

Universidad de Concepción
Facultad de Arquitectura Urbanismo y Geografía.
Departamento de Geografía.



**EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A LA AMENAZA
VOLCÁNICA, DEL COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADOS DE
CHILLÁN. COMUNA DE PINTO.**



MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓGRAFO

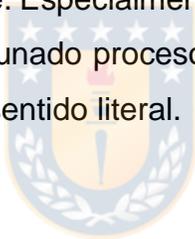
José Guillermo Sanhueza Lepe.
Dra. Edilia Jaque Castillo.

Ciudad Universitaria, Concepción, 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco desde lo más profundo y sincero de mi alma a mis padres Flor y José, a mi hermano Rodrigo Alfonso, junto a mi queridísimo abuelo José y el resto de mis abuelos. Por supuesto también agradezco a mis queridísimas tías y tíos, primas y primos. A Javiera conjunto a mis más grandes amigos Ariel, Juan Carlos y Alonso, a amigas. A todos les agradezco profunda y afectuosamente por su incondicionalidad y cariño en la vida. Permitiéndome formarme íntegramente como persona dentro de la influencia de los buenos valores, la honestidad, el respeto y las buenas costumbres. Gracias por hacer mi vida como tal cual es, ya que lamentablemente sin ustedes no sería lo que hoy es. Gracias por permitirme disfrutar las mejores aventuras en la vida junto a ustedes.

Agradezco a mis profesores y educadores que dispusieron sus esfuerzos en enseñarme y permitirme educarme. Especialmente agradezco a la Dra. Edilia Jaque Castillo por guiarme en este afortunado proceso académico que ha significado mi vida en los últimos meses, en un sentido literal.



En memoria de José Lepe R. Abuelo y Capitán.

Quien descansa navegando los tranquilos y apacibles mares de la inmensidad y el
etéreo.

01-04-2020

Índice.

1. Resumen.....	13
2. Abstract.....	14
3. Introducción.....	15
4. Planteamiento del Problema.....	19
5. Preguntas de investigación.....	27
6. Hipótesis.....	27
7. Objetivos.....	28
6.1 Objetivo General.....	28
6.2 Objetivos específicos.....	28
7. Marco Teórico - Conceptual.....	29
7.1 Riesgo Socio - Natural.....	29
7.2 Amenaza o Peligro Natural.....	30
7.3 Vulnerabilidad.....	32
7.4 Exposición.....	33
7.5 Desastre Socio Natural.....	35
7.6 Gestión de Riesgo de Desastres.....	36
7.7 Riesgo Volcánico Global.....	38
7.8 Riesgo Volcánico en Chile.....	41
7.9 Riesgo en la comuna de Pinto asociado a la amenaza del CVNCh.....	43
7.10 Accesibilidad y Congestión Vial.....	46
8. Metodología.....	48
8.1 Enfoque metodológico.....	48
8.2 Área de estudio.....	49

8.3	Métodos y técnicas	52
8.3.1	Evaluación de las amenazas o peligros volcánicos en el CVNCh. 52	
8.3.2	Análisis de Vulnerabilidad	55
8.3.3	Análisis de la accesibilidad y atochamiento a la ruta N-55, en el contexto de la evaluación del riesgo del CVNCh.	58
8.3.4	Evaluación del Riesgo.....	60
9.	Resultados.	62
9.1	Comuna de Pinto y el CTNCh.....	62
9.2	Amenaza ante amenaza volcánica del CVNCh. Pinto.	64
9.2.1	Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Verano. Pinto.....	68
9.2.2	Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Otoño.	69
9.2.3	Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Invierno.....	70
9.2.4	Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Primavera.	71
9.3	Vulnerabilidad por exposición.....	72
9.3.1	Vulnerabilidad por exposición de Ecosistemas.....	72
9.3.2	Vulnerabilidad por exposición de Infraestructura	75
9.3.3	Vulnerabilidad por exposición de Población.....	78
9.3.4	Vulnerabilidad por exposición de Sistemas Productivos	81
9.4	Riesgo Volcánico del CVNCh.....	83
9.4.1	Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Verano.....	85

9.4.2 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Otoño.	86
9.4.4 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Invierno.....	87
9.4.5 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Primavera.	88
9.5 Puntos de Congestión y Atochamiento	90
9.4.1 Barrera Hotel Alto Nevados.	92
9.4.2 Frontis Hotel Termas de Chillán.....	93
9.4.3 Intersección Camino Nevados de Chillán.....	95
9.4.4 Pórtico Valle Hermoso.....	97
9.4.5 Tenencia Carabineros Las Trancas.....	99
9.4.6 Intersección Camino La Capilla.....	101
9.4.7 Intersección Camino Shangri-La.....	103
9.4.8 Intersección Camino Los Ñirres.....	104
9.4.9 Intersección Camino Los Peumos.	106
9.4.10 Estacionamiento Complejo Entre Rocas.....	107
9.4.11 Intersección Camino Los Coihues.....	108
9.4.12 Intersección Camino Los Petriles.	110
9.4.13 Ex Complejo COPELEC.....	111
9.4.14 Cueva Los Pincheira.....	112
10. Conclusiones y Discusión.	114
11. Bibliografía.....	118

Índice de figuras

Figura 1. Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán.....	21
Figura 2. Plan de acción para la gestión participativa de zonas de interés turístico (ZOIT) Pinto.....	22
Figura 3. Plano de evacuación ante amenaza volcánica del Complejo volcánico Nevados de Chillán.....	24
Figura 4. Volcanes actualmente en erupción en el mundo.....	38
Figura 5. Cinturón de Fuego del Pacífico y sus principales volcanes.....	40
Figura 6. Volcanes Viejo (Izquierda) y Nuevo (Derecha), Subcomplejo Las Termas.....	44
Figura 7. Locación Político Administrativa del Área de Estudio.....	50
Figura 8. Localización del CVNCh. Área de estudio baja escala.....	50
Figura 9. Resort de Montaña Nevados de Chillán en vistas estacionales.....	51
Figura 10. Matriz de peligro empleada en la construcción del Mapa de Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, basado en la recurrencia temporal de diferentes procesos volcánicos para distintos escenarios eruptivos.....	53
Figura 11. Centros Volcánicos empleados como origen para la modelación de piroclastos balísticos.....	53
Figura 12. Escala de valoración y convenciones para las variables y componentes de los factores de vulnerabilidad.....	55
Figura 13. Funciones para la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes.....	57
Figura 14. Cartografía de amenaza y peligros volcánicos del CVNCh en la comuna de Pinto.....	64
Figura 15. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano. En la comuna de Pinto.....	67

Figura 16. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño. En la comuna de Pinto.....	68
Figura 17. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno. En la comuna de Pinto.....	69
Figura 18. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera. En la comuna de Pinto.....	70
Figura 19. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas. En la comuna de Pinto.....	71
Figura 20. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de infraestructura. En la comuna de Pinto.....	74
Figura 21. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de población. En la comuna de Pinto.....	77
Figura 22. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos. En la comuna de Pinto.....	80
Figura 23. Cartografía de riesgo volcánico del CVNCh. En la comuna de Pinto...	82
Figura 24. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano. En la comuna de Pinto.....	84
Figura 25. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño. En la comuna de Pinto.....	85
Figura 26. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno. En la comuna de Pinto.....	86
Figura 27. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera. En la comuna de Pinto.....	87
Figura 28. Cartografía de puntos de congestión y atochamiento en la Ruta N-55, Comuna de Pinto.....	89
Figura 29. Barrera del Hotel Alto Nevados de Chillán.....	91

Figura 30. Estacionamiento del Hotel Alto Nevados, Punto de reunión (protocolo resort).....	92
Figura 31. Acceso Gran Hotel Termas de Chillán.....	93
Figura 32. Frontis del Acceso Gran Hotel Termas de Chillán.....	94
Figura 33. Intersección Camino Nevados de Chillán.....	95
Figura 34. Intersección de la Ruta N-55 y el Camino Nevados de Chillán.....	96
Figura 35. Pórtico Complejo Valle Hermoso.....	97
Figura 36. Estacionamiento frente al Complejo Valle Hermoso. PRT.....	98
Figura 37. Tenencia de Carabineros de Las Trancas. PRT.....	99
Figura 38. Acceso desde la Ruta N-55 a la Tenencia de Carabineros de Las Trancas.....	100
Figura 39. Intersección Camino La Capilla.....	101
Figura 40. Ruta N-55 en intersección al camino La Capilla.....	101
Figura 41. Intersección Camino Shangri-La en Ruta N-55.....	102
Figura 42. Intersección camino Shangri-La. Acceso PRT.....	103
Figura 43. Intersección de la Ruta N-55 con camino Los Ñirres.....	104
Figura 44. Disposición Norte (izquierda) y Sur (derecha) del Camino Los Ñirres, respecto a la Ruta N-55.....	104
Figura 45. Disposición Sur del camino Los Peumos.....	105
Figura 46. Complejo Entre Rocas.....	106
Figura 47. Estacionamiento Complejo Entre Rocas. PRT.....	107
Figura 48. Intersección camino Los Coihues con la Ruta N-55.....	108
Figura 49. Disposición norte camino Los Coihues.....	108
Figura 50. Camino Los Petriles en intersección con la Ruta N-55.....	109

Figura 51. KUSAWE SPA. (Ex complejo COPELEC).....	110
Figura 52. Estacionamiento frente al ex complejo COPELEC. PRT.....	111
Figura 53. Acceso Cueva de Los Pincheira desde la Ruta N-55.....	112
Figura 54. Cueva de Los Pincheira. PRT.....	112
Figura 52. Congestionamiento de la Ruta N-55.....	114

Índice de tablas

Tabla 1. Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019. Los catorce volcanes de mayor riesgo.....	18
Tabla 2. Cráteres y Volcanes del CVNCh y sus subcomplejos.....	43
Tabla 3. Componentes y variables de evaluación para de terminación de vulnerabilidad por exposición.....	54
Tabla 4. Criterios de valoración del nivel de vulnerabilidad. Amenaza Volcánica del CVNCh.....	56
Tabla 5. Criterios de valoración del nivel de vulnerabilidad. Amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh.....	57
Tabla 6. Niveles de amenaza volcánica del CVNCh y su superficie en (Ha) en Pinto.....	65
Tabla 7. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh n verano respecto a la superficie de Pinto (Ha).....	67
Tabla 8. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño respecto a la superficie de Pinto (Ha).....	68
Tabla 9. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno respecto a la superficie de Pinto (Ha).....	69
Tabla 10. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera respecto a la superficie de Pinto (Ha).....	70
Tabla 11. Componentes de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).....	72

Tabla 12. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la amenaza volcánica del CVNCh. En la Comuna de Pinto (Ha).....	72
Tabla 13. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).....	73
Tabla 14. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).....	73
Tabla 15. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).....	73
Tabla 16. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).....	74
Tabla 17. Componentes de vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).....	75
Tabla 18. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto (Ha).....	75
Tabla 19. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).....	76
Tabla 20. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).....	76
Tabla 21. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).....	76

Tabla 22. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).....	76
Tabla 23. Componentes de vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).....	78
Tabla 24. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto (Ha).....	78
Tabla 25. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).....	78
Tabla 26. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).....	78
Tabla 27. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).....	79
Tabla 28. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).....	79
Tabla 29. Componentes de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).....	80
Tabla 30. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto (Ha).....	81
Tabla 31. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).....	81

Tabla 32. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).....	81
Tabla 33. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).....	81
Tabla 34. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).....	82
Tabla 35. Niveles y Superficies (ha) de riesgo volcánico del CVNCh respecto de la superficie de la comuna de Pinto.....	83
Tabla 36. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Verano. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.....	84
Tabla 37. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Otoño. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.....	86
Tabla 38. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Invierno. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.....	87
Tabla 39. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Primavera. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto...	88
Tabla 40. Puntos de Congestión y Atochamiento, ubicación y criterio de establecimiento.....	90

1. Resumen

El riesgo volcánico se entiende como la multiplicación de los factores de amenaza y vulnerabilidad de las comunidades humanas y ecosistemas expuestos a los efectos devastadores ocasionados por la actividad volcánica. En Chile y el mundo se desarrollan esfuerzos y operaciones con el fin de disminuir el grado de vulnerabilidad de las comunidades ante los efectos de la amenaza volcánica, para aportar a la disminución de los niveles de riesgo. La presente investigación se centra en el caso de la comuna de Pinto y la amenaza que suponen los Nevados de Chillán para su población y elementos expuestos. El Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) corresponde a un conjunto volcánico que presenta dieciocho cráteres y centros de emisión, encontrándose a la fecha en un estado de actividad eruptiva.

Al momento de evaluar los niveles de riesgo volcánico y asociados que supone el CVNCh a través de una estructura metodológica definida en un enfoque empírico analítico, empleando el mapa de peligros y amenazas volcánicos de SERNAGEOMIN, además de representar los elementos expuestos a través de cuatro categorías de vulnerabilidad que representan los componentes ecosistémicos, infraestructurales, poblacionales y productivos expuestos en la comuna, sustentando la presente investigación con el desarrollo de un análisis de accesibilidad vial, enfocado en posibles fenómenos de congestión y atochamiento vial a través de una propuesta metodológica que ha permitido establecer y determinar un número de 14 puntos e intersecciones de la Ruta N-55 susceptibles al desarrollo de conflictos viales durante una evacuación del área. De esta forma hemos determinado que un 70,5% del área comunal se encuentra en un nivel de bajo riesgo volcánico, mientras que un 17,19% en nivel medio y un 11,79% en nivel alto, esta última área alberga uno de los centros turísticos y resort de montaña más importantes de Chile, el Complejo Turístico Nevados de Chillán (CTNCh).

Palabras Clave: Riesgo volcánico, Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Amenaza, Vulnerabilidad por exposición, Accesibilidad y Congestión vial.

2. Abstract.

Volcanic risk is understood as the multiplication of the threat and vulnerability factors of human communities and ecosystems exposed to the devastating effects caused by volcanic activity. In Chile and the world, efforts and operations are being developed in order to reduce the degree of vulnerability of communities to the effects of the volcanic threat, in order to contribute to the reduction of risk levels. This research focuses on the case of the Pinto commune and the threat posed by the Nevados de Chillán for its population and exposed elements. The Nevados de Chillán Volcanic Complex (CVNCh) corresponds to a volcanic group that presents eighteen craters and emission centers, being to date in a state of eruptive activity.

At the time of evaluating the levels of volcanic risk and associated that the CVNCh supposes through a methodological structure defined in an empirical analytical approach, using the SERNAGEOMIN map of volcanic hazards and threats, in addition to representing the exposed elements through four categories vulnerability represented by the ecosystem, infrastructure, population and productive components exposed in the commune, supporting this research with the development of a road accessibility analysis, focused on possible phenomena of congestion and road jamming through a methodological proposal that has allowed establish and determine a number of 14 points and intersections of Route N-55 susceptible to the development of road conflicts during an evacuation of the area. In this way, we have determined that 70.5% of the communal area is at a low volcanic risk level, while 17.19% is at a medium level and 11.79% is at a high level, this last area is home to one of the most important tourist centers and mountain resorts in Chile, the Nevados de Chillán Tourist Complex (CTNCh).

Key Words: Volcanic risk, Nevados de Chillan Volcanic Complex, Threat, Vulnerability due to exposure, Accessibility and Road congestion.

3. Introducción

El ser humano y sus comunidades de acuerdo al registro histórico y antropológico han buscado instintivamente a través de la historia humana prever y mitigar los efectos de los desastres socio - naturales en la sociedad y sus territorios. En este sentido los esfuerzos para generar acciones, medidas, estrategias y planes que derechamente permitan evitar o mitigar los efectos de un desastre, con el objetivo de preservar las condiciones y características de la vida en sociedad, van a determinar la susceptibilidad ante los efectos de las amenazas naturales de un territorio y sus comunidades, determinándose así el grado de vulnerabilidad ante dichos peligros y amenazas. Pese a los grandes esfuerzos desarrollados actualmente en materia de prevención, la naturaleza suele azotarnos con fenómenos ambientales, climáticos, volcánicos, sísmicos, entre otros de diversas categorías y asociados, pudiendo generar la pérdida de vidas, infraestructura y recursos. En todo el mundo, a cada minuto existen desastres o fenómenos que se catalogan como un desastre socio - natural y ponen en juego la vida y la seguridad de las comunidades humanas. Uno de los ejemplos más relevante de estos acontecimientos y enraizado a la temática central de esta investigación corresponde a la erupción del Volcán Tambora, ubicado en la isla de Sumbawa, Indonesia. El Monte Tambora no era considerado un volcán, sin embargo, el 5 de abril de 1815 el macizo comienza un proceso eruptivo amenazando directamente la seguridad de la comunidad de la isla. Durante la erupción se expulsó una masa estimada de 50 km³ DRE (estimación de roca densa). De la cual un 97% correspondió a flujos piroclásticos y phoenix clouds (depósitos co-ignimbríticos). Durante la fase plineana de la erupción se emitió una columna de 43 km de altura, además de fenómenos asociados como la caída de cenizas registrada hasta una distancia de 1.300 km del cráter. Existen registros que además afirman que el ruido provocado por las explosiones del Tambora fue percibido a más de 2.600 km. Así mismo se señala que hubo un periodo de oscuridad en la zona aledaña al macizo durante dos días, en un radio de 600 km.

Uno de los efectos a largo plazo en la zona de erupción y su área limítrofe corresponde a la generación de una capa de aerosol en la atmósfera baja que producto de la emisión de azufre, durante tres años posteriores a la erupción provocó una disminución de la radiación solar proyectada en la superficie de la zona (Vergara, 2014).

La erupción del Volcán Tambora es considerada la más grande de la historia moderna y a la fecha resulta imposible estimar y dilucidar las consecuencias ambientales y sociales, además de cuantificar la pérdida de vida y bienes de las comunidades del área de afectación por los efectos de la erupción. Ante este tipo de fenómenos, la gestión del riesgo de desastres socio naturales significa una tremenda herramienta, convirtiéndose en una de las medidas y técnicas de prevención más importantes e influencias a nivel global. Dicha relevancia se sustenta en la serie de instituciones y organismos internacionales como la ONU, que han puesto sus ojos y esfuerzos para generar desarrollo en este ámbito, generando y promoviendo una serie de estrategias a escala global a través de la acción de la Oficina para la reducción del riesgo de desastres de las Naciones Unidas quien combina el trabajo de intelectuales, profesionales, expertos e innovadores en la investigación y gestión del riesgo de desastres en el globo (GAR-Síntesis, 2019). En este sentido, Chile no se ha quedado al margen de los desarrollos en la materia, determinado por su alta susceptibilidad a fenómenos socio naturales, establecido en el hecho que la nación se encuentra emplazada geográficamente en el área comprendida por el Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico, esta zona de las costas del océano Pacífico posee una gran relevancia en el ámbito de la investigación científica nivel mundial, ya que concentra algunas de las zonas de subducción más importantes del globo, por lo que han sujeto al territorio nacional de Chile a una intensa actividad sísmica y volcánica, concentrándose en el anillo la mayoría de los supervolcanes del planeta. De esta forma Chile se encuentra en un claro y elevado estado de susceptibilidad ante amenaza sísmica y volcánica lo en consideración además de las características y condiciones de la geografía nacional acrecienta el panorama de riesgo para los chilenos, específicamente por la amplia disposición latitudinal en el territorio y la presencia de una barrera volcánica que supone la Cordillera de Los

Andes en su disposición de norte a sur. Pese al alto riesgo, en Chile se convive históricamente con desastres socio - naturales de diversas naturalezas específicas, generándose en la historia, una cultura o complejo de patrones culturales en torno a la exposición de las comunidades chilenas a estos fenómenos, desarrollando actividades y acciones que desafían su propia seguridad e integridad ante eventos desastrosos, en este ámbito el desarrollo y emplace de centros inmobiliarios y turísticos en fallas geológicas, zonas de afectación por maremotos en las costas y zonas de amenaza volcánica en los sectores cordilleranos se han transformado en hechos y operaciones habituales, que no garantizan necesariamente el estado de seguridad para los ocupantes y visitantes. Nos centraremos en este último punto específicamente para abordar el turismo de resort de montaña y centros invernales emplazados en zonas de amenaza volcánica y como estos suponen un foco de atracción para turistas y visitantes a zonas de alta amenaza y peligrosidad dadas sus condiciones físicas naturales.

Chile posee algunos de los resorts de montaña más importantes del Cono Sur, establecimientos turísticos que gozan de relevancia mundial dada sus condiciones climáticas y geomorfológicas permitiendo disfrutar de hermosos paisajes y la práctica de actividades y deportes de alta montaña. Entre los más importantes de Chile se presentan La Parva, Parques de Farellones, Portillo, Valle Nevado, Corralco, El Colorado, Nevados de Chillán, entre otros. Todos emplazados en la Cordillera de los Andes, barrera morfológica que concentra la mayoría de los volcanes del territorio nacional. El Resort de Montaña Nevados de Chillán (Figura 9), corresponde a uno de los más importantes de América Latina, posee una de las mayores infraestructuras de la rama a nivel nacional, recibiendo decenas de miles de visitantes de todas partes del mundo en un día de temporada invernal, con 560 hectáreas de dominio esquiable, 14 andariveles y más de 30 pistas, entre ellas la más extensa de Sudamérica, son algunas de las características que lograron que el resort de Montaña Nevados de Chillán fuera galardonado como uno de los mejores resort de Ski del mundo por los World Ski Awards 2017” (SERNATUR, 2021). Así mismo el resort y, se encuentra emplazado en la comuna de Pinto a los pies del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Volcán de tipo conjunto que

contiene 18 volcanes y cráteres activos, que lo posicionan en el cuarto puesto del Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019 (Sernageomin, 2021). Estos antecedentes nos dan cuenta del estado de vulnerabilidad al que se encuentra expuesta la comuna de Pinto, el CTNCh y sus instalaciones ante la amenaza volcánica, viéndose en jaque la seguridad de los residentes de la comuna, además de los vecinos, visitantes y funcionarios.

Generar esfuerzos y desarrollo en materia de gestión de riesgos se vuelve una necesidad fundamental para salvaguardar la vida y las condiciones de las comunidades de Pinto que se encuentran en un estado de vulnerabilidad ante la amenaza que representa la actividad del CVNCh. La ciencia tiene la obligación ética de aportar en esta materia, específicamente en el caso de Chile en donde las condiciones geográficas y las amenazas socio naturales que se presentan en su área, han establecido al Territorio Nacional a un significativo estado de vulnerabilidad ante amenazas de diversa naturaleza y calibre que podrían significar desastres socio – naturales que amenazan la seguridad e integridad de los chilenos, este hecho nos da cuenta de la tremenda necesidad de trabajar en materia de gestión del riesgo de desastre apuntando a disminuir la vulnerabilidad de las comunidades humanas en Chile y el mundo.

4. Planteamiento del Problema.

Chile es un país volcánico (Corominas-Martí, 2014), son múltiples los macizos y centros volcánicos albergados dentro de sus fronteras que condicionan las dinámicas sociales y la seguridad misma de los chilenos y sus comunidades, se consideran alrededor de noventa macizos y centros volcánicos que actualmente se encuentran activos en el Territorio Nacional, representando una tremenda amenaza para las comunidades de Chile y sus ecosistemas, en este sentido la investigación y el desarrollo en materia de gestión del riesgo de desastres, son sin dudas una potente herramienta en el marco de la prevención, en este sentido SERNAGEOMIN a través de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) presenta el Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile 2019 (Tabla 1), instrumento que aportara directamente a los esfuerzos en materia de planificación y desarrollo de maniobras preventivas para reducir la vulnerabilidad de los chilenos ante los efectos provocados por los desastres socio - naturales asociados a amenazas volcánicas. La madrugada del 3 de marzo de 2015, pasadas las 02:30 horas, fue ciertamente compleja para los vecinos y visitantes de las ciudades de Pucón, Villarrica y sus inmediaciones. El Volcán Villarrica, macizo volcánico que a la actualidad ocupa el primer puesto del Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019 y que se mantiene en una categoría de “Alerta verde” entró en un proceso eruptivo que obligo a desarrollar una evacuación de la zona de vulnerabilidad, evacuando a más de 6.000 vecinos y turistas de los centros poblados e inmediaciones más cercanas al estratovolcán. (Guarda, 2020).

Tabla 1. Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019. Los catorce volcanes de mayor riesgo.

Ranking	Volcán	Región	Tipo
1	Villarrica	IX y XIV	Estratovolcán
2	Llaima	IX	Estratovolcán
3	Calbuco	X	Estratovolcán

4	Nevados de Chillán	XVI	Complejo Volcánico
5	Puyehue – Cordón Caulle	XIV y X	Complejo Volcánico
6	Osorno	X	Estratovolcán
7	Mocho – Choshuenco	XIV	Complejo Volcánico
8	Antuco	VII	Estratovolcán
9	Carrán – Los Venados	XIV	Grupo
10	Cerro Azul – Quizapu	VII	Estratovolcán
11	Chaitén	X	Estratovolcán
12	Lonquimay	IX	Estratovolcán
13	Hudson	XI	Complejo Volcánico
14	Láscar	II	Estratovolcán

Fuente: SERNAGEOMIN. Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019.

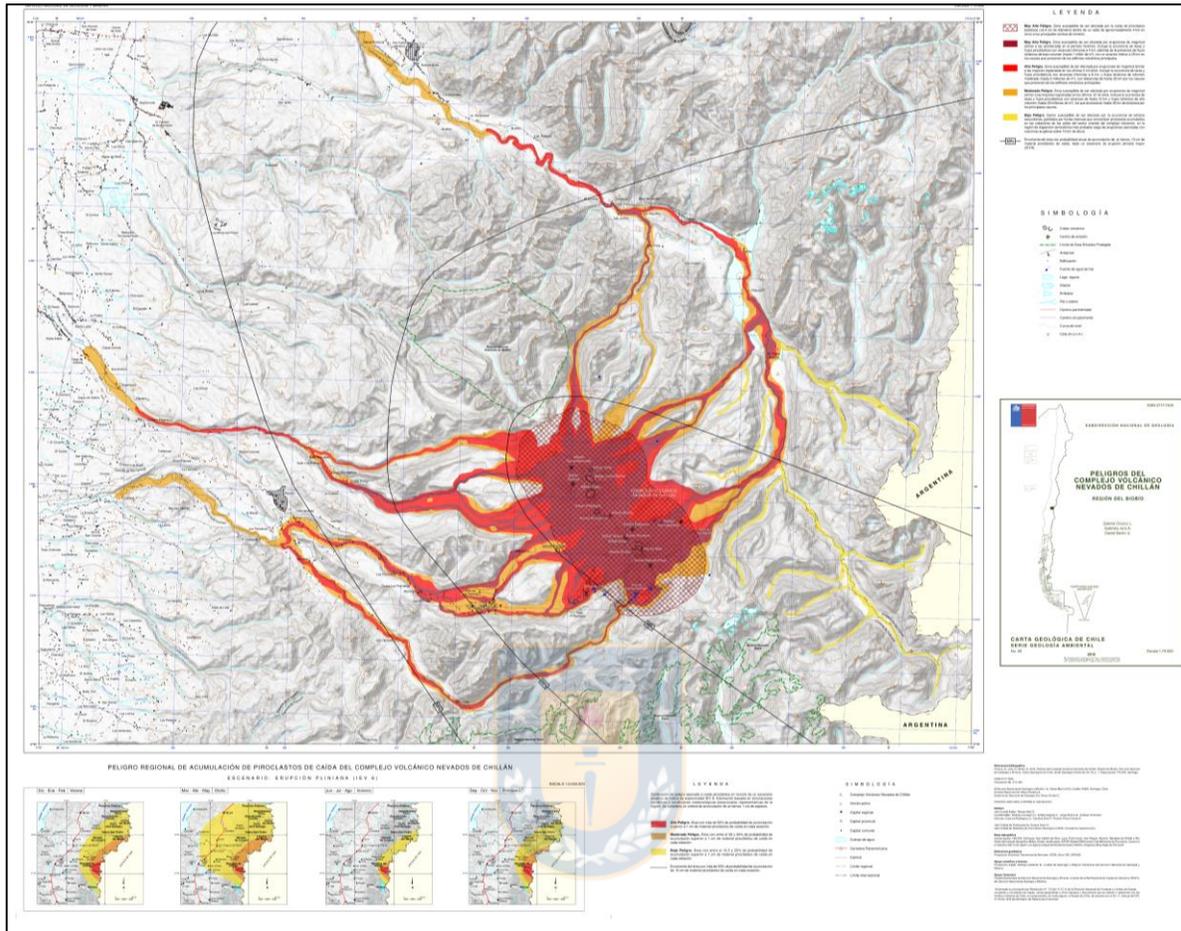
La erupción del Volcán Villarrica se caracterizó por corresponder a una erupción de tipo estromboliana, de intensidad moderada a fuerte, generando abundante emisión de piroclastos incandescentes de expulsión balística, desarrollando además una columna eruptiva sostenida de ca. 6 km s.n.m. Si bien, la erupción se prolongó por menos de una hora, su magnitud fue suficiente como para generar depósitos de tefra en zonas distantes de más de 100 km del volcán (Bertin et al, 2015). La ciudad de Pucón durante la erupción fue invadida por el sonido de las alarmas y sirenas de emergencia que alertaban de la evacuación por actividad eruptiva del volcán, el miedo y pánico de los vecinos y visitantes se acrecentó cuando las vías de evacuación colapsaron generando un atochamiento kilométrico, impidiendo evacuar adecuadamente la zona. De esta forma, al momento de analizar y evaluar los hechos de la madrugada del 03 de marzo de 2015 existen antecedentes que ponen en duda la adecuada gestión en materia de riesgos durante el episodio del Villarrica. Continuas fumarolas, sismos volcánicos, emisión de flujos piroclásticos e

incandescencia fueron algunos de los signos presentados por el Volcán en los meses previos a su erupción, dichos procesos o fenómenos volcánicos antecedentes a la erupción del 03 de marzo fueron absolutamente subestimados o derechamente ignorados por las autoridades y organismos encargados del monitoreo y las gestiones pertinentes, la evaluación de riesgo no fue adecuada y los resultados una evacuación de emergencia con altas deficiencias y conflictos viales desde el punto de vista de su ejecución y resultados. Afortunadamente, dadas las características de la erupción no se registraron pérdidas de vidas humanas ni daños materiales asociados directamente al proceso volcánico en el área de influencia. Este tipo de situaciones son las que nos invitan a estar alerta y desde la ciencia generar aportes y esfuerzos a través de la gestión del riesgo de desastres para mejorar nuestra capacidad de respuesta ante los desastres socio – naturales y sus efectos, como es el caso de la amenaza volcánica.

El complejo turístico Nevados de Chillán, se encuentra emplazado en las inmediaciones del complejo volcánico del mismo nombre, en las comunas de Pinto y Coihueco, el ente corresponde a un conjunto de dieciocho volcanes y centros de emisión activos que se presentan como el cuarto ente volcánico de mayor peligrosidad en Chile. (Sernageomin, 2021)

Sernageomin señala que los principales peligros derivados de un evento asociado a la actividad volcánica del CVNCH (Figura 1), corresponden a lahares, flujos de detritos y coladas de lava, canalizados por los valles principales: estero Renegado, estero Shangri-La, río Chillán, estero San José, río Santa Gertrudis, río Gato y río Las Minas. La generación de lahares configura el mayor peligro potencial para la población aledaña al volcán, dado su cercanía a los cauces y la cantidad nieve y hielo en las cumbres del complejo. Caída de ceniza determinada por la dirección dominante del viento.

Figura 1. Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán



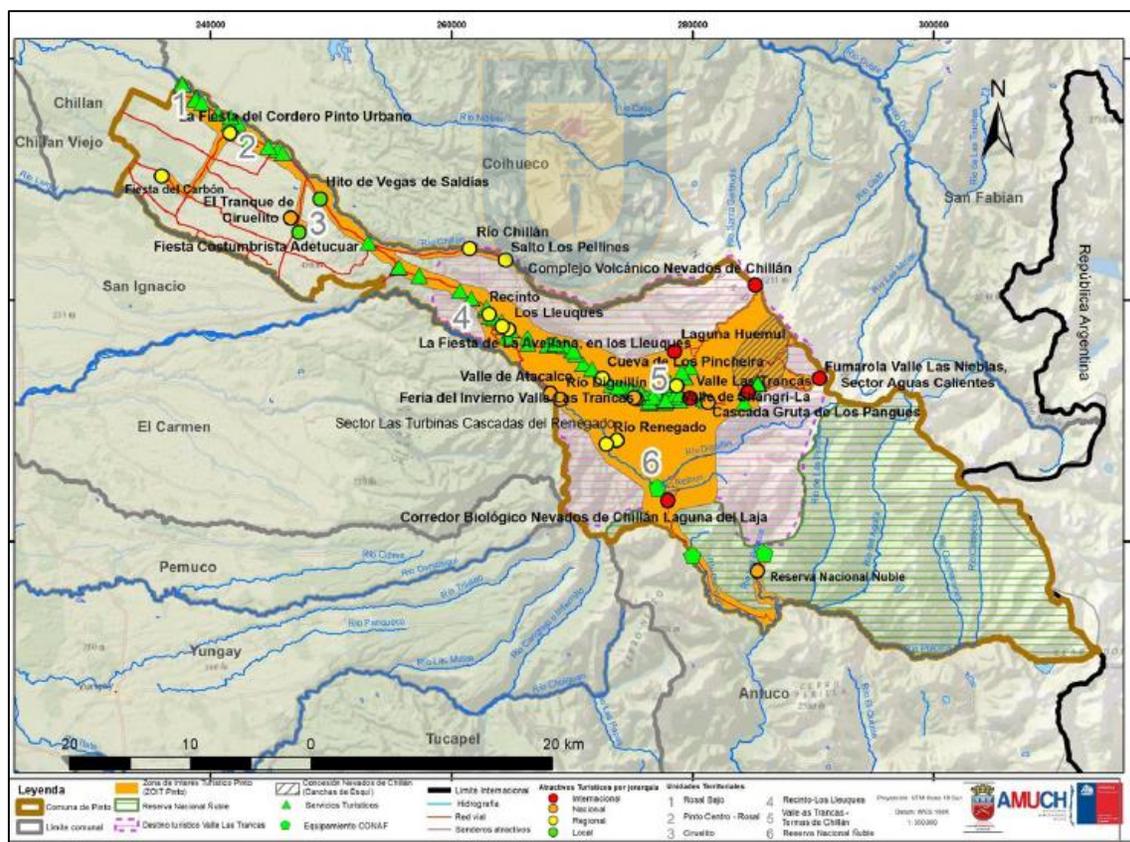
Fuente: SERNAGEOMIN, Peligros de CVNCH. (Orozco.et.al, 2012)

El CVNCh posee una data eruptiva de 650.000 años, existiendo registro de eventos eruptivos en los años 1861, 1865, 1906, 1973 y 2016, este último evento, se encuentra asociado a la actividad del Cráter Nicanor por lo cual, actualmente se encuentra en un estado de alerta amarilla sustentado en el proceso eruptivo del Cráter Nicanor, además de las características volcánicas del complejo el cual se caracteriza por erupciones volcánicas IEV-3 y suplinianas IEV 3-4. (Sernageomin, 2021)

El CTNCh, se presenta como un resort de montaña emplazado en la cordillera de Los Andes a 85 KM de la ciudad de Chillán a los pies de los edificios volcánicos del Subcomplejo Las Termas del CVNCh. El resort, en sus instalaciones cuenta con

una completa oferta hotelera, casinos y restaurantes, edificios de departamentos y parques de agua termal. Durante la temporada invernal funciona el centro de ski con sus 14 andariveles y más de 20 pistas habilitadas. Mientras que durante la temporada estival, son las bicicletas las que se toman las pistas en el Bikepark del complejo. (Nevados de Chillán, 2021) El complejo turístico en un día normal de temporada invernal recibe más de 50.000 turistas en sus instalaciones de acuerdo a las cifras comerciales entregadas por la administración, además de los vecinos y visitantes de las zonas aledañas como lo son el valle de Las Trancas, Shangri-La, Los Lleuques y Recinto entre algunas de las principales localidades de la comuna de Pinto los que se encuentran en un estado de vulnerabilidad ante un proceso volcánico como una erupción (Sernageomin, 2021).

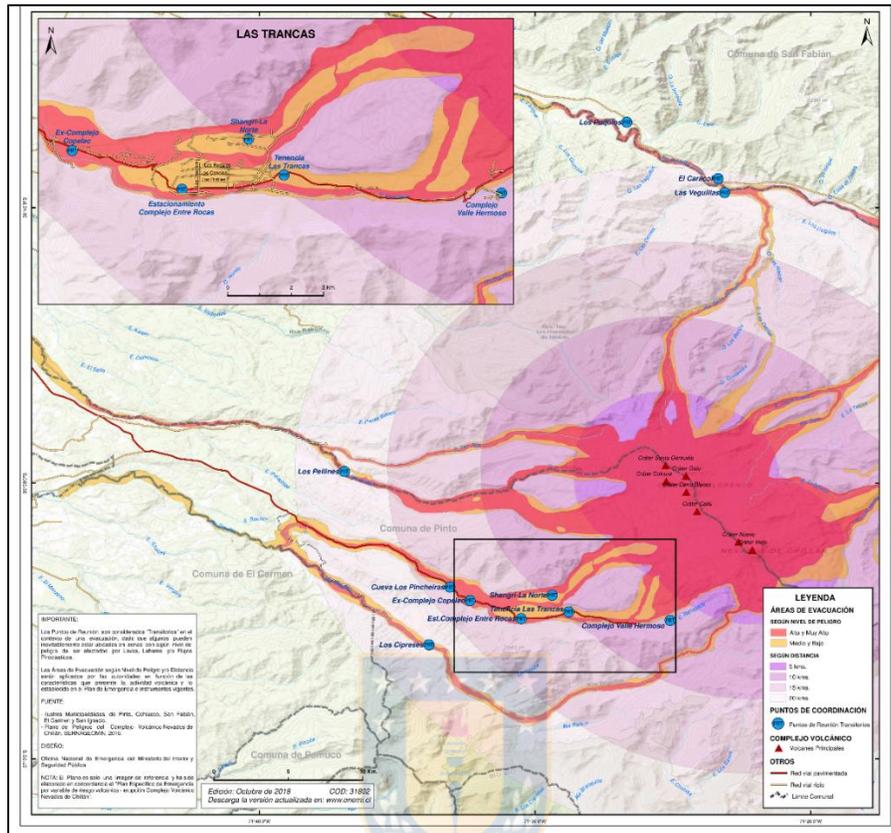
Figura 2. Plan de acción para la gestión participativa de zonas de interés turístico (ZOIT) Pinto.



Fuente: Plan de acción para la gestión participativa de zonas de interés turístico, Comuna de Pinto, 2016.

En este sentido las autoridades y entidades respectivas han establecido planes y programas de prevención del riesgo concientizando a la comunidad y visitantes sobre los peligros y los protocolos de acción ante una posible evacuación del complejo (Figura 3). Dentro de dichas autoridades, Carabineros de Chile desde la tenencia Las Trancas desarrolla un papel fundamental en terreno, emplazados a escasos kilómetros de los volcanes y del resort de montaña, son los funcionarios de Carabineros quienes se encargan de registrar los trekking y actividades en la montaña por parte de los visitantes, controlar los flujos vehiculares por la ruta N-55 y velar por la seguridad y el orden en la zona de alta montaña, es sin duda tremendamente importante este rol, ya que ante un evento volcánico la única y exclusiva ruta que permitiría evacuar a huéspedes, residentes y visitantes corresponde a la ruta N-55 que conecta el complejo turístico con Pinto y Chillán. Iniciando su trazado en la zona este de la ciudad de Chillán, originándose como una prolongación de la calle Rio Viejo y finalizando su trazado en las puertas del Hotel Alto Nevados a 1700 msnm. De esta forma, resulta crucial abordar la problemática que significa el hecho que solo la ruta N-55 corresponda a la única infraestructura vial que permitiría generar una evacuación de los huéspedes y vecinos, con solo una vía para ascender y una para descender, sumado a las múltiples amenazas naturales a las que la ruta se encuentra expuesta dada su geografía es necesario analizar y establecer antecedentes en cuanto a la accesibilidad y patrones de movilidad de la ruta específicamente analizando los posibles puntos de congestión vehicular que se pudiesen generar durante una evacuación del complejo, con el objetivo de comprender el escenario vulnerabilidad del resort y de la ruta en el caso supuesto de una evacuación masiva de las instalaciones.

Figura 3. Plano de evacuación ante amenaza volcánica del Complejo volcánico Nevados de Chillán.



Fuente: ONEMI, plano de evacuación ante amenaza volcánica del CVNCH. (ONEMI, 2018)

Según (Rauld et al, 2015) Las rutas de alta montaña suelen estar expuestas a peligros geológicos asociados a condiciones climáticas extremas, abruptas topografías y abundante material para ser movilizado ladera abajo, estas características del medio físico mantienen un background de constante amenaza sobre la seguridad de los usuarios, la conectividad vial y la infraestructura, lo que hace necesario implementar medidas de mitigación para reducir los impactos potenciales. Conocer la ruta, sus condiciones y amenazas es un punto fundamental dentro de la evaluación de riesgo del Complejo turístico Nevados de Chillán. Vale mencionar que estas amenazas pueden derivar directamente de la actividad volcánica como también responder a otras naturalezas asociadas. Ante este panorama proponemos evaluar el panorama de riesgo de la comuna de Pinto y sus

inmediaciones, ante las amenazas y peligros volcánicos a los que esta pudiese ser susceptible, además de sus ecosistemas, población e infraestructura.

Generar un sondeo y evaluación con el fin de identificar y localizar dichas amenazas, además de los elementos vulnerable en exposición para de esta forma establecer una evaluación en torno a los riesgos se presenta como un potencial aporte a los esfuerzos en materia de gestión riesgos de la comuna, también es necesario generar una evaluación de los puntos e intersecciones que pudiesen presentar conflicto desde el punto de vista del patrón de movilidad y la accesibilidad en la Ruta N-55, estableciendo puntos de congestión y atochamiento correspondientes a intersecciones con calles perpendiculares a la ruta, salidas de estacionamientos y de las instalaciones del CTNCh, además de los puntos y sectores que han sido determinados por autoridades como puntos de encuentro y puntos de reunión transitoria dentro de los planes y protocolos de emergencia, para de esta forma dar cumplimiento al proceso de evaluación de las condiciones y factores del riesgo en la comuna de Pinto a la amenaza volcánica del CVNCh.



5. Preguntas de investigación

- a) ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas, infraestructura, población y sistemas productivos frente a la amenaza volcánica que representa el CVNCh, en la comuna de Pinto?

- b) ¿Es posible a través de la gestión del riesgo de desastres, mitigar los efectos que una erupción volcánica del CVNCH podrían ocasionar en las comunidades residenciales y centros turísticos de la comuna de Pinto?

6. Hipótesis

Determinar el grado de riesgo de la comuna de Pinto y el Complejo Turístico Nevados de Chillán, además de evaluar los puntos e intersecciones conflictivas respecto a la congestión y atochamiento vehicular en la ruta N-55, permitiría reducir el riesgo ante fenómenos de erupción del CVNCH, a partir del desarrollo de esfuerzos en materia de gestión del riesgo a nivel local.



7. Objetivos

6.1 Objetivo General

Evaluar el riesgo volcánico que presenta el CTNCh, y congestión vehicular en puntos de la ruta N-55 durante una posible evacuación del CTNCh, a través de los principios de evaluación del riesgo propiciados por (GAR, 2019).

6.2 Objetivos específicos

- a) Identificar y espacializar las amenazas volcánicas del CVNCh a las que podría ser susceptible el área comprendido por la comuna de Pinto, Ñuble.
- b) Evaluar las vulnerabilidades por exposición ante eventos volcánicos de la comuna de Pinto, ecosistemas, infraestructura, población y sistemas productivos expuestos en el área de influencia.
- c) Analizar y evaluar puntos conflictivos respecto a la accesibilidad y congestión vehicular en la ruta N-55 ante una evacuación masiva del CTNCh, en el contexto de la evaluación del riesgo del CVNCh.

7. Marco Teórico - Conceptual.

7.1 Riesgo Socio - Natural.

El concepto de riesgo podemos comprenderlo en una primera instancia como la posibilidad de ocurrencia de un suceso que representa y posee un grado de afectación a la vida o a los recursos de las comunidades humanas, afectando y alterando las dinámicas sociales normalizadas dentro de la vida en sociedad. De acuerdo a la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, se define el concepto de riesgo como la probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales y socio – económicos en un territorio el cual se encuentra en un estado de exposición ante amenazas de origen natural o antrópicas, en un determinado periodo temporal. De esta forma, el riesgo de desastres es una consecuencia de la conjunción de los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición (Gobierno-de-Chile, 2020).

Cuando hablamos de riesgo socio - natural es necesario destacar la alusión a los entes o conceptos social y natural, como hemos visto, el ente social se relaciona con las comunidades humanadas y las dinámicas naturalizadas y propias de la vida en sociedad, mientras que el ente natural alude a las condiciones y fenómenos físicos del planeta y su entorno que pueden interactuar y afectar de diversas formas el dinamismo terrestre natural. En este sentido el riesgo socio – natural, corresponde a la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno o proceso en donde las condiciones físicas y naturales alteran y afectan las socio - dinámicas de la sociedad y las comunidades humanas, pudiendo generarse la pérdida de recursos e incluso vidas en función de los efectos de la amenaza y vulnerabilidad por exposición de las comunidades humanas. Así mismo esta conceptualización debe ser abordada comprendiendo además la significancia del concepto riesgo, que, si bien se define esencialmente como la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno que indicie negativamente o amenazando la estabilidad social, su adecuada interpretación requiere además integrar los conceptos de amenaza y vulnerabilidad, ya que para establecer el concepto de riesgo se debe tener en cuenta además la preexistencia

de una amenaza que establezca un panorama de vulnerabilidad. (Cardona, 1993) (Riesgo= Amenaza * Vulnerabilidad).

De esta forma se establece, que para hablar o considerar un panorama de riesgo es necesario identificar previamente una amenaza que puede ser de carácter natural o antrópica que representa un peligro para una comunidad humana, en este sentido la comunidad susceptible al peligro de amenaza, se verá expuesta a un estado de vulnerabilidad, determinado por su capacidad de respuesta ante los efectos provocados por la amenaza, completándose así los requerimientos para hablar de una exposición a un determinado estado de riesgo, en este sentido es importante además comprender que la presencia de los factores que permitan la existencia de una situación o panorama de riesgo serán determinados por una serie de características o condiciones fluctuantes entre las partes, en este caso entre la comunidad en exposición y la amenaza, por lo que la definición en determinación de los conceptos de amenaza y vulnerabilidad debe ser adecuadamente sustentada en base a la existencia de condiciones naturales y antrópicas que permitan establecer la definición de ambos. Para entender los riesgos y los caracteres y condicionamientos de sus componentes es necesario considerar el grado de incertidumbre en relación a aquellos aspectos que desconocemos y que fluctúan en la ecuación, revistiendo una gran complejidad (GAR-Síntesis, 2019) desde el punto de vista de la determinación de las condiciones de los factores determinantes e incidentes del riesgo.

7.2 Amenaza o Peligro Natural

Es posible definir este concepto como un factor peligroso de carácter natural, teniendo relación con las dinámicas naturales del Planeta Tierra y su entorno. Como también de carácter antrópico teniendo un origen directo en las actividades humanas. Una amenaza de acuerdo a su definición se presenta como un factor que expone a una comunidad o entes humanos a un estado de susceptibilidad o vulnerabilidad dado su peligrosidad.

El Concepto de amenaza, refiere a los procesos de carácter interno y externos de un sistema, de origen natural, antrópico o socio – natural, que interactúan con este y que además tienen el potencial de inducir una transformación significativa en la estructura del sistema, la cual se verá determinada por el grado de acción del cambio el cual puede ser de manera lenta o súbita. De esta forma, es necesario comprender el concepto a través del potencial o capacidad de afectar negativamente a una población susceptible, generando consecuencias no deseadas y daños en las comunidades y ecosistemas (Vera-Albarracín, 2017).

La concepción teórica del concepto amenaza además debe considerar la variabilidad de la génesis de esta misma, hemos mencionado que una amenaza puede deber su génesis a factores naturales, antrópicos y socio naturales. Pero estos representan clases generales y básicas de la naturaleza o factor de génesis de una amenaza, por lo que es necesario mencionar que cada una de las clases mencionadas previamente contiene una serie de subcategorías que permiten catalogar adecuada y más detalladamente una amenaza dado su factor de génesis, esta consideración es clave al momento de definir una amenaza y evaluarla o analizarla, pero también la ciencia del riesgo se expone a problemas de gran relevancia en materia de la definición de la naturaleza o factores de origen de una amenaza, por lo que es importante señalar la existencia de amenazas cuya naturaleza considera su categorización con más de una clase, de esta forma hablar de amenazas socio naturales resulta adecuado cuando la categorización de esta misma se ve dificultada por las dinámicas naturales y antrópicas que intervienen en su génesis. La categorización de las amenazas en base a otros factores como índices de peligrosidad y potencial son tremendamente importantes desde el punto de vista de la utilidad y significancia en el estudio en materia de la gestión del riesgo de desastres viéndose directamente relacionados con el concepto de peligrosidad y exposición, por ende, también con el de vulnerabilidad. Es necesario además comprender la complejidad del concepto, ya que si bien lo hemos abordado de una forma simple y sintetizada las implicancias conceptuales son tremendas al hablar de una amenaza, no solo hablamos de un peligro asociado a las dinámicas naturales del planeta o a las actividades humanas que puede provocar un desastre,

hablamos de un detonador que puede desencadenar una serie de nuevas amenazas generadas en relación con las condiciones del medio y las características de los territorios. Para entender este hecho nos referiremos a los desastres tecnológicos desencadenados por amenazas naturales, donde, por ejemplo, un fenómeno climático extremo conlleva la materialización de un riesgo tecnológico “oculto”, lo que causa la caída parcial o total de la red eléctrica nacional, con efectos en cascada en la continuidad de las operaciones, las infraestructuras esenciales y la seguridad civil, o con la interrupción de los servicios básicos. (GAR-Síntesis, 2019)

7.3 Vulnerabilidad.

La Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres describe el concepto de vulnerabilidad como las condiciones determinadas por procesos y fenómenos físicos o factores de incidencia sociales, institucionales, económicos y ambientales que generan un incremento en la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructura, servicios de los sistemas humanos ante los efectos de las amenazas (Gobierno-de-Chile, 2020).

La capacidad de un sistema o ente para responder o sobreponerse ante la afectación por acción de una amenaza, logra definir la existencia a través del desarrollo de un proceso de afectación a un sistema o ente vulnerable, la existencia de un desastre y si nuestro sistema afectado corresponde a un sistema social, como una comunidad o un grupo humano, hablamos de la existencia de un desastre socio - natural. Podemos entender la vulnerabilidad como la capacidad de una comunidad o un sistema para soportar, responder y recuperarse ante la afectación por los efectos de una amenaza de determinada naturaleza, clase y grado o magnitud. La vulnerabilidad se encuentra directamente relacionada con los capitales y la riqueza en términos de gestión de recursos que posee una comunidad o sistema humano para sobrellevar o anteponerse a dichos efectos que pudiese ocasionar un desastre socio – natural determinado por la acción de una amenaza asociada a las dinámicas naturales del planeta o la acción antrópica, de esta forma es necesario establecer

que los conceptos de amenaza y vulnerabilidad son factores que en un escenario conjuntivo, dan origen al estado de riesgo, ambos conceptos son en un determinado grado fluctuantes en su relación conjuntiva y por ende sus valores pueden incidir en la categorización del estado de riesgo dado su grado de magnitud o características de desarrollo. En el caso particular de la vulnerabilidad esta se verá definida en torno al grado de exposición a la amenaza, la infraestructura y capitales del sistema o ente expuesto y su fragilidad y así mismo la capacidad del ente de reponerse o recuperarse.

El nivel o grado de vulnerabilidad, se encuentra determinado por los factores asociados a los modelos de desarrollo, la disponibilidad y el grado de fragilidad de los medios de subsistencia, la sobrepoblación, la cultura y la organización social, la percepción social frente a los riesgos, la capacidad institucional, el equilibrio ambiental, la capacidad de prevención, respuesta o recuperación, entre una serie de otros factores que pueden ejercer un grado de determinación en el grado de vulnerabilidad de un sistema (Vera-Albarracín, 2017).

Una adecuada conceptualización en torno a la significancia de la vulnerabilidad, al igual que los demás conceptos son tremendamente complejos de analizar y estudiar ya que la categorización o esclarecimiento de los estados de vulnerabilidad de un sistema se ve condicionado por una serie de elementos y factores que repercuten en dicho índice, particularmente la capacidad de la sociedad de anticiparse y prever los efectos de las amenazas naturales, antrópicas y socio naturales repercute directamente en la susceptibilidad a los efectos negativos, una comunidad o sistema social que gestiona adecuadamente sus recursos y capitales en virtud de las recomendaciones para generar una adecuada gestión de riesgo de desastre generara un cambio en su grado de exposición ante una amenaza, disminuyendo así su grado de vulnerabilidad.

7.4 Exposición.

La definición conceptual de un término se encuentra sujeta a la acción de sus componentes, cuando hablamos del concepto de vulnerabilidad encontramos una

serie de componentes que dan sentido a la concepción teórica del término propiamente tal, en este sentido el concepto de exposición se presenta como un componente de la vulnerabilidad, en conjunto a la fragilidad y capacidad de respuesta de un sistema, de esta forma el concepto refiere al nivel o grado en que un ecosistema, población, infraestructuras y sistemas de producción se encuentran en zonas de incidencia potencial de las amenazas naturales, socio – naturales o antrópicas (Vera-Albarracín, 2017). Así mismo, dentro de la discusión conceptual en torno a la definición y aplicación del concepto en la evaluación del riesgo, según lo señalado por (Cardona, 1993) existe discrepancia en un sector de la comunidad científica en relación a la implicancia del concepto en la evaluación del riesgo como un factor independiente, al considerarlo implícito en la concepción teórica de la vulnerabilidad. Estableciendo que no es necesario contemplar la exposición y su grado como un factor o criterio independiente, si no como un componente propio de la vulnerabilidad, considerando así a este como un criterio o factor determinante en la evaluación del riesgo.

La exposición, entendida como la disposición de un sistema a la acción de un fenómeno o proceso externo se verá condicionada por el grado de acción de los peligros, incidiendo así el potencial de la amenaza, como también con la resistencia de un conjunto de bienes, entre los cuales podemos considerar bienes o recursos humanos, materiales, ecológicos, económicos y otros susceptibles a daños por la acción de los peligros en razón de su ubicación (Criado et al, 2019). De esta forma se aborda la concepción teórica del concepto exposición en función de sus relaciones con los conceptos de peligros y amenazas, determinado por el potencial de afectación que este ejerce en un sistema y el grado de resistencia que ejerce el sistema, considerando así la vulnerabilidad y la implicancia de la exposición como componente de dicho concepto. Por ende, es adecuado hablar de vulnerabilidad por exposición considerando así las implicancias teórico conceptuales que permiten abordar un análisis o evaluación del riesgo a través de la consideración y evaluación de la exposición como factor determinante de la vulnerabilidad que en conjunción con la evaluación de los peligros y amenazas de un determinado sistema permite generar una apreciación en torno al estado de este respecto a las condiciones de

riesgo. Manteniendo siempre la implicancia en la evaluación y determinación de este de los múltiples componentes y elementos expuestos, los cuales representan uno de los principales y más importantes criterios en la evaluación de las condiciones y grado propio de vulnerabilidad por exposición de un sistema. A través de la presencia y consideración de los elementos de interés expuestos.

7.5 Desastre Socio Natural.

Se define como un fenómeno o proceso que debe su génesis a fenómenos físicos y asociados a la naturaleza del dinamismo del planeta Tierra y su entorno, que también se relacionan con las actividades antrópicas y sus consecuencias o efectos en los territorios de las comunidades humanas. Cuando hablamos de una génesis asociada a la naturaleza del dinamismo terrestre hacemos referencia a la génesis del fenómeno a través de acción meteorológica o relacionada con los dinamismos propios de los sistemas endógenos y exógenos del planeta. Estos procesos o fenómenos propios del dinamismo del planeta, se transforman en desastre cuando intervienen de forma negativa, afectando las formas de vida y las dinámicas de la sociedad y sus comunidades, por ende, como procesos o fenómenos naturales adquieren la categoría de amenaza si es que existe una comunidad o ente humano que se encuentra en un estado de vulnerabilidad ante la acción de dicha amenaza o si es directamente afectado sufriendo la pérdida de recursos, infraestructura o vidas, podemos hablar de un desastre socio natural. Por lo tanto, la significancia de desastre se relaciona netamente con la ocurrencia de situaciones lamentables provocadas por la acción de un fenómeno o proceso asociado a la relación de las actividades antrópicas, en un estado de exposición y vulnerabilidad a los procesos de las dinámicas terrestres, entendidos como amenazas, esta relación conjuntiva se entiende además en la concepción teórica del concepto de riesgo.

Un desastre, conceptualmente se entiende como la materialización de un riesgo a una escala en que los impactos y consecuencias sobrepasan o superan las capacidades de respuesta y recuperación del sistema ambiental afectado, por lo que se requiere el apoyo externo con el objetivo de reestablecer las condiciones de

vida (Vera-Albarracín, 2017). Así mismo de acuerdo a la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, haciendo un alcance en el caso de Chile, se señala que un desastre corresponde a una situación de alcance a escala regional o local, cuyo nivel de afectación e impacto no permite ser gestionado a través de la capacidad regional, en una escala nacional propiamente tal, requiriendo de esfuerzos o apoyos desde otras zonas o regiones de Chile, bajo una coordinación gubernamental (Gobierno-de-Chile, 2020).

De acuerdo a las nociones conceptuales revisadas anteriormente, una consideración importante dice relación con el apoyo externo, entendiendo este como las medidas o esfuerzos de recuperación generados por los integrantes y habitantes otros sistemas sociales o comunidades buscando aportar al restablecimiento de las condiciones de vida previos a la afectación por un desastre en forma de auxilio, estableciéndose así que para comprender y abordar adecuadamente la conceptualización teórica de desastre, es necesario entender que se refiere a un escenario en donde los recursos y la infraestructura de un sistema se ve comprometida negativamente a un escala considerable, en donde se requiere la intervención de terceros para sobreponerse a los efectos del desastre socio – natural asociado a la acción de una amenaza de determinada clase, magnitud y naturaleza en un territorio geográfico. Además de considerar la presencia de los entes naturales y sociales en conjunción que permiten exponer y sustentar adecuadamente el concepto de desastre socio – natural.

7.6 Gestión de Riesgo de Desastres.

Podemos definir la presente conceptualización, como el conjunto de esfuerzos, medidas y técnicas que buscan mitigar y prever los efectos negativos que los procesos y fenómenos propios de las dinámicas terrestres, entendiendo estos conceptualmente bajo el concepto de amenaza, que, en relación con las condiciones y características antrópicas de los territorios, es decir el grado de susceptibilidad y vulnerabilidad repercuten negativamente en las comunidades humanas y sus territorios afectado las condiciones y dinámicas sociales, generando

además la pérdida de vidas, recursos y capitales. Dichos esfuerzos se representan en el desarrollo de acciones a escala global, como hemos mencionado la tremenda relevancia de la ONU en este sentido quienes entre sus múltiples aportes destacan por el desarrollo del Marco de Sendai 2015-2030, el cual en materia de la gestión del riesgo de desastres aborda la necesidad de comprender las dimensiones relativas a la exposición, la vulnerabilidad y amenazas. Además del fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres. El Marco de Sendai es el instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015 “Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”. Respecto al Marco de Hyogo, este fue desarrollado con el objetivo de aportar e impulsar la labor mundial en materia de gestión del riesgo, en relación al Marco Internacional de Acción del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales de 1989 y la Estrategia de Yokohama para un Mundo Más Seguro: Directrices para la prevención de los desastres naturales, la preparación para casos de desastre y la mitigación de sus efectos, adoptada en 1994, así como su Plan de Acción, y la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres de 1999. (Marco de Sendai, 2015) La prevención y la recuperación se presentan como conceptos sumamente relevantes en materia de gestión del riesgo de desastres, ya que un adecuado plan de gestión buscara prever los efectos de una amenaza, pero a la vez debe considerar abordar los planes de recuperación ante los daños ocasionados por el desastre. Estableciendo además dentro de las bases la cooperación y auxilio entre naciones y comunidades, como una herramienta y método efectivo en materia de recuperación.

De acuerdo a la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de desastre se establece que la gestión del riesgo corresponde a la actividad o maniobras orientadas a la prevención de nuevos riesgos o probabilidades de ocurrencia de desastres, en este sentido la reducción del riesgo de desastres y la gestión del riesgo residual contribuyen al desarrollo sostenible del país (Gobierno-de-Chile, 2020).

En este sentido es posible comprender que la gestión del riesgo de desastres es una herramienta o actividad en constante desarrollo definida además por los esfuerzos de la ciencia y las vanguardias tecnológicas que permiten aportan en

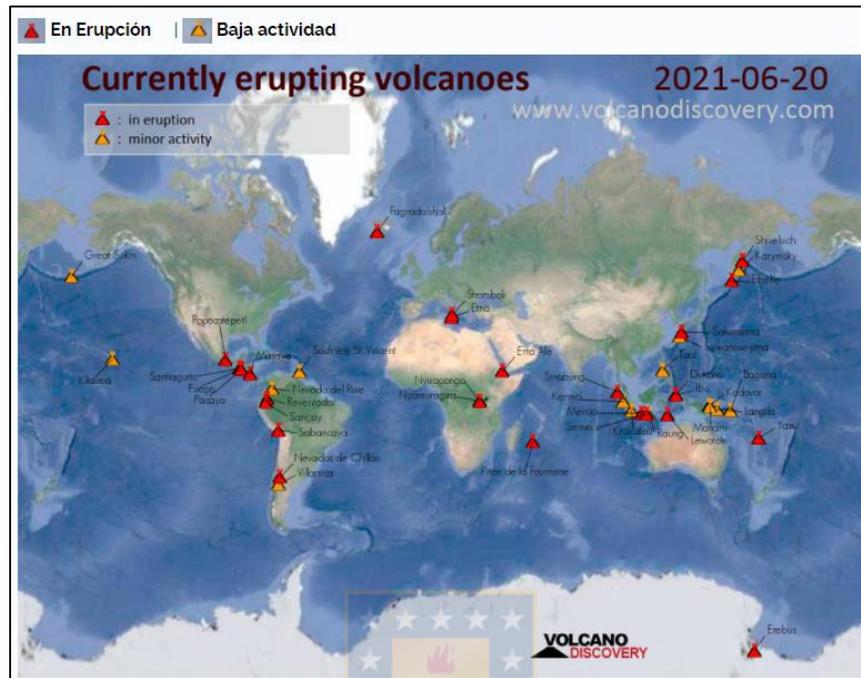
diversas acciones o materias específicas con el objetivo de salvaguardar la vida humana en comunidad, como hemos mencionado anteriormente en el mundo a cada minuto una amenaza de diversa categoría y magnitud repercute en forma de desastre en un territorio geográfico afectado a una comunidad, pero así mismo a cada minuto son miles los investigadores, científicos y profesionales del riesgo que trabajan arduamente para contrarrestar los efectos de los desastres socio – naturales en la sociedad, disminuyendo a través de la ciencia la vulnerabilidad de la sociedad mundial a las inclemencias de los desastres socio – naturales.

7.7 Riesgo Volcánico Global.

La historia del ser humano en la tierra ha estado marcada desde tiempos remotos por la acción volcánica, una tremenda carga de simbolismos y espiritualidad es asociada a la actividad de los macizos en el mundo y es que son múltiples los desastres socio naturales asociados a la actividad volcánica que permanecen en la memoria colectiva de la sociedad dada la devastación que causaron, definiendo la actividad volcánica como el proceso en que se desarrolla una fisura o grieta en la corteza terrestres a medida que el magma y los materiales piroclásticos emergen a la superficie (Tarbuck & Lutgens, 2005). Un volcán es sin duda un elemento geológico y geomorfológico que representa una de las amenazas más temidas por las comunidades humanas y es que el planeta tierra concentra decenas de miles de volcanes en la litosfera y aún más bajo la superficie oceánica, así mismo durante cada segundo en el planeta son múltiples los macizos volcánicos que se mantienen en actividad (Figura 4), exponiendo a millones de almas a un estado de vulnerabilidad, además de sus territorios y las formas de vidas de dichas comunidades. Específicamente la actividad volcánica a escala global establece su hotspot en el Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico, emplazado en la cuenca del pacífico los volcanes y terremotos llevan miles de años causando muerte y destrucción, pero actualmente, debido al aumento demográfico en Asia y América traducido en un incremento de la vulnerabilidad de las comunidades. Cada vez más

personas viven al borde del desastre, incrementándose el grado o nivel de riesgo en las comunidades humanas del Cinturón de Fuego (NationalGeographic, 2021)

Figura 4. Volcanes actualmente en erupción en el mundo.



Fuente: Volcano Discovery, Volcanes actualmente en erupción en el mundo.

Una concepción adecuada en torno al concepto de volcán dice que este corresponde a un punto de la corteza terrestre en donde se expulsa a la superficie desde el interior de la tierra material fundido o magma generado bajo la litosfera y, ocasionalmente, material no magmático. Ambos materiales se acumulan alrededor del centro de emisión, generando en el foco a relieves positivos con morfologías diversas. De acuerdo con la presente definición, un volcán no representa únicamente una morfología en forma de montaña, sino que es el resultado de un complejo proceso que incluye la formación, ascenso, evolución, emisión del magma y depósito de estos materiales. (Sernageomin, 2021)

Las culturas de antaño asociaban las dinámicas volcánicas con deidades y erguían sus sociedades en bases a dichas creencias, estos hechos y antecedentes dan cuenta de la tremenda relevancia que posee la existencia de un volcán en relación con las comunidades humanas y por ende la significancia del riesgo que su actividad representa desde tiempos remotos. Este último punto refiere precisamente a la

relación de vulnerabilidad y amenaza volcánica y la significancia del panorama de riesgo, en donde se da cuenta que podemos hablar de un panorama de riesgo volcánico determinado por el establecimiento de comunidades humanas en zonas de afectación por procesos volcánicos en donde las comunidades y sus territorios se establecen en un complejo escenario de vulnerabilidad ante dicha amenaza, de esta forma una concepción adecuada en torno al riesgo volcánico, establece que este se presenta como una función entre la vulnerabilidad y la amenaza. A su vez, la vulnerabilidad se concibe como un elemento determinado por factores ambientales, humanos y materiales. (Tapia, 2019). En este contexto entendemos que el desarrollo de una erupción volcánica representa un alto riesgo, el cual será determinado por la vulnerabilidad de la zona, los peligros o amenazas asociados al volcán en cuestión y sus características y condiciones. Estos últimos puede ser en forma de coladas de lava, flujos piroclásticos, caída de piroclastos, partículas balísticas, formación y colapso de domos, formación de lahares, flujos de detritos, deslizamientos y también la formación de la nube eruptiva y emisiones de gas que pueden provocar efectos atmosféricos como es la lluvia ácida. (Corominas-Martí, 2014).

Los alcances en términos de devastación, daños y cobro de vidas asociados a la erupción de un volcán y los peligros y amenazas asociados son incalculables e impredecibles, ante un escenario de riesgo volcánico resulta crucial generar esfuerzos en materia de gestión de riesgo de desastres con el objetivo único de disminuir la vulnerabilidad de las comunidades ante este tipo de amenazas. Generar conocimientos y hacer ciencia en torno a los estudios vulcanológicos es sin duda una de las más potentes herramientas que tenemos como sociedad para reducir el riesgo volcánico en el mundo. En este sentido la investigación científica identifica dos tipos de estudios predictivos en los volcanes, el primero establece sus bases en el análisis de las proyecciones geológicas del pasado al presente, permitiendo establecer solamente los tipos de erupciones que podría desarrollar un determinado volcán de acuerdo a sus registros eruptivos y el segundo corresponde al estudio de los registros geofísicos recabados en forma sistemática en el trascurso del tiempo, permitiendo conocer las dinámicas del volcán en el tiempo, identificando anomalías

del dinamismo que podrían indicar aumento en la actividad o una erupción. (Manuel Araneda, 2013).

7.8 Riesgo Volcánico en Chile.

Chile y su geografía se encuentran condicionados por las dinámicas tectónicas, principalmente la convergencia de las placas Sudamericana y de Nazca que desarrollan un proceso de subducción de la placa de Nazca frente a las costas chilenas en el océano Pacífico exponiendo al Territorio Nacional y sus habitantes a una alta actividad sísmica y volcánica la cual se concentra en la Cordillera de Los Andes, un conjunto montañoso que configura un importante segmento del trazado del Cinturón o Anillo de fuego del Pacífico, una zona de inestabilidad caracterizada como hemos mencionado anteriormente por su continua y explosiva actividad volcánica. (Figura 5). El cinturón o anillo de fuego del pacífico corresponde a una región o zona que posee una extensión de 40.000 kilómetros de largo, en la que varias placas oceánicas registran un deslizamiento por debajo de Asia y América a medida que ambos continentes describen una aproximación. En el cinturón la actividad sísmica y volcánica generada, se presenta como un peligro potencial para cientos de millones de habitantes de aproximadamente cuarenta naciones, incluida Chile. (National Geographic, 2021)

Figura 5. Cinturón de Fuego del Pacífico y sus principales volcanes.



Fuente: National Geographic, Mapa interactivo Cinturón de Fuego del Pacífico.

En este sentido Chile, emplazado en el área del Cinturón de Fuego se encuentra en un claro y elevado escenario de riesgo respecto del peligro que representan las amenazas volcánicas y el estado de vulnerabilidad de algunas comunidades que habitan y han emplazado sus territorios en zonas de afectación por procesos volcánicos, sísmicos y derivados, permitiendo así el desarrollo de desastres socio - naturales de carácter volcánico o la posibilidad de afección por estos mismos.

Las autoridades nacionales han establecido su atención en esta situación y han desarrollado esfuerzos con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de las comunidades con el objetivo de evitar o mitigar los efectos de desastres socio - naturales asociados al volcanismo como los que ya han ocurrido y se lamentan en Chile, en este contexto organismos como SERNAGEOMIN, ONEMI, OVDAS y la RNVV mantienen un intensivo y constante monitoreo de los principales y más peligrosos macizos volcánicos del territorio nacional, con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de las comunidades chilenas ante amenazas volcánicas. En este sentido es adecuado referirnos a un particular suceso que tuvo lugar el 10 de abril de 1932, cuando el volcán Quizapu, ubicado en la provincia de Talca, entro en un proceso eruptivo que a la fecha significa una de las más violentas erupciones que se han registrado en el siglo. El macizo desarrollo una columna de gases que alcanzó una altura de entre 30 y 32 mil metros, la tefra, que corresponde a ceniza y otros elementos expulsados por el volcán que se mantienen en suspensión para luego caer en forma de lluvia cubrió una superficie de más de dos millones de kilómetros cuadrados, desde Quilpué hasta el Sur de Brasil. La erupción del Quizapu es considerada la mayor erupción del siglo XX registrada en territorio nacional (Sernageomin, 2021). Aun así, considerando la recurrente actividad y desarrollo de situaciones desastrosas asociadas al volcanismo en Territorio Nacional, lamentablemente el panorama de riesgo volcánico es latente y cada vez aumenta producto del aumento de la vulnerabilidad de algunas comunidades sustentado en el desarrollo de emplazamientos habitacionales e inmobiliarios, además de otro tipo de construcciones en zonas de latente amenaza y peligro volcánico. Chile se encuentra dentro de los primeros cinco países del globo con más volcanes activos al interior de sus fronteras (Luis Lara, 2015). De acuerdo a los

registros nacionales en Chile existen unos 90 volcanes potencialmente activos. De los cuales, alrededor de 60 tienen registro histórico de su actividad. (Sernageomin, 2021). Así mismo las áreas de peligro proximal afectan principalmente a sectores con baja densidad de población pero mayoritariamente con baja capacidad de resiliencia. (Rodrigo Calderón, 2015)

7.9 Riesgo en la comuna de Pinto asociado a la amenaza del CVNCh.

El CVNCh se emplaza en la Región de Ñuble, Provincias de Diguillín y Punilla, Comunas de Pinto y Coihueco. Sus coordenadas geográficas 36°52'S – 71°22'O y su área de ocupación espacial corresponde a 150 km², siendo su altitud 3212 m s.n.m. De acuerdo a su clasificación corresponde a un grupo volcánico de tipo conjunto, específicamente un complejo volcánico. Hablamos de un conjunto de 18 cráteres y volcanes los cuales comparten sus condiciones y dinámicas endógenas, caracterizado por su composición geológica que presenta una variación entre dacítica y andesítica (Sernageomin, 2021). Actualmente el CVNCh se mantiene en un estado de alerta amarilla dada su actividad y su lugar en la 4ta posición del Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile 2019, determinado por SERNAGEOMIN a través del trabajo en conjunto con organismos como la Red Nacional de Vigilancia Volcánica y el Instituto Volcanológico de Los Andes del Sur. En este sentido la alerta amarilla decretada para el complejo se debe a su actividad provocada desde 2016 por el desarrollo del cráter Nicanor en el edificio volcánico Nuevo, este hecho ha intensificado la actividad del complejo notablemente obligando a los organismos pertinentes a intensificar el monitoreo y los esfuerzos en materia de gestión del riesgo de desastres, dado el complejo escenario de riesgo que representa para la comuna de Pinto y sus poblados y aldeas emplazadas en las cercanías del área del CVNCh. Estableciendo así a la comunidad de Pinto y sus elementos expuesto a un estado de vulnerabilidad ante la actividad del complejo. El CVNCh se encuentra conformado por los siguientes volcanes y cráteres cuya distribución es variada y dispersa entre los valles y edificios volcánicos de la zona, aun así, se identifican dos subcomplejos definidos y distribuidos de noroeste a

sureste (Tabla 2). Los cuales corresponden al subcomplejo norte, también conocido como Subcomplejo Cerro Blanco y el subcomplejo sur, también conocido como Subcomplejo Las Termas.

Tabla 2. Cráteres y Volcanes del CVNCh y sus subcomplejos.

Cráteres y Volcanes	Subcomplejos
Santa Gertrudis	Subcomplejo Cerro Blanco
Gato	Subcomplejo Cerro Blanco
Cerro Blanco	Subcomplejo Cerro Blanco
Colcura	Subcomplejo Cerro Blanco
Calfú	Subcomplejo Cerro Blanco
Pichicalfú	Subcomplejo Cerro Blanco
Los Baños	Subcomplejo Cerro Blanco
Volcán Chillán	Subcomplejo Las Termas
Nuevo	Subcomplejo Las Termas
Shangri-La	Subcomplejo Las Termas
Viejo	Subcomplejo Las Termas
Pata de perro	Subcomplejo Las Termas
Parador	Subcomplejo Las Termas
Chudcún	Subcomplejo Las Termas
Lagunillas	Subcomplejo Las Termas
Sebastián	Subcomplejo Las Termas
Arrau	Subcomplejo Las Termas
Nicanor	Subcomplejo Las Termas

Fuente: Elaboración propia en base a los datos SERNAGEOMIN CVNCh.

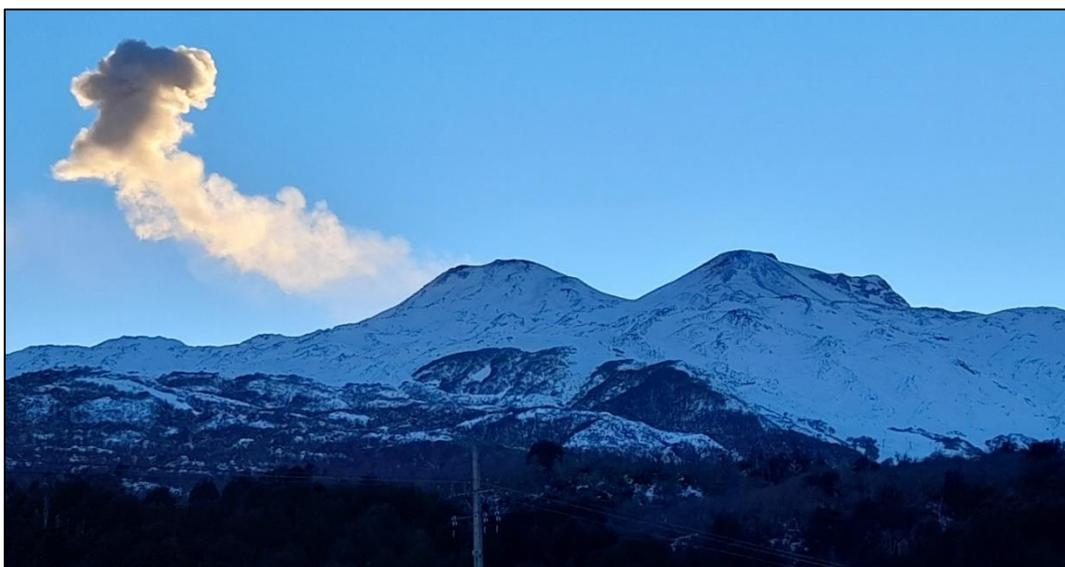
Respecto a su registro eruptivo, la data corresponde a 650.000 años. Existen varios registros de actividad eruptiva, lo que justifica la continua y potente actividad del complejo en relación a los demás macizos de la zona y del país, viéndose evidenciado en el ranking de riesgo específico. Los registros eruptivos se han concentrado principalmente en el Subcomplejo Las Termas, subcomplejo emplazado al sur exponiendo al complejo turístico del área y sus poblados aledaños a un evidente estado de riesgo.

Las erupciones y periodos de actividad intensificada registrados corresponden a la formación del Volcán Santa Gertrudis en el Subcomplejo Cerro Blanco, proceso que

considero grandes erupciones y eventos sísmicos asociados a la actividad de macizo durante un periodo de tiempo comprendido entre 1861 a 1865. Durante 1906 a 1948 se registraron múltiples eventos sísmicos y volcánicos, además de explosiones asociadas a la formación del Volcán Nuevo en el Subcomplejo Las Termas. Desde 1973 a 1986 la actividad del complejo es provocada por el desarrollo y formación del Volcán Arrau. En 2003 se generan múltiples explosiones freáticas asociadas a las dinámicas del Cráter Chudcún, en 2008 se registran las emisiones de lavas Sebastián y finalmente durante finales de 2015 e inicios de 2016 inicia el periodo de actividad asociado a la formación del Cráter Nicanor, el cual a la actualidad mantiene su periodo de actividad. (Sernageomin, 2021).

En torno al CVNCH encontramos una serie de pequeñas localidades y centros poblados de baja densidad definidos como pequeños poblados y aldeas (PLADECO Pinto, 2018), entre ellos los principales corresponden a la aldea de Las Trancas y Termas de Chillán en la zona más próxima al Subcomplejo Las Termas y los poblados de Los Lleuques, Recinto, El Rosal y el centro urbano de la comuna de Pinto, todas localidades conectadas a través de la Ruta N-55 en su disposición desde su fin al este de la comuna hasta su inicio en el oeste desde la comuna de Chillán.

Figura 6. Volcanes Viejo (Izquierda) y Nuevo (Derecha), Subcomplejo Las Termas.



Fuente: Fotografía elaboración propia.

El Complejo Turístico, emplazado a los pies de los Edificios Volcánicos Nuevo y Viejo (Figura 6), corresponde a uno de los resorts de montaña más importantes del país, que concentra elevados números de turistas y residentes esporádicos durante la temporada invernal atraídos por la belleza de los paisajes de la zona, la oferta turística y hotelera además de la práctica de deportes y actividades deportivas en alta montaña. En consecuencia, hablamos de un importante número de almas expuestas a un estado de susceptibilidad y vulnerabilidad a los procesos volcánicos del CVNCh interpretando sus dinámicas como una potente amenaza al momento de abordar el caso del CTNCh desde la gestión del riesgo de desastres.

7.10 Accesibilidad y Congestión Vial.

El concepto de accesibilidad es posible definirlo como el potencial de las oportunidades para la interacción que poseen las personas en relación con las diferentes zonas que componen el espacio urbano (Montoya et al, 2020) por ende, el principal componente de la accesibilidad es la dimensión locacional de los elementos que se distribuyen dentro del espacio geográfico y que, por lo tanto, lo componen (Tudela, 2017). La accesibilidad “territorial”, ha sido entendida comúnmente como la dificultad o el coste, económico, de tiempo y de energía para llegar de un punto A (origen) hasta un punto B (destino), es decir, la cantidad de nudos de la red alcanzables en un tiempo determinado al desplazarse por la red a una velocidad constante (Vaccaro, 2011). Por lo tanto, se define como el alcance físico y temporal que posee cada individuo (Tudela, 2017), sin embargo, en la cotidianidad existen limitaciones y restricciones que tiene cada uno de ellos para acceder a diferentes servicios y recursos que se encuentran disponible en un determinado espacio y tiempo. Es por ello, que la accesibilidad no solo corresponde a la dimensión del territorio, sino que también, se describe como una característica que posee cada individuo relacionándose con el número de alternativas que disponen para acceder a diferentes lugares y servicios que necesiten. El acceso a un lugar se establece a partir de la interacción de las condiciones de las personas, de las condiciones del entorno urbano y de los servicios del transporte público, lo

cual, puede provocar el cambio de la percepción del individuo sobre su movilidad habitual. En general para comprender el termino accesibilidad es necesario tener en cuenta tres elementos vitales, los cuales corresponde a la organización espacial-temporal, que se refiere a la interacción con otros individuos. La naturaleza del transporte (costos, red, distancia), y las actividades, servicios o lugares a que los individuos pretenden acceder (Vaccaro, 2011).

La accesibilidad ha adquirido gran importancia en la planificación y gestión del territorio a través de su uso en el análisis de equipamientos y servicios colectivos dentro del espacio geográfico (Vera, 2018), por lo tanto, se ha convertido en un importante instrumento para la toma de decisiones de políticas públicas (Montoya et al, 2020). En este sentido la geografía se ha interesado en analizar estas relaciones y sus efectos sobre el territorio a través de los sistemas de información geográfica (SIG) a partir de los análisis de redes se han convertido en una importante herramienta valiosa para la generación de nuevos datos constituyéndose como un eje fundamental en los aportes a partir de su planificación, optimización y gestión en el empleo eficiente de los sistemas de transportes (Arias et al, 2016).

En este contexto se presenta un acercamiento a la conceptualización en el marco de vialidad, referido a la aplicación en el caso de la Ruta-55 y su trazado de oeste a este en la comuna de Pinto, finalizando a los pies del Hotel Alto Nevados en el Subcomplejo las Termas, presentándose como la única ruta pavimentada que permite el traslado de los flujos vehiculares hasta y desde el CTNCh. Estableciéndose, así como la única vía de evacuación ante una emergencia. De esta forma resulta crucial abordar los conflictos viales que podrían impedir el fluido traslado vehicular por la ruta, generándose situaciones de atochamiento y congestión vehicular entendiendo esta conceptualización como el desarrollo de enfrascamiento y atasco en la vía impidiendo el traslado y movilidad de los vehículos en forma fluida, producido y determinado por un obstáculo de diversa categoría y génesis asociado la ocupación de las vías de una ruta en una escala de tiempo determinada por la gravedad e implicancias del conflicto.

8. Metodología.

8.1 Enfoque metodológico

La presente investigación se desarrolla con un enfoque empírico analítico y se llevará a cabo mediante el uso de técnicas y maniobras cuantitativas, se considera el uso de sistemas de información geográfica, específicamente el software ArcMap 10.8 para desarrollar análisis de datos espaciales, el cual considera el trabajo con capas de información espacial que representan elementos específicos y componentes del territorio del área del estudio, proyectados en un datum correspondiente al sistema de coordenadas WGS-84 Huso 19 Sur (World Geodetic System 1984), el objetivo del empleo de layers y capas de información territorial considera la modelación de datos para la generación de productos y el desarrollo de material cartográfico que permitan comprender gráficamente la información desarrollada de acuerdo a los objetivos planteados.

El trabajo se dividirá en dos fases, cada una de estas fases apunta a concretar niveles específicos de la investigación que nos permitirán avanzar hasta desarrollar los resultados planteados como objetivos. En una primera fase nos centraremos en el desarrollo de una base teórica a través de la recopilación de información bibliográfica y antecedentes espaciales referidos principalmente a la actividad volcánica del CVNCh y su grado de amenaza, además de la recopilación y desarrollo de una base informática representativa de los elementos y componentes de la comuna que suponen encontrarse en un estado de vulnerabilidad. Finalmente, en esta primera fase también se considera un acercamiento y análisis a las actividades turísticas y deportivas de los Nevados de Chillán durante la temporada invernal, específicamente durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del presente año. De esta forma consideramos la recopilación de datos y el desarrollo de una carpeta de datos e información que buscare sustentar teóricamente los objetivos y metas propuestos. La segunda fase apunta al desarrollo información a través del trabajo en base al modelamiento y gestión de los datos recopilados, en este sentido se considera también el empleo de datos y antecedentes recabados de

investigaciones de autores, con el objetivo de sustentar los avances investigativos y aportar una base teórica sobre los modelos y metodologías que nos permitan abordar y enfrentar nuestras preguntas investigativas e hipótesis, generando así los resultados investigativos propuestos. Nuestro enfoque metodológico considera el desarrollo de actividades en gabinete y en terreno que permitirán completar y abordar en forma integral y adecuada los objetivos de la investigación y por ende dar cumplimiento a estos a través de la aplicación de un modelo metodológico integrado, bajo la premisa general de evaluar los niveles de riesgo frente a amenaza volcánica en la comuna de Pinto y el CTNCh.

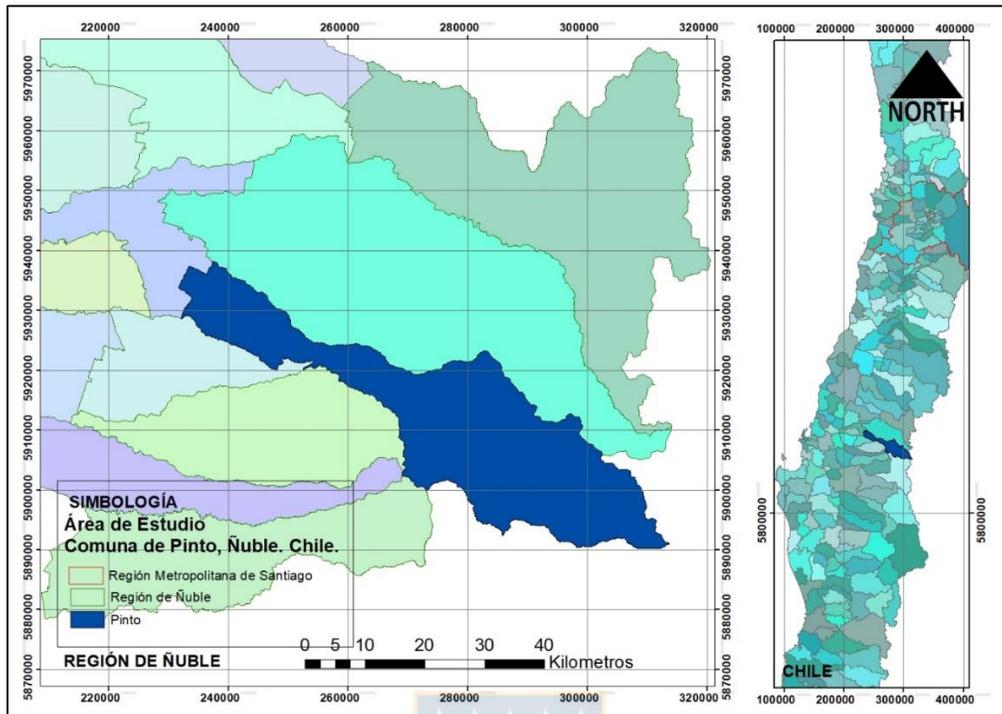
8.2 Área de estudio.

La Comuna de Pinto emplazada en la Cuenca del Río Ñuble pertenece a la provincia de Diguillín, región de Ñuble (Figura 7), ($36^{\circ} 48'$ - $36^{\circ} 55'$ latitud Sur y los $71^{\circ} 20'$ – $71^{\circ} 43'$ longitud Oeste) se encuentra emplaza en el ala sureste de la región a 286 msnm. Limitando al este con la provincia de Neuquén, República Argentina y las comunas de Coihueco al norte, Chillán, San Ignacio, El Carmen, Pemuco y Yungay en Territorio Nacional de acuerdo a una disposición noroeste a suroeste respectivamente. En el ámbito político-administrativa pertenece al distrito electoral N° 19 y a la 13.^a Circunscripción Senatorial (Biobío Cordillera). Comprendiendo una superficie total de 1.164 km² la que se encuentra sometida a un clima mediterráneo según la calificación climática de Köppen - Geiger, que presenta dos subtipos climáticos determinados por la altitud, los cuales corresponden a clima de lluvia invernal en el sector del llano central y precordillerana (bajo los 900 msnm.), clima de lluvia invernal de altura localizado en el área cordillerana (sobre los 900 msnm.) y clima frío de lluvia invernal, en el sector de la Cordillera de los Andes (sobre los 1.500 msnm.) (PLADECO Pinto, 2018). Dentro de la comuna la principal vía de conectividad y movilidad corresponde a la Ruta N-55 que atraviesa la comuna desde el oeste presentándose como una prolongación de la calle Río Viejo en la comuna

de Chillán hasta finalizar su trazado en el CTNCh, específicamente en la barrera y acceso del Hotel Alto Nevados, a los pies del CVNCh.

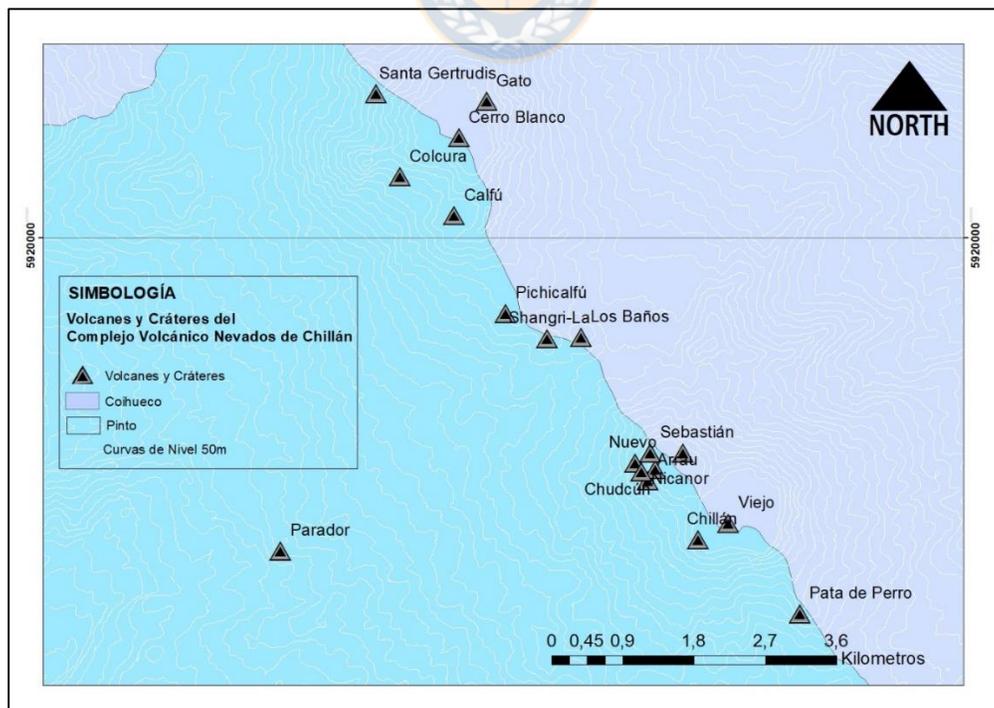
Nevados de Chillán corresponde a una zona de alta montaña emplazada en la Cordillera de los Andes, y gran parte de su área se encuentra establecida en los límites de la comuna de Pinto. Se caracteriza porque en la zona se emplaza el Complejo Volcánico Nevados de Chillán ocupando territorio de las comunas de Pinto y Coihueco ($36^{\circ}52'S - 71^{\circ}22'O$), corresponde a un ente volcánico compuesto por dieciocho cráteres y volcanes (Figura 8), (Tabla 2), actualmente en erupción desde 2016 dada la actividad del Cráter Nicanor, a este hecho se le debe la ocupación de la cuarta posición del Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos en Chile 2019 (Tabla 1) y su estado de alerta amarilla. (Sernageomin, 2021). El CVNCh presenta dos subcomplejos volcánicos, el Subcomplejo Cerro Blanco y Las Termas, este último ha presentado mayor actividad en el último periodo temporal. A los pies de los edificios volcánicos Volcán Nuevo y Viejo, del Subcomplejo Las Termas se encuentra emplazado el Resort de montaña Nevados de Chillán, un centro turístico que goza de fama y relevancia nacional e internacional dada su infraestructura y oferta de servicios lo que permite que el complejo reciba miles de turistas y visitantes, que conforman la población flotante, además de los vecinos y locatarios que reciben en el complejo, el cual además de sus instalaciones como hoteles, restaurantes, centros de spa y aguas termales, centros de esquí, entre otras atracciones (SERNATUR, 2021), contiene además una serie de edificios departamentales que conforman la comunidad vecinal de los Nevados de Chillán. Respecto a la administración política de la zona, esta se encuentra sometida a la operación administrativa de los Municipios de Pinto, comuna en que se emplaza el CTNCh y sus instalaciones.

Figura 7. Locación Político Administrativa del Área de Estudio.



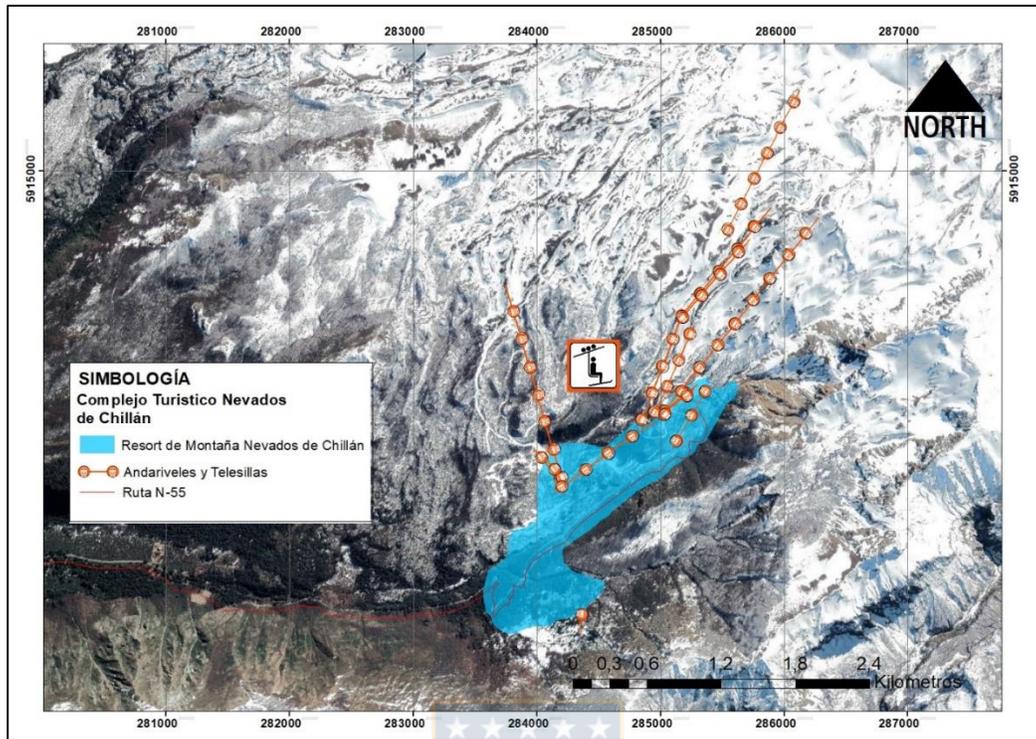
Fuente: Elaboración propia en software ArcMap 10.8.

Figura 8. Localización del CVNCh. Área de estudio baja escala.



Fuente: Elaboración propia en software ArcMap 10.8.

Figura 9. Resort de Montaña Nevados de Chillán.



Fuente: Elaboración propia en software ArcMap 10.8.

8.3 Métodos y técnicas

8.3.1 Evaluación de las amenazas o peligros volcánicos en el CVNCh.

Con el objetivo de establecer una zonificación y grado de la amenaza volcánica y peligros que representa el CVNCh emplearemos el material (Orozco et al, 2016), investigación que establece una representación integrada de los peligros volcánicos proximales relacionados con procesos superficiales, es decir, flujos laháricos, corrientes de densidad piroclástica y flujos de lava, establecidos en nuestra investigación como “amenaza y peligros volcánicos del CVNCh”, en su uso en los procesos de modelación y algebra, además de los peligros de transporte aéreo, los cuales corresponden a proyecciones balística y caída de material piroclástico. Además, se presenta en la cartografía un conjunto de cuatro paneles a escala 1:3.000.000, en donde se grafica el peligro asociado a la probabilidad de dispersión

y acumulación regional de piroclastos de caída, derivados de columnas eruptivas elevadas, de acuerdo con las condiciones atmosféricas estacionales de un año meteorológico típico, establecidos como “amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh” (Orozco et al, 2016).

Con el objetivo de generar una representación espacial graficada de los peligros volcánicos, los autores emplearon un conjunto de técnicas de modelación para cada uno de los procesos volcánicos proximales de manera independiente para cada tipo de proceso volcánico (Figura 11), el estudio contempló solo aquellos que tienen registro para el intervalo temporal de interés (en este caso, para los últimos ca. 40 ka). De esta forma, para el CVNCh, se consideraron y analizaron peligros relacionados con la emisión de lavas, lavas-domo, flujos de detritos, flujos piroclásticos, proyectiles balísticos y acumulación de piroclastos de caída, los que, restringidos por la topografía de la zona, permitieron delinear las distintas zonas de peligro volcánico.

En lo referente a los peligros volcánicos integrados se consideraron los lahares, flujos piroclásticos, flujos de lavas y lavas-domo. Por otra parte, la eyección de piroclastos balísticos y la acumulación de piroclastos de caída fueron tratadas de manera independiente a la zonificación integrada, representándose en una capa superpuesta, debido a que en los fenómenos de transporte aéreo la topografía ejerce una muy baja influencia en su deposición. (Figura 10), (Orozco et al, 2016)

La consideración del presente material se empleará como la base en torno a la especialización de los peligros y amenazas volcánicas del CVNCh, específicamente se emplearán una capa definida en tres niveles de amenaza sobre los peligros proximales del CVNCh y cuatro capas que representan la amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en periodos estacionales correspondientes a cada una de las estaciones del año (verano, otoño, invierno y primavera).

Figura 10. Matriz de peligro empleada en la construcción del Mapa de Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, basado en la recurrencia temporal de diferentes procesos volcánicos para distintos escenarios eruptivos.

Mapa de Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, escala 1:75.000		Rango de años de recurrencia				
		1-10 años	10-100 años	100-1.000 años	1.000-10.000 años	10.000-50.000 años
Procesos volcánicos	Lahares de bajo volumen (ca. 1×10^6 m ³)	-	MA	-	-	-
	Lahares de moderado volumen (ca. 5×10^6 m ³)	-	-	A	-	-
	Lahares de alto volumen (ca. 20×10^6 m ³)	-	-	-	M	-
	Lahares secundarios	-	-	B	-	-
	Flujos piroclásticos de menor alcance (<4 km)	-	-	MA	-	-
	Flujos piroclásticos de moderado alcance (4-8 km)	-	-	-	A	-
	Flujos piroclásticos de mayor alcance (8-12 km)	-	-	-	-	M
	Lavas y lavas-domo de menor alcance (<3 km)	-	MA	-	-	-
	Lavas y lavas-domo de moderado alcance (3-5 km)	-	-	A	-	-
	Lavas y lavas-domo de mayor alcance (5-10 km)	-	-	-	M	-
	Piroclastos de trayectoria balística	-	MA	-	-	-

MA: Muy Alto, A: Alto, M: Moderado y B: Bajo.

Fuente: Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán. SERNAGEOMIN.

Figura 11. Centros Volcánicos empleados como origen para la modelación de piroclastos balísticos.

Centro de emisión	Longitud	Latitud	Altura m s.n.m.
Volcán Viejo	71°22'04" O	36°52'23" S	3.117
Cráter Chudcún	71°22'44" O	36°52'01" S	3.168
Volcán Pata de Perro	71°21'32" O	36°53'06" S	2.718
Volcán Shangri-La	71°23'46" O	36°51'11" S	2.690
Volcán Cerro Blanco	71°24'32" O	36°49'41" S	3.160
Volcán Santa Gertrudis	71°25'12" O	36°49'19" S	2.741

Fuente: Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán. SERNAGEOMIN.

Los resultados serán representados a través de la cartografía que nos da a conocer los distintos niveles de peligro para las zonificaciones o sectores del complejo y sus inmediaciones, dichos resultados zonificados los emplearemos generando un acercamiento a la comuna de Pinto exponiendo de esta forma el área de amenaza y peligros volcánicos y peligros por acumulación de piroclastos de caída en la comuna.

8.3.2 Análisis de Vulnerabilidad

Con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad por exposición en la comuna de Pinto, generaremos una adaptación metodológica de la investigación “ (Vera-Albarracín, 2017). Específicamente se realizará una evaluación de vulnerabilidad por exposición considerando cuatro criterios, los cuales corresponden a Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas (VEE), Vulnerabilidad por exposición de infraestructura (VEI), Vulnerabilidad por exposición de población (VEP) y Vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción (VESP), cada uno de estos criterios se encuentra compuesto por una serie de variables o componentes representados espacialmente en una entidad vectorial de polígonos, es importante establecer este punto ya que para generar una adecuada modelación de los elementos expuestos y componentes es necesario la normalización de estos como polígonos. (Figura 11).

Tabla 3. Componentes y variables de evaluación para de terminación de vulnerabilidad por exposición.

Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas	Vulnerabilidad por exposición de infraestructura	Vulnerabilidad por exposición de población	Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos
Bosque nativo	Caminos y carreteras	Manzanas urbanas	Áreas urbano-industriales
Parques y Reservas Naturales	Puentes	Entidades rurales	Terrenos agroganaderos

Humedales	Estaciones de servicio	-	Área turística
Praderas	Establecimientos de salud	-	Área forestal
Reservas de la biosfera	Establecimientos de educación	-	-
Lagos y lagunas	Aeródromos	-	-
Ríos y esteros	Bomberos	-	-
Glaciares y nieves eternas	Carabineros	-	-
-	Grifos	-	-
-	Municipio	-	-
-	Plantas de tratamiento de aguas servidas	-	-

Fuente: Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. (Albarracín-Vera, 2017).

De acuerdo a lo planteado por los autores, el sistema de indicadores propuesto se encuentra basado en un modelo conceptual, el cual identifica la exposición, fragilidad y capacidad de adaptación y respuesta como factores inmersos en el concepto de vulnerabilidad, los cuales a su vez presentan una serie de componentes. De esta forma, para cada uno de los criterios propuestos se ha establecido una escala de valoración y convención (Figura 12).

Figura 12. Escala de valoración y convenciones para las variables y componentes de los factores de vulnerabilidad.

Categoría	Valor	Convención
Bajo	1	Amarelo
Medio	3	Laranja
Alto	5	Verde

Fuente: Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. (Vera-Albarracín, 2017).

La propuesta de ponderación de valores para cada uno de los criterios, establece que el valor 1 representa una categoría de vulnerabilidad baja, el valor 3 representa una categoría de vulnerabilidad media y el valor 5 representa una categoría de vulnerabilidad alta, así mismo la convención de colores para cada una de las categorías corresponde a baja color amarillo, medio color naranja y alto color rojo. Así mismo es necesario tener consideración de los criterios definidos para la consideración de la escala valorativa (figura 13) que definirá los índices de vulnerabilidad a través de una razón de superficie, considerando los porcentajes de superficie de cada una de las vulnerabilidades por exposición en razón del área de esta que se encuentra bajo un determinado nivel de amenaza (Tablas 4 y 5), generando una modificación de los porcentajes para establecer los índices de vulnerabilidad por amenaza volcánica del CVNCh y los índices de vulnerabilidad por amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh.

Con el objetivo de obtener el grado de vulnerabilidad de acuerdo a la escala de valoración los criterios definidos deberán ser combinados en un álgebra de mapas, específicamente mediante una suma lineal ponderada con el uso de la Calculadora Raster del software ArcMap 10.8, posteriormente es necesario construir un polinomio equivalente a la suma de cada ráster reclasificado multiplicado por el peso porcentual asignado en valor decimal.

Tabla 4. Criterios de valoración del nivel de vulnerabilidad. Amenaza Volcánica del CVNCh.

Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Baja
Más del 15% del total de los elementos expuestos en zona de alta amenaza.	Menos del 15% del total de los elementos expuestos en zonas de amenaza alta y más del 5% en zonas de amenaza media.	Menos del 15% del elementos expuestos en zona de amenaza alta y más del 30% de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza bajo.
3	2	1

Fuente: Adaptación a la metodología para el análisis de vulnerabilidad. (Vera-Albarracín, 2017)

Tabla 5. Criterios de valoración del nivel de vulnerabilidad. Amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh.

Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Baja
Más del 20% del total de los elementos expuestos en zona de alta amenaza.	Menos del 20% del total de los elementos expuestos en zonas de amenaza alta y más del 30% en zonas de amenaza media.	Menos del 20% del elementos expuestos en zona de amenaza alta y más del 5% de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza bajo.
3	2	1

Fuente: Adaptación a la metodología para el análisis de vulnerabilidad. (Vera-Albarracín, 2017)

$$VE = (VEE * \text{valor } \%) + (VEI * \text{valor } \%) + (VESP * \text{valor } \%) + (VEP * \text{valor } \%) / 4$$

Figura 13. Funciones para la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes.

Vulnerabilidad por exposición (VE)	$VE = \frac{VEE + VEI + VESP + VEP}{4}$ <p>Vulnerabilidad por exposición de los ecosistemas (VEE) Vulnerabilidad por exposición de la infraestructura (VEI) Vulnerabilidad por exposición de los sistemas de producción (VESP) Vulnerabilidad por exposición de la población (VEP).</p>
---	--

Fuente: Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. (Albarracín-Vera, 2017).

8.3.3 Análisis de la accesibilidad y atochamiento a la ruta N-55, en el contexto de la evaluación del riesgo del CVNCh.

La Ruta N-55, establecida como un componente indispensable dentro de los elementos expuesto de vulnerabilidad de infraestructura, se presenta como la única ruta pavimentada que une la ciudad de Chillán con el CTNCh, en su disposición oeste a este atravesando la comuna de Pinto. En su último tramo, en la zona del valle de Las Trancas y su circuito turístico finalizando en las instalaciones más elevadas del CTNCh (Barrera del Hotel Alto Nevados), la ruta presenta una serie de intersecciones con senderos y caminos no pavimentados que corresponden a calles residenciales, accesos y salidas de estacionamientos, condominios, hoteles, entre otras instalaciones de la montaña y su resort. Dichas intersecciones, desde el punto

de vista de su accesibilidad entre puntos dispuestos en un costado y alrededor de la Ruta N-55, al ser evaluadas a través de un Network Analysis, herramienta del software ArcMap 10.8 revelan que cualquier recorrido desde los puntos establecidos es necesario realizarlo empleando la Ruta N-55, debido a que corresponde la única ruta pavimentada y clasificada existente que además permite la conexión entre dichos puntos.

Generar puntos de congestión y atochamiento, representados como puntos de entidad vectorial, donde estos representen cada una de las intersecciones con calles residenciales, además de puntos logísticos y estratégicos de los planes y protocolos de emergencia ante la amenaza volcánica presente en la comuna, establecidos como “puntos de congestión y atochamiento” definidos en base a los siguientes criterios;

- Intersecciones de calles y caminos que alberguen más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
- Puntos de encuentro, dentro de los planes de emergencia de instituciones y entes gubernamentales, además de los protocolos del Resort de Montaña Nevados de Chillán.
- Puntos de reunión transitorio (PRT), definidos dentro de los planes de emergencia ONEMI.
- Puntos de control logístico dentro del Plan de emergencia de Carabineros de Chile.

Cada uno de los puntos de congestión y atochamiento, representara zonas susceptibles a la influencia de conflictos viales que impidan el desplazamiento fluido de los flujos vehiculares en la Ruta N-55 ante un escenario de evacuación del CTNCh. De esta manera generando un análisis de accesibilidad desde los puntos de origen en intersección con la ruta, en una prolongación definida desde su fin en el CTNCh, estableciendo dicha prolongación en base al área de influencia y localización de las amenazas volcánicas del CVNCh, estableciendo los puntos de congestión y atochamiento dentro de los alcances del área de amenaza volcánica del CVNCh hasta la zona del emplazamiento del ultimo PRT (punto de reunión transitorio) en la Ruta N-55, punto definido dentro de los planes de emergencia de

ONEMI. Dicha operación nos permitirá evaluar la accesibilidad en el tramo final de la Ruta N-55 en su conexión con las calles y pasajes de la Aldea de Las Trancas y las instalaciones del CTNCh durante una evacuación de emergencia de la zona, empleando ambas vías de la Ruta N-55 en un sentido único y exclusivo para descender y evacuar desde el CTNCh, determinación en base a los protocolos y planes de acción gubernamentales y sobrellevado por Carabineros de Chile. Permitiendo evacuar a los huéspedes, visitantes y residentes de la montaña hasta una zona segura. Permitiendo así el establecimiento de una serie de parámetros y conjeturas que permitan analizar la conectividad vial en el tramo final de la ruta N-55 en su disposición al CTNCh, en función del posible establecimiento de conflictos viales que produzcan situaciones congestión y atochamiento vehicular durante una emergencia y/o proceso de evacuación del CTNCh y sus inmediaciones.

8.3.4 Evaluación del Riesgo.

Basados en el modelo de (Cardona, 1993) entendemos que el riesgo es una función resultante de la ecuación multiplicativa de los factores de amenaza y vulnerabilidad.



$$R = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

En respuesta a nuestro objetivo de evaluar el riesgo volcánico en el CTNCh a través de los principios del GAR 2019, abordaremos este objetivo contemplando el factor de amenaza, determinado y evaluado mediante el empleo del Mapa de Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán, presentado por SERNAGEOMIN en 2016 (Orozco et al, 2016), dicho trabajo se considera con el objetivo de emplear las zonificaciones resultantes que establecen las superficies de cada nivel de amenaza y peligros del CVNCh, estableciendo;

- Amenaza volcánica del CVNCh.
- Amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, por periodos estacionarios.

La Amenaza evaluada individualmente de acuerdo a su independencia en tipología y naturaleza, sometida a la operación multiplicativa con los resultados de la

evaluación de vulnerabilidad por exposición en donde a través de la valoración y reclasificación de los productos de cuatro subvulnerabilidades correspondientes a

- Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas.
- Vulnerabilidad por exposición de infraestructura.
- Vulnerabilidad por exposición de población.
- Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos

Permitiendo así, a través de la conjunción multiplicativa de los resultados de la evaluación de amenaza y vulnerabilidad por exposición en un algebra de mapas mediante el uso del software ArcMap 10.8, a través de dicho proceso generaremos nuevas zonificaciones estableciendo niveles de riesgo, representados en tres niveles, alto (rojo) medio (anaranjado) y bajo (amarillo). Dichos resultados serán expuestos en productos cartográficos que nos permitan analizar el panorama de riesgo ante las amenazas de carácter volcánicas y por acumulación de piroclastos de caída en periodos estacionarios de los Nevados de Chillán en la comuna de Pinto.



9. Resultados.

9.1 Comuna de Pinto y el CTNCh.

La Comuna de Pinto, región de Ñuble goza de una potente imagen como la puerta de entrada a “La catedral del power” autodenominación del CTNCh y es que en el último tiempo la imagen comunal se ha visto fuertemente influenciada por la imagen de la montaña y los atractivos del complejo turístico dentro de su presentación a los visitantes, sustentado en los fuertes aportes que genera el turismo de montaña a la economía comunal. De acuerdo a los resultados del Censo 2017 la población comunal corresponde a 10.827 habitantes, de los cuales el 50,41% reside en zonas urbanas, mientras que el 49,59% restante reside en zonas rurales. Este significativo hecho nos da cuenta del amplio espectro rural de la comuna en donde prácticamente el 50% de su población se distribuye en las entidades o manzanas rurales de comuna. El área comunal corresponde a 1.164 km², representando un 8,8% de la superficie de la joven región de Ñuble.

Desde un punto de vista litológico, en la comuna de Pinto, se reconocen seis formaciones geológicas en disposición oeste a este, en determinación de su periodo de formación (SERNAGEOMIN, 2003)

- Pleistoceno – Holoceno: Secuencia sedimentaria de depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en una menor proporción fluvioglaciares, deltaicos, litorales o indiferenciados. Dispuestos en la depresión central, comprendida desde las regiones Metropolitana a novena, abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciares con intercalación de depósitos volcanosclásticos.
- Oligoceno – Mioceno: secuencia volcanosedimentaria de lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas. En la cordillera principal, desde las regiones primera a novena, se evidencian formaciones Lupica, Escabroso, Abanico, Coya-Machalí, Cura-Mallín (inferior).

- Plioceno – Pleistoceno: secuencias y centros volcánicos parcialmente rodados de lavas y conglomerados. En la cordillera principal se establecen en las regiones séptima y octava, formaciones Cola de Zorro.
- Mioceno: granodioritas, dioritas y tonalitas. En la cordillera principal, desde regiones de la séptima a décima.
- Cuaternario: estratovolcanes y complejos volcánicos de lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesítico – basálticos a dacíticos.
- Mioceno Inferior – Medio: granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, monzonitas y dioritas de biotita y hornblenda.

Desde el punto de vista geomorfológico, se reconocen en la comuna, un número de cuatro macro unidades dispuestas en sentido oeste a sureste, las cuales corresponden a llano central fluvio – glacio –volcánico (depresión intermedia), precordillera andina, cordillera andina y cordillera volcánica activa (Albers, 2012). En el contexto edáfico de la comuna también se reconocen tres tipos de suelos, los cuales corresponde a suelos aluviales del Valle Central, clasificados como alfisoles, molisoles y entisoles, seguido de suelos de la Cordillera Central, clasificados como entisoles, inceptisoles, andisoles, además de suelos de origen volcánico, clasificados como andisoles e histosoles.

Respecto a las principales actividades productivas estas corresponden a trabajos agrícolas y ganaderos, con un sostenido incremento de la industria forestal en la comuna. Así mismo de destaca el fuerte auge de las actividades turísticas sostenido en las bellezas y atractivos naturales de la comuna entre los que destaca el CTNCh emplazado en el CVNCh, el Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna de Laja (Reserva de la biosfera) además de la Reserva Natural Ñuble, entre un sin número de atractivos turísticos y naturales de la comuna. En este sentido destaca el CTNCh y su potente oferta turística, hotelera, deportiva y gastronómica, sosteniendo altos flujos de visitantes durante todos los meses del año, quienes visitan el CTNCh durante la temporada invernal atraídos por las nieves y la infraestructura para realizar deportes blancos (Deportes de nieve) y durante la

temporada estival para principalmente recorrer y disfrutar de los circuitos de descenso en el parque de bicicletas.

9.2 Amenaza ante amenaza volcánica del CVNCh. Pinto.

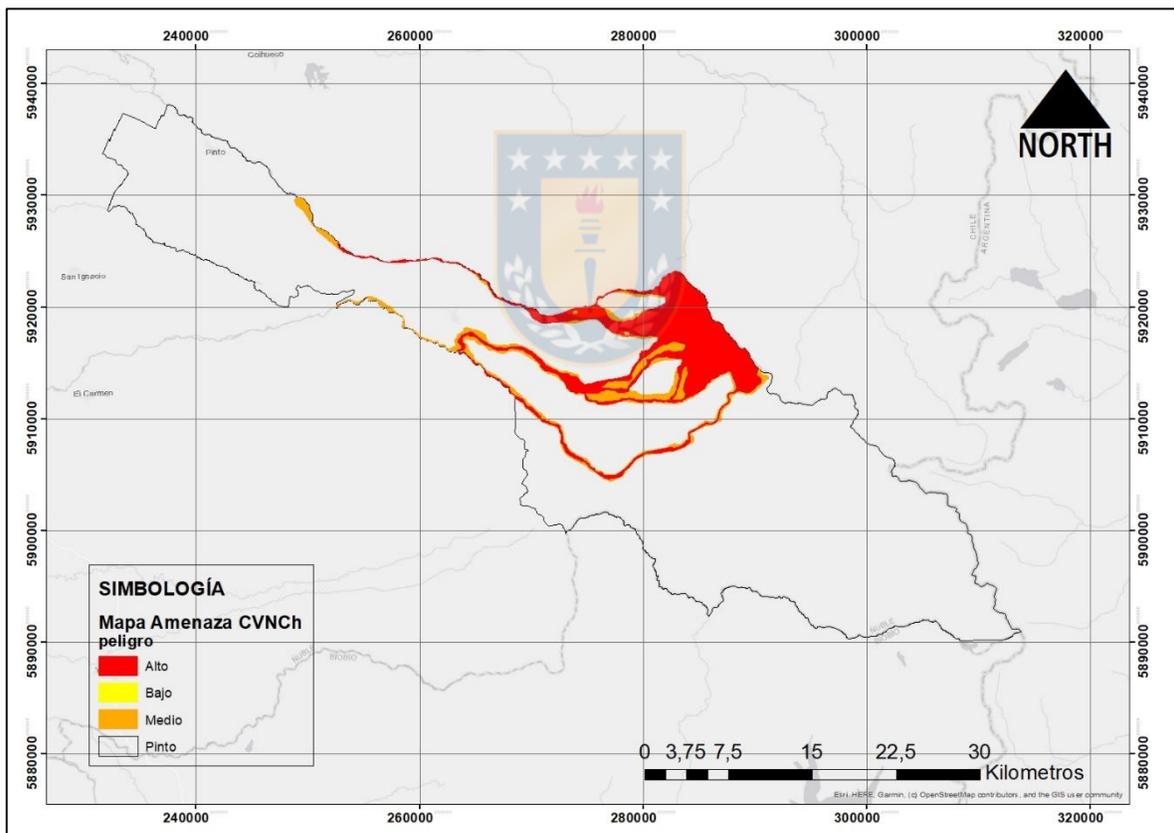
Con el objetivo de generar un análisis de las amenazas del CVNCh hemos trabajado con el material (Orozco.et.al, 2012) generando una zonificación de las amenazas, volcánicas del CVNCh (Figura 14) donde se establecen las superficies de amenaza destacando los peligros asociados a la producción de determinados fenómenos;

- Lahares, las zonas determinadas como susceptibles de ser afectadas por lahares fueron delimitadas bajo la consideración de los antecedentes morfológicos y geológicos del CVNCh. En este sentido, los valles altamente susceptibles a ser afectados por procesos o fenómenos de lahares, dependerán del emplazamiento de los centros de emisión en actividad eruptiva. Por este motivo, se realizan evaluaciones en todos los cauces que establecen su origen en los centros eruptivos que posean conexión directa con los cauces fluviales principales de los valles del área de influencia.
- Flujos Piroclásticos, durante los últimos ca. 13 ka se establece un número de al menos nueve depósitos de flujos piroclásticos, en su mayoría pumíceos, emplazados a lo largo de los diferentes valles que establecen conexión con el CVNCh. Debido a la alta movilidad de los flujos piroclásticos, es posible que la distribución de los depósitos futuros no se asemeje necesariamente a la de los depósitos previos.
- Flujos de lavas y lavas-domo, con el objetivo de generar una zonificación de las áreas susceptibles de recibir flujos de lava, se emplea el método de los conos de energía, considerando las máximas distancias alcanzadas durante estos procesos en la historia eruptiva del CVNCh. De esta forma, se incorporan dentro de la zona de alto peligro las emisiones lávicas del período histórico en el CVNCh, las que no sobrepasan los 3 km de distancia en los valles aledaños a los volcanes principales. Considerando, además la ocurrencia de coladas de lava de hasta 5 km de extensión, y dentro del

posible escenario de erupción moderado, la ocurrencia de coladas de lava similares a la más extensas registradas.

- Proyección de piroclastos balísticos, determinado en relatos que dan cuenta de del desarrollo de este tipo de fenómeno, especialmente durante los procesos eruptivos del volcán Santa Gertrudis. Se emplea el modelo de trayectorias balísticas determinado para la simulación de este tipo de proyectiles está basado en Mastin (2001) y Bertin y Amigo (2014), estableciendo una solución analítica a las ecuaciones de movimiento de una partícula en un medio fluido, en función de una serie de parámetros morfométricos y físicos.

Figura 14. Cartografía de amenaza y peligros volcánicos del CVNCh en la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia en base a (Orozco.et.al, 2012).

De esta forma es posible establecer que, para la comuna de Pinto, respecto a los niveles se presentan niveles de amenaza alto y medios estos corresponden y se definen de la siguiente forma;

- Alta amenaza, área susceptible de ser afectada por erupciones de magnitud similar a las más grandes registradas en los últimos 3 mil años. Incluyen la ocurrencia de lavas y flujos piroclásticos con alcances menores a 8 km, y flujos laháricos de volumen moderado (hasta 5 millones de m³), con distancias de hasta 35 km por los cauces que provienen de los edificios volcánicos principales del CVNCh.
- Media amenaza, área susceptible de ser afectada por erupciones de magnitud similar a las mayores registradas en los últimos 12 mil años. Incluyen la ocurrencia de lavas y flujos piroclásticos con alcances de hasta 12 km y flujos laháricos de alto volumen (hasta 20 millones de m³), los que alcanzarían hasta 45 km de distancia por los principales cauces del CVNCh.

Tabla 6. Niveles de amenaza volcánica del CVNCh y su superficie (Ha) en Pinto.

Comuna de Pinto	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
110.270,31	9.447,86	3.754,14	0,00
100%	8,57%	3,4%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

La comuna de Pinto posee un 8,57% de su superficie en un estado de amenaza volcánica del CVNCh de nivel alto, mientras que un 3,4% se encuentra en un nivel medio de amenaza volcánica del CVNCh, mientras que un 0% de superficie se encuentra en un estado de bajo nivel de amenaza (Tabla 6), aun así pese a que las superficies en amenaza volcánica no corresponden a grandes porcentajes del área comunal, es importante establecer los elementos vulnerables expuestos para determinar la incidencia y riesgo que representa la amenaza volcánica del CVNCh.

Respecto al análisis de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh se consideró;

- Caída de Piroclastos, dicho análisis de la dispersión y acumulación de piroclastos de caída fue representado en la comuna de Pinto separadamente en un patrón estacionario de un año normal (verano, otoño, invierno y primavera), asumiendo escenarios eruptivos acordes a los antecedentes

geológicos del volcán. El modelo empleado para la simulación de los escenarios mencionado se encuentra basado en una solución exacta de las ecuaciones de movimiento de una partícula sujeta a un régimen de advección-difusión (Modelo Tephra2; Bonadonna et al., 2005). Respecto a la acumulación proximal, se consideró la acumulación anual para una erupción pliniana de un índice mayor (IEV 6; Newhall y Self, 1982). Determinando para el modelo un escenario eruptivo con una altura de columna de 28 km s.n.m. y una masa emitida de 1×10^{13} kg, correspondiente a una erupción de magnitud similar a la del volcán Quizapu en 1932. (Orozco et al., 2012)

Los resultados obtenidos en la modelación permitieron establecer curvas de probabilidad asociadas a concluyentes espesores críticos para el depósito de piroclastos de caída, donde espesores iguales o mayores a 10 cm podrían estimular el colapso de techumbres, mientras que iguales o mayores a 1 cm podrían producir efectos adversos en la agricultura y afectar los ecosistemas de la comuna.

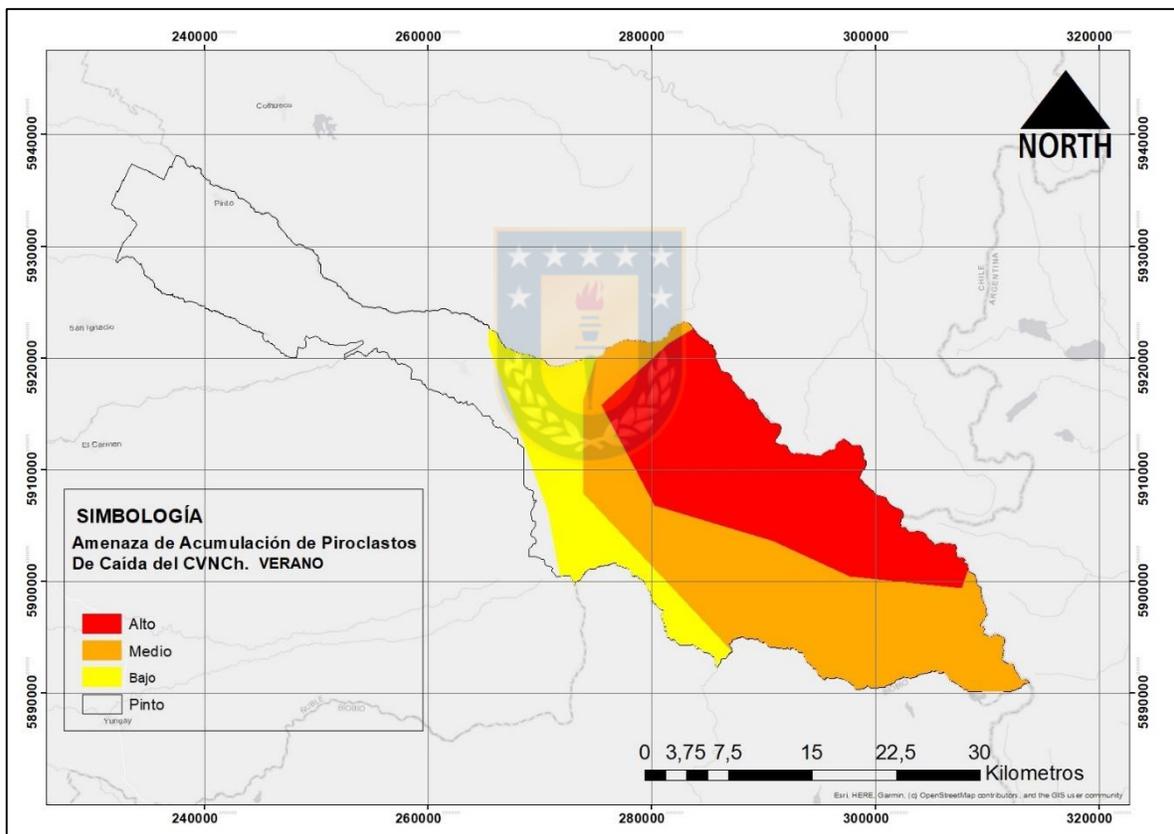
Respecto a los niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, se estable;

- Alta amenaza, corresponde al área con más de 50% de probabilidad de acumulación mayor a 1 cm de material piroclástico de caída en cada estación.
- Media amenaza, corresponde al área con entre el 25 y 50% de probabilidad de acumulación superior a 1 cm de material piroclástico de caída en cada estación.
- Baja amenaza, corresponde al área con entre el 12,5 y 25% de probabilidad de acumulación superior a 1 cm de material piroclástico de caída en cada estación.

9.2.1 Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Verano. Pinto.

La amenaza por acumulación de piroclastos de caída, evaluada independientemente de acuerdo al sistema estacionario de un año normal en la comuna de Pinto (Tabla 7), establece que, durante el verano se registran los más altos índices de niveles de alta amenaza por acumulación de piroclastos de caída para la comuna de Pinto, en comparación a las demás estaciones (Figura 15).

Figura 15. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia en base a (Orozco et al, 2016)

Tabla 7. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano respecto a la superficie de Pinto (Ha).

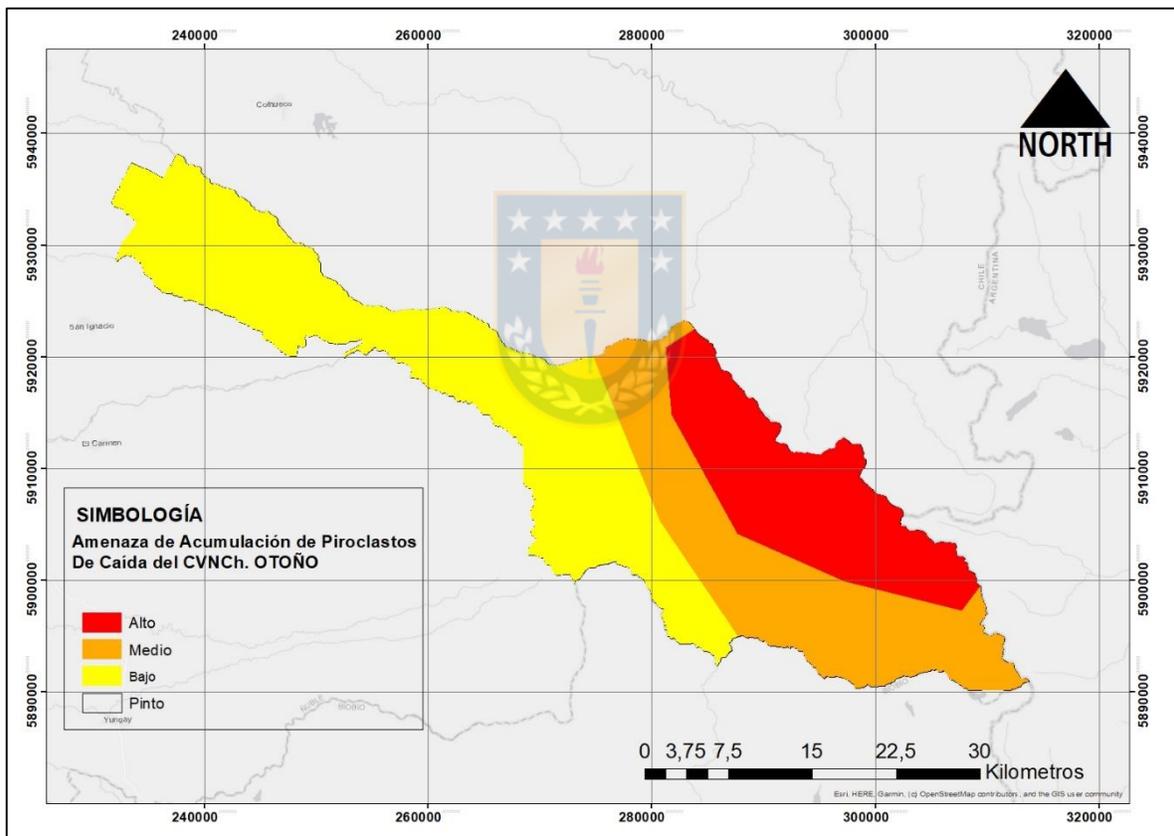
Comuna de Pinto	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
110.270,31	31.123,66	66.285,96	80.391,42
100%	28,22%	60,11%	72,9%

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2 Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Otoño.

Durante el otoño el 100% de la superficie de la comuna de Pinto se encuentra susceptible a un bajo nivel de amenaza, por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh (figura 16). De esta forma dentro de la zonificación de amenaza para la comuna de Pinto (Tabla 8) la exposición del área comunal a un estado de amenaza baja, es el hecho más significativo durante la estación de otoño.

Figura 16. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia en base a (Orozco et al, 2016)

Tabla 8. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño respecto a la superficie de Pinto (Ha).

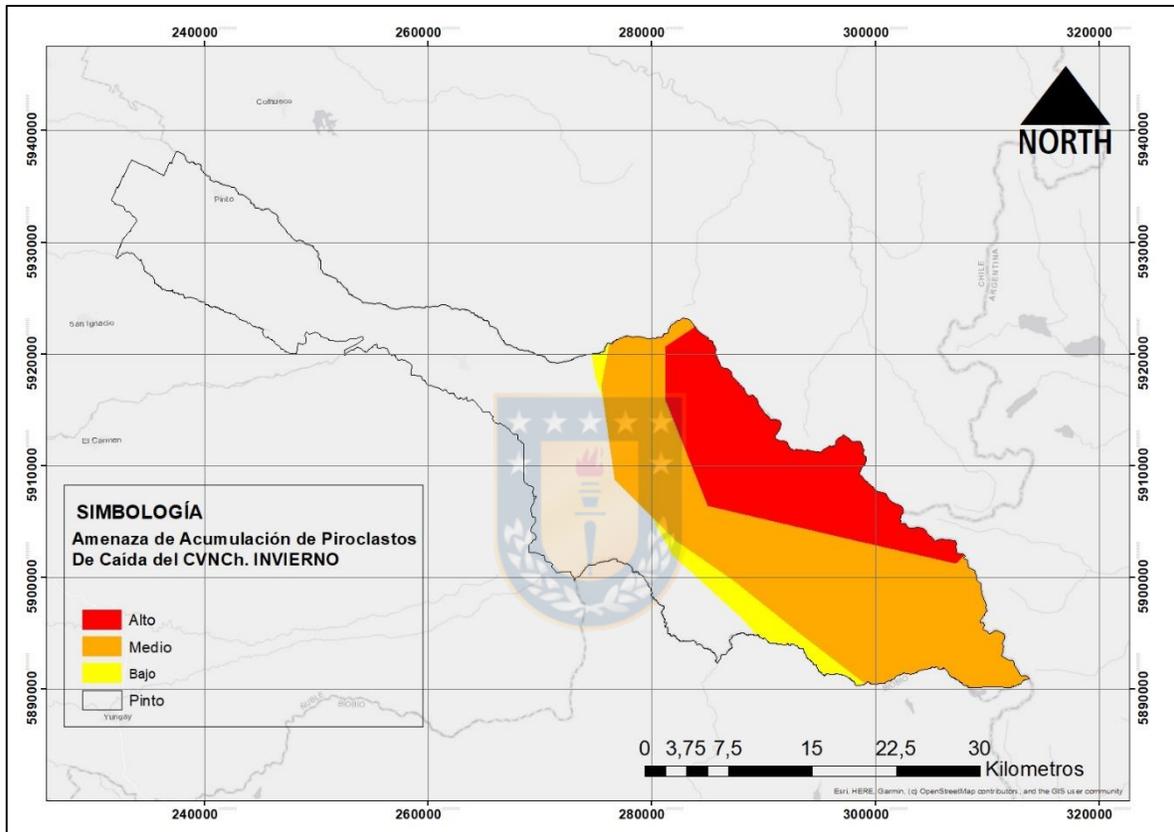
Comuna de Pinto	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
110.270,31	25.992,84	57.877,55	110.270
100%	23,57%	52,49%	100%

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Invierno.

Los resultados para la zonificación de amenaza estacionaria para la comuna se presentan a través de la cartografía de amenaza de invierno (Figura 17) y la tabla de superficies de amenaza respecto al área comunal de Pinto (Tabla 9).

Figura 17. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia en base a (Orozco.et.al, 2012)

Tabla 9. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno respecto a la superficie de Pinto (Ha).

Comuna de Pinto	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
110.270,31	19.841,10	56.114,71	59.143,18
100%	17,99%	50,89%	53,63%

Fuente: Elaboración propia.

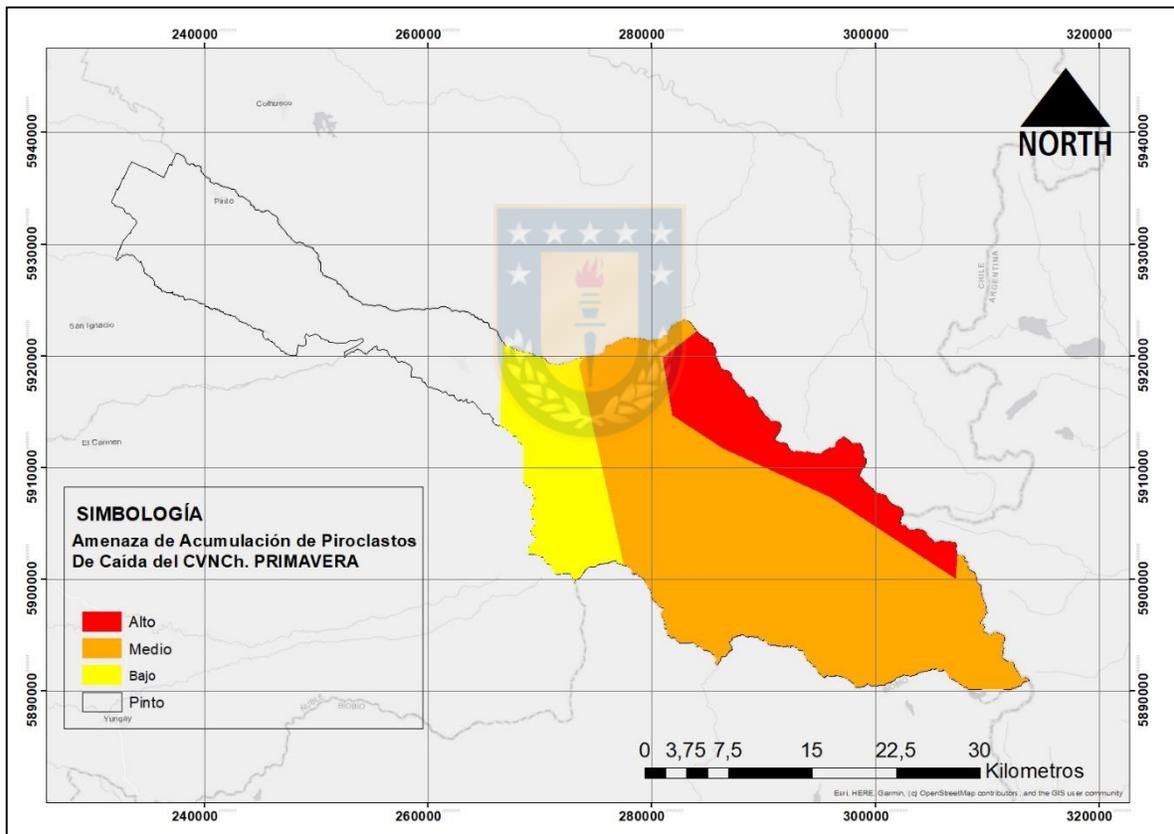
Durante el mes de invierno un hecho que resulta particularmente interesante es que en el rango de meses que componen la estacionalidad de invierno se registran los

menores índices de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, en los tres niveles alto, medio y bajo. En relación a las demás estaciones del año.

9.2.4 Amenaza por Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Primavera.

La zonificación de las amenazas por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera se presenta a través de la cartografía de amenaza y la tabla de superficies respecto de la comuna de Pinto (Figura 18 y Tabla 10).

Figura 18. Cartografía de amenaza y peligros por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia en base a (Orozco et al, 2016)

Tabla 10. Niveles de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera respecto a la superficie de Pinto (Ha).

Comuna de Pinto	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
110.270,31	12.069,82	68.064,04	81.899,63
100%	10,95%	61,72%	74,27%

Fuente: Elaboración propia.

Durante los meses de primavera el rasgo más relevante corresponde al hecho que la incidencia de niveles de amenaza media por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. Es la más alta en comparación a las demás estaciones del año.

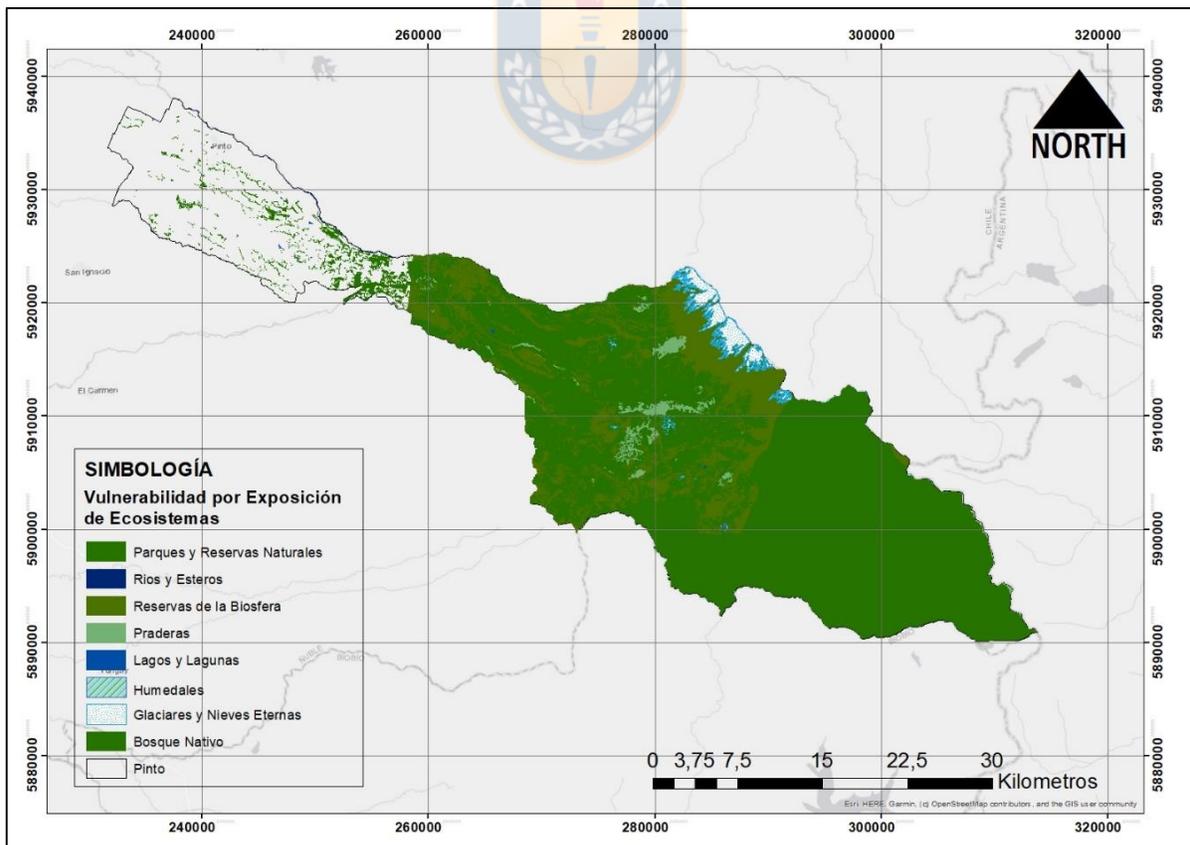
9.3 Vulnerabilidad por exposición.

A continuación, se presentan los resultados para la zonificación y cuantificación de los elementos vulnerables, clasificados de acuerdo a las cuatro categorías de vulnerabilidades planeadas (Tabla 3).

9.3.1 Vulnerabilidad por exposición de Ecosistemas.

Determinamos por representar verazmente el panorama de ecosistemas amenazados en la comuna de Pinto, hemos empleado los resultados del Catastro Nacional de usos de Suelo, 2015. Disponible en la plataforma IDE, en conjunto a otros recursos extraídos de organismos gubernamentales (Figura 19).

Figura 19. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Componentes de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).

Componente	Superficie (ha)	Porcentaje respecto al área de Pinto
Bosque Nativo	42.219,51	38,29%
Parques y Reservas Naturales	39.764,45	36,06%
Humedales	82,03	0,07%
Praderas	6.975	6,33%
Reserva de la Biosfera	87.909,02	79,72%
Lagos y Lagunas	47,63	0,04%
Ríos y Esteros	232,19	0,21%
Glaciares y Nieves Eternas	2.548, 13	2,31%
Pinto	110.270,31	100%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los componentes de la VEE podemos apreciar que la superficie cubierta por la Reserva de Biosfera y corredor biológico, representa un 79,72% de superficie, respecto de la superficie comunal, el bosque nativo representa un 38,29% de la superficie, respecto del área de estudio del área de estudio, comuna de Pinto. Este hecho se sustenta en las amplias áreas naturales de la comuna, resguardada en las áreas naturales protegidas por el gobierno de Chile. Así mismo la reserva Natural Ñuble recubre un 36,06 de superficie respecto de la superficie de la comuna de Pinto, estos índices dan cuenta del gran patrimonio y recursos naturales de la comuna, siendo uno de los aspectos más fortuitos en este sentido la protección sostenida de estos mismos en la comuna (Tabla 11).

Tabla 12. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la amenaza volcánica del CVNCh. En la Comuna de Pinto (Ha).

VEE en Amenaza Alta	VEE en Amenaza Media	VEE Total	Nivel de Vulnerabilidad
24.853,62	11.311,33	179.966,87	MEDIO
13,81%	6,29%	100%	Valor 2

Fuente: Elaboración propia.

La VEE asociada a los peligros volcánicos del CVNCh, se establece en un nivel de amenaza medio determinado en base a los criterios establecido para la nivelación de las vulnerabilidades, estableciendo que un 13,81% de los componentes expuestos en VEE se encuentran en un nivel de alta amenaza (Tabla 12).

Tabla 13. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).

VEE en Amenaza Alta	VEE en Amenaza Media	VEE en Amenaza Baja	VEE Total	Nivel de Vulnerabilidad
58.438,04	137.771,67	165.176,28	179.966,87	ALTO
32,47%	76,55%	91,78%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

Durante el verano se registran los mayores índices de VEE en alta amenaza, estableciendo un nivel de vulnerabilidad alto durante los meses de verano ante amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh (Tabla 13).

Tabla 14. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).

VEE en Amenaza Alta	VEE en Amenaza Media	VEE en Amenaza Baja	VEE Total	Nivel de Vulnerabilidad
50.260,61	121.469,99	179.966,87	179.966,87	ALTO
27,93%	67,5%	100%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a nuestros criterios, durante los meses de otoño ante de amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, los componentes y elementos expuestos en VEE también se establecen en un alto nivel de vulnerabilidad, al igual que durante los meses de verano (Tabla 14).

Tabla 15. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).

VEE en Amenaza Alta	VEE en Amenaza Media	VEE en Amenaza Baja	VEE Total	Nivel de Vulnerabilidad
36.172,78	115.790,79	123.633,37 ha	179.966,87	ALTO
20,1%	64,34%	68,7%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

Durante los meses de invierno, al igual que en verano y otoño los elementos expuestos ante de amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh se mantienen en un nivel vulnerabilidad alto (Tabla 15).

Tabla 16. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).

VEE en Amenaza Alta	VEE en Amenaza Media	VEE en Amenaza Baja	VEE Total	Nivel de Vulnerabilidad
20.660,49	143.291,89	167.667,90	179.966,87	MEDIO
11,48%	79,62%	93,17%	100%	Valor 2

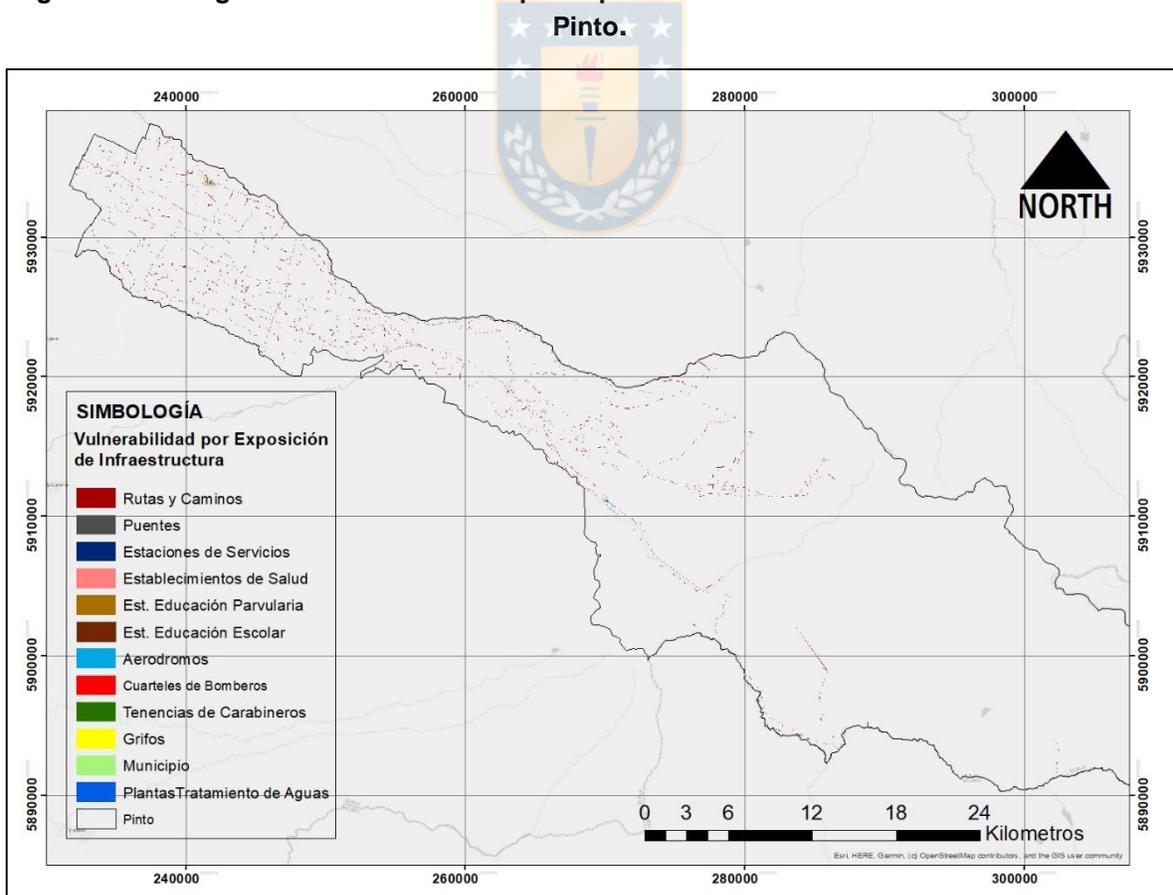
Fuente: Elaboración propia.

Durante la primavera, los elementos expuestos de VEE a diferencia de las 3 demás estaciones del año estos se mantienen en un nivel de vulnerabilidad media ante la amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh (Tabla 16).

9.3.2 Vulnerabilidad por exposición de Infraestructura

Se presentan los componentes y resultados ante la evaluación de vulnerabilidad por exposición de infraestructura (Figura 20).

Figura 20. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de infraestructura. En la comuna de



Fuente: Elaboración propia.

Para la generación de la cartografía de vulnerabilidad por exposición de infraestructura. En la comuna de Pinto. (figura 20), se emplearon recursos extraídos de la plataforma IDE, los cuales debieron ser normalizados a una entidad vectorial de polígono para su adecuado trabajo en SIG estableciendo su área de superficie (Tabla 17), además de la digitalización individual de algunos elementos expuestos en VEI que no se encontraban disponibles dentro de las plataformas de recursos digitales e infraestructuras de datos espaciales.

Tabla 17. Componentes de vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).

Componente	Superficie Ha	Porcentaje respecto al área de Pinto
Rutas y Caminos	609,01	0,55%
Puentes	2,21	0% aprox.
Estaciones de Servicios	0,50	0% aprox.
Establecimientos de Salud	0,50	0% aprox.
Establecimientos de Educación Parvularia	0,84	0% aprox.
Establecimientos de Educación Escolar	5,96	0,01%
Aeródromos	7,30	0,01%
Cuarteles de Bomberos	0,46	0% aprox
Tenencias de Carabineros	1,05	0% aprox
Grifos	6,86	0,01%
Municipio	0,30	0% aprox
Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas	0,45	0% aprox
Pinto	110.270,31	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto (Ha).

VEI en Amenaza Alta	VEI en Amenaza Media	VEI en Amenaza Baja	VEI Total	Nivel de Vulnerabilidad
58.438,04	137.771,67	165.176,28	635,50	ALTO
32,47%	76,55%	91,78	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

Se establece que el nivel de vulnerabilidad ante amenaza volcánica del CVNCh para los elementos expuestos en VEI es alto (Tabla 18), lo que resulta significativamente preocupante ya que son los elementos infraestructurales expuestos los más significativos desde el punto de vista de la seguridad para los residentes y visitantes

del complejo, especialmente la exposición de un tramo de la Ruta N-55 determinado en un alto nivel de vulnerabilidad ante amenaza volcánica del CVNCh, pone en cuestionamiento la seguridad de los visitantes y residentes al momento de generar una evacuación del CTNCh, ante la alta vulnerabilidad de un tramo de la única ruta existente y que permitiría la evacuación desde el complejo y sus dependencias.

Tabla 19. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano (Ha).

VEI en Amenaza Alta	VEI en Amenaza Media	VEI en Amenaza Baja	VEI Total	Nivel de Vulnerabilidad
46,50	92,05	191,39	635,50	BAJO
7,32%	14,48%	30,12%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).

VEI en Amenaza Alta	VEI en Amenaza Media	VEI en Amenaza Baja	VEI Total	Nivel de Vulnerabilidad
12,84	65,56	635,25	635,50	BAJO
2,02%	10,32%	99,96%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno (Ha).

VEI en Amenaza Alta	VEI en Amenaza Media	VEI en Amenaza Baja	VEI Total	Nivel de Vulnerabilidad
14,57	67,14	71,86	635,50	BAJO
2,29%	10,56%	11,31%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Vulnerabilidad por exposición de infraestructura respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera (Ha).

VEI en Amenaza Alta	VEI en Amenaza Media	VEI en Amenaza Baja	VEI Total	Nivel de Vulnerabilidad
6,44	112,44	197,71	635,50	BAJO
1,01%	17,69%	31,11%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

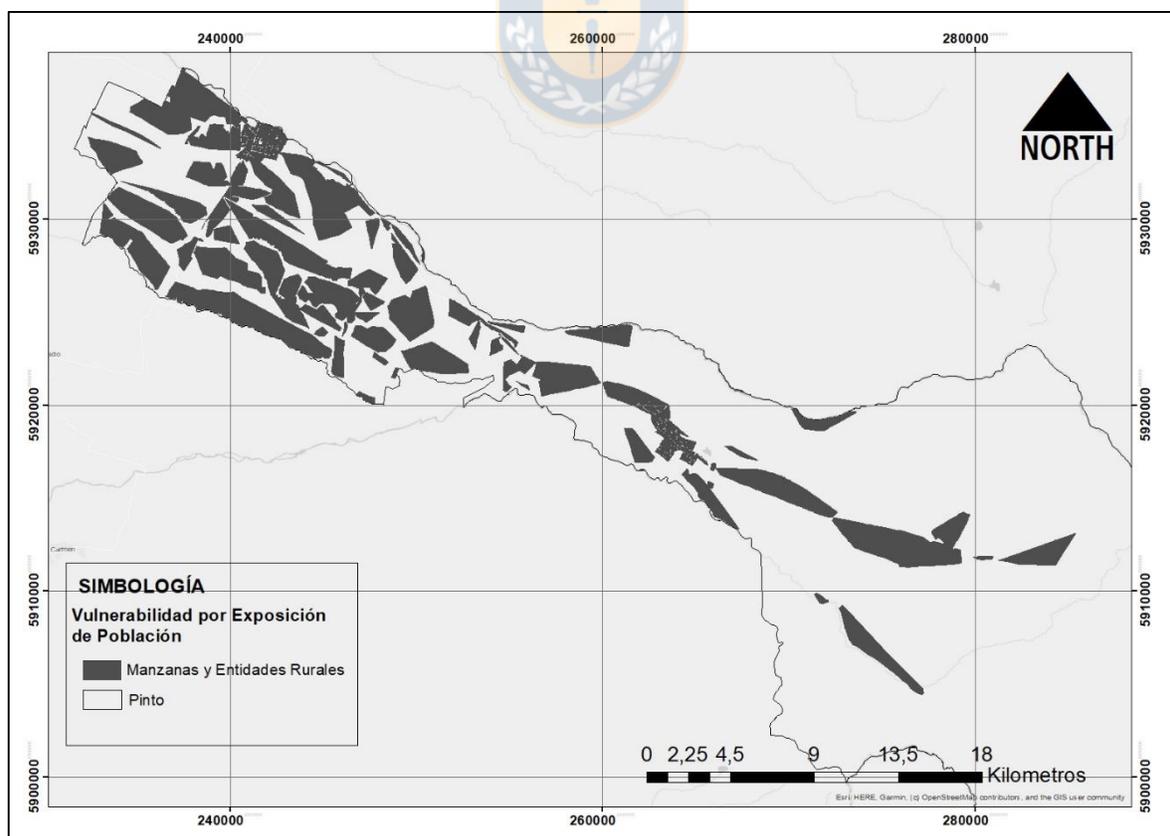
Durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera (año normal) se estima un bajo nivel de vulnerabilidad por exposición de infraestructura ante la

amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh para la comuna de Pinto. Este particular hecho puede verse sustentado en que, en la relación de los elementos de infraestructura expuestos a amenaza, la ubicación de estos se concentra en el centro urbano de la comuna de Pinto, mientras que la amenaza se concentra en el área del CVNCh al noreste de la comuna, estableciéndose altos porcentajes de los elementos de VEI fuera del área de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en un año normal (Tablas 19,20,21 y 22).

9.3.3 Vulnerabilidad por exposición de Población.

Para la determinación de las superficies y niveles de VEP se emplearon las manzanas censales correspondientes a los resultados del CENSO 2017, además de las entidades rurales de la comuna de Pinto (Figura 21 y Tabla 23).

Figura 21. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de población. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Componentes de vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).

Componente	Superficie Ha	Porcentaje respecto al área de Pinto
Manzanas y Entidades Rurales	16.080,89	14,58%
Pinto	110.270,31	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto (Ha).

VEP en Amenaza Alta	VEP en Amenaza Media	VEP Total	Nivel de Vulnerabilidad
2.478,35	1.813,91	16.080,89	ALTO
15,41%	11,28%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

Se establece que el nivel de vulnerabilidad de población ante la amenaza volcánica del CVNCh es de nivel alta. Encontrándose un 15,41% de los elementos expuestos en zona de alta amenaza y un 11,28% en amenaza media (Tabla 24).

Tabla 25. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano. (Ha)

VEP en Amenaza Alta	VEP en Amenaza Media	VEP en Amenaza Baja	VEP Total	Nivel de Vulnerabilidad
736,91	1.452,68	2.711,99	16.080,89	BAJO
4,58%	9,03%	16,86%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño (Ha).

VEP en Amenaza Alta	VEP en Amenaza Media	VEP en Amenaza Baja	VEP Total	Nivel de Vulnerabilidad
191,58	660,15	16.073,33	16.080,89	BAJO
1,19%	4,11%	99,95%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno. (Ha).

VEP en Amenaza Alta	VEP en Amenaza Media	VEP en Amenaza Baja	VEP Total	Nivel de Vulnerabilidad
239,43	957,78	809,13	16.080,89	BAJO
1,49%	5,96%	5,03%	100%	Valor 1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Vulnerabilidad por exposición de población respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera. (Ha).

VEP en Amenaza Alta	VEP en Amenaza Media	VEP en Amenaza Baja	VEP Total	Nivel de Vulnerabilidad
17,80	1.202,39	2.791,73	16.080,89	BAJO
0,11%	7,48%	17,36	100%	Valor 1

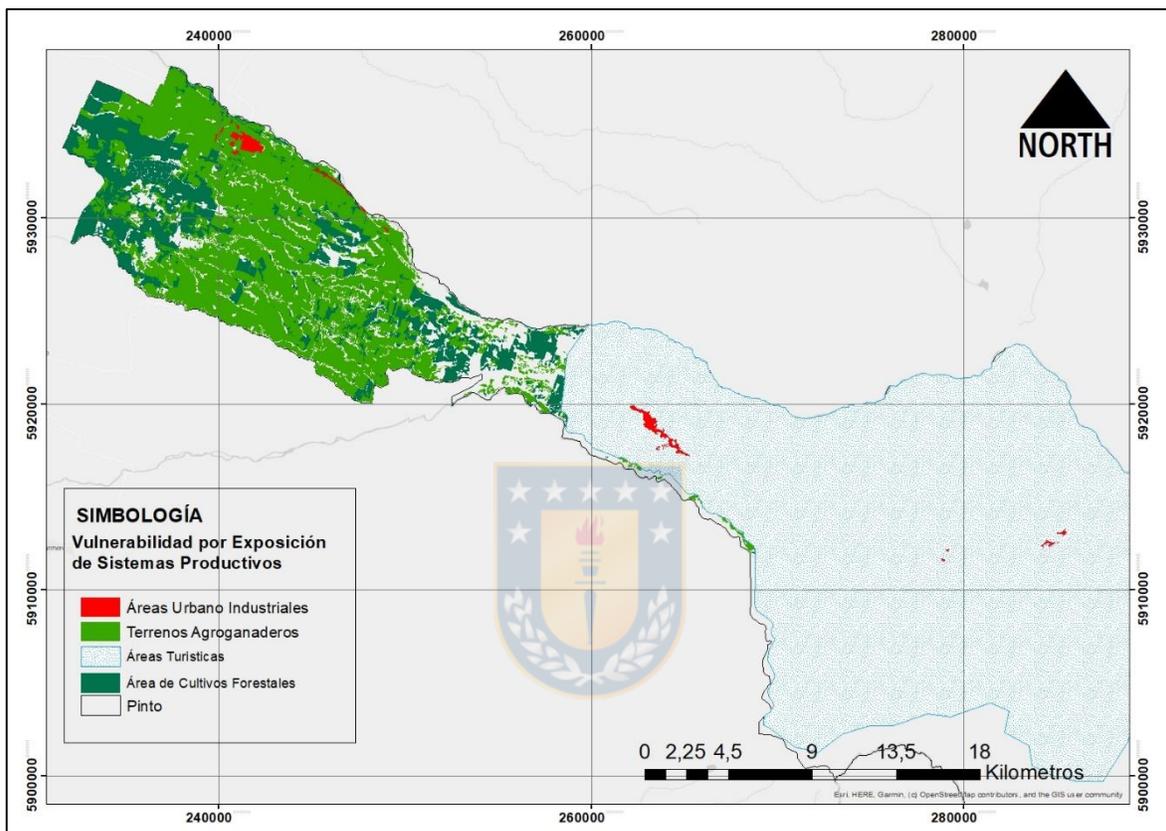
Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el establecimiento de los niveles de vulnerabilidad por exposición de infraestructura, el nivel de vulnerabilidad por exposición de la población en un año normal establece que, para los 12 meses de un año, en disposición de las cuatro estaciones evaluadas en consideración de un año normal, el nivel de vulnerabilidad por exposición de población es bajo, valorado con 1. (Tablas 25, 26, 27 y 28).

9.3.4 Vulnerabilidad por exposición de Sistemas Productivos

A continuación, se presentan los elementos expuestos en vulnerabilidad de sistemas productivos (Figura 22).

Figura 22. Cartografía de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Componentes de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de la comuna de Pinto (Ha).

Componente	Superficie Ha	Porcentaje respecto al área de Pinto
Área Urbano-Industrial	286,89	0,26%
Terrenos Agro-Ganaderos	13929,78	12,63%
Área Turística	45239,53	41,03%
Área Cultivo Forestal	7.826,57	7.1%
Pinto	110.270,31	100%

Fuente: Elaboración propia.

El área o zona turística de la comuna de Pinto representa un 41,03% de la superficie comunal, en este sentido tiene un gran peso las inmediaciones del CTNCh y sus

inmediaciones las cuales se ven expuesta a niveles de amenaza alto y medio (Figura 22 y Tabla 29).

Tabla 30. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza volcánica del CVNCh. En la comuna de Pinto. (Ha).

VESP en Amenaza Alta	VESP en Amenaza Media	VESP Total	Nivel de Vulnerabilidad
14.456,39	5.689,65	72.268,23	ALTO
13,11%	5,16%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de vulnerabilidad para los elementos expuestos en VESP ante la amenaza volcánica corresponde a un alto nivel, en donde más del 13,11% de los elementos expuestos se establecen en zonas de alta amenaza (Tabla 30).

Tabla 31. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Verano. (Ha).

VESP en Amenaza Alta	VESP en Amenaza Media	VESP en Amenaza Baja	VESP Total	Nivel de Vulnerabilidad
17.309,30	28.208,86	39.805,55	72.268,23	ALTO
23,95%	39,03%	55,08%	100%	Valor 3

Fuente: Elaboración propia.

Durante el mes de verano el nivel de vulnerabilidad ante amenaza de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh corresponde a un nivel alto (Tabla 31).

Tabla 32. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Otoño. (Ha).

VESP en Amenaza Alta	VESP en Amenaza Media	VESP en Amenaza Baja	VESP Total	Nivel de Vulnerabilidad
9.768,41	22.234,48	67.335,61	72.268,23	MEDIO
13,52%	30,77%	93,17%	100%	Valor 2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Invierno. (Ha).

VESP en Amenaza Alta	VESP en Amenaza Media	VESP en Amenaza Baja	VESP Total	Nivel de Vulnerabilidad
10.174,53	23.525,52	23.600,57	72.268,23	MEDIO
14,08%	32,55%	23,66%	100%	Valor 2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos respecto de la superficie de amenaza ante acumulación de piroclastos de caída del CVNCh. En la comuna de Pinto. Primavera. (Ha).

VESP en Amenaza Alta	VESP en Amenaza Media	VESP en Amenaza Baja	VESP Total	Nivel de Vulnerabilidad
6.475,90	27.7212,61	40.849,69	72.268,23	MEDIO
8,96%	37,66%	56,53%	100%	Valor 2

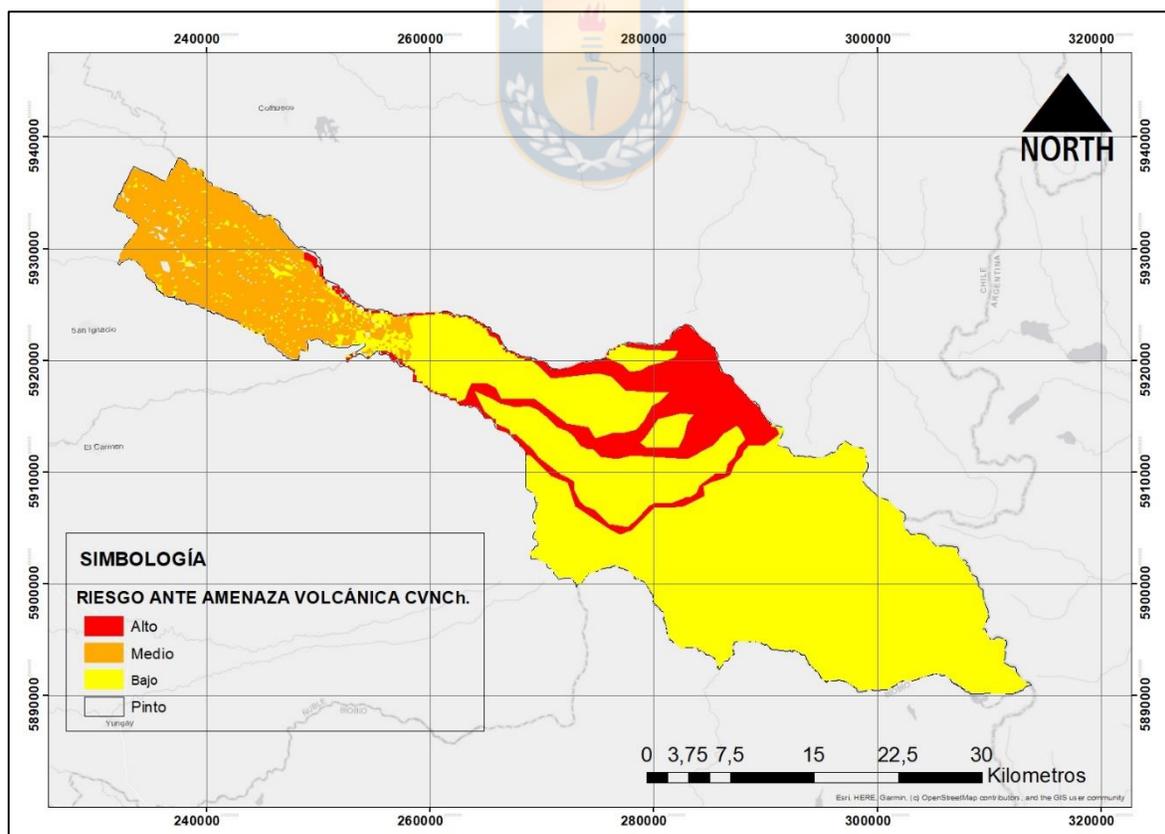
Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de los resultados de VESP en el mes de verano, durante los meses de otoño, invierno y primavera se establecen niveles de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos medios (Tablas 32, 33 y 34).

9.4 Riesgo Volcánico del CVNCh.

Se establecen los resultados ante la multiplicación de los elementos de amenaza y peligro, generando las coberturas de riesgo volcánico (Figura 23 y Tabla 35).

Figura 23. Cartografía de riesgo volcánico del CVNCh. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Niveles y Superficies (ha) de riesgo volcánico del CVNCh respecto de la superficie de la comuna de Pinto.

Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Pinto
13.004,26	18.958,88	77.247,13	110.270,31
11,79%	17,19%	70,05%	100%

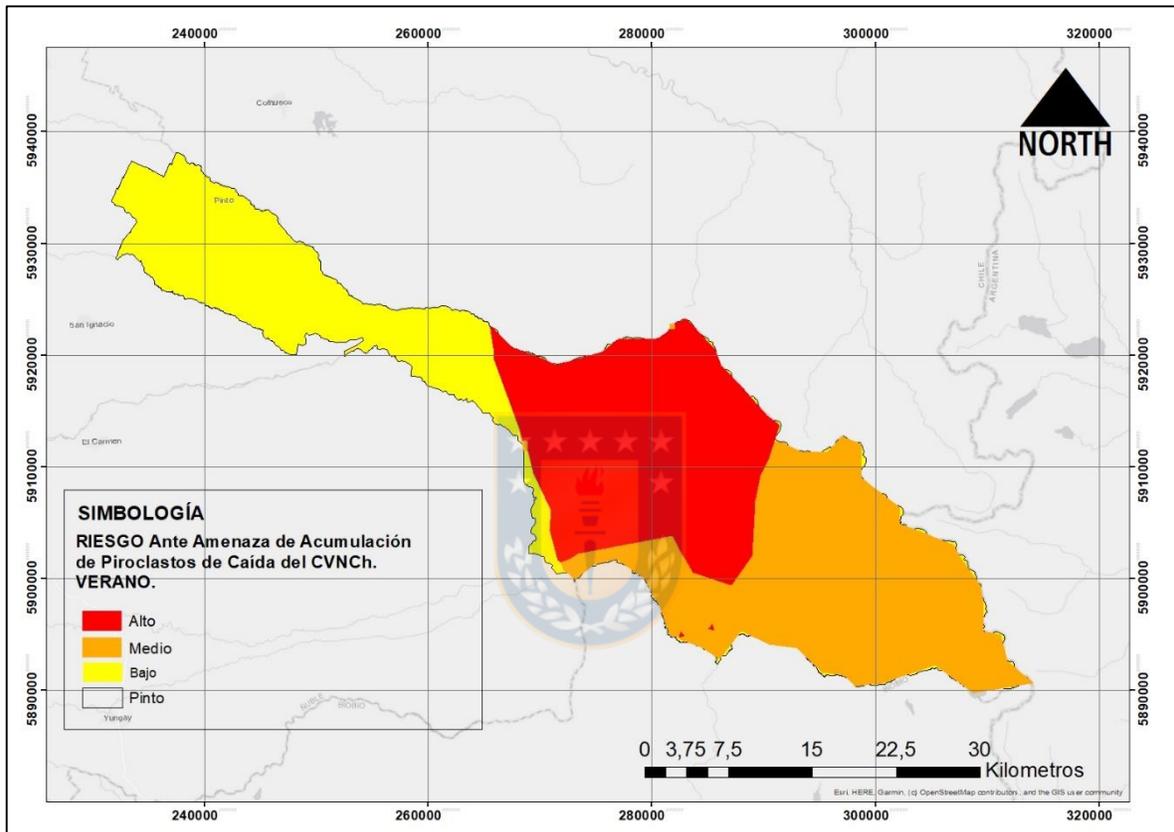
Fuente: Elaboración propia.

Al generar la multiplicación de los factores de vulnerabilidad expuestos a la amenaza volcánica del CVNCh a través de la operación mediante un álgebra de mapas en el software Arcmap, se establece que un 11,79% de la superficie comunal se encuentra en un nivel de alto riesgo zona que se concentra en el área del CVNCh y a su vez del resort de montaña y CTNCh emplazado al sur del CVNCh, específicamente a los pies del subcomplejo Las termas, mientras que un 17,19% en nivel medio concentrándose en las inmediaciones del centro urbano de la comuna de Pinto al oeste. Finalmente, un 70,05% en nivel bajo. Respecto a la exposición de la infraestructura y los elementos expuestos, es un hecho preocupante que las instalaciones del CTNCh y el resort de montaña se encuentren emplazadas en un nivel de alto riesgo volcánico, exponiendo a los huéspedes y residentes del complejo a un estado de susceptibilidad tremendo ante los efectos e inclemencias que un desastre natural asociado a la actividad del complejo pudiese tener lugar en el tiempo, viéndose además comprometida las vías de evacuación y la infraestructura de emergencia del recinto y del valle de Las Trancas (Figura 23 y Tabla 35).

9.4.1 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Verano.

Se presentan los resultados de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh durante los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 24).

Figura 24. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Verano. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.

Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Pinto
38.756,26	41.699,42	29.814,63	110.270,31
35.15%	37.82%	27.04%	100%

Fuente: Elaboración propia.

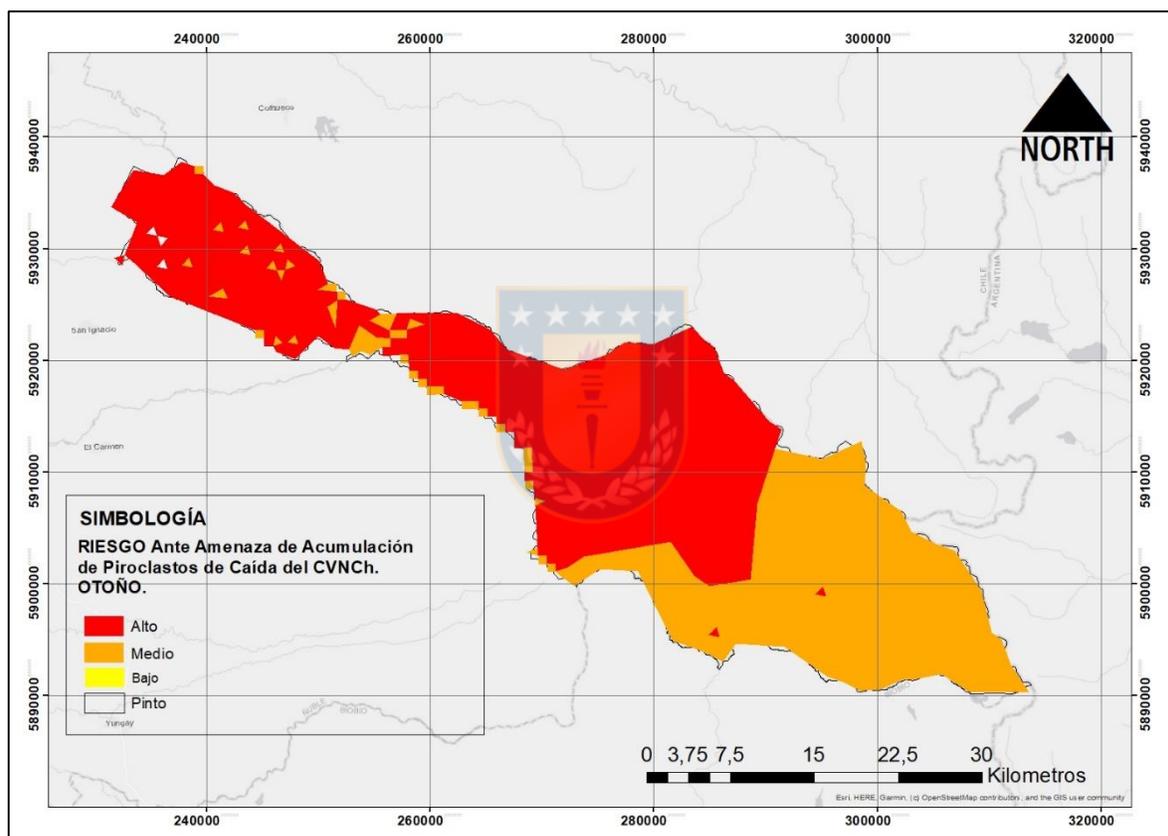
De igual forma que los resultados de la evaluación de riesgo volcánico, al evaluar el riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en verano, se establecen preocupantes índices porcentuales, especialmente los de alto nivel de riesgo que

se concentran en la zona del CVNCh poniendo en riesgo las instalaciones del CTNCh, a sus huéspedes, funcionarios y residentes (Figura 24 y Tabla 36).

9.4.2 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Otoño.

Se presentan los resultados de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh durante los meses de marzo, abril y mayo (Figura 25).

Figura 25. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en otoño. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Durante los meses de otoño un hecho significativo, corresponde a que la comuna de Pinto se ve cubierta por niveles de riesgo alto y medio, concentrándose altos niveles de riesgo en la zona urbana central de la comuna hasta el emplazamiento del CVNCh correspondiendo al 59,73% del área comunal, así mismo una superficie del 40,25% se ve expuesta a niveles medio de riesgo concentrándose en el ala este de la comuna (Figura 25 y Tabla 37).

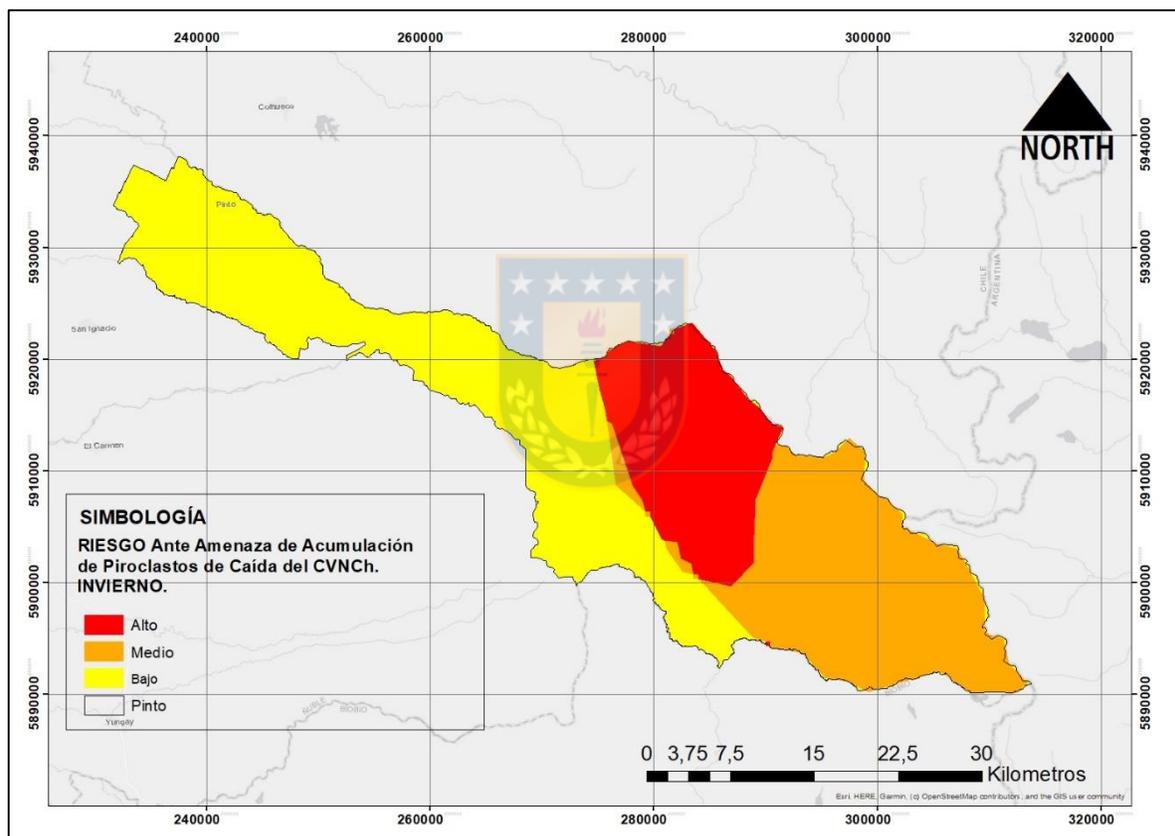
Tabla 37. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Otoño. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.

Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Pinto
65.860,45	44.380,27	29,59	110.270,31
59,73%	40,25%	0,03%	100%

Fuente: Elaboración propia.

9.4.4 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Invierno.
Se presentan los resultados de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh durante los meses de junio, julio y agosto (Figura 26).

Figura 26. Cartografía de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en invierno. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Niveles y Superficies (ha) de riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Invierno. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.

Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Pinto
23.479,52	36.464,26	50.326,53	110.270,31
21,29%	33,07%	45,64%	100%

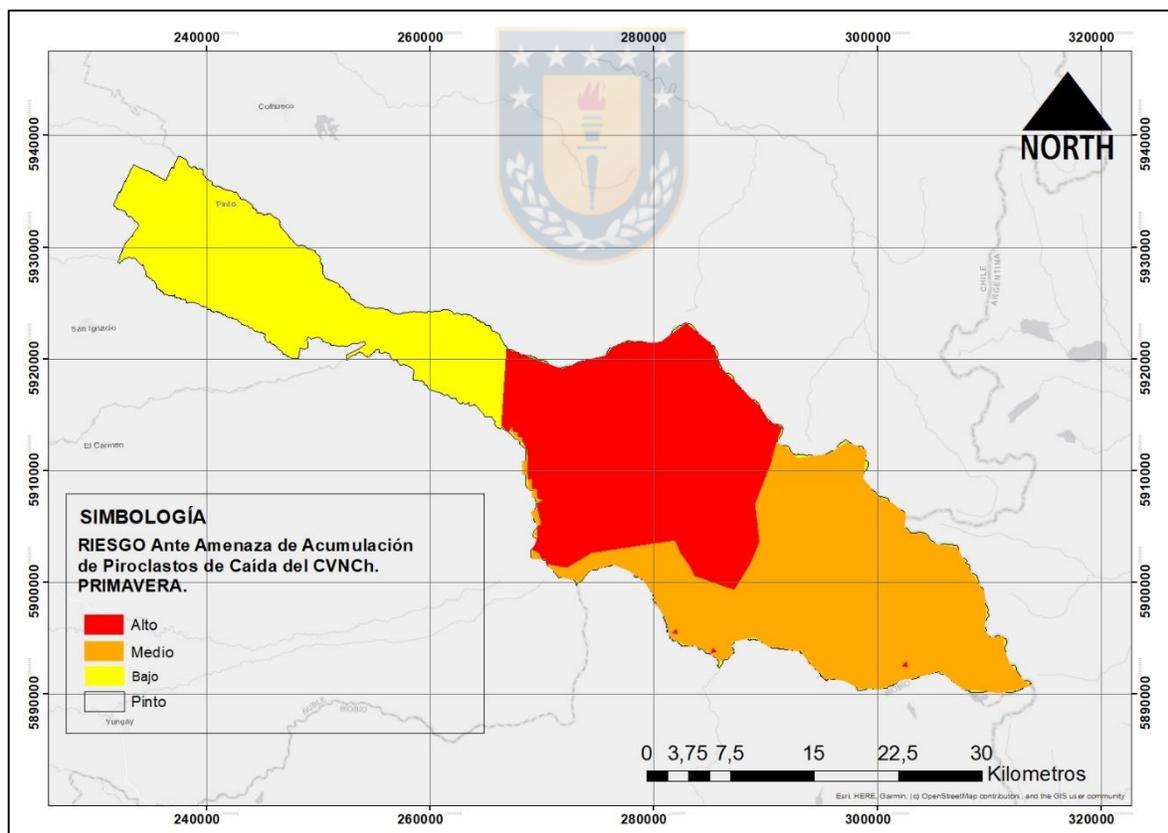
Fuente: Elaboración propia.

En los meses de invierno se registran para la comuna de Pinto los menores índices de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, en relación a los demás meses de año normal. Contemplando un 21,29% del área comunal a un estado de alto riesgo concentrado en las inmediaciones del CVNCh y El CTNCh. Un 33,07% a un nivel medio concentrado en este de la comuna. Mientras que un 45,64% del área comunal se encuentra en un estado de bajo riesgo de acumulación de piroclastos de caída en los meses de invierno (Figura 26 y Tabla 38).

9.4.5 Riesgo de Acumulación de Piroclastos de Caída del CVNCh. Primavera.

Se presentan los resultados de riesgo de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (Figura 27).

Figura 27. Cartografía de riesgo de amenaza por acumulación de piroclastos de caída del CVNCh en primavera. En la comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Niveles y Superficies (ha) de Riesgo de acumulación del piroclastos de caída del CVNCh. Primavera. Respecto de la superficie de la comuna de Pinto.

Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Pinto
39.780,53	41.911,42	28.578,36	110.270,31
36,08%	38,01%	25,92%	100%

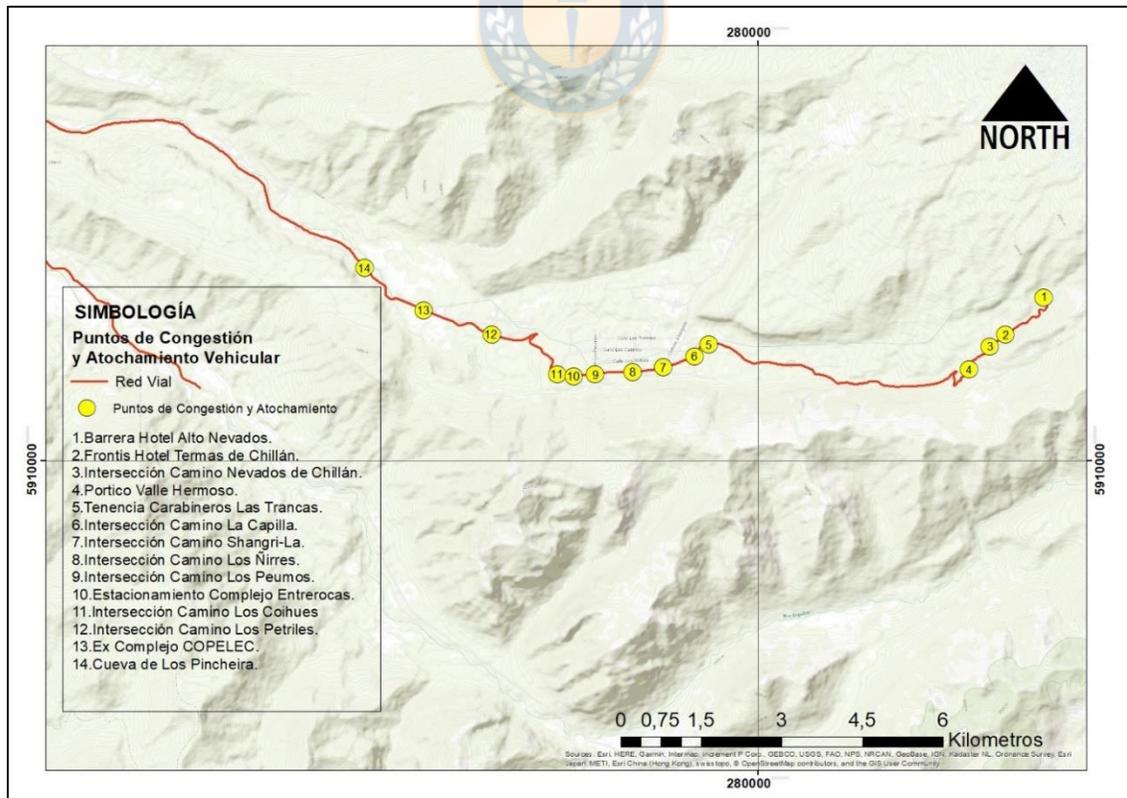
Fuente: Elaboración propia.

Al generar un análisis en torno a los niveles de riesgo para la comuna de Pinto ante fenómenos de acumulación de piroclastos de caída del CVNCh, es posible establecer que la zona de alto riesgo se concentra en las inmediaciones del CVNCh y del CTNCh en el subcomplejo Las Termas, exponiendo al resort y a las inmediaciones de la aldea de Las Trancas a un estado de alto riesgo, esta zona compone un 36,08% de superficie respecto del área comunal de Pinto en el mes de primavera. Así mismo Al igual que en todas las evaluaciones de riesgo realizadas en la presente investigación en función de las amenazas propiamente volcánicas del CVNCh, además de las amenazas asociadas a la acumulación de piroclastos de caída del CVNCh evaluada y zonificada en periodos de tiempo estacionarios en disposición de las estaciones climáticas de un año normal (verano, otoño, invierno y primavera), los resultados expusieron que las zonas de alto riesgo se concentran en las inmediaciones del CVNCh, poniendo en jaque la seguridad de los visitantes y residentes del Resort de montaña Nevados de Chillán y su complejo turístico emplazado a los pies de los edificios volcánicos que componen el subcomplejo Las Termas en el ala sur de las inmediaciones del CVNCh. (Figura 27 y Tabla 39).

9.5 Puntos de Congestión y Atochamiento

Corresponden a un conjunto de 14 puntos emplazados en los 16 kilómetros del tramo final de la ruta N-55 (Figura 28). Este conjunto de puntos se encuentra ubicados en sectores y tramos estratégicos de la ruta N-55 determinados de acuerdo a su disposición dentro de los planes de emergencia de los Nevados de Chillán como puntos de encuentro, puntos de reunión transitorios (PRT), puntos de operaciones estratégicas en el contexto de una evacuación de CTNCh y como puntos conflictivos en relación a su rol en el marco del patrón de accesibilidad a la ruta N-55 desde los distintos sectores y áreas del CTNCh, estableciéndose en base a la posibilidad de transformarse en focos de congestionamiento y atochamiento vehicular dado su emplazamiento en intersecciones con las principales calles y caminos que presentan un número de 70 o más viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras (Tabla 40).

Figura 28. Cartografía de puntos de congestión y atochamiento en la Ruta N-55, Comuna de Pinto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Puntos de Congestión y Atochamiento, ubicación y criterio de establecimiento.

Punto de Congestión y Atochamiento	Kilómetro de la Ruta N-55	Criterio de establecimiento
1. Barrera del Hotel Alto Nevados	76,95 km	Acceso a Punto de encuentro. (Protocolo resort)
2. Frontis del Hotel Termas de Chillán	75,71	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
3. Intersección Camino Nevados de Chillán	75,30	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras. Acceso a Puntos de encuentro. (Protocolo resort)
4. Pórtico Valle Hermoso	74,69	Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI.
5. Tenencia de Carabineros Las Trancas	69,09	Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI. Punto de Control Logístico, Protocolo Carabineros de Chile.
6. Intersección Camino La Capilla	68,69	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
7. Intersección Camino Shangri-La	67,70	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras. Acceso Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI.
8. Intersección Camino Los Ñirres.	67,44	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
9. Intersección Camino Los Petriles.	66,73	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
10. Estacionamiento Complejo Entre Rocas	66,07	Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI.
11. Intersección Camino Los Coihues.	66,04	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
12. Intersección Camino Los Petriles	64,01	Intersección de camino que alberga más de 70 viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras.
13. Ex Complejo COPELEC	62,54	Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI.

14. Cueva Los Pincheira	61,14	Punto de Reunión Transitorio (PRT) Plan ONEMI.
-------------------------	-------	--

Fuente: Elaboración propia.

9.4.1 Barrera Hotel Alto Nevados.

Emplazada en el kilómetro 76,95 de la Ruta N-55, la barrera del Hotel Alto Nevados se presenta como el punto terminal de la mencionada ruta (Figura 29), estableciendo el acceso a las instalaciones más elevadas del CTNCh y Resort de montaña, que consideran pistas y canchas de esquí, comedores y casinos, parques de aguas termales y las instalaciones del Hotel Alto Nevados emplazado a los pies del Subcomplejo Las Termas. Dentro de su rol en los planes y protocolos de emergencia propios del resort, este punto permite el acceso directo al estacionamiento del Hotel Alto Nevados establecido como el punto de encuentro más próximo al área de amenaza volcánica (Figura 30). Disponiéndose para reunir a los visitantes, huéspedes y funcionarios que se encuentran en la montaña y en las zonas más elevadas del complejo durante una emergencia asociada a la actividad del CVNCh.

Figura 29. Barrera del Hotel Alto Nevados de Chillán.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Estacionamiento del Hotel Alto Nevados, Punto de reunión (protocolo resort).



Fuente: Elaboración propia.

9.4.2 Frontis Hotel Termas de Chillán.

El Hotel Termas de Chillán se presenta como uno de los más complejos en términos de sus dimensiones e infraestructura, emplazado en el kilómetro 75,71 de la ruta N-55 (Figura 31), se compone por una serie de edificios que dan conformidad al complejo hotelero que presenta su principal acceso en disposición directa en términos de accesibilidad a la Ruta N-55 permitiendo la incorporación directa de los usuarios del hotel a la principal ruta del sector, manteniendo además una trama de caminos interiores que establecen conexiones con los edificios departamentales emplazados en ala oeste del hotel, emplazados en el trazado del Camino Nevados de Chillán, que a su vez permiten una conexión interior con el Hotel Nevados de

Chillán, es precisamente esta red de caminos la que establece el Frontis del Hotel Termas de Chillán como un punto de congestión y atochamiento ya que dicha red de conectividad vehicular interior permitiría el acceso a un conjunto de más de 100 viviendas y unidades departamentales y hoteleras que podrían durante una emergencia incorporarse a la Ruta N-55 a través del acceso principal en el frontis del complejo hotelero (Figura 32). De esta misma forma la red de conectividad interior genera una conexión con el Camino Nevados de Chillán (punto de congestión y atochamiento) estableciendo desde ambos puntos el acceso a los Estacionamos de la Plaza Tata, Hotel Nevados de Chillán y la Motriz del andarivel El Refugio, sectores determinados como puntos de encuentro del protocolo de emergencias del resort.

Figura 31. Acceso Gran Hotel Termas de Chillán.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Frontis del Acceso Gran Hotel Termas de Chillán.



9.4.3 Intersección Camino Nevados de Chillán.

Corresponde a la única intersección o camino en el tramo final de la ruta N-55, emplazado en el kilómetro 75,30 el Camino Nevados de Chillán se presenta como el principal foco residencial en el tramo más elevado del CTNCh (Figura 33), permitiendo la conexión desde la Ruta N-55 con viviendas, edificios departamentales y complejos hoteleros, además de restaurantes, casinos, estaciones de motos de nieves, pistas y canchas de esquí e instalaciones del Parque de bicicletas en temporada estival.

Dentro de su relevancia en los protocolos de emergencia del resort, el Camino Nevados de Chillán se presenta como la ruta de accesibilidad directa con la Ruta N-55 (Figura 34), además de establecer una serie de conexiones en su red de conectividad vehicular interior, permitiendo la conectividad con el Hotel Termas de

Chillán, establecido como un punto de congestión y atochamiento, además de ser la principal ruta o camino de acceso a los estacionamientos de la Plaza Tata y del Hotel Nevados de Chillán, además de la Motriz del Andarivel El Refugio, puntos de encuentro establecidos en el plan de emergencia del resort. De esta misma forma se sustenta la relevancia de la intersección del Camino Los Nevados con la Ruta N-55 ya que esta permite el acceso a más de 100 viviendas, unidades departamentales y hoteleras a la ruta de evacuación (ruta N-55) en el contexto de una evacuación del CTNCh.

Figura 33. Intersección Camino Nevados de Chillán.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Intersección de la Ruta N-55 y el Camino Nevados de Chillán.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.4 Pórtico Valle Hermoso.

Presentándose como una de las principales atracciones del CTNCh, Valle Hermoso gracias a su compleja infraestructura que presenta parque de aguas termales, pistas y canchas de esquí, pista de trineos, restaurantes y departamentos reúne grandes cantidades de visitantes durante la temporada invernal, convirtiendo su pórtico y acceso en conexión directa con la Ruta N-55 en el kilómetro 74,69 en uno de los tramos de mayor conflicto vial, producto de la generación de situaciones de congestión vehicular y atochamiento en sectores de la Ruta N-55 (Figura 35). El control de acceso en el pórtico de Valle Hermoso especialmente durante la temporada invernal del presente año, en el marco de la imposición de medidas y

protocolos sanitarios dado la pandemia Covid-19 produjo como resultado el desarrollo de situaciones de congestión kilométrica generado por la llegada masiva de turistas durante las primeras jornadas del día que buscaban ingresar y completar el aforo del complejo turístico. Produciéndose situaciones de peligrosidad y riesgo para los conductores durante los periodos en que la ruta se mantuvo con hielo y nieve sumado a la congestión que impedía el libre tránsito vehicular a los tramos más elevados de la ruta. De esta forma y de acuerdo a los antecedentes expuesto se corrobora la conflictividad vial en situaciones de congestión y atochamiento de este punto de la ruta, el cual además corresponde al punto de reunión transitoria más elevado dentro del Plan de emergencia Volcánico de Los Nevados de Chillán (PRT), (Figura 36).

Figura 35. Pórtico Complejo Valle Hermoso.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Estacionamiento frente al Complejo Valle Hermoso. PRT.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.5 Tenencia Carabineros Las Trancas.

La Tenencia de Carabineros de Las Trancas, emplazada en el kilómetro 69,09 de la Ruta N-55 (Figura 37), ejerce un rol fundamental brindando seguridad a la comunidad a través de la labor de sus funcionarios mediante acciones prioritariamente preventivas en la zona montañosa de la comuna de Pinto, salvaguardando la seguridad de los vecinos y visitantes del CTNCh en todo momento, En su rol como la tenencia de carabineros de la comuna emplaza en la zona más elevada de la ruta N-55 desde este punto carabineros realiza labores extraordinarias asociadas al emplazamiento de la tenencia que consideran el control del uso y porte de cadenas en vehículos durante la temporada invernal, controles y

cierres de la ruta cuando las inclemencias climáticas no permiten el desarrollo de un recorrido seguro por esta, además del control de los excursionista que se aventuran en la montaña y sus inmediaciones.

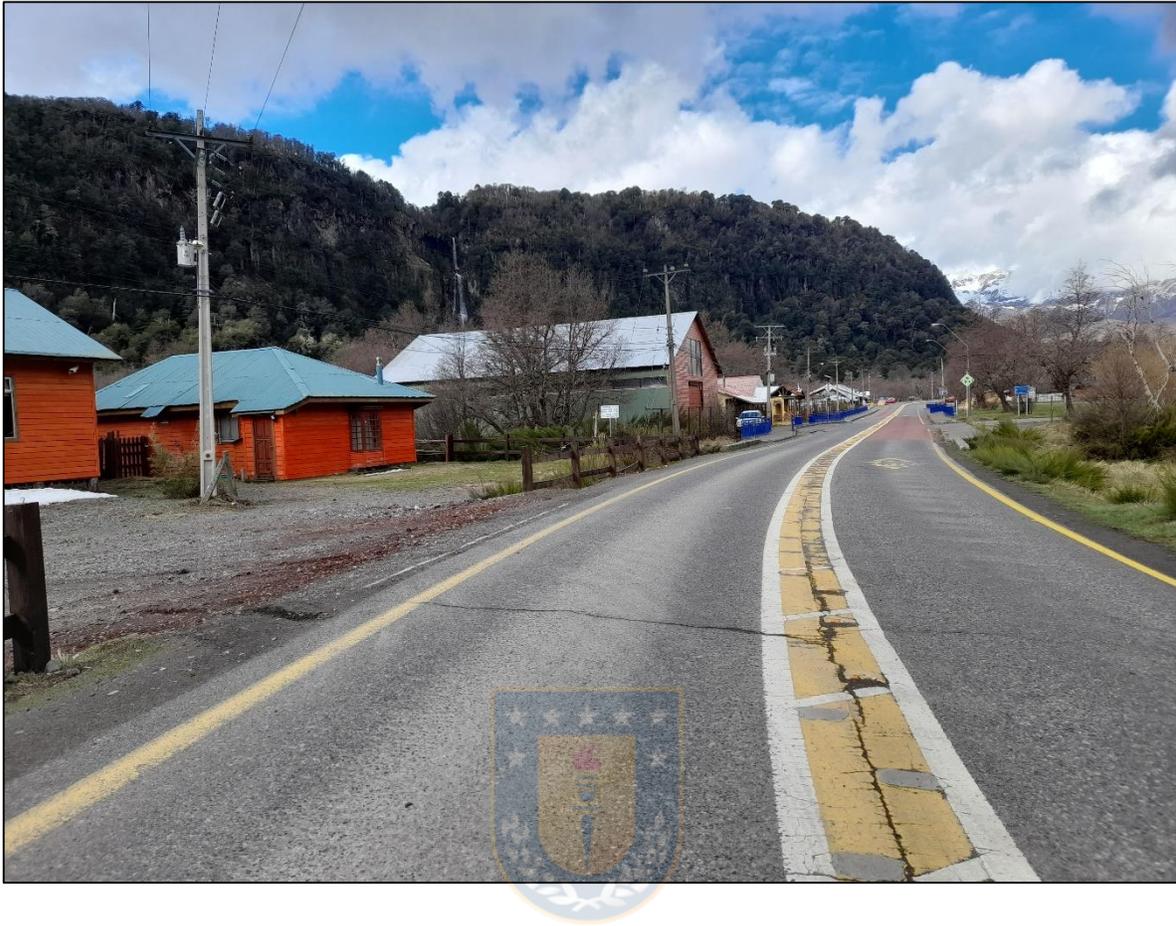
En este contexto dentro de los planes y protocolos de emergencia, La Tenencia de Carabineros de las Trancas se presenta dentro del protocolo de carabineros como el punto más próximo a la zona de amenaza para generar el corte de la Ruta N-55 y es establecimiento de un punto de control logístico en la emergencia que permita salvaguardar la seguridad de los visitantes y huéspedes del CTNCh en el contexto de una evacuación (Figura 38). Estos antecedentes especialmente el rol que ejerce la tenencia dentro de los planes de la institución permiten establecerlo como un punto de congestión y atochamiento en el marco de una posible evacuación de emergencia del CTNCh.

Figura 37. Tenencia de Carabineros de Las Trancas. PRT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Acceso desde la Ruta N-55 a la Tenencia de Carabineros de Las Trancas.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.6 Intersección Camino La Capilla.

Emplazado en el kilómetro 68,69 de la Ruta N-55 corresponde a la intersección más elevada de la localidad de Las Trancas, permitiendo la incorporación de los vecinos y residentes de la calle La Capilla a la Ruta N-55. La calle de tierra, posee una extensión aproximada de 500 metros hasta su prolongación con la calle Los Coltrahues, en conjunto la extensión de ambas calles es aproximadamente de un kilómetro y debe su nombre (camino La Capilla) al emplazamiento de la capilla Santa María del Camino (Figura 39), en su punto de conexión con la Ruta N-55. Dentro de las viviendas que componen el grupo de vecinos de la calle La Capilla y

Los Coltrahues encontramos viviendas residenciales y alojamientos turísticos como cabañas y pequeños hostales (Figura 40).

Figura 39. Intersección Camino La Capilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Ruta N-55 en intersección al camino La Capilla.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.7 Intersección Camino Shangri-La.

Emplazado en el kilómetro 67,70 de la Ruta N-55 en la aldea de Las Trancas (Figura 41), corresponde a una de las calles más grandes e importantes de la localidad ya que establece la conexión de sus vecinos y residentes con una amplia variedad de calles y caminos al interior del Valle de Shangri-La. Posee una extensión aproximada de 3,50 kilómetros, sin considerar las longitudes de las demás calles y caminos que conectan con este en el entramado vial interior, vale mencionar que todo este entramado, considerando además el camino Shangri-La es de tierra, con escasas zonas ripiadas por los vecinos y residentes. El Camino Shangri-La es abundantemente transitado ya que permite el traslado de vehículos y visitantes hasta una serie de senderos y atractivos turísticos de la zona (Figura 42), entre ellos podemos mencionar Las ruinas del Refugio Waldorf, construido durante los años 20 del siglo pasado, La Laguna del Huemul, Pista de Esquí El Gruñidor, entre otras rutas de trekking y panorámicas de los nevados. Algunos de los aspectos más importantes que establecen la intersección del Camino Shangri-La como punto de congestión y atochamiento corresponden al hecho que este permite la conexión vial del mayor porcentaje de vecinos de la aldea, índices que se concentran en el camino Shangri-La y su red de entramado al interior del valle, además de permitir el acceso a uno de los PRT, el cual corresponde a Shangri-La Norte. Establecido dentro de los planes y protocolos de emergencia ONEMI.

Figura 41. Intersección Camino Shangri-La en Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Intersección camino Shangri-La. Acceso PRT.



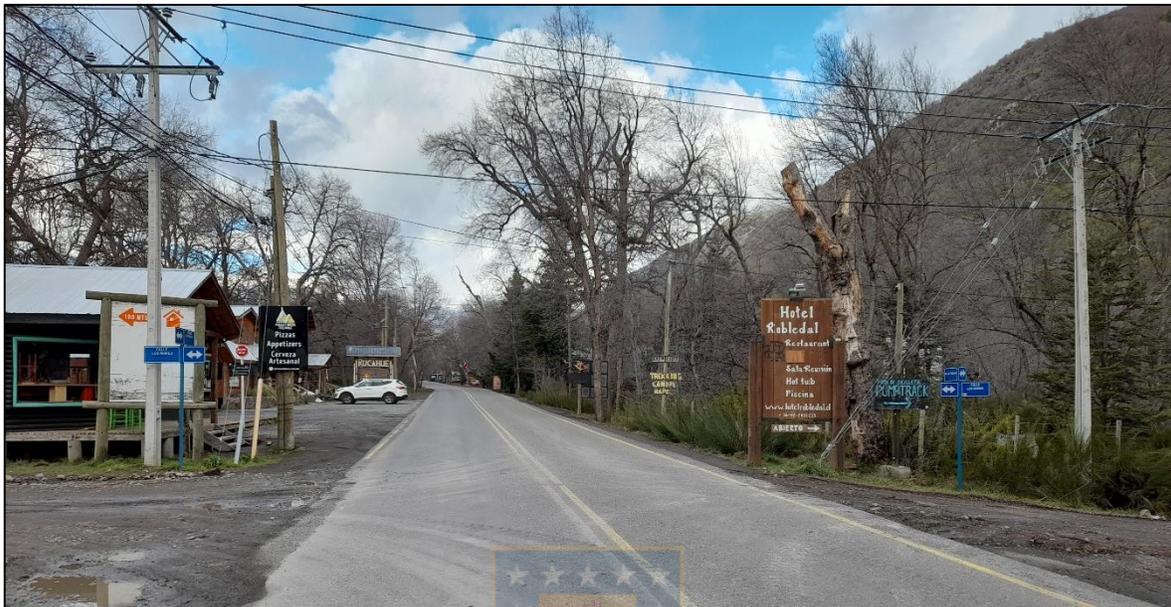
Fuente: Elaboración propia.

9.4.8 Intersección Camino Los Ñirres.

Emplazado en el kilómetro 66,73 La intersección del camino de Los Ñirres en disposición norte y sur respecto a la disposición de la Ruta N-55 de este a oeste (Figura 43), corresponde a una de las áreas más concurridas e importantes en su rol comercial y de servicios en la aldea de Las Trancas, concentrando en dicho tramo de la ruta desde la intersección del Camino Los Coihues hasta el Camino Shangri-La, importantes locales comerciales, entre ellos restaurantes, almacenes y negocios, además de una amplia gama de alojamientos entre ellos hostales, lodge´s y cabañas. Su disposición permite la conectividad vehicular y peatonal con una serie de caminos en disposición sur respecto de la Ruta N-55, la cual es mayor en el ala

norte de la misma, permitiendo la conectividad con el entramado vial del valle de Shangri-La (Figura 44).

Figura 43. Intersección de la Ruta N-55 con camino Los Ñirres.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Disposición Norte (izquierda) y Sur (derecha) del Camino Los Ñirres, respecto a la Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.9 Intersección Camino Los Peumos.

Emplazada en el kilómetro 66,73 de la Ruta N-55 forma parte del área comercial central de la aldea de Las Trancas en conjunto a los puntos de congestión y atochamiento desde la intersección del Camino Los Coihues hasta el Camino Shangri-La. Formando parte del entramado vial del valle de Shangri-La norte y de las calles establecidas en el ala sur de la Ruta N-55 (Figura 45). En sus inmediaciones encontramos un importante número de viviendas, ya que como hemos mencionado este punto al igual que los otros referenciados anteriormente conforman el centro cívico de la aldea concentrado en sus inmediaciones una alta oferta de servicios y residencias, hecho que lo define como un punto de congestión y atochamiento susceptible al desarrollo de conflictos viales en función del alto número de viviendas y comercios emplazados en el camino de tierra, además de alojamientos de diversa categoría.

Figura 45. Disposición Sur del camino Los Peumos.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.10 Estacionamiento Complejo Entre Rocas.

El complejo Entre Rocas se emplaza en la disposición sur del kilómetro 66,07 de la Ruta N-55 en la localidad de Las Trancas gozando de una afamada relevancia en el sector, dado su completa oferta de servicios hoteleros y recreativos a sus huéspedes y visitantes (Figura 46). Este sitio ha sido establecido como un punto de congestión y atochamiento dado el hecho que cruzando la ruta N-55 desde el complejo hasta la disposición norte de esta misma, encontramos un estacionamiento de amplias dimensiones correspondiente a una parte de la infraestructura del ya mencionado complejo hotelero, el cual ha sido dispuesto dentro de los planes de emergencia ONEMI como un PRT (Punto de reunión transitorio), (Figura 47).

Figura 46. Complejo Entre Rocas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 47. Estacionamiento Complejo Entre Rocas (PRT).



Fuente: Elaboración propia.

9.4.11 Intersección Camino Los Coihues.

Marcando el inicio de la zona central y comercial más importante de la aldea de Las Trancas, la intersección del camino los Coihues emplazada en el kilómetro 66,04 de la Ruta N-55 corresponde a un camino de tierra con sectores de ripio el cual es parte del entramado vial del ala sur de la localidad de las Trancas hasta la intersección del Camino Shangri-La concentrando en esta zona una importante área comercial y de servicios además de un elevado número de viviendas y residencias (Figura 48). Siendo parte del entramado vial del Valle de Shangri-La y permitiendo la conectividad de cientos de vecinos y residentes con la Ruta N-55 la intersección del camino Los Coihues ha sido establecida como un punto de congestión y atochamiento dada su susceptibilidad a generación de conflictos viales asociados a

la congestión vehicular dado que corresponde a una de las intersecciones más confluidas de la aldea de Las Trancas (Figura 49).

Figura 48. Intersección camino Los Coihues con la Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Disposición norte camino Los Coihues.

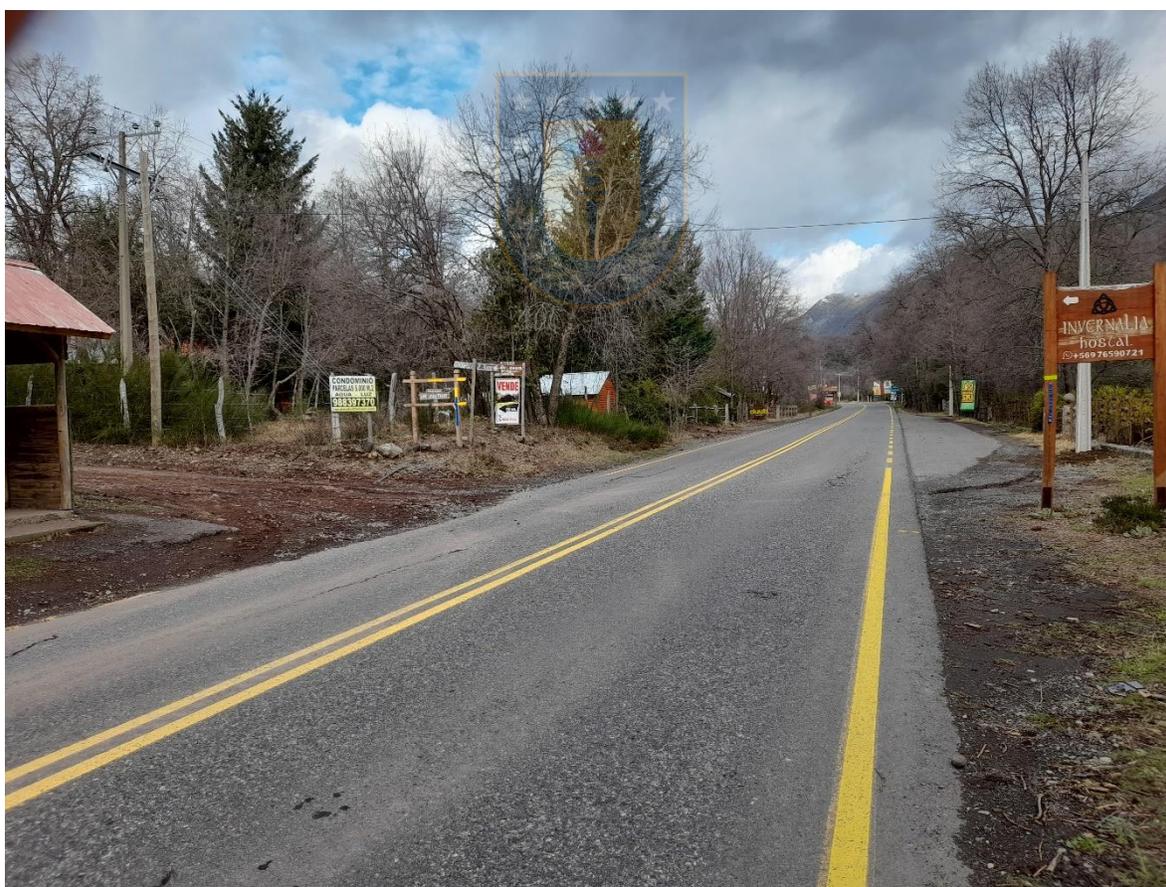


Fuente: Elaboración propia.

9.4.12 Intersección Camino Los Petriles.

También conocido como el Callejón Los Petriles, se emplaza en el kilómetro 64,01 de la Ruta N-55 en disposición norte y en sus inmediaciones encontramos un gran número de viviendas, terrenos y parcelas de loteo en venta, además de algunas cabañas y alojamientos (Figura 50), pese a que se encuentra a unos escasos kilómetros del centro de la aldea de Las Trancas donde se concentra el comercio y los servicios turísticos de la localidad, el Callejón los Petriles en su extensión aproximada de 1 kilómetro alberga un importante número de viviendas de carácter residencial que establecen su único acceso a la Ruta N-55 a través de dicha intersección.

Figura 50. Camino Los Petriles en intersección con la Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.13 Ex Complejo COPELEC.

Actualmente renovado y establecido como Turismo KUSAWE SPA. Se emplaza en el kilómetro 62,54 de la Ruta N-55 en disposición norte (Figura 51), donde antiguamente se emplaza el complejo invernal de la Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica Chillán, holding nacional que opera en la Región de Ñuble. Hecho por el cual dentro de los planes de emergencia gubernamentales y de ONEMI se menciona este punto como el “Ex complejo COPELEC”. Cruzando la Ruta N-55 frente al recinto en disposición norte de la ruta, encontramos un sitio eriazo el cual ha sido definido como un PRT dada su amplitud y disposición para recibir un elevado número de almas en el contexto de una evacuación del CTNCh (Figura 52). Actualmente en este punto durante la temporada invernal es frecuente que se instalen arrendadores de cadenas para los vehículos, quienes aprovecha el espacio para estacionar vehículos e instalar cadenas de nieve en los neumáticos de los vehículos cuando las condiciones del camino por la nieve no permiten el desplazamiento de los vehículos sin estas.

Figura 51. KUSAWE SPA. (Ex complejo COPELEC).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Estacionamiento frente al ex complejo COPELEC. PRT.



Fuente: Elaboración propia.

9.4.14 Cueva Los Pincheira.



Establecido en el kilometro 61,14 de la Ruta N-55 (Figura 53), como el ultimo punto de congestión y atochamiento ante la influencia del área de amenaza volcanica del CVNCh y su función como el ultimo PRT del la Ruta N-55 dentro de los planes y protocolos de emergencia de las instituciones gubernamentales y ONEMI (Figura 54).

La cueva de Los Pincheira corresponde a un de los escondites de Los Hermanos Pincheira durante los años 1820, estaba banda de foragidos, empleaba el escarpe en la roca como su asentamiento en la cordillera de Los Andes, lo que les permitia realizar sus operaciones en la actual región de Ñuble. Actualmente se presenta como uno de los destino turisticos favoritos de los visitantes de la montaña quienes en su recorrido no solo aprenden e interactuan con el rol historico cultural que representa la cueva, si no que ademas disfrutan de la naturaleza y especies nativas que es posible encuentran en el recorrido, ademas de servicios diversos que se ofrecen a los visistantes. En este sentido dada la extensión del resinto se ha

establecido como el ultimo Punto de reunión transitorio de la ruta N-55 permitiendo el agrupamiento de los vecinos y visitantes para proceder a la evacuación accionada por las intituciones correspondientes bajo la operación logística de carabineros y bomberos de Pinto.

Figura 53. Acceso Cueva de Los Pincheira desde la Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 54. Cueva de Los Pincheira. PRT.



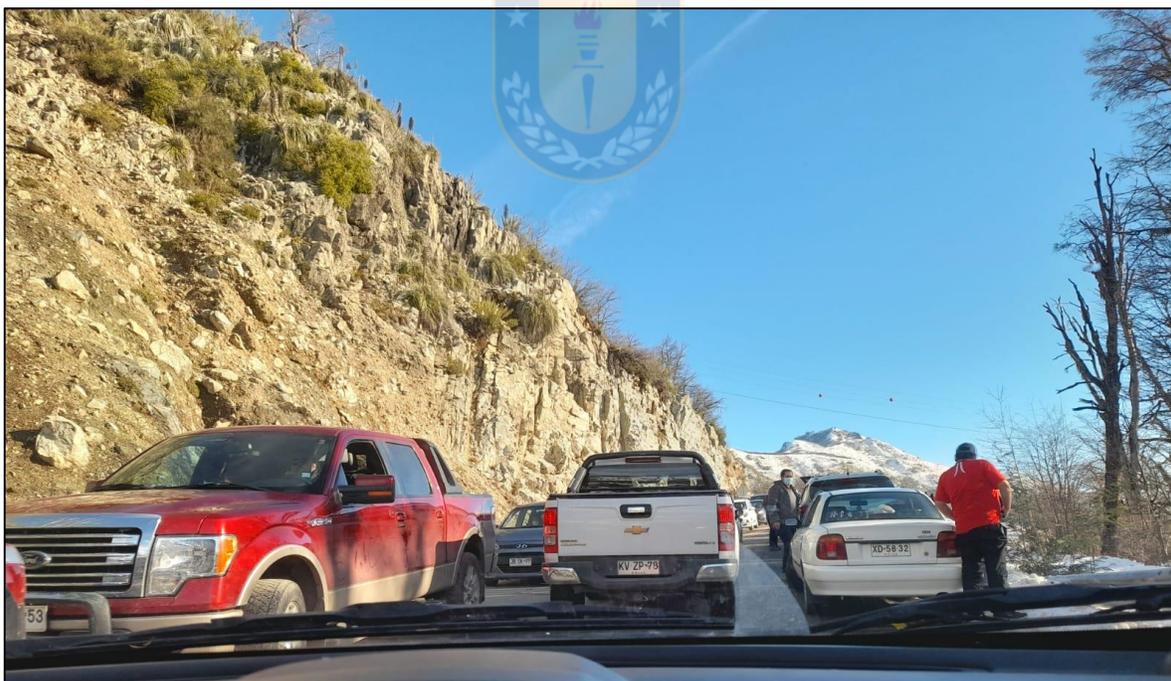
Fuente: Elaboración propia.

10. Conclusiones y Discusión.

La presente investigación en primer lugar permite establecer que existe riesgo volcánico y de acumulación de piroclastos de caída asociados a la actividad y dinamismo del CVNCh, como hemos podido ver representado en los resultados se establecen fluctuaciones respecto de la incidencia y disposición de las amenazas, por lo que en función de la ubicación de los elementos expuestos en las categorías de vulnerabilidad por exposición de ecosistemas, infraestructura, población y sistemas productivos, los índices de riesgo estacionario en la determinación del riesgo de acumulación de piroclastos de caída son independientes durante los meses que comprenden cada estación del año (verano, otoño, invierno y primavera). Analizando los resultados es posible establecer que, a través de los análisis de riesgos, los niveles de alto riesgo y más preocupantes se concentran en las inmediaciones del CVNCh poniendo en un elevado nivel de riesgo a los elementos del CTNCh el cual se localiza a los pies del subcomplejo Las Termas. Así mismo se compromete la infraestructura vial, en donde establecemos que la Ruta N-55 correspondiente a un elemento expuesto, clasificado en vulnerabilidad de exposición de infraestructura juega un rol fundamental al presentarse como la única ruta pavimentada en el área que además se establece como la vía de evacuación durante una emergencia en el CTNCh. En este sentido y de acuerdo al plan de emergencia de carabineros de Chile se establece que la Ruta N-55 será empleada a través del uso de ambas vías para que los vehículos que se encuentren en las instalaciones del CTNCh desciendan hasta una zona segura, generando un control logístico desde la tenencia de Carabineros de Las Trancas, así mismo durante este proceso se establecen una serie de puntos de encuentro dentro de los protocolos de emergencia de ONEMI, y del resort de montaña los cuales sumado a las intersecciones que contienen más de setenta viviendas y/o unidades departamentales y hoteleras han sido determinados como puntos de congestión y atochamiento, dada la susceptibilidad de estos puntos a presentarse como zonas de conflicto vial ante el empleo por un alto número de vehículos, estableciéndose de esta forma un total de 14 puntos e intersecciones de la ruta. Este singular hecho

logro ser corroborado durante las experiencias en terreno en donde es posible establecer mediante la experiencia del día 28 de junio de 2021, donde se constató que la llegada masiva de turistas durante la tarde a las inmediaciones del CTNCh con el objetivo de disfrutar de las primeras nevadas de la temporada pasada logro colapsar la capacidad de los estacionamientos públicos del complejo, por lo que en un acto totalmente irresponsable, que además atenta contra la seguridad de todos los visitantes de la montaña, cientos de turistas optaron por estacionar sus vehículos en la Ruta N-55 (figura 52). Generando un congestionamiento kilométrico que comprometió la vía de ascenso hasta las instalaciones del CTNCh, reportándose dos filas seccionadas por carabineros de Chile, la primera sostenía una extensión de más de 3 kilómetros mientras que la segunda aproximadamente 2 kilómetros. Así mismo se comprometieron las vías de descenso impidiendo el adecuado desplazamiento de los vehículos que buscaban retirarse del recinto.

Figura 52. Congestionamiento de la Ruta N-55.



Fuente: Elaboración propia.

Carabineros jugo un rol fundamental en el restablecimiento del orden y flujos viales en la ruta, afortunadamente las condiciones del camino no presentaban hielo ni nieve. A diferencia del hecho ocurrido el 13 de julio del presente año en donde

durante la mañana de aquel día las condiciones del camino sostenían la presencia de hielo y nieve, donde el hecho que carabineros de la tenencia de las Trancas no exigiera el uso de cadenas de nieve para los vehículos que ascendían permitió que un alto número de vehículos sin cadenas se dispusiera en la fila de acceso al complejo Valle Hermoso buscando obtener un cupo de acceso determinado por el aforo en el contexto de la pandemia COVID-19. En este sentido se generó una fila de aproximadamente 1 kilómetro que mantuvo a todos los vehículos que buscaban acceder a las dependencias del CTNCh detenidos por la irresponsabilidad de los conductores y los encargados de Valle Hermoso, produciéndose colisiones menores asociadas al mal manejo de sus máquinas e irresponsabilidad de los conductores que ascendieron sin el respectivo uso de cadenas, recordando que si bien el uso de cadenas debe ser exigido por carabineros de Las trancas desde el control en la tenencia, por decreto de ley el porte de cadenas es obligatorio ya que las condiciones climáticas en la montaña pueden cambiar abruptamente, de esta forma es importante recordar que cualquier vehículo que ascienda debe tener disponible este elemento de seguridad. Resulta importantísimo establecer además que uno de los hechos que acrecienta la vulnerabilidad de los visitantes en mayor medida que la de los residentes y funcionarios del CTNCh y el resort de montaña, es la ignorancia respecto a la condiciones de la zona que un alto porcentaje de estos demuestra, teniendo nulo conocimiento de las condiciones y amenazas volcánicas del área y mucho menos de planes y protocolos de evacuación ante una emergencia, realizando operaciones y actividades que atentan directamente contra su seguridad e integridad, además de la de los demás visitantes. En este contexto es importante hacer un llamado a los visitantes a informarse de las condiciones de la montaña en la comuna de Pinto y su delicada condición respecto a la amenaza volcánica que representa la actividad y procesos eruptivos del CVNCh. Por lo que es sumamente importante mantener al momento de las visitas un comportamiento adecuado en torno a las condiciones, respetando la señalética y los condicionamientos viales, registrando las visitas o ascensiones de caminata a la montaña en carabineros de la tenencia de Las Trancas, respetando los estacionamientos establecidos y por supuesto mantener conocimiento de los puntos

de encuentro y puntos de reunión transitorio ante la lamentable posibilidad de tener que generase una evacuación del CTNCh, son algunos de los aspectos básicos que es necesario considerar y mantener en Los Nevados de Chillán.

Desde la mirada de la geografía como una disciplina holística es posible establecer que el panorama de riesgo volcánico y asociados en la comuna de Pinto es altamente preocupante, específicamente por el establecimiento de un resort de montaña de los más importantes del Latinoamérica en una zona de alto riesgo, en este sentido la única forma de disminuir el riesgo de desastres es a través de una adecuada gestión de este, esfuerzo que recae en todos los visitantes, residentes, funcionarios y autoridades establecidos en la zona montañosa y volcánica de la comuna. De esta forma y en virtud de los esfuerzos desarrollados en la presente investigación es posible establecer que cualquier gestión en el riesgo en la zona, sin importar el grado o a estimación de recursos permite aportar al conocimiento científico, generando información que al ser empleada adecuadamente puede significar una reducción de las vulnerabilidades, aludiendo a nuestra hipótesis podemos sentenciar que el conocimiento es una ventaja en cualquier ámbito, por lo que en este contexto conocer e informarse en torno a las condiciones de Los Nevados de Chillán, además de los protocolos disminuiría la vulnerabilidad en relación a la de un sujeto o comunidad que no está informada, ni educada en torno a dichos condicionamientos, permitiendo que en la educación y conocimiento se establezca como un recurso que permite disminuir la vulnerabilidad y por ende el riesgo. Generando esfuerzos en materia de riesgo, una comunidad informada y responsable respecto a su comportamiento ante las amenazas reduce en gran medida su vulnerabilidad ante los efectos de esta, es una obligación ética de la ciencia aportar en esta materia y deber de todos los visitantes y residentes de Los Nevados de Chillán cumplir con las indicaciones establecidas por las autoridades y mantener una actitud respetuosa ante nuestros elementos naturales y los riesgos que estos representan. Fortalecer este tipo de conductas resulta crucial en materia de gestión para evitar tragedias y episodios lamentables.

11. Bibliografía.

- Albers, C. (2012). *Mapa Geomorfológico*. Temuco.: Universidad de la Frontera.
- Arias et al, C. P. (2016). *Análisis de conectividad y densidad de la red vial en la reserva natural del Iberá con sistemas de información geográfica (SIG)*. Chaco: Revista Geográfica Digital.
- Bertin et al, Á. A. (2015). *Erupción del volcán Villarrica 2015: Productos emitidos y volumen involucrado*. La Serena: XIV Congreso Geológico Chileno.
- Cardona, O. (1993). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Ciudad de Panamá: La Red.
- Corominas-Martí. (2014). *Estudio comparativo de los planes de actuación frente al riesgo volcánico (Chile, Costa Rica, El Salvador, Ecuador, España, México y Nicaragua)*. San José: Revista Geológica de América Central.
- Criado et al, M.-G. S.-F. (2019). *Determinación del riesgo de inundación en la ciudad de Salamanca (España) mediante análisis de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- GAR. (2019). *Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- GAR-Síntesis. (2019). *Síntesis GAR Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres*. Nueva York: ONU.
- Gobierno-de-Chile. (2020). *Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030*. Santiago : Plan Estratégico Nacional 2020-2030.
- Guarda, M. (21 de Noviembre de 2020). *Diario Futrono*. Obtenido de Villarrica, el volcán de las 49 erupciones, sigue vivo y vigilante:
<https://www.diariofutrono.cl/noticia/tierramiadiariosur/2020/11/villarrica-el-volcan-de-las-49-erupciones-sigue-vivo-y-vigilante>

- Luis Lara, R. C. (2015). *Peligro y riesgo específico asociado al volcán Chaitén; perspectiva geológica de la vulnerabilidad en el entorno de un volcán activo*. Magallanes: Magallania.
- Manuel Araneda, M. A. (2013). *Evaluación del riesgo volcánico ante una posible erupción del Volcán Callaqui, Chile*. Santiago: Revista Geofísica 64.
- Marco de Sendai. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Nueva York: ONU.
- Montoya et al, E. M. (2020). *Análisis de accesibilidad urbana a partir de intervenciones viales mediante sistemas de información geográfica. Caso de estudio, la malla vial del municipio de Quibdó, en Colombia*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- NationalGeographic. (12 de Junio de 2021). *National Geographic España*. Obtenido de National Geographic España. El palpitante Cinturón de Fuego: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego_15178
- Nevados de Chillán. (2 de Abril de 2021). *Nevados de Chillán resort de montaña, ski y agua termal*. Obtenido de Nevados de Chillán resort de montaña, ski y agua termal/descubrenos: <https://www.nevadosdechillan.com/descubrenos/>
- ONEMI. (2018). *Plano de evacuación ante amenaza volcánica del complejo volcánico nevados de Chillán*. Ñuble: ONEMI.
- Orozco et al, J. B. (2016). *Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán*. Ñuble.: Sernageomin.
- Orozco.et.al, G. (2012). *Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán*. Ñuble: SERNAGEOMIN.
- PLADECO Pinto. (2018). *Plan de Desarrollo Comunal Pinto (2018-2023)*. Pinto, Ñuble: Municipalidad de Pinto.

- Rauld et al, R. F.-H. (2015). *Estudio de peligro, susceptibilidad, vulnerabilidad y medidas de mitigación en la ruta de alta montaña 115-Ch.*, La Serena: Congreso Geológico Chileno.
- Rodrigo Calderón, L. L. (2015). *Evaluación de riesgo volcánico en distritos chilenos Aplicación de índice de vulnerabilidad social frente a desastres naturales.* La Serena: XIV Congreso Geológico Chileno.
- SERNAGEOMIN. (2003). *Mapa geológico de Chile, versión digital.* Santiago.: PUBLICACION GEOLOGICA DIGITAL, No. 4, 2003.
- Sernageomin. (2021). *Complejo Volcánico Nevados de Chillán.* Providencia.
- Sernageomin. (Mayo de 15 de 2021). *Servicio Nacional de Geología y Minería ABC de Los Volcanes* . Obtenido de Servicio Nacional de Geología y Minería ABC de Los Volcanes/Preguntas Frecuentes:
<https://www.sernageomin.cl/abc/>
- SERNATUR. (29 de Abril de 2021). *Biobío Es Tuyo.* Obtenido de Sernatur, Biobío es tuyo.: <http://www.biobioestuyo.cl/nevados-y-termas-de-chillan-obtienen-el-oscar-del-turismo-en-los-world-ski-awards/>
- Tapia, J. (2019). *Análisis comparativo 2002-2014 del riesgo volcánico en las localidades de Cherquenco y Melipeuco, Región de la Araucanía, Chile.* Santiago: Revista Investigaciones Geográficas.
- Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra.* Madrid: Pearson Educación S. A., Madrid, 2005.
- Tudela, C. (2017). *Funcionalidad territorial: niveles de accesibilidad de la población a equipamientos de salud primaria en la comuna de Pudahuel.* Santiago: Universidad de Chile.
- Vaccaro, L. (2011). *Análisis de la accesibilidad desde la perspectiva de la movilidad: hacia el entendimiento de la desigualdad socio territorial en casos de estudio de las comunas de Conchalí y Huechuraba.* Santiago: Universidad de Chile.

Vera, P. (2018). *Diagnóstico de los niveles de accesibilidad geográfica de los servicios de atención primaria de urgencia de la comuna de Valparaíso*. Santiago: Universidad de Chile.

Vera-Albarracín. (2017). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas*. Nueva Granada: Ciencia e Ingeniería Neogranadina.

Vergara, C. (2014). *Volcán Tambora (Indonesia) en 1815: La erupción más grande de la historia y sus consecuencias*. Universidad de Chile, Santiago.: Curso de volcanología física FCFM.

