



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
Facultad de Educación y Humanidades
Departamento de Ciencias Sociales
Escuela en Historia y Geografía

LA AMENAZA LATENTE DEL COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADOS DE CHILLÁN SOBRE EL TERRITORIO NORORIENTAL DE LA REGIÓN DE ÑUBLE

**Tesis para optar al Título de Profesor de
Educación Media en Historia y Geografía**

Profesor Guía
Dra. Claudia Espinoza Lizama

Autor
María Paz Candía Flores

Chillán, 2021

DEDICATORIA

Lleved mi yugo sobre vosotros, y aprended de mí, que soy manso y humilde de corazón; y hallaréis descanso para vuestras almas. Mateo 11:29

Gracias a Dios, en primer lugar, por su amor y misericordia mostrada para mí en todo el proceso de estudios, él se manifestó de una manera muy especial en estos años, dándome la fuerza para seguir cuando creía que era momento de dejar todo, dándome ánimo, una razón y motivación en la vida. Sin Él no habría llegado a lograr lo que hoy estoy culminando.

Junto a Él, mis papás: Bernarda y Andrés, quienes desde pequeña me motivaron e instaron a cumplir mis sueños; nada era demasiado grande para que no pudiera alcanzarlo de la mano de Dios y de la suya, estuvieron en los momentos en que más los necesitaba para darme una palabra de aliento, recordándome siempre que tenía una familia que me amaba y respaldaba.

Mis hermanos: Bernardita, Simón, Manuel, Omar, Adriana y Matilde; los mejores seres humanos que pude haber tenido conmigo, y mis cuñados: José, Tamara, Martita y Valentina; siempre atentos para escucharme, dispuestos a ayudarme, a celebrar mis triunfos y a llorar mis fracasos, sin duda, lo que hoy estoy logrando es en parte gracias a todo lo que hicieron por mí.

No podía dejar de agradecer a Ricardo: mi hermano del corazón, y al tío Emiliano; no puedo olvidar cuántas veces me quitaron el hambre cuando la plata me alcanzaba solo para el pasaje; sin duda, ser parte de ellos formó mi personalidad, me hizo crecer como persona, me ayudó a observar el mundo de una manera diferente e hizo crecer a mi familia. A Paula, que llegó justo en el momento en que más necesitaba de una niña inocente que me ayudara a creer que el mundo seguía siendo algo amigable: gracias a ellos porque me enseñaron la verdadera amistad.

Por otra parte, quiero agradecer a la profesora Claudia Espinoza, con quien tuve el honor de trabajar durante mis años de universidad; una mujer recta, inteligente, valiente, que siempre tuvo un consejo para darme, me apoyó y acompañó cuando tuve momentos difíciles, y nunca dejó de respaldarme como su ayudante.

Agradezco también a la señora Victoria Llanos, por su cariño; a las bibliotecarias del Campus La Castilla, quienes estuvieron siempre para ayudar, no solo como profesionales, sino también como amigas.

Y, finalmente, agradezco a Dios por mi pequeña: Ainhoa Paz; mi pedacito de cielo, la demostración del amor más puro e incondicional, la sonrisa que me ayudó a permanecer y a atreverme a seguir con mi vida, “fueron tus latidos mi primer tambor de guerra”. Hoy Dios me permite compartir esto con ella porque no hay mayor motivación en mi vida que verla crecer feliz, queriendo atrapar el mundo, así como mis padres lo hicieron conmigo.

María Paz Candía Flores

Índice General

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo General:	5
2.1 Objetivos Específicos:.....	5
3. HIPÓTESIS	5
4. METODOLOGÍA.....	6
Capítulo I.....	12
Marco Teórico	12
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	13
2. MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL	22
3. MARCO TEÓRICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
3.1 Marco Físico del Área de Estudio	27
3.1.1. Ubicación	27
3.1.2 Geomorfología:	28
3.1.3 Suelos:	29
3.1.3 Hidrografía:.....	30
3.1.4 Climatología:.....	30
3.1.5 Vegetación:.....	31
3.2 Marco Humano del Área de Estudio.....	31
3.2.1 Historia:	31
3.2.2 Demografía:.....	32
3.2.3 Desarrollo Social:.....	35
3.2.4 Indicadores de Salud:	36
3.2.5 Educación:	36
3.2.6 Economía:.....	37
Capítulo II.....	40
2.2 Caracterización socio económica del territorio nororiental de la región de Ñuble.....	45
Capítulo III	53
Actividad volcánica del Complejo Nevados de Chillán y sus impactos sobre las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas en relación a la actividad económica	53

3.1 Registro histórico y actividad actual del Complejo volcánico Nevados de Chillán y su impacto en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas.	54
3.2 Monitoreo y alerta del Servicio Nacional de Geología y Minería.....	62
2.3 Impacto de la actividad volcánica Nevados de Chillán y su relación con el desarrollo de las actividades económicas.....	72
Capítulo IV	77
Discusión, conclusiones y alcances	77
4.1 Discusión.....	78
• Efectos Hídricos.....	78
• Efectos Edafológicos.....	79
• Efectos Atmosféricos	80
4.2 Conclusión	81
4.3 Alcances.....	82
Bibliografía.....	84
Capítulo IV	91
Anexos	91
Anexo N°1	92

Índice de Imágenes

Imagen 1: “Partes de un volcán”	15
Imagen 2: “Zonas de formación de volcanes”	15
Imagen 3: “Esquema tipo de volcanes”	17
Imagen 4: “Esquema sobre procesos volcánicos”	18
Imagen 5: “Esquema de la formación del suelo”	20
Imagen 6: “Complejo volcánico Nevados de Chillán”	23
Imagen 7: “Topografía del volcán hacia 1948”	24
Imagen 8: “Complejo volcánico Nevados de Chillán”	27
Imagen 9: “Total de precipitaciones (mm) durante el periodo 2006 – 2016”	31
Imagen 10: “Proyección de la población en la comuna de Pinto (2002 – 2020)”	32
Imagen 11: “Composición y proyección de la población por sexo (2002 – 2020)”	33
Imagen 12: “Pirámide poblacional de la comuna de Pinto 2002, 2009 y 2017”	34
Imagen 13: “Distribución porcentual de las patentes por actividad económica de la Ilustre Municipalidad de Pinto año 2017”	37
Imagen 14: “Fotografía”	42
Imagen 15: “Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán”	43
Imagen 16: “Peligro regional de acumulación de piroclastos de caída del Complejo Volcánico Nevados de Chillán”	44
Imagen 17: “Uso de la tierra en la comuna de Pinto”	46
Imagen 18: “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Maule”	47
Imagen 19: “Alteraciones atmosféricas por emisiones volcánicas”	57
Imagen 20: “Niveles de alerta volcánica de SERNAGEOMIN”	63
Imagen 21: “Página web del Servicio Nacional de Geología y Minería”	64
Imagen 22: “Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile”	64
Imagen 23: “Reporte Especial de Actividad Volcánica”	65
Imagen 24: “Reporte de Actividad Volcánica Regional”	66
Imagen 25: “Ficha del Complejo volcánico Nevados de Chillán publicada por el SERNAGEOMIN”	67
Imagen 26: “Registros visuales de la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán”	68
Imagen 27: “Reportes, descripción y fuentes relacionadas al Complejo volcánico Nevados de Chillán”	69
Imagen 28: “Fotografía del material incandescente expulsado por el volcán”	71
Imagen 29: “Columnas de ceniza y gas emitido por el volcán”	72

Índice de Tablas

Tabla 1: “Caracterización de la muestra”	8
Tabla 2: “Clasificación de categorías y variables”	10
Tabla 3: “Tipología de suelos”	29
Tabla 4: “Área laboral en que se desempeña”	52
Tabla 5: “Antecedentes prehistóricos de la actividad eruptiva del volcán”	54
Tabla 6: “Antecedentes históricos de la actividad eruptiva del volcán”	55
Tabla 7: “Material expulsado por el volcán”	58
Tabla 8: “Gases emitidos en una erupción volcánica”	59
Tabla 9: “Pulsos medidos de acuerdo con el rango de altura”	70
Tabla 13: “Reconocimiento del riesgo de la cercanía del volcán”	74
Tabla 15: “¿Considera importante estar informado acerca del tema?”	75

Índice de Gráficos

Gráfico 1: “Número de empresas según tamaño”	48
Gráfico 2: “Número de trabajadores según empresa”	49
Gráfico 3: “Trabajadores según rubro económico”	50
Gráfico 4: “Empresas según rubro económico”	51
Gráfico 5: “¿Ha participado alguna vez de un simulacro?”	73
Gráfico 6: “Cree usted que sus autoridades comunales están preparadas para enfrentarse a un evento de este tipo?”	73
Gráfico 9: “¿Se siente preparado/a para enfrentarse a una erupción del Complejo volcánico Nevados de Chillán?”	75

1. INTRODUCCIÓN

Chile es el país más sísmico del mundo, y esta característica no solo se vincula con los terremotos, sino también con la gran cantidad de volcanes que posee en su territorio: son más de dos mil los que se emplazan en la región, los que además de ser un importante atractivo turístico, representan un riesgo para la población, por lo que deben estar siendo monitoreados regularmente. El principal organismo encargado de esta labor es el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).

La macroforma del relieve chileno en la que se sitúa esta gran cantidad de volcanes es la cordillera de los Andes, esta experimenta constantes cambios debido a la intensa actividad de las placas de Nazca y Sudamericana. Los volcanes pueden clasificarse en activos, durmientes y extintos, en Chile hay alrededor de quinientos volcanes geológicamente activos, entre ellos, sesenta tienen registros eruptivos en tiempos históricos recientes (Memoria Chilena, 2020).

Entre los volcanes activos más importantes se encuentran el volcán Lascar, lo suceden los volcanes Chillán, Antuco, Capahue, Cayaqui, entre otros, los cuales en su mayoría corresponden a estratovolcanes, esto quiere decir que son edificios volcánicos mixtos, compuestos por lavas y depósitos piroclásticos. En la cima tienen un cráter principal, y en los flancos pueden presentar centros de emisión.

Durante el siglo pasado estos volcanes se convirtieron en importantes centros turísticos, frecuentados por una basta cantidad de visitantes, atraídos por la difusión del esquí, las aguas termales, y por la variada biodiversidad del lugar. Considerando las recientes erupciones del macizo andino, este se convierte en un riesgo para la sociedad (turistas y habitantes), pues el impacto que traería consigo podría alcanzar dimensiones tan catastróficas como las de un terremoto y/o un tsunami, en este sentido, dicho daño podría recaer en El Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh), ubicado entre las comunas de Coihueco y Pinto, este se caracteriza por ser uno de los principales centros de atracción turística, debido a que a unos metros de él están emplazadas las termas de Chillán, y los centros de esquí, lo que, por supuesto, también afectaría a los trabajadores provenientes no solo de las zonas aledañas, sino también de las provincias de Diguillín y Punilla.

La actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán, iniciada el 31 de diciembre de 2015, ha puesto en alerta a las autoridades nacionales y a los organismos encargados, como también a la población local, por lo tanto, se vuelve necesario plantearse de qué manera esta se vería afectada en caso de una erupción

volcánica, para conocer si está educada para afrontar este tipo de sucesos, del mismo modo, resulta fundamental saber el tipo de daño que un evento de esta magnitud podría ocasionar.

Debido a su formación, el CVNCh manifiesta erupciones explosivas en cortos periodos de tiempo. De acuerdo con lo observado en los conos volcánicos y los depósitos sedimentarios existentes en los mismos, este macizo presenta un alto riesgo de provocar daños a nivel hídrico, atmosférico y edafológico. En lo que atañe al primer nivel, se contaminarían los afluentes que surgen de la Cordillera de los Andes, como es el caso de los ríos Renegado, Gato, y Las Minas, que confluyen en otros cursos de agua más importantes como los ríos Chillán y Ñuble. Esta potencial contaminación de las aguas por lo general se da en las fuentes superficiales, lo que no solo afecta el consumo por parte del ser humano y los animales, sino que también a los organismos que viven en ellas. Es posible que además los depósitos de ceniza contaminen las plantas de filtros o de tratamientos de agua potable, y los estanques o depósitos abiertos de la misma. En el caso específico de las fuentes de agua subterráneas, cabe señalar que es improbable que una erupción volcánica las afecte, a menos que la caída de ceniza sea abundante y contenga agentes muy contaminantes o, por alguna razón, ingrese en un pozo.

En lo alusivo al nivel atmosférico, es menester señalar que las emanaciones gaseosas provocarían efectos atmosféricos nocivos, puesto que los daños de este tipo quedan restringidos a un radio de diez kilómetros: las cenizas y gases proyectados desde el volcán son esparcidos por el viento llegando a varios kilómetros de su cono, también contribuyen a la formación de la lluvia ácida, la cual puede causar graves daños a la flora. Por añadidura, los gases emitidos en una erupción volcánica pueden tener diversos efectos en el ser humano y los animales, ello dependerá del tipo de gas liberado; los asfixiantes (los más cercanos al volcán) se absorben directamente en la sangre y podrían causar la muerte, mientras que los gases esparcidos pueden ocasionar daños en personas que padezcan afecciones respiratorias (OPS, 2000). Si bien, no se registran casos de muertes por inhalación de cenizas volcánicas, cuando éstas se mezclan con los gases suelen ser nocivas.

En lo concerniente al nivel edafológico, el daño podría perjudicar los suelos. Para clarificar, conviene mencionar que la edafología estudia la composición y naturaleza de los suelos, así como su relación con las plantas y el ambiente. Es una ciencia compleja que abarca todos los aspectos relacionados con la superficie, como son: morfología, propiedades, formación, evolución, taxonomía, distribución, utilidad, recuperación y conservación. Las erupciones volcánicas producen nubes de ceniza que, de acuerdo con la cantidad precipitada, impactan en la vegetación y producen

daños; si la lluvia de ceniza es leve, la incorporación de la misma en el suelo será más rápida; por el contrario, si la cantidad de ceniza que impacta el suelo es grande, demorará años en intemperizarse, esto en conjunto con los procesos de remoción a través de lahares secundarios.

La presencia de volcanes en el mundo es un riesgo para la conservación de las condiciones ambientales, los ecosistemas y la geomorfología de los continentes. Las erupciones volcánicas se pueden percibir a kilómetros de su centro y pueden ocasionar daños globales como la alteración del clima; un caso reconocido es el caso del volcán Katla en Islandia, el cual produce entre 150.000 a 300.000 toneladas de CO² al día, lo que, proyectado en un año, es la misma cantidad de gas emitido por Austria (Pinto, 2018). Es por esto que se ha convertido en una necesidad conocer el grado de vulnerabilidad en el que se encuentra la población en relación con sus asentamientos y al conocimiento que poseen acerca de los riesgos naturales que se asocian a las regiones donde viven. En consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo conocer de qué modo una erupción volcánica perjudicaría a la población local en el ámbito económico, ya sea agrícola o turístico (SERNAGEOMIN, 2016).

La población de las Termas de Chillán, Las Trancas, El Roble, El Principal, Los Lleuques y Recinto, que es aquella que se encuentra más cercana al complejo volcánico, se vería afectada de manera directa en caso de una erupción volcánica, debido a que un hecho de este tipo provocaría una contaminación del aire, las aguas y los suelos, que, a la vez, iría en desmedro de las actividades económicas de la zona.

El área de investigación se sitúa en la cordillera de los Andes de la Región de Ñuble, entre las provincias de Diguillín y Punilla, lugar donde se emplaza el Complejo volcánico Nevados de Chillán. El periodo de trabajo se comprende entre el día 31 de diciembre del año 2015 -que es cuando inició la actividad el Volcán Nuevo, y que da origen a la formación del Cráter Nicanor-, hasta la actualidad. El valle de Las Trancas corresponde al sector con mayor cantidad de población, ya sea permanente o flotante, con una importante alza de visitantes durante el invierno: paseantes que visitan los centros turísticos más importantes, como las estaciones de esquí Nevados de Chillán, y las Termas de Chillán.

El diseño de esta investigación es mixto, es decir, combina los enfoques cualitativos y cuantitativos, lo que implica la recolección, análisis e interpretación de datos cualitativos y cuantitativos, permitiendo que la investigación tenga un abordaje más integral; según Collins, Onwuegbuzie y Sutton (2006), se identifican cuatro razonamientos para validar la utilización de los métodos mixtos en la investigación, los cuales son:

- Enriquecimiento de la muestra
- Mayor fidelidad del instrumento
- Integridad del tratamiento o intervención
- Optimizar significados.

Por su propósito, la investigación es básica, de tipo documental, con un nivel de análisis descriptivo y explicativo además corresponde a un estudio de alcance exploratorio debido a los pocos estudios que se han realizado acerca del tema.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Analizar la amenaza del Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) sobre el territorio nororiental de la región de Ñuble, para determinar su impacto en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas que interfieren en el desarrollo normal de las actividades económicas de la población.

2.1 Objetivos Específicos:

- Caracterizar la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán para determinar su amenaza espacial y temporal.
- Indagar sobre las actividades económicas desarrolladas por la población localizada al nororiente de la región de Ñuble.
- Identificar los posibles impactos sobre las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas de la actividad volcánica del Complejo Nevados de Chillán.
- Evaluar el impacto de la actividad volcánica del Complejo Nevados de Chillán sobre las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas, y su relación con el desarrollo de las actividades económicas predominantes.

3. HIPÓTESIS

La actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) representa una amenaza directa sobre la población localizada al nororiente de la región de Ñuble, específicamente en las localidades de Las Trancas, Los Lleuques, Recinto y el Valle de Shangri-La, además de los centros de esquí de las Termas de Chillán; dado el impacto en el cambio de las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas, que perturbarían el desarrollo normal de las actividades económicas predominantes de estas zonas como la agricultura, silvicultura y el turismo.

4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada es de carácter mixto, ya que este método investigativo permite obtener un panorama más completo y acabado del fenómeno a estudiar; en el decir de Cedeño (2012), es la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una fotografía más completa de lo que se investiga, en este escenario:

“los métodos mixtos son un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno en estudio” (Cedeño, 2012, p.20).

Hernández, Fernández y Baptista (2003), aducen que este tipo de metodología representa el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo, pues ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o, al menos, en la mayoría de sus etapas, agregando complejidad al diseño de estudio; pero contemplando todas las ventajas de cada uno de los enfoques. A través de este paradigma se lleva a cabo la investigación orientada a la vulnerabilidad de la población ubicada al nororiente del Complejo volcánico Nevados de Chillán, el cual se encuentra en constante actividad, desde el 31 de diciembre del año 2015 hasta hoy.

El levantamiento de los datos se efectuó mediante la búsqueda de información en fuentes bibliográficas y electrónicas y la aplicación de una encuesta a las personas que se asientan en la zona.

Bibliográfico:

El tipo de estudio es documental; al ser una investigación a distancia, a causa de la contingencia sanitaria del país, se buscó apoyo en fuentes de esta naturaleza, esto es, en documentos de cualquier tipo, ya sean de tipo bibliográfico - que se basa en la consulta de libros-, hemerográfico -enfocada en artículos de revistas y periódicos- y archivístico, que serían cartas, oficios, etcétera.

Para estudiar el daño que produciría un evento eruptivo en la zona precordillerana de la región de Ñuble, se revisó la clasificación de erupciones producidas por estos conos volcánicos, considerando los tipos de erupción registrados históricamente, puesto que para ejecutar acciones de prevención y mitigación es importante discurrir en que en este complejo se han producido erupciones estrombolianas, las que se caracterizan por ser débilmente explosivas, donde el material expulsado no alcanza alturas considerables ni extensas, también se han desarrollado erupciones vulcanianas, que son aquellos eventos explosivos, violentos y breves que se presentan como explosiones de corta duración y, por último, se han registrado algunas erupciones subplinianas, estas se caracterizan por formar columnas eruptivas altas y sostenidas que dan lugar a amplias zonas de depósitos (SERNAGEOMIN, 2017).

Sienta sus bases en fuentes principalmente escritas, recuperadas de archivos del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), entre otros diversos documentos que se refieren a la situación de los volcanes de las regiones del Bío Bío y Ñuble, principalmente abordando la actividad histórica de estos y el impacto que tendría un proceso eruptivo en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas en la zona precordillerana y cordillerana de la Región de Ñuble. Se revisaron diversos textos enfocados en el estudio de los volcanes chilenos, y en especial del Complejo volcánico Nevados de Chillán, dentro de estos se pueden encontrar:

- *La Carta de Peligros volcánicos del Complejo volcánico Nevados de Chillán*, del SERNAGEOMIN.
- El libro *Contribución a la geología de los volcanes y termas de Chillán*, por el Dr. Juan Brüggen
- *La Geología del Complejo volcánico Nevados de Chillán*, publicado por el Servicio Nacional de Geología y Minería.

Además de estos registros bibliográficos, se utilizaron documentos obtenidos del Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO 2018-2023) de la Municipalidad de Pinto, los cuales entregaron un panorama más completo acerca de la morfología y el uso del suelo de las localidades cercanas al volcán, y que se verían directamente afectadas por él, de esta forma se pudo trabajar en los efectos económicos que ocasionaría un evento eruptivo.

Otra forma de recolectar información fue a través de los informes diarios entregados por el Servicio Nacional de Geología y Minería, los cuales, a través de las cámaras instaladas en el sector, han logrado visualizar o registrar sobre 27.000 explosiones, 615 de ellas han superado los 1000 metros de altura, medidos desde el punto de emisión (SERNAGEOMIN, 2020).

Encuesta:

Para realizar esta parte de la investigación, se efectuó una encuesta (ver anexo N° 1), dirigida a la población de las localidades cercanas al volcán. La muestra fue escogida al azar, correspondiente 37 personas del área nororiental de la comuna de Pinto. La baja cantidad de encuestados se debe al contexto sanitario mundial por lo que debió crearse con herramientas de Google y aplicarse por medio de redes sociales. Se hizo una indagación enfocada al conocimiento y concientización que tiene la población de las localidades cercanas al volcán sobre una posible erupción volcánica, pues es sustancial conocer si se sienten preparados para enfrentarla, si son conscientes de los peligros que se asocian a estos sucesos, y de qué manera se preparan para afrontarla.

Dentro de las características de la población que fue consultada se encuentran factores como edad, sexo, lugar de residencia, tipo de inmueble, ocupación y percepción ante un evento eruptivo. Las especificaciones se pueden observar en la tabla adjunta a continuación.

Tabla 1: “Caracterización de la muestra”

Sexo	Femenino	89%
	Masculino	11%
Edad	15 - 18 años	5%
	20 - 39 años	51%
	40 y 64 años	41%
	65 y más años	3%
Sector de residencia	Los Lleuques	3%
	Pinto Centro	25%
	Las Trancas	3%
	Rosal Bajo	28%
	Recinto	6%
	Invernada	3%
	No contesta	33%
Formas de tenencia de la vivienda	Propietario	59%
	Arrendatario	14%
	Casa de los padres	3%
	Compartida	5%
	Allegado	5%

	Cedida por trabajo	3%
	Restaurante vivienda	3%
	Cuidador	8%
Tipo de vivienda	Material sólido	38%
	Material ligero	62%
Años de residencia en el lugar	Menos de 1 año	3%
	2 - 5 años	27%
	6 - 10 años	14%
	Más de 10 años	57%
Lugar de trabajo	Fuera de la comuna	24%
	Dentro de la comuna	76%
Situación Laboral	Dependiente	30%
	Independiente	49%
	Cesante	3%
	Reemplazo	5%
	Dueña de casa	8%
	Jubilada	3%
	Estudiante	3%
Sector laboral en que se desempeña	Sector Privado	62%
	Sector Público	38%

Fuente: Elaboración propia, 2020

El instrumento utilizado para recoger la información fue una encuesta, debido a que se buscó conocer la opinión de las personas en relación con la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán; uno de los factores determinantes relacionados con la vulnerabilidad de la población es la percepción del ser humano frente a un evento natural destructivo, por lo tanto, dentro de esta investigación se incluyó un acercamiento a la realidad de los lugareños, para conocer de qué manera ellos se preparan en caso de una erupción volcánica, y saber si son conscientes de las consecuencias del riesgo que corren. Como la población abarca a toda la comuna de Pinto y sus localidades, se aplicó a un subconjunto que fue determinado por la edad, ocupación y años que llevan viviendo en el lugar.

Es importante mencionar que la información recogida por este medio corresponde a opiniones, actitudes y creencias, por lo tanto, es un sondeo de opinión. El fin de la encuesta es saber cómo percibe la población local la actual actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán, para esto se ha escogido como base una encuesta de percepción de la población, aplicada previamente en la asignatura de Teoría y Problemas de Geografía, impartida por la profesora Claudia Espinoza Lizama, académica de la Universidad del Bío Bío, la cual tiene como objetivo conocer la opinión de la población relacionada al entorno en que vive. El instrumento contará con tres ítems, que son:

- Antecedentes generales del encuestado
- Antecedentes socioeconómicos y residenciales del encuestado
- Antecedentes de conocimientos previos.

Dado que la investigación es de carácter mixto, se consideran ambos enfoques; desde la perspectiva cualitativa, se pueden identificar las siguientes categorías: daños atmosféricos, daños hídricos, y daños edafológicos. Desde la perspectiva cuantitativa, se considera la variable: percepción de la población.

Tabla 2: “Clasificación de categorías y variables”

CATEGORÍAS	Definición conceptual	Definición operacional
Daños atmosféricos	Los impactos atmosféricos derivados de una erupción volcánica son: el impedimento de que los rayos solares alcancen la superficie terrestre debido a la acumulación de partículas que actúan como espejo y que además producen un enfriamiento sostenido del aire (Meteored, en línea)	Revisión de fuentes bibliográficas
Daños hídricos	Las consecuencias hídricas de una erupción son la contaminación por ceniza volcánica, la cual puede afectar tanto el consumo, como también, a los organismos que viven en ella. (Volcano Active, en línea)	Revisión de fuentes electrónicas
Daños edafológicos	Dentro de las consecuencias edafológicas encontramos las producidas por la lluvia ácida y la caída de ceniza, lo que produciría daño severo en el suelo y los cultivos. (Volcano Active, en línea)	Revisión de fuentes electrónicas
VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional
Percepción de población	Se entiende por percepción social como “el conjunto de las creencias, actitudes, juicios y sentimientos, y también de valores y disposiciones sociales y culturales más amplias, que las personas adoptamos frente a las fuentes potenciales de peligro, y de las consecuencias que conllevan (Pigdeon et al., 1992).	Aplicación de encuesta

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los datos obtenidos de la encuesta, a través de un cuestionario de Google se agruparon en una planilla de Excel, exponiendo la información a través de gráficos circulares que fueron analizados considerando el orden de la encuesta, tomando como base la ubicación y edad del encuestado, estos datos se clasificaron de acuerdo con la percepción de las personas que contestaron el instrumento.

Cabe añadir que esta investigación resguardó todos los protocolos éticos; el instrumento fue validado, y su aplicación fue autorizada por los autores. Además, los informantes que respondieron este instrumento lo hicieron de manera voluntaria, se protegió su identidad y, considerando que la encuesta se realizó de manera remota, los medios para lograrlo fueron grupos de las localidades de Pinto y Recinto de redes sociales como Facebook, no se les pidió exponer ningún dato personal ni ingresar alguna clave.

Capítulo I

Marco Teórico

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El Glosario Básico de Gestión Integral de Riesgo de Desastres de Mercosur, define el riesgo como una “probabilidad de exceder un valor específico de daños, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Ese valor específico se refiere a los daños que determinada comunidad está dispuesta a aceptar considerando los beneficios de hacerlo” (OFDA, 2015, p.20).

Para la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés), riesgo es “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas”, (UNISDR, 2009 p.33), según esta entidad, desde esta perspectiva, la palabra riesgo tiene dos connotaciones; la primera, tiene que ver con el lenguaje popular que hace énfasis en el concepto de la probabilidad o posibilidad de que algo ocurra y, técnicamente, el riesgo se relaciona con las consecuencias, en términos de “pérdidas posibles” relativas a cierta causa, lugar y momento en particular.

De estas definiciones se desprenden otras cinco que son la de:

- Riesgo aceptable, que hace referencia al nivel de las pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptable, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes (UNISDR, 2009).
- Riesgo de desastres, que se refiere a las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad en particular en un periodo específico de tiempo en el futuro (UNISDR, 2009).
- Riesgo intensivo, es el riesgo asociado con la exposición de grandes concentraciones poblacionales y actividades económicas a intensos eventos relativos a amenazas existentes, los que pueden conducir al surgimiento de impactos potencialmente catastróficos de desastres que incluirían una gran cantidad de muertes y la pérdida de bienes (UNISDR, 2009).
- Riesgo extensivo, corresponde al riesgo generalizado que se relaciona con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas o persistentes con una intensidad o moderada, a menudo de naturaleza altamente localizada, lo cual puede conducir a un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres (UNISDR, 2009).
- Riesgo residual, es el tipo de riesgo que todavía no se ha gestionado, aun cuando existan medidas eficaces para la reducción del riesgo de desastres y

para los cuales se debe mantener las capacidades de respuesta de emergencia y de recuperación (UNIDSDR, 2009).

En lo que atañe a la vulnerabilidad, las definiciones se refieren a las características y las circunstancias de una comunidad, sistema, o bien que los hacen susceptibles a los defectos dañinos de una amenaza (UNIDSDR, 2009). En relación con esto, existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales, ejemplo de ello es la falta de información y de concientización pública.

La vulnerabilidad tiene que ver con un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto, o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado (ONEMI, 2002).

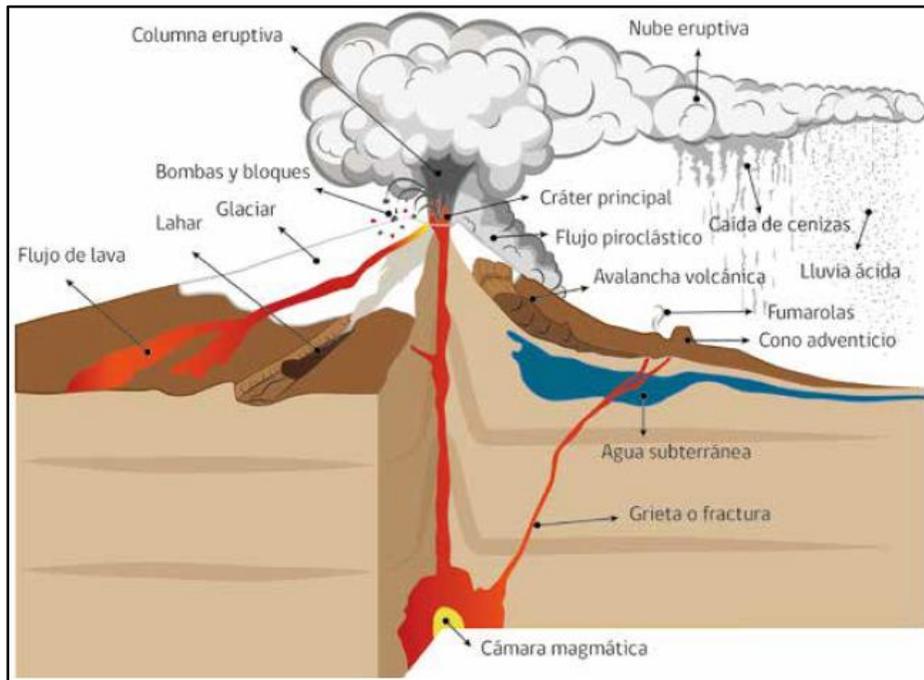
En lo alusivo a lo anterior, se analiza el riesgo con el fin de entender el proceso sistemático para comprender su naturaleza y deducir diversas consecuencias desastrosas. El análisis se realiza a través de tres pasos: a) evaluación de la amenaza; b) evaluación de la vulnerabilidad y c) evaluación del riesgo.

Dentro de la investigación se enfocarán y relacionarán los riesgos y vulnerabilidad con las formaciones volcánicas que según el SERNAGEOMIN

“surgen de la energía producida al interior de nuestro planeta, mediante el ascenso de magma a la superficie. Durante este proceso, y a través de la interacción con otros elementos de la corteza, se producen cambios químicos y termodinámicos que dan origen a una diversidad de composiciones magmáticas, entre las que destacan basáltica, andesítica, diacítica y riolítica” SERNAGEOMIN, 2018, p.11).

Se observan las partes de un volcán en la imagen 1.

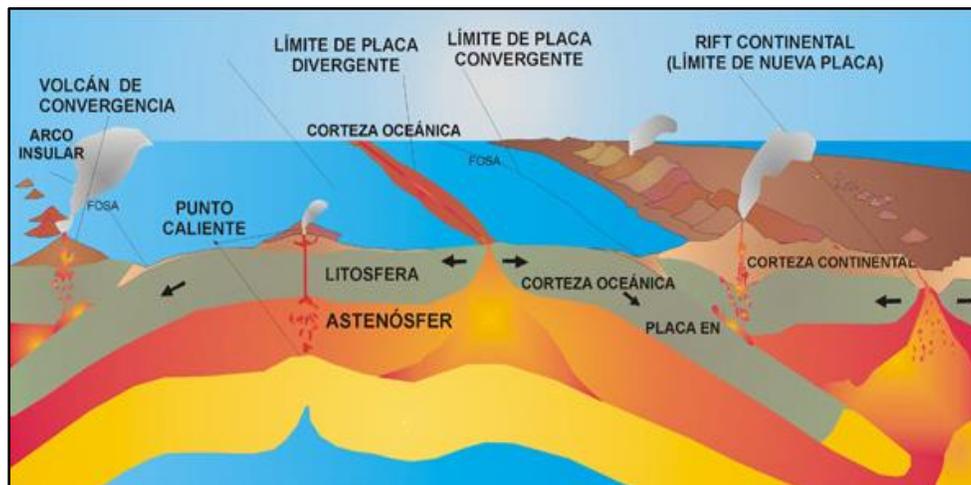
Imagen 1: “Partes de un volcán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2018

“Esta secuencia composicional refleja el grado de diferenciación magmática que de algún modo controla el estilo eruptivo del volcanismo. En la Tierra existen tres tipos de ambientes volcánicos: bordes de placas divergentes, bordes convergentes y regiones intraplaca, algunas asociadas a “puntos calientes” o hotspots.” Como muestra la siguiente ilustración (SERNAGEOMIN, 2018, p.11).

Imagen 2: “Zonas de formación de volcanes”



Fuente: Ingerment, 2020

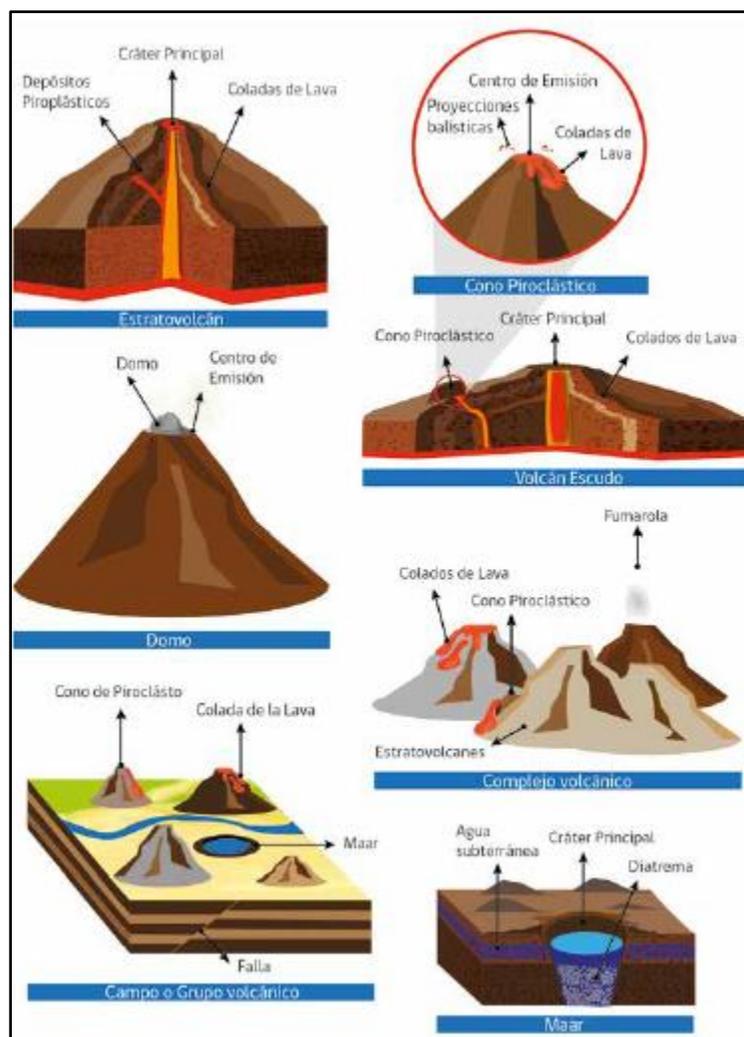
En Chile se han identificado más de dos mil volcanes a lo largo de la Cordillera de los Andes, una cuarta parte de ellos se encuentran geológicamente activos y 60 de ellos tienen registros de erupciones en los últimos 450 años. Esta gran cantidad de volcanes en Chile se debe al proceso de formación de la Cordillera de los Andes que es producto de un proceso de subducción de las placas oceánicas de Cocos, Nazca Antártica bajo la placa Sudamericana. A partir de la tensión que se genera entre las placas es que surge y se mantiene en constante movimiento la Cordillera de los Andes, de la cual nacen o se mantienen activos numerosos volcanes en Chile (Memoria Chilena, 2018).

La regular actividad volcánica del país da lugar a una serie de morfologías volcánicas (Imagen 3), que a continuación, se describen brevemente las más representativas de la cadena volcánica andina:

- **Estratovolcán:** corresponde a un edificio volcánico mayor, que está formado por lavas y depósitos piroclásticos emitidos durante erupciones sucesivas. Este tipo de volcán es común en las zonas de subducción como es el caso de Chile continental. En el caso de nuestro país el mayor estratovolcán es el volcán Llaima ubicado en la región de la Araucanía (SERNAGEOMIN, 2018).
- **Cono de piroclastos:** es un tipo de volcán generado en un solo evento eruptivo, de composición mayormente basáltica, esta formación puede durar horas o incluso años. En Chile algunos de estos volcanes son el cono Navidad (volcán Lonquimay), la Poruña (volcán San Pedro), entre otros (SERNAGEOMIN, 2018).
- **Volcán Escudo:** son formados por numerosas erupciones de flujos de lava de baja viscosidad y que se intercala con capas piroclásticas; se encuentran generalmente en islas oceánicas como es el caso de la Isla de Pascua (SERNAGEOMIN, 2018).
- **Domo:** formado por la emisión de un magma muy viscoso, generalmente de composición diacítica y riolítica. El domo es acumulación de magma en superficie. Representantes de este tipo de volcanismo son los domos de los volcanes Chaitén y Huequi (SERNAGEOMIN, 2018).
- **Complejo volcánico:** es un conjunto de centros eruptivos espacialmente relacionados, monogenéticos y poligenéticos que, además, tienen una relación temporal y genética en su evolución, la que incluye procesos eruptivos y prolongados tiempos de actividad. Ejemplo de ellos en Chile son: los complejos volcánicos Laguna del Maule y Nevados de Chillán (SERNAGEOMIN, 2018).

- **Campo o grupo volcánico:** es un caso particular entre los complejos volcánicos que surge cuando numerosos volcanes menores o monogenéticos se distribuyen en un área común. Se asocian al volcanismo basáltico. Los Grupos Carrán-Los Venados, Alto Palena, Puyuhuapi, son ejemplo de ellos en nuestro país (SERNAGEOMIN, 2018).
- **MAAR:** producto de un evento eruptivo ocurrido por interacción entre el magma y el agua subterránea, que origina erupciones violentas, denominadas freatomagmáticas. Algunos ejemplos son los maares Carrán y Pocura, del grupo Carrán-Los Venados (SERNAGEOMIN, 2018).

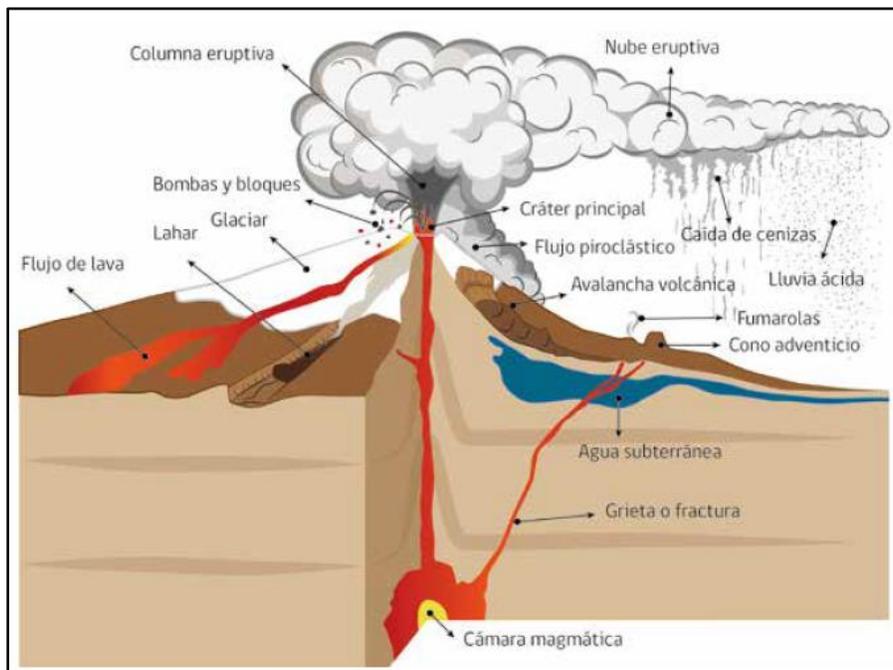
Imagen 3: “Esquema tipo de volcanes”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2018

Los volcanes durante sus procesos eruptivos expulsan diferentes tipos de productos a la Tierra, tal como se muestra en la imagen 4.

Imagen 4: “Esquema sobre procesos volcánicos”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2018

- **Flujo de lava:** la lava está compuesta de roca fundida, gases disueltos y fragmentos de cristales y rocas, esta composición y proporción de elementos determinan la viscosidad de la misma.
- **Lahar:** es un flujo de detritos conformado por una gran cantidad de fragmentos volcánicos que se transportan mediante cuencas hidrográficas, se pueden formar por la fusión de hielo y/o nieve durante una erupción o por arrastre de material durante lluvias torrenciales. Suelen superar los 100km/h
- **Piroclastos:** es material incandescente que emiten los volcanes durante las erupciones explosivas. Según su tamaño se clasifican en ceniza (<2mm), lapilli (2-64 mm) o bomba/bloque (>64mm).
- **Bombas:** corresponde a un tipo de piroclastos mayor a 64 mm de diámetro, eyectado con trayectoria balística desde el cráter del volcán, puede ser expulsado en estado líquido o plástico.
- **Columna eruptiva:** mezcla de piroclastos y gases de alta temperatura que asciende sobre el centro de emisión. Estas pueden ser dispersadas por el viento o mediante difusión atmosférica.
- **Caída de ceniza:** es una lluvia de cenizas que proviene de columnas eruptivas y penachos volcánicos. Sus efectos tienen relación con el espesor del depósito sobre la superficie, tales como daños severos a la flora y fauna en localidades cercanas, en la agricultura. La ceniza más fina puede

ascender a las capas superiores de la atmósfera y ser transportada miles de kilómetros desde la fuente de emisión

- **Flujo piroclástico:** es una nube o corriente densa que está conformada por piroclastos y que se desplaza por la ladera del volcán, se caracteriza por sus altas temperaturas y velocidad que puede ir desde 100 a 500 km/h y es altamente destructivo.
- **Avalancha volcánica:** corresponde a una avalancha de detritos volcánicos provocada por el colapso parcial o total de un volcán, se desplaza a altas velocidades y arrastra material que alcanzan varias toneladas y metros de diámetro.
- **Gases:** los magmas contienen cantidades diversas de gases disueltos que se encuentran contenidos en la roca fundida dada la presión de confinamiento. Estos gases son muy importantes a la hora de formar el conducto que conecta la cámara magmática con la superficie y conducen el proceso eruptivo (SERNAGEOMIN, 2018).

En cuanto a las condiciones atmosféricas de la zona, se hará referencia a las condiciones que describen a los periodos de precipitación (lluvia), nubosidad, vientos, presión atmosférica, temperatura y humedad, principalmente, que pueden identificarse en una región al medir estos factores por un periodo largo de tiempo.

La hidrografía chilena se caracteriza por ser variada, esto directamente relacionado con la región natural que se vaya a estudiar lo que se vincula a factores como el clima y el relieve los cuales influyen en aspectos como régimen y caudal. De acuerdo con las características de escurrimiento, se puede señalar que existen tres condiciones diferentes según el destino de las aguas.

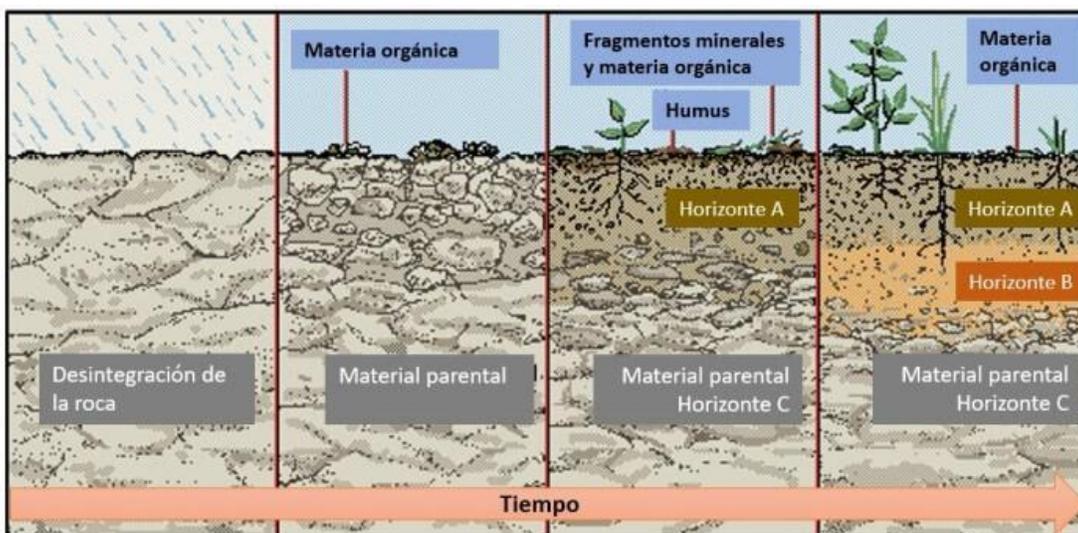
- **Áreas arreicas:** están localizadas en la zona norte del país, de carácter esporádico. Estas cuencas son absorbidas por grandes extensiones desérticas.
- **Áreas endorreicas:** ubicadas también en la zona norte del país. Estos escurrimientos se caracterizan porque no tienen la posibilidad de llegar al mar y se almacenan en salares o lagunas.
- **Áreas exorreicas:** en este caso, las cuencas reciben aportes de las precipitaciones, evacuando las aguas hacia el mar (BCN, 2020).

Junto con las condiciones atmosféricas e hídricas se encuentra la edafología, esta ciencia se encarga de estudiar el suelo en todos los aspectos desde su morfología, composición, las propiedades tanto físicas, químicas y biológicas, su formación y evolución, taxonomía y distribución, su utilidad, recuperación y conservación (Chavarría, 2009).

El factor central de estudio de la edafología es el suelo que según Weii (2009), es como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de los factores bióticos y abióticos. Entre estos elementos se encuentra: el clima, organismos, el relieve y el tiempo. Todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre.

El suelo es la capa más superficial, móvil y suelta de la corteza terrestre que comienza a formarse cuando la roca se meteoriza y queda expuesta a la superficie, mediante este proceso se va formando un manto homogéneo y rico en nutrientes el cual es colonizado rápidamente por seres vivos, la acción de estos transforma este manto formándose zonas diferenciadas llamadas horizontes, como muestra la imagen número 5.

Imagen 5: “Esquema de la formación del suelo”



Fuente: Intagri, 2017

La formación del suelo depende de diversos factores, los cuales son:

- **La roca madre:** los suelos derivan de las rocas, lo que se denomina material parental; este material tiene diversas composiciones lo que por consiguiente forma diferentes tipos de suelo.
- **El clima:** este influye de manera directa en la formación de los suelos pues condiciona la velocidad de meteorización de la roca madre. Los elementos más importantes del clima en la formación del suelo son la temperatura y la precipitación; en climas húmedos las rocas se meteorizan antes debido a la acción del agua.

- **El relieve:** la forma de la superficie incide considerablemente en la formación del suelo; este influye en la distribución de las aguas recibidas por medio de las precipitaciones, lo que afecta directamente en el proceso de erosión hídrica.
- **La biota:** está representada por organismos vivos; las raíces tienen una participación activa de la formación del suelo, ya que logran crecer dentro de las grietas y fisuras de las rocas favoreciendo a la meteorización (Intagri, 2017).

Dada su extensión longitudinal Chile presenta variados tipos de suelo debido a las condiciones climáticas, los cuales en su mayoría están compuestos por ceniza volcánica (Pinochet, 2015), otro factor a considerar es la presencia de montañas, las que debido a su pendiente dificultan el desarrollo y, por ende, la profundidad del suelo. Otro elemento, es la importante actividad volcánica del territorio, la cual contribuye permanentemente con nuevas rocas para meteorizar y transformar en suelo. La zona centro sur del país se caracteriza por tener suelos formados por ceniza volcánica, de tipo franco arenoso a franco limoso.

El material del que se encuentra formado el suelo es variado y corresponde a la meteorización de rocas antiguas, depósitos de cenizas volcánicas en forma de Loess, depósitos glaciales, fluvioglaciales y aluviales que dan origen a suelos más jóvenes; los suelos formados por rocas ígneas y metamórficas se encuentran en la Cordillera de la Costa y está combinado con cenizas volcánicas (Ibáñez, 2008). Los suelos de origen glacial, fluvioglacial y aluvial se encuentran principalmente en la depresión intermedia del Chile central y sur y planicies patagónicas de Chile austral, suelos que se utilizan principalmente para uso vitivinícola (Ibáñez 2008).

2. MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL

La actividad reciente del Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) supone un riesgo debido al incremento de las actividades económicas que se desarrollan en la zona, ya que; debido a su frecuente actividad eruptiva histórica se convierte en una amenaza de alto riesgo en los Andes del sur de Chile.

Es importante mencionar que el Complejo volcánico Nevados de Chillán podría perjudicar de una manera considerable al normal funcionamiento de los diversos asentamientos humanos; debido a que los depósitos laháricos encontrados se encuentran principalmente hacia el oeste del volcán, que es precisamente donde se emplazan estas localidades (SERNAGEOMIN, 2008).

El Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) está compuesto por diecisiete volcanes (Imagen 6) ubicados en la Cordillera de los Andes de la Región de Ñuble, entre las provincias de Diguillín y Punilla, está rodeado de valles y ríos que desembocan en otros de mayor tamaño como es el caso del río Renegado que confluye con el Río Chillán y el río Gato y Las minas que desembocan en el Río Ñuble, además está rodeado por pequeños poblados como Las Trancas, Los Lleuques, Recinto, Carrizales, Coironal y el Valle de Shangri-La, también por los centros de esquí Nevados de Chillán y Termas de Chillán y las reservas nacionales Los Huemules del Niblinto y Ñuble (SERNAGEOMIN, 2020).

Imagen 6: “Complejo volcánico Nevados de Chillán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2019.

Al analizar el riesgo que existe de una erupción volcánica en la zona nororiental de la Región de Ñuble, es importante conocer los antecedentes históricos de este complejo, sus características y los estudios que se han realizado en torno a las actividades que ha tenido en los últimos años y como ellas han modelado la geomorfología de la zona la que lo convierte en uno de los más peligrosos de Chile central.

El Dr. Juan Brügger constituye el origen del Complejo volcánico Nevados de Chillán, estableciendo en su libro “Contribución a la geología de los volcanes y termas de Chillán”, que “la base preterciaria y prevolcánica de la cordillera de Chillán está formada por las rocas de la formación porfírica que pertenece al mesozoico, jurásico o cretáceo inferior” (Brügger, 1948, p. 6).

Por lo que, para dar origen al Complejo volcánico Nevados de Chillán, hubo diversos procesos, tales como el plegamiento de las rocas mesozoicas, el volcanismo

moderno que inició en el terciario superior y posteriores erupciones. El Dr. Brügger presenta un croquis (Imagen 7) en el cual muestra la orientación en la que se encuentran los volcanes que es NW-SE, dentro de esta extensión se destacan dos conos: en el NW, el Cerro Blanco y en el SE, el Volcán Viejo; además se encuentra el Volcán Nuevo, el cual presenta dimensiones limitadas al igual que la gran variedad de cráteres que componen este complejo.

Imagen 7: “Topografía del volcán hacia 1948”



Fuente: Brügger, 1948

El autor menciona que las lavas que componen este complejo son muy antiguas algunas del terciario superior e incluso del cuaternario inferior, pero es muy complejo determinar la edad exacta de las mismas, lo que si puede mencionarse es que se extendieron a grandes distancias adentrándose incluso en la depresión del Valle longitudinal, dando origen a formaciones como la “Cueva de Los Pincheira” (Brügger, 1948).

De igual forma en el texto Geología del Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh), a cargo de los investigadores del Servicio Nacional de Geología y Minería, José Naranjo, Jennie Gilbert y R. Stephen J. Sparks, se comenta que este complejo volcánico está basado en lavas y rocas graníticas cenozoicas, las cuales tienen diversos puntos de emisión que se extienden por alrededor de 10 km de largo alineados en dirección nororiental.

La actividad recurrente de este complejo ha dado origen a los diferentes conos, uno de los trabajos considerados para recabar información acerca de la formación del volcán Santa Gertrudis en 1861 y que fue realizada por Philippi, más adelante otros investigadores entregan datos relevantes acerca de su formación hasta hoy, como Naranjo, quien establece que con el paso de los años las erupciones efusivas que

se daban en la etapa inicial de caldera ha decrecido en términos de volumen y tasa de emisión. Más adelante en el texto enfocado en la geología del complejo los autores Naranjo, Gilbert y Sparks exponen acerca de la subdivisión que se realizó con el Complejo, el cual lo subdivide en Subcomplejo Cerro Blanco al NO y el Subcomplejo Las Termas al SE.

Dentro del texto Geología del Complejo volcánico Nevados de Chillán se presentan brevemente los peligros volcánicos más importantes que podrían afectar el entorno de este complejo, los cuales se relacionan con lahares y flujos de detritos y de lava, dado que como se mencionó anteriormente, se han encontrado lavas a grandes distancias del complejo en especial en la zona Oeste que es donde se ha asentado la población; se menciona en el texto que los depósitos laháricos producidos por la fusión de hielo y nieve en el pasado, son hoy, un indicador elocuente de peligro para futuras erupciones, en especial si ocurren en invierno o primavera (Naranjo *et al.* 2008).

La Carta de Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán de Gabriel Orozco, Gabriela Jara y Daniel Bertin presenta una clasificación de las zonas de peligro en la que mencionan que el CVNCh posee una gran cantidad de valles colindantes susceptibles a ser afectados por una erupción volcánica desde cualquiera de sus puntos de emisión, esta clasificación va desde Muy alto peligro a Bajo peligro, y se describen a continuación:

- **Muy alto peligro:** son aquellas zonas que se verían más afectadas en caso de una erupción volcánica, incluso en una erupción de baja magnitud. Corresponden a las zonas más próximas al Complejo volcánico Nevados de Chillán, específicamente los cauces del río Chillán, Santa Gertrudis, Gato, Las Minas, Ñuble y Diguillín y de los esteros Renegado, Shangri-La, Las Mulas y Cajón Nuevo correspondientes a las comunas de Pinto y Coihueco. Esta zona igual está expuesta a flujos piroclásticos menores y flujos laháricos de pequeño volumen. En el caso de los lahares, se estiman alcances inferiores a 25 km. desde los centros de emisión y 4km para flujos piroclásticos.
- **Alto peligro:** son áreas que pueden ser afectadas por lahares de moderado volumen, así como también los flujos piroclásticos; esta zona contempla todo lo incluido en la zona de Muy Alto Peligro además del estero del Valle San José. Se estiman alcances de 35 km en el caso de lahares e inferiores a 8 km para flujos piroclásticos o lavas desde el centro de emisión.

- **Moderado Peligro:** representa áreas susceptiblemente afectadas por flujos piroclásticos y lahares de alto volumen que afectaría a todos los valles fluviales que drenan desde el volcán; incluye las zonas de Alto Peligro, más el valle del Estero Las Cabras y la totalidad del valle Las Trancas. Se consideran afectadas las comunas de Pinto, Coihueco, además; San Fabián y San Ignacio; se estiman alcances máximos de 45km en lahares y 12 km en el caso de flujos piroclásticos.
- **Bajo Peligro:** corresponden a cauces localizados en la dirección de la dirección del viento y a sectores orientales de Coihueco y San Fabián; es posible la aparición de lahares secundarios producto de la removilización, por lluvias de depósitos recientes de tefra, acumulados luego de erupciones explosivas.

3. MARCO TEÓRICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

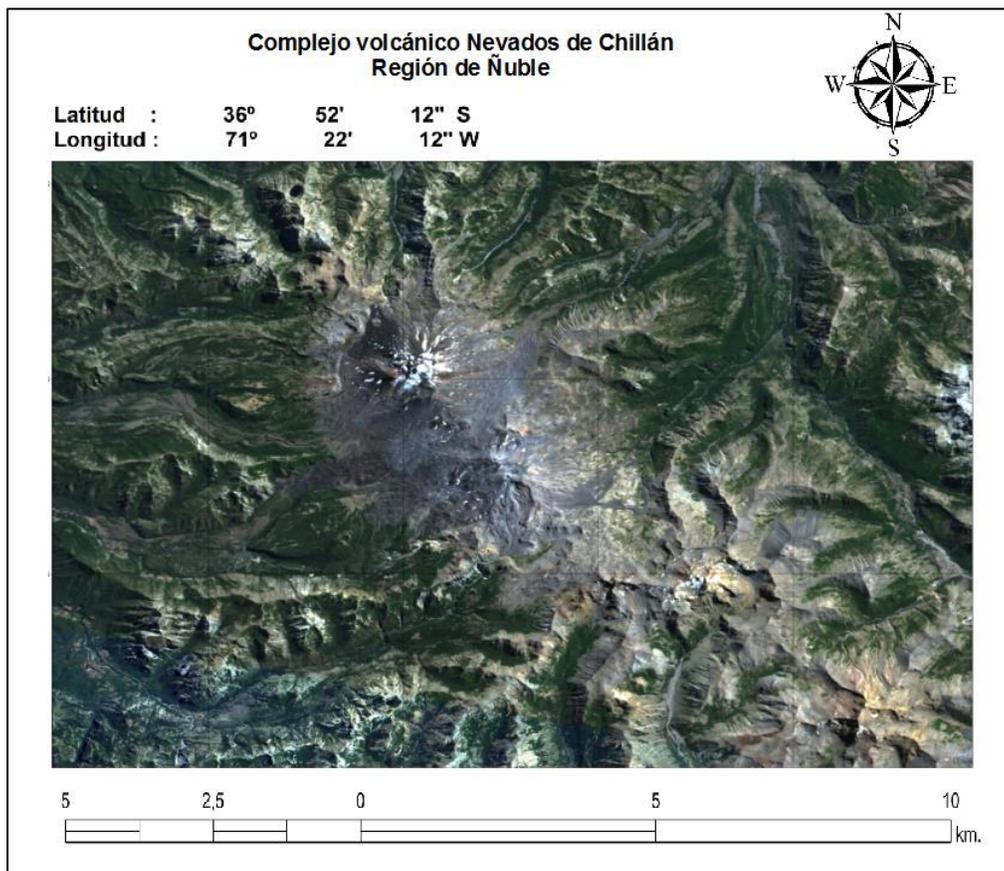
3.1 Marco Físico del Área de Estudio

3.1.1. Ubicación

El Complejo volcánico Nevados de Chillán (imagen 8) se ubica a 36°52' latitud Sur – 71°23' longitud O, 70 kilómetros al sureste de Chillán, en la cordillera de los Andes de la Región de Ñuble, entre las provincias de Diguillín y Punilla A 35 km al SE de San Fabián de Alico ya 25 km al E de la localidad de Recinto.

Cuenta con una altitud de 3212 m s.n.m., un área basal de 150 km² y un volumen estimado de 65 km³. Los poblados o asentamientos más cercanos al macizo son Las Trancas, Termas de Chillán, Roble Huacho y Chacayal (SERNAGEOMIN, 2019).

Imagen 8: “Complejo volcánico Nevados de Chillán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2020.

3.1.2 Geomorfología:

El Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) está formado por depósitos del cuaternario, además de dioritas, granodioritas y tonalitas del mioceno; cabe agregar la presencia de restos de basalto formado por lava del plioceno y las últimas erupciones. Los volcanes más altos de este complejo son las del Volcán Nevado de 3.212 m y el Volcán Chillán de 3.172 m.

El CVNCh se divide en dos subcomplejos:

- **Subcomplejo Cerro Blanco** ubicado en el sector noroeste del complejo, formado por productos volcánicos compuestos por andesítica a diacítica que datan de 30.000 años atrás y 1865. Este subcomplejo comprende a los volcanes Santa Gertrudis, Gato, Cerro Blanco, Colcura, Calfú, Pichilcafé y Los Baños.

El Subcomplejo volcánico Cerro Blanco es el que tiene la mayor cantidad de glaciares de todo el Complejo (SERNAGEOMIN, 2019).

- **Subcomplejo Las Termas** localizado en el sector sureste del complejo, formado por compuestos como andesitas-basálticas y dacitas silíceas que se formaron desde hace 40.000 años hasta hoy. Compuesto por volcanes del holoceno; Viejo, Democrático, Chillán, Shangri-La, Pata de Perro y otros centros volcánicos formados en el periodo histórico; Volcán Nuevo (1906-1948 d.C.), Volcán Arrau (1973-1986 d.C.) Cráter Chudcún (2003), Volcán Sebastián (2008) y Cráter Nicanor (2016).

Este subcomplejo no posee grandes volúmenes de hielo, pero si presenta una gran acumulación nival particularmente en la época invernal (SERNAGEOMIN, 2019).

Según las investigaciones del SERNAGEOMIN, el complejo comenzó su actividad hace alrededor de 650.000 años con la formación de un complejo que emitió extensas lavas que rellenaron la paleotopología local; luego hace aproximadamente 40 mil años el volcán tuvo un evento explosivo que hizo colapsar su estructura y generó una caldera mayor a 10 km.

Entre los años 1861 y 1865 el complejo hizo erupción para formar al volcán Santa Gertrudis; entre 1906 y 1948, se formó el volcán Nuevo y entre 1973 y 1986 surgió el volcán Arrau. Más adelante en el año 2005 se formó el volcán Chudcún, luego en el 2008 nace el volcán Sebastián (SERNAGEOMIN, 2008) y la última actividad registrada desde el 31 de diciembre de 2015 y el 8 de enero de 2016 donde se registra actividad en el volcán Nuevo, esto debido a la formación del volcán Nicanor (SERNAGEOMIN, 2019).

3.1.3 Suelos:

La comuna de Pinto, que es donde se centra esta investigación; presenta tres tipos de suelo según su tipología: aluviales del valle central, suelos de la cordillera central y suelos de origen volcánico (Albers, 2012); cada uno de estos presenta características particulares como se observa en la tabla 3.

Tabla 3: “Tipología de suelos”

Tipos de suelo	Clasificación
Suelos aluviales del Valle Central	Alfisolos, molisolos, entisolos
Suelos de la Cordillera Central	Entisolos, inceptisolos, andisolos
Suelos de origen volcánico	Andisolos, histosoles

Fuente: PLADECO Pinto 2018-2023

- **Suelos aluviales del Valle Central:** se componen por aquellos suelos compuestos por alfisolos, los que se presentan en las zonas que están comúnmente protegidos por macizos calcáreos y también en valles desarrollados en rocas sedimentarias arcillosas. Tienen un régimen de humedad que son capaces de suministrar agua a los horizontes medios; los molisolos que son suelos minerales donde principalmente se dan las praderas y finalmente los entisolos que corresponde a suelos jóvenes que aún no se han consolidado (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
- **Suelos de la cordillera central:** compuestos también por entisolos; por inceptisolos que son suelos jóvenes, pero más desarrollados que los entisolos ya que presentan minerales primarios y secundarios y también, sedimentos geológicos y por andisolos que son suelos formados por material piroclástico, son suelos levemente desarrollados que tienen como principal material el expulsado en las erupciones volcánicas (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
- **Suelos de origen volcánicos:** suelen estar compuestos por andisolos e histosoles que son típicos en zonas húmedas, tienen un alto contenido de material orgánico; esto dado por una saturación prolongada por el agua por un régimen excesivamente frío (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

3.1.3 Hidrografía:

El área en la cual se enfocará este estudio reconoce la cuenca hidrográfica que se describe a continuación:

- **Río Itata:** su cuenca tiene una extensión de 11.690 km², “limita al norte con la hoya del río Maule, al oriente con la cuenca alta del río Neuquén, de la República Argentina y de la cual queda separada por el cordón limítrofe; por el sur, deslinda con la cuenca del río Biobío y, en la costa, con pequeñas cuencas costeras que independientemente se vacían al Pacífico, como la del río Rafael y la del río Andalién, que ocupan los interfluvios Maule-Itata e Itata-Biobío, respectivamente” (PLADECO Pinto, 2018 - 2023, p26).
La hoya hidrográfica del río Itata cubre una superficie de 671,6km².

3.1.4 Climatología:

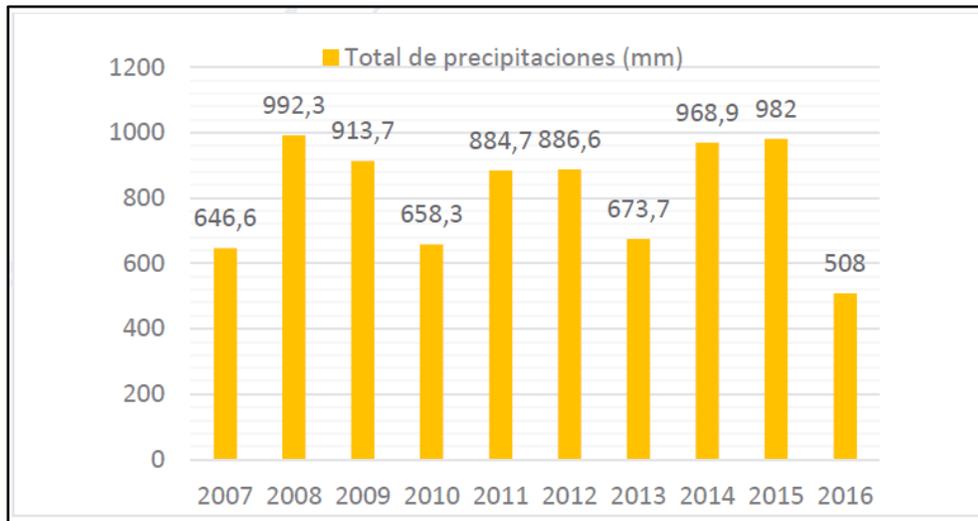
La comuna de Pinto según la clasificación de Köppen – Geiger, presenta un clima Mediterráneo

Esta tipología presenta subtipos que son determinados por la altitud

- Clima de lluvia invernal en el sector del llano central y precordillerana (bajo los 900 m s.n.m.);
- Clima de lluvia invernal de altura localizado en el área cordillerana (sobre los 900 m s.n.m.)
- Clima frío de lluvia invernal, en el sector de la Cordillera de los Andes sobre los 1.500 m s.n.m. (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

En relación a la pluviosidad; esta zona presenta precipitaciones todos los meses del año, pero éstas disminuyen considerablemente durante los meses de primavera y verano. Entre los años 2006 y 2016, se calculó un promedio anual de precipitaciones de 811,5mm; también se han observado alternancias entre años secos y lluviosos, como se muestra en la imagen 9 (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

Imagen 9: “Total de precipitaciones (mm) durante el periodo 2006 – 2016”



Fuente: Anuarios climatológicos 2016.

3.1.5 Vegetación:

La zona de este estudio al estar dentro de la tipología de clima Mediterráneo, presenta también un tipo de vegetación mediterránea la cual se identifica por tener bosques xerófilos, con sotobosque leñoso y espinoso, contiene un número limitado de especies vegetales y una tendencia a desertificación muy marcada, ya sea como consecuencia de la destrucción de la capa vegetal o por la acción erosiva ejercida por la lluvia sobre el suelo.

Está constituida por elementos esclerófilos y de hoja perenne templada que es representativa de los bosques del sur chileno. (Grau, 1995; Arroyo 2004). La situación biogeográfica sumada a la geomorfología hace que la biodiversidad botánica sea muy variada; Nevados de Chillán alberga 616 especies y 104 familias (Rodríguez, Grau, Baeza, Davies, 2008).

Debido al desarrollo económico de la zona la vegetación nativa se encuentra en peligro de extinción.

3.2 Marco Humano del Área de Estudio

3.2.1 Historia:

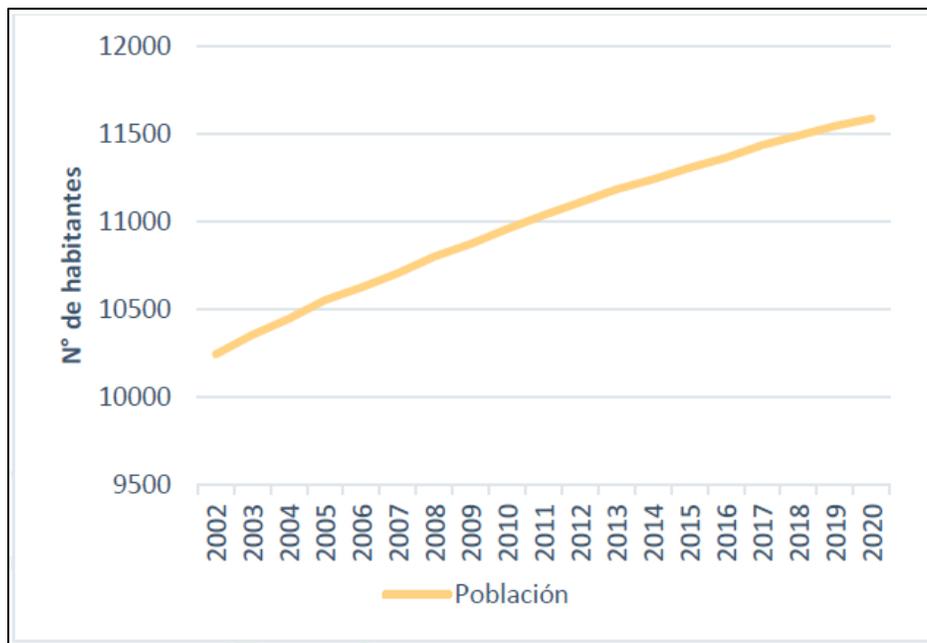
Pinto, es una comuna de la región de Ñuble ubicada a 36°42' S y 71°54' O; limita al norte con la comuna de Coihueco, al oeste con las comunas de Chillán, San Ignacio, al sur con El Carmen y Antuco y a al este con la provincia de Neuquén, Argentina; es la más grande de la Región de Ñuble y pertenece a la provincia de Diguillín

Se reconocen dos fundaciones de esta comuna; la primera el 6 de octubre de 1860 por órdenes del general José María Pinto quien levantó los planos de un pequeño caserío y; el 22 de diciembre de 1891 bajo la “Ley de Creación de Comunas Autónoma” (Memoria Chilena, 2020). Sus primeros habitantes fueron tribus de chiquillanes quienes vivían de la recolección de frutos silvestres. Durante la guerra de independencia en sus alrededores se llevó a cabo el Combate Vegas de Saldías.

3.2.2 Demografía:

La comuna de Pinto, de acuerdo a los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas al 30 de junio del año 2017, asciende a 11.437 habitantes, los cuales se estima que irían en aumento; las proyecciones realizadas muestran un crecimiento de 12% en 18 años desde al año 2002 al año 2020, como lo representa la siguiente imagen.

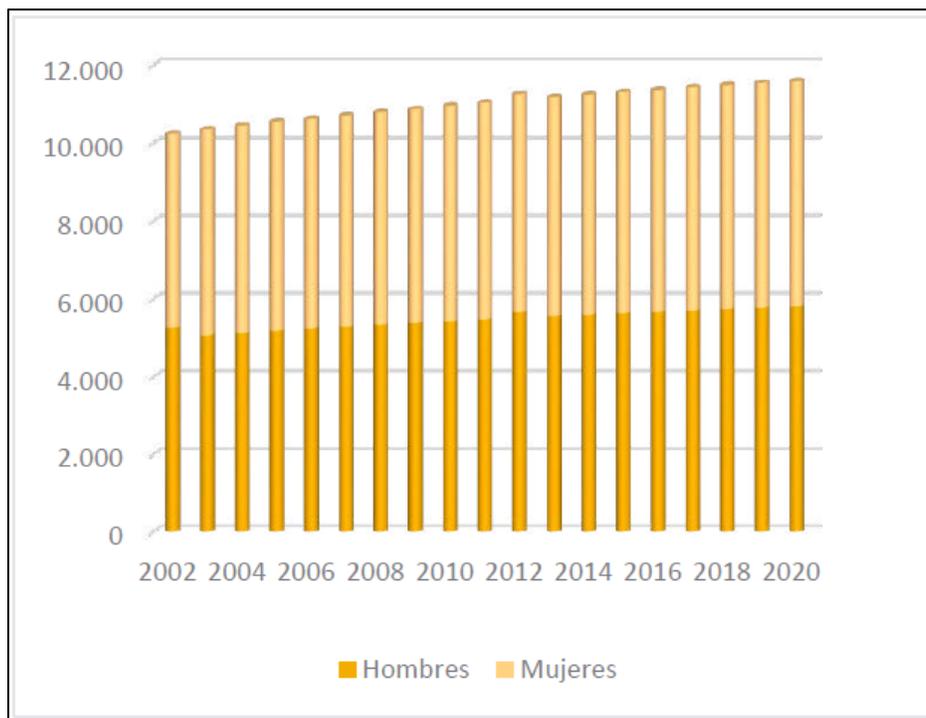
Imagen 10: “Proyección de la población en la comuna de Pinto (2002 – 2020)”



Fuente: PLADECO Pinto, 2018-2023

En relación a la paridad por sexo la comuna presenta porcentajes similares entre hombres y mujeres, con un 50,4% de mujeres y un 49,6% de hombres, lo cual se ha mantenido durante los últimos 18 años y que se representa mediante la imagen 11.

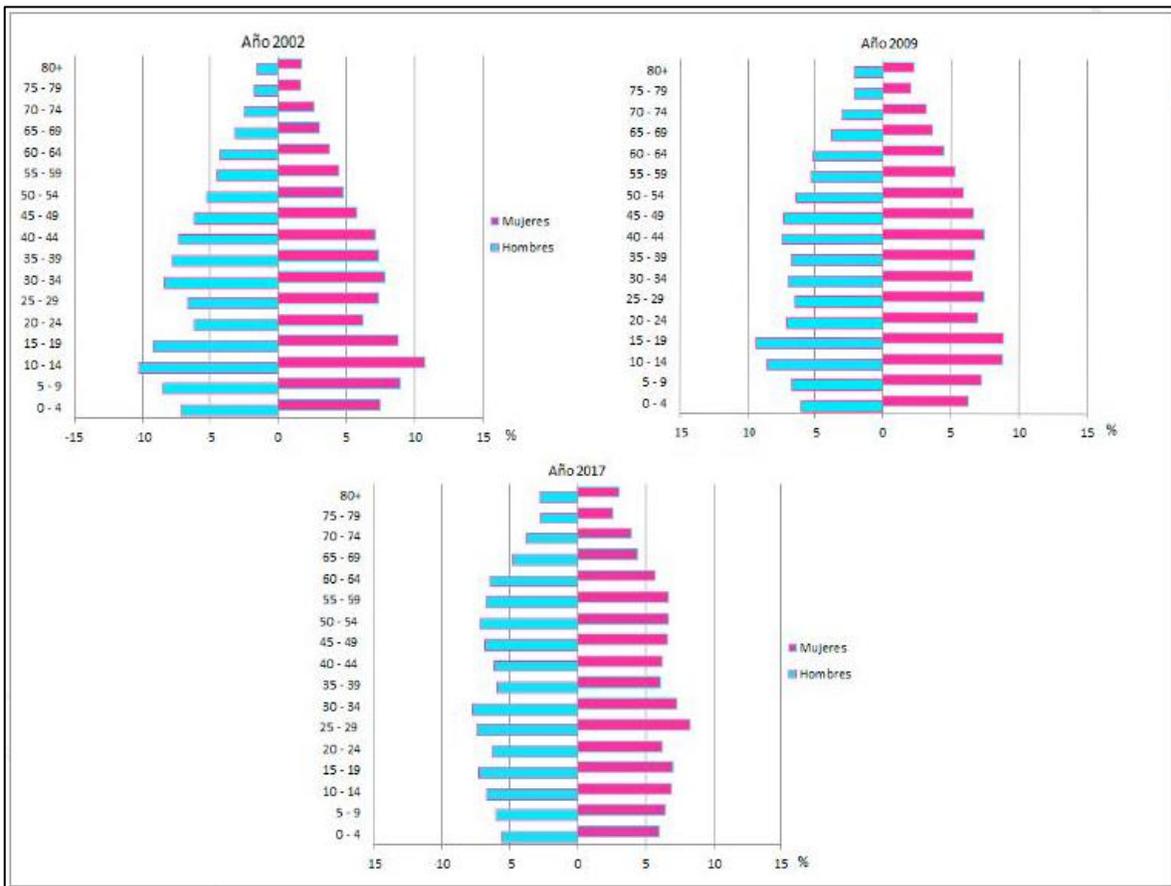
Imagen 11: “Composición y proyección de la población por sexo (2002 – 2020)”



Fuente: PLADECO Pinto, 2018-2023

Al observar una pirámide de población se puede observar claramente la evolución de la misma dentro de la comuna de Pinto, al año 2002 se podía caracterizar mediante una pirámide progresiva y ya el 2017, con una pirámide estacionaria. Se entiende por esto, que los grupos etarios crecen de manera asimétrica, considerando la alta natalidad del asado y la baja natalidad actual; lo que se observa en las pirámides representadas en la siguiente representación.

Imagen 12: “Pirámide poblacional de la comuna de Pinto 2002, 2009 y 2017”



Fuente: PLADECO Pinto, 2018-2023

En cuanto a natalidad la comuna de Pinto se encuentra por debajo del promedio de la región y del país (Reporte Estadístico de Pinto, 2015), siendo la tasa de natalidad de 2012 de 10,21‰ mientras que a nivel regional alcanza los 12,97‰ y 14,01‰ a nivel nacional (BCN, 2015).

La mortalidad general de la comuna al año 2012 alcanza un 7,43‰, siendo superior a la tasa nacional y regional, las cuales alcanzaban un 5,67 y 5,86‰ respectivamente. De igual forma la mortalidad infantil es de 35,1‰ lo cual supera por cinco veces los niveles regionales y nacionales que obtienen una tasa de 7,4‰ (BCN, 2015).

3.2.3 Desarrollo Social:

En cuanto a desarrollo social, se pueden identificar los siguientes aspectos a desarrollar: Pobreza; Hogares; Hacinamiento; Saneamiento, Índice de Desarrollo Humano y, por último, la Seguridad ciudadana.

- **Pobreza:** en lo relativo a pobreza el panorama para la comuna no es alentador, ya que presenta un índice de pobreza a nivel local de 43,8% el año 2011 y 33, 7% el año 2013 y aunque presenta una disminución de casi un 10% sigue teniendo un índice elevado en comparación con la región y el país. Por lo tanto, la comuna de Pinto sigue estando un 19,31% sobre el nivel nacional y 11,41% que el nivel regional de pobreza (MDS, 2016).
- **Hogares:** la comuna se compone principalmente de hogares biparentales cifra que alcanza un 53%, seguido de hogares extensos con un 18,6%, unipersonales un 15% y monoparentales con 13,4%, en todos ellos existe un predominio del jefe de hogar masculino, principalmente en los hogares biparentales, con un 94,2% de los casos.
En cuanto a nivel de escolaridad, presenta un promedio de 7 años, lo cual demuestra que sus habitantes no alcanzan a cursar la enseñanza básica completa, esto se encuentra íntimamente ligado a los índices de pobreza de la ciudad (MDS, 2011).
- **Hacinamiento:** los hogares que presentaban esta condición de hacinamiento (18,3%) se encuentran bajo el promedio regional (19,1%) y nacional (19,9%) al año 2013; esto mismo ocurre con el hacinamiento crítico que alcanza una cifra de 1,4% debajo de los niveles regional (2,2%) y nacional (2,3%) (MDS, 2014).
- **Saneamiento:** este aspecto considera factores como agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas. La comuna al año 2013 presentaba un 45,7% de hogares con saneamiento deficitario, valor que se encontraba por sobre la tasa país (17%) y también regional (19,9) (MDS, 2014)
- **Índice de Desarrollo Humano:** este factor mide el progreso en tres dimensiones básicas: salud, educación e ingresos. En el año 2003, la comuna de Pinto alcanzó un 0,618 en su desarrollo humano, presentando su mayor índice en el área de la salud con 0,685, seguido por la educación con un 0,623 y finalmente los ingresos con un 0.547 (PNUD, 2004), lo que ubicó

a la comuna en el lugar 310 entre los 345 municipios del país, lo cual cataloga a la comuna en un nivel “muy bajo”.

- **Seguridad ciudadana:** según lo planteado en la Cuenta Pública de Carabineros de Chile del año 2015, la comuna de Pinto presentó 215 delitos de mayor connotación social el año 2014 y un total de 204 en el 2015, lo que significó un 5% de disminución. Estos delitos relacionados con hurtos, registrándose 6 menos en relación al año anterior y en violencia intrafamiliar, 7 delitos menos (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
Presenta menor cantidad de delitos en comparación con los niveles regionales y nacionales.

3.2.4 Indicadores de Salud:

La comuna de Pinto posee tres centros de salud, un Centro de Salud Familiar (CESFAM) en Pinto centro y dos Postas de Salud Rural ubicadas en Recinto y Ciruelito.

De acuerdo a lo obtenido por CASEN, al año 2015 la población con acceso a la previsión de salud es de 10.789 personas, de las cuales un 93,9% se encuentran afiliadas a FONASA (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

3.2.5 Educación:

En la comuna de Pinto hay 16 establecimientos educacionales, de ellos el 85,7% son municipales y el 14,3% son particulares subvencionados (INE Biobío, 2015).

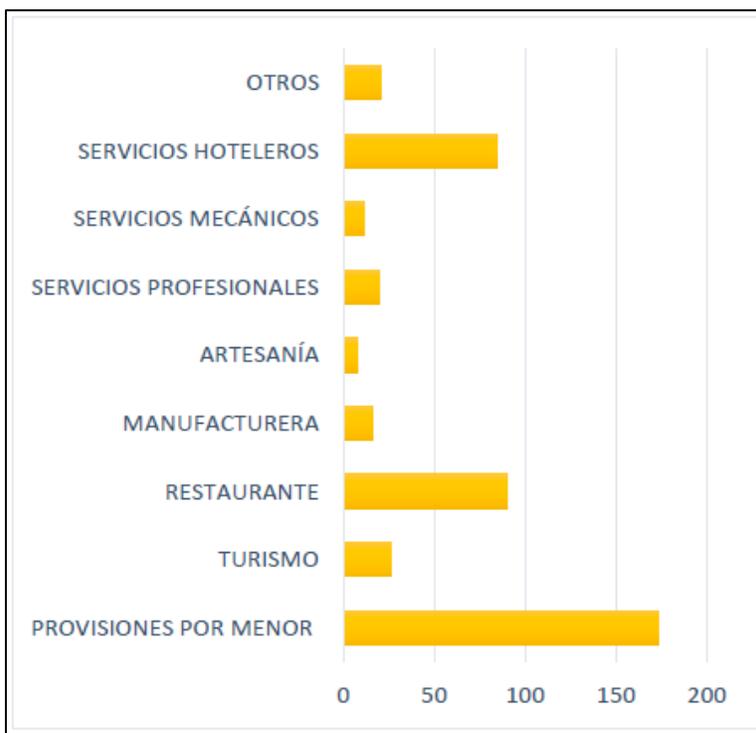
Se destaca que desde el año 2006 la matrícula ha comenzado a disminuir en los centros educacionales dada la baja natalidad que presenta la comuna y la escasa cobertura de Enseñanza Media (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

3.2.6 Economía:

De acuerdo a lo obtenido por la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) se expone un porcentaje variable de inactividad en los años 2003, 2006 y 2009, un 51% en 2003, 58% en 2006 y nuevamente en 2009 un 51% mientras que la población activa al año 2003 correspondió a un 45%, en el año 2006 alcanzó un 38% y finalmente en el año 2009 la población activa correspondió a un 44% del total (PLADECO Pinto, 2018-2023).

Para el año 2017 es posible observar en la imagen 13 que la mayor parte de las patentes se concentran en actividades económicas relacionadas con ventas de provisiones por menor, seguido por servicios hoteleros y restaurantes (PLADECO Pinto, 2018-2023).

Imagen 13: “Distribución porcentual de las patentes por actividad económica de la Ilustre Municipalidad de Pinto año 2017”



Fuente: PLADECO Pinto, 2018-2023

Con respecto a las actividades económicas y productivas de la comuna de Pinto, se destacan el turismo, artesanía, actividad silvoagropecuaria, actividades comerciales y servicios, las cuales suelen relacionarse a los distintos territorios y centros urbanos.

- **Servicios:** estos y la actividad comercial se centran principalmente en Pinto centro y el Rosal, aunque presenta un bajo desarrollo de los mismos dada su cercanía con la capital regional, Chillán (Austral Solutions, 2012).
- **Agricultura:** la agricultura en la comuna se localiza principalmente en el sector de Rosal Bajo, donde se desarrolla la agricultura no tradicional como el cultivo de hortalizas y flores, el sector de Rosal se caracteriza también por el cultivo de berries como frambuesas, mora y arándanos. Dentro del sector sureste de la comuna donde se emplazan las localidades de Tejería, Lluanco, Paso Soldado, entre otros, se aprecia principalmente la agricultura de subsistencia tradicional como trigo y remolacha, mientras que el sector de Recinto – Los Lleuques, es un área asociada a la vida del campo, con cultivos de avellanas, castañas y berries (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
- **Forestal:** esta actividad se desarrolla principalmente en el sector precordillerano de Recinto – Los Lleuques, donde las plantaciones forestales alcanzan un 23,26% del territorio y una pequeña parte a la producción de ganadería ovina y bovina.
Otra actividad que se visualiza en este sector, particularmente en la localidad de Puerta del Sol, es la producción de carbón vegetal, el cual es comercializado en Chillán o consumido en la zona (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
- **Artesanía:** esta actividad se desarrolla en las localidades de Recinto – Los Lleuques y Ciruelito, donde se encuentran pequeños mueblistas y artesanos, además de tejedoras y productoras de dulces y derivados de la avellana, recolección de plantas y hierbas, todo orientado al mercado de turistas que van hacia la cordillera (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).
- **Turismo:** el turismo presentado en la zona se caracteriza por su variedad paisajística debido a las macroformas que presenta: depresión intermedia, precordillera y cordillera, presentando una gran variedad de flora y fauna, una red hidrológica abundante y patrimonialmente, sobresale el Complejo volcánico Nevados de Chillán que incluye el subsistema hidrotermal el cual es partícipe de las interacciones de aguas superficiales y subterráneas, además de los paisajes formados por materiales depositados del volcán a través de los ríos y esteros de la zona.
La comuna de Pinto fue declarada Zona de Interés Turístico el 22 de enero de 2018, además forma parte de la Reserva de la Biósfera “Corredor

Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja” declarada por la UNESCO¹ el año 2011, en la cual se incluye la Reserva Nacional Ñuble; debido a esto, concentra una gran cantidad de visitantes durante el año (PLADECO Pinto, 2018 - 2023).

¹ Por decisión del Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biósfera de UNESCO se integra al “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja” a la Red Mundial de Reservas de la Biósfera, certificado el 29 de julio de 2011. Cabe señalar que, los principales tipos de ecosistemas y de paisajes de nuestro planeta están representados en esta Red, que está consagrada a la conservación de la diversidad biológica, a la investigación científica y a la observación permanente, así como a la definición de modelos de desarrollo sostenible al servicio de la humanidad. Participar en la Red Mundial facilita la cooperación y los intercambios a nivel regional e intrarregional (Anexo 3). El Gobierno Regional de la Región del Biobío, constituyó el 13 de octubre de 2011 el Consejo de Gestión de la Reserva de la Biosfera, Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja”, mediante Resolución Exenta N° 02554 (Anexo 4).

Capítulo II

Alcance territorial y distribución espacial de la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh)

2.1 Caracterización geográfica del Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNCh)

El Complejo volcánico Nevados de Chillán se ubica en la XVI Región de Ñuble, Chile, en los 36°52'S – 71°22'O, a 71 kilómetros de Chillán. Tiene una altura máxima de 3.212 m.s.n.m. y se encuentra en el límite de las comunas de Coihueco y Pinto. Actualmente, se reconocen diecisiete conos volcánicos alineados en dirección NW-SE, los que a su vez se clasifican en dos subcomplejos: Las Termas, y Cerro Blanco. Desde los volcanes se desprenden numerosos valles, cuyos cursos hídricos desembocan en dos ríos principales, el Chillán y el Ñuble. La zona es altamente turística por lo que el poblado más cercano solo recibe gran cantidad de visitantes en la época de invierno y verano.

La actividad volcánica iniciada el 31 de diciembre del año 2015, que se mantiene hasta el día de hoy, y que posiciona al CVNCh en el puesto número cuatro del ranking de riesgo específico, ha generado alerta en la población cercana al volcán, debido a que los riesgos de alcance de una erupción serían devastadores para ella, esta se sitúa en sus cercanías porque sus principales actividades económicas son afines a esa zona, en este sentido, destaca el turismo, la artesanía y la agricultura.

Actualmente, el complejo volcánico se encuentra en alerta amarilla, decretada por el SERNAGEOMIN, debido a los temblores que se han producido y que se asocian a la fragmentación de la roca dentro del edificio volcánico. A esto se suma que en el mes de junio se detectó un nuevo cráter, lo cual pone nuevamente en riesgo al macizo, el que en el año 2019 habría pasado por una situación similar en la cual se produjeron emisiones de lava. Además, según publicaciones de los organismos encargados, se ha ampliado la zona de peligro volcánico, pasando de 2 kilómetros alrededor del cráter a 5 kilómetros por el noroeste, y 3 kilómetros hacia el oeste y suroeste, esto quiere decir que se esperan explosiones de carácter moderado; cómo se puede observar en la imagen 14 que tomada desde la comuna de San Fabián. Cabe añadir que las temperaturas podrían ascender a los 200°C, y habría caída de ceniza y proyecciones balísticas (T13, en línea, 2020).

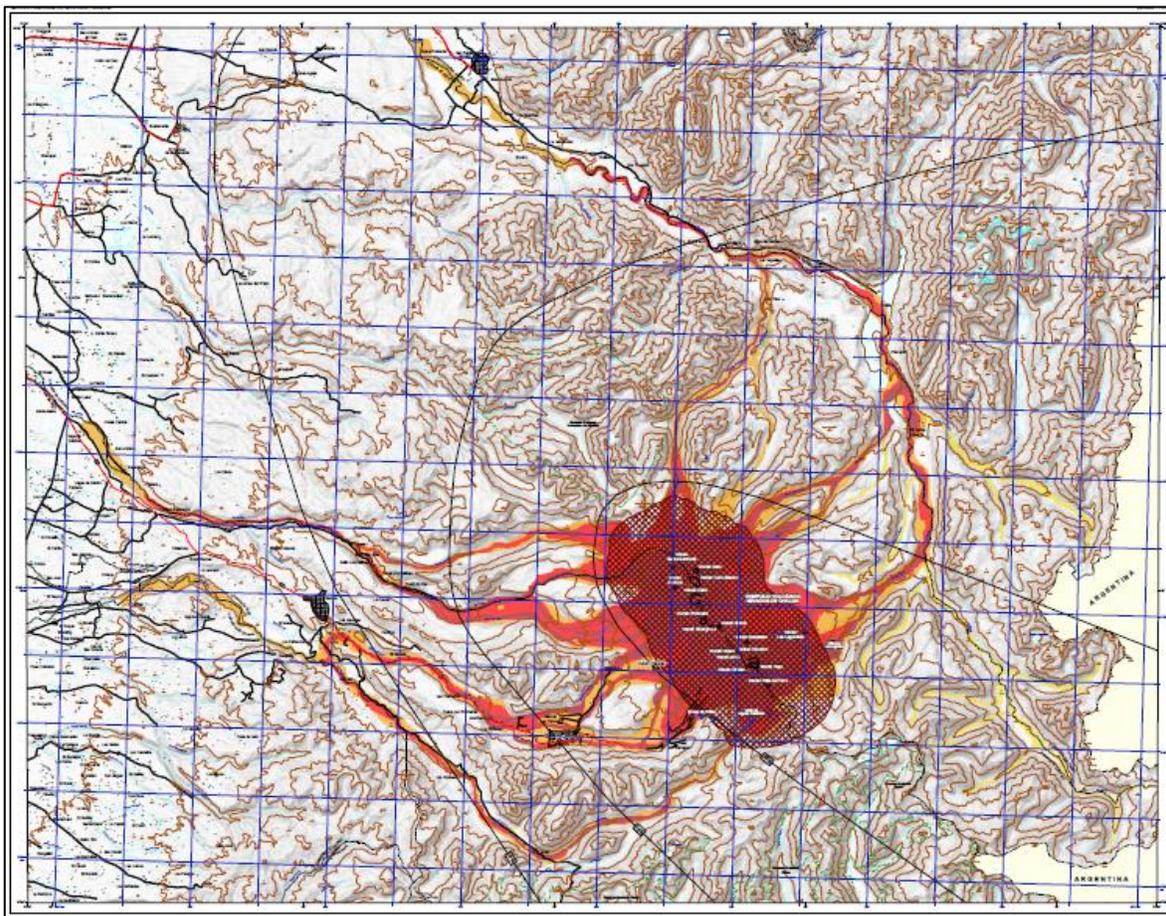
Imagen 14: “Fotografía”



Fuente: Josefauna Biodiversidad, 25 de marzo de 2020

La zona de peligro, delimitada por el Servicio Nacional de Geología y Minería, abarca a las comunas de Pinto y Coihueco. Desde el año 2015 se han establecido políticas preventivas del Sistema de Protección Civil que consisten en planes de emergencia y en educar a la población sobre los riesgos naturales asociados a su territorio. Así se mantiene el control del proceso eruptivo que se lleva a cabo desde hace alrededor de cinco años.

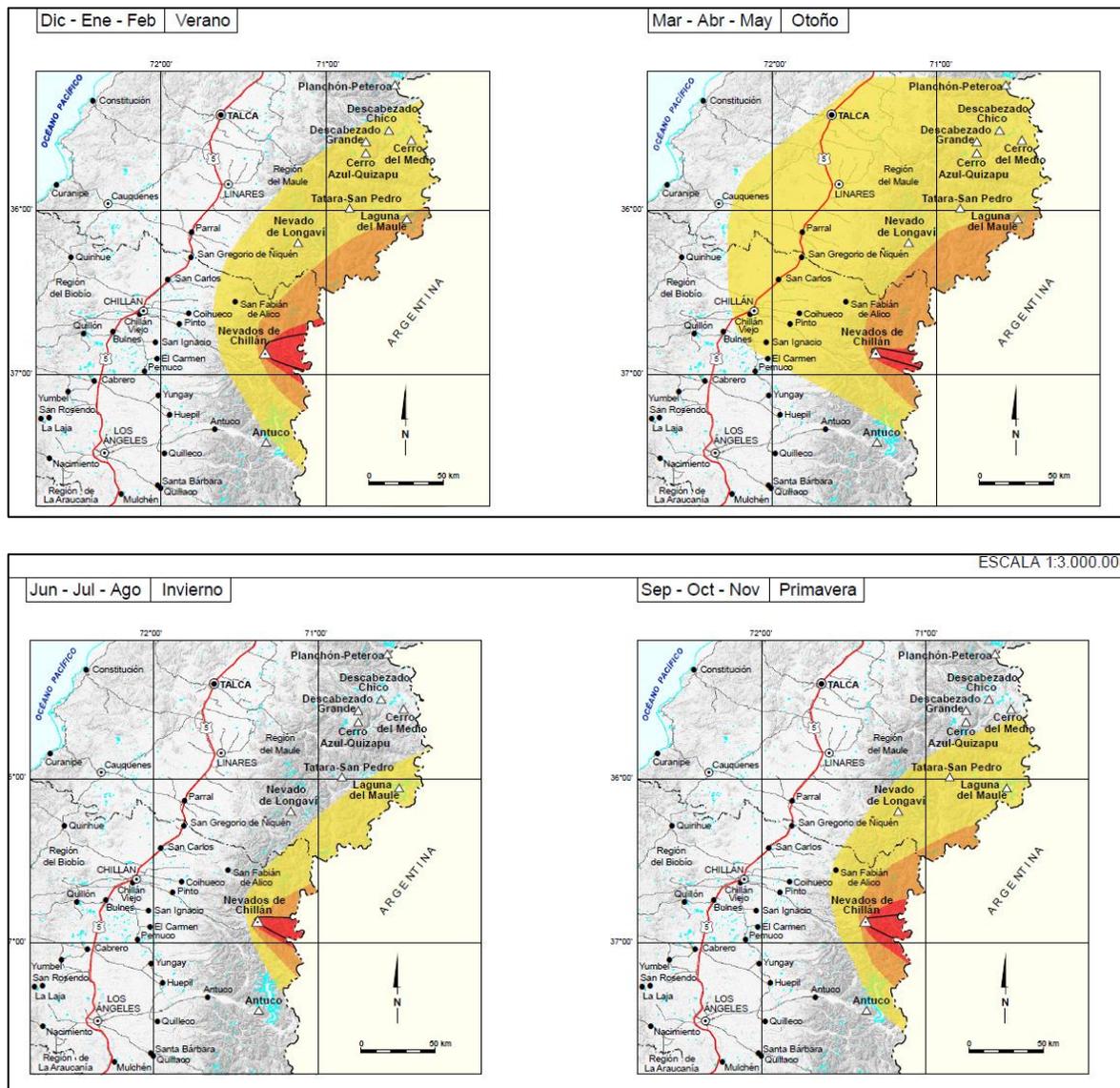
Imagen 15: “Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2020

El peligro latente del Complejo volcánico Nevados de Chillán no radica en el alcance de sus lavas ni en el de los piroclastos, sino en los lahares que puedan formarse y que se extenderían a lo largo de las cuencas de los ríos Chillán y Ñuble. Esto tendrá estrecha relación con la época del año en que se desate finalmente la erupción volcánica de este macizo, por lo que, tal como se observa en la zona demarcada de la imagen precedente, el Servicio Nacional de Geología y Minería ha establecido las dimensiones de este proceso, lo que finalmente otorga un panorama más acabado de la actividad volcánica y de la posible erupción de este complejo.

Imagen 16: “Peligro regional de acumulación de piroclastos de caída del Complejo Volcánico Nevados de Chillán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2020

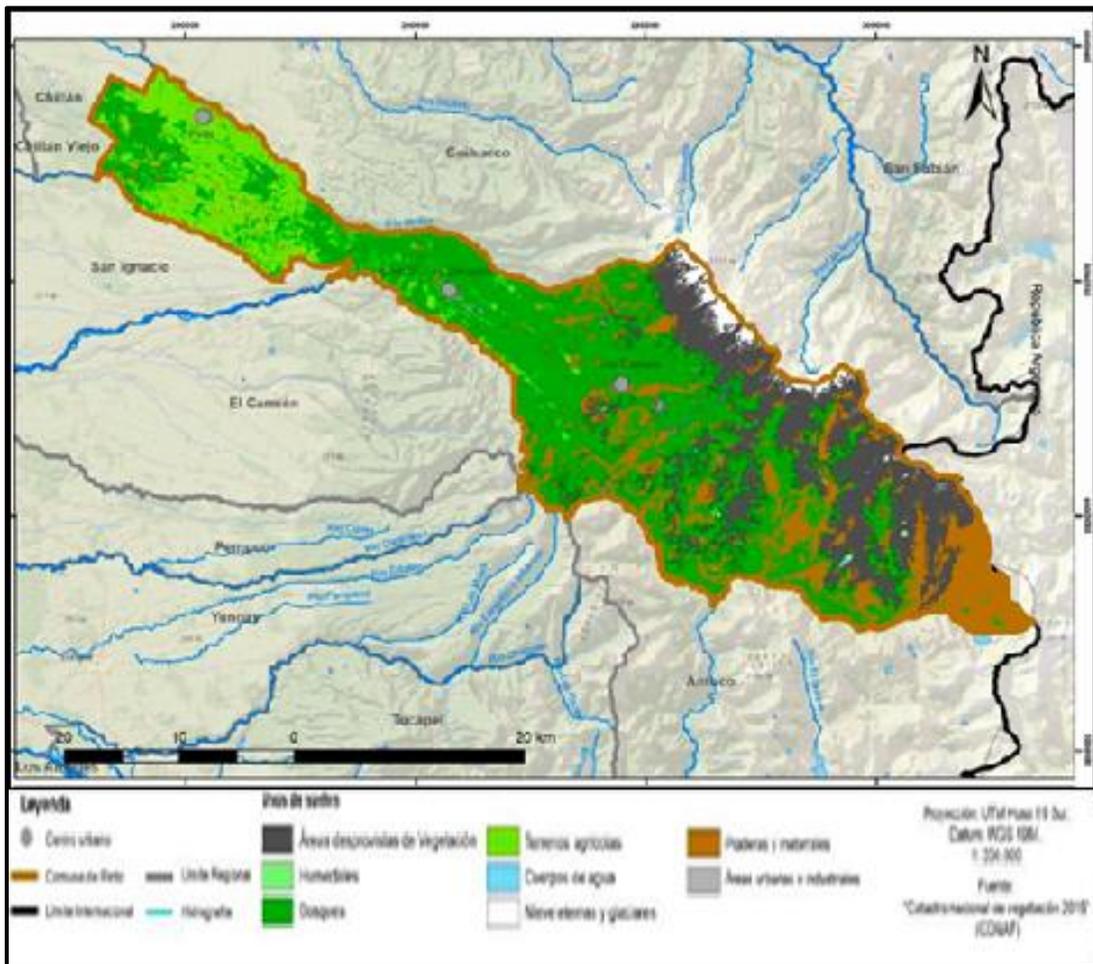
Lo expuesto en la ilustración anterior se basa en la caída de piroclastos asociados a la estacionalidad representativa de la región de Ñuble; en época de otoño, el área de alcance de una erupción y caída piroclástica con índice de explosividad IEV 6 se ampliaría de manera considerable, disminuyendo la acumulación proporcional con la cercanía del volcán. La zona de alto peligro sería menor en comparación con la época de primavera, en la cual el área de esparcimiento del material piroclástico sería menor, mientras que la zona de alto peligro alcanzaría mayor territorio que, en su mayoría, sería zona de montaña.

2.2 Caracterización socio económica del territorio nororiental de la región de Ñuble.

La Región de Ñuble es la más nueva y con menor superficie en el país, se ubica en el centro del territorio nacional. Presenta altos índices de ruralidad, lo que le otorga gran potencial dentro de la industria exportadora, esto gracias al cultivo de frutales y plantaciones orgánicas. Sus principales actividades económicas son la agricultura, la silvicultura y el turismo, según las autoridades regionales estas actividades podrían incrementar el desarrollo de la región, de ahí que la vida rural, que alcanza un 30%, se presenta como una oportunidad para acrecentar el turismo rural (Uchile, 2020)

El sector nororiental de la región de Ñuble, al igual que el resto del territorio, basa su economía en la agricultura, la silvicultura y el turismo, en el caso de la comuna de Pinto, el PLADECO de Pinto determina que un 45,6% de la superficie comunal está ocupada por bosques, lo que se puede observar en la imagen 17, mientras que los terrenos agrícolas alcanzan un 12,6%.

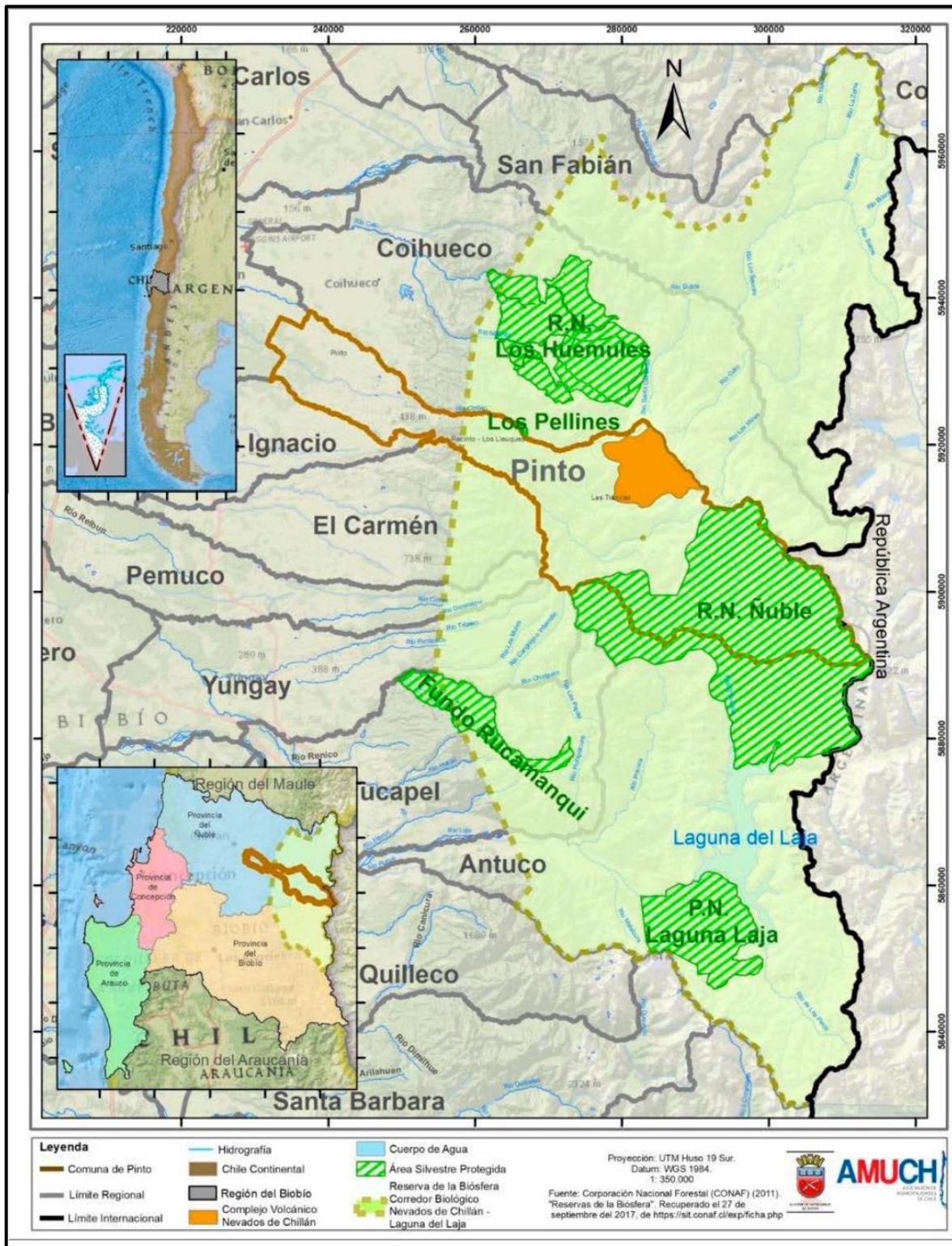
Imagen 17: “Uso de la tierra en la comuna de Pinto”



Obtenido de: PLADECO Pinto, 2018-2022.

Es de mucha relevancia mencionar que, dentro de los ecosistemas forestales que se pueden observar dentro de la comuna, existe una alta biodiversidad, lo que le asigna un notable valor ecológico y paisajístico, esto le otorgó el título de Reserva de la Biosfera “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja (Chile)”, (Ver imagen 18) de este modo se pretende preservar los ambientes naturales como la flora, fauna y los rasgos geomorfológicos.

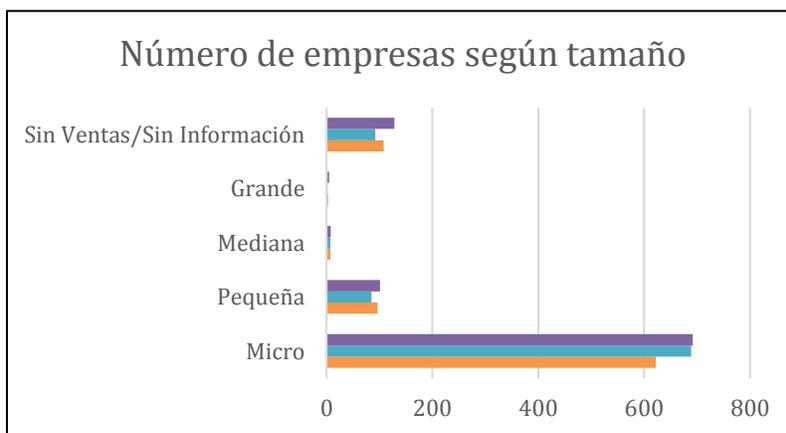
Imagen 18: “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Maule”



Obtenido de: PLADECO Pinto 2018-2022

Las actividades económicas predominantes se pueden observar mediante los datos obtenidos por el Servicio de Impuestos Internos, en los cuales se muestra el número de empresas y de trabajadores de la comuna, además del tamaño de la empresa y el rubro en el cual se desarrolla la actividad, esto para los años 2016, 2017 y 2018. La información está representada en los gráficos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

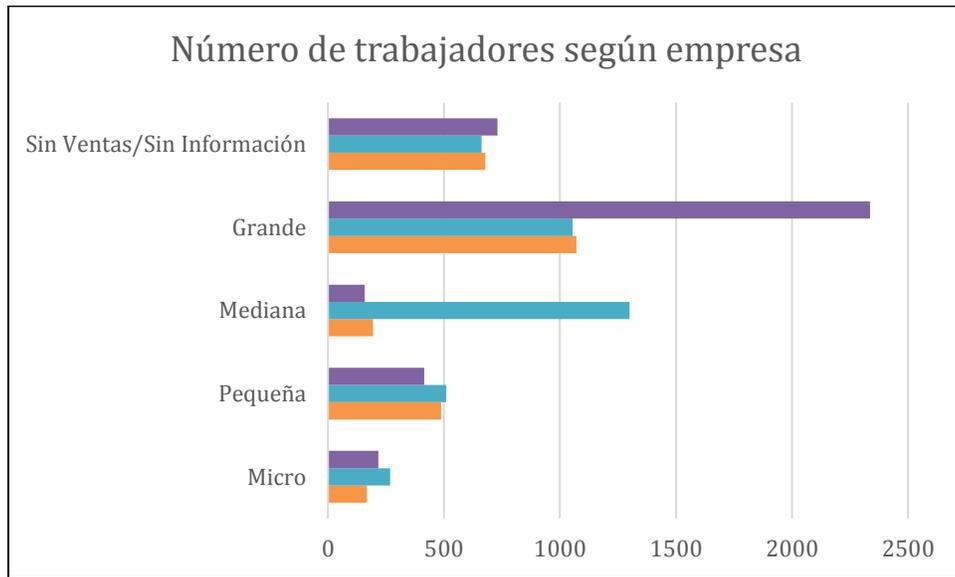
Gráfico 1: “Número de empresas según tamaño”



Fuente: SII, 2017

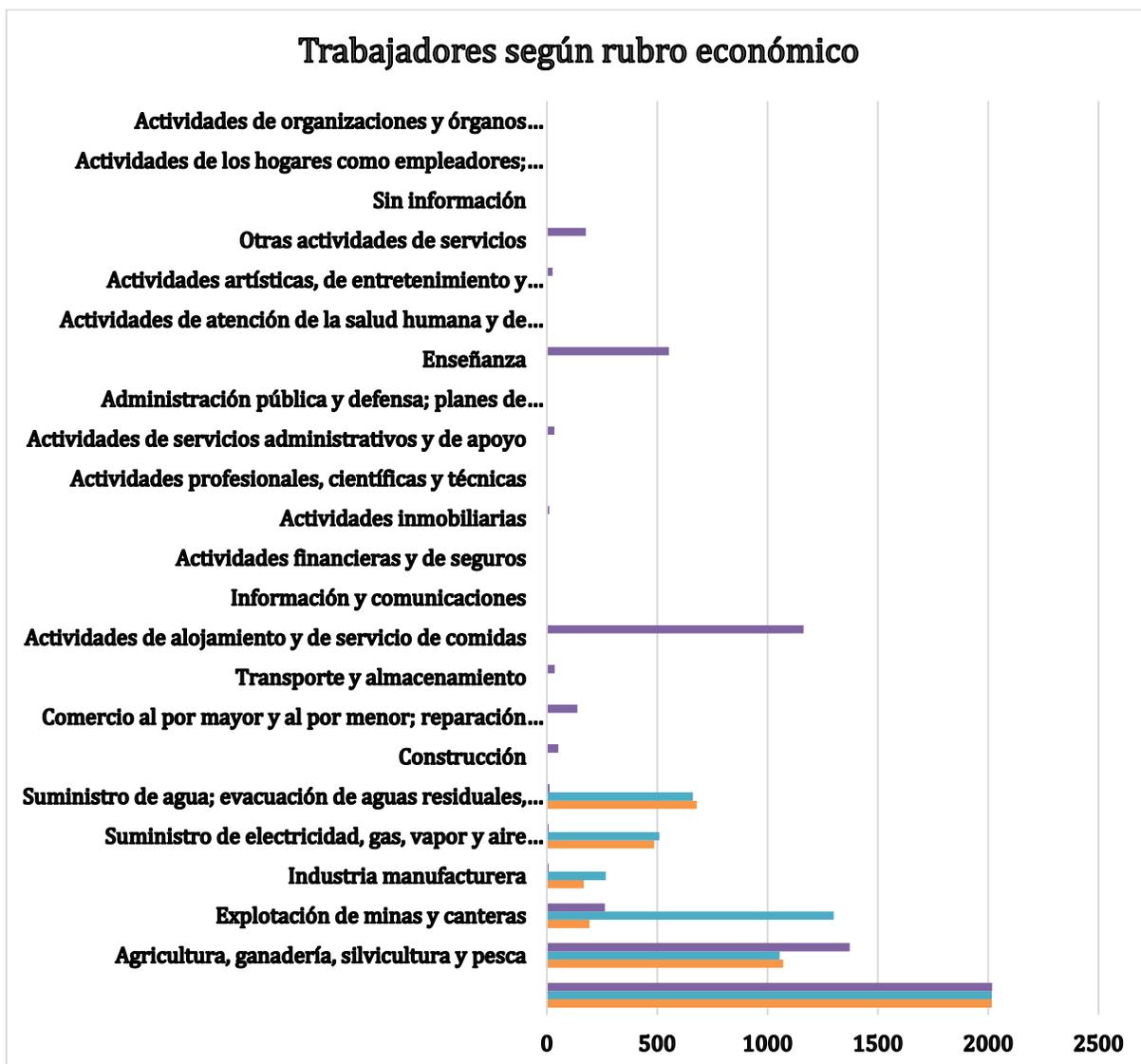
En base al gráfico anterior se puede deducir que hay una predominancia de las microempresas en el sector nororiental de la región de Ñuble, estos datos pueden corroborarse con la información obtenida por el SII acerca de las actividades económicas más representativas del sector, además en el gráfico 2 se observa que los trabajadores se desempeñan mayoritariamente en la gran y mediana empresa lo que nos lleva a deducir que los desempeñan sus labores fuera de la comuna debido a que en Pinto predominan las microempresas.

Gráfico 2: “Número de trabajadores según empresa”



Fuente: SII, 2017

Gráfico 3: “Trabajadores según rubro económico”



Fuente: SII, 2017

Este gráfico representa las actividades más comunes dentro de la zona nororiental de la región en la cual se puede analizar que la población se ocupa principalmente en las áreas de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, además hay una gran cantidad de población que se desempeña en el sector de servicios enfocados en la atención a personas.

Ligado a lo anteriormente descrito se considera que las empresas se generan de acuerdo a las necesidades de la población y por lo mismo a las actividades económicas del sector donde predominan los trabajos agrícolas, ganaderos, turísticos y además de eso las manufacturas, lo que podemos observar en el gráfico número 4.

Gráfico 4: “Empresas según rubro económico”



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos del SII, 2020.

Lo que también se puede complementar con lo recabado en la encuesta realizada a la población (ver tabla 4), en la que se concluye que un 16% de la población consultada se desempeña en el área del turismo, un 11% en la agricultura y un 14% tiene como oficio la artesanía.

Tabla 4: “Área laboral en que se desempeña”

Área laboral en que se desempeña	Agricultura	11%
	Turismo	16%
	Forestal	0%
	Artesanía	14%
	Salud	8%
	Gastronomía	5%
	Pastelería	3%
	Estudio	3%
	Ninguna	3%
	Mecánica y agricultura	3%
	Dueña de casa	3%
	Temporera	3%
	Jubilada	3%
	Educación	3%
	Feria de Pinto	3%
	Hogar de ancianos de pinto	3%
	Asesora del hogar	3%
	Chofer de camión copec	3%
	Cesante	3%
	Administración	3%
Educacional	3%	
Restaurante banquetería	3%	
Cuidador de adultos mayores	3%	

Fuente: Elaboración propia, 2020

En síntesis, de los datos obtenidos del SII y la encuesta realizada se observa que, las principales ocupaciones de la zona son: agricultura, silvicultura, ganadería y pesca; la mayoría de los trabajadores se concentró en la gran y mediana empresa que se dedicaban también a estas ocupaciones predominantes, por lo mismo, podemos concluir que la zona nororiental de la región, al igual que la generalidad de la misma, se desempeña en trabajos más rurales, lo que favorece al turismo rural y a las exportaciones de productos cultivados y, en menor medida, los servicios.

Capítulo III

Actividad volcánica del Complejo Nevados de Chillán y sus impactos sobre las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas en relación a la actividad económica

3.1 Registro histórico y actividad actual del Complejo volcánico Nevados de Chillán y su impacto en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas.

El Complejo volcánico Nevados de Chillán tiene una larga trayectoria de actividad, tanto prehistórica como histórica, lo que ha modelado la geografía de la zona y le ha otorgado cualidades particulares al territorio, dichos cambios se pueden observar en las tablas adjuntas:

Tabla 5: “Antecedentes prehistóricos de la actividad eruptiva del volcán”

Años (en miles)	Características
ca. ² 23,9 ka. ³	Presentan rasgos moderados de erosión glacial y están cubiertas en su mayoría por depósitos piroclásticos asociados a los volcanes Gato y Democrático.
ca. 40 ka.	Dentro de las coladas más antiguas se encuentra esta asociada a las erupciones de los volcanes Gato y Democrático, las cuales presentan rasgos de erosión glacial.
ca. 7,7 ka.	Destaca la colada de bloques Shangri-La que presenta una composición diacítica y se encuentra en el portezuelo, entre ambos complejos.
ca. 8,4 ka.	Se encuentran flujos de pumíceas o escoriáceas, con algunas oleadas piroclásticas. Se reconocen dentro de estas coladas las ubicadas en torno a los valles de los ríos: Renegado, Shangri-La, Chillán, Gato y las Minas.

Fuente: Elaboración propia, 2020

² Ca. “hacia o aproximadamente

³ Ka. “Kiloaños”

Tabla 6: “Antecedentes históricos de la actividad eruptiva del volcán”

Años	Características
1749 – 1752	Erupción explosiva con depositación de tefra y posibles lahares, asociada probablemente al volcán Viejo.
1860	Actividad asociada posiblemente al nacimiento del volcán Renegado.
1861 – 1865	Actividad estromboliana con generación de lava, eyección de bombas y lahares de hasta 80km. Se asocia al origen del centro eruptivo Santa Gertrudis.
1862	Única actividad ligada al Subcomplejo Cerro Blanco.
1883	Colapso de la ladera sur del volcán Viejo.
1891 – 1898	Erupción en el volcán Viejo, caída piroclástica hacia el oeste del volcán y lahares que destruyeron las instalaciones termales.
1906 – 1942	Nacimiento del volcán Nuevo, presentó actividad estromboliana con coladas de lava, lahares hacia los ríos Chillán, Ñuble y Renegado, además de explosiones y temblores que afectaron a la ciudad de Chillán.
1973 – 1987	Nacimiento del volcán Arrau el cual cubrió por completo el cono del volcán Democrático. Presentó actividad estromboliana con caída de piroclastos y lahares.

Fuente: Elaboración propia, 2020

La actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán que comenzó en el año 2015, ha variado en intensidad y ha tenido diversas explosiones con columnas de humo y residuos que han alcanzado más de 4 kilómetros de altura, estas explosiones tienen en constante preparación a las autoridades encargadas y a la población cercana al macizo.

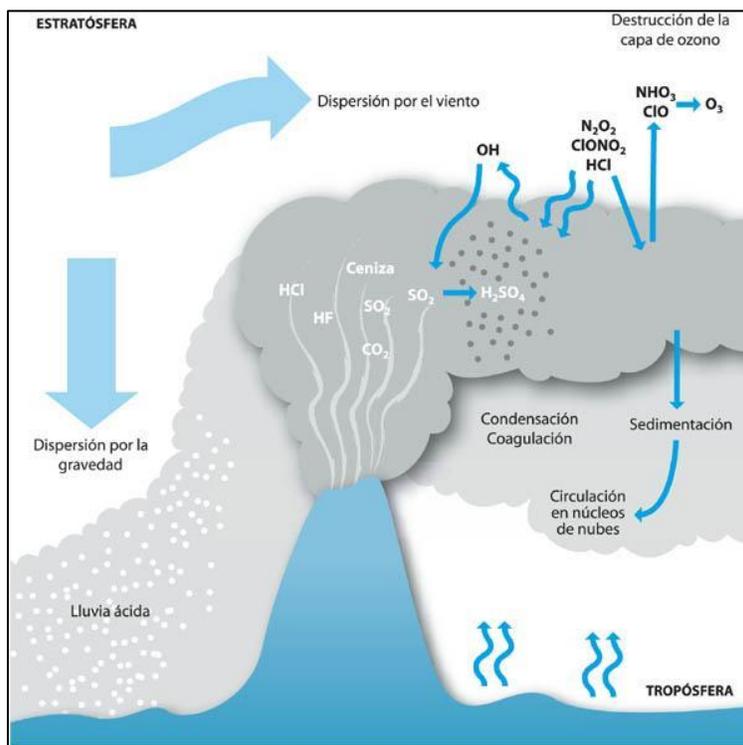
A inicios del año 2020 la actividad comenzó a disminuir por lo que se decidió bajar la alerta técnica “Naranja” a “Amarilla” en marzo del mismo año (SERNAGEOMIN, en línea), meses más tarde, en junio de 2020 se inició una reactivación del complejo debido a la aparición de un nuevo cráter ubicado en el sector oeste del macizo, esta situación se reconoció como similar a la ocurrida en el año 2019 la que produjo el emplazamiento de un domo al interior del cráter.

La erupción del Complejo volcánico Nevados de Chillán se considera como un riesgo notable que iría en desmedro de las actividades de la población local. Los riesgos atmosféricos, hídricos y edafológicos se consideran los más representativos dentro del área, puesto que se vinculan fuertemente con la actividad humana debido que su tierra es cultivable y apta para la cría de ganado, su economía se basa en actividades agropecuarias y turísticas, de la misma forma, la pesca se establece como una actividad regular dentro de la zona.

Los gases emitidos por un volcán que presentan mayor peligro son el dióxido de carbono que, a nivel local, puede producir lluvia ácida, contaminación del aire, entre otros, similar consecuencia podría tener el fluoruro de hidrógeno. Estos gases se desprenden tanto de caudales de lava como de un volcán que entra en erupción de forma violenta. Las cenizas volcánicas viajan con la dirección del viento a kilómetros de distancia del cono y se presentan de manera arenosa, abrasiva e incluso corrosiva: muy dañina para la salud; es peligrosa para el ganado y para las instalaciones de tratamiento de agua potable. Según expertos, las partículas contenidas en la ceniza son inhaladas fácilmente y pueden producir irritación e inflamación en la mucosa nasal y, al combinarse con los gases tóxicos, puede provocar daños en niños, adultos mayores o personas con afecciones respiratorias crónicas.

Se pueden identificar los siguientes impactos sobre zonas afectadas por una erupción volcánica: lluvia ácida, efecto invernadero, el vog (volcanic smog) o humo volcánico y el escudo solar. Por una parte, el vapor de agua aumenta la humedad de las zonas afectadas y debido a esto se produce la lluvia ácida y el vog, por otra parte, los gases volcánicos están constituidos en parte por CO₂, que es el principal gas invernadero que ayuda a mantener la temperatura cálida del planeta. El vog se produce de la combinación de ácido sulfúrico con ceniza, luz solar y oxígeno y, en grandes concentraciones, da origen al escudo solar, el cual impide la penetración total de los rayos solares en la superficie, lo que origina variaciones climáticas a nivel local y regional. En la siguiente imagen se pueden apreciar las variadas consecuencias de los gases producidos por una erupción volcánica.

Imagen 19: “Alteraciones atmosféricas por emisiones volcánicas”



Fuente: Richard Turco, 1992

En cuanto a los efectos hídricos de una erupción, el primer contacto de la ceniza es con lagos, ríos y quebradas, lo cual afectaría las características organolépticas (sabor, olor y color) del agua. Esto no solo impide el consumo de esta, sino que también perjudica las condiciones de vida de los organismos acuáticos. Además, los agentes contaminantes podrían cambiar la temperatura del agua y producir un empobrecimiento de la calidad de oxígeno disuelto. Es importante mencionar que, según un estudio de la Universidad de Edimburgo efectuado a cincuenta de los mayores ríos del mundo, tras una erupción volcánica el caudal disminuye, lo cual puede perjudicar la calidad de vida de los asentamientos humanos (OPS, 2015). A lo anterior se añade el efecto nocivo del flúor, elemento tóxico que emiten algunos volcanes en grandes cantidades, el que, al contaminar el agua, puede matar animales. Por ello es necesario realizar análisis químicos a la ceniza volcánica (OPS, 2015).

En el caso de los daños edafológicos, la ceniza volcánica tiene un efecto corrosivo sobre el follaje, por lo que daña los órganos vegetativos de las plantas, debido a que quema el tejido vegetal. Un daño similar es el que provoca la lluvia ácida - producida por el contacto del ácido sulfúrico con la lluvia-, esta quema el follaje y deja áreas de suelo expuestas a la erosión: los suelos cercanos al volcán oscilan entre ácido y fuertemente ácido, por lo que la lluvia ácida acrecentaría esta situación

y perderían los nutrientes necesarios para el cultivo. Por añadidura, la caída de ceniza afectaría a los cultivos, de modo que estos perderían valor comercial (Thiers, 2015).

La zona centro-sur del país presenta una intensa actividad volcánica lo que ha contribuido a formar suelos con propiedades únicas que favorecen el desarrollo de sistemas forestales y agrícolas, sin embargo, estas erupciones podrían tener efectos secundarios que afectarían de manera negativa los suelos, transformándose en nocivos para la cadena agroalimentaria y para los ecosistemas, estos últimos presentarían una alteración en el desarrollo de la vegetación nativa. La situación indica que es relevante estudiar la composición del material expulsado por los volcanes, junto con la composición de los suelos, los que a su vez se encuentran en constante cambio debido a que el material piroclástico altera la vegetación y es capaz de colonizarlos, estos materiales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 7: “Material expulsado por el volcán”

Material expulsado por el volcán	
Piroclastos: Son materiales sólidos como:	Bombas volcánicas: son grandes bloques de material fundido que se solidifica al contacto con el aire
	Lapilli: son fragmentos de material fundido de menor tamaño que las bombas.
	Cenizas volcánicas: son partículas muy finas que lanza el volcán a gran altura y que dependiendo de las condiciones del viento pueden esparcirse a kilómetros del volcán
Lavas	Es material líquido que se forma cuando el magma alcanza la superficie terrestre. Fluyen desde el volcán en pendiente en forma de ríos o coladas de lava que al solidificarse dan origen a la roca volcánica.
Gases volcánicos	En el momento en que el magma sale a la superficie pierde todos los gases que contenía gracias a la presión del confinamiento, estos salen a presión a través del cráter. Algunos de ellos son el dióxido de azufre y el dióxido de carbono.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Si bien, en algunos casos las cenizas volcánicas suelen ser nutritivas y actuar como fertilizante de los suelos, no siempre es así, ya que muchas veces -como sucedió con la erupción del volcán Chaitén-, los nutrientes se consumen debido a las precipitaciones de la zona y a la baja concentración de elementos beneficiosos, lo que resulta muy perjudicial para el suelo, pues se tienden a diluir los nutrientes que la tierra ya poseía. Es de gran importancia mencionar que los efectos de las cenizas

volcánicas están directamente relacionados con la altura que alcancen en una erupción volcánica (Thiers, 2015)

Uno de los materiales expulsados durante las erupciones volcánicas es el magma, este contiene altas cantidades de gases que tienen su origen en los compuestos volátiles y que son expulsados durante las erupciones, pueden provocar efectos negativos en las condiciones atmosféricas produciendo lluvia ácida que al precipitar destruye ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando los cultivos y dañando las hojas de las plantas; también incrementa el efecto invernadero el cual impide la penetración de los rayos solares lo que provoca una disminución de las temperaturas normales.

Para clarificar los efectos de los gases producidos por las actividades volcánicas al medio ambiente y al ser humano se puede observar la tabla 8, la que presenta la variedad de gases que expulsa un volcán y como el impacto de estos puede llegar a ser muy perjudicial para las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas.

Tabla 8: “Gases emitidos en una erupción volcánica”

Gases emitidos por volcanes	Impacto Hídrico	Impacto Atmosférico	Impacto Edafológico
SO₂ (Dióxido de azufre)	Al mezclarse con el agua puede formar ácido sulfúrico, las gotas de agua pueden acidificarse resultando la lluvia ácida.	Al entrar en contacto con el oxígeno se forma el trióxido de azufre el cual es un componente de la lluvia acida.	La lluvia ácida producida por el contacto del ácido sulfúrico puede provocar la lixiviación de los nutrientes del suelo, lo cual puede alterar también los ecosistemas que dependen de la capa superficial de la tierra.
HF (Fluoruro de Hidrógeno)	Son precipitados por la lluvia y se adhieren a los sedimentos mezclándose con aluminio en agua dulce y calcio y magnesio en agua salada.	En la atmósfera el fluoruro de hidrógeno no puede ser destruido solo cambia de forma y es transportado por el viento y las turbulencias atmosféricas independiente del estado en que se encuentren (gas o partículas)	En el suelo son retenidos y se asocian de manera beneficiosa con los componentes de este, de igual forma son incorporados a las plantas las que retienen estos fluoruros en sus hojas.

Sulfato SO_4^{2-} (sales del ácido sulfúrico)	Estas sales son nocivas para las aguas superficiales, afectan negativamente tanto a peces como. Algas de acuerdo a la cantidad concentrada puede causar la muerte de los organismos en un día. Precipita en forma de lluvia ácida.	Se limpian de la atmósfera con la lluvia y generan lluvia ácida.	En algunos casos estas sales del ácido sulfúrico se utilizan con fines agrícolas ya que puede encontrarse en el suelo, pero debido a que estas se mezclan con gases tóxicos puede llegar a ser perjudicial.
CO_2 (Dióxido de carbono)	Cuando entra en contacto con el agua por un tiempo prolongado produce la acidificación de la misma lo que afectaría los ecosistemas que viven en ella.	Produce el desplazamiento del oxígeno, y es causante del efecto invernadero al mezclarse con otros gases. En altas concentraciones puede producir asfixia	Al producir el efecto invernadero, el CO_2 no permite que los rayos solares penetren hasta alcanzar la superficie por lo que podría producir una pérdida progresiva de los nutrientes del suelo.
HCl (Ácido clorhídrico)	Provoca una acidificación de las aguas que perjudica los ecosistemas que viven en ella.	Al emerger y mezclarse con los gases que hay en la atmósfera puede producir nieblas ácidas que podrían tener efectos corrosivos sobre la piel. Precipita a la superficie mediante la lluvia ácida	Produce una acidificación de los suelos, por lo tanto, una pérdida progresiva de los nutrientes del mismo.
H_2S ((Ácido Sulfhídrico)	Precipita mediante la lluvia ácida y provoca malos olores dentro de las aguas.	Puede permanecer en promedio 18 horas en el aire y transformarse en anhídrido sulfúrico y ácido sulfúrico los cuales son causantes de la lluvia ácida.	Al precipitar al suelo en forma de lluvia ácida provoca que se pierdan los nutrientes del mismo.
OH (Hidróxido)	Disminuye la acidez del agua	Este gas al mezclarse con otras sustancias se degrada rápidamente.	Al tener contacto con el suelo el hidróxido se descompone.
N_2O_2 (Dióxido de dinitrógeno)	Este gas puede transformarse en el	Al mezclarse con otras sustancias químicas	Al precipitar en forma de lluvia ácida

	agua produciendo ácido nitroso, estos son componentes de la lluvia ácida, por lo tanto, producen la acidificación de la misma.	presentes en la atmósfera producen ácido nítrico, el cuales el principal componente de la lluvia ácida.	provoca que los suelos pierdan sus nutrientes, dado que producen acidificación de los mismos.
CINO₂ (Nitrito de cloro)	Está presente en la mayoría de la cantidad total de nitrógeno de las aguas superficiales y no constituye ningún peligro. A menos que las concentraciones sean más altas y puede provocar una mortandad de peces y organismos acuáticos.	Se mezcla rápidamente con los gases de la atmósfera, dependiendo de la cantidad puede mejorar las condiciones del aire, pero también si es abundante produce lluvia ácida.	Se precipita mediante la lluvia ácida y puede crear zonas muertas, sin vegetación.
NHO₃ (Ácido nítrico)	Produce acidificación y por lo tanto disminuye el pH normal del agua y provoca efectos nocivos en el medio acuático.	Al mezclarse con otros gases produce lluvia ácida.	Al precipitar por medio de la lluvia ácida provoca la acidificación del suelo y un desgaste del mismo.
CIO (Hipoclorito)	Al entrar en contacto con el agua provoca daños en los organismos que viven en el agua.	Al ser expulsado en el aire se mezcla con otros gases y puede llegar a ser altamente tóxico.	Al precipitar en forma de lluvia ácida y mezclado con otros gases puede producir daños severos en los ecosistemas del suelo.
O₃ (Ozono)	Al ser un gas que favorece la incrementación del efecto invernadero provoca que la calidad del agua disminuya, afectando de esta forma a los organismos que viven en ella.	El ozono contribuye a la incrementación del efecto invernadero y es muy tóxico cuando se concentra en cantidades altas	La vegetación y los cultivos son más sensibles a este gas por lo que al producirse emanaciones del mismo puede haber pérdidas importantes relacionadas a los cultivos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia en base a Instituto para la salud Geoambiental, 2021

Cabe mencionar que el material expulsado durante una erupción volcánica es variado y junto a ello se mezclan los gases antes mencionados los que se dispersan

en función de las condiciones atmosféricas. Dentro del material expulsado podemos encontrar el magma solidificado o piroclastos, las cenizas volcánicas que al ser más pequeña puede llegar a esparcirse a kilómetros del volcán y de esta forma los efectos de los gases tóxicos se amplían en base a la cantidad precipitada. Junto a lo anterior, se encuentran las coladas de lava que al solidificarse dan lugar a las rocas volcánicas.

Cada erupción es diferente incluso si se trata del mismo volcán, esto puede producir que a lo largo del tiempo se vayan originando capas diferenciadas de roca volcánica.

3.2 Monitoreo y alerta del Servicio Nacional de Geología y Minería

La Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) permite que las autoridades puedan obtener información oportuna para gestionar actividades en caso de una emergencia volcánica y, con base en ella, tomar decisiones en cuanto a la seguridad de la población. Esto se observa en la instalación de vigilancia en tiempo real, ubicada en el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), cuyo monitoreo se enfoca en 45 de los 90 volcanes que actualmente se consideran geológicamente activos dentro del territorio nacional. Además, la RNVV se ocupa de educar a la población, impulsando la conciencia y respeto por las zonas de peligro, el uso del territorio, y la elaboración y práctica de planes de emergencia volcánica (SERNAGEOMIN, 2020).

De acuerdo con los parámetros de vigilancia se establecen criterios técnicos que definen los distintos niveles de alerta volcánica, esto se observa en la siguiente imagen:

Imagen 20: “Niveles de alerta volcánica de SERNAGEOMIN”

NIVELES DE ALERTA VOLCÁNICA DE SERNAGEOMIN				
	ALERTA VERDE	ALERTA AMARILLA	ALERTA NARANJA	ALERTA ROJA
ACTIVIDAD	Sin Variación	Inestable	Variación significativa	Esperable desarrollo de un evento eruptivo
FENÓMENO	Habitual	Explosiones menores, aparición de fumarolas, incremento en parámetros de monitoreo	Probable incremento de la actividad (con respecto a nivel inferior)	Erupción mayor inminente o en curso
¿QUÉ HACER?	Sin peligro para la población	Mantenerse informado por canales oficiales de autoridades locales y nacionales	Mantenerse informado, posibles restricciones parciales de acceso al volcán	Seguir instrucciones de autoridades, posible evacuación
REPORTES	Mensuales	Quincenales	Diarios	Diarios o según evolución del proceso

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA – RED NACIONAL DE VIGILANCIA VOLCÁNICA Y OBSERVATORIO VOLCANOLÓGICO DE LOS ANDES DEL SUR (OVDAS)

Fuente: SERNAGEOMIN, 2020

Además de esto, la Red Nacional de Vigilancia Volcánica otorga información volcanológica a través de mapas geológicos y de peligros volcánicos, junto a una periódica actualización de las alertas que se pueden encontrar en la página web del Servicio Nacional de Geología y Minería, lo cual se puede observar en la siguiente imagen:

Imagen 21: “Página web del Servicio Nacional de Geología y Minería”



Fuente: SERNAGEOMIN. 2020

El Servicio Nacional de Geología y Minería también se ha ocupado de clasificar a los volcanes del territorio nacional de acuerdo con el riesgo de una erupción y su impacto en el territorio que los rodea, este ranking fue publicado el 20 de febrero del año 2020 y se puede observar en la siguiente ilustración.

Imagen 22: “Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile”



Fuente: Twitter Sernageomin, 2020

El ranking de riesgo específico tiene el objetivo de poder establecer prioridades de vigilancia dentro de un territorio que cuenta con más de dos mil volcanes y noventa y dos considerados activos; dentro de estos noventa y dos hay alrededor de treinta volcanes que han estado activos en tiempos históricos, por esta razón de acuerdo a la peligrosidad de la erupción de cada volcán y a su recurrencia, sumado a la cantidad de población y recursos económicos y productivos en el sector afectado, se define este ranking (ONEMI, 2016)

El Complejo volcánico Nevados de Chillán es uno de los tres volcanes chilenos que actualmente se encuentra con alerta amarilla, por esto y junto con su cercanía a la población y las actividades económicas de la zona que se basan en la agricultura, silvicultura, ganadería y turismo principalmente, es considerado dentro del ranking creado por el Servicio Nacional de Geología y Minería como el cuarto más peligroso del territorio nacional.

Junto a lo anterior el SERNAGEOMIN publica reportes de actividad volcánica regional y local para ir analizando la actividad de los volcanes activos dentro del territorio, estos reportes se publican de acuerdo con las variaciones de las actividades volcánicas, y pueden ser publicados diariamente o cada mes; se pueden observar a través de las siguientes imágenes:

Imagen 23: “Reporte Especial de Actividad Volcánica”



**Servicio Nacional
de Geología y
Minería**

Reporte Especial de Actividad Volcánica (REAV)
Región De Ñuble, Complejo Volcánico Nevados de Chillán
04 de enero de 2021, 13:30 Hora local (Chile continental)

El **Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (Sernageomin)** da a conocer la siguiente información PRELIMINAR, obtenida a través de los equipos de monitoreo de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV), procesados y analizados en el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (Ovdas):

Hoy lunes 04 de enero a las 13:03 hora local (16:03 UTC), las estaciones de monitoreo instaladas en las inmediaciones del **Complejo Volcánico Nevados de Chillán** registraron un sismo asociado al fracturamiento de roca (Volcano-Tectónico).

Las características del sismo luego de su análisis son las siguientes:

TIEMPO DE ORIGEN:	13:03 hora local (16:03 UTC)
LATITUD:	36,886° S
LONGITUD:	71,347° O
PROFUNDIDAD:	3,7 km
MAGNITUD LOCAL:	4,3 (ML)

Fuente: SERNAGEOMIN, 2021

El Reporte Especial de Actividad Volcánica (REAV) es publicado en la página web del SERNAGEOMIN diariamente para actualizar la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán, además se publican informes cada vez que el macizo presenta actividad inusual como algunos sismos asociados a la fracturación de la roca (ONEMI, 2016), este fue el caso del informe del día 04 de enero del año 2021 donde se identificó un sismo de 4,3 (ML) asociado al fracturamiento de la roca dentro del volcán, o la aparición de un cráter nuevo.

A través de este tipo de Reporte, el SERNAGEOMIN da cuenta de manera extraordinaria la actividad anómala de un volcán específico y/o da cuenta de un cambio en el nivel de alerta técnica (SERNAGEOMIN, 2021)

Esta información se entrega para que la población esté al tanto de los cambios que se han observado en los volcanes activos del territorio.

Imagen 24: “Reporte de Actividad Volcánica Regional”

Servicio Nacional de Geología y Minería

Reporte de Actividad Volcánica (RAV) N°83
Diciembre de 2020
Región de Ñuble

El Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) de Chile da a conocer la siguiente información, obtenida a través de los equipos de monitoreo de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV), procesados y analizados en el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS):

A. Resumen de alerta volcánica.
 De acuerdo con la evaluación de la actividad registrada durante el periodo indicado, la alerta técnica para el complejo volcánico es la siguiente:

1. Complejo Volcánico Nevados de Chillán
 Periodo evaluado: **1 al 15 de diciembre**
 Nivel de alerta técnica **AMARILLA**

alerta técnica AMARILLA

Observación: Observación: Se considera una zona de potencial afectación próxima al cráter activo con un radio de 2000 m (ver mapa adjunto).

Fuente: SERNAGEOMIN, 2020

El Reporte de Actividad Volcánica (RAV) es publicado mensualmente por región y algunos se publican quincenalmente en caso de volcanes con alerta amarilla, es el caso del Complejo volcánico Nevados de Chillán (ONEMI, 2016)

También, el SERNAGEOMIN en su página web ha publicado una ficha técnica acerca del Complejo volcánico Nevados de Chillán en la cual detalla sus características como: ubicación, superficie, altura, el tipo de volcán, además, detalla el lugar que mantiene este complejo dentro del Ranking de Riesgo Específico

Imagen 25: “Ficha del Complejo volcánico Nevados de Chillán publicada por el SERNAGEOMIN”

Servicio Nacional de Geología y Minería

INICIO SOMOS ▾ GEOLOGÍA MINERÍA BIBLIOTECA LABORATORIO SALA DE PRENSA TRÁMITES DISPONIBLES

Complejo Volcánico Nevados de Chillán

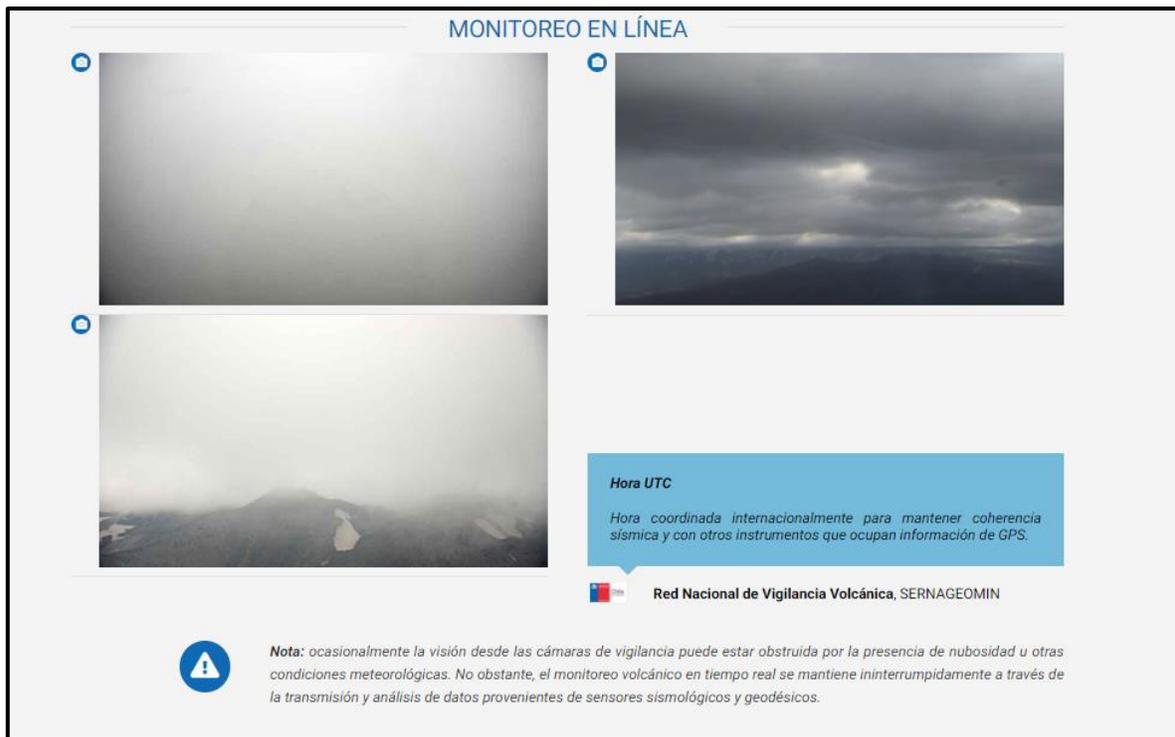
Nivel de alerta AMARILLO

Región:	Ñuble
Provincia(s):	Diguillín y Punilla
Comuna(s):	Pinto y Coihueco
Coordenadas:	36°52'S – 71°22'O
Centros poblados o asentamientos más cercanos:	Las Trancas, Termas de Chillán, Roble Huacho, Chacayal
Tipo de volcán:	Complejo volcánico
Altitud:	3212 m s.n.m.
Área basal:	150 km ²
Volumen estimado:	65 km ³
Erupciones relevantes de los últimos años:	1861-1865, 1906, 1973, 2016
Ranking de riesgo específico:	4

Fuente: SERNAGEOMIN, 2021

Dentro de esta ficha también se da cuenta diariamente del estado de actividad del Complejo Nevados de Chillán a través de fotografías obtenidas de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica, esto claramente varía de acuerdo con las condiciones climáticas de la región lo que se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen 26: “Registros visuales de la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán”



Fuente: SERNAGEOMIN, 2021

Junto a esto, la ficha del Complejo volcánico Nevados de Chillán publicada por el Servicio Nacional de Geología y Minería presenta el Reporte Especial de Actividad Volcánica (REAV) y el Reporte de Actividad Volcánica Regional (RAV), en los cuales se da cuenta del estado diario y mensual de este complejo, junto con esto, se entrega una descripción general donde se indican los poblados más cercanos, los tipos de erupción producidos, un registro de ellas, se expone sobre los peligros y riesgos asociados y también se entregan fuentes bibliográficas enfocadas al estudio del complejo y las características que se han podido encontrar de tipo prehistórico e histórico. Lo podemos se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen 27: "Reportes, descripción y fuentes relacionadas al Complejo volcánico Nevados de Chillán"

REPORTES

REAV – Reporte Especial de Actividad Volcánica

RAV – Reporte de Actividad Volcánica Regional

Generalidades

Nevados de Chillán corresponde a un complejo volcánico de forma elíptica, de composición que varía entre dacítica a andesítica. Se ubica en la cordillera andina de la Región de Ñuble, en el límite de las comunas de Coihueco y Pinto. El edificio actual posee diecisiete centros de emisión reconocibles alineados principalmente en dirección NW-SE, distribuidos en dos subcomplejos y algunos centros de emisión satélites menores. Desde el complejo volcánico surgen numerosos valles, en su mayoría estrechos, que desembocan en dos grandes ríos principales. El valle de las Trancas corresponde al sector con mayor población, tanto permanente como flotante con importante auge en periodos de invierno. En general, los poblados más cercanos se distribuyen en la parte oeste del complejo, concentrando además importantes centros turísticos de la zona, como los centros de ski Nevados de Chillán y Las Termas de Chillán. Los principales tipos de erupción del complejo han sido vulcanianas y subpliniano.

Registro eruptivo

Peligros y riesgos asociados

- Geología del Complejo Volcánico Nevados de Chillán
- Imagen satelital del Complejo Volcánico Nevados de Chillán (52,2MB, JPG)
- Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán (Texto)
- Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán (Mapa)

Información Cartográfica Disponible

Naranjo, J.A.; Gilbert, J.; Sparks, Stephen, 2008. Geología del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 114, 32 p., mapa escala 1:50.000, Santiago.

Orozco, G.; Jara, G.; Bertin, D. 2016. Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 28: 34p., 1 mapa escala 1:75.000, Santiago.

Bibliografía Complementaria

Naranjo, J.A.; Gilbert, J.; Sparks, Stephen, 2008. Geología del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 114, 32 p., mapa escala 1:50.000, Santiago.

Dixon, H.; Murphy, M.; Sparks, S.; Chávez, R.; Naranjo, J.A.; Dunkley, P.; Young, S.; Gilbert, J.; Pringle, M. 1999. The geology of Nevados de Chillán volcano, Chile. Revista Geológica de Chile: 26: 227-253.

TIENDA E-MAPS

BIBLIOTECA
Información Bibliográfica de Geología y Minería

Fuente: SERNAGEOMIN, 2021

Además, existe una tabla estadística entregada por el SERNAGEOMIN en la que se indica la cantidad de pulsos medidos de acuerdo con el rango de altura estimado para cada uno de estos, en la primera columna se muestra el rango de altura de explosiones, y en la segunda columna el total de episodios registrados en dicho rango. En la última fila se presenta el total de explosiones mayores a mil metros, estos datos fueron recogidos hasta mayo del año 2020.

Tabla 9: "Pulsos medidos de acuerdo con el rango de altura"

Rango altura metros	Número de Explosiones
0-99	8854
100-199	8869
200-299	2940
300-399	1821
400-499	1279
500-599	959
600-699	668
700-799	575
800-899	355
900-999	247
> 1000	615

Fuente: SERNAGEOMIN, 2020

Con base en lo anterior es importante mencionar que en algunos de los pulsos eruptivos registrados en el Complejo volcánico Nevados de Chillán se han observado emanaciones de ceniza y gases, las informaciones entregadas por el Servicio Nacional de Geología y Minería detallan que algunas expulsiones junto con la acción del viento han repartido cenizas en un radio de hasta 15 kilómetros desde el centro de emisión, además, se ha establecido que la actividad ha sido superficial donde se registran pulsos dominados por el vapor de agua acompañados usualmente por material particulado fino (SERNAGEOMIN, 2019).

Se han registrado también algunas emanaciones gaseosas y de material particulado incandescente de baja altura (ver imagen 28) asociadas a la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico.

Imagen 28: "Fotografía del material incandescente expulsado por el volcán"



Fuente: Josefauna Biodiversidad, 2020

Junto a esto se han observado emanaciones de ceniza y gas que alcanzan los 3.300 metros de altura y que a causa del viento puelche en la zona han descendido en algunos poblados cercanos como Las Trancas, se puede observar en la imagen 29.

Imagen 29: "Columnas de ceniza y gas emitido por el volcán"

Fuente: Josefauna Biodiversidad, 2020

3.3 Impacto de la actividad volcánica Nevados de Chillán y su relación con el desarrollo de las actividades económicas

Los volcanes tienen una importante presencia dentro de nuestro país, no solo porque se encuentran a lo largo de todo el territorio nacional y presentan actividad periódica, sino también debido a que la población se ha asentado en sus alrededores, creando incluso grandes ciudades que han subsistido y se han desarrollado en torno a ellos obteniendo provecho económico, incluso la ciudad de Santiago está rodeada de estos volcanes que hasta ahora permanecen inactivos.

El Complejo volcánico Nevados de Chillán tiene una estrecha vinculación con la población de la zona, este vínculo se da principalmente por las actividades económicas que se desarrollan como el turismo -mediante las termas y centros de esquí- la agricultura, el rubro hotelero y algunos oficios como la artesanía, por este motivo el estudio de la posible erupción de este macizo convierte a los asentamientos humanos como los principales afectados porque, aunque estos sucesos constituyen fenómenos propios de la naturaleza, afectan la estabilidad de la vida de las personas, principalmente la salud y la economía.

Vinculado a esto, en la encuesta realizada a un porcentaje de la población perteneciente al sector nororiental de la región de Ñuble se incluyó una pregunta acerca de la participación de la población en simulacros organizados por los municipios a lo que un 76% de las personas respondieron negativamente y solo un 24% afirmó haberlo hecho, esto quedó registrado en el siguiente gráfico

Gráfico 5: “¿Ha participado alguna vez de un simulacro?”



Fuente: Elaboración propia, 2020

Junto a esto se consultó a la población en lo relacionado con su percepción sobre la preparación de las autoridades comunales en caso de una erupción volcánica; un 57% de la población contestó que no cree que sus autoridades estén realmente preparadas, mientras que un 43% consideró que sí lo están, así se percibe en el gráfico 6.

Gráfico 6: “¿Cree usted que sus autoridades comunales están preparadas para enfrentarse a un evento de este tipo?”



Fuente: Elaboración propia, 2020

La Provincia de Diguillín tiene como base económica la agricultura, la silvicultura y el turismo, siendo el principal agente de atracción el Complejo volcánico Nevados de Chillán, el que cuenta con aguas termales y centros de esquí. En este contexto, la actividad volcánica que se ha producido en la zona desde el año 2015 podría afectar directamente a la población local, en cuanto a factores económicos y de salud, por lo mismo, estudiar la zona se convierte en una necesidad, saber de qué manera está educada la población, puesto que las pérdidas que provocaría un evento de esta magnitud serían incalculables; las emisiones de ceniza perjudicarían la actividad ganadera, la producción de forraje para el invierno iría en desmedro debido a la contaminación, y los cursos de agua se convertirían en una fuente de veneno para animales y ecosistemas acuáticos. De igual forma las aguas de los ríos que nacen del volcán resultarían dañadas con las cenizas y metales pesados que contengan, a lo que se le suma la posible formación de un escudo solar que afectaría la oxigenación para las especies acuáticas (USM Viña del Mar, 2015).

Por otra parte, la producción de las tierras afectadas sería cubiertas de arena y ceniza lo que produciría una demora en la producción y, por ende, pérdidas económicas, esto se vincula a la percepción de la población en cuanto al riesgo que corre frente a una posible erupción volcánica. La encuesta realizada dio a conocer el conocimiento que tiene la población sobre las erupciones y como esta los afectaría en sus diferentes ámbitos económicos, en primer lugar, un 86% de la población encuestada reconoce que la actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán supone un riesgo para ellos, lo que podemos visualizar en la tabla 13

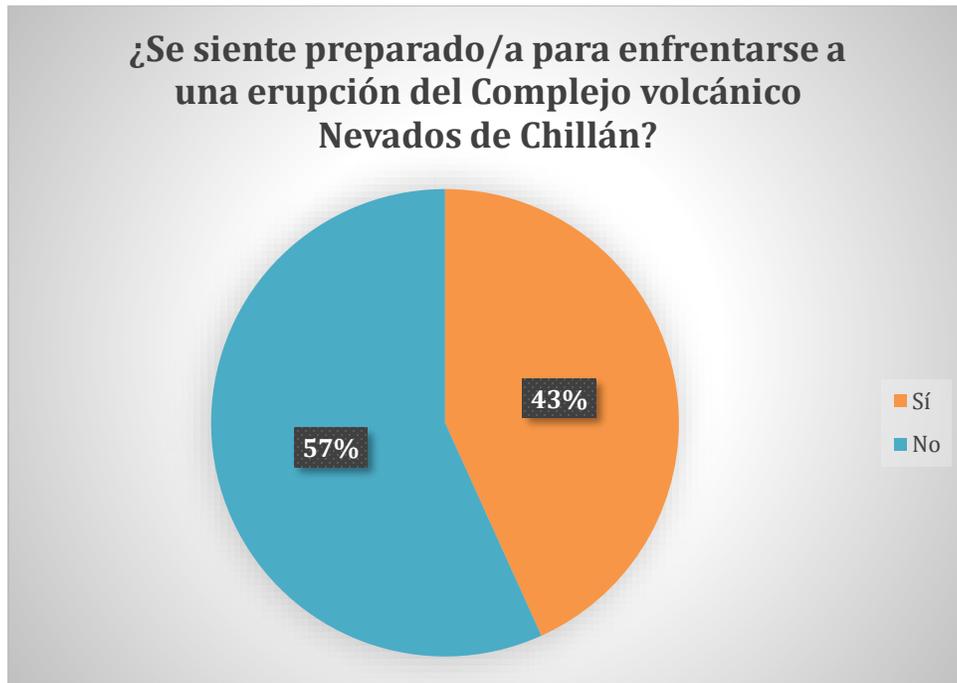
Tabla 10: “Reconocimiento del riesgo de la cercanía del volcán”

Reconocimiento del riesgo de la cercanía del volcán	Sí	86%
	No	14%

Fuente: Elaboración propia, 2020

En cuanto al sentimiento de preparación para enfrentarse a un evento eruptivo, un 57% de la población encuestada respondió que, si lo está, pero un 43% de los encuestados reconocen no sentirse preparados para reaccionar en caso de erupción, el gráfico 9 nos muestra un detalle de lo descrito precedentemente.

Gráfico 7: “¿Se siente preparado/a para enfrentarse a una erupción del Complejo volcánico Nevados de Chillán?”



Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuando se les cuestionó si consideraban relevante informarse acerca del tema, un 97% de los encuestados contestaron de manera afirmativa, mientras que un 3% de la población considera irrelevante informarse acerca de esto, podemos observarlo en la tabla número 10

Tabla 11: “¿Considera importante estar informado acerca del tema?”

¿Considera importante estar informado acerca del tema?	Sí	97%
	No	3%

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los daños originados por una erupción volcánica en el sector agropecuario serían, sin duda, los de mayor significación, debido a que afectarían a la tierra cultivable de la zona y a los cultivos y plantaciones que no hayan sido cosechados. Si bien este daño es directamente proporcional con la cercanía al volcán, provocaría que el aprovechamiento del suelo se viera alterado, derivando en la pérdida de empleos y en la disminución de los ingresos. Todo esto tiene una estrecha relación con los componentes de la ceniza expulsada, el humo volcánico, los piroclastos, entre otros.

De esta forma los efectos económicos de una posible erupción volcánica del Complejo Nevados de Chillán supondría un daño estratosférico debido a la gran cantidad de actividades rurales de la zona como son la agricultura y la ganadería,

además el sector de servicios y el turismo se verían fuertemente afectados por un evento eruptivo y lo que conlleva como es la contaminación del aire, la caída de ceniza, la contaminación de las aguas y los suelos por agentes tóxicos y no menos importante la desinformación de la población local frente a una erupción volcánica.

Capítulo IV

Discusión, conclusiones y alcances

4.1 Discusión

Mediante la información recabada a lo largo de esta investigación, y los resultados de la encuesta aplicada a parte de la población de la comuna de Pinto, se puede mencionar que:

Debido a la actividad volcánica que se ha desarrollado en la zona y los posibles efectos de una erupción, se puede definir los siguientes efectos: efectos hídricos, edafológicos y atmosféricos

- **Efectos Hídricos**

En lo concerniente a esta área de estudio, queda en evidencia que una erupción volcánica, al expulsar gases y emanar cenizas, contaminaría las fuentes superficiales de agua que, al tener contacto con esos gases o compuestos tóxicos de la ceniza volcánica, perjudicarían a la población total de la región de Ñuble, junto al ganado y a los organismos acuáticos. Si bien hay algunos gases que contribuyen de manera importante en el enriquecimiento de las aguas, la mayoría son nocivos. De acuerdo a lo recabado en este trabajo se puede mencionar que debido a las actividades económicas de la zona los impactos hídricos corresponden a un área muy delicada, debido a que principalmente la población se ocupa en tareas agrícolas y ganaderas, que debido a los gases emanados desde el volcán en una posible erupción volcánica y a su posterior precipitación en forma de lluvia ácida afectarían los cursos de agua acidificándolos, haciéndoles perder sus nutrientes y matando los ecosistemas que viven en ella, sumado a esto el consumo por parte de los animales supondría un peligro letal para ellos.

Cabe mencionar que algunos de los efectos volcánicos en el agua serían:

- Mayor turbidez del agua: debido a la gran cantidad de partículas individuales liberadas en el proceso eruptivo podría impedirse el correcto funcionamiento de los sistemas de desinfección y estimular el crecimiento de patógenos.
- Incremento en los niveles de metales y químicos: la mayor cantidad de ceniza en el agua produce el aumento de aluminios y fluoruros que en agua dulce podrían ser tóxicos para plantas y animales.
- Acidificación: debido a que la ceniza volcánica presenta ácidos como el sulfúrico o clorhídrico se podría producir una reducción del pH del agua, niveles que podrían ser inferiores a 6,5 y que son considerados inservibles para el consumo.
- Lahares: corresponde al material que fluye hacia abajo desde un volcán, es decir, los sedimentos y el agua que se desplazan desde las laderas del

volcán y que junto a los piroclastos representan la principal causa de riesgos de los volcanes (Pérez, 2015).

La contaminación de las aguas, que forman una parte muy importante de las ocupaciones económicas del área de estudio, junto con la evidencia de una preparación deficiente de la municipal, que nos deja ver la encuesta realizada, ubica a la población local en un grado de vulnerabilidad muy alto, considerando que esta, junto a amenazas naturales y riesgos, están interconectados con factores socioeconómicos, políticos y culturales y ambientales que distribuyen a la población de forma desigual (Narváez, Cano, 2004).

- **Efectos Edafológicos**

En lo que respecta a daños edafológicos, se observa que una erupción volcánica perjudicaría directamente los suelos mediante las emanaciones gaseosas y de ceniza, esto debido a que estas expulsiones gaseosas al entrar en contacto con el aire se transforman en gases aún más tóxicos como el dióxido de azufre o el dióxido de carbono que favorecen a la formación de lluvia ácida, de igual forma, estos gases provocan escudos solares que impiden que la radiación solar llegue a la superficie, produciéndose un efecto invernadero. Por estos motivos una erupción volcánica afectaría las principales actividades económicas del sector que son: la agricultura, ganadería, silvicultura y turismo, entre otros. Existen otros tipos de daño producido por las erupciones volcánicas, estos son:

- Coladas de lava: generan destrucción directa sobre las formaciones vegetales que se encuentran a su paso. Las altas temperaturas generadas junto a los gases liberados producen daños indirectos en el suelo. Otro efecto producido por las coladas de lava y que afectan el suelo son los incendios forestales que se pueden extender por grandes áreas junto a los efectos del paso de las coladas.
- Caída de piroclastos: las erupciones volcánicas emiten piroclastos de diferentes tamaños y con diferentes grados de intensidad. Cenizas, lapilli, bombas y bloques afectan de diversa forma a la vegetación, teniendo en cuenta que cuanto menor es el tamaño la dispersión de los piroclastos será mayor. Los daños generados por piroclastos en la vegetación van a depender del volumen, temperatura y grado de humedad, velocidad de caída y tamaño de las partículas que se depositan. La velocidad de caída y su temperatura pueden producir la quema de la vegetación y la pérdida de las hojas de las plantas o el completo deterioro de los bosques. Además, la ceniza puede producir un agostamiento de la vegetación debido a la falta de aireación de las raíces.

- Flujos piroclásticos: pueden causar la destrucción instantánea de todo lo que encuentran a su paso incluida la vegetación. Si estos flujos van precedidos por una onda de choque la vegetación puede ser arrancada de raíz o cortar los troncos de los árboles a ras de suelo.
- Avalanchas: el efecto de las avalanchas volcánicas en la vegetación se basa en el arrastre que genera sobre todo lo que se encuentra en las laderas afectadas. La vegetación que no es arrastrada queda recubierta por millones de metros cúbicos de roca y perece de igual forma.
- Lahares: estos se mueven a gran velocidad por los barrancos que tienen en sus cabeceras en las laderas de los volcanes y según las propiedades del flujo (velocidad, densidad, capacidad de portar bloques de considerable tamaño, temperatura, entre otros) producirá diversos efectos dañinos. Los lahares de gran tamaño pueden no solo arrastrar la vegetación, sino que también pueden dejarla recubierta total o parcialmente por depósitos (González, 2006)

Debido a que la zona estudiada es mayoritariamente rural, se realizan actividades típicas del campo, como la siembra de hortalizas, la cría de animales, y los cultivos de fruta de temporada para exportar. Además, la cercanía con un atractivo turístico de la envergadura de las Termas de Chillán influye en el desarrollo de oficios como la artesanía, la pastelería, entre otros, cuyos productos son puestos al servicio de los casi cien mil turistas que recibe este complejo cada invierno, de modo que una erupción volcánica podría deteriorarlos notablemente.

- **Efectos Atmosféricos**

En lo atinente a los daños atmosféricos, estos se producirían debido a la emanación de gases y cenizas volcánicas que están cargadas de componentes tóxicos que influyen en la contaminación del aire, formación de la lluvia ácida y el efecto invernadero; algunos gases emitidos por volcanes -como el ozono-, impiden que las plantas absorban el dióxido de carbono por lo que el aire se saturaría de gases tóxicos para animales, plantas y seres humanos. Además, la ceniza volcánica podría viajar muchos kilómetros cubriendo el cielo e impidiendo la radiación solar directa hacia el suelo. A la luz de esta mirada, estudiar esta área es relevante porque los efectos hídricos y edafológicos dependen de las interacciones gaseosas que se produzcan en la atmósfera. Si las emanaciones de cenizas volcánicas son frecuentes se favorece el daño a los ecosistemas, además causan problemas de salud a mediano y largo plazo, por esta razón es de mucha relevancia estudiar los compuestos de las cenizas volcánicas y sus efectos en el medio ambiente (Woodward *et. al.*, 2000).

Como ya se ha observado, los efectos hídricos, edafológicos y atmosféricos serían nefastos si el complejo Nevados de Chillán hiciera erupción y, por lo mismo, se cree relevante que la población esté debidamente preparada para evacuar la zona, más aun considerando que la única vía de escape es la ruta N-55, la que hoy en día cuenta con dos vías, en cuyo trayecto hay múltiples curvas, factor que viene a acrecentar el riesgo que corre la población al enfrentarse a estos fenómenos naturales, puesto que, en caso de evacuación, podrían exponerse a accidentes de tránsito.

Es evidente que una erupción volcánica en la zona precordillerana de la región de Ñuble afectaría las condiciones de vida de la población, animales y cultivos, los que, según lo observado en la encuesta, se alzan como la base económica del área estudiada. Esta población, además de permanecer en constante riesgo, no observa que se dé realce a los desastres naturales asociados a la región, ni que exista una educación de mitigación de los riesgos, por lo que la situación de estos individuos es muy delicada y debería representar un verdadero desafío para las autoridades.

4.2 Conclusión

La actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán que inició a fines del año 2015 ha sido objeto de atención tanto por parte de los habitantes de la región de Ñuble, como de las autoridades nacionales, debido a su ubicación geográfica y a las actividades que se han establecido en torno al macizo, las que han otorgado trabajo y crecimiento económico a la región mediante el turismo rural, los centros de esquí y las termas. Por lo mismo, estudiar de qué manera una erupción de este complejo volcánico perjudicaría a la población local en el ámbito económico, se convirtió en una necesidad que buscaba aportar al conocimiento y prevención de la población.

Mediante esta investigación se pudo dar cumplimiento a los objetivos propuestos; en lo que atañe al objetivo general: analizar la amenaza del Complejo volcánico Nevados de Chillán sobre el territorio nororiental de la región de Ñuble, para determinar su impacto en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas que interfieren el desarrollo normal de las actividades económicas de la población, este se logra mediante la revisión de fuentes bibliográficas, que apuntó a que la población que se ha asentado en el sector nororiental de la zona presenta una alta vulnerabilidad principalmente económica, debido a que los daños ejercidos por una posible erupción volcánica afectarían las actividades agrícolas, ganaderas y del área turística que se ha explotado fuertemente en base a las Termas de Chillán.

Considero que los datos obtenidos dentro de este estudio avalan la hipótesis planteada -La actividad del Complejo volcánico Nevados de Chillán representa una amenaza directa sobre la población localizada al nororiente de la región de Ñuble, específicamente en las localidades de Las Trancas, Los Lleuques, Recinto y el Valle de Shangri-La, además de los centros de esquí de las Termas de Chillán; dado el impacto en el cambio de las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas, que perturbaría el desarrollo normal de las actividades económicas predominantes de estas zonas, como la agricultura, silvicultura y el turismo-, puesto que el riesgo de una posible erupción volcánica del Nevados de Chillán es inminente y, en el caso de que sucediera, sus consecuencias no solo serían nefastas para los locatarios, a nivel hídrico, atmosférico y edafológico, sino que también constituye un peligro para las actividades económicas desarrolladas en la zona cercana al volcán.

En el caso de las consecuencias edafológicas, una erupción volcánica provocaría desequilibrio en lo que respecta a funcionamiento del suelo y desarrollo de cultivos, puesto que la ceniza precipitada contiene agentes tóxicos que podrían quemar las plantaciones o siembras, además de perjudicar el suelo, haciéndolo perder sus propiedades nutritivas.

En lo alusivo a los daños atmosféricos, se puede establecer que, debido al radio de expansión de las emanaciones gaseosas, estas pueden afectar a varios kilómetros alrededor del cono de eyección, lo que junto a la acción del viento expandiría cenizas y gases tóxicos a un área muy extensa, pudiendo afectar la salud de los seres humanos.

Desde esta perspectiva, queda en evidencia que una erupción volcánica interferiría en la vida cotidiana de las personas y en sus ocupaciones normales de una manera negativa, ya que las actividades económicas de la zona y las consecuencias de una erupción están directamente relacionadas, por ello, estas últimas se verían gravemente perjudicadas.

4.3 Alcances

Con base en el objetivo general propuesto: “analizar la amenaza del Complejo volcánico Nevados de Chillán sobre el territorio nororiental de la región de Ñuble, para determinar su impacto en las condiciones atmosféricas, hídricas y edafológicas que interfieren en el desarrollo normal de las actividades económicas de la población”, solo había guías vagamente investigadas relacionadas con este estudio, por lo tanto, este trabajo buscó la familiarización con el tema teniendo como objetivo llevar a cabo una exploración más acabada en un futuro, asimismo, este estudio

podría tener impactos de orden administrativo, dado que la población consultada expresó que dentro de la comuna no se realizan actividades preventivas frente al riesgo que supone la actividad del Complejo Nevados de Chillán, un bajo porcentaje de la población (24%) respondió afirmativamente que ha participado en simulacros, lo cual representa un alto riesgo debido al desconocimiento de los habitantes del sector.

Se espera que una próxima investigación supere las limitaciones de esta, dado que, debido al contexto mundial, la ejecución de este trabajo no contó con un levantamiento de información en terreno, por ende, la muestra se constituyó por un número reducido de informantes.

Cabe enfatizar que indagar más a fondo en las percepciones sociales del fenómeno abordado, tributaría al enriquecimiento de este estudio. Además, sería muy relevante efectuar esta investigación en cinco años más, para ver si el rango de posible daño ha aumentado, de manera que se pueda realizar un análisis comparativo, tomando como base el presente trabajo.

Por añadidura, es sustancial indicar que esta investigación podría ser útil para reevaluar y/o mejorar los planes de acción relacionados con los eventos eruptivos en la zona; a modo de sugerencia, debiera efectuarse una concientización sobre los riesgos y planes de mitigación que abarque a toda la población, incluir simulacros semestrales para toda la comuna y localidades que podrían verse dañadas por la erupción del complejo Nevados de Chillán, entre otros.

Bibliografía

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2020). *EPA en español*. Obtenido de Volcanes: <https://espanol.epa.gov/espanol/volcanes#:~:text=Los%20gases%20volc%C3%A1nicos%20que%20imponen,en%20la%20direcci%C3%B3n%20del%20vient>

Aqualia. (06 de octubre de 2015). *iagua*. Obtenido de ¿Cómo afectan las erupciones volcánicas al caudal de los mayores ríos del mundo?: <https://www.iagua.es/noticias/ep/15/10/06/como-afectan-erupciones-colcanicas-al-caudal-mayores-rios-mundo>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (05 de septiembre de 2017). *Ley Chile*. Obtenido de Ley 21033 CREA LA XVI REGIÓN DE ÑUBLE Y LAS PROVINCIAS DE DIGUILLÍN, PUNILLA E ITATA: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1107597>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (19 de octubre de 2012). *Reportes Estadísticos Comunales 2012*. Obtenido de https://web.archive.org/web/20121019163348/http://reportescomunales.bcn.cl/index.php/Pinto#Poblaci.C3.B3n_seg.C3.BAn_pobreza_CASEN_2003-2009

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2015). *Pinto*. Obtenido de Reportes Estadísticos: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2015&idcom=8411

Biblioteca del Congreso Nacional. (2020). *Pinto*. Obtenido de Reportes Estadísticos 2020: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2020&idcom=16106

Biblioteca Nacional de Chile. (06 de septiembre de 2020). *Memoria Chilena*. Obtenido de La hidrografía en Chile: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-100648.html>

Biblioteca Nacional de Chile. (2020). *Memoria Chilena*. Obtenido de Bandidaje rural en Chile central (1820-1920): <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-560.html>

Biblioteca Nacional. (2020). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de Hidrografía: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/hidrografia.htm>

Brüggen, J. (1948). *Contribución a la geología de los volcanes y termas de Chillán*. Santiago: Imprenta Universitaria.

Centro de Investigación de Suelos Volcánicos. (s.f.). *Erupciones, Mineralogía y Formación de Suelos Volcánicos*. Obtenido de <http://www.cisvo.cl/cisvo1/erupciones-mineralogia-y-formacion-de-suelos-volcanicos/>

Cepal. (20 de mayo de 1992). *Efectos económicos de la erupción del volcán Cerro Negro en Nicaragua*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29986/S9250051_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cid-Ortiz, G. C. (2012). Percepción del riesgo en relación con capacidades de autoprotección y autogestión, como elementos relevantes en la reducción de la vulnerabilidad en la ciudad de La Serena. *Revista Invi*, 105-142.

Chile. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. (1980). *Biblioteca Digital Ciren*. Obtenido de Hoyas Hidrográficas de Chile: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/2348>

Cremona, M. F. (2020). *Las cenizas volcánicas y los suelos de la región*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cenizasysuelos.pdf>

Cooperativa. (12 de junio de 2020). *Cooperativa*. Obtenido de Sernageomin detectó nuevo cráter en el Complejo Volcánico Nevados de Chillán: <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/desastres-naturales/erupciones-volcanicas/sernageomin-detecto-nuevo-crater-en-el-complejo-volcanico-nevados-de/2020-06-12/105553.html>

Cooperativa. (12 de junio de 2020). *Cooperativa*. Obtenido de Sernageomin detectó nuevo cráter en el Complejo volcánico Nevados de Chillán: <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/desastres-naturales/erupciones-volcanicas/sernageomin-detecto-nuevo-crater-en-el-complejo-volcanico-nevados-de/2020-06-12/105553.html>

Cooperativa. (13 de abril de 2020). *Cooperativa*. Obtenido de Volcán Chillán registró pulso eruptivo con fumarola que sobrepasó los 2,5 kilómetros de altura: <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-nuble/volcan-chillan-registro-pulso-eruptivo-con-fumarola-que-sobrepaso-los/2020-04-13/134855.html>

Dirección Meteorológica de Chile. (2020). *Dirección General de Aeronáutica Civil*. Obtenido de Anuarios Climatológicos: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/anuarios>

- España. Ministerio de Medio Ambiente, Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos. (2003). *Unesco*. Obtenido de Agua para todos, Agua para la vida: informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149406_spa
- Europa Press. (6 de octubre de 2015). *iagua*. Obtenido de ¿Cómo afectan las erupciones volcánicas al caudal de los mayores ríos del mundo?: <https://www.iagua.es/noticias/ep/15/10/06/como-afectan-erupciones-colcanicas-al-caudal-mayores-rios-mundo>
- Orozco, G. J. (2016). *Peligros del Complejo volcánico Nevados de Chillán*. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/volcanes/01/Carta_Peligros_Complejo_Volcanico_Nevados_Chillan.pdf
- García, Ú. P. (08 de diciembre de 2018). *Meteored*. Obtenido de Impacto de las erupciones volcánicas en la atmósfera: <https://www.meteored.mx/noticias/divulgacion/impacto-de-las-erupciones-volcanicas-en-la-atmosfera.html>
- IDE.CIGIDEN. (07 de junio de 2017). *Zonas Geológicas*. Obtenido de http://ide.cigiden.cl/layers/geonode:mundo_zonas_geologicas
- Ilustre Municipalidad de Pinto. (2017). *Plan de Desarrollo Comunal Pinto 2018-2023*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/11Cof7S-aFj-AKISjHI57WoNs1G7cKPCf/view>
- Inia Tierra Adentro. (2008). *Los efectos de cenizas volcánicas sobre los ecosistemas agropecuarios*. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/remehue/noticias/EfectoscenizassuelosHeppTA2008.pdf>
- Inia. (2020). *Antecedentes generales, económicos y agrícolas de la nueva Región de Ñuble*. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/libros/NR42041.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). *INE*. Obtenido de Región del Bío Bío: <https://regiones.ine.cl/biobio/inicio>
- Intagri. (2017). *Los Factores de Formación del Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/los-factores-de-formacion-del-suelo>
- Investigación y Desarrollo. (30 de septiembre de 2018). *ID*. Obtenido de Un peligroso volcán islandés expulsa tanto CO2 como un millón de coches:

<https://invdes.com.mx/medio-ambiente/un-peligroso-volcan-islandes-expulsa-tanto-co2-como-un-millon-de-coches/>

La Discusión. (15 de junio de 2020). *La Discusión*. Obtenido de Aumentan zona de peligro alrededor del volcán Chillán: <http://www.ladiscusion.cl/aumentan-zona-de-peligro-alrededor-del-volcan-chillan/>

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2020). *Indicadores Territoriales*. Obtenido de <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/indicadores/>

Ministerio de Desarrollo Social. (24 de junio de 2016). *Casen*. Obtenido de Metodología actualizada de estimación para áreas pequeñas (SAE): Tasa de pobreza por ingresos a nivel comunal (2011-2013): http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Metodologia_SAE_Tasa_Pobreza_por_Ingresos_2011_2013.pdf

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (29 de febrero de 2000). *Reliefweb*. Obtenido de Efectos en la salud por les erupciones del Tungurahua: <https://reliefweb.int/report/ecuador/efectos-en-la-salud-por-les-erupciones-del-tungurahua>

Ministerio de Salud. (06 de septiembre de 2020). *Departamento de Gestión de Riesgos en Emergencias y Desastres Naturales*. Obtenido de Tambora, 1815: La erupción que dejó sin verano al hemisferio norte: <https://degreyd.minsal.cl/tambora-1815-la-erupcion-que-dejo-sin-verano-al-hemisferio-norte/>

Municipalidad de Pinto. (2017). *Plan de Respuesta: Erupción volcán Nevados de Chillán*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0BygHr1DTNyggNWVkNE56cVN2VFE/view>

Naranjo, J. G. (2008). *SERNAGEOMIN*. Obtenido de Geología del Complejo volcánico Nevados de Chillán: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/volcanes/01/carta-NevadosdeChillan.pdf>

Narvárez, O. C. (2004). Cenizas volcánicas. *Scielo*, 232-238.

Núñez, S. (11 de octubre de 2019). *La Discusión*. Obtenido de Volcán Chillán presenta nuevo centro de emisión al interior de cráter: <http://www.ladiscusion.cl/volcan-chillan-presenta-nuevo-centro-de-emision-al-interior-crater/>

Octavio Narvárez Porras, F. C. (4 de septiembre de 2004). *SCielo*. Obtenido de Cenizas volcánicas: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-75852004000300009

- OMS, OPS. (2005). *Guía de preparativos de Salud Frente a Erupciones Volcánicas - Módulo 4: Salud Ambiental y el Riesgo Volcánico*. Obtenido de <http://helid.digicollection.org/en/d/Js8259s/7.1.html>
- Onemi. (22 de diciembre de 2020). *Onemi*. Obtenido de Monitoreo Alerta Amarilla para las comunas de Pinto y Coihueco por actividad del complejo volcánico Nevados de Chillán: <https://www.onemi.gov.cl/alerta/monitoreo-alerta-amarilla-para-las-comunas-de-pinto-y-coihueco-por-actividad-del-complejo-volcanico-nevados-de-chillan/>
- OPS. (2002). Obtenido de Los volcanes y la protección de la salud: <https://www.paho.org/arg/images/Gallery/Varias/Volcanes%20y%20proteccion%20de%20la%20salud.pdf?ua=1>
- Organización Panamericana de la Salud. (1998). *Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario - Guías para el Análisis de Vulnerabilidad*. Washington D.C.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Los Desastres Naturales y la protección de la salud*.
- Pfanzelt, S. G. (2008). A vegetation map of Nevados de Chillan volcanic Complex, Bio Bio Region, Chile. *Scielo*, 209-219.
- Redacción. (27 de junio de 2011). *Río Negro*. Obtenido de Las cenizas volcánicas y sus efectos sobre el suelo: https://www.rionegro.com.ar/las-cenizas-volcanicas-y-sus-efectos-sobre-el-ASRN_652332/
- Reyes, C. (09 de mayo de 2018). *Servicio Nacional de Geología y Minería*. Obtenido de (La Tercera) Sernageomin: Los nueve volcanes más riesgosos de Chile: <https://www.sernageomin.cl/la-tercera-sernageomin-los-nueve-volcanes-mas-riesgosos-de-chile/#:~:text=A%20cada%20uno%20de%20los,sectores%20aleda%C3%B1os%20una%20eventual%20erupci%C3%B3n>
- Romero Toledo, H. R. (2015). Ecología política de los desastres: vulnerabilidad, exclusión socio-territorial y erupciones volcánicas en la patagonia chilena. *Scielo*, 7-26. Obtenido de Ecología política de los desastres: vulnerabilidad, exclusión socio-territorial y erupciones volcánicas en la patagonia chilena.
- Segovia, P. (11 de mayo de 2015). *Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales UACH*. Obtenido de Posibles efectos de la ceniza volcánica en el suelo y en la vegetación: <http://www.forestal.uach.cl/noticias/post.php?s=2015-05-11-posibles-efectos-de-la-ceniza-volcanica-en-el-suelo-y-en-la-vegetacion>

- Servicio Nacional de Geología y Minería. (febrero de 2018). *Chile, Territorio volcánico*. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/pdf/LIBROdevolcanes_SERNAGEOMIN.pdf
- Servicio Nacional de Turismo. (2018). *Manual de Destinos*. Obtenido de Elementos para la gestión de Destinos Turísticos: <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2018/11/Manual-de-Destinos-Elementos-para-la-gestio%CC%81n-de-destinos-turisticos-1.pdf>
- Soy Digital. (22 de septiembre de 2016). *Productor Agropecuario*. Obtenido de Efectos de la ceniza volcánica, ¡proteja sus cultivos!: <https://revistaproagro.com/efectos-de-la-ceniza-volcanica-proteja-sus-cultivos/>
- Sruoga, P. (2020). *Conicet Mendoza*. Obtenido de Contaminación por vulcanismo: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/ContamVu lc.htm>
- T13. (15 de junio de 2020). *T13*. Obtenido de Amplían zona de peligro por actividad eruptiva en el Complejo Volcánico Nevados de Chillán: <https://www.t13.cl/noticia/nacional/amplian-zona-peligro-actividad-eruptiva-complejo-volcanico-nevados-chillan-15-06-2020>
- UNESCO. (19 de junio de 2019). *Dieciocho nuevas reservas ingresan en la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO*. Obtenido de <https://es.unesco.org/news/dieciocho-nuevas-reservas-ingresan-red-mundial-reservas-biosfera-unesco#:~:text=Las%20reservas%20de%20biosfera%20de,sostenible%20de%20los%20recursos%20naturales.&text=Es%20una%20iniciativa%20pionera%20en,noci%C3%B3n%20misma%20de>
- Universidad de Chile. (6 de agosto de 2019). *Instituto de asuntos públicos*. Obtenido de Región de Ñuble se prepara para crecer y se proyecta hacia el futuro: <https://www.uchile.cl/noticias/156402/region-de-nuble-se-prepara-para-crecer#:~:text=La%20Regi%C3%B3n%20de%20%C3%91uble%20es,hortalizas%20y%20vinos%20entre%20otros>
- Universidad de Caldas. (2011). *Edafología*. Caldas: Espacio Gráfico Comunicaicones S.A.
- Universidad Técnica Federico Santa María. (4 de Mayo de 2015). *Los efectos en salud y economía que trajo la erupción del volcán Calbuco*. Obtenido de <https://noticias.usm.cl/2015/05/04/los-efectos-en-salud-y-economia-que-trajo-la-erupcion-del-volcan-calbuco/>

Volcano Active Fundation. (2020) *¿Cómo afecta una erupción volcánica a su entorno y a la salud?*

Yáñez, G. (10 de noviembre de 2020). *Malargüe Diario*. Obtenido de Alerta Amarilla por la reactivación del Complejo Volcánico Nevados de Chillán: <https://www.malarguediario.com/alerta-amarilla-por-la-reactivacion-en-el-complejo-volcanico-nevados-de-chillan/>

Capítulo IV

Anexos

Anexo N°1

Encuesta de vulnerabilidad dirigida

“Comuna de Pinto”

1. Antecedentes generales del encuestado:

- Sexo: Masculino Femenino
- Edad: 15 – 18 años 20 – 39 años 40 – 64 años 65 y más años

2. Antecedentes socioeconómicos y residenciales del encuestado:

a. Sector de residencia:

Pinto Centro:

Los Lleuques:

El Rosal:

Las Trancas:

Otro: _____

a. Tipo de vivienda: Material sólido Material ligero

b. Formas de tenencia de la vivienda: Propietario Arrendatario Otros

¿Cuál?: _____

c. Años de residencia en el lugar:

>1 años 2 – 5 años 6 – 10 años < 10 años

d. Lugar de trabajo: Dentro de la comuna Fuera de la comuna

e. Situación laboral: Dependiente Independiente Otro

¿Cuál?

f. ¿En qué sector se desempeña laboralmente? Sector privado Sector público

g. ¿En qué área laboral se desempeña?:

Agricultura

Turismo

Forestal

Artesanía

Otro _____

3. Antecedentes de conocimientos previos:

a. Usted reconoce el riesgo que implica su cercanía con el volcán: Si No

b. ¿Se siente preparado/a para enfrentarse a una erupción del Complejo volcánico Nevados de Chillán?: Si No

c. ¿Considera importante estar informado acerca del tema?: Si No

e. ¿Ha participado alguna vez de un simulacro?: Si No

f. ¿Cree usted que sus autoridades comunales están preparadas para enfrentarse a un evento de este tipo?: Si No