

Número Especial:
Sociedad y Volcanología (SOVOL)

LOS PELIGROS VOLCÁNICOS EN LA PLANIFICACIÓN URBANA EN CHILE

Carolina Geoffroy^{1*} e Isabella Ciocca¹

RESUMEN

En Chile, la planificación urbana, urbanización y construcción están reguladas por las normas vigentes establecidas en la Ley General de Urbanismo y Construcciones junto con su Ordenanza. Los Instrumentos de Planificación Territorial que regulan las áreas urbanas en Chile son los Planes Reguladores Comunales, los que deben incluir un “Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental”. Para este estudio, se revisó la nomenclatura relacionada a peligros volcánicos en el marco regulatorio y el estado de la planificación territorial para comunas que se encuentran en un radio de 50 km de cinco de los centros volcánicos más activos del país, para analizar cómo se abordan los peligros volcánicos en la planificación territorial a nivel comunal en Chile. A partir de esto fue posible reconocer las diferencias que existen entre los instrumentos, tanto en su nivel de actualización, como en la mención que realizan de los peligros de origen natural y, en particular, los peligros volcánicos. En general, el peligro volcánico es incorporado con mayor frecuencia en instrumentos indicativos, mientras que en instrumentos normativos estos no se mencionan. Además, se reconoce la necesidad de mejorar la definición de peligros volcánicos en la normativa chilena.

PALABRAS CLAVES

Peligro volcánico; Planificación territorial; Estudios de riesgo; Normativa; Chile

VOLCANIC HAZARDS IN URBAN PLANNING IN CHILE

ABSTRACT

In Chile, urban planning, urbanization, and construction are regulated by the current regulations established in the General Law of Urbanism and Construction together with its Ordinance. The Territorial Planning Instruments that regulate urban areas in Chile are the Communal Regulatory Plans, which must include a “Risk and Environmental Protection Study”. For this study, we reviewed the nomenclature related to volcanic hazards in the regulatory framework and the status of territorial planning for municipalities (or communes) within a radius of 50 km from five of the most active volcanic centers in the country, to analyze how volcanic hazards are addressed in territorial planning at the municipal level in Chile. It was possible to recognize the differences that exist between the instruments, both in their level of updating, and in whether natural hazards, particularly volcanic hazards, are mentioned. In general, the volcanic hazard is more frequently incorporated in indicative instruments, while in normative instruments it is not mentioned. Additionally, there is a recognized need to improve the definition of volcanic hazards in Chilean regulations.

KEYWORDS

Volcanic Hazard; Territorial Planning; Risk studies; Regulations; Chile

1. Xterrae Geología, Santiago de Chile, Chile.

*Autor de correspondencia:
carolina.geoffroy@xterrae.cl

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.123>

RECIBIDO

12 de septiembre de 2022

ACEPTADO

18 de abril de 2023

PUBLICADO

1 de julio de 2023

Formato cita

Recomendada (APA):

Geoffroy, C. & Ciocca, I. (2023). Los peligros volcánicos en la planificación urbana en Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 36-56. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.123>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

Diseño: Lupe Bezzina

INTRODUCCIÓN

Chile se ubica en las zonas de subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, y entre las placas Antártica y Sudamericana, ambas zonas separadas por la subducción de la Dorsal de Chile a los $\sim 47^{\circ}\text{S}$, dando origen al arco volcánico de la Cordillera de los Andes. Existen tres zonas volcánicas de este arco ubicadas en Chile (Stern, y otros, 2007): la Zona Volcánica Central, en la zona norte del país ($17\text{--}27^{\circ}\text{S}$) y compartida con Bolivia y Perú; la Zona Volcánica Sur en la zona centro-sur de Chile ($33\text{--}46^{\circ}\text{S}$); y la Zona Volcánica Austral en el sur del país ($49\text{--}55^{\circ}\text{S}$) (Figura 1). A lo largo de estas zonas volcánicas se reconocen numerosos centros eruptivos, de los cuales 92 se consideran geológicamente activos (RNVV-Sernageomin, Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile, 2020).

Las erupciones volcánicas corresponden a fenómenos recurrentes, ampliamente distribuidos en términos geográficos, con un alto grado de afectación a corto y largo alcance, y con impactos que pueden durar por años e incluso pueden implicar cambios en la geomorfología del territorio. En Chile han ocurrido más de 170 erupciones desde el siglo XX (Global Volcanism Program, 2013), entre las que destacan en los últimos años, por sus impactos, alcance y explosividad, la erupción del volcán Chaitén en 2008, la del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle en 2011 y la del volcán Calbuco en 2015.

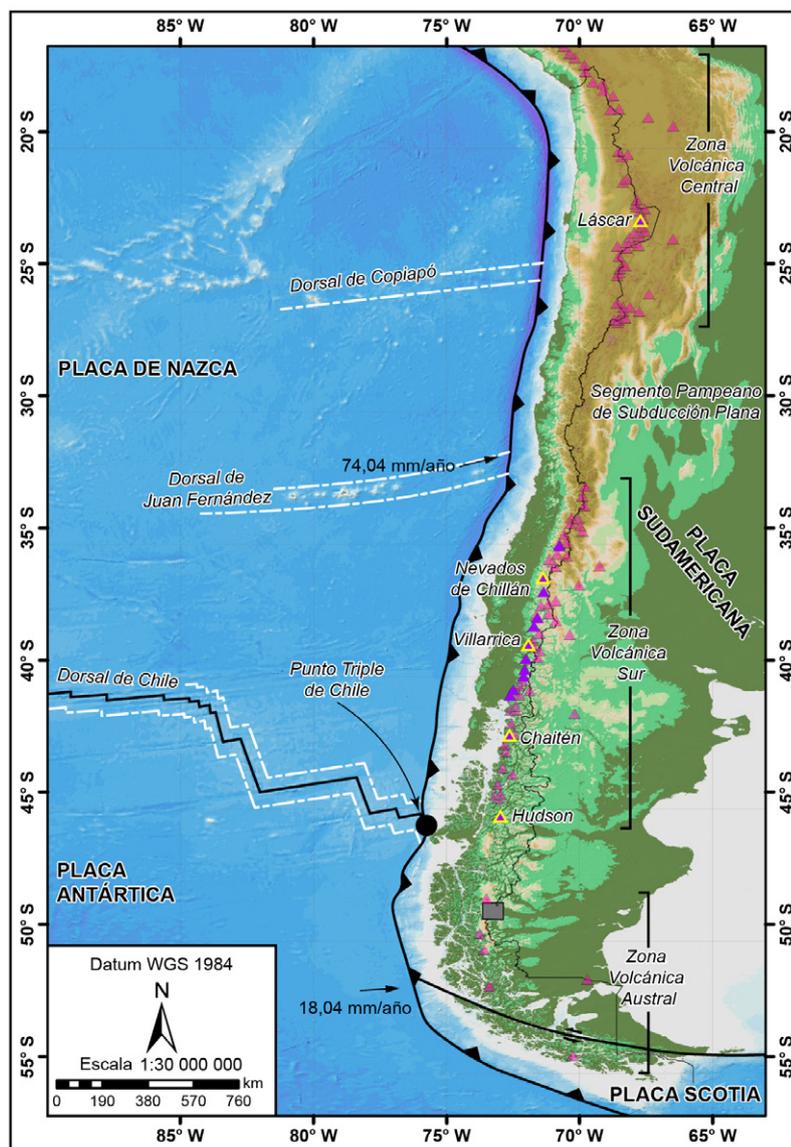


Figura 1. Contexto geodinámico de Chile

Fuente: Autoras, 2023, en base a DeMets, Gordon, Argus & Stein (1994) y Global Volcanism Program (2013).

Notas: En rosado: centros eruptivos holocenos; en morado: centros eruptivos pleistocenos; destacados en amarillo: centros eruptivos analizados en este trabajo.

El Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) a través de su Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) es la institución pública encargada de generar “*conocimiento científico-técnico sobre la actividad volcánica en territorio nacional, con el fin de proveer información oportuna a las autoridades para la correcta gestión de emergencias volcánicas y en la toma de decisiones enfocadas en la seguridad de la población y al resguardo de la infraestructura*” (RNVV-Sernageomin, Nuestro Equipo, 2022), por medio del monitoreo volcánico, a cargo del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS) y de la construcción de mapas geológicos y de peligros volcánicos, y su difusión.

Por otro lado, el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED) es el “*organismo técnico del Estado a cargo de planificar y coordinar los recursos públicos y privados destinados a la prevención y atención de emergencias y desastres de origen natural o provocados por la acción humana, proporcionando a los ministerios, delegaciones, gobernaciones regionales, municipios y organismos de Protección Civil de nivel nacional, regional, provincial y comunal, modelos y planes de gestión permanente para la prevención y manejo de emergencias, desastres y catástrofes*” (SENAPRED, 2023). Este organismo técnico existe desde el año 2023 y se estableció por la Ley 21.364 en reemplazo de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI).

Además, existen algunos centros de investigación asociados a universidades que se dedican a la investigación en temas de peligros y riesgos, entre los que abordan los de origen volcánico, como el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN) y el Instituto Milenio de Investigación en Riesgo Volcánico Ckelar Volcanes.

En general, el conocimiento desarrollado por estas instituciones es utilizado directamente con fines informativos, para la generación de alertas tempranas y la elaboración de planes de emergencia y de evacuación. Para que estos insumos sean utilizados con fines de ordenamiento territorial se deben abordar desde la normativa que regula la planificación territorial en el país.

La planificación territorial busca analizar y gestionar el desarrollo y expansión de un determinado territorio, mediante la regulación del uso, ocupación y transformación de este (Márquez Poblete & Veloso Pérez, 2021). En Chile existen Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) de carácter normativo e indicativo (Espinace Vidal, 2020). En la Tabla 1 se presenta un resumen de los acrónimos relevantes en este trabajo. La planificación urbana, urbanización y construcción están reguladas por las normas vigentes establecidas en la Ley General de Urbanismo y Construcciones junto con su Ordenanza (LGUC y OGUC, respectivamente).

Nombre	Tipo	Acrónimo	Carácter IPT
Ley General de Urbanismo y Construcciones	Norma vigente	LGUC	
Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	Norma vigente	OGUC	
Límite Urbano	IPT	LU	Normativo
Plan Seccional	IPT	PS	Normativo
Plan Regulador Comunal	IPT	PRC	Normativo
Plan Regulador Intercomunal	IPT	PRI	Normativo
Plan de Desarrollo Comunal	IPT	PLADECO	Indicativo
Estudio de Riesgos y Protección Ambiental	Estudio	ERPA	

Tabla 1. Acrónimos relevantes en el estudio y carácter de Instrumentos de Planificación Territorial (IPT)
Fuente: Autoras, 2023.

Los IPT que regulan las áreas urbanas son los Planes Reguladores Comunales (PRC). Estos deben incluir un “Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental” (ERPA) con sus respectivas áreas de restricción y condiciones para ser utilizadas, de acuerdo con las disposiciones contempladas en los artículos 2.1.17. y 2.1.18. (artículo 2.1.10 de la OGUC). Los Planes Reguladores Intercomunales (PRI), por su parte, regulan “*el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana*” (artículo 34° de la LGUC). Si dicha unidad urbana sobrepasa los 500.000 habitantes, pasa a categoría de área metropolitana, y se regulará por los Planes Reguladores Metropolitanos (artículo 34° de la LGUC). El resto de las áreas rurales a nivel regional no cuentan con normativa específica de planificación, no obstante,

existen planes de carácter indicativo a escala regional que sirven como guías para la planificación en estas áreas (Espinace Vidal, 2020).

También existen los Planes Comunales de Desarrollo, más ampliamente denominados como Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO), instrumentos indicativos con que deben contar los municipios para orientar el desarrollo de la comuna (artículos 6° y 7° de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades).

En relación con la inclusión del peligro volcánico en los IPT, este se menciona en el tercer numeral del artículo 2.1.17 de la OGUC, el cual declara que las “*áreas de riesgo*” corresponderán a las “*zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas*”, las cuales son definidas y zonificadas en el ERPA de los PRC.

La ocupación histórica y ancestral del territorio chileno en torno a diferentes centros volcánicos activos ha derivado en que muchas personas habiten en zonas expuestas a peligro volcánico. Si bien esta ocupación no es de tanta densidad como en países del Sudeste Asiático o en Centroamérica (Small & Naumann, 2001; Guimarães, Nieto-Torres, Bonadonna, & Frischknecht, 2021), es necesario observar cómo se está regulando y qué se puede hacer para mejorar la planificación y así disminuir el riesgo de desastres.

Considerando lo anterior, el objetivo general del presente estudio consiste en analizar cómo se abordan los peligros volcánicos en la planificación territorial a nivel comunal en Chile, para las comunas en un radio de 50 km desde cinco de los centros volcánicos más activos del país. Para esto se revisa el marco regulatorio general para peligros volcánicos en Chile y los IPT, se analiza la vigencia de los instrumentos, se compara y contrasta la terminología sobre peligros volcánicos en la legislación, y se describe la evaluación de peligros volcánicos en la planificación urbana en las comunas que rodean estos cinco volcanes.

METODOLOGÍA

Comparación y contraste de nomenclatura

Este análisis comprende la revisión de la evolución en el tiempo del artículo 2.1.17 de la OGUC, en particular sobre cómo es mencionado el peligro volcánico en la normativa, para poder compararlo con los términos utilizados en documentos técnicos de volcanología.

Selección de volcanes

Se consideraron los volcanes tipo I (14 en total), según el ranking de riesgo específico de actividad volcánica de Sernageomin. Es decir, aquellos sistemas volcánicos cuyo riesgo específico es considerado como “muy alto” en base a su peligrosidad y la exposición, o con actividad eruptiva reciente de Índice de Explosividad Volcánica (IEV) sobre 4 (RNVV-Sernageomin, Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile, 2020).

Para cada uno de estos centros volcánicos se definieron tres áreas de influencia (*buffer*) con radios de 10, 30 y 50 km. Estos valores se basan en trabajos que definen estos radios para evaluar la exposición de la población a la actividad volcánica, considerando que el impacto e intensidad de los peligros volcánicos varían con la distancia. En particular, se consideraron los radios de 10 km por ser la distancia que en general se utiliza como zona de evacuación, el de 30 km por ser un valor utilizado en análisis de exposición de la población, en trabajos como el de Aspinall, y otros (2011) citado en Freire, Florczyk, Pesaresi & Sliuzas (2019) y el de 50 km porque se ha considerado que gran parte de las fatalidades asociadas a erupciones ocurren dentro en esta distancia (Brown, Jenkins Sparks, Odbert & Auker (2017) en Freire, Florczyk, Pesaresi & Sliuzas (2019)).

Luego, se cruzaron estos *buffers* con la información cartográfica disponible del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y de la plataforma Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para realizar un análisis de las comunas y localidades ubicadas dentro de cada *buffer*.

Posteriormente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis anterior, y buscando tener variabilidad en cuanto a zona geográfica y tipo de actividad, se eligieron cinco volcanes para el análisis de sus IPT (Figura 1): volcán Láscar (~23,3°S), Complejo Volcánico Nevados de Chillán (~36,8°S), volcán Villarrica (~39°,4°S), volcán Chaitén (~42,8°S) y volcán Hudson (~45,9°S) (Figura 2). En torno a estos cinco volcanes habitan casi 500.000 personas (Tabla 2), siendo el volcán Villarrica el que posee más población expuesta en un radio de 50 km con 208.756 habitantes (INE, 2017). Cabe destacar que esta estimación del número de habitantes es un dato aproximado ya que

hay comunas que no se encuentran completamente dentro de los *buffers*, por otro lado, muchas de ellas son zonas altamente turísticas y no se considera esta población flotante.

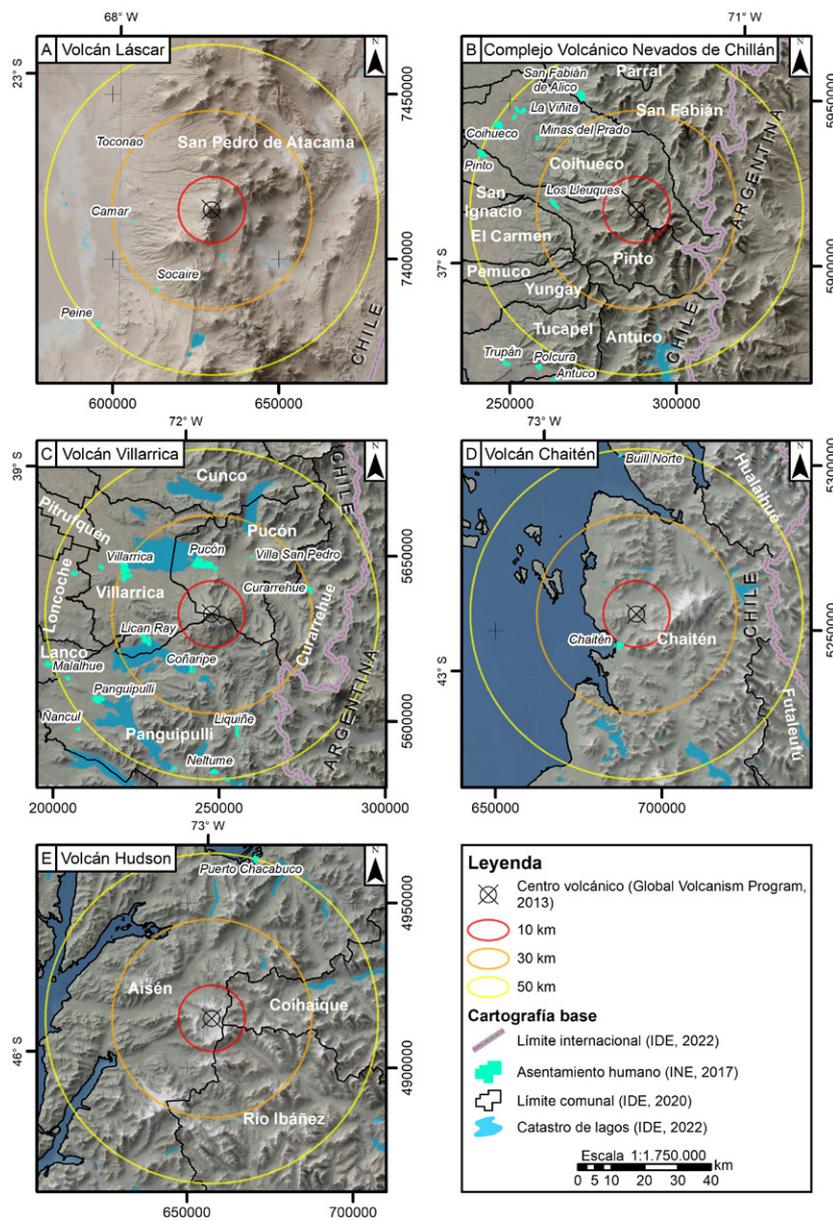


Figura 2. Centros eruptivos seleccionados, comunas (blanco) y localidades (negro) dentro de las áreas de influencia con radios de 10, 30 y 50 km
Fuente: Autoras, 2023.

Centro eruptivo	Región	Comuna	Habitantes por comuna	Habitantes por centro eruptivo
Láscar	Antofagasta	San Pedro de Atacama	10.996	156.218
		El Carmen	12.044	
		Pinto	10.827	
		San Fabián	4.308	
	Ñuble	Yungay	17.787	
		San Ignacio	16.079	
		Pemuco	8.448	
	Biobío	Coihueco	26.881	
		Tucapel	14.134	
	Maule	Antuco	4.073	
Villarrica	La Araucanía	Parral	41.637	208.756
		Cunco	17.526	
		Pucón	28.523	
		Villarrica	55.478	
		Curarrehue	7.489	
		Loncoche	23.612	
	Los Ríos	Pitrufquén	24.837	
		Lanco	16.752	
		Panguipulli	34.539	
		Chaitén	5.071	
Chaitén	Los Lagos	Hualaihué	8.944	16.638
		Futaleufú	2.623	
		Aysén	23.959	
Hudson	Aysén	Río Ibáñez	2.666	84.443
		Coyhaique	57.818	
Total habitantes			477.051	

Tabla 2. Habitantes por comuna dentro de los 50 km de buffer, total habitantes por centro eruptivo y total de habitantes de las 25 comunas analizadas

Fuente: Autoras, 2023.

Nota: Cifras en base a Censo 2017.

Historia eruptiva de volcanes seleccionados

Volcán Láscar

El volcán Láscar (5.592 m s.n.m, 23,36°S – 67,73°O) se encuentra en la región de Antofagasta, en la comuna de San Pedro de Atacama. Corresponde a un estratovolcán compuesto, activo desde hace ~240 ka, conformado por depósitos andesíticos a dacíticos, que se caracteriza por su persistente emisión de gases (RNVV-Sernageomin, Volcán Láscar, 2022).

Este es el volcán más activo del norte de Chile, con más de 30 erupciones explosivas desde el siglo XIX (típicamente vulcanianas); su última erupción del tipo vulcaniana ocurrió el año 2015, y se destaca la erupción subpliniana de 1993 (RNVV-Sernageomin, Volcán Láscar, 2022). Durante la erupción de 1993 se “generó un depósito de caída piroclástica que se extendió hacia el noroeste argentino donde alcanzó espesores inferiores a 1 cm. Asimismo, múltiples flujos piroclásticos pumíceos, relacionados con colapsos parciales de la columna eruptiva, alcanzaron hasta 10 km hacia el norte, noroeste y suroeste del volcán” (RNVV-Sernageomin, Volcán Láscar, 2022).

Desde el año 2015 cuenta con un mapa de peligros escala 1:50.000 que considera los peligros de corrientes y oleadas piroclásticas, caída de piroclastos balísticos y tefra, extrusión de domos y coladas de lava (RNVV-Sernageomin, Volcán Láscar, 2022).

Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh)

El Complejo Volcánico Nevados de Chillán (3.212 m s.n.m., 36,87°S – 71,38°O) se encuentra en la región del Ñuble, en el límite de las comunas de Coihueco y Pinto. Este complejo "posee diecisiete centros de emisión reconocibles alineados principalmente en dirección noroeste-sureste, distribuidos en dos subcomplejos y algunos centros de emisión satélites menores (...). Los principales tipos de erupción del complejo han sido vulcanianas y subpliniano"; con evidencia de actividad eruptiva desde hace ~650 ka (RNVV-Sernageomin, Complejo Volcánico Nevados de Chillán, 2022).

Desde el año 1624, este complejo ha presentado numerosas erupciones desde distintos centros de emisión, donde algunos de sus ciclos eruptivos han tenido varios años de duración (Petit-Breuilh, 2004; Orozco, Jara, & Bertin, 2016). Por ejemplo, la erupción del volcán Santa Gertrudis (1861 a 1865) que generó lahares y flujos piroclásticos que descendieron por los valles de los ríos Ñuble y Chillán, la avalancha volcánica en el volcán Viejo (1883), la erupción del Volcán Nuevo (intermitente entre 1906-1948) que generó lavas, una columna eruptiva de 3 km de altura y lahares hacia los ríos Chillán y Renegado, y la erupción actual en el cráter Nicanor (iniciada en 2015), la cual ha generado explosiones, columnas eruptivas de pocos kilómetros y un domo que se comenzó a emplazar en el interior del cráter desde finales del año 2017, el cual ha manifestado colapsos parciales con generaciones de flujos piroclásticos de poco alcance (Orozco, Jara, & Bertin, 2016).

En el año 2016 se publica el mapa de peligros del CVNCh escala 1:75.000, en que se zonifica según severidad de la afectación por futuras erupciones, incluyendo lahares, flujos piroclásticos, coladas de lava, caída de piroclastos balísticos y caída de tefra (Orozco, Jara, & Bertin, 2016). Las zonas de muy alto peligro a varios cauces de ríos en las comunas de Pinto y Coihueco y de algunos centros turísticos.

Volcán Villarrica

El volcán Villarrica (2.847 m.s.n.m., 39,42°S – 71,94°O) se encuentra en el límite de las regiones de la Araucanía y Los Ríos, entre las comunas de Villarrica, Pucón y Panguipulli. Corresponde a un estratovolcán que forma parte de un lineamiento NO-SE junto con los volcanes Quetrupillán y Lanín, y es uno de los volcanes más activos de Sudamérica (RNVV-Sernageomin, 2022; Lara, Overview of Villarrica Volcano, 2004). Se tiene evidencia de que habría iniciado su actividad hace ~650 ka, con una composición magmática esencialmente basáltica a andesítico-basáltica (RNVV-Sernageomin, Volcán Villarrica, 2022). Entre 1558 y 1999 se han registrado 49 erupciones, principalmente de tipo estrombolianas, siendo las más explosivas las de 1907-1908, 1948-1949 y 1971, causando muertes y daños importantes (Lara, 2004). La última erupción fue en 2015, también de tipo estromboliana, en la cual ocurrió caída de escoria y ceniza (con espesores entre 5 y 0,1 cm hacia el sureste), lavas, avalanchas mixtas y lahares (Romero, Keller, Díaz-Alvarado, Polacci, & Inostroza, 2016; Romero, y otros, 2018).

El peligro más recurrente asociado a las erupciones del volcán Villarrica son los lahares de largo alcance debido a que se encuentra cubierto por un glaciar de 30,3 km², con un volumen equivalente en agua de 4,2 km³ aproximadamente (RNVV-Sernageomin, Volcán Villarrica, 2022). Tanto la erupción de 1948-1949 como la de 2015 generaron lahares que se desplazaron por los valles de los ríos Turbio, Pedregoso y Zanjón Seco/Correntoso (Naranjo & Moreno, 2004; Romero, Keller, Díaz-Alvarado, Polacci, & Inostroza, 2016; Vera & Palma, 2017). También se han registrado lahares en las erupciones de 1907-1908, 1963 y 1971 (Lara, 2004).

Pucón, una ciudad muy turística que se encuentra unos 15 km al norte del volcán, en la que viven más de 28.000 personas (INE, 2017), se emplaza sobre depósitos laháticos históricos y recientes (Naranjo & Moreno, 2004). Durante la erupción el año 2015 se reportaron daños por lahares en puentes (sector Cerduo) y propiedades (sector Cuevas Volcánicas) (Volcanología Chile, 2018).

De acuerdo con el mapa de peligros del volcán Villarrica (Moreno, 2000), la ciudad de Pucón se encuentra en zonas de alto y muy alto peligro de ser afectadas por lavas y/o lahares, y puede ser afectada por caída de piroclastos de hasta 10 cm de espesor, mientras que la ciudad de Villarrica está en una zona de bajo peligro de ser afectada por lavas y/o lahares. Las localidades de Lican Ray (comuna de Villarrica) y Coñaripe (comuna de Panguipulli) se encuentran en una zona de alto y muy alto peligro de ser afectada por lavas y/o lahares, respectivamente.

Volcán Chaitén

El volcán Chaitén (950 m s.n.m., 42,84°S – 72,65°O) se encuentra en la región de Los Lagos, en la comuna de Chaitén. Está formado por una caldera de unos 3 km de diámetro que en su interior tiene un complejo de domos de los cuales el más reciente posee un volumen de 1 km³ y mantiene actividad fumarólica débil (RNVV-Sernageomin, Volcán Chaitén, 2022). Desde el Holoceno, la composición magmática del volcán ha sido riolítica (inusual en los Andes del Sur), asociada a eventos explosivos de gran magnitud, y la única erupción histórica registrada ocurrió entre el 2008 y el 2010 (RNVV-Sernageomin, Volcán Chaitén, 2022).

Dicha erupción presentó tres fases eruptivas: una fase inicial corta con alta emisión de cenizas, una segunda fase de erupción pliniana explosiva de ~15 días de duración, y una fase efusiva de mayor duración, que involucró extrusión de lavas riolíticas y el crecimiento de un domo, la cual terminó oficialmente en mayo de 2010, cuando se bajó la alerta roja (Major & Lara, 2013; Basso-Báez, y otros, 2020). Esta erupción generó lahares que provocaron un embancamiento del cauce del río Blanco, inundaciones y posterior avulsión del río, tomando este un nuevo curso por sobre la ciudad, dividiendo la localidad de Chaitén en un sector norte y uno sur, con cuantiosos daños, pero sin cobrar vidas humanas (Sandoval, 2017).

Se produjeron también flujos piroclásticos por el colapso de la columna eruptiva y por colapso del domo hacia los flancos norte y sur (valle del río Blanco) del volcán, este último llegando a menos de 3 km de la localidad de Chaitén (Major, Pierson, Hoblitt, & Moreno, 2013). La caída de piroclastos ocurrió principalmente hacia el oriente, reportándose desde Chile hasta la costa atlántica de Argentina, afectando más de 200.000 km² (Lara, 2009; Alfano, y otros, 2011). Esta erupción significó la evacuación de más de 8.000 personas (Lara, 2009).

Desde el año 2015 este volcán cuenta con un mapa de peligros escala 1:50.000 donde se zonifica el peligro derivado del emplazamiento de domos, flujos piroclásticos, lahares, caída de piroclastos balísticos y las zonas de acumulación de depósitos de caída piroclástica (RNVV-Sernageomin, Volcán Chaitén, 2022).

Volcán Hudson

El volcán Hudson (1.905 m s.n.m., 45,90°S – 72,97°O) se encuentra en la región de Aysén, en la comuna de Aysén. Este volcán forma una caldera de aproximadamente 10 km de diámetro, que en su interior posee varios centros eruptivos; la composición química de sus magmas ha variado desde basaltos a dacitas (RNVV-Sernageomin, 2022). Existe registro de erupciones explosivas durante el Holoceno y, en tiempos históricos, ha tenido erupciones en los años 1971, 1973, 1991 y en 2011 (RNVV-Sernageomin, Volcán Hudson, 2022; Delgado, Pritchard, Lohman, & Naranjo, 2014).

La erupción de 1971 fue de tipo subpliniana, con ocurrencia de densas columnas de ceniza y vapor de agua, así como de lahares en el valle del río Huemules (Naranjo, Moreno, & Banks, 1993). En 1973 se produjo una erupción menor con ocurrencia de lahares en los valles Cupquelán y Huemules (Déruelle & Bourgois, 1993; Amigo, 2013).

La erupción pliniana de 1991 ha sido una de las mayores erupciones del siglo XX en el mundo (Amigo, 2013; RNVV-Sernageomin, Volcán Hudson, 2022). Se produjo en dos centros eruptivos: una fisura de unos 4 km de largo y un cráter de 800 m de diámetro; en ambos centros hubo dispersión de ceniza y, se registraron bombas pumíceas de hasta un metro de diámetro proyectadas balísticamente hasta a 10 km del cráter (RNVV-Sernageomin, Volcán Hudson, 2022). Las cenizas afectaron las localidades de Puerto Montt, Puerto Chacabuco (7 mm de acumulación) y Puerto Aysén (5 mm de acumulación), Islas Malvinas, Puerto Deseado e Islas Georgia del Sur (Naranjo, Moreno, & Banks, 1993). A lo menos tres flujos laháricos, escurrieron por más de 9 km sobre el ventisquero Huemules hasta su frente, y se habrían originado en fuentes de lava (Naranjo, Moreno, & Banks, 1993).

Por último, en 2011 ocurrió un evento eruptivo de baja magnitud, en el que se produjo dispersión de ceniza fina hasta la localidad de Villa Cerro Castillo y lahares en los valles de los ríos Huemules, Cupquelán y Sorpresas, posiblemente causados por la interacción de un sistema hidrotermal sub-superficial con la masa glacial (Amigo, Silva, Orozco, Bertin, & Lara, 2012).

El año 2014 se publica el mapa de peligros escala 1:75.000 donde se zonifica el peligro derivado de la ocurrencia de lahares, flujos piroclásticos, flujos de lava, caída de tefra y piroclastos balísticos, y las zonas de acumulación de depósitos de caída piroclástica (RNVV-Sernageomin, Volcán Hudson, 2022).

Revisión documental

Para cada uno de los volcanes seleccionados, se recopilaron y revisaron los IPT disponibles, que incluyen LU, PS, PRC, PRI, PLADECO (Tabla 1).

Se utilizó información encontrada en el sitio web de Seguimiento IPT del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), información disponible en los sitios web de cada Municipalidad y, además, se solicitó por transparencia a cada una de estas el envío de memorias explicativas y planos, sus actualizaciones u otros documentos relevantes.

Análisis de IPT

La información obtenida a partir del análisis de los IPT recopilados se sintetizó en una tabla para reconocer en cada comuna: la cantidad de instrumentos disponibles, la vigencia jurídica de los instrumentos y la mención en cada uno de ellos de los peligros de origen natural y en particular el peligro volcánico, buscando identificar cómo este se menciona y se describe.

RESULTADOS

Análisis de nomenclatura

El artículo 1.1.1 de la OGUC, se establece que esta *“regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles en los dos últimos”*. Esta ordenanza entró en vigor en 1992 (Decreto 47, 05/06/1992), en reemplazo de su antecesora *“Ordenanza General de Construcciones y Urbanización”* que estuvo vigente desde 1936.

En el artículo 1.1.2 de la OGUC se define el Estudio de Riesgos como un *“documento técnico elaborado por uno o más profesionales especialistas, cuyo objetivo es definir peligros reales o potenciales para el emplazamiento de asentamientos humanos”*.

Luego, el artículo 2.1.10 menciona los documentos que debe incluir el Plan Regulador Comunal, entre ellos un diagnóstico que incorpore un *“Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental, con sus respectivas áreas de restricción y condiciones para ser utilizadas de acuerdo con las disposiciones contempladas en los artículos 2.1.17. y 2.1.18”*.

El artículo 2.1.17 indica que: *“En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas, se denominarán “zonas no edificables” o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso. Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos”*.

En el mismo artículo, las *“áreas de riesgo”* se determinan en base a las siguientes características:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Fue posible reconocer que la mención a peligros volcánicos ha variado muy sutilmente en el tiempo, desde que entró en vigor la actual OGUC. Entre 1992 y 2009, se definieron las áreas de riesgo volcánico como *“Zonas de actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas”*. A partir del 23/05/2009 se incorpora a esta definición la noción de *“peligro de ser afectadas por”* en la normativa.

Paralelamente, el único término utilizado en concreto para definir un peligro volcánico en dicho artículo es “ríos de lava”, el cual correspondería al término “flujo de lava” utilizado en volcanología, por lo que quedan abarcados en “actividad volcánica” los lahares, flujos piroclásticos, caída de piroclastos y piroclastos balísticos (RNVV-Sernageomin, Glosario, 2022) .

Análisis de IPT

Se revisaron los IPT de un total de 25 comunas, de las cuales una rodea al volcán Láscar, diez al CVNCh, ocho al volcán Villarrica, tres al volcán Chaitén y tres al volcán Hudson. Fueron 95 los IPT analizados, que se dividen entre instrumentos de carácter normativo e indicativo. Entre los normativos se encuentran: nueve LU, cinco PS, una modificación de PS, 25 PRC, 15 modificaciones de PRC, un PRI y dos modificaciones del PRI. Los IPT indicativos corresponden a 37 PLADECO y una base técnica para licitación de actualización de PLADECO. La información recopilada de estos IPT se encuentra sintetizada en la Tabla 3.

Centro eruptivo	Comuna	Instrumento	Año de publicación o periodo de vigencia	Mención peligros de origen natural	Mención peligro volcánico
Láscar	San Pedro de Atacama	PRC	1996	No	No
	San Pedro de Atacama	PS	1998	No	No
	San Pedro de Atacama	PLADECO	2017-2021	No	No
	El Carmen	PRC	2007	Sí	No
	El Carmen	PLADECO	2007-2011	Sí	No
	El Carmen	PLADECO	2016-2020	Sí	Sí
	Pinto	LU	1984	No	No
	Pinto	PS	1989	No	No
	Pinto	Modificación PS	1991	No	No
	Pinto	PLADECO	2008-2012	Sí	Sí
	Pinto	PLADECO	2018-2023	Sí	Sí
Complejo Volcánico Nevados de Chillán	Pinto	PRC	En elaboración	Sí	Sí
	Antuco	PRC	2012	Sí	Sí
	Antuco	PLADECO	2010-2014	No	No
	Antuco	PLADECO	2020-2024	Sí	Sí
	San Fabián	PRC	1966	No	No
	San Fabián	Modificación PRC	1989	No	No
	San Fabián	Modificación PRC	2002	No	No
	San Fabián	PLADECO	2016-2017	No	No
	San Fabián	PLADECO	2020-2025	Sí	Sí
	Yungay	PRC	1991	Sí	No
	Yungay	PRC	En elaboración	-	-
	Yungay	PLADECO	2019-2023	Sí	Sí
	San Ignacio	PRC	2012	No	No
	San Ignacio	PLADECO	2009-2013	No	No
	San Ignacio	PLADECO	2014-2018	Sí	Sí
	San Ignacio	PLADECO	2019-2024	No	No
	Parral	PRC	1990	Sí	No
	Parral	PLADECO	2020-2027	No	No
	Pemuco	PRC	2008	Sí	No
	Pemuco	PLADECO	2011-2015	Sí	Sí
Tucapel	LU	1979	No	No	
Tucapel	LU	1987	No	No	
Tucapel	PLADECO	2016-2020	Sí	Sí	
Coihueco	LU	2006	No	No	
Coihueco	PLADECO	2013-2017	Sí	Sí	

Continúa en la página siguiente

(Continuación)

Centro eruptivo	Comuna	Instrumento	Año de publicación o período de vigencia	Mención peligros de origen natural	Mención peligro volcánico
Villarrica	Cunco	LU	1939	No	No
	Cunco	LU	1992	No	No
	Cunco	LU	1995	No	No
	Cunco	PRC	En espera de aprobación	-	-
	Cunco	PLADECO	2014-2018	Sí	No
	Cunco	PLADECO	2019-2022	Sí	Sí
	Pucón-Villarrica	PRI	1978	Sí	Sí
	Pucón-Villarrica	Modificación PRI	1987	No	No
	Pucón-Villarrica	Modificación PRI	1996	No	No
	Pucón	PRC **	1980	-	-
	Pucón	Modificación PRC	1985	No	No
	Pucón	Modificación PRC	1988	No	No
	Pucón	PRC	1994	Sí	Sí
	Pucón	PRC	Detenido	Sí	Sí
	Pucón	PLADECO	2016-2020	Sí	Sí
	Villarrica	PRC (sector Villarrica)	1992	Sí	Sí
	Villarrica	PRC (sector Lican Ray)	1992	Sí	No
	Villarrica	Modificación PRC	1996	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	1998	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	1999	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2000	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2002	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2003	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2004	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2011	No	No
	Villarrica	Modificación PRC	2013	Sí	No
	Villarrica	PLADECO	2005-2009	Sí	Sí
	Villarrica	PLADECO	2011-2020	Sí	Sí
	Villarrica	PLADECO (Bases técnicas para licitación)	2022-2026	Sí	No
	Lanco	LU	1943	No	No
	Lanco	PRC	2003	Sí	No
	Lanco	PLADECO	2015-2019	No	No
	Curarrehue	LU **	1992	-	-
Curarrehue	PRC	En elaboración	Sí	No	
Curarrehue	PLADECO	2010-2016	Sí	Sí	
Curarrehue	PLADECO	2018-2022	Sí	Sí	
Panguipulli	PRC	1990	Sí	No	
Panguipulli	PS	2002	No	No	
Panguipulli	PLADECO	2018-2022	Sí	No	
Loncoche	LU	1964	No	No	
Loncoche	PRC	1991	Sí	No	
Loncoche	Modificación PRC	2004	No	No	
Loncoche	PLADECO	2016-2020	Sí	No	

Continúa en la página siguiente

(Continuación)

Centro eruptivo	Comuna	Instrumento	Año de publicación o período de vigencia	Mención peligros de origen natural	Mención peligro volcánico
Villarrica	Pitrufquén	PRC	1966	Sí	No
	Pitrufquén	PRC	1984	No	No
	Pitrufquén	Modificación PRC	2013	Sí	No
	Pitrufquén	PLADECO	2009-2012	No	No
	Pitrufquén	PLADECO	2014-2017	Sí	No
	Pitrufquén	PLADECO	2018-2021	Sí	No
Chaitén	Chaitén	PS	1991	No	No
	Chaitén	PRC	En elaboración	Sí	Sí
	Chaitén	PLADECO	2016-2019	Sí	Sí
	Hualaihué	PRC	En elaboración	Sí	Sí
	Hualaihué	PLADECO	2007-2012	No	No
	Hualaihué	PLADECO	2014-2017	No	No
Hudson	Futaleufú	PLADECO	2012-2017	Sí	Sí
	Aysén	PRC*	1995	Sí	No
	Aysén	PLADECO	2016-2021	No	No
	Río Ibáñez	PS	1990	Sí	No
	Río Ibáñez	PLADECO	2018-2026	No	No
	Coyhaique	PRC	1997	Sí	No
	Coyhaique	PLADECO	2014-2018	Sí	Sí

Tabla 3. Comparación de Instrumentos de Planificación Territorial de las comunas dentro del radio de 50 km desde cada centro eruptivo. El IPT vigente es el más reciente

Fuente: Autoras, 2023.

Nota: *Definido como Plan Regulador Interurbano; ** No revisado/No disponible.

Del total de comunas, el 36% no posee un PRC vigente, el 48% posee PRC vigente de más de diez años de antigüedad, el 8% posee PRC vigente de más de diez años de antigüedad, pero con modificaciones en los últimos diez años, y el 8% restante posee PRC vigente aprobados en los últimos diez años (Figura 3).

Entre las comunas que no poseen PRC vigente o tienen un PRC de más de diez años de antigüedad, el 29% está en proceso de elaboración o en espera de aprobación de un nuevo PRC.

De los IPT analizados (incluyendo los PRC en elaboración que poseen información pública de sus avances en relación con la identificación o zonificación de estos peligros y las bases técnicas de PLADECO), el 50% se refiere a peligros de origen natural presentes en la comuna correspondiente. La mención a estos peligros se manifiesta como zonas de restricción o áreas de riesgo de los instrumentos normativos, y como identificación de los riesgos/peligros en los instrumentos indicativos. A su vez, el 28% menciona los peligros volcánicos en la comuna, y se reconoce una tendencia a incluirlos mientras más recientes son los instrumentos, aunque esto varía entre centros eruptivos y comunas.

Con relación al volcán Láscar, ninguno de los IPT de la comuna de San Pedro de Atacama menciona el peligro volcánico.

Las dos comunas que contienen al CVNCh (Pinto y Coihueco) no poseen PRC vigente y los otros instrumentos normativos no mencionan el peligro volcánico. Sin embargo, los PLADECO respectivos, que son más recientes que sus instrumentos normativos, sí identifican y diferencian algunos de los peligros asociados al CVNCh: lahares, lavas y actividad explosiva.

De las comunas más lejanas (San Fabián, San Ignacio, El Carmen, Pemuco, Yungay, Parral, Tucapel y Antuco), la única que reconoce peligros volcánicos en un instrumento normativo es Antuco, pero se refiere al volcán Antuco que se ubica en esa comuna y no al CVNCh. Además, la mitad de los IPT de estas comunas se refieren al peligro asociado al complejo volcánico, mencionando por ejemplo que "el riesgo de una erupción volcánica en la comuna está dado por la

generación de lahares y flujos de detritos canalizados por el río Las Minas y Ñuble" en San Fabián, o reconociendo que el riesgo volcánico es "prácticamente inexistente tanto del volcán Antuco como de los Nevados de Chillán" en Yungay.

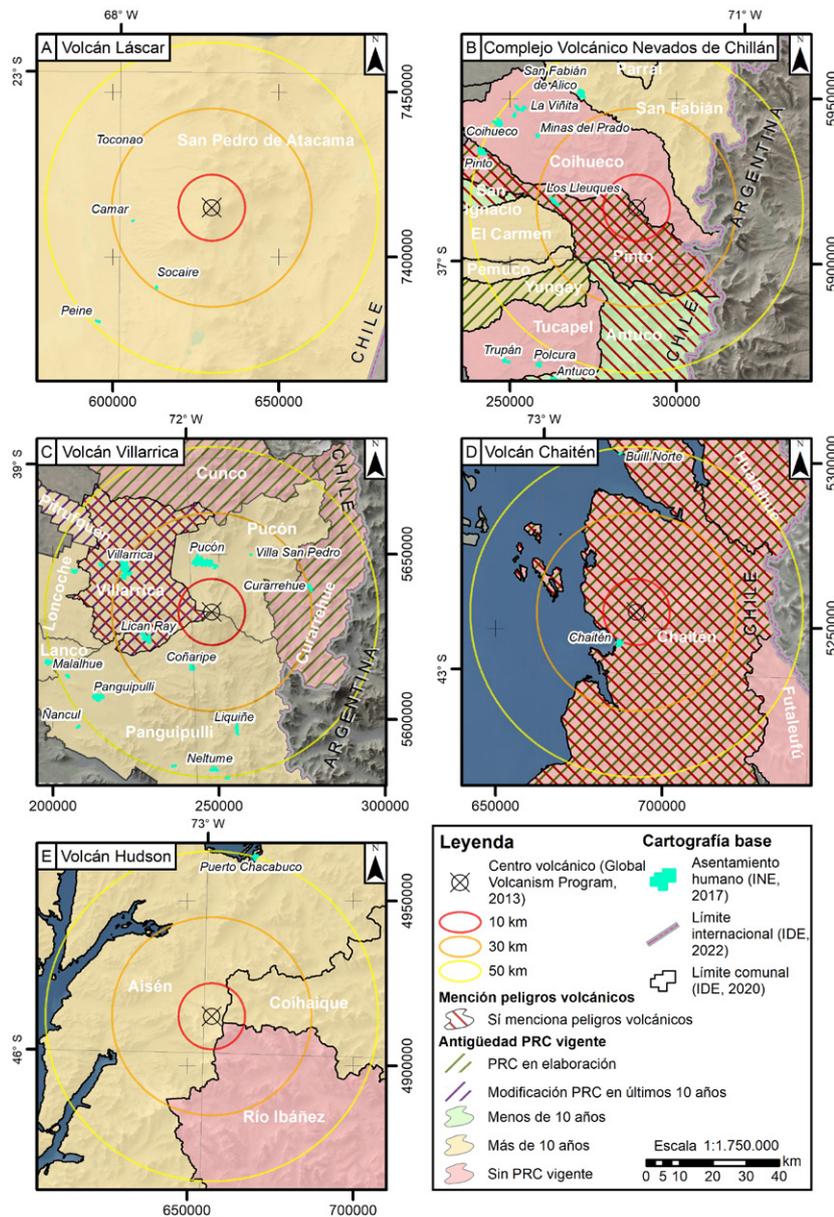


Figura 3. Representación en colores de la antigüedad de los PRC vigentes de las comunas que rodean los centros volcánicos seleccionados

Fuente: Autoras, 2023.

Nota: Se incluye si han tenido modificaciones o están en elaboración. Se indica si los PRC vigentes mencionan o no peligros volcánicos (en el caso de aquellas comunas que no poseen PRC y que actualmente está en elaboración, esta información se refiere al PRC en elaboración).

Las tres comunas que contienen al volcán Villarrica (Villarrica, Pucón y Panguipulli) tienen PRC vigentes de la década de los 90's. En el caso de Pucón, en un primer PRC (1980) no se mencionaba el peligro volcánico, lo que cambió en el PRC de 1994, en el que se incluyeron "áreas especiales" las cuales están sujetas a restricciones por estar, entre otras causas, expuestas al "riesgo volcánico". También se menciona la necesidad de establecer áreas de riesgo en una actualización de PRC del 2019, cuyo proceso fue detenido. En el PRC vigente y Plan Seccional de Panguipulli no se incluye el riesgo o peligro volcánico. En la memoria explicativa del PRC de 1992 de la comuna de Villarrica, se menciona el "riesgo volcánico", pero se concluye, a partir del análisis de fotografías aéreas, que la ciudad "no plantea problemas directos de riesgos asociados a acontecimientos volcánicos", situación que se mantiene hasta la actualidad pues las modificaciones a este PRC no se relacionan al peligro volcánico explícitamente. Sin embargo, en la modificación

de 2013 del PRC de Villarrica se incorporan “áreas de riesgo” definidas como “zonas propensas a avalanchas”, por lo que no se puede descartar que incluyan avalanchas volcánicas.

Paralelamente, desde el año 1978 se encuentra vigente el PRI Pucón-Villarrica, el cual define áreas de riesgo por avalanchas volcánicas y, por su naturaleza, regula las zonas rurales entre ambos centros urbanos. Respecto a los PLADECOS, tanto el de Pucón como el de Villarrica mencionan el peligro volcánico y la necesidad de reducir el riesgo.

En cuanto a las comunas más alejadas del volcán Villarrica (Curarrehue, Cunco, Pitrufquén, Loncoche, Lanco), ninguna incluye el peligro volcánico en sus instrumentos normativos, y sólo se menciona en los PLADECOS vigentes de Curarrehue y de Lanco, este último refiriéndose al volcán Llaima.

Para el volcán Chaitén, ninguna de las comunas que lo rodean (Chaitén, Hualaihué y Futaleufú) posee PRC vigente. Sin embargo, Hualaihué y Chaitén se encuentran en proceso de elaboración de sus PRC. El primero reconoce “riesgo volcánico” pero asociado a los volcanes Yate y Hornopirén, y en el segundo se están zonificando los peligros volcánicos asociados al volcán Chaitén. Con respecto a los PLADECOS, los de Chaitén y Futaleufú mencionan la exposición a riesgo volcánico de la comuna.

Finalmente, en el caso del volcán Hudson, ni en los PRC vigentes de Aysén y Coyhaique, ni en el Plan Seccional de Río Ibáñez se incluye el peligro volcánico. Con respecto a los PLADECOS, el único que menciona el peligro volcánico es el de Coyhaique donde se describe la actividad volcánica posible en la comuna como de poco impacto, asociada a cenizas del volcán Hudson.

DISCUSIÓN

Nomenclatura en la normativa

El riesgo es ampliamente entendido como “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (UNISDR, 2009). Al aplicar este concepto en la planificación territorial, este se aborda como “riesgo de desastre [el cual] surge cuando las amenazas/peligros interactúan con factores de vulnerabilidad físicos, sociales, económicos y ambientales” (EIRD, 2005). Por ejemplo, en Chile, en la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (ONEMI, 2020), se define riesgo como “Probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en un territorio expuesto a amenazas de origen natural o antrópicas, durante un tiempo determinado. El riesgo de desastre es consecuencia de la interacción entre los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición”.

El artículo 2.1.17 OGUC define “áreas de riesgo”, sin embargo, en la práctica, el riesgo no hace referencia al concepto ampliamente utilizado si no que corresponde a zonas de peligro.

La utilización del concepto de riesgo indistintamente con el de peligro puede generar problemas, tal y como han identificado otros autores (Espinace Vidal, 2020; Sandoval, Wisner, & Voss, 2021). En particular, refleja una posible desconexión entre la normativa que regula la planificación territorial, a cargo del MINVU, con la terminología utilizada tanto por los organismos técnicos nacionales (SENAPRED, Sernageomin) como internacionales.

Además, como mencionan Vicuña del Río & Schuster Olbrich (2021), el “riesgo no se encuentra definido como tal en la legislación urbanística, y, en consecuencia, para la definición de áreas de riesgo no se exige un análisis de exposición ni de vulnerabilidad”. Esto implica que se dejen fuera del análisis del riesgo para la planificación territorial estas variables. Esta incongruencia en la terminología utilizada por las instituciones reguladoras y técnicas puede generar confusión en la toma de decisiones, a la vez que crea limitaciones en la gestión del riesgo de desastres al excluir la componente social de los desastres siconaturales. En este mismo contexto, se pueden generar problemas en la comunicación del riesgo entre instituciones/organismos técnicos, tomadores de decisión y comunidad.

Por lo tanto, para la planificación territorial, consideramos relevante la incorporación del concepto de “amenaza” o “peligro” para referirse a lo que actualmente se define como “riesgo” en el artículo 2.1.17 OGUC. Paralelamente, incorporar la definición de riesgo e incluir su zonificación que, como ya se mencionó, incluye tanto la variable natural y como la social, y que, por consecuencia, permite reconocer sectores críticos para definir planes de gestión y de inversión, medidas de mitigación, instancias de educación/capacitación, entre otras.

En cuanto a la normativa, dado que actualmente se agrupan las diferentes zonas de peligro en “áreas de riesgo”, esta simplificación del análisis limita las posibilidades de diferenciar dichas áreas por niveles de peligro. No obstante, se está evaluando su implementación por parte del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CDNU) que propone una interesante modificación, la cual “*amplía los tipos de amenazas posibles de incorporar a los IPT, incorpora el concepto de peligrosidad y les asigna niveles, acota la aprobación del organismo competente solo a las áreas de riesgo alto, permite mitigar a través de obras mayores realizadas por el Estado, incorpora prohibiciones y restricciones para la localización de equipamiento crítico, y exige planes de evacuación*” (CNDU (2019) en Vicuña del Río & Schuster Olbrich (2021)).

Por otra parte, la mención de los peligros volcánicos en el artículo 2.1.17 OGUC como “ríos de lava” y “actividad volcánica” tiene varias implicancias.

El hecho de que se destaque a nivel normativo la ocurrencia de flujos de lava por sobre los otros peligros volcánicos, favorece el sesgo que existe en la percepción de estos peligros, exacerbando la idea generalizada de que las lavas son el peligro más importante y contribuyendo a mantener el desconocimiento sobre otros peligros volcánicos con mayor niveles de peligro, como lahares o flujos piroclásticos.

Esta falta de diferenciación en la terminología deja la definición de estos peligros al criterio de quien realiza el ERPA y exige efectuar una correlación con los conceptos usados por otros organismos técnicos. Además, al no existir una guía de referencia para la elaboración de estos estudios, se pueden generar diferencias en los criterios de evaluación de los peligros volcánicos, ampliando las posibilidades de cómo se abordan.

En particular, es relevante poder restringir de mejor manera el uso de zonas en las que no existe posibilidad de mitigación, e incluso prohibir las construcciones, sin opción a estudios fundados de riesgo; y también incluir vías de evacuación en los IPT, para lo cual es necesario diferenciar los tipos de peligros volcánicos y contar con un marco metodológico que unifique criterios y regule la elaboración de los ERPA. En este sentido, es importante destacar que el MINVU se encuentra realizando un estudio titulado “Guía metodológica para la elaboración de Estudios de Riesgos de los Planes Reguladores Intercomunales y Comunales”, con el objetivo de diferenciar claramente lo que implica un análisis de riesgo y, por lo tanto, de sus componentes (amenaza, exposición y vulnerabilidad), a la vez que define un marco conceptual y metodológico general.

En base a este análisis consideramos que la propuesta de CNDU sobre cómo definir los peligros volcánicos es más adecuada: “*Actividad volcánica: caída de piroclastos de cualquier naturaleza, flujos o corrientes piroclásticas, lahares, coladas de lavas, emanación de gases, entre otros*” (CNDU, 2019).

Análisis de IPT

Lo primero que llama la atención en el análisis de los IPT son las pocas comunas que presentan PRC vigentes o actualizados en los últimos 10 años, considerando que de acuerdo con el artículo 28 sexies de la LGUC “*Los instrumentos de planificación territorial deberán actualizarse periódicamente en un plazo no mayor a diez años, conforme a las normas que disponga la Ordenanza General.*”.

Más allá de lo jurídico, desde la gestión de riesgo de desastres es preocupante que de las comunas que rodean a cinco de los volcanes más activos del país, solo el 8% tenga un PRC vigente de antigüedad menor a 10 años, y más aún que el 36% no posea un PRC.

Con respecto a la distribución espacial de los PRC dentro de los buffers presentados, no se reconoce una tendencia clara a mencionar peligros volcánicos a medida que las comunas se encuentran más cerca de un centro volcánico. Esto podría deberse a la falta de actualización de los IPT normativos y que, en algunos casos, aún no se incorpore información relativa a los mapas de peligros volcánicos de Sernageomin.

Sin embargo, se ha reconocido un aumento en la mención a los peligros de origen natural y, en particular, a los peligros volcánicos en algunos IPT normativos más actuales que están en proceso de elaboración. Por otro lado, los PLADECO (instrumentos indicativos) (Figura 4), sí muestran variaciones espaciales en cómo se refieren a los peligros volcánicos, en relación directa a la distribución de zonas de peligro volcánicos presentadas en los mapas de Sernageomin.

Algunos autores mencionan que se habría generado un cambio en la práctica y cultura de la planificación después del terremoto del 2010 (Mw= 8,8), provocando un mayor interés por mejorar y estandarizar la incorporación de la reducción de riesgo de desastres en Chile (Wyndham, Castro, & Sarmiento, 2021). Se suma a esto, la creación de la RNVV de Sernageomin, y junto con ello el inicio de un desarrollo sistemático de mapas de peligro volcánico, a los que en varios casos se refieren los PLADECO. No obstante, el hecho de que se mencione el peligro volcánico en instrumentos indicativos, pero no en instrumentos normativos, limita la buena planificación territorial en este aspecto.

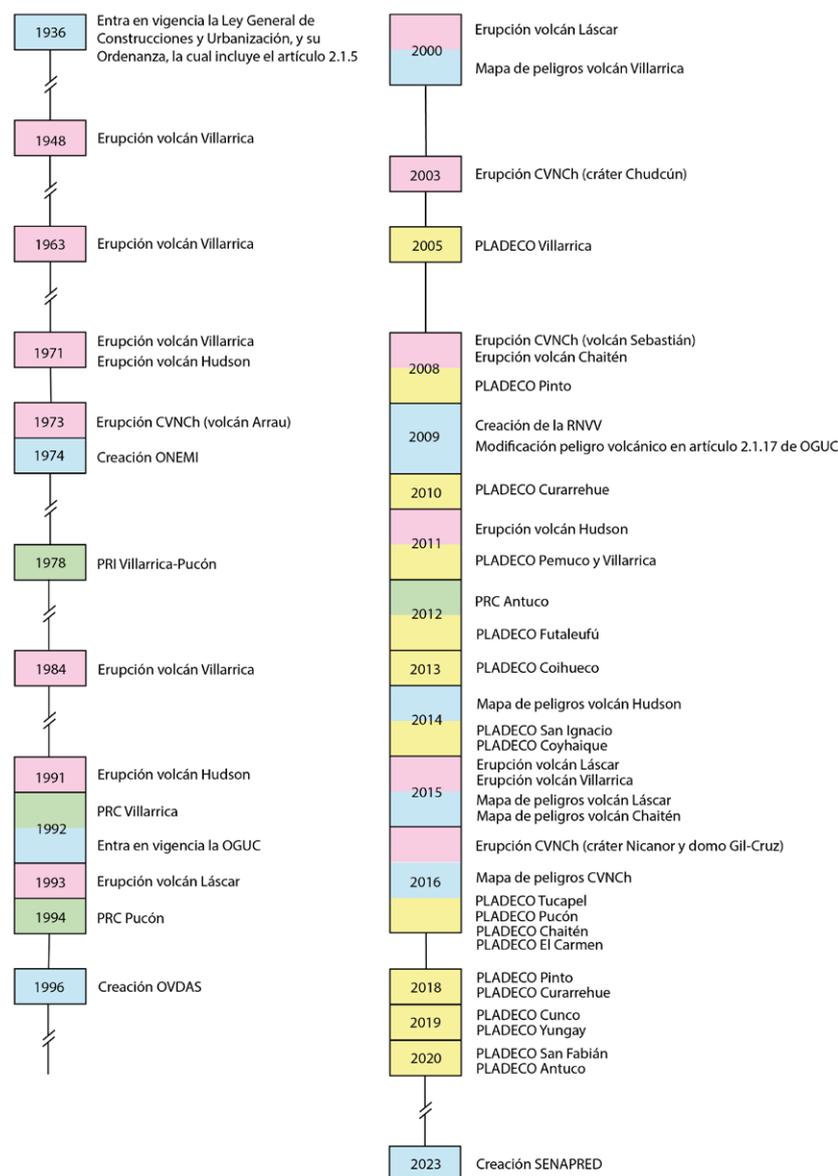


Figura 4. Línea de tiempo con principales hitos administrativos o normativos relacionados a la planificación territorial y al peligro volcánico

Fuente: Autoras, 2023.

Nota: Hitos administrativos o normativos (celeste), erupciones recientes de los centros eruptivos analizados (rojo), e IPT que incluyen el peligro volcánico (verde: PRC; amarillo: PLADECO)

Por ejemplo, el peligro volcánico no se menciona en el PRC de San Pedro de Atacama (volcán Láscar), a pesar de ser posterior a la erupción de 1993. En el caso de las comunas que rodean al volcán Hudson, ningún instrumento normativo menciona actividad volcánica, a pesar de haberse desarrollado dos de ellos posteriores a la erupción de 1991 y tampoco hay evidencia de actualización posterior a la erupción de 2011, siendo ambas explosivas y con desarrollo de lahares de gran alcance e impacto. Esto se podría explicar porque los PRC a pesar de ser “comunales”, en realidad planifican las áreas urbanas de una comuna y, por lo tanto, las áreas de riesgo se definen

para esas áreas urbanas, las que suelen ser mucho más pequeñas que el tamaño total de la comuna. Además, aunque los mapas de peligro desarrollados por Sernageomin para estos volcanes fueron publicados en los años 2014 y 2015, tampoco hay actualizaciones en los instrumentos normativos que incluyan esta información. Solo el PLADECOC de Coyhaique menciona la actividad volcánica como de *"menor impacto, como lo fue la caída de cenizas del volcán Hudson"*.

Por otro lado, en el caso del volcán Villarrica, las comunas que lo rodean sí tienen localidades urbanas importantes y turísticas. A pesar de ello, se repite que los PLADECOC son los instrumentos que mencionan en mayor medida los peligros volcánicos. Para los IPT normativos existen inconsistencias, como que el PRI de Pucón-Villarrica (1978) tenga definidas áreas de peligro volcánico, que el PRC vigente de Pucón lo incluye recién 16 años después, mientras que en el PRC de Villarrica se concluye que la ciudad *"no plantea problemas directos de riesgos asociados a acontecimientos volcánicos"*, a pesar de ubicarse a ~30 km del Volcán Villarrica, y que desde entonces no existe una actualización que explicita claramente la consideración de estos peligros.

Llama la atención que las comunas que colindan con el CVNCh no tengan PRC vigente, a pesar de ser un complejo volcánico que ha tenido múltiples erupciones en tiempos. Para el resto de las comunas que lo rodean, si bien hay localidades rurales a menos de 30 km del complejo volcánico, la mayoría de las áreas urbanas se encuentran fuera de este buffer. Ya que lo que se planifica son las áreas urbanas, se repite la situación de no considerar el peligro volcánico en estos PRC. No obstante, coincide que en los PLADECOC más actuales este sí se empieza a mencionar.

El volcán Chaitén, a diferencia de los otros volcanes, tiene solo una erupción histórica y desde entonces se han hecho esfuerzos por desarrollar estudios de riesgo y contar con un PRC en la comuna de Chaitén. Actualmente el esfuerzo más reciente en este ámbito continúa su proceso de ejecución.

Entendiendo que la planificación es uno de los componentes que permiten reducir el riesgo, es sumamente relevante que los IPT se actualicen periódicamente incluyendo los avances técnicos y nuevas metodologías disponibles para el análisis de los peligros, que permitan de mejor manera disminuir la exposición de la población y la infraestructura a las zonas de mayor peligro. En este sentido, profesionales y expertos en planificación territorial consideran el artículo 2.1.17 OGUC como una oportunidad para la reducción del riesgo de desastres, pero solo si la identificación de los peligros naturales se combina con adecuadas normas regulatorias de los usos de suelo, especialmente considerando que es el único instrumento legal que incorpora el concepto de riesgo en el desarrollo urbano a nivel nacional y local (Wyndham, Castro, & Sarmiento, 2021).

Acceso a información técnica

Por último, pero tan relevante como lo anterior, es el acceso a la información de los IPT. En muchos casos se identificaron diferentes fuentes de obtención de la información.

La plataforma de Seguimiento de IPT del MINVU, aunque permite buscar PRC, PRI y Planes Regionales de Desarrollo Urbano, no incluía memorias explicativas en la mayoría de los IPT disponibles. Además, tampoco contaba con información de los IPT que se encuentran en proceso de elaboración, a pesar de que sí se indicaba la etapa en la que se encuentra.

En el caso de las páginas web municipales, la información de instrumentos vigentes, tanto normativos como indicativos, no siempre estaba disponible y tampoco se pudo obtener las memorias explicativas de los PRC. En el caso de los PLADECOC, en algunos casos se encontró la información actual e histórica (PLADECOC anteriores), pero en otros, se llegó a los documentos por el buscador de Google.

En los casos de PRC en elaboración, se identificó que, aunque se exige como parte del proceso de elaboración la difusión de la información de avance, y que se suelen disponer páginas web creadas para este propósito, estas no siempre cumplen con el objetivo. No obstante, se destaca que la del PRC de Chaitén era la más actualizada.

Cabe destacar que en el artículo 28 septies de la LGUC se indica que:

"La memoria explicativa, los planos y la ordenanza correspondiente se archivarán en los Conservadores de Bienes Raíces respectivos, en la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en la respectiva secretaría regional de dicho ministerio y, cuando se trate de instrumentos de nivel comunal, en las municipalidades correspondientes."

Estos documentos, junto con su memoria explicativa y el informe ambiental, deberán estar disponibles en el sitio electrónico del organismo que los promulgue conforme a lo dispuesto en el artículo 7 del artículo primero de la ley N° 20.285, sobre Acceso a la Información Pública".

Para subsanar estas problemáticas de acceso, y considerando la normativa antes mencionada, se solicitó la información directamente a las municipalidades por transparencia, pero aun así fue difícil acceder a memorias explicativas, por lo que no se pudo hacer un análisis de la forma de abordar el estudio de los peligros de forma más detallada.

Estas dificultades para acceder a información elaborada con fondos públicos y que, además de ser un insumo fundamental para la planificación territorial, aporta información valiosa a la comunidad, evidencia un problema ya que mantiene esta caracterización del territorio inaccesible para gran parte de la población que los habita.

CONCLUSIONES

Es importante diferenciar los conceptos de riesgo y peligro en la normativa, y considerar ambos en los IPT para tener una mejor perspectiva de la realidad del territorio, tanto de la componente natural como social.

Además, resulta necesario modificar las definiciones de los peligros volcánicos en el artículo 2.1.17 OGUC, incorporando los términos lahares, flujos piroclásticos, caída de piroclastos y emanación de gases, con el fin de mejorar la percepción de estos peligros y según su diferenciación poder definir mejores criterios para la determinación de los usos de suelo y sus restricciones.

Entendiendo la planificación como una herramienta para reducir el riesgo de desastres y especialmente considerando que la mayoría de los IPT normativos analizados son anteriores a la publicación de los mapas de peligro volcánico de Sernageomin o no consideran su información en modificaciones a los IPT, es imperativa la necesidad de realizar actualizaciones periódicas de los IPT en zonas cercanas a peligros volcánicos, incorporando la información técnica disponible sobre los volcanes cercanos y así disminuir la exposición de la población e infraestructura a estos peligros.

Aunque se identifica que los IPT normativos carecen de suficiente información sobre peligros volcánicos, se destaca la incorporación de estos en los PLADECO que, aunque no son legalmente vinculantes, ayudan a orientar el desarrollo de las comunas.

Por otro lado, mantener la información disponible para el conocimiento público, es relevante para que tomadores de decisiones, organismos técnicos y la comunidad cuenten con información similar para favorecer la reducción del riesgo de desastres.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todo el equipo de Xterrae, en especial a Rodrigo Rauld, Felipe García-Huidobro y José Estay, por su apoyo en la realización de este artículo, y a Jorge Alborno por sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS

- Alfano, F., Bonadonna, C., Volentik, A., Connor, C., Watt, S., Pyle, D., & Connor, L. (2011). Tephra stratigraphy and eruptive volume of the May, 2008, Chaitén eruption, Chile. *Bulletin of Volcanology*, 73, 613-630. <http://doi.org/10.1007/s00445-010-0428-x>
- Amigo, A. (2013). Estimation of tephra-fall and lahar hazards at Hudson Volcano, southern Chile: Insights from numerical models. In W. Rose, J. Palma, H. Delgado, & N. Varley (Eds.), *Understanding open-vent volcanism and related hazard* (Vol. 498, pp. 177-199). [http://doi.org/10.1130/2013.2498\(11\)](http://doi.org/10.1130/2013.2498(11))
- Amigo, A., Silva, C., Orozco, G., Bertin, D., & Lara, L. (2012). La crisis eruptiva del volcán Hudson durante octubre-noviembre 2011. *XII Congreso Geológico de Chile*, 457-459.
- Aspinall, W., Auker, M., Hincks, T., Mahony, S., Nadim, F., Pooley, J., . . . Syre, E. (2011). *Volcano Hazard and Exposure in GFDRR Priority Countries and Risk Mitigation Measures—GFDRR Volcano Risk Study*. Bristol: Bristol University Cabot Institute and NGI Norway for the World Bank: NGI Report, 3, 20100806.

- Basso-Báez, S., Mazzorana, B., Ulloa, H., Bahamondes, D., Ruiz-Villanueva, V., Sanhueza, D., . . . Picco, L. (2020). Unravelling the impacts to the built environment caused by floods in a river heavily perturbed by volcanic eruptions. *Journal of South American Earth Sciences*, 102, 1-16. <http://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102655>
- Brown, S., Jenkins, S., Sparks, R., Odbert, H., & Auken, M. (2017). Volcanic fatalities database: analysis of volcanic threat with distance and victim classification. *Journal of Applied Volcanology*, 6(1), 1-20. <http://doi.org/10.1186/s13617-017-0067-4>
- CNDU. (2019). *Propuestas para el mejoramiento de las condiciones de resiliencia de las ciudades chilenas año 2019*. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano. <https://cndu.gob.cl/download/propuestas-para-el-mejoramiento-de-las-condiciones-de-resiliencia-de-las-ciudades-chilenas/>
- Delgado, F., Pritchard, M., Lohman, R., & Naranjo, J. (2014). Hudson volcano eruption (Southern Andes, Chile): pre-eruptive inflation and hotspots observed with InSAR and thermal imagery. *Bulletin of Volcanology*, 76(815), 1-19. <http://doi.org/10.1007/s00445-014-0815-9>
- DeMets, C., Gordon, R., Argus, D., & Stein, S. (1994). Effects of recent revisions of the geomagnetic reversal time scale on estimates on current plate motion. *Geophysical Research Letters*, 21(20), 2191-2194. <http://doi.org/10.1029/94GL02118>
- Déruelle, B., & Bourgois, J. (1993). Sur la dernière éruption du volcan Hudson (sud Chili, août 1991). *CR Acad. Sci.*, 316(2), 1399-1405.
- EIRD. (2005). *Marco de acción de Hyogo para 2005-2015, aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, UNISDR. <https://www.eird.org/cdmah/contenido/hyogo-framework-spanish.pdf>
- Espinace Vidal, J. (2020). Gobernanza de la planificación territorial y el riesgo en Chile: El caso de San Bernardo y Calera de Tango. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4(2), 7-21. <http://doi.org/10.55467/reder.v4i2.47>
- Freire, S., Florczyk, A., Pesaresi, M., & Sliuzas, R. (2019). An Improved Global Analysis of Population Distribution in Proximity to Active Volcanoes, 1975-2015. *ISPRS international journal of geo-information*, 8(8), 341. <http://doi.org/10.3390/ijgi8080341>
- Global Volcanism Program. (2013). *Volcanoes of the world*, v. 4.11.2 (02 Sep 2022). (E. Vesnske, Editor, & Smithsonian Institution.) https://volcano.si.edu/search_eruption.cfm
- Global Volcanism Program. (2013). *Volcanoes of the World*, v. 4.11.2. Venzke, E. (Ed.). Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013>
- Guimarães, L., Nieto-Torres, A., Bonadonna, C., & Frischknecht, C. (2021). A New Inclusive Volcanic Risk Ranking, Part 2: Application to Latin America. *Frontiers in Earth Science*, 936. <http://doi.org/10.3389/feart.2021.757742>
- INE. (2017). *Censo de población y vivienda (Chile)*. INE. <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>
- Lara, L. (2004). Overview of Villarrica Volcano. In L. Lara, & J. Clavero (Eds.), *Villarrica Volcano (39.5°S), Southern Andes, Chile* (Vol. 61, pp. 5-12). https://www.researchgate.net/publication/326045374_Magmatic_evolution_of_the_Villarrica_Volcano_Boletin_No_61_L_Lara_J_Clavero_Editors_Servicio_Nacional_de_Geologia_y_Mineria_IAVCEI_2004
- Lara, L. (2009). The 2008 eruption of the Chaitén Volcano, Chile: a preliminary report. *Andean Geology*, 36(1), 125-129. <http://www.andeangeology.cl/index.php/revista/article/view/V36n1-a09/html>
- Major, J., & Lara, L. (2013). Overview of Chaitén Volcano, Chile, and its 2008-2009 eruption. *Andean geology*, 40(2), 196-215. <http://doi.org/10.5027/andgeoV40n2-a01>
- Major, J., Pierson, T., Hoblitt, R., & Moreno, H. (2013). Pyroclastic density currents associated with the 2008-2009 eruption of Chaitén Volcano (Chile): Forest disturbances, deposits, and dynamics. *Andean Geology*, 40(2), 324-358. <http://doi.org/10.5027/andgeoV40n2-a09>
- Márquez Poblete, M., & Veloso Pérez, E. (2021). El ordenamiento territorial en Chile: estado del arte. *Estado, Gobierno y Gestión Pública*, 35, 139-179. <https://revistaeggp.uchile.cl/index.php/REGP/article/view/61424>
- Moreno, H. (2000). *Mapa de peligros del volcán Villarrica, Regiones de la Araucanía y Los Lagos, escala 1:75.000*. Subdirección Nacional de Geología, Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Naranjo, J., & Moreno, H. (2004). *Laharic debris-flows from Villarrica Volcano. Villarrica Volcano (39.5°S), Southern Andes, Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería.

- Naranjo, J., Moreno, R., & Banks, N. (1993). *La erupción del volcán Hudson en 1991 (46° S), región XI, Aisen, Chile*. Boletín Sernageomin, Sernageomin. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/15896>
- ONEMI. (2020). *Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres. Plan Estratégico Nacional 2020 - 2030*. Decreto 434, Ministerio del Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile. https://bibliogrdsenapred.gob.cl/bitstream/handle/123456789/4110/PoliticaNacional_2020%28principal%29.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Orozco, G., Jara, G., & Bertin, D. (2016). *PELIGROS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADOS DE CHILLÁN, Región del Biobío*. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 28: 34 p., 1 mapa escala 1:75:000, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.
- Petit-Breuilh, M. (2004). *Desastres naturales y ocupación del territorio en Hispanoamérica (siglos XVI al XX)*. Universidad de Huelva.
- RNVV-Sernageomin. (2020). *Ranking de Riesgo Específico de Volcanes Activos de Chile*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/que-es-ranking-de-riesgo/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Nuestro Equipo*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/nuestro-equipo/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Complejo Volcánico Nevados de Chillán*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/complejo-volcanico-nevados-de-chillan/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Glosario*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/glosario/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Volcán Chaitén*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/volcan-chaiten/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Volcán Hudson*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/volcan-hudson/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Volcán Láscar*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/volcan-lascar/>
- RNVV-Sernageomin. (2022). *Volcán Villarrica*. Sernageomin. <https://rnvv.sernageomin.cl/volcan-villarrica/>
- Romero, J., Keller, W., Díaz-Alvarado, J., Polacci, M., & Inostroza, M. (2016). The 3 March 2015 eruption of Villarrica volcano, Southern Andes of Chile: overview of deposits and impacts. *Encuentro del Centro Internacional de Ciencias de la Tierra (E-ICES 11)*. International Center for Earth Science (ICES), Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Facultad de Exactas y Naturales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Romero, J., Vera, F., Polacci, M., Morgavi, D., Arzilli, F., Alam, M., . . . Keller, W. (2018). Tephra from the 3 March 2015 sustained column related to explosive lava fountain activity at Volcán Villarrica (Chile). *Frontiers in Earth Science*, 6(98). <http://doi.org/10.3389/feart.2018.0009>
- Sandoval, V. (2017). Riesgos y Desastres en Chile: Las Causas de Fondo de la Vulnerabilidad. En Cottin, G., González, M., Mella, B., Mella, C. & Arteaga, M.I. (Eds.), *Ideas desde el Reino Unido: Críticas y propuestas para el desarrollo de Chile* (pp.122-138). IDRU. <http://doi.org/10.5281/zenodo.7380902>
- Sandoval, V., Wisner, B., & Voss, M. (2021). Natural Hazards Governance in Chile. In *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. <http://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.364>
- SENAPRED. (2023). *Nosotros*. SENAPRED. <https://senapred.cl/nosotros/>
- Small, C., & Naumann, T. (2001). The global distribution of human population and recent volcanism. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazard*, 3(3), 93-109. <http://doi.org/10.3763/ehaz.2001.0309>
- Stern, C., Moreno, H., López-Escobar, L., Clavero, J., Lara, L., Naranjo, J., . . . Skewes, M. (2007). Chilean volcanoes. In T. Moreno, & W. Gibbons (Eds.), *The geology of Chile* (pp. 147-178). Geological Society of London. <http://doi.org/10.1144/GOCH>
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. UNISDR. https://unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Vera, F., & Palma, J. (2017). Origen, transporte y emplazamiento de lahares generados en la erupción de 2015 del Volcán Villarrica. En *VIII Encuentro Nacional de Estudiantes de Geología* (p.33). <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.1191.62889>
- Vicuña del Río, M., & Schuster Olbrich, J. (2021). *Planificación urbana y gestión del riesgo de desastres: desafíos para instrumentos y mecanismos de planificación urbana y territorial*. Policy Paper.

Volcanología Chile. (2018). Lahares y su ocurrencia en Chile. VC. <https://volcanochile.com/joomla30/index.php/12-educacion/2-lahares-y-su-ocurrencia-en-chile>

Wyndham, K., Castro, C., & Sarmiento, J. (2021). From Disaster Risk Construction to Disaster Risk Reduction: Exploring the Agency of Urban Land-Use Planning in Chile. *Planning Practice & Research*, 36(1), 20-40. <http://doi.org/10.1080/02697459.2020.1829285>