

# INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS Y TERRITORIALES

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

# Incorporación del componente vulnerabilidad dentro de la planificación urbana comunal en el Área Metropolitana de Santiago

Tesis presentada para obtener el grado académico de Magister en Desarrollo Urbano

Gabriela Bastías Acuña

Profesor Guía: Giovanni Vecchio

Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales

Pontificia Universidad Católica de Chile

13 de diciembre de 2021

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto de investigación "Territorios antifrágiles: indicadores de planificación y capacidad de respuesta territorial en áreas metropolitanas chilenas frente a escenarios de pandemia y post-pandemia", por su confianza y por otorgar un marco de acción en donde llevar a cabo la presente tesis y ser un aporte para generar debate sobre el rol del desarrollo urbano en pos del bienestar colectivo. Dentro del mismo, agradecer a los profesores Magdalena Vicuña, Carolina Martínez, Roberto Moris y al equipo de colegas que forman parte de este proyecto por sus acertados consejos y aportes para lograr este cometido.

Agradecer a mi profesor guía Giovanni Vecchio; su paciencia, consejos y apoyo fueron fundamentales para el desarrollo de la presente investigación.

Al profesor Ricardo Truffello, por su siempre excelente disposición y buena voluntad para resolver dudas técnicas y entregar información valiosa para el desarrollo de la metodología.

A la organización TECHO, por producir y facilitar insumos e información que permitieron generar un diagnóstico socioeconómico lo más amplio posible, tomando en cuenta los asentamientos informales dentro del territorio estudiado.

A mi familia, especialmente a mis padres, quienes son el motor y mi inspiración para llevar a cabo el desafío de crecer constantemente en lo profesional y en lo personal. Agradecer también a mis amistades, quienes fueron mi bastón de apoyo desde lo técnico hasta lo emocional en un complejo contexto mundial y nacional donde los ánimos y la motivación flaquean ante una sociedad en transformación y eventos externos que más que nunca nos hacen sentir nuestra vulnerabilidad como seres humanos.

#### RESUMEN

La presente investigación busca estudiar en detalle la vulnerabilidad territorial como componente del concepto riesgo de desastre socionatural -definido como el producto entre amenaza y vulnerabilidad-abordando su dimensión socioeconómica y físico-ambiental. Además, se analiza en la incorporación de ella dentro de la planificación urbana comunal, especialmente en los Planes Reguladores Comunales. El área de estudio es el Área Metropolitana de Santiago como el asentamiento urbano de mayor tamaño del país y que concentra el mayor número de comunas. La metodología es principalmente de tipo cuantitativa consistente en la generación de indicadores de vulnerabilidad por medio de Sistemas de Información Geográfica, y en menor medida cualitativa por la revisión de documentos de Planes Reguladores Comunales. En primera instancia se obtiene un diagnóstico por medio de la elaboración de índices de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental, para luego realizar un análisis de autocorrelación espacial de Moran y LISA a fin de reconocer las variaciones espaciales de la vulnerabilidad. A partir del cruce de dichos índices se determinan categorías de comunas similares en función de sus niveles de vulnerabilidad y se seleccionan aquellas más representativas, las cuales son sujetas a una revisión general de sus Planes Reguladores Comunales en donde se reconoce un vacío normativo en la incorporación de la vulnerabilidad dentro de la planificación del riesgo.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

LI	STA D	E ABREVIACIONES	8
IN	TROE	OUCCIÓN	9
1.	PRC	DBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
2.	MA	RCO TEÓRICO	14
	2.1.	Riesgo de desastres socio naturales	14
	2.2.	Vulnerabilidad	15
	2.2.1	. Vulnerabilidad socioeconómica	17
	2.2.2	2. Vulnerabilidad físico-ambiental y exposición ante amenazas naturales	18
	2.3.	Planificación urbana	19
	2.4.	Vulnerabilidad en la planificación urbana comunal	22
3.	PLA	NTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	24
	3.1.	Preguntas de investigación	24
	3.2.	Hipótesis de trabajo	24
	3.3.	Objetivos	25
	3.3.1	. Objetivo General	25
	3.3.2	2. Objetivos Específicos	25
4.	EST	UDIO DE CASO	26
5.	ME'	l'ODOLOGÍA	29
6.	RES	ULTADOS Y DISCUSIÓN	37
	6.1.	Índice de vulnerabilidad socioeconómica	37
	6.2.	Índice de vulnerabilidad físico-ambiental	42
	6.3.	Índice de vulnerabilidad territorial	46
	6.4.	Abordaje de la vulnerabilidad dentro de la planificación urbana comunal	51
7.	COI	NCLUSIONES	58
8.	BIB	LIOGRAFÍA	60
g	ANI	EXOS	65

Anexo 1. Tabla síntesis de variables para calcular SoVI	65
Anexo 2. Variables normalizadas para cálculo de vulnerabilidad socioeconómica a nivel de zon	na censal
-	67
Anexo 3. Variables normalizadas para cálculo de vulnerabilidad físico-ambiental a nivel de zon	
	70
Anexo 4. Consolidación de amenazas socionaturales	72
Anexo 5. Infraestructura y equipamiento crítico	73
Anexo 6. Límite urbano del Plan Regulador Metropolitano de Santiago	75
ÍNDICE DE TABLAS	
Tabla 1 Síntesis de metodología asociada a objetivos específicos	29
Tabla 2 Ponderación de variables para vulnerabilidad socioeconómica	32
Tabla 3 Ponderación de variables para vulnerabilidad físico-ambiental	32
Tabla 4 Listado de infraestructura y equipamiento crítico	33
Tabla 5 Matriz de identificación de comunas con similar vulnerabilidad	35
Tabla 6 Perfiles de comunas seleccionadas con similar vulnerabilidad	53
Tabla 7 Recopilación de antecedentes de planificación urbana comunal en comunas seleccionada	as54
Tabla 8 Asignación de puntajes para cálculo de índice de planificación urbana comunal	55
ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura 1 Población urbana - rural por región según Censo 2017	26
Figura 2 Área Funcional de Santiago según estudio MINVU	27
Figura 3 Mapa de índice de vulnerabilidad socioeconómica	38
Figura 4 Reporte de autocorrelación espacial (Moran I) para vulnerabilidad socioeconómica	39
Figura 5 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad socioeconómica	41
Figura 6 Mapa de índice de vulnerabilidad físico-ambiental	43
Figura 7 Reporte de autocorrelación espacial (Moran) para vulnerabilidad físico-ambiental	44
Figura 8 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad físico-ambiental	45
Figura 9 Mapa de índice de vulnerabilidad territorial	47
Figura 10 Reporte de autocorrelación espacial para vulnerabilidad territorial	48
Figura 11 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad territorial	50
Figura 12 Gráfico de comparación de vulnerabilidad entre comunas	52

Figura 13 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad socioeconómic	ca50
Figura 14 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad físico-ambienta	al5′
Figura 15 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad territorial	5

#### LISTA DE ABREVIACIONES

AFU: Área Funcional

AUC: Área Urbana Consolidada

AMS: Área Metropolitana de Santiago

GORE: Gobierno Regional

GORE RM: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago

GRD: Gestión de Riesgo de Desastres

GSE: Grupo Socioeconómico

INE: Instituto Nacional de Estadísticas

IPT: Instrumento de Planificación Territorial

LGUC: Ley General de Urbanismo y Construcciones

LISA: Local Index of Spatial Association

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development / Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económico

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

PLADECO: Plan de Desarrollo Comunal

PRC: Plan Regulador Comunal

PRMS: Plan Regulador Metropolitano de Santiago

RRD: Reducción de Riesgo de Desastres

SIG: Sistemas de Información Geográfica

UNISDR: United Nations International Strategy for Disaster Reduction / Oficina de las Naciones Unidas

para la Reducción del Riesgo de Desastres

# INTRODUCCIÓN

El riesgo de desastres socionaturales es un concepto que se ha intentado incorporar en la elaboración de políticas, planes y programas de carácter territorial durante los últimos años. Esto se ve reflejado en iniciativas como la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, llevada a cabo en Hyogo, Japón el año 2005 y teniendo como resultado el *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015*, y su documento sucesor, el *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* aprobado en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas celebrada el año 2015. Estos Marcos de acción pretenden el aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, poniendo énfasis es comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones relativas a la exposición, la vulnerabilidad y características de las amenazas.

Dentro de este concepto de riesgo de desastres socionaturales, en Chile la vulnerabilidad como factor determinante del riesgo junto con la amenaza, es un componente que no está contemplado como tal dentro del marco regulatorio urbano. A pesar de ello, la configuración del territorio, moldeada entre otros factores por la planificación urbana, determina el grado de vulnerabilidad de sus habitantes, ya sea por diversos factores que van desde el ámbito socioeconómico, de género, edad, salud, hasta la disponibilidad de servicios, equipamientos e infraestructura vital. Todo lo anterior es transversal e independiente a la presencia de amenazas naturales dentro del territorio, que vienen a aumentar el grado de vulnerabilidad por medio de la exposición ante la ocurrencia de desastres.

En dicho contexto, la presente investigación busca analizar cómo la planificación urbana comunal, específicamente en las comunas del Área Metropolitana de Santiago, correspondiente a la capital del país y ciudad con mayor densidad poblacional, incorpora por medio de los Planes Reguladores Comunales el componente vulnerabilidad, con un enfoque en sus dimensiones socioeconómicas y físico ambientales.

# 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los desastres socio naturales son un fenómeno que ha adquirido relevancia los últimos años en el debate sobre políticas, planes y programas gubernamentales. Considerando que corresponden a la ocurrencia de un evento natural que, al desarrollarse en un asentamiento humano, genera pérdidas en términos de vidas, bienes, servicios y medios de sustento sobre la comunidad o sociedad implicada, el potencial efecto devastador que estos eventos extremos tienen en las sociedades se ha vuelto un tema particularmente relevante en las regiones en desarrollo, en donde los países están experimentando un rápido crecimiento de población con intensa urbanización y posiblemente aumentando su exposición y vulnerabilidad (OECD, 2012).

Los desastres adquieren tal connotación cuando ocurren en asentamientos humanos, indistintamente de su escala territorial; de otro modo, no serían desastres sino solo fenómenos naturales. En el caso de las áreas metropolitanas, se ha establecido que son especialmente vulnerables en el tiempo por aspectos intrínsecos de la urbanización, como su grado de desarrollo de infraestructura, densidad poblacional y comercial -lo que implica una mayor exposición- y su diversidad de grupos humanos, junto con la oferta de servicios, centros de atracción laboral y educacional; por lo tanto, el impacto de los desastres es mayor y la recuperación puede ser más complicada (Cutter et al., 2003 y Cutter & Finch, 2008).

Al respecto, tanto el Marco de Acción de Hyogo de 2005 como el Marco de Sendai en 2015 recomiendan el fortalecimiento de la planificación territorial para enfrentar el riesgo y los factores subyacentes que lo determinan. Estos factores, según la UNISDR (2015) corresponden a las consecuencias de la pobreza y la desigualdad, el cambio climático y la variabilidad del clima, la urbanización rápida y no planificada, la gestión inadecuada de las tierras, y factores agravantes como los cambios demográficos, los arreglos institucionales deficientes, las políticas formuladas sin conocimiento de los riesgos, la falta de regulación e incentivos para inversiones privadas en la reducción del riesgo de desastres, las cadenas de suministro complejas, las limitaciones en cuanto a la disponibilidad de tecnología, la utilización no sostenible de los recursos naturales, el debilitamiento de los ecosistemas, las pandemias y las epidemias. En base a lo anterior, el esfuerzo de abordar los factores subyacentes del riesgo aporta a una disminución de la ocurrencia de desastres. Para ello, ambos Marcos recomiendan la priorización de elaboración de planes para la reducción de los riesgos de desastre que consideren la diversidad cultural, los diferentes grupos etarios y los grupos vulnerables por condiciones socioeconómicas, de edad, género o salud entre otros factores.

Sin embargo, a pesar de esta premisa, en Chile no se cuenta con estrategias de mitigación de riesgos que estén articuladas adecuadamente con los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), donde a menudo los mapas de amenazas y vulnerabilidad son inconsistentes, no están disponibles o son

inaccesibles (OECD, 2012). Si bien Chile cuenta con una Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres desde 2014, que está en concordancia con lo expuesto en Hyogo y Sendai, aún están pendientes reformas que aborden el ordenamiento y planificación territorial (Moris, Contrucci & Ortega, 2017).

En la mayoría de los casos es posible diseñar acciones que reduzcan los riesgos, por medio del conocimiento y gestión de la vulnerabilidad. No obstante, por la naturaleza de los fenómenos que definen las amenazas es muy difícil actuar sobre ellos, en el mejor escenario se pueden mitigar; en cambio la vulnerabilidad, y por ende el riesgo, sí se puede prevenir y/o reducir.

En general, la reducción de la vulnerabilidad se enmarca en un sentido amplio en el ordenamiento territorial en cada país, definido como la regulación de la utilización, ocupación y transformación del espacio en función del bienestar colectivo actual y futuro, la prevención de desastres y el aprovechamiento sostenible de los recursos disponibles. En nuestro país, las políticas públicas orientadas a reducir el riesgo se encuentran poco fortalecidas y articuladas a los Instrumentos de Planificación Territorial (Martínez, Tamburini & Moris, 2017). Además, según Arenas et al (2010, p. 2), "la mayor parte de los espacios urbanos chilenos presenta situaciones de riesgo, debido a la ocupación no solo irregular y desprovista de planificación territorial, sino también a la presión ejercida desde el sector inmobiliario para la construcción en tales lugares"; lo que es facilitado por el deficiente control y normativa referente a la seguridad de la población y también respecto al uso y construcción del territorio, lo que finalmente genera el aumento de los factores de riesgo (Mansilla, 2000).

La planificación de riesgos es una materia que tiene menos de 20 años en Chile y desde entonces se ha estado desarrollando. Por ejemplo, desde los IPT disponibles se han separado en las definiciones normativas como los conceptos de "zonas no edificables", "áreas de riesgo" y "áreas de protección" (Moris, Contrucci & Ortega, 2017). Estas definiciones hacen referencia exclusivamente a las amenazas sobre el territorio, pero omiten el componente de vulnerabilidad inherente de la población que reside en él y que al verse afectada por la ocurrencia de un evento desencadena un desastre socionatural. Adicionalmente, el concepto de vulnerabilidad como factor del riesgo de desastres no ha sido abordado como tal dentro de la planificación. La normativa al respecto no incorpora este concepto; además, los diagnósticos realizados dentro del proceso de elaboración de los Planes Reguladores Comunales (PRC) quedan obsoletos, puesto que la tramitación de ellos suele tardar años.

En cuanto a los estudios de riesgos requeridos para la elaboración de un PRC, la institucionalidad chilena no ofrece una metodología básica estandarizada para su elaboración, existiendo brechas en sus elaboración y aplicación práctica. El Artículo 2.1.17 de la OGUC no define riesgos propiamente tales, sino amenazas brevemente listadas; tampoco incorpora el concepto de vulnerabilidad. No se establecen estándares mínimos de espacialización de los riesgos analizados, ni de parámetros para la restricción de

la ocupación y manejo de dichas áreas. El Dictamen 18.674 (2013) de la Contraloría General de la República establece que un área de riesgo no puede prohibir todo tipo de edificación, sino que prevé el emplazamiento bajo ciertas condiciones; por ende, el Artículo 2.1.17 de la OGUC no permite prohibir, pero sí establecer ciertas condiciones de edificación. 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 (Vicuña & Schuster, 2021).

La exposición permanente ante múltiples amenazas naturales tampoco ha sido debidamente considerada por la legislación que regula la urbanización y construcción de viviendas e infraestructuras en el país. Esto se traduce especialmente en la ausencia o debilidad de los instrumentos de ordenamiento territorial, en general, y en la no incorporación en ellos de los riesgos y amenazas (Romero, 2014).

La importancia de la gestión local para el manejo de los riesgos radica en que la mayoría de los desastres son pequeños y localizados. Son los actores locales quienes pueden enfrentar sus riesgos particulares y superar las condiciones de vulnerabilidad (CEPAL, 2002). La gestión local en nuestro país es equivalente al nivel comunal, siendo la unidad político-administrativa más atomizada. En la actualidad, la planificación comunal es aquella cuya escala permite un mayor acercamiento a la realidad del territorio y es ejecutada por el Plan Regulador Comunal, instrumento de planificación territorial de carácter normativo orientado a regular los usos de suelo para direccionar la inversión pública y privada en el territorio comunal.

La elaboración y cumplimiento de los PRC están a cargo de las municipalidades, organismos que además desempeñan un elevado número de responsabilidades como la provisión de servicios básicos y gestión del territorio, pero tienen escasos y desiguales recursos a disposición, viendo limitada su capacidad de respuesta (Navarrete-Hernández & Toro, 2019). Entre las responsabilidades de los municipios, la planificación territorial es un elemento clave no solo para prevenir la generación de nuevas áreas de riesgo, sino también para dirigir las inversiones y aportar a la calidad de vida urbana (Orellana et al, 2017; Orellana & Marshall, 2017). Sin embargo, los instrumentos de planificación tienden a privilegiar el ordenamiento de los usos del suelo y enfrentan los elementos de vulnerabilidad –sean medioambientales o socioeconómicos— en manera genérica (Martínez, 2014).

Dado entonces que el marco legal del sistema de planificación urbana en Chile no aborda el concepto de vulnerabilidad como factor del riesgo de desastres ni la exposición ante múltiples amenazas naturales. y considerando además los desiguales recursos que disponen los municipios, es relevante analizar los niveles de vulnerabilidad territorial de las comunas de las áreas metropolitanas y estimar su capacidad de prevención y respuesta integrada frente a eventos que desencadenan estados de excepción, como un desastre socionatural. La vulnerabilidad territorial que afecta de manera desigual las comunas y municipios

de las áreas metropolitanas chilenas es un desafío interdisciplinario, que requiere considerar sus determinantes medioambientales, socioeconómicas e institucionales.

# 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Riesgo de desastres socio naturales

Como señala Wilches-Chaux en Maskrey (1993) "existen múltiples definiciones de desastre, riesgo, amenaza y vulnerabilidad, determinadas (y validadas) por el interés particular y la formación profesional de quienes las han formulado, muchas de ellas contradictorias entre sí". Este mismo autor define el riesgo como "cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno". Al mismo tiempo, en la Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres de la UNISDR (2009), el riesgo se define como "el nivel de las pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptable, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes". Así mismo, el riesgo de desastres lo describe como "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 particular en un período específico de tiempo en el futuro". La primera definición se enfoca en la ocurrencia de un fenómeno natural, mientras que la de la UNISDR apunta implícitamente al concepto de vulnerabilidad, al mencionar las condiciones sociales económicas, políticas, culturales técnicas y ambientales existentes como determinantes en las potenciales pérdidas.

Los riesgos de origen natural se definen como la probabilidad de ocurrencia de un proceso natural extremo, potencialmente peligroso para la comunidad, susceptible de causar daño a las personas, sus bienes y sus obras (Barton, 1999). Además, el riesgo se configura por la relación entre factores de amenaza y vulnerabilidad, términos interdependientes y directamente proporcionales (Arenas, Lagos & Hidalgo, 2010). Olcina (2006), señala que el riesgo natural es la "posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario". Esto apela a la definición de exposición a amenazas naturales, como indica la UNISDR (2009) considerando al concepto de grado de exposición como "la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales".

Por otra parte, también según la Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres de la UNISDR, un desastre corresponde a "una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos".

Conforme a lo anterior, el concepto de riesgo integrará al de riesgo de desastre, considerándose como la ocurrencia de un fenómeno tanto natural como antrópico, que genera daños y pérdidas en la sociedad que habita dicho espacio, en función de la exposición del mismo ante la ocurrencia de un desastre (amenaza) y las condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales en base al momento de ocurrido el evento (vulnerabilidad). Para su gestión debe incluir necesariamente los niveles de vulnerabilidad y exposición de la población y del entorno construido, asumiendo que dentro de la definición del riesgo la amenaza de ocurrencia de un fenómeno natural extraordinario afectaría directamente a estas dimensiones.

Ante ello, el Marco de Sendai 2015-2030 tiene como objetivo lograr la reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países. Para alcanzar dicha meta, se debe lograr prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia.

#### 2.2. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad como factor del concepto de riesgo, según la UNISDR (2009), corresponde a "las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Se incluyen el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica de los elementos de interés (comunidad, sistema o bien) que es independiente de su exposición. Sin embargo, en su acepción común, con frecuencia esta palabra se utiliza más ampliamente para también incluir el grado de exposición de esos elementos" (UNISDR, 2009 p. 34-35).

En el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015, documento aprobado por la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, se define la vulnerabilidad como "las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto de amenazas" (UNISDR, 2005). Este documento tenía por finalidad constituir una oportunidad para promover un enfoque estratégico y sistemático de reducción de la vulnerabilidad a

las amenazas/peligros y los riesgos que éstos conllevan, por lo que esta definición está alineada con la problemática abordada en esta investigación.

Dentro de las condicionantes de la vulnerabilidad, los factores físicos o de exposición tienen una connotación material y se relacionan con la ubicación, densidad de habitantes y el entorno construido. Los factores sociales se relacionan con el grado de bienestar de las personas, las comunidades y la sociedad. Los factores económicos se relacionan con la situación económica de las personas, comunidades y países; la población pobre generalmente, es mucho más vulnerable que los segmentos más acomodados de la sociedad. Por último, los factores ambientales se relacionan con el grado de agotamiento de los recursos naturales y su estado de degradación" (UNISDR, 2005).

Adicionalmente, según Andrade, Lagos & Hidalgo (2010), "la vulnerabilidad -explicada por el riesgo y la amenaza existentes en una determinada porción del espacio terrestre, donde concurren las actividades humanas- es un factor esencial en términos de planes, programas y políticas de corto, mediano y largo plazo, que se apliquen en el país (...). Se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición a ser dañado". Por otro lado, Rojas & Martínez (2011), plantean una serie de definiciones sobre la vulnerabilidad mencionando entretanto a Cardona (1993), el cual señala que "un análisis de vulnerabilidad es un proceso por el cual se determina la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante un peligro específico, existiendo diversos tipos de vulnerabilidades". También citan a Kumpulainen (2006), quien indica que "la vulnerabilidad es una parte esencial de los peligros, definiéndola como la susceptibilidad de las personas, comunidades o regiones ante los diversos peligros naturales o tecnológicos, identificando tres dimensiones: económica, social y ecológica". Por otra parte, para Lavell (2001) la vulnerabilidad "corresponde a las características diferenciadas de la sociedad, o sus subconjuntos, predispuestos al sufrimiento de daños frente a un evento físico, dificultando la recuperación posterior, manifestándose por medio de distintos componentes, siendo cada uno de ellos resultado de un proceso social determinado". Los factores que originan la vulnerabilidad dependen del grado de exposición al evento, la fragilidad social (marginalidad y segregación social) y la falta de resiliencia o incapacidad de respuesta para absorber el impacto (Blakie, 1996).

Otra dimensión de la vulnerabilidad es la definición de vulnerabilidad territorial, la cual corresponde a "la configuración de condiciones objetivas y subjetivas de existencia, históricamente determinadas y protagonizadas por sujetos colectivos concretos, que originan o acentúan su predisposición ante ciertas amenazas y potencian la acción agresora de esta últimas" (Campos, 1998 citado en Rojas & Martínez, 2011). Esta definición permite abordar de manera general los aspectos socioeconómicos y físicos de la vulnerabilidad.

Interrelacionando los conceptos planteados, la carencia de ingresos vuelve aún más vulnerable socialmente a quienes están expuestos a la amenaza, es decir los hace más susceptibles a ser impactados por el riesgo de desastres, al restringir el control de los recursos necesarios para hacerle frente. En este sentido, la vulnerabilidad social se entiende como una situación en donde las personas no disponen de bienes (tangibles e intangibles) que permitan superar una crisis o contrarrestar sus efectos en el bienestar y la calidad de vida (Kaztman, 1999 a partir de Easton et al, 2018), provocando un sentimiento de inseguridad (Moser, 1998). La globalidad de la vulnerabilidad social radica precisamente en la amplia variedad de aspectos, no solo económicos, sino también sociales, físico y educativos —entre otros-(Wilches-Chaux, 1993 a partir de Easton et al, 2018), que interactúan amplificando el riesgo.

A partir de estas definiciones, en la presente *investigación se abordará la vulnerabilidad social de la mano de la vulnerabilidad económica*, asumiendo que el grado de bienestar de las personas, las comunidades y la sociedad tiene directa relación con la situación económica que determina la disposición de bienes, tangibles e intangibles, los cuales pueden incidir en susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto de amenazas. La vulnerabilidad socioeconómica se entenderá entonces como la predisposición de la población a verse afectada por la ocurrencia de un desastre a partir de las características que la configuran en dicho momento.

Los factores físicos y ambientales de la vulnerabilidad también serán abordados de manera conjunta, considerando el entorno en el cual está asentada la población. El aspecto físico de la vulnerabilidad hará referencia al aspecto material, atendiendo al entorno construido por medio de la materialidad de las viviendas, densidad de habitantes y la ubicación de la población respecto a zonas de exposición ante amenazas naturales. Por ello el factor ambiental estará entrelazado con el factor físico, dado que estado de conservación y/o degradación de los recursos naturales inciden directamente en escenarios de aumento en la frecuenta y magnitud de desastres socionaturales.

#### 2.2.1. Vulnerabilidad socioeconómica

Según Cutter (2003), la vulnerabilidad social es en parte el producto de las desigualdades sociales: aquellos factores que inciden en la susceptibilidad de varios grupos a sufrir daños y que también determinan su capacidad de respuesta. Sin embargo, también incluye a las desigualdades de lugar, las características de las comunidades y de su entorno construido, así como el nivel de urbanización, las tasas de crecimiento y la vitalidad económica, lo que contribuyen a la vulnerabilidad social de los lugares. Esta se describe con mayor frecuencia utilizando las características individuales de las personas (edad, raza, salud, ingresos, tipo de unidad de vivienda, empleo).

Según esta misma autora, existe un consenso general dentro de la comunidad de las ciencias sociales sobre algunos de los principales factores que influyen en la vulnerabilidad social. Estos incluirían: falta de acceso

a los recursos (incluida la información, el conocimiento y la tecnología); acceso limitado al poder político y la representación; capital social, incluidas las redes y conexiones sociales; creencias y costumbres; edificaciones y su antigüedad; individuos frágiles y físicamente limitados; además de tipo y densidad de infraestructura.

En consecuencia, la vulnerabilidad social busca medir las condiciones sociales y económicas que existen antes de que ocurra un desastre y que facilitan o interfieren con la capacidad de preparación, respuesta y recuperación (Cutter et al. 2003; Marmot, 2005; Tapsell & et al. 2010 a partir de Bronfman et al 2021).

A pesar de ser una de las naciones más expuestas a diversos peligros naturales, Chile aún carece de una caracterización nacional de vulnerabilidad social para identificar los territorios y poblaciones más sensibles a los peligros naturales. Esta información resultaría invaluable para diseñar futuras estrategias de preparación y mitigación frente a los peligros naturales (Bronfman et al 2021).

#### 2.2.2. Vulnerabilidad físico-ambiental y exposición ante amenazas naturales

La definición del concepto exposición según Orcina (2006) a partir de Rojas & Martínez (2011), es "conjunto de bienes a preservar que pueden ser dañados por la acción de un peligro. Puede ser humana, económica, estructural o ecológica".

Por otro lado, según Blakie et al (1996) la exposición corresponde a "la condición de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física ante los mismos".

La Terminología sobre reducción del riesgo de desastre" de la UNISDR (2009), define el grado de exposición como "la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales. Las medidas del grado de exposición pueden incluir la cantidad de personas o los tipos de bienes en una zona. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza en particular con el fin de calcular los riesgos cuantitativos relacionados con esa amenaza en la zona bajo estudio".

Adicionalmente, en el Marco de Sendai 2015-2030 se menciona que dentro de la reducción del riesgo de desastres es necesario invertir en instalaciones vitales, en particular escuelas y hospitales e infraestructura física, como sanitaria, de transporte y de telecomunicaciones. Junto con ello, se debe velar por hacer frente al riesgo de desastres en los servicios y la infraestructura de propiedad pública o administrados o regulados por el Estado.

A partir de los antecedentes presentados, se entenderá entonces la exposición como una condición de susceptibilidad en las cuales se encuentran los elementos físicos del territorio ante un evento de amenaza natural.

#### 2.3. Planificación urbana

La planificación del territorio es un elemento clave dentro de la configuración de la vulnerabilidad, que a su vez determina el riesgo de desastres socionaturales. Espinace (2020, p. 8) indica que "el ordenamiento territorial constituye un factor subyacente del riesgo, ya que condiciona el nivel de exposición y vulnerabilidad de la población ante una amenaza. Son las características territoriales previas a la generación de un evento disruptivo, las que favorecen o no el impacto negativo de estos, y que se relacionan con problemas causados por los procesos que se han generado producto de un inadecuado crecimiento urbano. En este sentido, un ordenamiento territorial eficaz que considere tanto las características físico-naturales como humanas y sociales de un espacio podría considerarse una estrategia que previene la construcción de nuevos riesgos y ayuda a que no se agudicen aún más los ya existentes".

En Chile la directriz del sistema de ordenamiento territorial se encuentra establecida desde el inciso 2° del artículo 3 de la Constitución Política de la República, que señala: "Los órganos del Estado promoverán el fortalecimiento de la regionalización del país y el desarrollo equitativo y solidario entre las regiones, provincias y comunas del territorio nacional". Sin embargo, tales declaraciones no se concretan a nivel de Instrumento de Planificación Territorial (IPT), pues el ordenamiento jurídico carece de una política nacional de ordenamiento territorial que fije los criterios que permitan alcanzar los objetivos plasmados a nivel constitucional (Moris, Contrucci & Ortega, 2017).

Más allá del concepto de ordenamiento territorial, existen varios instrumentos que están muy vinculados al tema, provenientes del ámbito urbano, tomando en cuenta que es en donde se asientan las mayores densidades poblacionales. Considerando que Chile presenta una alta tasa de urbanización (sobre el 85%), la planificación urbana adquiere una importancia particular a la hora de discutir sobre el ordenamiento del territorio (Maturana et al, 2017).

En términos normativos, la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) define en su artículo 27 la planificación urbana como "el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socioeconómico. Los objetivos y metas que dicha política nacional establezca para el desarrollo urbano serán incorporados en la planificación urbana en todos sus niveles". Adicionalmente, el artículo 28 señala que "la planificación urbana se efectuará en cuatro niveles de acción, que corresponden a cuatro tipos de áreas: nacional, regional, intercomunal y comunal". Cada instrumento de planificación urbana tendrá un ámbito de

competencia propio en atención al área geográfica que abarca y a las materias que puede regular, en el cual prevalecerá sobre los demás (...)".

La misma LGUC en su artículo 41, define la planificación urbana comunal como "aquella que promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social. La planificación urbana comunal se realizará por medio del Plan Regulador Comunal. El Plan Regulador es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos".

En cuanto a la incorporación de la Reducción de Riesgo de Desastres (RRD) al marco normativo de la planificación urbana existente, Wyndham, Castro & Sarmiento (2020) señalan que uno de los principales aportes es el artículo 60 de la LGUC, el cual indica que el Plan Regulador señalará los terrenos que por su especial naturaleza y ubicación no sean edificables, introduciendo la idea de que la planificación del uso del suelo puede definir áreas donde las edificaciones permanentes están restringidas por su naturaleza y ubicación, lo cual se detalla en el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

El artículo mencionado indica que "En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro 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 (...). Las «áreas de riesgo» se determinarán 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."

Al respecto, según Wyndham, Castro & Sarmiento (2020), practicantes y expertos en planificación mencionan que el artículo 2.1.17 carece de especificidad en dos aspectos relevantes. En primer lugar, no proporciona una definición clara de la función y las responsabilidades del especialista que define el área de riesgo o realiza evaluaciones de riesgo. Además, no define el contenido básico a ser incluido en las evaluaciones de riesgo realizadas para establecer medidas de mitigación, ni el proceso de revisión, incluyendo la composición del órgano competente de revisión. En segundo lugar, la clasificación existente de peligros naturales es demasiado amplia en comparación con las metodologías existentes para su evaluación, lo que impone más desafíos metodológicos al definir áreas de riesgo y usos potenciales de la tierra.

Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en Chile, su marco conceptual y metodológico está contenido en el Sistema Nacional de Protección Civil, integrado por instituciones y organizaciones públicas y privados, incluyendo la sociedad civil. La estructura de gestión para la protección civil de cada nivel jurisdiccional (nacional al comunal) se configura a través de un Comité de Protección Civil (CPC), encargado de la prevención, mitigación y preparación para los desastres, y un Comité de Operaciones de Emergencia (COE), agente encargado de coordinar la respuesta y recuperación una vez que ocurre el desastre.

En el año 2016 se aprobó el primer Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (PENGRD), cuyo objetivo consistió en implementar la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (ONEMI, 2016), la cual contiene los principios y lineamientos para la GRD en Chile. Dentro de los 5 ejes prioritarios que plantea, el eje nº 5 plantea la reducción de los factores subyacentes del riesgo, siendo uno de sus objetivos "considerar los factores subyacentes del riesgo en el desarrollo e los instrumentos de ordenamiento territorial" (Objetivo 4.4), para lo cual se consideran las acciones de 4.4.1 "Promover la elaboración de planes regionales de ordenamiento territorial (PROTs) considerando los factores subyacentes del riesgo en su formulación"; 4.4.2 "Promover la realización, articulación y/o actualización de los instrumentos de planificación territorial (IPTs) teniendo como referente los PROTs que ya han incorporado el análisis de riesgo"; y 4.4.3 "Difundir la utilidad de los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial que incorporen los puntos 4.4.1 y 4.4.2 como herramienta para la toma de decisiones". Sin embargo, aunque se ha avanzado en el desarrollo de un marco conceptual e institucional para la GRD, ésta aún no se integra sistemáticamente a la planificación urbana y territorial (Vicuña & Schuster, 2021).

#### 2.4. Vulnerabilidad en la planificación urbana comunal

Es posible identificar una variedad de factores de vulnerabilidad que están directa o indirectamente asociados con el marco regulatorio y las prácticas de planificación del uso del suelo urbano existente. Estos factores incluyen causas fundamentales asociados a dinámicas neoliberales que impactan los entornos urbanos a través de la liberalización de los mercados de suelo urbano, así como presiones dinámicas asociado con la falta de restricciones permanentes de construcción en áreas propensas a peligros, la falta de regulaciones apropiadas del mercado local de tierras o el acceso a viviendas sociales y asequibles, que también están influenciadas por macro-fuerzas como el rápido crecimiento urbano y la especulación de la inversión inmobiliaria (Sabatini & Arenas, 2000; Boano & Vergara-Perucich, 2017; Navarrete-Hernandez & Toro, 2019 a partir de Wyndham, Castro & Sarmiento, 2020).

Por otro lado, varias condiciones inseguras también están asociados con el marco regulatorio del uso del suelo urbano existente, como la mala conectividad y los sistemas de evacuación, expuestos medios de vida, informalidad urbana, entre otros (Castro et al., 2015; Sandoval & Sarmiento, 2018 y Moris et al., 2017 a partir de Wyndham, Castro & Sarmiento, 2020).

Al respecto, una cantidad considerable de literatura ha argumentado que la planificación urbana tiene un papel potencial para reducir las tensiones entre procesos coevolutivos de construcción de riesgo de desastres en áreas urbanas. De hecho, se ha destacado que "la planificación eficaz del uso de la tierra en áreas que están sujetas o potencialmente sujetas a amenazas naturales puede reducir significativamente el aumento del riesgo de desastres y mejorar la resiliencia de las comunidades existentes y futuras" (Wyndham, Castro & Sarmiento, 2020).

Si los mecanismos normativos en materia de planificación fueran efectivos, indudablemente implicarían regulaciones que restringirían el uso y ocupaciones humanas de grandes extensiones del territorio, lo cual resulta incompatible con los intereses económicos que pretenden localizar sobre ellos urbanizaciones, carreteras, fábricas, campos agrícolas, explotaciones forestales, minas y túneles (Romero, 2014).

La realidad indica que las zonas con bajo valor de uso de suelo y expuestas a amenazas suelen ser áreas preferentes para emplazamiento de viviendas sociales que terminan configurando áreas segregadas, con escaso acceso a servicios públicos, falta de infraestructura comunitaria que facilite la cohesión social y ausencia de un manejo efectivo de los riesgos naturales (Martínez, 2014), escenario ideal para promover vulnerabilidad su población. Lo indica también Thomas (2011), afirmando que este tipo de ocupación del espacio al margen de procesos de planificación territorial propicia la construcción de condiciones proclives a vulnerabilidades.

Por otra parte, la tendencia reactiva de la planificación territorial de Chile (a corregir más que a proponer o crear) y la también disociación con la GRD, hace que el abordaje de estas situaciones sea sectorial y no espacial ni holístico. La tradicional gestión de los desastres ha carecido de una visión territorial prospectiva y ha ido a la retaguardia de las situaciones, atendiendo, o en el mejor de los casos, corrigiendo. Esta situación hace indispensable definir políticas de uso y ocupación del suelo que reduzcan la posibilidad de configuración de situaciones de riesgo; es decir, que además de responder a las necesidades inmediatas, rebasen la coyuntura (acciones a corto, mediano y largo plazo), pero sobre todo, sean integrales y armónicas al territorio (que reconozcan e incorporen las posibilidades y restricciones de orden institucional, político y sociocultural y a su vez articulen los objetivos, metas y estrategias de los planes sectoriales con los de ocupación integral del territorio). (Thomas, 2011)

Los asentamientos urbanos chilenos se caracterizan por condiciones de alta vulnerabilidad y exposición a amenazas naturales, a pesar de la aplicación del marco normativo de ordenamiento territorial urbano existente a través de planes de ordenamiento territorial (Wyndham, Castro & Sarmiento, 2020). Ante este contexto, los IPT no necesariamente se constituyen como mecanismos efectivos para la GRD, principalmente porque su cobertura es limitada y desactualizada. Sólo un 68% de las comunas del país cuenta con un PRC, y de las comunas con más de 50.000 habitantes, un 14% no cuenta con plan y un 60% tiene más de 10 años de antigüedad (CChC, 2017 en Vicuña & Schuster, 2021).

A pesar de la existencia de diversas instancias institucionales, normativas y orientadoras, como por ejemplo la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), Planes Reguladores Comunales e Intercomunales y la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres entre otras, el concepto de vulnerabilidad como el factor del riesgo que sí se puede planificar y mitigar, no responde a los lineamientos propuestos por Sendai, en donde se indica que la planificación urbana debiera incorporar evaluaciones del riesgo de desastres por medio de evaluaciones de la degradación de las tierras y las viviendas informales y no permanentes, y el uso de directrices y herramientas de seguimiento basadas en los cambios demográficos y ambientales previstos a la hora de la elaboración del instrumento. En Chile en cambio, la planificación urbana comunal solo establece de manera estática las zonas de amenazas por medio de estudios de riesgos durante la elaboración de los instrumentos pero de manera no vinculante, además de no contemplar de manera determinante los cambios demográficos y territoriales previstos a fin de realizar una planificación prospectiva, generando una configuración accidentada del territorio, las edificaciones y actividades dentro del mismo y no contemplando la consecuente vulnerabilidad de la población ante el riesgo de desastres.

# 3. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Pregunta de investigación

¿De qué manera los Planes Reguladores Comunales debieran incorporar la vulnerabilidad en el caso del Área Metropolitana de Santiago?

### 3.2. Hipótesis de trabajo

Actualmente, según la Ley General de Urbanismo y Construcciones, las atribuciones de los Planes Reguladores Comunales no contemplan la incorporación de la Gestión de Riesgo de Desastres, contrariamente a lo que propone la UNISDR por medio del Marco de Sendai. El concepto de riesgo dentro de esta normativa no es considerado como tal, sino que zonifica amenazas naturales de manera espaciotemporalmente estática. Si bien los Planes Reguladores Comunales consideran implícitamente la vulnerabilidad, zonificando solamente las amenazas, estos instrumentos de planificación territorial debieran considerar la vulnerabilidad como componente del riesgo de desastres socionaturales, contemplando sus componentes tanto socioeconómicos como físico-ambientales, de manera separada y conjunta.

Por un lado, los planes debiesen contemplar variables mínimas que permitan caracterizar la vulnerabilidad en la fase de diagnóstico del PRC mismo, en el Estudio de Riesgos y en la propuesta de normativas urbanas. La actualización de información debe ser atingente a las dinámicas del territorio, ya que una mayor frecuencia en la elaboración de los PRC puede implicar un mejor diagnóstico y análisis de la vulnerabilidad territorial.

# 3.3. Objetivos

# 3.3.1. Objetivo General

Analizar la vulnerabilidad territorial, tanto en sus dimensiones socioeconómica como físico-ambiental y su incorporación en los Planes Reguladores Comunales del Área Metropolitana de Santiago.

# 3.3.2. Objetivos Específicos

OE1: Analizar las dimensiones socioeconómicas y físico-ambientales de la vulnerabilidad en las comunas del AMS.

OE2: Identificar perfiles de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental entre de las comunas del AMS

OE3: Examinar el abordaje de la vulnerabilidad por parte de los instrumentos de planificación territorial comunales en comunas seleccionadas que enfrentan distintos niveles y dimensiones de vulnerabilidad.

#### 4. ESTUDIO DE CASO

El constante aumento de población que habita en áreas urbanas en nuestro país conlleva a que las ciudades no sean capaces de satisfacer la creciente demanda de vivienda, servicios básicos, infraestructura y equipamientos, generándose un deterioro progresivo de las condiciones sociales y medioambientales (Sánchez, 2010). Este deterioro promueve contextos de vulnerabilidad, aumentando el riesgo de desastres socionaturales, especialmente en áreas metropolitanas.

La Región Metropolitana alberga la ciudad de Santiago, correspondiente a la capital y principal área metropolitana del país. Según el Censo de Población y Vivienda 2017, la población alcanza los 7.112.808 habitantes, representando el 40,5% de la población del país. Registra una densidad poblacional de 462 habitantes por km2 y se sitúa como la región la más poblada del país. Adicionalmente, el 96,3% de sus habitantes vive en zonas urbanas y el 3,7% en zonas rurales, correspondiendo también a la región con mayor predominio de personas habitantes de zonas urbanas.



Figura 1 Población urbana - rural por región según Censo 2017

Fuente: INE, 2017.

Según el estudio de áreas funcionales del año 2018, elaborado por MINVU e INE, el Área Funcional Urbana (AFU) de mayor densidad es el Gran Santiago, con 37 habitantes por hectáreas.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> AFU: concepto adaptado al establecido por la OCDE para referirse al área urbana funcional, se omite la palabra urbana para no diferenciar entre urbano y rural, se define como superficie de dos o más comunas que por sus relaciones funcionales se integran en una unidad cuya extensión territorial comprende uno o más centros urbanos y hinterland o área de influencia, determinadas principalmente a partir de los flujos de movilidad laboral y criterios de contigüidad y de interacción de elementos de infraestructura, equipamiento y servicios. (MINVU, SUBDERE, SECTRA & INE, 2020).

El Área Funcional de Santiago está formada por 48 comunas y concentra un total de 6.940.432 habitantes. Se compone de dos núcleos conurbados: Gran Santiago y Buin-Paine, además del núcleo urbano de Colina. En conjunto, los tres núcleos albergan al 92,5% de la población de la AFU, mientras que los habitantes del entorno (hinterland) equivalen al 7,5% de la misma (MINVU, SUBDERE, SECTRA & INE, 2020).

Dentro del AFU se inserta el núcleo urbano del Gran Santiago, el cual está conformado por las comunas de la provincia de Santiago, además de las comunas de Puente Alto, San José de Maipo, San Bernardo, Padre Hurtado, Peñaflor, Colina y Lampa (MINVU, SUBDERE, SECTRA & INE, 2020), dando un total de 39 comunas.

Para efectos de la presente investigación, se tomará como área de estudio el Gran Santiago, dado que es el núcleo que concentra los nodos de las actividades económicas, de educación y de servicios. De ahora en adelante, cada vez que se hable de AMS, será lo mismo que referirse al núcleo urbano del Gran Santiago y las 39 comunas que lo componen.

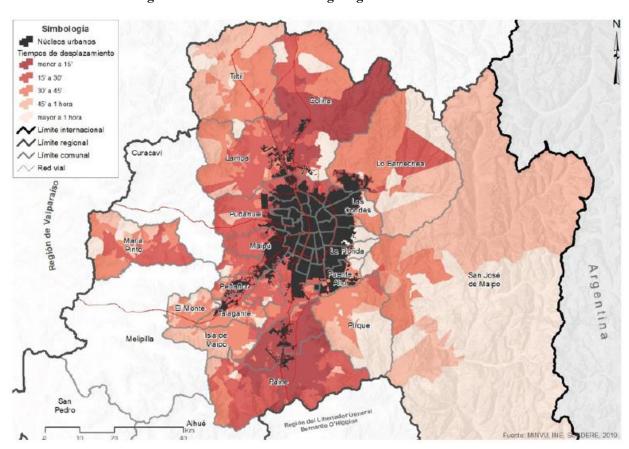


Figura 2 Área Funcional de Santiago según estudio MINVU

Fuente: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio de MINVU en base a datos de la ENE, SECTRA y SUBDERE, 2020.

Bajo este escenario y considerando que no todas las comunas de carácter urbano de la región cuentan con PRC, se genera un crecimiento desregulado y poco planificado dentro del Área Metropolitana de Santiago. Lo anterior, sumado al poder que la globalización y el modelo económico neoliberal les han otorgado a las decisiones individuales en la configuración del territorio, revela algunas de las causas fundamentales de la construcción de escenarios de riesgo de desastres (Sánchez, 2010).

En Chile la normativa indica que la planificación urbana comunal se ejecuta por medio de dos instrumentos: el Plan Regulador Comunal (PRC), el cual corresponde a un instrumento de carácter normativo, que según las atribuciones que le otorga la LGUC, debe promover el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social fijar las prioridades de inversión pública. El segundo instrumento es de carácter indicativo y corresponde al Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), con el cual cada municipio contar tenerlo según la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades; este debe orientar el desarrollo de la comuna y tiene una duración mínima de cuatro años y debe ser aprobado por el Concejo Municipal. Sin embargo, dado que el PLADECO suele plasmarse en decisiones de inversión pública en menos de un 5 % de los casos, en la práctica, el PRC es el instrumento más incidente en el desarrollo urbano local (Orellana, Vicuña & Moris, 2017).

Dentro de la elaboración del PRC, específicamente del documento correspondiente a la Memoria Explicativa, la OGUC establece que debe contener un Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental, con sus respectivas áreas de restricción y condiciones para el territorio comunal. Sin embargo, la normativa establece solo la elaboración de dicho Estudio, no otorgándole un carácter vinculante para ser incorporado dentro del instrumento.

Estos instrumentos son los que regulan el territorio Metropolitano de Santiago, configurando su morfología y características socio espaciales. No obstante, tras el repliegue de la planificación y la liberalización del desarrollo urbano en Chile, dichos instrumentos de planificación presentan diversos estados y condiciones de avance, según las particularidades y coyunturas de la geografía y capacidades de gestión local (Orellana, Vicuña & Moris, 2017).

Según el Observatorio Urbano, sitio web con estadísticas e investigación del MINVU, de las 37 comunas, 9 no cuentan con PRC, sin contemplar que las fechas de elaboración de las 28 comunas que sí cuentan con este instrumento, datan de hace más de 20 años. Dichas estadísticas son relevantes si se considera el Marco de Sendai, que plantea que es necesario mejorar la capacidad de gobernanza local para promover la Gestión de Riesgo de Desastres (GRD).

# 5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada es de tipo mixta, siendo cuantitativa para el cálculo del índice de vulnerabilidad territorial y cualitativa en una segunda instancia, consistente en la revisión de los IPT comunales, considerando en ambos casos la recopilación y análisis de fuentes de información secundarias.

En la Tabla 1 se plantea una síntesis de la metodología planteada para ejecutar cada objetivo específico.

Tabla 1 Síntesis de metodología asociada a objetivos específicos

Objetivo Específico asociado	Técnicas y Actividades	Producto esperado	
OE1: Analizar las dimensiones socioeconómicas y físico-ambientales de la vulnerabilidad en las comunas del AMS.	Análisis SIG a partir de fuentes secundarias de información.	Mapeo y cuantificación que representa la caracterización de la vulnerabilidad a nivel de zona censal.	
OE2: Identificar perfiles de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental entre de las comunas del AMS	vulnerabilidad por medio de ponderaciones para sintetizar a escala comuna, todo	Categorización de la vulnerabilidad de las zonas censales por medio de la generación de índices síntesis y clasificación de comunas en base a resultado obtenido en índices.	
OE3: Examinar el abordaje de la vulnerabilidad por parte de los instrumentos de planificación territorial comunales en comunas seleccionadas que enfrentan distintos niveles y dimensiones de vulnerabilidad.	Revisión y comparación de PRC.	Determinar existencia de coincidencias y discrepancias entre comunas con similares y diferentes categorías de vulnerabilidad. Análisis crítico de PRC's vigentes.	

Fuente: Elaboración propia.

El mecanismo para sintetizar la vulnerabilidad social seguirá lo propuesto por el "Índice de Vulnerabilidad Social" (SoVI, por sus siglas en inglés) propuesto por Cutter (2003 & 2008). Este índice permite cuantificar y visualizar la distribución espacial de la vulnerabilidad a través de datos censales, índices de desarrollo económico o índices ambientales (Cutter et al. 2003). En Chile, Bronfman et al (2021) elaboraron un SoVI a nivel nacional, por lo que será este estudio la guía para replicar la metodología del cálculo de vulnerabilidad para la Región Metropolitana.

Dentro del concepto de vulnerabilidad social, la raza/etnia, clase socioeconómica y el género se encuentran entre las características más comunes que definen a las poblaciones vulnerables, junto con la edad, migración y tenencia de la vivienda (Cutter & Finch, 2008). El SoVI proporciona una métrica

comparativa a nivel de condado de la vulnerabilidad social en Estados Unidos a los peligros naturales basada en el perfil socioeconómico y demográfico subyacente. Bronfman et al (2021) replica esta metodología a nivel de zona censal para todo Chile. A partir de diversos autores, considera ocho grandes componentes en donde se clasifican 30 variables que determinan la vulnerabilidad social a nivel de zona censal. Estos ocho componentes son:

Estatus socioeconómico: representa las capacidades para hacer frente y recuperarse de las pérdidas causadas por un desastre. Un nivel socioeconómico bajo implica mayores dificultades para afrontar un desastre y, en consecuencia, mayores niveles de vulnerabilidad (Murphy et al, 2009; Shapira, Aharonson-Daniel & Bar-Dayan, 2018).

Nivel educacional: se asocia al conocimiento o conciencia de las personas sobre los peligros naturales y sus acciones preventivas. Los niveles educativos superiores permiten una mayor capacidad para comprender la información y, por tanto, se asocian a un menor nivel de vulnerabilidad (Muttarak & Lutz, 2014; Rufat et al, 2015). Se consideran variables que miden el número de personas de la población con nivel educativo bajo o nulo.

Empleo: suele estar asociado con el acceso a los recursos necesarios para mitigar los impactos de un desastre, además de posibles pérdidas y dificultades para hacer frente a este tipo de eventos. Así, la inactividad ocupacional se traduciría en una mayor vulnerabilidad social ante las amenazas (Cutter et al, 2003; Tapsell et al, 2010). Se consideran variables como población económicamente activa, población desempleada y número de estudiantes.

**Demografía:** incluye variables como edad sexo, que reflejan las necesidades únicas de algunos grupos para hacer frente a un desastre (Bronfman et al 2019; Castañeda et al 2020). Estudios previos sugieren que las diferencias entre hombres y mujeres en términos de su nivel de empleabilidad y presencia en los procesos de toma de decisiones hacen que las mujeres sean un grupo más vulnerable (Sikandar & Khan, 2019). Del mismo modo, los adultos mayores y los niños, que carecen de independencia en cuanto a movilidad o acciones de respuesta a este tipo de eventos, también se consideran grupos con mayor vulnerabilidad (Al-Rousan et al, 2014; Daddoust et al, 2018).

Etnicidad/Inmigración: se reportan niveles de vulnerabilidad más altos para inmigrantes y poblaciones indígenas. Por lo general, viven en zonas de riesgo y tienen barreras lingüísticas y culturales para acceder al conocimiento sobre las amenazas, porque los planes de mitigación de riesgos generalmente no consideran a esta población.

Calidad de la vivienda: calidad de la construcción y por tanto, posible pérdida o destrucción de la vivienda (Cutter et al, 2003).

Acceso a servicios básicos: falta de servicios básicos como agua, electricidad o alcantarillado que en un escenario de desastre generan más retrasos en el proceso de recuperación (Vieira et al, 2020).

Las variables que se incorporarán dentro del análisis serán escogidas tomando como referencia la propuesta metodológica utilizada por Bronfman et al, especificada en el Anexo 1. Adicionalmente a los componentes y variables planteadas por Bronfman en su adaptación del SoVI al territorio nacional, se considerarán los campamentos como parte de la vulnerabilidad socioeconómica, dado que los asentamientos informales se encuentran entre los grupos más afectados por desastres, debido a la alta vulnerabilidad exposición a amenazas naturales y antrópicas que presentan (un-HABITAT, 2003 en Flores et al, 2019).

Dado que el índice de vulnerabilidad territorial que pretende elaborar la presente investigación comprende además de la vulnerabilidad socioeconómica, la presencia de campamentos y la vulnerabilidad físico-ambiental, es que no se incorporarán la totalidad de las variables utilizadas en la elaboración del SoVI, si no que se tomarán solo algunas variables a modo de hacer un SoVI abreviado como insumo para el índice que abarque ambas vulnerabilidades.

La escala para la elaboración de los índices de vulnerabilidad es la zona censal, la cual "corresponde a la división del distrito censal urbano y área urbana de los distritos censales mixtos, formada por un conglomerado de manzanas, cuya finalidad es facilitar la organización, control y levantamiento del censo" (INE, 2018). Esta unidad de análisis se encuentra en una escala intermedia entre la división comunal y las manzanas censales.

El cálculo de la vulnerabilidad requiere de una ponderación de las variables, con el fin de priorizar aquellas que tengan mayor y menor significancia para la representación de la vulnerabilidad. Para ello, se lleva a cabo un *focus group* de expertos en el área y se toman como referencias antecedentes bibliográficos expuestos en el marco teórico y a inicios del capítulo metodológico de la presente investigación, a fin de determinar las ponderaciones y método estadístico idóneos para el cálculo del índice.

Las ponderaciones se establecen con valores entre 1 y 6, en donde el valor 1 representa menor significancia del factor y el valor 6 la mayor significancia para el cálculo de la respectiva vulnerabilidad, representando numéricamente las categorías de incidencia muy baja (1), baja (2), medio baja (3), medio alta (4), alta (5) y muy alta (6).

En la Tabla 2, se muestran las tablas con la asignación de pesos y ponderaciones para cada vulnerabilidad. Para la elaboración del índice de vulnerabilidad territorial que agrupa ambas vulnerabilidades, cada una de ellas pasará a representar un 0,5 (50%) de peso dentro del mismo.

Tabla 2 Ponderación de variables para vulnerabilidad socioeconómica

	VARIABLE	FACTOR	PESO	PONDERACIÓN	FUENTE
	Campamentos - Asentamientos informales	Superficie	3	0,0405	Techo 2021
		Número de campamentos	2	0,0270	Techo 2021
		Número de familias	6	0,0811	Techo 2021
		Antigüedad	1	0,0135	Techo 2021
	SoVI	Hacinamiento crítico	5	0,0676	Censo 2017
Vulnerabilidad		Escolaridad	3	0,0405	Censo 2017
socioeconómica		GSE predominante	6	0,0811	OCUC 2017
		Género - Índice de feminidad	3	0,0405	Censo 2017
		Rangos etarios <=5 y >= 65 años (% según población total)	4	0,0541	Censo 2017
		Desempleo (%)	3	0,0405	Censo 2017
		Inmigrantes (%)	1	0,0135	Censo 2017

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Ponderación de variables para vulnerabilidad físico-ambiental

	VARIABLE	FACTOR	PESO	PONDERACIÓN	FUENTE
	Viviendas	Antigüedad construcciones	2	0,0800	OCUC 2015
		Número de viviendas	5	0,2000	Censo 2017
		Densidad bruta viviendas (viviendas/ha)	2	0,0800	Censo 2017
Vulnerabilidad		% de viviendas con materialidad no aceptable (recuperable e irrecuperable)	4	0,1600	Censo 2017
físico-ambiental		Erodabilidad de suelos	5	0,2000	CEDEUS, 2015
		Amplitud térmica anual	2	0,0800	OCUC 2017
	Infraestructura y equipamiento crítico	Presencia (SI/NO) Si hay, ¿cuántas se encuentran en amenaza?	4	0,1600	IDE Min. de Educación 2020, IDE Bomberos 2017, IDE Min. de Salud 2021, IDE Carabineros 2018, GORE RM 2013, IDE SUBTEL 2021, IDE DGA 2017

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la variable infraestructura y equipamiento crítico en zona de amenazas, se contemplaron zonificaciones de amenazas socionaturales provenientes del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), el estudio del GORE RM y Edáfica del año 2013, "Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago" y por la zonificación de respuesta sísmica del recurso de mapa online del Serviu 2017. Así, las amenazas son agrupadas en cuatro grandes tipologías: remoción en masa (comprende deslizamientos y desprendimientos), inundaciones (por cauce), ignición por incendios forestales y respuesta sísmica regular, mala y buena (Ver Anexo 5). Esta sumatoria de zonificaciones se cruzó con la georreferenciación en formato puntual de la infraestructura y equipamientos crítico (Tabla 4 y Anexo 5).

Tabla 4 Listado de infraestructura y equipamiento crítico

Infraestructura	Equipamiento
Antenas en servicio bajo Ley de Torres	Establecimientos de educación escolar, parvularia y superior.
Centrales y subestaciones eléctricas	Jardines Junji
Plantas de agua potable	Establecimientos de salud públicos y privados de alta, media y baja complejidad
Plantas de Tratamiento de aguas servidas	Cuerpos y Compañías de Bomberos
	Cuarteles de Carabineros

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la naturaleza de los datos de los factores difiere una del otro, siendo algunos de tipo discreto (por ejemplo, antigüedad de campamentos), otros continuo (% de desempleo) o categórico (GSE predominante), es que se realiza una normalización de los datos, a fin de hacer comparables y homologable la unidad de medida de los factores. Para dicho efecto, se llevarán todos los datos a valores entre 0 y 1, en donde 0 representa nula vulnerabilidad y 1 vulnerabilidad máxima. La fórmula para estandarizar los valores es:

$$X normalizado = \frac{X - Xmin}{X máx - X min}$$

Es pertinente indicar que, en algunos factores, como por ejemplo escolaridad y desempleo, los valores bajos corresponden a una mayor vulnerabilidad, por lo que, para la correcta normalización de dichos datos, se deben invertir los valores restándole 1 a cada uno de ellos (1-X).

La finalidad es obtener un indicador para ambas vulnerabilidades, con el fin de analizar su comportamiento por separado y luego en conjunto se elaborará el indicador de vulnerabilidad territorial, para analizar la conjunción de las vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental, sus patrones en común y aquellos sectores con menor y mayor vulnerabilidad.

Para identificar patrones de vulnerabilidad, por separado y en conjunto, se utilizan los métodos de autocorrelación espacial de Moran y LISA. Estos métodos permiten agrupar el espacio en unidades homogéneas que identifiquen la autocorrelación espacial a partir del análisis de la varianza de las observaciones que pueden componer una zona.

El índice de Moran es un estadístico que da cuenta del grado de autocorrelación o dependencia espacial de una variable. Se basa en el análisis de la localización de una observación y en sus atributos numéricos simultáneamente entregando información del patrón espacial de la variable (dispersa, sin agrupamiento o aleatorio) (Moran, 1948). Para efectos de la presente investigación, el índice Moran muestra si los niveles de vulnerabilidad socioeconómica, físico-ambiental y territorial se distribuyen en un patrón específico dentro del AMS. Los valores de Moran van de -1 a 1, donde los valores menores a 0 representan una autocorrelación espacial negativa, lo que advierte que la vulnerabilidad se distribuye de manera dispersa dentro del territorio. Los valores mayores a 0 indican una autocorrelación espacial positiva, lo que indica que las zonas censales tienen niveles similares de vulnerabilidad y que esta se distribuye de manera uniforme en el espacio. Finalmente, un valor de Moran igual a 0 corresponde a una autocorrelación espacial cero, lo que indica que la vulnerabilidad social se distribuye aleatoriamente en el territorio. Con ayuda del P-valor y el Z-score del índice es posible evaluar el nivel de significancia (Moran, 1948).

Por otra parte, el método estadístico local de Moran, o también llamado LISA por sus siglas en inglés Local Index of Spatial Association, es un indicador que permite relevar la agrupación o clusterización de fenómenos, considerando el espacio como una variable clave dada la distribución aleatoria de un fenómeno cualquiera (Anselin, 1995), que en este caso correspondería a la vulnerabilidad.

El método Moran muestra si los niveles de vulnerabilidad se distribuyen en un patrón específico en todo el territorio, mientras que el índice local de Moran (LISA) expone subzonas donde se agrupen niveles similares o diferentes de vulnerabilidad, comparando el valor del índice de vulnerabilidad de cada zona censal con el valor de sus zonas vecinas y con la vulnerabilidad global media del área de estudio. Se obtiene una autocorrelación espacial positiva para aquellas zonas censales cuyo valor de vulnerabilidad está por debajo de la media global y cuyas unidades vecinas tienen un nivel similar y se agrupan en el clúster bajo-bajo (LL). La misma situación ocurre con aquellas zonas censales cuyo valor de vulnerabilidad sea superior a la media global, que se agrupan en el clúster alto-alto (HH) y representan altos niveles de vulnerabilidad (Anselin, 1995). Cuando la zona censal está rodeada de unidades de análisis con diferentes valores de vulnerabilidad, proporciona un clúster con una autocorrelación espacial negativa. Por lo tanto, para una zona censal con un valor de vulnerabilidad indicativa de un mayor nivel de vulnerabilidad en lugar de unidades contiguas, se establece un grupo de alto-bajo (HL). Para una zona censal con un valor de vulnerabilidad baja en comparación con sus unidades vecinas, se establece un clúster bajo-alto (LH) (Bronfman et al, 2021).

Una vez obtenido el indicador de vulnerabilidad final, contemplando la vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental, se definirán perfiles de comuna con resultados similares, contemplando aquellas que más extremas en sus categorías de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental (Tabla 5).

Tabla 5 Matriz de identificación de comunas con similar vulnerabilidad

		Vulnerabilidad socioeconómica	
		Ваја	Alta
Vulnerabilidad	Alta	Comuna 1	Comuna 2
físico-ambiental	Ваја	Comuna 3	Comuna 4

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidas las comunas a analizar, se realiza una revisión de contenidos del PRC en donde se pretende comparar cómo es la planificación urbana comunal; si integra o no, y de qué manera, el componente vulnerabilidad en sus dimensiones socioeconómica y físico-ambiental. Para ello, se realiza una recopilación y volcado de información respecto de la existencia o no de PRC dentro de las comunas, la fecha de elaboración de este, si ha sufrido o no modificaciones y cuántas. Esta información tiene por finalidad registrar y conocer qué tan actualizado que está el diagnóstico que permitió llevar a cabo el PRC y con ello tener nociones de cómo la planificación comunal aborda la contingencia socioeconómica y físico-ambiental del territorio que está normando.

También se levanta información general sobre la zonificación de zonas de riesgos y la incorporación del concepto de vulnerabilidad en el Estudio de Riesgos que las justifican, a fin de tener una noción de si se está incorporando el concepto riesgo según lo establecido en las instancias planteadas en el marco teórico o si solamente se hace referencia al concepto de amenaza.

Una vez almacenada y registrada esta información en una matriz, se genera un índice de planificación en donde la información registrada se agrupa en dos categorías de indicadores: "PRC actualizado o modificado" y "Considera zonas de riesgo y/o vulnerabilidad en Estudio de Riesgos". La primera contempla si la comuna tiene o no PRC, el año de elaboración de este y el número de modificaciones, ponderando un 80% del índice de planificación. La segunda categoría considera si el Estudio de Riesgos asociado al PRC identifica zonas de riesgos naturales, zonas de riesgo y/o vulnerabilidad, ponderando un 20% del índice. Las ponderaciones se obtuvieron en la misma actividad *focus group* de expertos realizada para el índice de vulnerabilidad.

Los valores que se asignan a las variables para la elaboración de este índice corresponden, al igual que para el índice de vulnerabilidad, valores normalizados de 0 a 1. Para este caso, el valor 1 representa una

mayor actualización de la planificación respecto de la vulnerabilidad comunal, siendo entonces 0 menor actualización.

Finalmente, se contrastan los resultados de este índice de planificación con los índices de vulnerabilidad con el objeto de determinar si existe una relación entre ambos.

# 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez calculado los índices de vulnerabilidad, se utiliza el método quiebre natural (Jenks) para determinar las categorías de vulnerabilidad que permitan una visualización de los datos como resultado. Este método se basa en las agrupaciones naturales inherentes a los datos y los cortes de clase se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases. Las entidades se dividen en categorías cuyos límites quedan establecidos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Estas categorías se discretizaron en 5 rangos correspondientes a vulnerabilidad muy baja, baja, media, alta y muy alta.

## 6.1. Índice de vulnerabilidad socioeconómica

En la Figura 3 se observa el mapa con el resultado obtenido para el índice de vulnerabilidad socioeconómica. Es posible observar que las vulnerabilidades altas y muy altas tienen mayor presencia en sectores del pericentro del AMS. Comunas como Recoleta, Conchalí, Renca, Cerro Navia, Lo Prado y Quinta Normal por el norte, y Pedro Aguirre Cerda, Lo Espejo, San Ramón y La Granja por el sur, tienen altos niveles de vulnerabilidad. Es pertinente mencionar que en algunas zonas censales aparecen como parches de vulnerabilidad muy baja en comunas y/o sectores con alta y muy alta vulnerabilidad predominante, puede deberse a alcances metodológicos, ya que, por ejemplo, hay zonas censales que contienen grandes infraestructuras y/o equipamientos, representando pocas personas censadas dentro de una zona censal, sesgando así los valores de las variables utilizadas para el cálculo de esta vulnerabilidad.

El mapa obtenido indica que las comunas del cono de altos ingresos y las zonas censales del sector precordillerano son aquellas que presentan niveles de vulnerabilidad muy baja, lo cual será interesante de contrastar al momento de cruzar la información con la vulnerabilidad físico-ambiental que contempla, entre otras, zonificación de amenazas de remoción en masa dadas las características orográficas del sector.

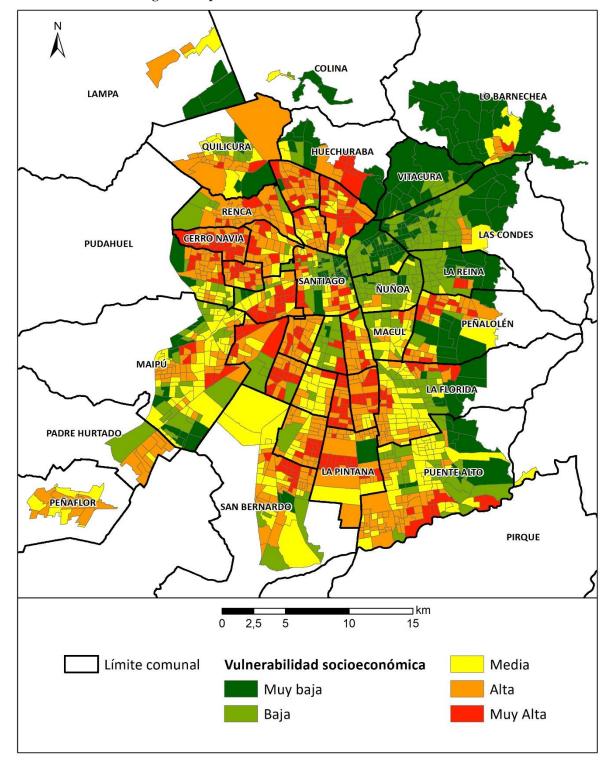


Figura 3 Mapa de índice de vulnerabilidad socioeconómica

El índice de Moran aplicado para la vulnerabilidad socioeconómica da un valor 0,667092, lo cual en conjunto del valor z-score indica que corresponde a una alta clusterización o aglomeración de los datos, y al ser cercano al valor 1 se observa que esta vulnerabilidad tiene valores similares dentro de las zonas censales contiguas y que esta se distribuye de manera uniforme en el espacio.

**Spatial Autocorrelation Report** Moran's Index: 0,667092 Critical Value (p-value) (z-score) z-score: 48,243455 0.01 < -2.58 p-value: 0,000000 -2.58 - -1.96 0.05 0.10 1.96 - -1.65 -1.65 - 1.65 0.10 0.05 1.96 - 2.58 Significant Significant Clustered Given the z-score of 48.2434548872, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance. Global Moran's I Summary Moran's Index: 0,667092 Expected Index: -0,000595 Variance: 0,000192 z-score: 48,243455 p-value: 0,000000

Figura 4 Reporte de autocorrelación espacial (Moran I) para vulnerabilidad socioeconómica

Fuente: Elaboración propia.

El resultado el método de autocorrelación espacial de LISA muestra más claramente las aglomeraciones de alta y baja vulnerabilidad dentro del AMS. Resalta una aglomeración muy vulnerable (High-High) que agrupa el sur de la comuna de Renca, oriente de Pudahuel, Lo Prado casi en su totalidad, y el poniente de Quinta Normal. Por el sur resaltan también Pedro Aguirre Cerda y Lo Espejo casi en su totalidad.

Resalta también el eje en torno a la ruta 78 de las comunas de Estación Central y Cerrillos. Es llamativo que estas comunas son precisamente las que no cuentan con PRC vigente. Por el sur, se aprecian las comunas de San Joaquín por el sur poniente, San Ramón, La Granja y La Pintana casi en su totalidad con una afloración de alta vulnerabilidad, junto con el suroriente de El Bosque y nororiente de San Bernardo.

En las comunas del cono de altos ingresos se aprecia una gran aglomeración de muy baja vulnerabilidad (Low-Low), que abarca las comunas completas de Vitacura, Las Condes, Providencia, y cerca de la mitad de Santiago, Ñuñoa y La Reina. En las comunas de Peñalolén, La Florida y Puente Alto también se observan clúster de baja vulnerabilidad en sus sectores más cordilleranos. Resalta en la comuna de Peñalolén una pequeña aglomeración de alta vulnerabilidad, lo que correspondería al sector de Lo Hermida. En Puente Alto el sector de mayor vulnerabilidad corresponde al centro cívico y comercial de la comuna. Llaman la atención algunas zonas censales con alta vulnerabilidad, a modo de enclave dentro de la baja vulnerabilidad (High-Low) que predomina en las comunas de Las Condes, La Reina, La Florida y Puente Alto, junto con Maipú en menor escala.

COLINA LAMPA LO BARNECHEA QUILICURA HUECHURABA VITACURA LAS CONDES RENCA **PUDAHUEL** LA REINA SANTIAGO ÑUÑOA PEÑALOLÉN MACUL MAIPÚ LA FLORIDA PADRE HURTADO **PUENTE ALTO** LA PINTANA SAN BERNARDO PEÑAFLOR PIRQUE ⊒ km 2,5 5 10 15 Límite comunal High-Low LISA Not Significant Low-High High-High Low-Low

Figura 5 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad socioeconómica

## 6.2. Índice de vulnerabilidad físico-ambiental

En la Figura 6 se observa el mapa con el resultado del cálculo del índice de vulnerabilidad físico-ambiental. En términos generales, la distribución de esta vulnerabilidad tiende a presentarse de manera homogénea en el AMS, a diferencia de la vulnerabilidad socioeconómica que distingue más claramente grandes sectores de vulnerabilidad diferenciada. Tampoco destaca el cono de altos ingresos mostrando valores de menor vulnerabilidad en comparación con las otras comunas.

Aquellas zonas censales con mayor vulnerabilidad se concentran principalmente en el sector norte del AMS, en comunas como Lo Barnechea, Huechuraba y Recoleta. Sin embargo, en el centro de la ciudad, en comunas tales como Santiago, Estación Central y San Miguel también se observan zonas censales con vulnerabilidad físico-ambiental alta y muy alta, dado la naturaleza de las variables consideradas (Para más detalles ver Anexo 3).

Con un índice de Moran de 0.481545 lo cual en conjunto del valor z-score indica que corresponde a una alta clusterización de los datos (Figura 7), esta vulnerabilidad presenta menor autocorrelación espacial en comparación a la vulnerabilidad socioeconómica. Sin embargo, también puede confirmarse que los aspectos materiales de la vulnerabilidad sí se ven influenciados por el espacio en que se emplazan.

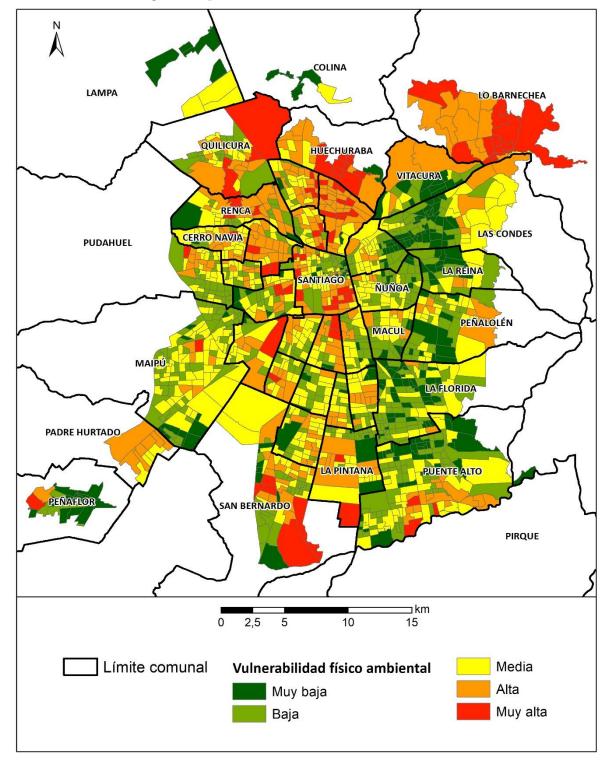


Figura 6 Mapa de índice de vulnerabilidad físico-ambiental

Spatial Autocorrelation Report Moran's Index: 0,481545 Significance Level Critical Value (p-value) (z-score) z-score: 34,853369 0.01 < -2.58 p-value: 0,000000 0.05 -2.58 - -1.96 -1.96 - -1.65 0.10 -1.65 - 1.65 0.10 1.65 - 1.96 0.05 1.96 - 2.58 > 2.58 0.01 Significant Significant Given the z-score of 34.8533691162, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance. Global Moran's I Summary Moran's Index: 0.481545 Expected Index: -0,000595 Variance: 0,000191 z-score: 34,853369 p-value: 0,000000

Figura 7 Reporte de autocorrelación espacial (Moran) para vulnerabilidad físico-ambiental

Al observar el resultado del método LISA en la Figura 8 se distingue una dispersión en las clusterizaciones de alta y baja vulnerabilidad. Las comunas de Lo Barnechea, Huechuraba, Recoleta, Conchalí, Independencia y Estación Central son aquella que presentan más de la mitad de su territorio con alta vulnerabilidad físico-ambiental.

La aglomeración de niveles más bajos de vulnerabilidad físico-ambiental se concentran en los límites entre las comunas de Ñuñoa, La Reina, Las Condes y Providencia, sumando el sector sur de Vitacura.

COLINA LAMPA LO BARNECHEA QUILICURA HUECHURABA VITACURA LAS CONDES RENCA **PUDAHUEL** LA REINA SANTIAGO ÑUÑOA PEÑALOLÉN MACUL MAIPÚ LA FLORIDA PADRE HURTADO PUENTE ALTO LA PINTANA SAN BERNARDO PEÑAFLOR PIRQUE ⊐km 2,5 5 10 15 Límite comunal High-Low LISA Not Significant Low-High High-High Low-Low

Figura 8 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad físico-ambiental

### 6.3. Índice de vulnerabilidad territorial

El resultado de la vulnerabilidad territorial, contemplando por igual las vulnerabilidades socioeconómica y físico-ambiental, muestran una vez más una segregación de los datos entre el cono de altos ingresos y el resto de la ciudad. Llama la atención que, a pesar de su condición geográfica precordillerana -con las amenazas naturales de remoción en masa y de inundación por quebradas que ello implica- las comunas del sector oriente como Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto, muestran zonas censales con los menores valores de vulnerabilidad territorial.

Hay comunas como Cerro Navia, Quinta Normal, Estación Central, Pedro Aguirre Cerda, Lo Espejo, San Ramón y La Granja que no presentan ninguna zona censal con baja vulnerabilidad dentro de su territorio. La Pintana se suma a esas características, tomando en cuenta que su única zona censal con muy baja vulnerabilidad corresponde a una que alberga un gran equipamiento y poca población y viviendas.

La comuna de Providencia es la única que contiene en todo su territorio valores bajos y muy bajos de vulnerabilidad, seguida de la comuna de Vitacura, Las Condes, Ñuñoa y La Reina.

En términos de heterogeneidad, las comunas de Santiago, Puente Alto, Quilicura son las que presentan mayor diversidad de niveles de vulnerabilidad dentro de su territorio.

En el sector centro sur del AMS predominan niveles medios de vulnerabilidad, no marcando mayor tendencia hacia niveles altos y bajos.

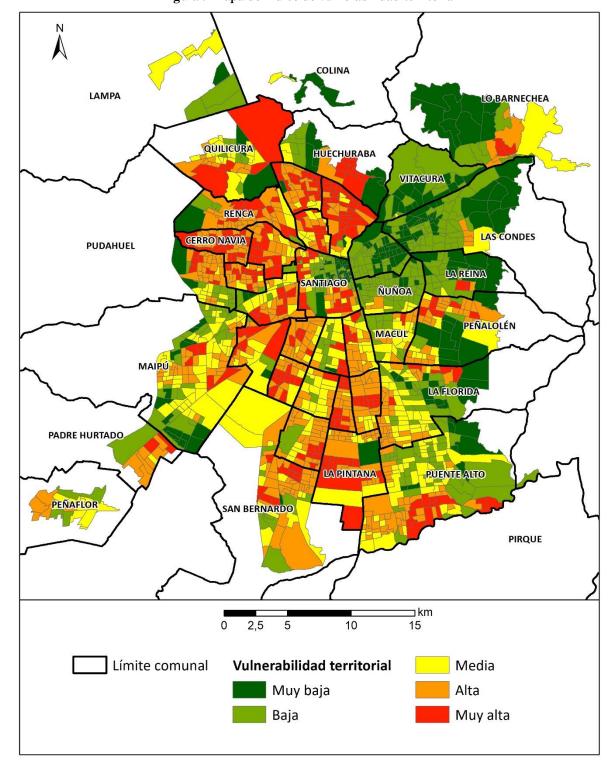


Figura 9 Mapa de índice de vulnerabilidad territorial

El índice de Moran (Figura 10) da un valor de 0,652685, valor levemente más bajo que el obtenido para la vulnerabilidad socioeconómica, pero que sin duda refleja una alta autocorrelación espacial y en conjunto con el valor z-score, una también alta aglomeración de los datos, confirmando una vez más un mapa segregado para el AMS en donde el factor espacial sí influye en el valor de la variable estudiada, es decir, dependiendo de la coordenadas de ubicación de un punto de observación se podrá intuir o predecir un valor de vulnerabilidad territorial.

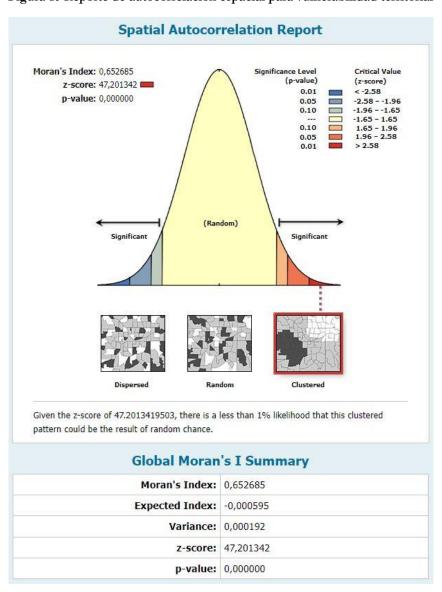


Figura 10 Reporte de autocorrelación espacial para vulnerabilidad territorial

El análisis LISA (Figura 11) indica nuevamente que comunas como Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, La Reina y Ñuñoa son aquellas que presentan menor vulnerabilidad territorial, a pesar de sus condiciones orográficas. A esta característica se suma parte importante de las comunas de Peñalolén, La Florida y Puente Alto.

Las comunas pericentrales hacia el norte, poniente y sur del AMS son aquellas que muestran las mayores aglomeraciones de alta vulnerabilidad, casi coincidiendo con el límite comunal a pesar de ser una delimitación administrativa.

Según este análisis, la comuna de Puente Alto es aquella que presenta mayor heterogeneidad en sus niveles de vulnerabilidad, albergando aglomeraciones de zonas censales con baja vulnerabilidad en el centro y oriente de su territorio, aglomeraciones de alta vulnerabilidad hacia el centro sur, y enclaves de muy alta y muy baja vulnerabilidad rodeadas de zonas censales con valores opuestos.

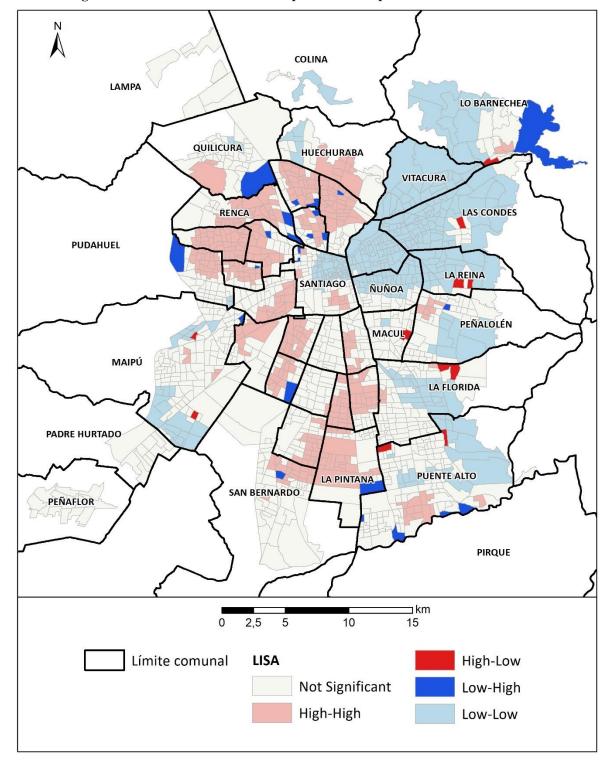


Figura 11 Análisis de autocorrelación espacial de LISA para vulnerabilidad territorial

## 6.4. Abordaje de la vulnerabilidad dentro de la planificación urbana comunal

Una vez obtenidos los indicadores de vulnerabilidad, se pueden establecer perfiles de comunas según las categorías de vulnerabilidad que alberguen sus zonas censales. Para ello, se calcula la proporción de zonas censales para cada categoría de vulnerabilidad a fin de determinar la categoría de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental predominante para cada comuna. Luego se realiza un cruce de esta información por medio de un gráfico de puntos (Figura 12) en donde se observaron los valores de alta y muy alta vulnerabilidad entre las comunas con el fin de poder compararlas. Se buscan aquellas que estuvieran en los extremos del gráfico considerando un cuadrante que tiene como referencia ejes centrales que representan el promedio obtenido para cada vulnerabilidad.

Se seleccionan aquellas comunas que presenten la combinación de valores altos para ambas vulnerabilidades (Alta FA – Alta SE), lo mismo con valores bajos para ambas (Baja FA – Baja SE), y que combinen valores altos de vulnerabilidad físico-ambiental con bajos de vulnerabilidad socioeconómica (Alta FA – Baja SE) y también viceversa (Baja FA – Alta SE). El resultado obtenido con las comunas a analizar se puede observar en la Tabla 6.

Es preciso mencionar que comunas como Colina o San José de Maipo que presentan valor 0 tanto para la vulnerabilidad socioeconómica como para la físico-ambiental, no fueron seleccionadas para la categoría Baja (FA) – Baja (SE) dado que las zonas censales no representan toda el área urbana de su territorio según lo delimitado por el Límite Urbano del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) (Anexo 6). Dado este antecedente, estas comunas no tendrían la representatividad suficiente para estudiar la vulnerabilidad todo el territorio comunal.

Lo Barnechea, comuna seleccionada para la categoría Alta (FA) – Baja (SE), tampoco tiene representada la totalidad de su territorio comunal por zonas censales. No obstante, estas sí coinciden con el área urbana según el Límite Urbano del PRMS. Adicionalmente, es la única comuna seleccionada para su categoría, ya que, a diferencia de las otras tres, es la única que tiene valores muy por encima del promedio en vulnerabilidad físico-ambiental (Figura 12).

Figura 12 Gráfico de comparación de vulnerabilidad entre comunas

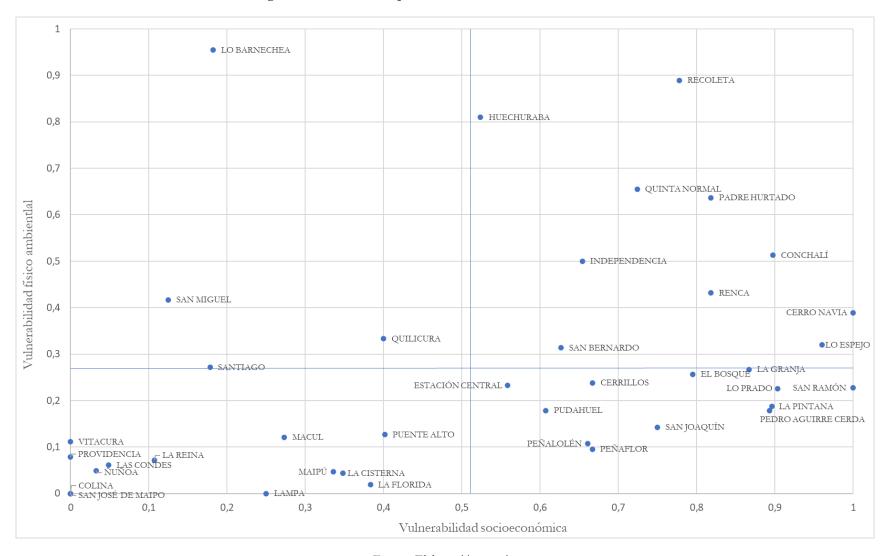


Tabla 6 Perfiles de comunas seleccionadas con similar vulnerabilidad

		Vulnerabilidad socioeconómica				
		Baja	Alta			
Vulnerabilidad físico- ambiental	Alta	Lo Barnechea	Recoleta Quinta Normal Conchalí			
	Baja	Las Condes Ñuñoa Providencia	Lo Prado La Pintana San Ramón			

Una vez obtenidas estas comunas con perfiles similares de vulnerabilidad, se realiza un análisis de aspectos generales en cuanto a su planificación urbana comunal, particularmente en los PRC y sus Estudios de Riesgos asociados. Este análisis se sintetiza en la Tabla 7, en donde se observa que, a excepción de las comunas de La Pintana y San Ramón, todas cuentan con PRC vigente, incluso aquellas que muestran altos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y físico-ambiental al mismo tiempo.

A pesar de sus altos niveles de vulnerabilidad, las comunas de Recoleta, Quinta Normal y Conchalí presentan PRCs elaborados más recientemente que aquellas comunas con menor vulnerabilidad. Sin embargo, presentan pocas o nulas modificaciones desde su fecha de elaboración. Por otro lado, es llamativo que comunas como Las Condes y Ñuñoa, que presenta valores bajos para ambas vulnerabilidades, son aquellas que tienen PRC de mayor antigüedad. No obstante, cuentan con un alto número de modificaciones.

La comuna de Lo Barnechea es aquella que cuenta con mayor número de modificaciones, con un total de 29 desde su elaboración en el año 2002. Estas modificaciones son de diversa índole, consistentes en modificación de normas urbanísticas, incorporación de nuevas zonas de uso de suelo, cambios en límites de zonas e incluso incorporación de un área urbana en lo que era un área de extensión urbana; este dinamismo también se comprende dado el carácter de comuna periférica según el límite urbano del PRMS. Adicionalmente, es la única de las comunas analizadas que contempla el concepto de vulnerabilidad dentro de su Estudio de Riesgos, a diferencia de los Estudios de Riesgos de Recoleta o Quinta Normal, que solo apelan al concepto de amenaza para la zonificación.

Tabla 7 Recopilación de antecedentes de planificación urbana comunal en comunas seleccionadas

			Alta (FA) – Alta (SE)		Alta (FA) – Baja (SE)	Baja (FA) – Alta (SE)		Baja (FA) – Baja (SE)				
			Recoleta	Quinta Normal	Conchalí	Lo Barnechea	Lo Prado	La Pintana	San Ramón	Las Condes	Ñuñoa	Providencia
	Actualización / Modificación PRC	¿Cuenta con PRC?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
		Año de elaboración PRC	2005	2019	2013	2002	2009	-	-	1995	1989	2007
		Número de modificaciones parciales	2	0	0	29	0	-	-	8	18	5
PRC	Zonas de riesgo y/o vulnerabilidad en Estudio	¿Identifica zonas de riesgos naturales?	Sí	Sí	No	Sí	No	-	ı	No	No	No
		Tipos de riesgos naturales identificados	Remoción en masa	Inundación	-	Inundación	-	-	-	-	-	-
		¿Contempla el componente vulnerabilidad?	No	No	-	Sí	-	-	-	-	-	-

Tabla 8 Asignación de puntajes para cálculo de índice de planificación urbana comunal

		Alta (FA) – Alta (SE)		Alta (FA) – Baja (SE)	Baja (FA) – Alta (SE)			Baja (FA) – Baja (SE)			
		Recoleta	Quinta Normal	Conchalí	Lo Barnechea	Lo Prado	La Pintana	San Ramón	Las Condes	Ñuñoa	Providencia
PRC	PRC actualizado o modificado (80%)	0,5	1	1	0,75	0,25	0	0	0,75	0,75	0,75
	Considera zonas de riesgo y/o vulnerabilidad en Estudio de Riesgos (20%)	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0
	Índice de planificación	0,5	0,9	0,8	0,8	0,2	0	0	0,6	0,6	0,6

El índice de planificación, que pretende medir el grado efectividad de los PRC para gestionar la vulnerabilidad, muestra que Quinta Normal es la comuna que obtiene el valor más alto, principalmente debido a que la elaboración del IPT es más reciente (Tabla 8). A pesar de ello es una comuna dentro de la categoría de mayor vulnerabilidad en ambas dimensiones, pero esto puede estar sesgado dado que gran parte de los insumos para calcular las vulnerabilidades corresponden al año 2017, y la elaboración de su PRC data del año 2019. Según este índice de planificación, los valores más bajos los presentan La Pintana y San Ramón, seguida de Lo Prado, todas comunas de un perfil de vulnerabilidad físico ambiental baja y socioeconómica alta. Este resultado se debe principalmente a la carencia de PRC y nulas modificaciones por parte de estas comunas.

Al comparar los resultados de este índice de planificación con los índices de vulnerabilidad, se aprecian interesantes resultados y medianas correlaciones. Respecto al contraste con la vulnerabilidad socioeconómica, es la que presenta mayor correlación en términos de valor absoluto: -0.481. Cabe mencionar que el valor en esta correlación es negativo porque el índice de planificación y el de vulnerabilidad socioeconómica son variables que se mueven en dirección opuesta: a mayor vulnerabilidad socioeconómica, se observa un menor índice de planificación (Figura 13).

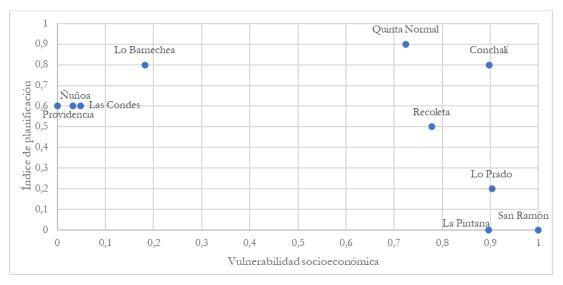


Figura 13 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad socioeconómica

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la vulnerabilidad físico-ambiental, esta presenta un valor correlación de 0,44, el cual es levemente menor en comparación a la vulnerabilidad socioeconómica y además es de carácter positivo; por ejemplo, la comuna de Lo Barnechea es una de las que presenta mayor índice de planificación, pero al mismo tiempo es aquella de mayor vulnerabilidad físico-ambiental (Figura 14).

1 0,9 Conchalí Lo Barnechea Quinta Normal 0,8 Índice de planificación Providenc Recoleta Las Condes Lo Prado 0,2 0,1 San Ramón 0 0 0,1 0,2 Vulnerabilidad físico ambiental

Figura 14 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad físico-ambiental

Por otra parte, para la relación entre el índice de planificación y la vulnerabilidad territorial como producto de la socioeconómica y físico-ambiental, se aprecia que hay una menor correlación y es de valor negativo: -0,37, indicando que prácticamente no hay interrelación entre la actualización de los PRC, sus Estudios de Riesgos y la vulnerabilidad territorial. Comunas como Quinta Normal y Conchalí presentan altos niveles de vulnerabilidad territorial a pesar de tener alto indicador de planificación, basado principalmente en la relativa actualización de sus IPT, lo cual indicaría que no basta con una periodicidad en la elaboración del documento que conlleva un diagnóstico más contemporáneo, sino que debe reformularse la incorporación de la vulnerabilidad dentro de la elaboración de este (Figura 15).

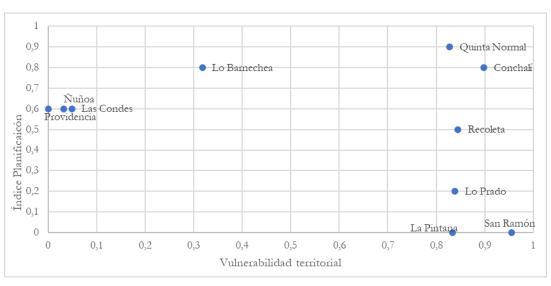


Figura 15 Gráfico de dispersión entre índice de planificación y de vulnerabilidad territorial

#### 7. CONCLUSIONES

Los mapas de vulnerabilidad tanto socioeconómica como físico-ambiental, en conjunto con sus respectivos análisis de autocorrelación espacial, muestran una vez más un mapa ya conocido del Área Metropolitana de Santiago, en donde las comunas pertenecientes al cono de altos ingresos y en general el sector oriente de la ciudad son aquellas que cuentan con características más benevolentes que el resto de la ciudad, especialmente con respecto al pericentro. Esta característica se observa principalmente para el mapa de vulnerabilidad socioeconómica y se mantiene incluso tomando en cuenta el contexto geográfico en donde se emplazan las comunas de altos ingresos, lo que parecería indicar en un principio tener mayores niveles de vulnerabilidad físico-ambiental dada las condiciones de pendientes y quebradas intrínsecas del sector cordillerano. Sin embargo, según los índices elaborados en la presente investigación, las condiciones materiales y ambientales de este sector no son lo suficientemente perjudiciales como para categorizar estas comunas como vulnerables, mostrando evidencia de por qué se deben evaluar las dimensiones socioeconómicas y físico-ambientales de la vulnerabilidad por separado.

Los resultados expuestos indican que la relación entre la fecha de actualización de los PRC y los niveles de vulnerabilidad territorial no tienen relación directa entre sí. Esto se debe principalmente a que el marco legal y normativo de la planificación urbana comunal no incorpora realmente la Gestión de Riesgo de Desastres, puesto que no considera el estado de susceptibilidad de la población ante la ocurrencia de un evento socionatural, si no que la normativa vigente solo establece la elaboración de un trazado que establezca una zonificación de ciertas amenazas agrupadas en categorías estáticas, restringiendo ciertos usos pero sin contemplar el componente humano que se sitúa sobre territorio planificado, donde muchas veces corresponden a asentamientos informales que no se guían por la normativa comunal.

Es preciso mencionar antes de continuar con la reflexión, que la fecha de los insumos y variables que permitieron calcular los índices de vulnerabilidad representan hasta cierto punto una limitante en el análisis de esta investigación, ya que, en algunos casos, la información es más antigua que la fecha de elaboración de algunos PRC, generando así un sesgo en la interpretación de los datos.

En cuanto a temas de actualización, se pudo contrastar en las comunas analizadas que la cantidad de modificaciones de un PRC es casi igual o incluso más relevante que la fecha de elaboración del mismo. Este hecho se pudo constatar analizando las comunas de Las Condes, Ñuñoa y Providencia, catalogadas centro del perfil de baja vulnerabilidad tanto físico-ambiental como socioeconómica. En la misma línea, las comunas con altos niveles de vulnerabilidad socioeconómica son también las que presentan menor cantidad de modificaciones a sus PRC, o incluso no cuentan con uno, lo cual también puede asociarse a falta de recursos municipales, siguiendo un bucle de vulnerabilidad para dichas comunas. Es importante aclarar que para la revisión de planificación y elaboración del índice se contemplaron aquellas comunas

con valores más extremos en los respectivos índices de vulnerabilidad, por lo que en una profundización del estudio el análisis podría ampliarse a otras comunas y observar nuevamente esta tendencia.

La alta vulnerabilidad territorial en conjunto con un alto índice de planificación de algunas comunas, como Quinta Normal y Conchalí, indican que una adecuada actualización del PRC, o la identificación de zonas de riesgos naturales no son mecanismos suficientes dentro de la planificación comunal normativa para reducir la vulnerabilidad de su territorio. Con los análisis de correlación resultantes de la contraposición entre el índice de planificación y la vulnerabilidad territorial, se deduce que la hipótesis que manifestaba que la falta de conversación entre la planificación urbana comunal normativa y las condiciones socioeconómicas y físico-ambientales de su territorio configuraban accidentalmente estos ámbitos, no es tal, existiendo mediana y poca correlación entre estos elementos.

Los antecedentes expuestos en el marco teórico manifiestan que la planificación urbana tiene un papel potencial para reducir las tensiones entre procesos coevolutivos de construcción de riesgo de desastres en áreas urbanas. Según los resultados obtenidos, este potencial se mantiene dormido, ya que el objetivo del crecimiento armónico del territorio por medio de reglas de uso y construcción que pretende la elaboración de un PRC no contempla la vulnerabilidad de su población y edificaciones ni en el diagnóstico necesario para elaborar el instrumento; tampoco la contempla de manera prospectiva para el desarrollo de este.

Es preciso entonces reformular la finalidad de los PRC, a fin de incorporar efectivamente la Gestión del Riesgo de Desastres por medio de la incorporación del componente vulnerabilidad como factor subyacente del riesgo que, a diferencia de la amenaza, sí puede ser moldeado y normado. Se necesita una constante actualización de los diagnósticos en donde como resultado no necesariamente se elabore un PRC nuevo, si no que se actualice en función del dinamismo del asentamiento. La actualización debe extenderse también a la zonificación de amenazas socionaturales y a incorporar otras que actualmente no son contempladas en la normativa, como por ejemplo respuesta sísmica o susceptibilidad ante incendios forestales, ya que el estado de conservación y/o degradación de los recursos naturales tampoco es estático en el tiempo y esos cambios deben ser contemplados.

# 8. BIBLIOGRAFÍA

Al-Rousan, T., Rubenstein, L. & Wallace, R. (2014) Preparedness for natural disasters among older US adults: a nationwide survey. *Am J Public Health*, 104(3), 506–511.

Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. Geographical Analysis, (27) 93-115.

Arenas, F., Lagos, M., & Hidalgo, R. (2010). Los Riesgos Naturales en la Planificación Territorial. *Centro de Políticas Públicas UC* (39), 1-11.

Barton, J. (2009), Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. Revista de Geografía Norte Grande, (43) 5-30.

Blakie, P., Cannon, T., Davis, I. & Visner, B. (1996). Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres [versión electrónica]. Disponible en: https://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo sep-09-2002.pdf

Boano, C., & Vergara-Perucich, F. (2017) Neoliberalism and Urban Development in Latin America: The Case of Santiago. London and New York: Routledge: Taylor & Francis Group.

Bronfman, N., Repetto, P., Guerrero, N., Castañeda, J. & Cisternas, P. (2021). Temporal evolution in social vulnerability to natural hazards in Chile. *Natural Hazards* (106).

Bronfman, N., Cisternas, P., Repetto, P. & Castañeda, J. (2019). Natural disaster preparedness in a multi hazard environment: characterizing the sociodemographic profile of those better (worse) prepared. *PLoS ONE*, 14(4): e0214249.

Cardona, O. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo" [en línea]. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm

Castañeda, J., Bronfman, N., Cisternas, P. & Repetto, P. (2020) Understanding the culture of natural disaster preparedness: exploring the effect of experience and sociodemographic predictors. *Nat Hazards*, 13, 1881-1904.

Castro, C., Ibarra, I., Lukas, M., Ortiz, O., & Sarmiento, J. (2015) Disaster risk construction in the progressive consolidation of informal settlements: Iquique and Puerto Montt (Chile) case studies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 109-127.

CChC (2017). Tres de cada diez comunas en Chile no cuentan con planes reguladores propios. *Cámara Chilena de la Construcción*. Disponible en: <a href="https://cchc.cl/comunicaciones/noticias/tres-de-cada-diez-comunas-en-chile-no-cuentan-con-planes-reguladores-propios">https://cchc.cl/comunicaciones/noticias/tres-de-cada-diez-comunas-en-chile-no-cuentan-con-planes-reguladores-propios</a>

CEPAL. (2002). Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socionaturales. *División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Cutter S., Boruff B. & Shirley, W. (2003) Social vulnerability to environmental hazards. SocSci Q. (84), 242–261.

Cutter, S. & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. PNAS February 19, 105(7) 2301-2306.

Daddoust, L., Khankeh, H., Ebadi, A., Sahaf, R., Nakhaei, M. & Asgary, A. (2018) The social vulnerability of older people to natural disasters: an integrative review. *Health in Emergencies & Disasters Quarterly*, 4(1), 5-14.

Easton, G., Inzulza, J., Pérez Tello, S., Ejsmentewicz, D., & Jiménez, C. (2018). ¿Urbanización fallada? La Falla San Ramón como nuevo escenario de riesgo sísmico y la sostenibilidad de Santiago, Chile. Revista de Urbanismo, (38), 1-20.

Espinace, J.M. (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.

Flores, P., Juzam, L., Miranda, F. & Vergara, F. (2019) Modelo de gestión del riesgo de desastres en campamentos. *Serie Policy Papers CIGIDEN*.

GORE RM (2013). Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago.

Hemingway, L. & Priestley, M. (2006) Natural hazards, human vulnerability and disabling societies: a disaster for disabled people? *Review of Disability Studies An International Journal*, 2(3),

INE (2018). Manual de usuario de la base de datos del Censo de Población y vivienda 2017.

INE, & MINVU. (2018). Metodología para determinar Áreas Funcionales de las Ciudades Chilenas.

Kaztman, R. (1999). Activos y estructuras de oportunidades. Estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social en el Uruguay. Montevideo: Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Oficina de CEPAL en Montevideo.

Ley General de Urbanismo y Construcciones. (2007, mayo 23). Disponible en: <a href="https://www.bcn.cl/catalogo/detalle-libro?bib=179639">https://www.bcn.cl/catalogo/detalle-libro?bib=179639</a>

Malpass, A., West, C., Quaill, J. & Barker, R. (2019) Experiences of individuals with disabilities sheltering during natural disasters: an integrative review. Australian Disaster Resilience Knowledge Hub, 34-60.

Mansilla, E. (2000). Riesgo y Ciudad. San José, Costa Rica: Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina, La RED.

Marmot, M. (2005) Social determinants of health inequalities. Lancet, 365, 1099-1104.

Martínez, C., Cienfuegos, R., Inzunza, S., Urrutia, A., & Guerrero, N. (2020). Worst-case tsunami scenario in Cartagena Bay, central Chile: Challenges for coastal risk management. *Ocean & Coastal Management*, 185, 105060.

Martínez, C., Tamburini, L., & Moris, R. (2017). Gestión Del Riesgo, Descentralización Y Políticas Públicas: ¿Se reduce el riesgo de desastres en Chile? En: Vial, C., y Hernández, J. (Ed). ¿Para qué Descentralizar? Centralismo y Políticas Públicas en Chile: Análisis y Evaluación por Sectores. Marzo de 2017, Universidad Autónoma de Chile, Santiago de Chile.

Martínez, C. (2014). Factores de vulnerabilidad y reconstrucción posterremoto en tres localidades costeras chilenas: ¿generación de nuevas áreas de riesgo? *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 43(3), 529-558.

Maskrey, A. (1993). Vulnerabilidad y mitigación de desastres [versión electrónica]. Disponible en: https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/

Maturana, F., Fuenzalida, M., Arenas, F. & Henríquez, C. (2017) La planificación territorial en Chile y el proceso de descentralización. En: Vial, C., y Hernández, J. (Ed). ¿Para qué Descentralizar? Centralismo y Políticas Públicas en Chile: Análisis y Evaluación por Sectores. Marzo de 2017, Universidad Autónoma de Chile, Santiago de Chile.

MINVU, SUBDERE, SECTRA & INE (2020). Metodología para determinar las áreas funcionales de Chile.

Moran, P. (1948) The Interpretation of Statistical Maps. Journal of the Royal Statistical Society, 10, 243-251.

Moris, R., Contrucci, P. & Ortega, A. (2017). El riesgo en la actualización post-desastre de instrumentos de planificación territorial comunales en Chile 2010 – 2014. *REDER*, 1(1), 85-100.

Moser, C. (1998). The asset vulnerability framework: Reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, 1(26), 1-19.

Murphy, S., Cody, M., Frank, L., Glik, D. & Ang. A (2009) Predictors of emergency preparedness and compliance. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 3(2), 1-10.

Muttarak, R. & Lutz, W. (2014) Is education a key to reducing vulnerability to natural disasters and hence unavoidable climate change? *Ecology and Society*, 19(1)42.

Navarrete-Hernandez, P., & Toro, F. (2019). Urban systems of accumulation: half a century of Chilean neoliberal urban policies. *Antipode*, 51(3), 899-926.

OECD. (2012). Global Modelling of Natural Hazard Risks, Enhancing Existing Capabilities to Address New Challenges. September 2012. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, *Global Science Forum*.

Olcina, J. (2006). ¿Riesgos Naturales? I. Sequías e inundaciones. *Colección Geoambiente* XXI, 220 p. Barcelona: Editorial DaVinci Continental.

Geoambiente XXI., 220 p. Barcelona: Editorial DaVinci Continental Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (1992, junio 05). Disponible en: <a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201</a>

Orellana, A., Vicuña, M. & Moris, R. (2017). Planificación urbana y calidad de vida: aproximación al estado de la planificación local en Chile. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10(19), 88-109.

Orellana, A., & Marshall, C. (2017). La relación entre inversión municipal pública y calidad de vida en las ciudades metropolitanas en Chile. *Cadernos Metrópole*, 19(39), 665-686.

Rojas, O. & Martínez, C., (2011). Riesgos Naturales: evolución y modelos conceptuales. Revista Universitaria de Geografía, 20(1), 83-116.

Romero, H. (2014). Vulnerabilidad, resiliencia y ordenamiento territorial de los desastres socionaturales en Chile. Polígonos. *Revista de Geografía*, 26 (2014), 87-110.

Rufat, S., Tate, E., Emrich, C. & Antolini, F. (2019) How valid are social vulnerability models?. *Annals of the American Association of Geographers*, 109(4),1131-1153.

Sabatini, F., & Arenas, F. (2000) Entre el Estado y el mercado: Resonancias geográficas y sustentabilidad social en Santiago de Chile, Revista EURE, XXVI(79), 95-113.

Sánchez, R. (2010). La debilidad de la gestión del riesgo en los centros urbanos: El caso del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Revista de geografía Norte Grande, (47), 5-26.

Sandoval, V., & Sarmiento, J. (2018) Una mirada sobre la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe: Los asentamientos informales en la nueva agenda urbana. *REDER*, 2(1), 38–52.

Shapira, S., Aharonson-Daniel, L. & Bar-Dayan, Y. (2018) Anticipated behavioral response patterns to an earthquake: The role of personal and household characteristics, risk perception, previous experience and preparedness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1-8.

Sikandar, R., & Khan, A. (2019). Linking gender vulnerability and disasters. En B. Zutshi, A. Ahmad y A. Srungarapati (eds.), *Disaster Risk Reduction*, 215-230. Singapur: Palgrave Macmillan.

Tapsell, S., McCarthy, S., Faulkner, H. & Alexander, M. (2010) Social vulnerability to natural hazards. State of the and report from CapHaz-Net' WP4 London.

Thomas, J. (2011). Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿una contradicción histórica?. Revista de geografía Norte Grande, (48), 133-157.

UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres.

UNISDR. (2005). Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.

UNISDR, (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 – 2030.

Vicuña, M. & Schuster, J. (2021). Planificación urbana y gestión del riesgo de desastres: desafíos para instrumentos y mecanismos de planificación urbana y territorial. Serie Policy Papers CIGIDEN.

Vieira, R., Sestinia, M., Tomasella, J. et al (2020) Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. Environmental and Sustainability Indicators

Vieira, R., Sestini, M., Tomasella, J., Marchezini, V., Pereira, G., Barbosa, A., Santos, F., Rodriguez, D., Do Nascimento, F., Santana, M., Barreto, F. & Ometto, J. (2019) Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. Environmental and Sustainability Indicators.

Wilches-Chaux, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. En Maskrey, A. (Ed.), Los desastres no son naturales (pp. 11–44). Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina. http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf

Wyndham, K., Castro, C. & Sarmiento, J. (2020): From Disaster Risk Construction to Disaster Risk Reduction: Exploring the Agency of Urban Land Use Planning in Chile, Planning Practice & Research.

# 9. ANEXOS

# Anexo 1. Tabla síntesis de variables para calcular SoVI

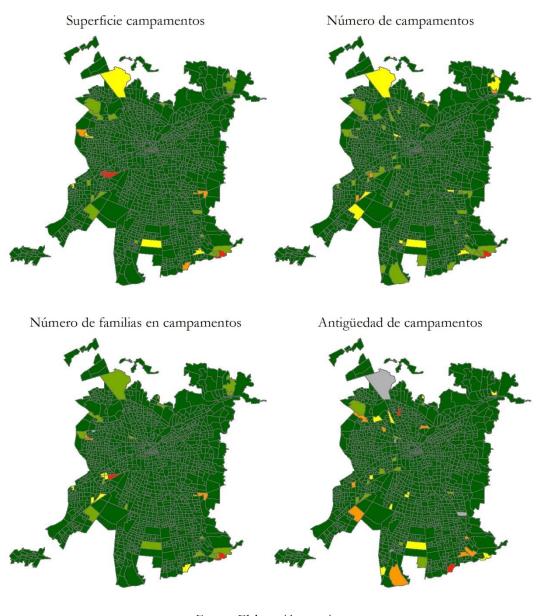
Componente	Descripción de variable	Nombre del componente	Fuente
	Porcentaje de la población con un ingreso familiar entre los deciles 1 y 6	Bajos ingresos familiares	Censo, Casen
Situación socioeconómica	Porcentaje de población sin automóvil	Hogares sin coche	Censo
socioeconomica	Porcentaje de vivienda alquilada	Vivienda alquilada	Censo
	Porcentaje de mujeres jefas de hogar	Mujeres jefas de hogar	Censo
NT: 1 1 ' 1	Porcentaje de población analfabeta mayor de 15 años	Analfabetismo	Censo
Nivel educacional	Porcentaje de población >= 25 años con educación primaria completa	Nivel educativo bajo	Censo
	Porcentaje de población desempleada	Desempleo	Censo
Empleo	Porcentaje de población activa (en edad laboral de 15 a 64 años)	Población activa	Censo
	Porcentaje de la población matriculada en educación	Estudiantes	Censo
	Porcentaje de mujeres en la población	Mujeres	Censo
	Porcentaje de mujeres solteras con hijos	Mujeres solteras con hijos	Censo
	Porcentaje de población menor de 15 años	Niños y niñas	Censo
Demografía	Porcentaje de población mayor de 64 años	Adultos mayores	Censo
	Edad media de la población	Edad media	Censo
	Porcentaje de jubilados	Jubilados	Censo
	Porcentaje de población sin pareja	Población sin pareja	Censo
	Porcentaje de población con ceguera	Población con ceguera	Censo
	Porcentaje de población con sordera	Población con sordera	Censo
Población con	Porcentaje de población con mutismo	Población con mutismo	Censo
discapacidad	Porcentaje de población con parálisis	Población con parálisis	Censo
	Porcentaje de población con discapacidad mental	Población con discapacidad mental	Censo
Etnicidad/Inmigración	Porcentaje de la población que se identifica como de etnia indígena	Etnicidad	Censo
	Porcentaje de población extranjera	Inmigración	Censo
	Porcentaje de vivienda irrecuperable	Vivienda irrecuperable	Censo
	Porcentaje de viviendas con paredes irrecuperables	Paredes de material irrecuperable	Censo
Calidad de la vivienda	Porcentaje de viviendas con techos irrecuperables	Techo de material irrecuperable	Censo
	Porcentaje de viviendas con pisos irrecuperables	Pisos de material irrecuperable	Censo

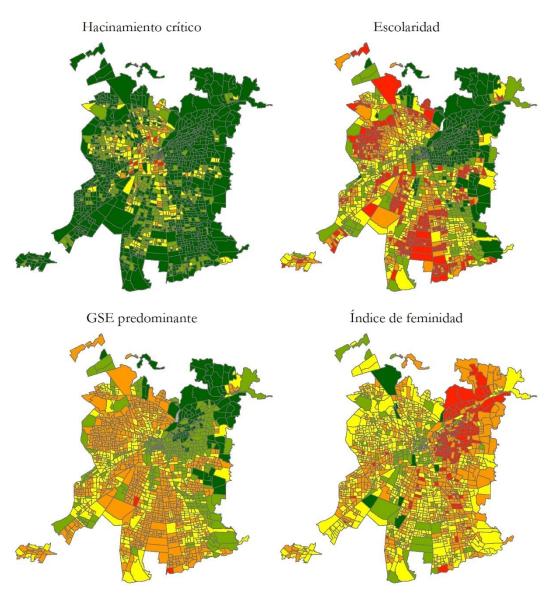
Componente	Descripción de variable	Nombre del componente	Fuente
	Porcentaje de viviendas sin acceso a agua potable	Vivienda sin red de agua potable	Censo
Acceso a servicios básicos	Porcentaje de viviendas sin acceso a alcantarillado	Vivienda sin alcantarillado	Censo
	Índice de hacinamiento (personas en el hogar/número de habitaciones)	Hacinamiento	Censo

Fuente: Bronfman et al (2021).

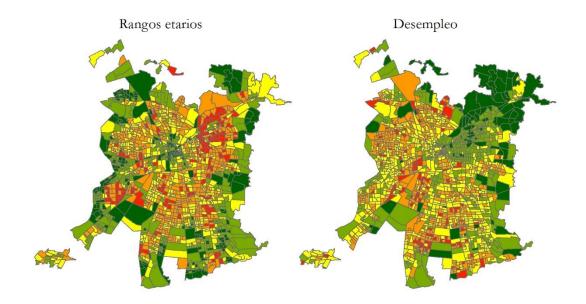
# Anexo 2. Variables normalizadas para cálculo de vulnerabilidad socioeconómica a nivel de zona censal

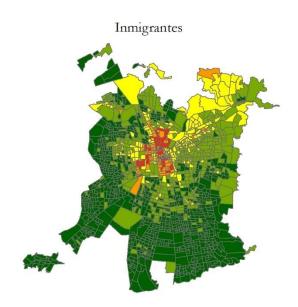
Las variables mostradas a continuación se encuentran normalizadas con valores entre 0 y 1 según lo mencionado en el apartado metodológico. La simbología representa en rojo los valores 0 y en verde oscuro los valores 1, pasando por la gama de colores naranjas y amarillos; para representar estos valores se categorizaron los datos por el método de quiebre natural. En color gris se muestran aquellas zonas censales sin información.





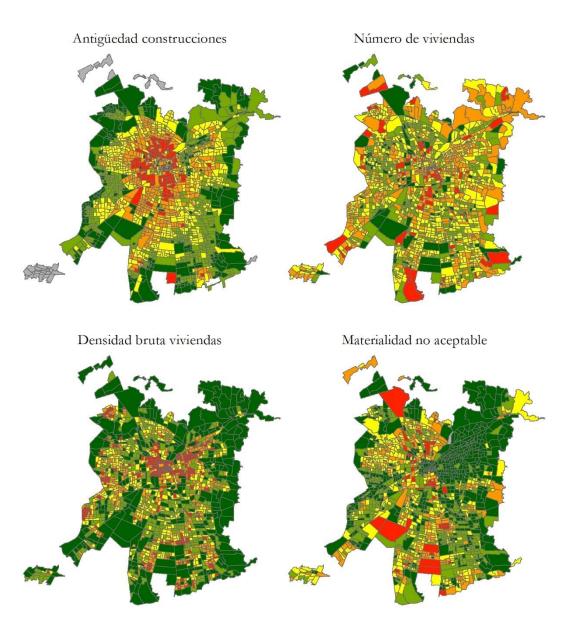
Fuente: Elaboración propia.

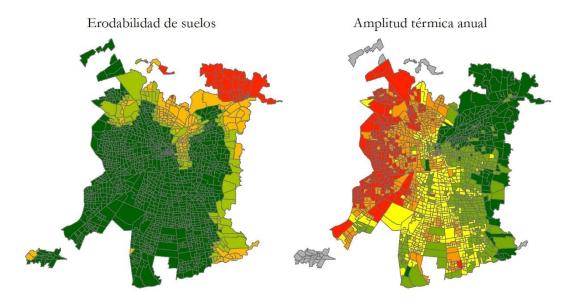




Fuente: Elaboración propia.

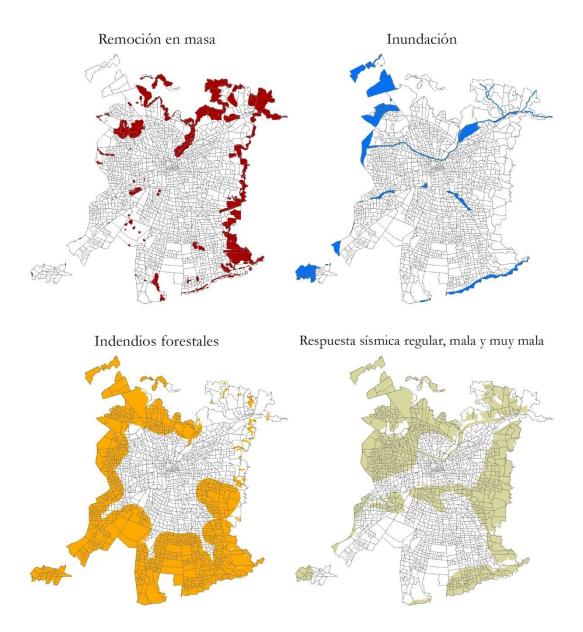
Anexo 3. Variables normalizadas para cálculo de vulnerabilidad físico-ambiental a nivel de zona censal



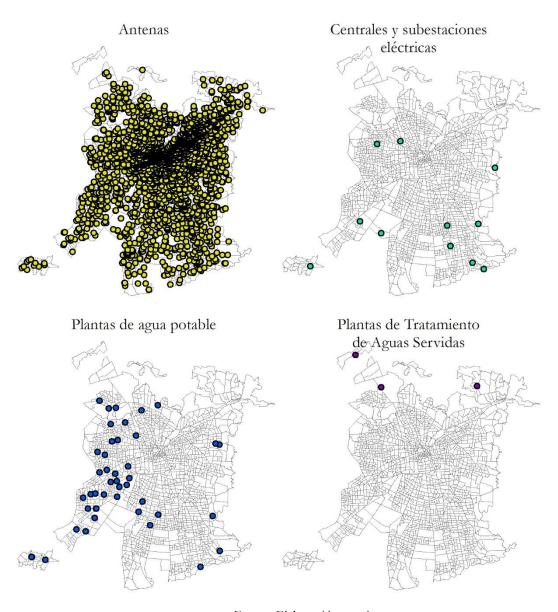


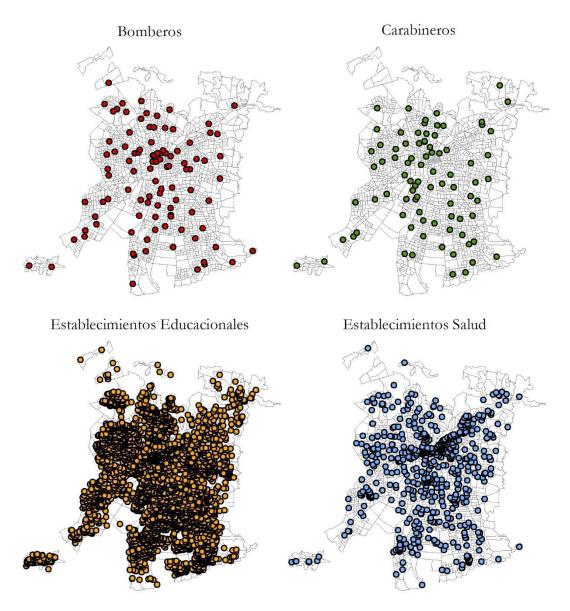
Infraestructura y equipamiento bajo amenaza

Anexo 4. Consolidación de amenazas socionaturales



Anexo 5. Infraestructura y equipamiento crítico





Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Límite urbano del Plan Regulador Metropolitano de Santiago

