUCO.	F.N.D.R.	28.320
REPOSICION CARRO BOMBA CUERPO DE BOMBEROS DE MELIPEUCO	EJECUCION	2007	REPOSICIÓN DE UN CARRO BOMBA PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE MELIPEUCO EL CUAL SERÁ ASIGNADO A LA 1º COMPAÑÍA DE BOMBEROS.	F.N.D.R.	50.000
REPOSICION CUARTEL PRIMERA COMPAÑIA DE BOMBEROS -MELIPEUCO	DISEÑO	2008	DISEÑO DE ARQUITECTURAS Y ESPECIALIDADES.	F.N.D.R.	8.150
	EJECUCION	2009	CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE 627 M2, EN UNO Y DOS PISOS, CONSTRUIDO EN HORMIGÓN ARMADO, ALBAÑILERÍA, Y ACERO GALVANIZADO.	F.N.D.R.	152.113
	DISEÑO	2011	DISEÑO DE ARQUITECTURAS Y ESPECIALIDADES.	F.N.D.R.	16.433
	DISEÑO	2012		F.N.D.R.	16.200
	EJECUCION	2016	CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE 627 M2, EN UNO Y DOS PISOS, CONSTRUIDO EN HORMIGÓN ARMADO, ALBAÑILERÍA, Y ACERO GALVANIZADO.	F.N.D.R.	821.223
REPOSICION EDIFICIO CONSISTORIAL COMUNA DE MELIPEUCO	EJECUCION	2005	REPOSICION DENTRO DEL MISMO EMPLAZAMIENTO DE UN EDIFICIO DE 1.329,8 M2 EN TRES PISOS, CON ASCENSOR, CUYA MATERIALIDAD SERA EN HORMIGON ARMADO Y ALBAÑILERIA REFORZADA CON REVESTIMIENTOS DE MADERA.	MUNICIPAL	482.550
REPOSICION EDIFICIO CONSISTORIAL COMUNA DE MELIPEUCO	DISEÑO	2006	DISEÑO DE ARQUITECTURA Y ESPECIALIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO EDIFICIO CONSISTORIAL.	F.N.D.R.	25.000
	EJECUCION	2007	REPOSICION DENTRO DEL MISMO EMPLAZAMIENTO DE UN EDIFICIO DE 1.329,8 M2 EN TRES PISOS, CON ASCENSOR, CUYA MATERIALIDAD SERA EN HORMIGON ARMADO Y ALBAÑILERIA REFORZADA CON REVESTIMIENTOS DE MADERA.	F.N.D.R.	483.090
	EJECUCION	2008		F.N.D.R.	892.248
	EJECUCION	2009		F.N.D.R.	1.056.617
	EJECUCION	2010		F.N.D.R.	1.053.448
EJECUCION	2011	F.N.D.R.		1.047.131	
REPOSICION POSTA CUMCUMLLAQUE	EJECUCION	1997	CONSTRUCCIÓN DE UNA POSTA DE 146,5 MTS.2 EN REEMPLAZO DE LA ACTUAL, CON SU IMPLEMENTACION Y EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA SU FUNCIONAMIENTO.	F.N.D.R.	36.154
REPOSICION PUENTE MEDINA, COMUNA DE MELIPEUCO	EJECUCION	2005	EL NUEVO PUENTE SE UBICARÁ AGUAS ARRIBA DEL PUENTE ACTUAL, POR LO QUE HABRÁ QUE MODIFICAR EL TRAZADO DE LOS ACCESOS, HACIENDO LAS EXPROPIACIONES DE LOS	SECTORIAL	2.763.000
	EJECUCION	2006		SECTORIAL	2.830.086
	EJECUCION	2008		SECTORIAL	17.968.000

	EJECUCION	2009	TERRENOS NECESARIOS. LA REPOSICIÓN DEL PUENTE MEDINA CONSISTE EN UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE 6 VANOS CON 5 CEPAS INTERMEDIAS. LA LONGITUD TOTAL DEL PUENTE SERÁ DE 186 METROS.	SECTORIAL	3.210.000
	EJECUCION	2010		SECTORIAL	3.391.514
	EJECUCION	2011		SECTORIAL	3.391.516
	EJECUCION	2012		SECTORIAL	3.278.607
	EJECUCION	2013		SECTORIAL	3.665.867
	EJECUCION	2014		SECTORIAL	3.241.896
REPOSICION PUENTE TRUFUL TRUFUL - MELIPEUCO	EJECUCION	2006	REPOSICIÓN DEL PUENTE TRUFUL TRUFUL DE APROX. 99 METROS. SE PROYECTA UN PUENTE BIDIRECCIONAL, DE HORMIGÓN ARMADO CON VIGAS POSTENSADAS.	SECTORIAL	4.920.000
	EJECUCION	2008		SECTORIAL	13.360.000
	EJECUCION	2009		SECTORIAL	3.373.065
	EJECUCION	2010		SECTORIAL	3.612.288
	EJECUCION	2011		SECTORIAL	3.594.608
	EJECUCION	2012		SECTORIAL	1.969.750
REPOSICION VEHICULO TODO TERRENO CONSULT. GENERAL RURAL MELIPEUCO	EJECUCION	2006	EL PROYECTO CONSISTE EN LA REPOSICIÓN DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO PARA APOYO AL CONSULTORIO GENERAL RURAL DE MELIPEUCO DADO QUE EL ACTUAL SE ENCUENTRA EN MALAS CONDICIONES.	F.N.D.R.	13.390

Anexo N°8. Inversión relacionada a GRD en Vilcún realizada por el Gobierno Regional. Fuente: BANCO INTEGRADO DE PROYECTOS (2016).

Nombre Iniciativa	Etapa que postula	Año de Postulación	Descripción Etapa	Financiamiento	Costo Total M\$
ADQUISICION CARRO BOMBA, CUERPO DE BOMBEROS CHERQUENCO	EJECUCION	2007	SE CONTEMPLA LA ADQUISICIÓN DE UN CARRO BOMBA MODELO CL 4 X 2 MIDLUM 170, PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE CHERQUENCO	F.N.D.R.	40.000
ADQUISICION CARRO CUARTEL MÓVIL TENENCIA DE CARABINEROS, VILCUN	EJECUCION	2007	ADQUISICIÓN DE UNA ESTACIÓN MÓVIL POLICIAL PREFABRICADA DENOMINADA " MODULO ESPADÍN " QUE BÁSICAMENTE CUENTA CON EL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA ATENCIÓN DE PUBLICO Y FUNCIONALIDAD PARA EL TRABAJO DE UN FUNCIONARIO DE CARABINEROS.	F.N.D.R.	15.000
ADQUISICION GRUPOS ELECTROGENOS POSTAS SALUD RURAL COMUNA DE VILCUN	EJECUCION	2014	ADQUISICION DE 2 GRUPOS ELECTROGENOS PARA LAS PSR, QUE CONSTITUYEN LA BRECHA DE EQUIPAMIENTO DE ESTAS Y SU RESPECTIVA PUESTA EN SERVICIO	F.N.D.R.	1.428
	EJECUCION	2013		F.N.D.R.	1.328
AMPLIACION ESCUELA F-544 AMERICA	DISEÑO	1999	EL PROYECTO CONSISTE EN LA AMPLIACION DEL ESTABLECIMIENTO (ESCUELA AMERICA, MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE 1628 M2 EN LA CUAL EXISTIRAN 884 M2 DE AREA DOCENTE, 377 M2 DE AREA DE SERVICIO Y 167 M2 DE AREA ADMINISTRATIVA	F.N.D.R.	423.280
	EJECUCION	1999		F.N.D.R.	423.280
AMPLIACION Y ADECUACION ESC. AMERICA F-544	EJECUCION	1999	AMPLIACION Y ADECUACION DE LA ESCUELA AMERICA F-544, CON UN TOTAL DE 706 M2.	SECTORIAL	145.699
CONSERVACION ESCUELA JAPÓN DE LA COMUNA DE VILCÚN	EJECUCION	2015	CONSERVACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO ESCUELA JAPÓN, CONSERVACIÓN TECHUMBRE BIBLIOTECA, CONSERVACIÓN MUROS PUERTAS Y VENTANAS BIBLIOTECA Y MEJORAMIENTO ESCENARIO DE ACTIVIDADES EXTRAESCOLARES	SECTORIAL	44.999
CONSTRUCCION CECOSF CHERQUENCO, VILCÚN	EJECUCION	2015	DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DEL CECOSF CHERQUENCO DE LA COMUNA DE VILCÚN: CONTEMPLA CONSTRUIR 237 METROS CUADRADOS MÁS 10 M2 DE ÁREA EXTERIOR PARA GRUPO ELECTROGENO, SEGÚN EL SIGUIENTE DETALLE: 1 BOX MULTIPROPOSITO 1 BOX CONSULTA EXAMEN 1 BOX DE PROCEDIMIENTOS 1 BOX GINECO OBSTETRICO 1 BOX DENTAL 1 BOTIQUIN, 1 SOME GENERAL Y ARCHIVO, 2 BAÑOS ACCESO UNIVERSAL, 2 BAÑO PERSONAL, SALA MULTIUSO, 1 SALA	SECTORIAL	414.816

			ESPERA, RECINTO DE ASEO, DESPACHO Y BODEGA PNAC, CIRCULACION Y MUROS.		
CONSTRUCCION PATIO CUBIERTO Y AMPLIACION COMEDOR ESC E 545, VILCUN.	EJECUCION	1999	AMPLIACION DEL ESTABLECIMIENTO EN 158,84 M2 PARA DAR ACOGIDA AL PATIO CUBIERTO, MÁS UNA REMODELACION EN 229,49 M2 EN ACTUAL COMEDOR Y SECTOR SERVICIOS.	F.N.D.R.	49.425
	DISEÑO	1998	FORMACION DE HABITOS DE URBANIDAD	F.N.D.R.	3.000
CONSTRUCCION SALA DE MÁQUINAS CUARTEL GENERAL CUERPO BOMBEROS	EJECUCION	2015	CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE MÁQUINAS DE 215 M2 EN LOS TERRENOS DE PROPIEDAD DE CUERPO DE BOMBEROS.	F.N.D.R.	83.000
MEJORAMIENTO POSTAS DE LA COMUNA DE VILCUN	EJECUCION	2015	POSTA CHERQUENCO: HABILITACIÓN DE ÁREA SUCIA, ÁREA LIMPIA 7 M ² .	F.N.D.R.	14.000
	EJECUCION	2014		F.N.D.R.	14.000
	EJECUCION	2013		F.N.D.R.	14.000
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	14.000
	EJECUCION	2011		F.N.D.R.	14.000
REPOSICION 2 CAMIONES TOLVA PARA VILCUN	EJECUCION	2013	REPOSICIÓN DE 2 CAMIONES TOLVA, PARA LAS FAENAS DE REPARACIÓN DE CAMINOS VECINALES O TERCARIOS, QUE SON RESPONSABILIDAD DEL MUNICIPIO	MUNICIPAL - F.N.D.R.	139.522
	EJECUCION	2012		F.N.D.R.	119.865
	EJECUCION	2011		F.N.D.R.	105.057
REPOSICION CARRO BOMBA 2ª COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE VILCUN	EJECUCION	2007	REPOSICIÓN DE UN CARRO BOMBA PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE VILCÚN EL CUAL SERÁ ASIGNADO A LA 2ª COMPAÑÍA DE BOMBEROS.	F.N.D.R.	50.000
REPOSICION DE VEHICULO PARA EL TRASLADO DEL EQUIPO DE SALUD RURAL	EJECUCION	2003	REPOSICION DE UN FURGON DE PASAJEROS KIA BESTA ULTRA 2.7 AÑO 2000 DESTINADO A TRASLADO DEL EQUIPO DE SALUD RURAL DEL DEPTO. SALUD DE VILCUN, POR UNO DE SIMILARES CONDICIONES.	F.N.D.R.	12.800
REPOSICION EQUIPAMIENTO MEDICO	EJECUCION	2015	REPOSICION DE EQUIPAMIENTO MEDICOS Y MOBILIARIO CLINICO ASOCIADO EN LAS POSTAS DE SALUD RURAL DE LA COMUNA, TALES COMO: BALANZA ADULTOS, BOMBA	F.N.D.R.	20.310
	EJECUCION	2014		F.N.D.R.	20.310
	EJECUCION	2013		F.N.D.R.	18.724

POSTAS SALUD RURAL COMUNA VILCUN	EJECUCION	2014	ASPIRACION, CAMILLA EXAMEN, DIAPASON, ELECTROCARDIOGRAFO, ESFIGMOMANOMETRO, HEMOGLUCOTEST, OTO-OFTALMOSCOPIO, SILLA DE RUEDAS, SOPORTE PORTASUEROS, TABLA ESPINAL, ENTRE OTROS.	F.N.D.R.	101.781
REPOSICION ESCUELA JAPON, CHERQUENCO	DISEÑO	2015	SE POSTULA EL DISEÑO DE LA REPOSICION DE LA ESCUELA JAPON PARA UN PROGRAMA ARQUITECTONICO DE 2.159,40 MT2.	F.N.D.R.	100.693
	DISEÑO	2014		F.N.D.R.	97.750
REPOSICION INTERNADO ESCUELA AMERICA F-544 VILCUN	DISEÑO	2003	REPOSICIÓN DEL EDIFICIO DE INTERNADO POR OBSOLESCENCIA, CONTEMPLA ADMINISTRACION, DORMITORIOS, AREA DOCENTE, SERVICIOS, CIRCULACIONES, PATIO DE SERVICIO, TENDEDEROSE CONSULTA UNA SUPERFICIEDE 869 M2 DE CONSTRUCCION.	F.N.D.R.	12.520
	DISEÑO	2002		F.N.D.R.	20.000
	DISEÑO	2003		F.N.D.R.	17.040
	DISEÑO	2002		F.N.D.R.	20.000
	DISEÑO	1999		F.N.D.R.	288.730
REPOSICION RUTA S-31 CAJÓN - VILCÚN - REFUGIO LLAIMA	DISEÑO	2017	DISEÑO DE LA REPOSICIÓN RUTA S-31, CAJÓN - VILCÚN - REFUGIO LLAIMA. SE CONTEMPLA EL ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA LAS OBRAS DE REDISEÑO DE LA ACTUAL RUTA, EN UNA EXTENSIÓN DE 24,1 KM., DONDE SE TRAZARÁ LA REPOSICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARPETA DE RODADURA Y TODAS SUS OBRAS ANEXAS.	SECTORIAL	957.528
	DISEÑO	2016		SECTORIAL	458.590
	DISEÑO	2015		SECTORIAL	369.588
	DISEÑO	2014		SECTORIAL	358.786
	DISEÑO	2014		SECTORIAL	358.786
	DISEÑO	2013		SECTORIAL	353.533
REPOSICION SALAS ESCUELA JAPON CHERQUENCO	EJECUCION	2009	REPOSICIÓN DE AULAS ESCUELA JAPÓN DE CHERQUENCO, PARA ENTREGAR CONDICIONES MINIMAS DE HABITABILIDAD.	SECTORIAL	161.736
REPOSICION VEHICULO TRANSPORTE PACIENTES HOSPITAL VILCUN	EJECUCION	2014	REPOSICIÓN DEL VEHÍCULO DE TRANSPORTE DE PERSONAS, DESTINADO AL TRASLADO DE PACIENTES A DIÁLISIS, CON CAPACIDAD PARA 16 PASAJEROS MÁS CHOFER DADO QUE EL ACTUAL SE ENCUENTRA EN MALAS CONDICIONES Y CON SU VIDA ÚTIL CUMPLIDA.	F.N.D.R.	38.224
	EJECUCION	2011		SECTORIAL	16.277