



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y GEOGRAFIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE SUSCEPTIBILIDAD
POR REMOCIONES EN MASA EN LOS ESTUDIOS
FUNDADOS DE RIESGO DE LOS PLANOS
REGULADORES COMUNALES. CHILE.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFA.

Estudiante: América Karina Manríquez Zúñiga

Profesora Guía: Dra. Edilia Jaque Castillo

Concepción, abril 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi esposo Edward, el cual estuvo acompañándome durante todo el proceso de mi formación académica, además de acompañarme en mis días de estudio, escuchándome hablar de cada uno de los temas que estaba estudiando y prestando toda la atención para poder comprenderlos junto conmigo, eres el mejor esposo del mundo, muchas gracias.

A mi familia, mi mamá, la cual fue la que me impulsó a estudiar nuevamente en la universidad, a mis hermanos, Carla y Juan Pablo, que a pesar de no entender lo que hacía, estuvieron siempre a mi lado como los mejores hermanos del mundo.

A mis amigos de la carrera, José Luis, amigo incondicional, mi compañero especial para realizar trabajos y estudios, eres lo mejor que me pudo haber pasado en la carrera, a Varinia, gracias a ti supe lo que es tener una amistad verdadera, muchas gracias.

A mis amigos de siempre, José y Diego, los que me conocieron y me ayudaron a identificar que lo mío era la geografía, muchas gracias.

A mis amigos César, Pablo y Alejandro, que siempre estuvieron conmigo en cada momento que sentía que no podía más, entregándome su amistad, muchas gracias.

A mi profesora guía, Dra. Edilia Jaque, por su orientación, muchas gracias.

A mi tutor guía de práctica, don Eduardo, quien fue el que me motivó a realizar esta tesis, le agradezco su confianza en mí y su guía durante mi práctica profesional.

Y finalmente a mi tía Lila, la persona que me motivó a estudiar lo que quisiera, la persona que me regaló mi primer globo terráqueo y mis enciclopedias, sin ella no podría haber estado aquí, muchas gracias al cielo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 7 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 10 |
| 1.2 HIPÓTESIS..... | 11 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 11 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 2 MARCO TEÓRICO..... | 12 |
| 2.1 Riesgo..... | 12 |
| 2.1.1 Peligro o Amenaza, Susceptibilidad y Vulnerabilidad..... | 13 |
| 2.1.2 Construcción social de riesgo..... | 15 |
| 2.2 Instrumentos de Planificación Territorial..... | 15 |
| 2.2.1 Plan Regulador Comunal (PRC)..... | 17 |
| 2.3 Procesos de Remociones en Masa..... | 18 |
| 2.4 Factores condicionantes y desencadenantes de las Remociones en Masa..... | 20 |
| 2.5 Metodologías de análisis de susceptibilidad..... | 22 |
| 3 METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1 Enfoque Metodológico..... | 25 |
| 3.2 Área de Estudio, geomorfología y clima..... | 25 |
| 3.3 Elevación..... | 28 |
| 3.4 Pendiente..... | 29 |
| 3.5 Características demográficas y urbanísticas..... | 30 |
| 4 TÉCNICAS Y MÉTODOS..... | 33 |
| 4.1 Recopilación, revisión y análisis de los Planos Reguladores Comunales de Chile..... | 33 |
| 4.1.1 Recopilación de documentos oficiales..... | 33 |
| 4.1.2 Tabla de datos..... | 33 |
| 4.1.3 Ingreso de datos..... | 34 |
| 5 RESULTADOS Y ANALISIS..... | 36 |
| 5.1 Análisis de tabla de datos de los Planes Reguladores Comunales a nivel nacional..... | 36 |
| 5.1.1 Presencia de Plan Regulador Comunal a nivel nacional..... | 36 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1.2 | Año de publicación del PRC..... | 37 |
| 5.1.3 | Presencia de PRC a nivel nacional. | 37 |
| 5.1.4 | Comunas que presenten zonificación de remociones en masa. | 38 |
| 5.1.5 | Comunas que presenten Estudio Fundado de Riesgo. | 39 |
| 5.2 | Análisis de Estudios Fundados de Riesgo. | 41 |
| 5.2.1 | Análisis de los Estudios Fundados de Riesgo por comuna. | 41 |
| 5.2.2 | Factores más utilizados en los Estudios Fundados de Riesgo. | 77 |
| 6 | CONCLUSIONES..... | 80 |
| 7 | REFERENCIAS | 83 |
| 8 | ANEXOS..... | 89 |
| 8.1 | Tabla de datos PRC. | 89 |
| 8.2 | Tabla de factores utilizados en la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa..... | 100 |
| 8.3 | Tabla metodologías presentes en los Estudios Fundados de Riesgos de las comunas analizadas. | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1. | Clasificación de remociones en masa. | 19 |
| Tabla 2. | Categorías de pendiente | 30 |
| Tabla 3. | Superficie construida de las capitales regionales entre 1993-2020..... | 32 |
| Tabla 4. | Suma total de factores utilizados en la zonificación de susceptibilidad ante remoción en masa por comuna..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1. | Mapa área de estudio. | 26 |
| Figura 2. | Mapa climático de Chile. | 27 |
| Figura 3. | Mapa geomorfológico de Chile. | 27 |
| Figura 4. | Mapa de elevación área de estudio- Chile. | 28 |
| Figura 5. | Mapa de pendiente área de estudio- Chile..... | 29 |
| Figura 6. | Mapa de regiones de Chile que cuentan con PRC entre los años 2010-2023 y zonificación de procesos de remoción en masa. | 42 |
| Figura 7. | Mapa de comunas analizadas en la región de Coquimbo | 43 |
| Figura 8. | Extracto de cuadro resumen de peligro de remoción en masa en la comuna de Paiguano..... | 45 |
| Figura 9. | Categorización de zonas susceptibles ante procesos de remoción en masa en la comuna de Ovalle..... | 46 |
| Figura 10. | Factores utilizados en la zonificación de remociones en masa en la comuna de Monte Patria..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Figura 11. Formula ingresada en SIG para el modelamiento de la zonificación de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la comuna de Monte Patria. | 48 |
| Figura 12. Clasificación de pendientes y umbral geomorfológico utilizado en EFR de La Serena..... | 48 |
| Figura 13. Criterios utilizados para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa en el EFR de Coquimbo | 49 |
| Figura 14. Mapa de comunas analizadas en la región de Valparaíso | 50 |
| Figura 15. Extracto de cuadro síntesis de peligro de remoción en masa del EFR de San Esteban..... | 51 |
| Figura 16. Cuadro resumen peligro de remoción en masa presente en el EFR de la comuna de Concón..... | 52 |
| Figura 17. Tabla de ponderaciones de factores propuestos por Muñoz (2013), utilizados en el EFR de la comuna de Casablanca..... | 53 |
| Figura 18. Mapa de comunas analizadas en la región Metropolitana..... | 55 |
| Figura 19. Mapa de comunas analizadas en la región del Maule..... | 57 |
| Figura 20. Extracto cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Romeral..... | 59 |
| Figura 21. Extracto cuadro resumen peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Pelluhue..... | 61 |
| Figura 22. Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de Curepto..... | 64 |
| Figura 23. Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de Colbún..... | 65 |
| Figura 24. Mapa de comunas analizadas en la región del Biobío..... | 66 |
| Figura 25. Cuadro de evaluación de riesgo de derrumbe (peligrosidad) en el EFR de la comuna de Tirúa..... | 67 |
| Figura 26. Recomendaciones e indicaciones para el uso de las áreas de riesgo del EFR de la comuna de San Pedro de la Paz..... | 68 |
| Figura 27. Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Coronel..... | 70 |
| Figura 28. Extracto de cuadro recomendación de criterios para la zonificación del riesgo del EFR de la comuna del Contulmo..... | 71 |
| Figura 29. Mapa de comunas analizadas en la región de La Araucanía..... | 73 |
| Figura 30. Ecuación utilizada para la zonificación de la susceptibilidad ante remoción en masa en el EFR de la comuna de Renaico..... | 74 |
| Figura 31. Cuadro de factores para la zonificación de la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa del EFR de la comuna de Angol..... | 75 |
| Figura 32. Mapa de comunas analizadas en la región de Magallanes y la Antártica chilena..... | 76 |
| Figura 33. Frecuencia de factores considerados en los Estudios Fundados de Riesgo para la zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa..... | 78 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Distribución poblacional por regiones en Chile | 31 |
| Gráfico 2. Evolución de la superficie construida de las capitales regionales y provinciales | 31 |
| Gráfico 3. Porcentaje de comunas que presentan un Plan Regulador Comunal (PRC). | 36 |
| Gráfico 4. Porcentaje de comunas que presentan un PRC con fecha de publicación anterior y posterior al año 2010..... | 37 |
| Gráfico 5. Presencia de PRC a nivel regional..... | 38 |
| Gráfico 6. Presencia de zonificación de remociones en masa en los PRC publicados entre los años 2010 y 2013..... | 39 |
| Gráfico 7. Presencia de Estudios Fundado de Riesgo en las comunas cuyos PRC fueron publicados entre los años 2010 y 2023..... | 40 |
| Gráfico 8. Distribución regional de comunas que presenten zonificación de remociones en masa y Estudio Fundado de Riesgo. | 40 |



RESUMEN

Las remociones en masa ocurridas a nivel nacional, en conjunto a la noticia mediática del deslizamiento ocurrido en el edificio Kandisky en la comuna de Reñaca en septiembre del 2023, puso en la palestra el cómo se han planificado las ciudades y la importancia de los Estudios Fundados de Riesgo, al momento de realizar una adecuada integración de las amenazas naturales y antrópicas en los instrumentos de planificación comunal.

Esta investigación tiene como objetivo general realizar un análisis de los Estudios Fundados de Riesgo, que conforman los estudios específicos de los Planes Reguladores comunales (PRC) publicados entre el año 2010-2023. Se analizará particularmente las metodologías utilizadas para la construcción de mapas de susceptibilidad ante remociones en masa que han utilizado estos estudios y en la identificación de los factores desencadenantes y determinantes utilizados para evaluar la susceptibilidad. El enfoque principal fue es el análisis crítico de los instrumentos de planificación territorial, con relación a su implementación para determinar las zonas o áreas susceptibles de remoción en masa,

Los resultados indican que, de las 346 comunas del país, sólo un 74% presenta un Plan Regulador Comunal; sólo un 29% (75 PRC) de estos se ha publicado entre los años 2010 y 2023, asimismo de las 75 comunas, sólo 43 entregan una zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa. Asimismo, se observó que no existe una metodología única, para el análisis de susceptibilidad ante remociones en masa. La mayoría de los estudios define o utiliza el factor pendiente (25 de 30) , seguido por la geomorfología (15 de 30), sismicidad (15 de 30) y litología (9 de 30, siendo los menos utilizados factores como cobertura vegetal, (6 de 30), actividades antrópicas (4 de 30), hidrología(2 de 30), y efectos del cambio climático(0 de 30),.

En conclusión, este trabajo evidencia la disparidad de abordajes teóricos y metodológicos en la construcción del conocimiento sobre zonas de amenaza o susceptibilidad frente a remociones en masa en nuestro país, situación que aporta a una desigual información territorial para la toma de decisiones en gestión de riesgo, en planificación urbana, aumentando así la brecha de la vulnerabilidad entre comunas con más recursos para gestionar estudios específicos de riesgo y comunas más pobres.

Palabras claves: Plan Regulador Comunal, Estudio Fundado de Riesgo, susceptibilidad, remociones en masa.

1 INTRODUCCIÓN

Las ciudades van creciendo a un ritmo acelerado, a nivel mundial el 56% de un total de 7,95 mil millones de las personas habita en ciudades (Banco Mundial, 2023a). En Chile el 87% de su población es urbana (Banco Mundial, 2023b), lo cual, según la información de la fuente, dicho porcentaje es proporcional al aumento de población. Esto se traduce en un reto para el diseño y planificación de las ciudades, específicamente para aquellas ciudades que cuentan con espacio para seguir urbanizando, con la finalidad de cubrir la tendencia ya mencionada.

Debido al aumento de población urbana y los impactos negativos de la industrialización a nivel medioambiental, es necesario comprender a las ciudades más allá de un espacio de convivencia social, sino más bien en espacios de interacción entre la sociedad y el medio ambiente. Dicha relación origina una interacción que, en sus mayorías de los casos, es provechosa, o en otros casos riesgosa tanto para la ciudad en sí como para sus habitantes, ocasionando áreas actualmente habitables o no aptas para el desarrollo urbano.

Una de las interacciones desfavorables entre ciudad y medioambiente es el riesgo, el cual es entendido como la probabilidad de consecuencias perjudiciales, resultado de interacciones entre amenazas naturales o antrópicas en condiciones de vulnerabilidad (EIRD/ONU, 2004).

Los procesos de remoción en masa no son fenómenos aislados en nuestro país, ya que existen varios ejemplos de ocurrencia de estos fenómenos de distintas magnitudes que han afectado a la población. Dentro de estos sucesos se puede mencionar lo ocurrido en el año 2017, en villa Santa Lucía a 75 km del Sur de Chaitén, aluvión que destruyó casi la mitad de la zona y llevando consigo la vida de aproximadamente más de 20 personas (Ochoa, 2022), como también el deslizamiento de tierra ocurrido en la comuna de Chiguayante ocurrido el 11 de julio del 2006, el cual sucedió posteriormente a que se registraran intensas lluvias en la región del Biobío, llevándose consigo la vida de 10 personas (Valenzuela, 2017).

Finalmente se encuentra el caso mediático de los departamentos del edificio Kandisky de Reñaca, el 23 de agosto del año 2023 y posteriormente el 12 de

septiembre del mismo año (Agouborde, 2023; Dote, 2023), lo cual puso en palestra las decisiones tomadas a la hora de planificar las ciudades y por supuesto, las zonas residenciales. Así como también el deslizamiento ocurrido el pasado 25 de agosto en la comuna de Tomé, teniendo como resultado la delimitación de un perímetro de seguridad y evacuación tras recomendación del SERNAGEOMIN para evitar futuras pérdidas (Cooperativa.cl, 2023).

Esto nos lleva a cuestionarnos la forma en la que se planifican las ciudades. Para aquello, la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), establecen los distintos tipos de Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) a utilizar, entre los cuales se encuentra el Plan Regulador Comunal (Cordero Quinzacara, 2007). Los IPT, en palabras de Betsalel Palombo (2001), tienen como rol el definir una forma de utilización del territorio según sus propias características, acogiendo las demandas de espacio de las distintas actividades y evitando al máximo las interacciones negativas, procurando construir un todo armónico.

La LGUC y su respectiva ordenanza (OGUC) en conjunto a la circular ORD. N° 233 -DDU 481, establecen la conceptualización, parámetros y pasos a seguir para la elaboración de los distintos tipos de IPT. En estos documentos, se menciona los tipos de estudios a incorporar en los IPT, en donde se encuentra el Estudio Fundado de Riesgos. Sin embargo, tanto la LOUC, OGUC y la circular ORD. N° 233 -DDU 481 no establecen parámetros o guías que ayuden a la formulación de dicho estudio, por lo que sólo se puede realizar en base a lo que se menciona en el artículo 2.1.17 de la OGUC, la cual establece 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, como se indica a continuación:

Por «zonas no edificables», se entenderán aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.

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.”(Decreto 47, FIJA NUEVO TEXTO DE LA ORDENANZA GENERAL DE LA LEY GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES, 1992)

El artículo 2.1.17 de la OGUC agrega el requerimiento de Estudios Fundados y la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente a la ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que acompañen a las solicitudes de proyectos emplazados en áreas de riesgos. Dichos estudios deberán ser elaborados por un profesional especialista y aprobados por el organismo competente, siendo este especialista y el organismo no especificados.

Además, el artículo establece una categoría especial para las áreas de riesgo, las cuales se determinan en base a las siguientes características:

“ 1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.

2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.

3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.

4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.”

(Decreto 47,1992).

En este contexto, no existe un análisis cuantitativo ni cualitativo de los diversos procedimientos metodologías y técnicas utilizadas por las consultoras que realizan los Estudios Fundados de Riesgos (EFR) y en particular los análisis de riesgo y o susceptibilidad frente a Procesos de Remoción en Masa (PRM) para los IPT, por ello, esta investigación propone realizar una revisión profunda de las metodologías utilizadas en los EFR de los Planes Reguladores Comunales en una muestra válida de las comunas del país, que permita revelar las diferencias metodológicas y técnicas que puedan existir a nivel nacional y su relación con la generación de diferenciaciones en la calidad de los estudios y su efecto en la planificación urbana.

1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuántas comunas en Chile, presentan en sus Planos Reguladores Comunales (PRC) una zonificación por riesgo susceptibilidad ante remociones en masa?

¿Cómo se evalúa la susceptibilidad ante remociones en masa en los instrumentos de planificación comunal (PRC) en las distintas comunas del territorio nacional?

¿Cómo se expresan en las propuestas de uso de suelo o normativas urbanas, la información emanada de los estudios de riesgo o susceptibilidad ante remociones en masa?

1.2 HIPÓTESIS.

- La ausencia de guías técnicas para la elaboración del Estudio Fundado de Riesgo en los Instrumentos de Planificación Territorial ha redundado en una diversidad de propuestas metodológicas y técnicas para la elaboración de mapas de susceptibilidad ante remociones en masa. Lo que se traduce en una desigual e inequitativa forma de construir herramientas para la toma de decisiones en la gestión integrada del riesgo de desastre, generando así mayores condiciones de vulnerabilidad en los territorios.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo General.

Analizar los Estudios Fundados de Riesgo de distintos Planes Reguladores Comunes a nivel nacional, en particular las metodologías y factores condicionantes y detonantes, utilizados para la elaboración de los análisis de susceptibilidad frente a remociones en masa.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Realizar una revisión exhaustiva de los Planes Reguladores Comunes a nivel nacional, identificando la presencia de zonificación de la susceptibilidad ante remociones en masa.
2. Analizar y evaluar las metodologías utilizadas para elaborar los análisis de riesgos de remociones en masa, los factores condicionantes y desencadenantes considerados en los Estudios Fundados de Riesgo en los Planes Reguladores Comunes, vigentes, entre los años 2010 y 2023.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Riesgo.

El riesgo se puede entender como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad (EIRD/ONU, 2004).

Algunos autores, como (Narváez et al., 2009) mencionan que la amenaza o el evento físico es un detonador de desastre. Sin embargo, describen al riesgo como una condición latente que, al no ser modificada o mitigada a través de la intervención humana o por medio de un cambio en las condiciones del entorno físico-ambiental, anuncia un determinado nivel de impacto social y económico hacia el futuro, cuando un evento físico detona o actualiza el riesgo existente.

El riesgo en la legislación chilena se entiende como la amenaza, o más bien zonas susceptibles a una amenaza en específico. Por lo que, en relación a al riesgo en el artículo 2.1.17 (*Decreto 47, 1992*) de la OGUC se establece lo siguiente:

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 requiera para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Sin embargo, para esta investigación se considerará el riesgo, en palabras de Jerez Ramírez,(2015) como la interacción entre amenaza y vulnerabilidad, representada en la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo: Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Esta ecuación puede ser acompañada de una serie de variantes, entre los cuales se encuentra el riesgo específico (Specific Risk), riesgo total (Total Risk) y elementos del riesgo (Elements risk) (Jerez Ramírez, 2015).

Cabe destacar que el concepto de riesgo, como el producto de amenaza por vulnerabilidad, dentro de la normativa chilena no existe, no obstante, menciona zonas no edificables y áreas de riesgo. Por lo que, según el artículo 2.1.17 de la OGUC (*Decreto 47, 1992*), las 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.*”

Según lo establecido en el mismo artículo (*Decreto 47, 1992*), 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.*

En este artículo queda en evidencia la laxa categorización de amenazas presentes en la legislación chilena, por lo que los especialistas deben adecuar sus trabajos en las limitadas categorías. Debido a esto, las remociones en masa son consideradas dentro del punto número 2 del artículo 2.1.17 de la OGUC.

2.1.1 Peligro o Amenaza, Susceptibilidad y Vulnerabilidad.

Amenaza se refiere principalmente a un evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno natural y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental (EIRD/ONU, 2004; UNDRR, 2022). Para (Arenas et al., 2010)) a amenaza es el factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural, el cual se puede manifestar en un lugar en específico, con una intensidad y duración determinadas. Por otro lado, peligro

está asociado a la probabilidad de ocurrencia de un evento natural, potencialmente desastroso, durante un cierto período de tiempo en un sitio dado (SERNAGEOMIN, 2012).

Sin embargo, Narváez et al. (2009) plantean que la amenaza en no es el evento físico en sí, sino el peligro al peligro asociado a ella, este nivel de peligro es determinado, entre otras razones, por factores no naturales o físicos, tales como los grados de exposición o vulnerabilidad. Para Sepúlveda (1998), la susceptibilidad consiste en la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico determinado y según lo estipulado por SERNAGEOMIN, (s.f), la susceptibilidad se entiende como la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada o generar un proceso geológico determinado. Representa la posibilidad espacial de ocurrencia y no establece relación alguna con la probabilidad temporal de que se produzca el proceso. Ambas definiciones son similares, por lo cual ambas serán consideradas.

La vulnerabilidad es descrita por EIRD/ONU (2014) como la condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de amenazas; respecto a factores positivos que aumentan la habilidad de las personas o comunidad para hacer frente con eficacia a las amenazas. Para Narváez et al. (2009), la vulnerabilidad es una condición que predispone a la sociedad y a sus medios de vida a sufrir daños y pérdidas. Esta condición es derivada y causal que se verifica cuando procesos los sociales que hacen que un elemento de la estructura social sea propenso a sufrir daños y pérdidas al ser impactado por un evento físico peligroso en particular.

SERNAGEOMIN (2012) la define a la vulnerabilidad como las características y circunstancias de una comunidad, sistemas físicos o bienes, que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza y le predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento físico extremo, dificultando su posterior recuperación. Finalmente, la UNDRR, (2022) define a la vulnerabilidad como las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales

que aumentan la vulnerabilidad de un individuo, una comunidad, los activos o los sistemas a los impactos de las amenazas.

2.1.2 Construcción social de riesgo.

Jaque Castillo et al., (2017) se refieren a la construcción social del riesgo como los procesos de los cuales la sociedad y los distintos tipos de agentes sociales contribuyen en la creación del contextos y entornos de riesgo. Por su parte, Narváez et al. (2009) profundiza en el término, mencionando que la construcción social del riesgo se basa en la idea de que el entorno presenta diversos eventos físicos potenciales que pueden surgir debido a la dinámica natural, pero su transformación en amenazas reales para la población está influenciada por la actividad humana. En otras palabras, el autor considera que, una amenaza no radica únicamente en el evento físico en sí, sino en el peligro asociado a él, cuyo nivel se determina, entre otros factores, por aspectos no naturales o físicos, como los niveles de exposición o vulnerabilidad de la sociedad.

2.2 Instrumentos de Planificación Territorial.

La descripción de los Instrumentos de Planificación Territorial será basada en lo estipulado en las leyes y normativas chilenas, específicamente en lo estipulado en la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) y su respectiva ordenanza, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Los instrumentos de planificación territorial, como su nombre lo indica, son aquellos instrumentos utilizados por los organismos competentes para la planificación del territorio. Sin embargo, en palabras de Espinoza, (2018), los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) no constituyen un mecanismo real de ordenamiento del territorio, sino que sólo abordan la planificación urbana por medio de la zonificación de usos del suelo, de forma poco sostenible ambientalmente.

El artículo 28° de la Ley General de Urbanismo y Construcción (Decreto 458; Decreto con Fuerza de Ley 458. APRUEBA NUEVA LEY GENERAL DE

URBANISMO Y CONSTRUCCIONES., 1975) plantea que la planificación urbana se efectuará en tres niveles de acción, que corresponden a tres tipos de áreas: nacional, intercomunal y comunal. Estos instrumentos quedan establecidos en el artículo 2.1.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC): Los instrumentos de Planificación Territorial ordenados según su ámbito de competencia son los siguientes:

- Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano
- Plan Regulador Comunal
- Plan Seccional
- Límite Urbano

Estos instrumentos, según lo establecido en el artículo 28 sexies de la LGUC deben actualizarse periódicamente en un plazo no mayor a diez años, conforme a las normas que disponga la OGUC.

En el Artículo 28 decies de la LGUC, *“se establece la transparencia del ejercicio de la potestas planificadora. Es decir, la planificación urbana cumple con una función pública, la cual consiste en organizar y definir el uso del suelo y las normas urbanísticas de acuerdo con el interés general. Por lo que, su ejercicio deberá:*

- a) *Ser fundado, señalando expresamente sus motivaciones y los objetivos específicos que persigue en cada caso, especialmente cuando se realicen cambios en las propuestas, anteproyectos o proyectos.*
- b) *Considerar información suficiente sobre la realidad existente y su evolución previsible.*
- c) *Ajustarse a los principios de sustentabilidad, cohesión territorial y eficiencia energética, procurando que el suelo se ocupe de manera eficiente y combine los usos en un contexto urbano seguro, saludable, accesible universalmente e integrado socialmente.*
- d) *Evitar la especulación y procurar la satisfacción de las necesidades de vivienda de la población.*
- e) *Ser consistente con los estudios técnicos referidos a movilidad urbana, infraestructura sanitaria y energética, riesgos y protección del patrimonio natural y cultural, entre otros, conforme establezca la OGUC, los que*

necesariamente deberán estar en coordinación con las políticas sectoriales asociadas a cada materia.”(Decreto 458,1975).

2.2.1 Plan Regulador Comunal (PRC).

Para la conceptualización del Plan Regulador Comunal, se considerará lo establecido en el párrafo 4°, artículo 41° de la Ley General de Urbanismo y Construcción (Decreto 458,1975), lo cual menciona lo siguiente:

“El Plan Regulador comunal 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.”

Los componentes del PRC son mencionados en el artículo 2.1.10 (OGUC) y artículo 42° (LGUC), lo cual establece que la confección del instrumento será en calidad de función privativa, por la Municipalidad respectiva, conformado de los siguientes documentos:

1. Memoria Explicativa, que deberá dar cuenta del cumplimiento de los requisitos y principios contemplados en el artículo 28 decies de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y contener los aspectos conceptuales y técnicos que justifican las decisiones de planificación adoptadas en relación con los principales elementos del plan.

Deberá contener al menos:

- a. *Resumen ejecutivo de la imagen objetiva y los acuerdos alcanzados, conforme al artículo 2.1.5 de la OGUC.*
- b. *Objetivos del plan, incluyendo metas e indicadores de seguimiento.*
- c. *Diagnóstico territorial y ambiental estratégico.*
- d. *Descripción de los elementos o normas principales del plan.*

- e. *Los siguientes estudios técnicos:*
- *Estudio de Movilidad Urbana.*
 - *Estudio de Infraestructura Energética.*
 - *Estudio del Equipamiento Comunal.*
 - *Estudio Fundado de Riesgos.*
 - *Estudio de las Áreas de Protección de Recursos de Valor Natural.*
 - *Estudio de las Áreas de Recursos de Valor Patrimonial cultural.*
- f. *Incentivos en normas urbanísticas aplicables en el territorio.*
- g. *Proyectos, obras y medidas que contribuyan a la materialización de los objetivos del Plan.*
- h. *Informe del proceso de participación, que acredite el cumplimiento de los requisitos establecidos en los artículos 2.1.5. y 2.1.11.*
- i. *Antecedentes necesarios para el cumplimiento de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.*
2. *Estudio de Factibilidad, para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y de aguas lluvias cuando corresponda.*
 3. *Ordenanza Local.*
 4. *Planos, que expresen gráficamente los contenidos de la Ordenanza Local, a escala 1:20.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.500 o a escalas adecuadas a las respectivas temáticas.*

Tanto como en la LGUC y OGUC no especifica sobre los contenidos del estudio fundado para el apartado de riesgos, como también no existe ninguna guía de parte de los ministerios competentes como para poder realizar tal estudio.

2.3 Procesos de Remociones en Masa.

Espinoza (2013), define a las remociones en masa como el deslizamiento de una parte del material superficial de una ladera, por la acción de cierta fuerza de gravedad, hasta que esta encuentra un nuevo punto de reposo, alcanzando un estado de equilibrio. El autor menciona que este tipo de procesos es uno de los

fenómenos geofísicos más recurrentes, ya que, generan grandes daños a la viviendas, equipamiento e infraestructura además de la pérdida de vidas humanas.

Hauser (2000), se refiere a las remociones en masa como procesos gravitacionales que consideran el desplazamiento de una porción específica de terreno a una cota o nivel inferior de la original. Por su parte Mardones & Rojas (2012), definen a las remociones en masa como fenómenos gravitacionales de movilización lenta o rápida de un determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, con velocidades variables, a lo largo de un talud.

Para SERNAGEOMIN (2012), las remociones en masa son procesos de movilización lenta o rápida de un determinado volumen de suelo, sedimento y/o roca, de diversas proporciones, generado por una serie de factores. Se menciona que este tipo de procesos son intrínsecamente gravitatorios, los cuales se pueden clasificar, principalmente, en deslizamientos, flujos, caídas, entre otros.

Tabla 1. Clasificación de remociones en masa.

| Tipo de Movimiento | | Tipo de Material | | |
|--|--------------|---|--------------------------|-------------------------|
| | | Roca | Suelo | |
| | | | Grano grueso | Grano fino |
| Caídas (falls) | | Caída de roca | Caída de detrito | Caída de tierra |
| Volcamientos (topples) | | Volcamiento de roca | Volcamiento de detrito | Volcamiento de tierra |
| Deslizamientos | Rotacional | Slump de roca | Slump de detrito | Slump de tierra |
| | Traslacional | Deslizamiento de roca | Deslizamiento de detrito | Deslizamiento de tierra |
| Extensiones laterales (lateral spread) | | Extensión de roca | Extensión de detrito | Extensión de tierra |
| Flujos (flows) | | Flujo de roca | Flujo de detrito | Flujo de tierra |
| Complejos (complex) | | Combinación de dos o más tipos de movimientos | | |

Fuente: Varnes (1978).

Los factores que contribuyen en el desencadenamiento de remociones en masa son diversos, entre los cuales destacan las características litológicas y morfológicas del relieve, las propiedades físicas del suelo y su estructura, la densidad de la cobertura vegetal, deforestación, incendios, precipitaciones, sismos, actividades antrópicas, entre otros (Mardones & Rojas, 2012; Mardones & Vidal,

2001). La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento, los cuales se dividen en caídas o desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos. (Alcántara, 2000)

Para Varnes (1978), las remociones en masa se clasifican de la siguiente manera:

2.4 Factores condicionantes y desencadenantes de las Remociones en Masa.

Para Hauser, (2000) existen una serie de factores condicionantes para los procesos de remociones en masa, entre los cuales destacan: geología y geotecnia, geomorfología, hidrología, vegetación, clima y actividades antrópicas. Además, menciona la importancia del conocimiento de la recurrencia histórica de este tipo de procesos en las zonas a estudiar.

Lara et al., (2018) considera que los factores condicionantes para los procesos de remociones en masa son la geomorfología (gradiente de pendiente y elevación), geología (tipo de roca, suelo y su estructura), condiciones geotécnicas y la vegetación.

Mardones & Rojas, (2012) en su trabajo referido a las remociones en masa post terremoto del 2010 en la región del Biobío, determinan una serie de factores condicionantes, entre los cuales se encuentran: pendiente, litología, manejo de laderas, uso de suelo, cobertura vegetal, meteorización de la roca, erosión del suelo por motivos antrópicos.

Es por esto por lo que, para este trabajo se utilizarán una selección de factores, entregadas por los autores ya mencionados, los cuales serán de uso para la formulación de la tabla de análisis presentada posteriormente.

- **Litología:** Se entenderá la geología como las características propias del suelo, tales como tipo de roca, estructura del suelo, etc.
- **Pendiente:** Corresponde a los grados de inclinación de las laderas.

- **Geomorfología:** Se entenderá la geomorfología como las características relacionadas a las formas del relieve.
- **Hidrología:** Se entenderá la hidrología como las masas de agua existentes en el territorio, como a su vez los ríos y las redes de drenaje de las cuencas del territorio a estudiar.
- **Vegetación:** Se entenderá la vegetación como la existencia o no de cobertura vegetal, como a su vez el tipo de cobertura vegetal presente en el área.
- **Actividades antrópicas:** Se entenderá a las actividades antrópicas como cualquier actividad humana que impacte, de manera favorable o desfavorable, en el suelo. Algunos ejemplos de esto pueden ser: actividades mineras, forestales, inmobiliarias, etc.
- **Recurrencia histórica:** Se entenderá la recurrencia historia como la existencia de datos relacionados a la ocurrencia de este tipo de procesos, es decir, evidencia perteneciente a diversas fuentes que den cuenta de la ocurrencia de procesos de remociones en masa en el territorio.

Los factores desencadenantes, según Lara Castillo, & Sepúlveda Valenzuela, (2007) se caracterizan por ser factores externos que gatillan los procesos de remoción en masa, principalmente en periodos cortos entre causa y efecto. Los autores determinan que los factores desencadenantes más comunes de este tipo de procesos son las precipitaciones de gran intensidad y sismos, así como también las erupciones volcánicas, actividad antrópica, erosión de canales, entre otros.

Para efectos de esta tesis, se considerará como factores desencadenantes principales a las precipitaciones de gran intensidad y sismos. Además, cabe mencionar la incorporación del cambio climático como factor agregado, debido al contexto ambiental a nivel mundial.

Sismicidad: La actividad sísmica puede desencadenar remociones en masa, ya que la energía liberada puede alterar la estabilidad del terreno. Esta energía y los tipos de movimiento del suelo durante un terremoto pueden activar deslizamientos, avalanchas y otros tipos de remociones en masa.

Precipitación: Las precipitaciones intensas pueden causar la saturación suelo, aumentando la presión del agua en la pendiente y reduciendo la cohesión del material, favoreciendo a los procesos de remoción en masa.

Cambio climático: EIRD/ONU (2004) define al cambio climático como la alteración del clima de un lugar o región durante un período extenso de tiempo, cambiando significativamente en las mediciones promedio o variabilidad del clima de ese lugar o región. Esta alteración climática fue provocada por años de concentración de gases de efecto invernadero de origen antrópico (Aguirre et al., 2022; Soto & Del Castillo, 2019), lo cual, se manifiesta fundamentalmente en el incremento de la temperatura media global, modificando la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, el alza del nivel del mar, la reducción de la criósfera, entre otros.(Bárcena et al., 2020). Es por esto que es necesario incorporar el cambio climático como un factor desencadenante de las remociones en masa, ya que mantiene una directa relación con las actividades climáticas, ya sea estas asociadas a las temperaturas como a las precipitaciones, las cuales desencadenan en distintos fenómenos, tales como lluvias intensas, temperaturas intensas, sequías, incendios, etc.; favoreciendo la ocurrencia de los procesos de remoción en masa.

2.5 Metodologías de análisis de susceptibilidad.

Unas de las metodologías utilizadas a nivel local y nacional para determinar la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa son las utilizadas por Mardones & Vidal (2001) quienes adaptaron un método propuesto por la ONU en 1993. Dicha metodología fue utilizada para determinar distintos tipos de peligrosidad, entre los cuales se encuentra la susceptibilidad ante remociones en masa; partiendo por el análisis y evaluación de la geomorfología del área de estudio a través de la fotointerpretación de vuelos OEA-1961 en escala 1:10.000 y SAF-FONDED-1992 escala 1:20.000, además del levantamiento en terreno de aspectos morfométricos y morfológicos, agregando un estudio de granulometría y composición mineralógica de los sedimentos en laboratorios especializados, la

determinación de umbrales de lluvia, y la ocurrencia de los peligros en el área a través de información recopilada en la prensa local.

Asimismo, Mardones & Rojas (2012) proponen una metodología que parte con la identificación de la ubicación de procesos de remoción en masa en el área de estudio, a través de análisis de imágenes satelitales y la georreferenciación en programas como Google Earth; evaluación en terreno de las características morfométricas del área de estudio, determinación de los factores condicionantes, tales como pendiente, litología, manejo de laderas, usos de suelo, entre otros. Las herramientas utilizadas por estos autores fueron un GPS Garmin eTrex30, lupas, huincha métrica, brújula; además de entrevistas a vecinos, los cuales aportan principalmente con información relevante en temas como las condiciones presísmicas.

Lara et al, (2018) utiliza una metodología basada en la propuesta por Lara & Sepúlveda en el año 2010. Esta metodología se basa en el cálculo de la suma de calificaciones ponderadas correspondiente a una lista de factores condicionantes para las remociones en masa de tipo deslizamiento, desprendimiento de rocas, deslizamiento de rocas y flujos de detritos. Se utilizaron herramientas de software geotécnico, modelos de elevación digital (DEM) con resolución de 9 metros e información topográfica para la elaboración de mapas.

Finalmente, Espinoza, (2013) propone una metodología para establecer áreas de riesgo por remoción en masa en Chile. Esta metodología consta de dos etapas: etapa de diagnóstico y etapa de modelación. La Etapa de diagnóstico consta del proceso de delimitación de las zonas con riesgo de remoción en masa. Para esto es necesario levantar información en el área de estudio, posteriormente se debe realizar un análisis de los datos obtenidos, sean estos cuantitativos, cualitativos y espaciales, para finalmente realizar productos cartográficos. En la Etapa de modelación, se debe generar un modelo que sume algebraicamente la información a través de un software SIG, con la finalidad de obtener una jerarquización de las áreas de riesgo potenciales por remoción en masa basados en el peso específico de cada variable.



3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque Metodológico.

El enfoque principal para esta investigación es el análisis de los instrumentos de planificación territorial, con relación a su implementación para determinar las zonas o áreas susceptibles de remoción en masa. El crecimiento de la población, el aumento de la construcción de viviendas, y la existencia de eventos de procesos de remoción en masa ocurridos en los últimos años, impulsan la necesidad para el análisis y evaluación de los Instrumentos de Planificación Territorial, para poder prevenir y reducir los factores de riesgo que puedan estar presentes en los distintos sectores del país.

El análisis constará principalmente en la revisión de fuentes y documentos públicos. Se utilizará el navegador Google Chrome para la búsqueda de documentos, enfocándose en la página <https://instrumentosdeplanificacion.minvu.cl> perteneciente al Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

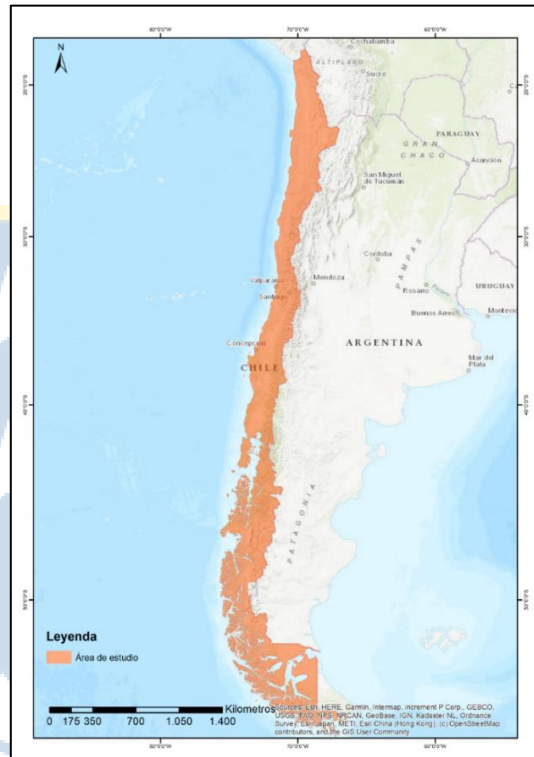
Debido a que el trabajo principal consta de la revisión, análisis de documentos oficiales e ingreso de datos, el enfoque de esta investigación será de ámbito mixto, ya que el análisis e ingreso de los datos de los factores utilizados para la zonificación de remociones en masa se realizará, utilizando la matriz de Leopold. Finalmente, al ser una investigación principalmente de gabinete, ésta no contará con trabajo en terreno.

3.2 Área de Estudio, geomorfología y clima.

El área de estudio de esta memoria comprenderá todo el territorio nacional, desde los 17°29'57S hasta 56°32'12S (ver figura 1). El país limita con Perú al norte, Bolivia al noreste, Argentina al este y con el Océano Pacífico al oeste. Consta de una longitud de 4.270 kilómetros y con una superficie de 756,626 km². (Gob.cl, s. f.). Geomorfológicamente, Chile presenta fundamentalmente cuatro franjas de relieve (Figura 3) que estructuran el país en sentido de los meridianos. Las principales son

de sentido Este a Oeste: la cordillera de los Andes; la Depresión Intermedia, Valle o Llano Central; la cordillera de la Costa, y las Planicies Litorales (Inzunza, 2019; Toledo Olivares, 1991).

Figura 1. Mapa área de estudio.

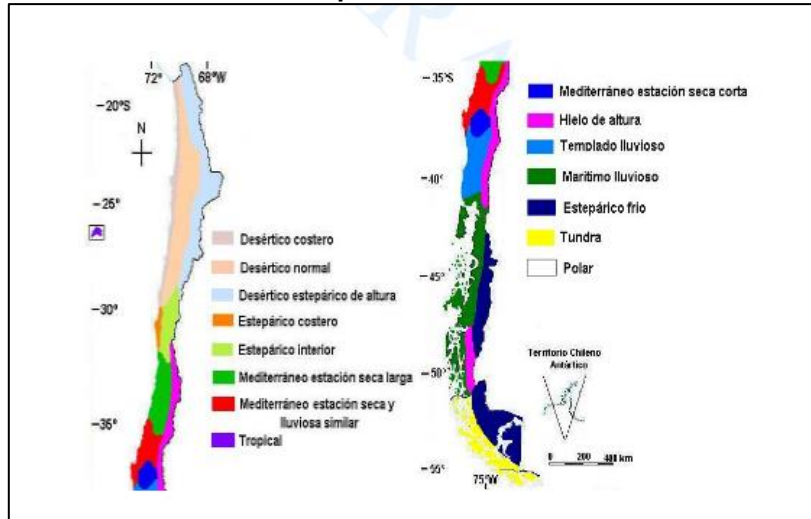


Fuente: Elaboración propia a partir de archivos shapefile entregados por la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN).

Sin embargo, se encuentran otro tipo de geformas a lo largo del territorio nacional, entre las que se pueden encontrar, según la información cartográfica del IGM: el farellón costero o planicies fluviomarinas, precordillera, cordillera patagónica insular, cordillera patagónica occidental, cordillera patagónica oriental, planicie de la estepa fría mallagánica, Antártica insular y peninsular, Andes antárticos y los campos de hielo. Al ser un territorio extenso, las condiciones climáticas son diferentes dependiendo de la latitud a la que se encuentre. El clima en Chile se entiende según la clasificación climática de Köppen (ver figura 2), dentro de los cuales se pueden

agrupar en 5 grandes categorías, las cuales son: tropical lluvioso, desértico, templado lluvioso, boreal y frío

ura 2. Mapa climático de Chile.



Fuente: Inzunza (2019)

Figura 3. Mapa geomorfológico de Chile.



Fuente: EducarChile.cl

3.3 Elevación.

Al observar el mapa físico de Chile, elaborado por el IGM (ver figura 4), se puede determinar la existencia de los principales relieves mencionados en el punto anterior, en relación con su altura. De Oeste a Este, las zonas de color verde corresponderían a terrenos con una elevación entre los 0 y 400 metros, seguido por los tonos beige, los cuales corresponden a terrenos con una elevación entre 1.200 y 3.000 metros, finalmente, los tonos café corresponden a terrenos con una elevación entre los 4.000 y 6.893 metros, siendo este último el punto máximo de altura de la cordillera de los Andes, conocido como Nevado Ojos del Salado, ubicado al este de Copiapó, región de Antofagasta.

Figura 4. Mapa de elevación área de estudio- Chile.

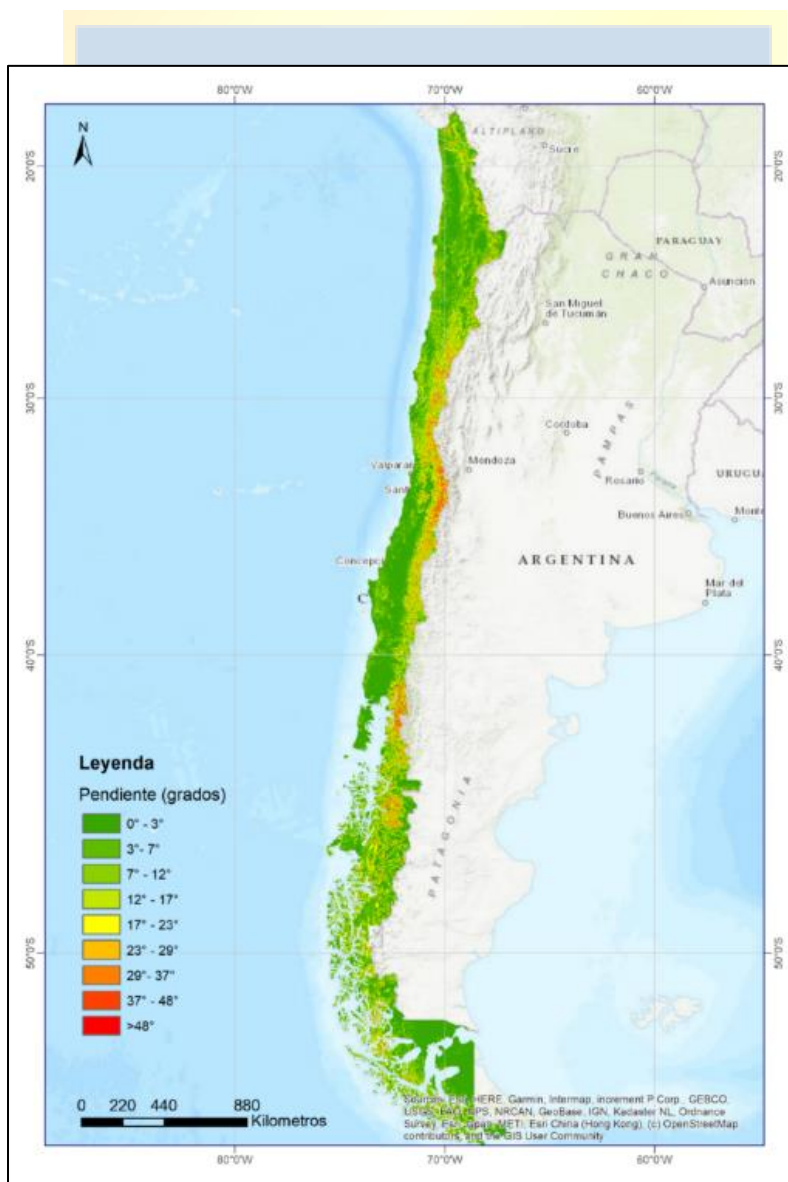


Fuente: IGM (s.f).

3.4 Pendiente.

La pendiente del territorio nacional se ha realizado según la elevación entregada por el DEM elaborado en base a imágenes ráster extraído de ASTER Global Digital Elevation Map. (ver figura 5). Las pendientes han sido agrupadas en 9 categorías, con la finalidad de poder realizar un análisis global de las mismas en el territorio nacional. Las categorías se agrupan como se muestra en la tabla 2.

Figura 5. Mapa de pendiente área de estudio- Chile.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen ráster DEM ASTER Global Digital.

En la figura 5 se observa que una gran parte del territorio nacional presenta pendientes entre 0° y 17° presentes en el mapa en colores degradados de verde, ubicadas en las zonas correspondiente a la depresión intermedia, cordillera de La Costa y Planicie Litoral, mientras que las zonas de pendientes más pronunciadas, pendientes entre los 17° y más de 48° de inclinación estarían ubicadas en la Cordillera de los Andes, representadas en el mapa con colores amarillezcos y rojos.

Tabla 2. Categorías de pendiente.

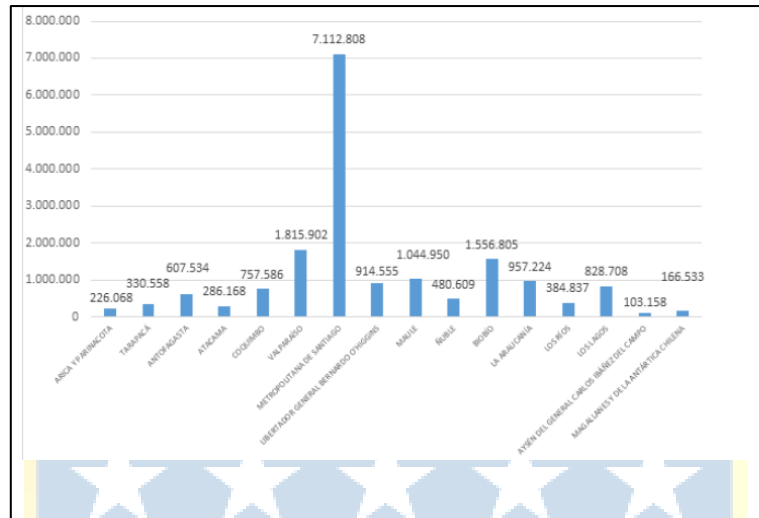
| Baja | Media | Alta |
|--------|---------|---------|
| 0°-3° | 12°-17° | 29°-37° |
| 3°-7° | 17°-23° | 37°-48° |
| 7°-12° | 23°-29° | >48° |

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Características demográficas y urbanísticas.

Chile cuenta con una división político-administrativa que se divide jerárquicamente entre regiones, provincias y comunas. Actualmente, el país cuenta con un total de 16 regiones, 56 provincias y 346 comunas. La distribución de la población chilena se encuentra principalmente en zonas urbanas, llegando a un 87,8% de la totalidad de la población, mientras que sólo el 12,2% vive en zonas rurales. (Toloza, 2020). La necesidad de la población por vivir en zonas urbanizadas puede responder a distintos factores, entre los cuales se encuentra la ubicación, conectividad, actividades económicas, mayores oportunidades laborales, entre otros. Dichas oportunidades generalmente se encuentran en las regiones con mayor relevancia dentro del país, debido a la centralización. En el gráfico 1 se puede observar la distribución de habitantes por región, en dónde se destaca fuertemente la región metropolitana, con 7.112.808 habitantes, Valparaíso con 1.815.902 habitantes y finalmente, la región del Biobío con 1.556.805 habitantes. (Toloza, 2020).

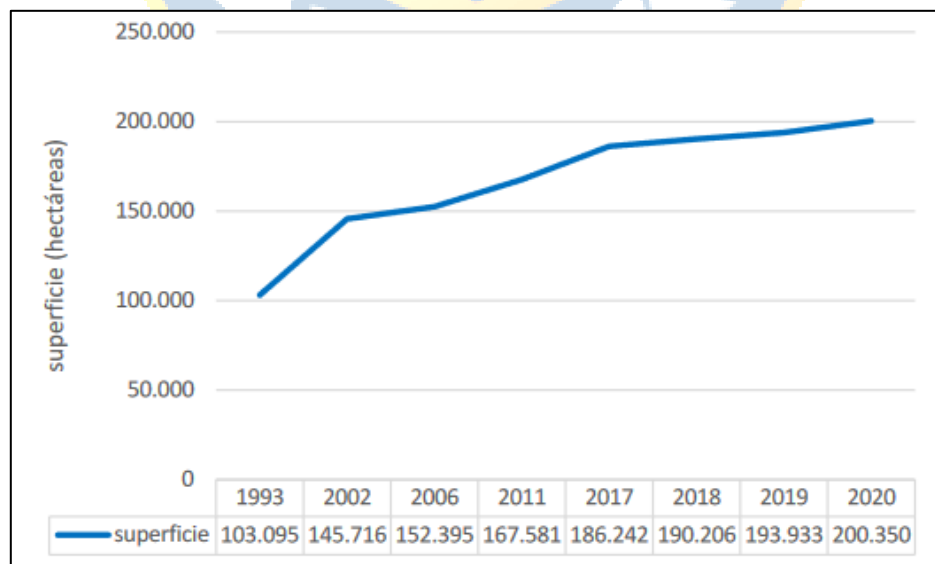
Gráfico 1. Distribución poblacional por regiones en Chile.



Fuente: Toloza (2020).

La concentración y crecimiento de población, trae consigo una consecuencia proporcional, la expansión urbana. Según los datos analizados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, (2021), el área urbana de las capitales regionales y provinciales aumentó su superficie un 94% entre el período 1993-2020, llegando a las 200.350 hectáreas (ver gráfico 2).

Gráfico 2. Evolución de la superficie construida de las capitales regionales y provinciales.



Fuente: MINVU, (2021).

Las tres áreas metropolitanas que presentaron el mayor crecimiento físico corresponden a: Gran Santiago, con más de 86 mil hectáreas construidas, seguida por el Gran Valparaíso, con 14.945 hectáreas, y finalmente, el Gran Concepción, con 14.343 hectáreas totales construidas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2021). En el período de 1993-2020, al igual que en los datos anteriores, las capitales regionales que encabezan el listado de hectáreas construidas en dicho período son: el Gran Santiago, con 34.642 hectáreas, Gran Concepción con 7.164 hectáreas y Gran Valparaíso con 5.314 hectáreas. En contraparte, las capitales regionales con menor hectáreas construidas dentro de ese mismo período son: Valdivia con 1.413 hectáreas, Arica con 1411 hectáreas y Coyhaique con 437 hectáreas (ver tabla 3).

Tabla 3. Superficie construida de las capitales regionales entre 1993-2020.

| Capital regional | Hectáreas construidas entre 1993-2020 |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Gran Santiago | 34.624 |
| Gran Concepción | 7.164 |
| Gran Valparaíso | 5.314 |
| La Serena-Coquimbo | 4.943 |
| Rancagua-Machalí | 3.565 |
| Puerto Montt | 3.289 |
| Talca | 2.910 |
| Temuco-Padre Las Casas | 2.387 |
| Iquique-Alto Hospicio | 2.088 |
| Punta Arenas | 1.569 |
| Chillán - Chillán Viejo | 1.604 |
| Copiapó | 1.503 |
| Antofagasta | 1.499 |
| Valdivia | 1.413 |
| Arica | 1.411 |
| Coyhaique | 437 |

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, (2021).

4 TÉCNICAS Y MÉTODOS

4.1 Recopilación, revisión y análisis de los Planos Reguladores Comunales de Chile.

La recopilación, revisión y posterior análisis de los Planes Reguladores Comunales y de sus respectivos Estudios Fundados de Riesgo de las 346 comunas del territorio nacional, sustentará esta memoria de título.

4.1.1 Recopilación de documentos oficiales.

La recopilación de documentos se realizará a través de las siguientes plataformas:

- <https://instrumentosdeplanificacion.minvu.cl>
- <https://www.bcn.cl>
- <https://www.goremaule.cl/goremauleVII/>
- <https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/>

La búsqueda de los planos reguladores vigentes se fundará en los datos entregados por el informe Estado Planificación Comunal de Chile (CCHC, 2022), considerando específicamente la vigencia de estos y sus años de publicación.

4.1.2 Tabla de datos.

La información recopilada de los planos reguladores comunal será integrada en una tabla de datos, la cual se realizará en el programa Excel de Windows 11. Dicha tabla constará de campos de información general (región comuna y año de publicación del PRC) y específica de la zonificación de áreas susceptibles ante remoción en masa, los cuales se demuestran a continuación:

| Datos de los PRC | | | | | |
|------------------|--------|--------------|---------------------|---|----------------------------|
| Región | Comuna | Presenta PRC | Año publicación PRC | Presenta zonificación Susceptibilidad de Remoción en Masa | Presenta Estudio de Riesgo |

| Factores utilizados en la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa | | | | | | | | | |
|---|---------------|-----------|------------|------------|--------------------------|-----------------------|------------|---------------|------------------|
| Factores condicionantes | | | | | Factores desencadenantes | | | | |
| Pendiente | Geomorfología | Litología | Hidrología | Vegetación | Actividades antrópicas | Recurrencia histórica | Sismicidad | Precipitación | Cambio climático |

4.1.3 Ingreso de datos

- **Presencia de PRC**

La existencia de Plan Regulador Comunal será ingresada con un “sí”, si está existe, y un “no”, si la comuna en cuestión no tiene este tipo de instrumento de planificación, en base a la información entregada por CCHC (2022).

- **Año de publicación**

El año de publicación será ingresado según la fecha de publicación en el Diario Oficial. Al no existir un Plan Regulador Comunal, este campo será ingresado como un “-“representando un no aplica.

- **Presenta zonificación de Susceptibilidad de Remociones en Masa**

Se entenderá como zonificación de susceptibilidad de Remociones en Masa a la zonificación que lleve consigo el mismo nombre, como también, algunos de los procesos mencionados en el artículo 2.1.17 de la OGUC, tales como avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas. La presencia de este tipo de zonificación será ingresada como “sí”, mientras que si no contiene este tipo de zonificación o lo describe de manera distinta será ingresada como “-“, lo cual representa un no aplica.

Las comunas que presentan zonificación combinada de riesgo por inundación, deslizamientos, avalanchas, derrumbes, etc., serán ingresadas como “E”, lo cual se entenderá como un caso especial. Se considerará lo establecido en las publicaciones del Diario Oficial y en las Ordenanzas, confirmando su presencia en los planos existentes.

- **Estudio Fundado de riesgo**

Solo se considerarán los Estudios Fundados de Riesgos de aquellas comunas que presenten zonificación por susceptibilidad de Remoción en Masa. Aquellos que cumplan con este requisito serán ingresadas con un “sí” o con “E”. Las comunas

que no cumplan con el requisito anteriormente mencionado serán ingresadas como “-“no aplica.

- **Presencia de metodología detallada**

Se considerará como metodología detallada toda metodología que brinde detalles específicos en su proceso de implementación. Este campo no será ingresado con un valor específico, sino más bien corresponderá a un campo de texto que refleje dicha metodología. Ejemplo: recopilación bibliográfica, trabajo en terreno, levantamiento de datos, etc. La información de este campo será relevante para la hora del análisis.

- **Factores condicionantes y desencadenantes.**

Estos datos serán extraídos de los Estudios Fundados de Riesgo o de los Estudios de Riesgo y Protección ambiental de las comunas correspondientes. La presencia de cada uno de estos factores será ingresada con el valor “1”, la ausencia de estos será representada como “0”.

El análisis de los factores condicionantes y desencadenantes se realizará a partir de la suma de los valores ingresados en cada uno de los campos, determinando la frecuencia de los mismos en los estudios anteriormente mencionados.

5 RESULTADOS Y ANALISIS

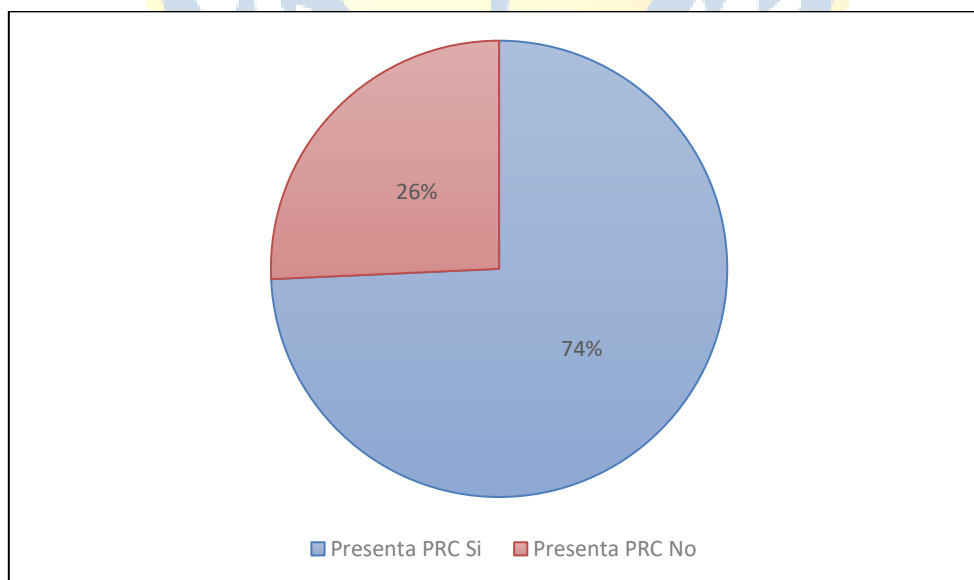
5.1 Análisis de tabla de datos de los Planes Reguladores Comunales a nivel nacional.

5.1.1 Presencia de Plan Regulador Comunal a nivel nacional.

La información sobre presencia de los planos reguladores comunales a nivel nacional fue basada principalmente en el informe “Estado de Planificación Comunal en Chile” (CCHC, 2022), la cual fue comprobada según la información vigente de los instrumentos de planificación territorial en la página web <https://instrumentosdeplanificacion.minvu.cl> del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile.

Se ingresaron y analizaron los datos pertenecientes a las 346 comunas del territorio nacional, entre las cuales, 257 comunas presentan un Plan Regulador Comunal, reflejando un 74%, mientras que el otro 26% corresponde a las 89 comunas, las que no presentan actualmente este tipo de instrumento de planificación territorial. (ver gráfico 3.)

Gráfico 3. Porcentaje de comunas que presentan un Plan Regulador Comunal (PRC).

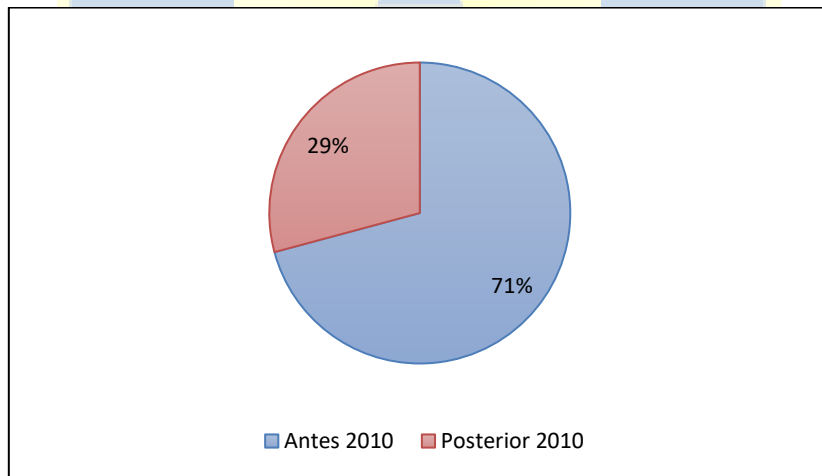


Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Año de publicación del PRC.

De las 257 comunas que presentan un Plan Regulador Comunal, se observó que 182 comunas, las cuales representan un 71% del total, mantienen un PRC vigente el cual ha sido publicado en años anteriores del 2010, entre las cuales 105 comunas presentan PRC publicados entre los años 1960 y 2000. Mientras que el 29% corresponde a 75 comunas que actualmente presentan PRC publicado entre los años 2010 y 2023. Estos datos reflejan que menos de un 30% de los PRC se encontraría cumpliendo los requisitos actuales para su elaboración, entre los cuales encontramos el artículo 28 sexies de la LGUC, artículo que menciona que estos instrumentos deberán actualizarse en un plazo no mayor de 10 años. (ver gráfico 4.).

Gráfico 4. Porcentaje de comunas que presentan un PRC con fecha de publicación anterior y posterior al año 2010.



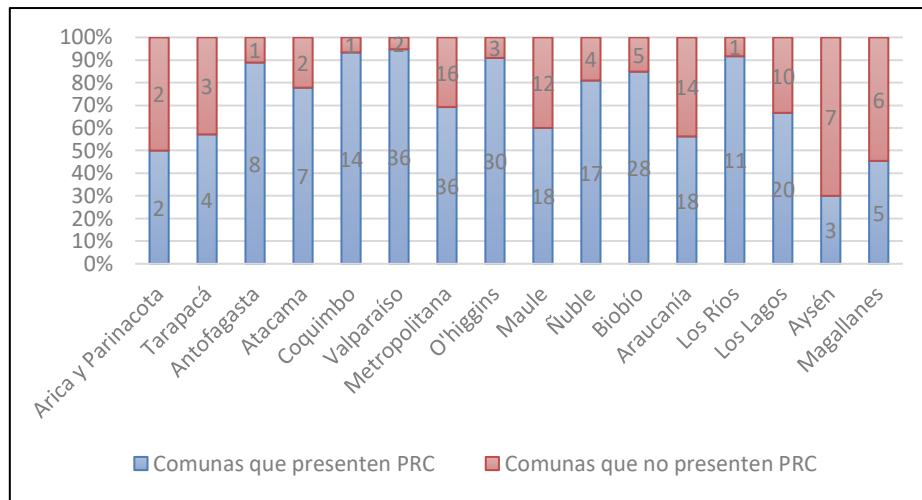
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Presencia de PRC a nivel nacional.

Debido a que la distribución comunal por regiones no es equitativa, se hace necesario evaluar el porcentaje de existencia de PRC en cada una de las regiones de Chile. Las regiones con un mayor porcentaje de PRC son Valparaíso con un 94,3%, seguido por la región de Coquimbo, con un 93,3 y la región de Los Ríos con

un 91,6%. Mientras que las regiones con una menor presencia porcentual de PRC son la región de Arica y Parinacota con un 50%, seguido por la región de Magallanes con un 45,4%, finalizado por la región de Aysén, la cual presenta sólo un 30%. (ver gráfico 5).

Gráfico 5. Presencia de PRC a nivel regional.



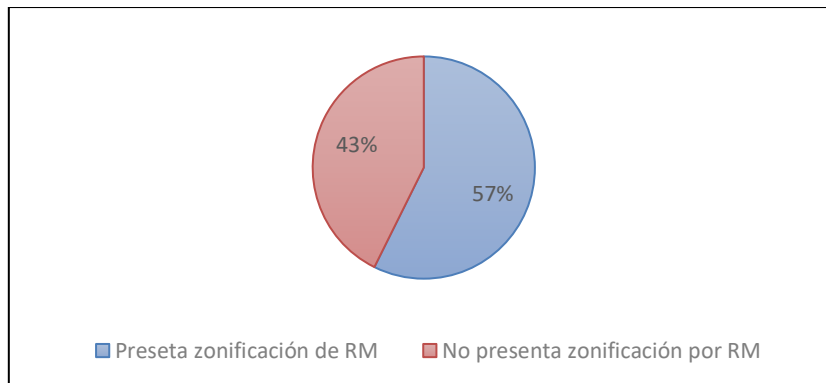
Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Comunidades que presentan zonificación de remociones en masa.

De las 75 comunas que presentan un PRC publicado entre los años 2010 y 2023, sólo 43 comunas presentan zonificación por susceptibilidad o riesgo ante procesos de remoción en masa, reflejando un 57% del total, mientras que el 43% restante correspondería a las 32 comunas no presentan ningún tipo de zonificación frente a este tipo de fenómeno (ver gráfico 6.).

Cabe mencionar que sólo se ha considerado la presencia de zonificación ante remociones en masa en la revisión de sus Planos Reguladores Comunal, sin investigar de forma en específico si las comunas presentan realmente este tipo de procesos.

Gráfico 6. Presencia de zonificación de remociones en masa en los PRC publicados entre los años 2010 y 2013.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 Comunas que presenten Estudio Fundado de Riesgo.

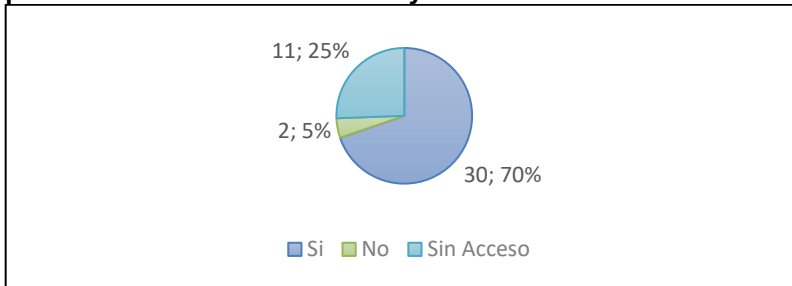
Las 43 comunas que presentan zonificación ante procesos de remoción en masa han sido revisadas en lo correspondiente a la existencia de Estudios Fundados de Riesgo. Esto tiene la finalidad de poder analizar dichos estudios para posteriormente identificar las metodologías utilizadas para la elaboración de estos estudios, como también los factores utilizados para la zonificación ante procesos de remoción en masa.

Para realizar este análisis se ha procedido a la búsqueda de los Estudios Fundados de Riesgo en diferentes fuentes, las cuales se han mencionado con anterioridad en el apartado de metodología.

De las 43 comunas que presentan algún tipo de zonificación ante procesos de remoción en masa, un 70% correspondiente a la cantidad de 30 comunas, si presentan este tipo de estudio, mientras que sólo 2 comunas, específicamente la comuna de Quilpué y Calle Larga, las cuales representan un 5% del total, mencionan que no cuentan con este tipo de estudio. El 25% restante corresponde a aquellas comunas en las que no se ha podido tener acceso al estudio (ver gráfico 7). Al tener los Estudios Fundados de Riesgo de las comunas que cuentan con PRC publicados entre los años 2010 y 2023, es pertinente poder distribuir a nivel nacional dicha información, para así poder tener una visión completa de cuáles son las

regiones que presentan PRC publicados entre los años mencionados, zonificación ante procesos de remoción en masa y Estudios Fundados de Riesgo.

Gráfico 7. Presencia de Estudios Fundado de Riesgo en las comunas cuyos PRC fueron publicados entre los años 2010 y 2023.

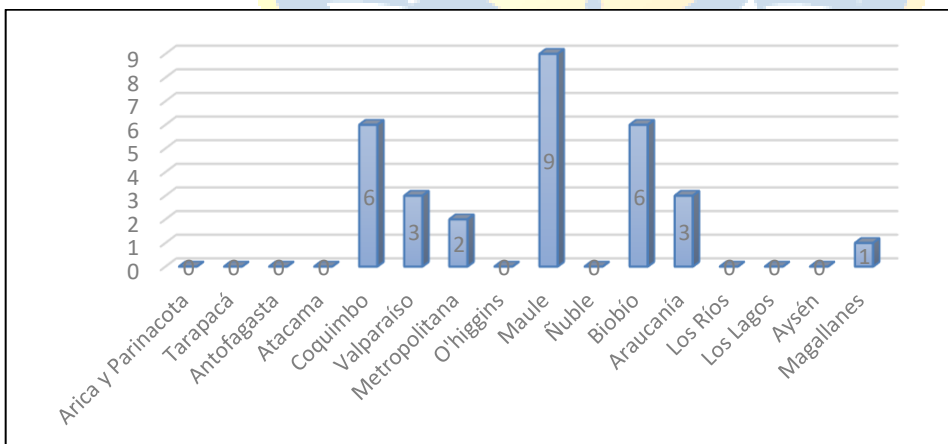


Fuente: Elaboración propia.

La mayor cantidad de comunas que presentan dichos criterios son las comunas pertenecientes a la región del Maule, con 9 comunas, seguido por la región de Coquimbo y Biobío con 6 comunas cada una, Valparaíso y la Araucanía con 3 comunas cada una, Región Metropolitana con 2 comunas y finalmente la región de Magallanes con 1 comuna (ver gráfico 8).

El listado de comunas pertenecientes a cada región será detallado en el análisis de Estudios Fundados de Riesgo.

Gráfico 8. Distribución regional de comunas que presenten zonificación de remociones en masa y Estudio Fundado de Riesgo.



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Análisis de Estudios Fundados de Riesgo.

El análisis de los Estudios Fundados de Riesgo constará de dos partes: primero, el análisis de los Estudios Fundados de Riesgo por comuna, considerando aspectos como metodología para la elaboración del estudio, conceptualización del riesgo, mención del marco jurídico, metodología para la zonificación de áreas susceptibles de remoción en masa y los factores utilizados; segundo: análisis de los factores utilizados en los Estudios Fundados de Riesgo para la determinación de la zonificación de áreas susceptibles ante procesos de remoción en masa, considerando principalmente la recurrencia del eso en dichos estudios.

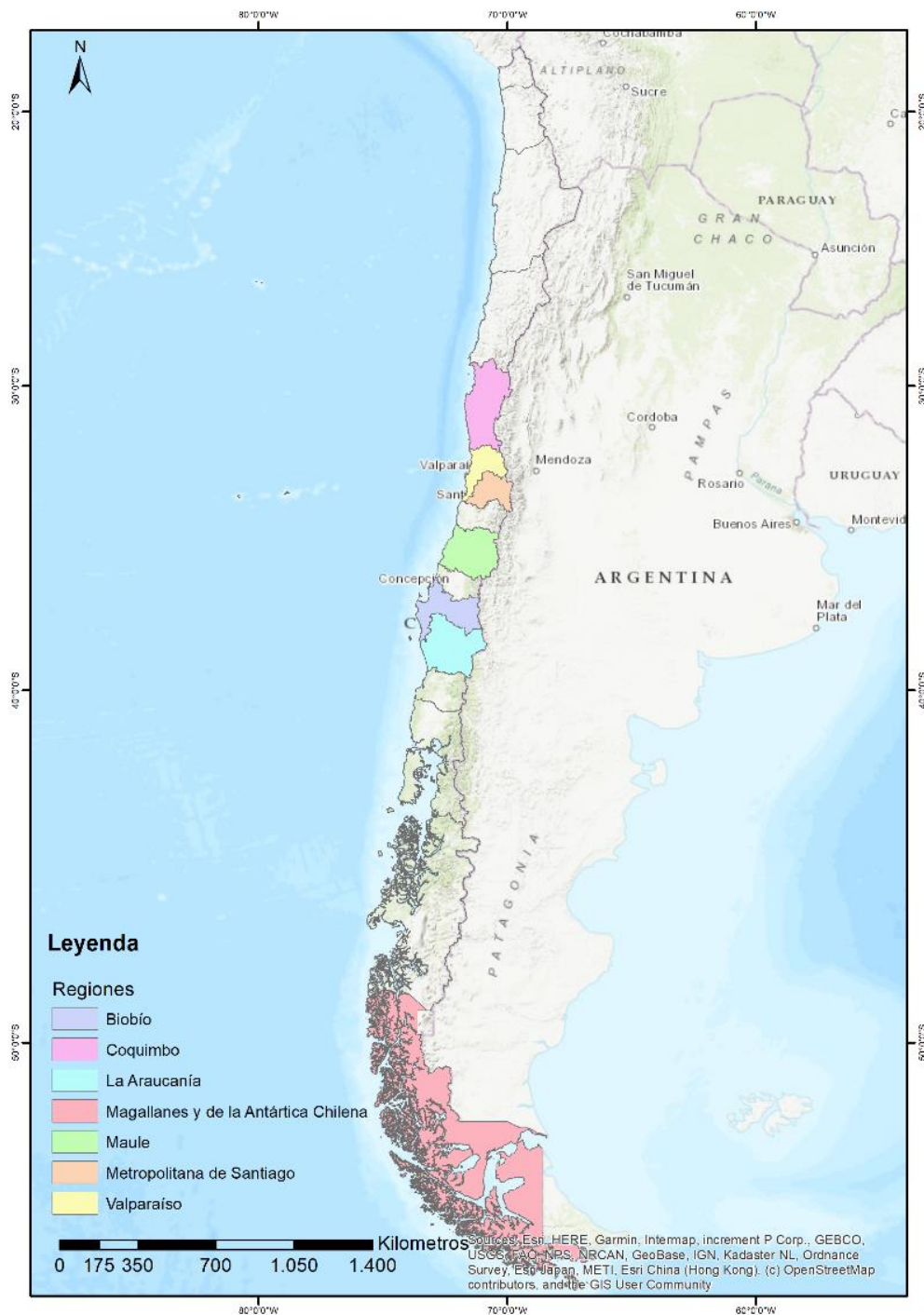
5.2.1 Análisis de los Estudios Fundados de Riesgo por comuna.

Los Estudios Fundados de Riesgo utilizados serán los estudios correspondientes a las comunas que hayan cumplido con los siguientes criterios:

- Año de publicación igual o posterior al 2010.
- Presenta zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa.
- Acceso al Estudio Fundado de Riesgo o Estudio de Riesgos y Protección Ambiental.

A causa de lo anterior, las comunas que presentan dichos requerimientos se clasificarán por su región (ver figura 6). Comenzando por la región de Coquimbo, seguido por la región de Valparaíso, Metropolitana, Maule, Biobío, La Araucanía y Magallanes y la Antártica chilena.

Figura 6. Mapa de regiones de Chile que cuentan con PRC entre los años 2010-2023 y zonificación de procesos de remoción en masa.

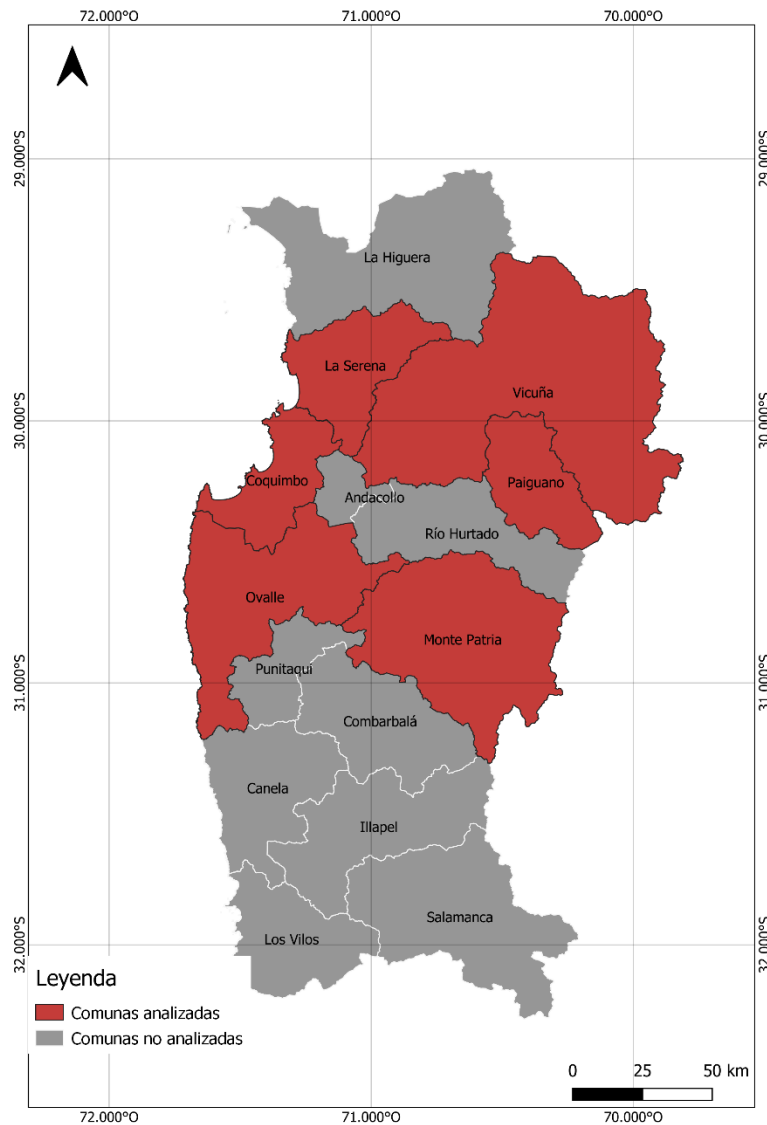


Fuente: Elaboración propia

5.2.1.1 Región de Coquimbo.

Las comunas analizadas pertenecientes a la región de Coquimbo son: Vicuña, Paihuano, Ovalle, Monte Patria, La Serena y la comuna de Coquimbo.

Figura 7. Mapa de comunas analizadas en la región de Coquimbo.



Fuente: Elaboración propia.

Comuna de Vicuña: El Estudio Fundado de Riesgos (EFR) de la comuna de Vicuña no presenta metodología del estudio, sin embargo, menciona la metodología para

la gestión del riesgo y para la realización de la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa. En esta última se ha considerado como factor principal a la pendiente, considerando inclinaciones que varían entre menores a 10° a mayores de 20°; y a la geomorfología. Cabe destacar que dicha metodología no especifica la elaboración de la zonificación ante remociones en masa, sino más bien se encarga de mencionar los factores a considerar para determinar y delimitar la zonificación, ya que esta sólo sería el área de representación de susceptibilidad ante este tipo de procesos y no el área de expresión de la misma.

Comuna de Paihuano: El EFR de la comuna de Paihuano presenta la siguiente metodología para la elaboración del estudio y para la zonificación. Esta constaría de la elaboración de línea base geológica y geomorfológica, revisión del catastro de peligros geológicos y del catastro de factores condicionantes, estudio de factores desencadenantes y la elaboración de una cartografía de susceptibilidad. El estudio entrega la conceptualización del riesgo y de las remociones en masa, no obstante, menciona que no se realizará ningún análisis sobre las condiciones socioeconómicas de la comuna. Además, entrega detalles en los procesos geológicos además de la descripción y categorización de las remociones en masa, y marco jurídico correspondiente a lo estipulado en el artículo 2.1.17 de la OGUC. Es importante destacar que el estudio menciona factores condicionantes y desencadenantes de remociones en masa propuestos por Conte (1986) en “The 1985 central Chile earthquake: A repeat of previous great earthquakes in the region?”, los cuales no utiliza a la hora de realizar la zonificación, ya que para esta se considera como factor principal a la pendiente para la determinación de zonas propensas a la generación de remociones en masa y zonas propensas a alcance de procesos de remoción en masa (ver figura 8). La zonificación se determinó considerando la generación de remociones en masa, identificando las pendientes susceptibles a este proceso, superponiendo la capa de alcance en metros de este tipo de procesos. Finalmente, dicho estudio entrega recomendaciones de uso y de restricción para las distintas zonas susceptibles para este tipo de fenómenos. Los factores utilizados para determinar la zonificación son mencionados en el recuadro

resumen del estudio, entre los cuales encontramos sismicidad, precipitación, actividad antrópica, recurrencia histórica, pendiente y alcance.

Figura 8. Extracto de cuadro resumen de peligro de remoción en masa en la comuna de Paiguano.

| | GENERACIÓN | ALCANCE |
|------------------------------------|--|--|
| Metodología de Zonificación | <i>Susceptibilidad Muy Alta: sectores con pendientes mayores a 35° (70%). También se incluyeron en esta categoría todos los sectores de las laderas que presentan depósitos de remociones en masa recientes, ya que son indicadores de sectores inestables y de las zonas de alcances de estos fenómenos</i> | <i>Susceptibilidad Muy Alta: Sectores ubicados ladera abajo de las zonas de muy alta susceptibilidad de generación, con pendientes sobre 15° (27%) y las zonas que han sido alcanzadas por remociones en masa recientes.</i> |
| | <i>Susceptibilidad Alta: sectores con pendientes entre 25° y 35° (entre 47% y 70%)</i> | <i>Susceptibilidad Alta: Sectores ubicados ladera abajo de las zonas de alta susceptibilidad de generación con pendientes sobre 15° (27%).</i> |
| | <i>Susceptibilidad Moderada: sectores con pendientes entre 15° y 25° (entre 27% y 47%)</i> | ----- |

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal de Paihuano (2019).

Comuna de Ovalle: El EFR de la comuna de Ovalle menciona que dicho estudio no analiza condiciones socioeconómicas y peligrosidad. La metodología para la elaboración de este estudio consta de compilación de referencias bibliográficas, antecedentes históricos, revisión de fotografías aéreas y evaluación de factores condicionantes. El estudio menciona los factores condicionantes y desencadenantes entre los cuales se encuentran las características geológicas, geomorfológicas, pendiente, sismos, actividad antrópica y eventos hidrometeorológicos. Para la zonificación de áreas susceptibles ante procesos de remoción en masa se ha considerado como factor principal a la pendiente, la cual se detalla en la figura 9. Al no existir en el documento el apartado metodológico para la elaboración y determinación de la zona susceptible ante remoción en masa, se ha considerado como factor a la pendiente, debido a que este ha sido mencionado como factor principal.

Figura 9. Categorización de zonas susceptibles ante procesos de remoción en masa en la comuna de Ovalle.

Muy Baja: No se reconocieron factores condicionantes favorables a la ocurrencia de este peligro, es decir, zonas de pendientes entre 0 y 15%.

Baja: Corresponde a sectores donde la pendiente se encuentra entre 15% y 25%. En estos sectores es poco probable que se generen deslizamientos y/o caída de bloques, pero sí podrían verse afectados por alcance de uno de estos peligros.

Moderada: En sectores de moderada a alta pendiente (de 25% a 50%). Áreas con una alta probabilidad de verse afectada por alcance de un deslizamiento o caída de bloques, y que bajo ciertas condiciones podrían corresponder a un sector donde se genere un deslizamiento.

Alta: En sectores de alta pendiente (escarpes), es decir, zonas de pendientes sobre al 50%, y sectores de depósitos coluviales no consolidados.

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal de Ovalle (2016).

Comuna de Monte Patria: El EFR de la comuna de Monte Patria no menciona la metodología a utilizar para la elaboración de la totalidad del documento, sin embargo, cuenta con un apartado específico a la metodología para la determinación de riesgos de remoción en masa. Esta metodología cuenta con recopilación y revisión bibliográfica, levantamiento de información en terreno, identificación y ponderación de factores y cartografía de susceptibilidad de remociones en masa. Además, presenta un desglose de los factores a utilizar para la determinación de la susceptibilidad de remoción en masa, entre los cuales se encuentra la geomorfología, vegetación, exposición de laderas, pendiente, litología, precipitaciones y sismicidad (ver figura 10). Cada uno de los factores mencionados anteriormente cuenta con su apartado específico exponiendo la metodología a utilizar individualmente. El documento cuenta con una breve descripción de las remociones en masa, además de mencionar la clasificación utilizada para este tipo de procesos, la cual corresponde a la clasificación de Millies-Lacroix, (1981). Para la elaboración de la cartografía de la zonificación de la susceptibilidad por remoción en masa, han utilizado la superposición de variables ambientales. Esta superposición consta de una ecuación (ver figura 11) que al ser ingresada en un software SIG determinaría zonas de bajo, medio, alto y muy alto riesgo ante procesos de remoción en masa.

Figura 10. Factores utilizados en la zonificación de remociones en masa en la comuna de Monte Patria.

Rangos de Formaciones Geológicas

| Formación, Estructuras | Sigla | Peso Relativo | Riesgo (vulnerabilidad) |
|---|-------|---------------|-------------------------|
| Depósitos Fluviales Recientes | Hf | 5 | Muy Alto |
| Depósitos Aluvionales | PIHa | 5 | Muy Alto |
| Depósitos Aluvionales Antiguos | MP1c | 4 | Alto |
| Formación Quebrada Marquesa | Kqm | 3 | Medio |
| Formación Quebrada La Titora | Kqlt | 3 | Medio |
| Intrusivos Dioríticos – Monzodioríticos | Kigd | 2 | Bajo |
| Diorita Pichasca | Kspd | 2 | Bajo |
| Intrusivos Hipabisales | Kish | 2 | Bajo |

Rangos de Unidades Geomorfológicas

| Unidades Geomorfológicas | Peso Relativo | Riesgo (Vulnerabilidad) |
|--|---------------|-------------------------|
| Cordón Transversal Andino Costero | 3 | Medio |
| Terrazas Fluviales Bajas | 3 | Medio |
| Depósitos Aluvionales (conos de deyección) | 5 | Alto |
| Lecho de inundación y Caja de Río | 5 | Muy Alto |

Rangos de Ponderación de Formaciones Vegetacionales

| Tipo de Vegetación | Descripción | % de Recubrimiento | Peso Relativo | Riesgo (vulnerabilidad) |
|------------------------------------|--|--------------------|---------------|-------------------------|
| Actividad Agrícola | Correspondientes a especies caducifolias, tal como vides, paltos y cítricos, entre otros. | 25-50 | 3 | Medio |
| Matorral Espinoso de las Serranías | Corresponden a especies con hojas perennes, tipo matorral, con alturas comprendidas entre los 1.5 a 5 metros y cactáceas | 10-25 | 4 | Alto |

Rangos de Orientación de Laderas

| Exposición | Peso Relativo | Riesgo (vulnerabilidad) |
|------------|---------------|-------------------------|
| Sur | 1 | Bajo |
| Este | 2 | Medio |
| Oeste | 4 | Alto |
| Norte | 5 | Muy Alto |

Rangos de Pendiente

| Rango de pendiente | Porcentaje | Peso Relativo | Propensión al riesgo de remoción |
|--------------------|---------------|---------------|--|
| Sin pendiente | Sin pendiente | 0 | Inexistente |
| 1 – 5 grados | 0 – 10 % | 1 | Erosión difusa sin cobertura vegetal |
| 5 – 15 grados | 10 – 33 % | 3 | Erosión lineal sin cobertura vegetal |
| 15 – 25 grados | 33 – 55 % | 5 | Erosión Lineal profunda |
| Mayor a 25 grados | Mayor a 55 % | 7 | Generación de cárcavas, procesos de remoción en húmedo, procesos gravitacionales |

Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental. Plan Regulador Comunal de Monte Patria (2018)

Figura 11. Formula ingresada en SIG para el modelamiento de la zonificación de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la comuna de Monte Patria.

$$ZRM = ((PR \text{ "Geología" } \times 0.20) + (PR \text{ "Geomorfología" } \times 0.15) + (PR \text{ "Vegetación" } \times 0.15) + (\text{Orientación de Laderas} \times 0.15) + (\text{Pendiente} \times 0.35))$$

Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental. Plan Regulador Comunal de Monte Patria (2018).

Comuna La Serena: El documento del Estudio Fundado de Riesgos de la Serena no cuenta con un apartado metodológico, sin embargo, hace mención los “pasos a seguir”, entre los cuales se encuentran el diagnóstico y análisis de las amenazas presentes, zonas no edificables originadas por la presencia de infraestructura peligrosa, síntesis de riesgos, criterios de incorporación de riesgos en el plan y normativa de riesgos en el PRC.

Figura 12. Clasificación de pendientes y umbral geomorfológico utilizado en EFR de La Serena.

| Pendiente en grados | Pendiente en porcentajes | Concepto | Umbral geomorfológico |
|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| 0 – 2 | 0 – 4.5 | Horizontal | Erosión nula a leve |
| 2 – 5 | 4.5 – 11 | Suave | Erosión débil, difusa. Sheet wash. Inicio de regueras. Soliflucción fría. |
| 5 – 10 | 11 – 22 | Moderada | Erosión moderada a fuerte. Inicio de erosión lineal y desarrollo de regueras. Presencia de flujo atenuado. Deslizamientos (7° en margas). |
| 10 - 20 | 22 – 44.5 | Fuerte | Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes. Deslizamientos (15° en arcillas). |
| 20 -30 | 44.5 – 67 | Muy fuerte a moderadamente escarpada | Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación. > 25° Flujos, deslizamientos (20° en arenas). |
| 30 - 45 | 67 - 100 | Escarpada | Coluvionamiento. Soliflucción intensa. Inicio de derrubación. |
| + de 45 | + de 100 | Muy escarpada a acantilada | Desprendimientos y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes. |

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal La Serena (2020).

Se entrega la definición de conceptos relacionados al riesgo, el marco jurídico regente (artículo 2.1.17 de la OGUC), un mapa conceptual de las amenazas naturales (amenazas de origen geológico e hidrometeorológico), además de la conceptualización de remociones en masa, en la cual no se menciona el tipo de clasificación a utilizar. No presenta metodología asociada a la zonificación de la

susceptibilidad ante remociones en masa, no obstante, se hace mención como factores más importantes para la determinación de la susceptibilidad a la pendiente y geomorfología, para lo cual entrega un cuadro (ver figura 12) en donde determina el grado de pendientes susceptibles a remociones en masa. Finalmente, el documento cuenta con una tabla de síntesis, mencionando los tipos de amenazas, riesgos asociados y criterios de planificación, siendo estas últimas recomendaciones de parte del equipo elaborador del estudio.

Comuna de Coquimbo: La metodología utilizada en el Estudio Fundado de Riesgos consta de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, inventario de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes. El estudio presenta el análisis de conceptos como susceptibilidad, peligros geológicos y riesgo; sin embargo, el estudio no realizó análisis o consideraciones socioeconómicas. Además, cuenta con información del inventario de peligros geológicos comunales; en este inventario de procesos geológicos se cita a Conte (año), señalando los factores desencadenantes de remociones en masa en la región, entre 1915 y 1983, factores que no son utilizados al momento de la zonificación por susceptibilidad. En este se ha considerado información tomada de su línea base geológica y geomorfológica y en el inventario de peligros geológicos anteriormente mencionado. El factor principal utilizado para determinar la generación de remociones en masa es la pendiente entre otros factores utilizados (ver figura 13).

Figura 13. Criterios utilizados para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa en el EFR de Coquimbo

| | | | |
|----------------------------|----------|---|---|
| Remociones en Masa (**) | Muy Alta | Laderas con pendientes >35° | Restricción. Uso área verde |
| | Alta | Laderas con pendientes entre 25° y 35° (generación de remociones en masa). Zonas ubicadas a menos de 20 m de los escarpes (Retroceso de escarpes) | Riesgo (2.1.17). Excluir equipamiento esencial* |
| | Moderada | Laderas con pendientes entre 15° y 25° (generación de remociones en masa). Zonas ubicadas entre 20 m y 40 m de los escarpes (Retroceso de escarpes) | Mitigación con Normas Urbanísticas |

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal de Coquimbo (2019).

Finalmente, se destaca el apartado de criterios de interpretación de áreas propensas a avalanchas y rodados, en donde se hace mención del descarte de zonas representativas de intervenciones antrópicas en el terreno, debido a que deben ser controlados por estudios independientes a este.

5.2.1.2 Región de Valparaíso.

Las comunas analizadas en la región de Valparaíso son las siguientes: San Esteban, Casablanca y Concón (ver figura 14).

Figura 14. Mapa de comunas analizadas en la región de Valparaíso.



Fuente: Elaboración propia.

Comuna San Esteban: presenta dos documentos relacionados al Estudio de Riesgos. Primero se encuentra el documento llamado “Estudio de Riesgos”, el cual entrega de forma sintetizada la información correspondiente a este tipo de estudios, ya que se profundiza en el segundo documento, llamado “Estudio de Riesgos San Esteban. Etapa 4: Diagnóstico y zonificación de peligros geológicos”. Este último documento será el utilizado para el análisis, debido a que es el que presenta una mayor información. La metodología utilizada en este documento consta de las siguientes tareas: elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, catastros de peligros geológicos históricos y catastro de factores condicionantes. El

documento presenta la conceptualización de susceptibilidad, amenaza, riesgo, vulnerabilidad, mitigación, entre otros. En lo correspondiente a remociones en masa, se menciona el tipo de clasificación a utilizar, la cual corresponde a lo expuesto por el British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978) Para la determinación de las zonas susceptibles de procesos de remoción en masa se ha considerado como factor principal a la pendiente (ver figura 15), luego incorpora factores como precipitación, sismicidad e intervención antrópica. Sin embargo, el estudio presenta un cuadro con los distintos factores condicionantes y desencadenantes de procesos de remoción en masa, además de incorporar la influencia de estos y sus efectos, entre los cuales no todos son considerados a la hora de realizar la zonificación.

Figura 15. Extracto de cuadro síntesis de peligro de remoción en masa del EFR de San Esteban.

| | |
|---|--|
| <p>Metodología de Zonificación</p> | <p>Se definieron zonas susceptibles a generar procesos de remoción en masa, principalmente asociadas a las pendientes de las laderas y zonas susceptibles a ser alcanzadas por estos fenómenos (FIGURA N° 6-2), de acuerdo a los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Susceptibilidad Muy Alta</i>: sectores con pendientes mayores a 35° - <i>Susceptibilidad Alta</i>: sectores con pendientes entre 25° y 35° - <i>Susceptibilidad Moderada</i>: sectores con pendientes entre 15° y 25° y las zonas de acumulación de sedimentos provenientes de las laderas con pendientes sobre 15°. |
|---|--|

Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental. Plan Regulador Comunal San Esteban (2018).

Comuna de Concón: El Estudio Fundado de Riesgo de la comuna de Concón presenta una metodología basada en la elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visita técnica, inventario de peligros geológicos y catastro de factores condicionantes. Cuenta además de la conceptualización de susceptibilidad, peligros geológicos y riesgo, entregando detalles de los mismos. Agrega la conceptualización de procesos de remociones en masa, clasificándolos según el tipo de movimiento según lo expuesto British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). Adicional a lo anterior, se observa una tabla con el detalle de la ocurrencia de procesos de remociones en masa en el sector, la cual ha sido extraída de López et al. (2005)

“Peligro de Remociones en Masa e inundaciones de las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Concón, Región de Valparaíso”.

Figura 16. Cuadro resumen peligro de remoción en masa presente en el EFR de la comuna de Concón.

| Peligro | REMOCIONES EN MASA | |
|------------------------------------|--|--|
| Descripción | Este peligro está asociado a volúmenes de roca o suelo que son transportados por procesos gravitacionales. Se reconocen dos tipos principales, los deslizamientos y las caídas de rocas. Su alcance es en general limitado, y debe ser tratado como un peligro geológico local | |
| Peligros Asociados | Deslizamientos Desprendimientos o Caídas de Rocas | |
| Factores Desencadenantes | Eventos pluviométrico o sísmicos, intervención antrópica | |
| Inventario | De acuerdo al registro de remociones en masa de Hauser (2000), en la zona de estudio se han registrado eventos de remociones en masa, los cuales se han desarrollado en épocas de mayores lluvias. En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se incluye un catastro histórico de remociones en masa que han ocurrido en la comuna de Concón, de acuerdo a López et al. (2005). | |
| Metodología de Zonificación | Se definieron zonas susceptibles a generar procesos de remoción en masa, principalmente asociadas a las pendientes de las laderas y zonas susceptibles a ser alcanzadas por estos fenómenos (FIGURA N  6-6 y FIGURA N  6-7). | |
| | GENERACIÓN | ALCANCE |
| | <i>Susceptibilidad Alta:</i> sectores con pendientes mayores a 40  | <i>Susceptibilidad Alta:</i> Zonas de acumulación de materiales provenientes de sectores de alta susceptibilidad de generación |
| | <i>Susceptibilidad Moderada:</i> sectores con pendientes entre 15  y 40  | <i>Susceptibilidad Moderada:</i> Zonas ubicadas pendiente abajo de las zonas de alta susceptibilidad de alcance |
| | <i>Susceptibilidad Baja:</i> sectores con pendientes menores a 15  (reptación lenta) | ----- |
| Zonas Susceptibles | Los deslizamientos est n asociados principalmente a laderas poco estables, especialmente en las zonas de altas pendientes y en los sectores de dunas, debido a la escasa a su baja a nula cohesión. | |

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal de Concón (2017).

El informe cita a López, el cual menciona la alta peligrosidad de las zonas con dunas activas en la comuna de Concón, debido a las propiedades intr secas de este tipo de geoforma, entre las cuales encontramos la poca cohesión de los depósitos, la cual facilita la generación de deslizamientos y flujos de arena. Finalmente, no se entrega una metodología en concreto para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, sino más bien esta zonificación constaría de una actualización de los datos entregados por López y compa n a. Sin embargo, se menciona que los criterios utilizados para elaborar esta zonificación, tanto como para la generación de remociones en masa como para su alcance, se encuentran en el cuadro resumen

(ver figura 16). Los criterios utilizados para la zonificación son: pendiente, alcance, actividades antrópicas, recurrencia histórica, sismicidad y precipitación.

Comuna de Casablanca: El Estudio Fundado de Riesgo de la comuna de Casablanca no presenta metodología para la elaboración del informe en sí, sin embargo, si presenta una metodología detallada para el momento de la elaboración de la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa..

Figura 17. Tabla de ponderaciones de factores propuestos por Muñoz (2013), utilizados en el EFR de la comuna de Casablanca.

Factores máximos considerados en caídas de rocas

| FACTOR | % máx. | DESGLOSE DE FACTORES | % máx. |
|-----------------------------|--------|--|--------|
| GEOMORFOLOGIA (F1) | 35 | Pendiente Promedio de la unidad | 15 |
| | | Altura máxima de la unidad | 10 |
| | | Forma | 10 |
| GEOLOGÍA Y GEOTECNIA (F2) | 20 | Características Geológicas - Geotécnicas de la unidad | 15 |
| | | Cercanía a una falla mayor y/o zona de cizalle | 5 |
| INTERVENCIÓN ANTRÓPICA (F3) | 25 | Presencia de Desestabilización/ Estabilización artificial. Se evalúa la condición de la unidad respecto al mecanismo analizado | 25 |
| ANTECEDENTES (F4) | 10 | Caídas de rocas reconocidas en la ladera | 10 |
| CLIMA Y VEGETACIÓN (F5) | 10 | Condición de Humedad en la ladera | 5 |
| | | Presencia Vegetación | 5 |

Factores máximos considerados en deslizamientos superficiales de suelo

| FACTOR | % máx. | DESGLOSE DE FACTORES | % máx. |
|-----------------------------|--------|--|--------|
| GEOMORFOLOGIA (F1) | 35 | Pendiente Promedio de la Ladera | 15 |
| | | Altura máxima de la unidad | 5 |
| | | Exposición al Sol | 10 |
| | | Forma | 5 |
| GEOLOGÍA Y GEOTECNIA (F2) | 25 | Características Geológicas - Geotécnicas | 15 |
| | | Cercanía a falla mayor y/o zona de cizalle | 10 |
| INTERVENCIÓN ANTRÓPICA (F3) | 10 | Presencia de Desestabilización/ Estabilización artificial. Se evalúa la condición de la unidad respecto al mecanismo analizado | 10 |
| ANTECEDENTES (F4) | 10 | Deslizamientos de suelos declarados | 10 |
| CLIMA Y VEGETACIÓN (F5) | 20 | Condición de Humedad en la ladera | 10 |
| | | Presencia Vegetación | 10 |

Factores máximos considerados en flujos

| FACTOR | % máx. | DESGLOSE DE FACTORES | % máx. |
|--------------------------------|--------|--|--------|
| GEOMORFOLOGÍA (F1) | 35 | Pendiente del canal de drenaje | 20 |
| | | Encajamiento del canal de drenaje | 15 |
| GEOLOGÍA Y GEOTECNIA (F2) | 30 | Condición de Humedad y saturación en la ladera | 10 |
| | | Carácter. Geológicas - Geotécnicas | 15 |
| | | Cercanía a falla mayor y/o zona de cizalle | 5 |
| INTERVENCIÓN ANTRÓPICA (F3) | 10 | Presencia de escombros o obstrucción del canal en forma artificial | 10 |
| ANTECEDENTES (F4) | 15 | Aluviones declarados en la cuenca hidrográfica | 15 |
| VEGETACIÓN (F5) | 10 | Características y rol de la vegetación | 10 |

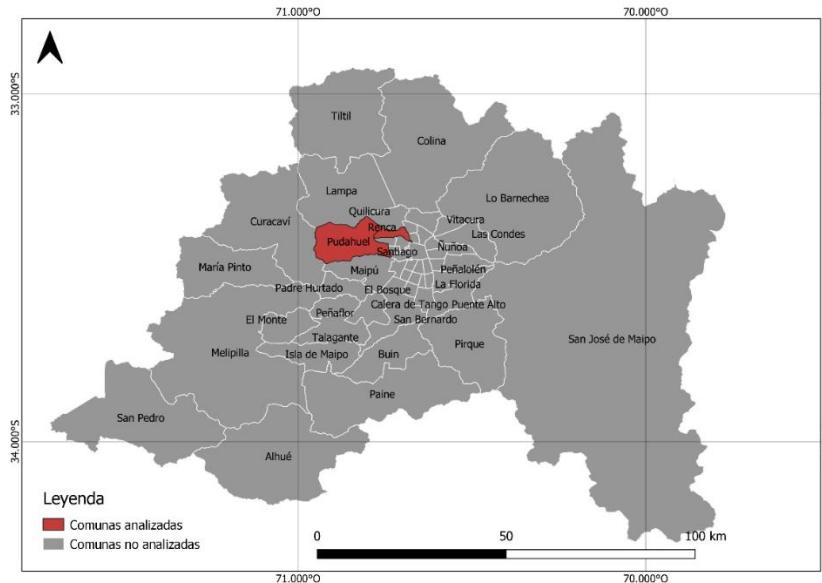
Fuente: Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Casa Blanca (2020).

El documento entrega la conceptualización de desastre natural, peligro, susceptibilidad y vulnerabilidad, además de entregar antecedentes del marco jurídico en relación al artículo 2.1.17 de la OGUC. En lo correspondiente a las remociones en masa, entrega una conceptualización de este tipo de procesos, los tipos de movimientos en masa presentes en la comuna, además de mencionar los factores condicionantes y desencadenantes extraído de una selección de autores. La metodología utilizada para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa se basa en la metodología propuesta por Muñoz en el año 2013 en su tesis de magister llamada "Susceptibilidad de remociones en masa y de respuesta sísmica asociada a fallas mayores en áreas urbanas. Estudio de caso Viña del Mar, V región.". Dicha metodología consta en la ponderación de factores condicionantes adecuadas para cada tipo de remoción en masa identificada en la zona. Los factores utilizados para determinar el índice de susceptibilidad son (ver figura 17): geomorfología (se incorpora la pendiente) geología y geotecnia, intervención antrópica, antecedentes históricos, clima y vegetación.

5.2.1.3 Región Metropolitana de Santiago.

Las comunas analizadas en la región Metropolitana corresponden a las comunas de Pudahuel y Renca (ver figura 18).

Figura 18. Mapa de comunas analizadas en la región Metropolitana.



Fuente: Elaboración propia.

Pudahuel: En el documento llamado Estudio de Riesgos y Protección ambiental de la comuna de Pudahuel se encuentran diversas metodologías asociadas a temas específicos. En primer lugar, se encuentra la metodología para la elaboración del estudio en sí, la cual consta de la definición del estudio, elaboración de línea base geológica y geomorfológica, catastro de peligros geológicos. La metodología utilizada para la zonificación de procesos de remoción en masa se encuentra detallada en cada uno de los tipos de remoción en masa identificados en la comuna. El documento entrega información de los factores condicionantes utilizados para la zonificación de remoción en masa, entre destaca la pendiente, litología, característica de afloramientos rocosos y ocurrencia de procesos de remoción en masa en las proximidades. La metodología la zonificación e identificación de zonas susceptibles ante procesos de remoción en masa se menciona en un apartado

dedicado a cada uno de los tipos de remoción en masa presentes, los cuales se resumen a continuación:

- Caída de rocas: presencia de afloramientos rocosos y pendiente del terreno como factores principales para la zonificación, determinando la susceptibilidad de generación de caída de rocas y alcance.
- Deslizamientos, se menciona que no hay deslizamientos identificados en el área, no obstante, se considera a la pendiente del terreno como factor principal para determinar zonas potenciales a la ocurrencia de estos.

Retroceso de escarpes: mapeo de las áreas de escarpes presentes en depósitos no consolidados, considerando su cercanía a ellos, la cual va entre menos de 25m hasta los 50 m.

- Flujos: zonificación en base a los antecedentes históricos recopilados, análisis de fotografías aéreas y la línea base geológica y geomorfológica. La cual consta de la delimitación de zonas de quebradas principales, secundarias y abanicos aluviales.

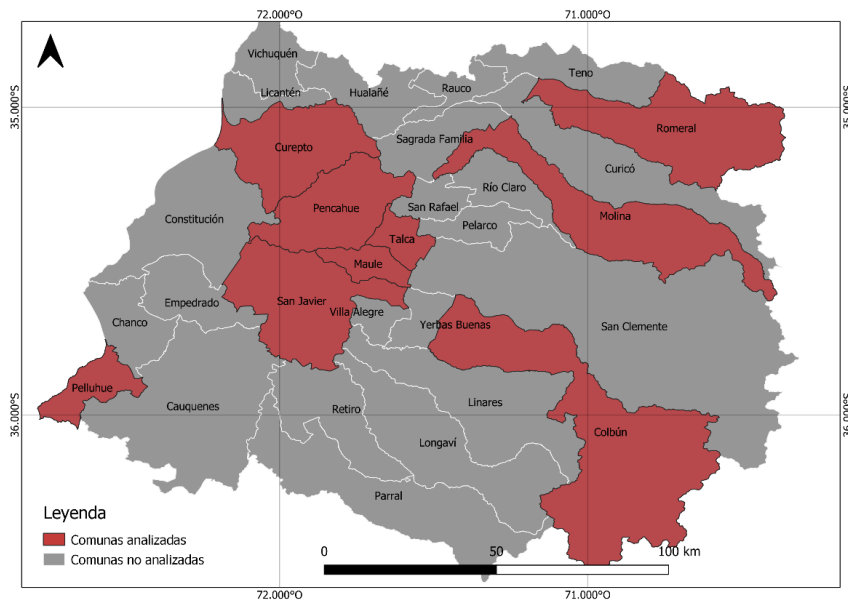
Cabe mencionar que el documento entrega información correspondiente a la conceptualización de peligro y riesgo en el anexo, conceptualización de los peligros geológicos y el catastro histórico de remociones en masa e inundaciones en sus anexos.

Renca: La comuna de Renca presenta un Estudio de Riesgos y Protección Ambiental, el cual no presenta metodología para la elaboración del documento ni para la zonificación de la susceptibilidad ante remociones en masa. El estudio entrega información correspondiente al marco jurídico (OGUC), sin hacer mención a alguna conceptualización del riesgo y su evaluación. En lo correspondiente a los peligros geológicos, se entrega información extraída del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Se mencionan aspectos descriptivos del emplazamiento de la comuna, haciendo énfasis en los grados de pendientes presentes en el área. En el apartado de “efectos sobre el territorio”, se menciona los tipos de remoción en masa presentes en la comuna de Renca, entre los que se encuentra los deslizamientos y las caídas de rocas y rodados. Para ambos, se considera la pendiente como factor principal y el estado de los afloramientos rocosos, determinando zonas de baja, media y alta susceptibilidad.

5.2.1.4 Región del Maule.

Las comunas analizadas en la región del Maule son las siguientes: Talca, San Javier, Romeral, Penciahue, Pelluhue, Molina, Maule, Curepto y Colbún (Ver figura 19).

Figura 19. Mapa de comunas analizadas en la región del Maule.



Fuente: Elaboración propia.

Talca: La comuna de Talca presenta un Estudio de Riesgos y Protección Ambiental. Este documento no presenta metodología para la elaboración del mismo como tampoco para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa. El estudio entrega información correspondiente al marco jurídico, mencionando lo entendido por la OGUC en conceptos relacionados a las zonas de riesgos. Se agrega la conceptualización del riesgo y el peligro natural. En lo correspondiente a las remociones en masa, se menciona que estos pueden ser detonados a partir de fenómenos hidrometeorológicos, específicamente a precipitaciones entre los 30 y 60 mm al día, las cuales pueden generar flujos aluvionales y de barro. Sin embargo, el estudio menciona la no identificación de procesos de remoción en masa en la ciudad de Talca. No obstante, se han clasificado como áreas propensas a procesos de remoción en masa, a los bordes del Río Claro y a laderas de cerros. Cabe

mencionar que no se entrega información sobre el proceso para determinar a las laderas anteriormente mencionadas.

San Javier: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de San Javier presenta una metodología basada en la revisión y análisis de fotografías aéreas y en análisis físico y morfológicos en SIG. Este documento no entrega información respecto a la metodología para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa. Sin embargo, menciona que la delimitación de este tipo de amenazas será en base al comportamiento del cauce del río Loncomilla, delimitando los bordes del río como zonas propensas a remociones en masa. Es por esta información que se ha considerado como factor para la zonificación de remociones en masa a la hidrología.

Romeral: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Romeral presenta una metodología para la elaboración del documento basada principalmente en una elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. Dicho documento entrega además conceptualización del marco jurídico perteneciente a lo estipulado en la OGUC, así como también de conceptos relacionados a los peligros geológicos, susceptibilidad y riesgo, sin embargo, el estudio no llevó a cabo ningún análisis socioeconómico. Al igual que en documentos mencionados anteriormente, este estudio utiliza la categorización de movimientos en masa en base a lo postulado British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). En lo relacionado con la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, se menciona que el estudio ha identificado zonas susceptibles a procesos de deslizamiento, caída de bloques y zonas susceptibles de ser alcanzada por estos mismos. La metodología utilizada para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa se ha dividido en tres grupos: generación, retroceso y alcance (ver figura 20). Las zonas de generación se han determinado en base a la pendiente, las zonas de retroceso se determinaron en base a zonas cercanas al escarpe, entre

10 y 20 metros, además de considera la litología presente, finalmente, el alcance se ha determinado mediante la ubicación de áreas entre 0 y 10 metros pendiente abajo.

Figura 20. Extracto cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Romeral.

| Se definieron zonas susceptibles a generar procesos de remoción en masa principalmente asociadas a las pendientes de las laderas y terrazas fluviales y zonas susceptibles a ser alcanzadas por remociones en masa. | | | |
|---|--|---|--|
| GENERACIÓN | RETROCESO | ALCANCE | |
| <u>Susceptibilidad Muy Alta</u> : sectores con pendientes mayores a 35° | ----- | <u>Susceptibilidad Muy Alta</u> - ROMERAL: áreas ubicadas a menos de 10 m de áreas de muy alta susceptibilidad de generación - LOS QUEÑES: áreas con una probabilidad de 1 de alcance en una superficie de 1m ² | |
| <u>Susceptibilidad Alta</u> : sectores con pendientes entre 35° y 25° | <u>Susceptibilidad Alta</u> : zonas a 10 m del escarpe en Depósitos de Detritos Volcánicos del Planchón-Teno, zonas a 20 m del escarpe en terraza fluvial y 25 m en caso de que el retroceso de escarpes ya ha sido reconocido en la terraza | <u>Susceptibilidad Alta</u> : - ROMERAL: áreas ubicadas a menos de 10 m de áreas de alta susceptibilidad de generación - LOS QUEÑES: áreas con una probabilidad entre 1 y 0,5 de alcance en una superficie de 1m ² | |
| <u>Susceptibilidad Moderada</u> : sectores con pendientes entre 25° y 15° | <u>Susceptibilidad Moderada</u> : zonas a 10 m del escarpe en rocas de la Formación Abanico; zonas entre 10 y 20 m del escarpe en Depósitos de Detritos Volcánicos, zonas entre 20 y 40 m del escarpe en terraza fluvial y entre 25 y 50 m en caso de que el retroceso de escarpes ya ha sido reconocido en la terraza | <u>Susceptibilidad Moderada</u> : - ROMERAL: áreas ubicadas a menos de 10 m de áreas de moderada susceptibilidad de generación - LOS QUEÑES: áreas con una probabilidad entre 0,5 y 0,1 de alcance en una superficie de 1m ² | |
| | | <u>Susceptibilidad Baja</u> : - LOS QUEÑES: áreas con una probabilidad menor a 0,1 de alcance en una superficie de 1m ² | |

Fuente: Estudio Fundado de Riesgo. Plan Regulador Comunal Romeral (2017).

El estudio entrega información más concreta del proceso de zonificación por alcance, ya que presenta una de elaboración propia con los valores utilizados para la generación de esta. Dicha tabla considera los factores de Litología, pendiente, bloques y alcance, agregando también el tipo de remoción en masa consecuente. Para realizar el mapa de susceptibilidad de remoción en masa de la comuna de Romeral, unificaron los tres mapas anteriores (deslizamiento, retroceso y alcance). Cabe mencionar que el estudio se ha realizado por separado para las zonas de Romeral y Los Queñes, los cuales se pueden observar en la tabla resumen correspondiente a remociones en masa.

Pencahue: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Pencahue presenta una metodología tanto para la elaboración del mismo como para la zonificación de

áreas susceptibles ante procesos de remoción en masa. La metodología del documento consta de la elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. La metodología correspondiente a la zonificación se mencionará más adelante. El documento además agrega la conceptualización del marco jurídico perteneciente a lo estipulado por la OGUC, la conceptualización de peligro geológico, riesgo, susceptibilidad entre otros. En lo correspondiente a las remociones en masa, fueron categorizadas según lo expuesto British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). Para la zonificación se han considerado zonas susceptibles a ser afectadas por deslizamiento y caída de bloques, como también a las zonas potenciales de ser alcanzadas por estos. La zonificación se realizó en base a las pendientes del territorio, las cuales van entre el rango de 15° a más de 35° de inclinación, mientras que el alcance va desde menos de 25 m hasta más de 100 metros, dependiendo del grado de susceptibilidad anterior. Finalmente, el documento entrega un cuadro resumen en donde se menciona los factores utilizados para la zonificación de susceptibilidad ante remoción en masa, la cual considera factores como pendiente, alcance, precipitación, sismicidad y recurrencia histórica.

Pelluhue: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Pelluhue presenta metodología tanto para la elaboración del documento como para la zonificación de la susceptibilidad ante remociones en masa. La metodología del documento consta de la elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. La metodología para la zonificación será expuesta más adelante. El documento cuenta con la descripción de la conceptualización del riesgo, susceptibilidad, peligros geológicos, entre otros, y el marco jurídico perteneciente a lo mencionado en la OGUC. Se agrega la conceptualización de remociones en masa y la categorización a utilizar, la cual consta de la categorización expuesta por British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y

Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). La zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa se ha dividido en tres, la zonificación por susceptibilidad de zonas de generación, zonas de retroceso de laderas y zona de alcance de los deslizamientos. Para la zonificación de susceptibilidad de generación de deslizamiento y caídas de bloques se ha considerado como factor principal a la pendiente, la cual se ha determinado mediante la carta generada a partir del DEM.

Figura 21.Extracto cuadro resumen peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Pelluhue.

| Metodología de Zonificación | Se definieron zonas susceptibles a generar procesos de remoción en masa principalmente asociadas a las pendientes de las laderas y zonas susceptibles a ser alcanzadas por remociones en masa y zonas de retroceso de laderas | | |
|-----------------------------|---|---|--|
| | GENERACIÓN | RETROCESO | ALCANCE |
| | <u>Susceptibilidad Muy Alta</u> : sectores con pendientes mayores a 35° | <u>Susceptibilidad Muy Alta</u> : áreas ubicadas a menos de 10 metros de los escarpes | <u>Susceptibilidad Muy Alta</u> : áreas con una probabilidad de 1 de alcance en una superficie de 1m ² |
| | <u>Susceptibilidad Alta</u> : sectores con pendientes entre 35° y 25° | <u>Susceptibilidad Alta</u> : áreas ubicadas entre 10 y 30 metros de los escarpes | <u>Susceptibilidad Alta</u> : áreas con una probabilidad entre 1 y 0,5 de alcance en una superficie de 1m ² |
| | <u>Susceptibilidad Moderada</u> : sectores con pendientes entre 25° y 15° | <u>Susceptibilidad Moderada</u> : áreas ubicadas entre 30 y 50 metros de los escarpes | <u>Susceptibilidad Moderada</u> : áreas con una probabilidad entre 0,5 y 0,1 de alcance en una superficie de 1m ² <u>Susceptibilidad Baja</u> : áreas con una probabilidad menor a 0,1 de alcance en una superficie de 1m ² |

Fuente: Estudio de Riesgos. Plan Regulador Comunal Pelluhue (2012).

La zonificación de retrocesos de laderas ha considerado la marcación de los escarpes presentes en el área urbana a partir de imágenes satelitales ubicadas entre menos de 10 m y 50m del escarpe. Para la zonificación del alcance, el estudio presenta un detalle mayor que las zonificaciones anteriormente mencionadas. Para esto, se ha considerado un modelo que integre factores como litología, curvatura y pendiente abajo de la ladera. Al igual que en estudios anteriores, se entrega un mapa de susceptibilidad que incorpora los tres mapas mencionados anteriormente. Finalmente, en el cuadro resumen presente en el documento (ver figura 21), se identifican los factores utilizados para la zonificación, entre los cuales destacan la pendiente, geomorfología, alcance, curvatura, litología, precipitaciones, recurrencia histórica y sismicidad.

Molina: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Molina presenta metodología tanto para la elaboración del documento como para la zonificación de la susceptibilidad ante remociones en masa. La metodología correspondiente al documento consta de la elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. La metodología para la zonificación será expuesta más adelante. El documento cuenta con la descripción de la conceptualización del riesgo, susceptibilidad, peligros geológicos, entre otros, y el marco jurídico perteneciente a lo mencionado en la OGUC. Se agrega la conceptualización de remociones en masa y la categorización a utilizar, la cual consta de la categorización expuesta por British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al., (2014) y; Varnes, (1978). Para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, al igual que en comunas anteriores, se han generado tres categorías, las cuales son zonas de generación, retroceso y alcance. Para las zonas susceptibles de generación de remoción en masa se ha considerado a la pendiente como factor principal, la cual va entre los 15° a más de 35° de inclinación. La zonificación de zonas susceptibles al retroceso de laderas se ha determinado a partir de la marcación de los escarpes de las laderas a través de imágenes satelitales, para lo cual se ha delimitado una franja que va desde los 20m de ancho desde el escarpe hacia atrás, hasta los 50 m. La zonificación del alcance consideró factores tales como la litología, pendiente, curvatura y alcance. Posteriormente, se han unificado los 3 mapas anteriores para elaborar un mapa de susceptibilidad, las cuales constan con el mismo orden de prioridad. Finalmente, en el cuadro resumen del documento, se observan los factores utilizados para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa, los cuales son pendiente, geomorfología, alcance, precipitaciones, sismicidad y registros históricos, entre otros.

Maule: La metodología del Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de maule consta de la elaboración de línea base geológicas y geomorfológica, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. Se agrega la conceptualización del riesgo, susceptibilidad, peligros geológicos entre otros. Además, cuenta con la descripción y conceptualización de remociones en masa, así como también de la categorización de este tipo de procesos utilizada en este estudio, la cual consta de la categorización propuesta por British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). La metodología de la zonificación de susceptibilidad de remoción es diferenciada dependiendo del tipo de remoción en masa a estudiar. Para llevar a cabo esta zonificación se han considerado zonas de generación y alcance. La zonificación de las zonas susceptibles a generación de procesos de remociones en masa se ha realizado a partir de la determinación de pendientes propensas a generar este tipo de procesos, las cuales varían entre los 15° y mas de 35° de inclinación. La zonificación de zonas propensas al alcance de remociones en masa se ha determinado a partir de las observaciones realizadas por otros autores en zonas de la región del Maule, entre los cuales destaca Naranjo, el cual determina la implementación de franjas de protección de 50 metros pendiente abajo, por lo que, se determinaron zonas susceptibles de alcance aquellas ubicadas entre 25 y 100 metros, dependientes de la susceptibilidad de generación. Finalmente, en el cuadro resumen presente en el documento, se observan los factores utilizados para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, entre los cuales se encuentran factores como la pendiente, geomorfología, alcance, precipitaciones, recurrencia histórica y sismicidad.

Curepto: La metodología para la elaboración del Estudio fundado de riesgos de la comuna de Curepto se basa principalmente en la elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos y estudio de factores condicionantes. El estudio presenta además la conceptualización del riesgo, susceptibilidad, peligro, peligros geológicos entre

otros, como también presenta los antecedentes pertenecientes al marco jurídico según lo expuesto por la OGUC. Agrega también la conceptualización de las remociones en masa, presentando la clasificación de los mismos según lo expuesto por el British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al., (2014) y; Varnes, (1978). La zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción se ha realizado en base a la zonificación de zonas susceptibles de generación de este tipo de procesos y a zonas propensas al alcance de los mismos. La zonificación de susceptibilidad de generación se realizó en base a la pendiente y geomorfología presente en el área de estudio, las cuales se han clasificado entre pendientes de 15° hasta más de 35° de inclinación. La zonificación de susceptibilidad de alcance se ha determinado según lo propuesto por Naranjo en estudios realizados en sectores pertenecientes a la región del Maule. La metodología utilizada para esta zonificación queda reflejada en el cuadro resumen presente en el estudio (ver figura 22). Los factores utilizados para la zonificación y análisis de las zonas susceptibles ante remoción en masa son la pendiente, altura del talud, precipitaciones, sismicidad y registro histórico.

Figura 22. Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de Curepto.

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Metodología de zonificación | Susceptibilidad Muy Alta de Generación (A): sectores con pendientes mayores a 35° | Susceptibilidad Alta de Alcance: áreas ubicadas entre 0 y 10 metros de zonas A y B con taludes menores a 10 metros de altura. Y áreas ubicadas entre 0 y 25 metros de las zonas A y B con taludes mayores a 10 metros de altura. |
| | Susceptibilidad Alta de Generación (B): sectores con pendientes entre 35° y 25° | Susceptibilidad Moderada de Alcance: áreas ubicadas entre 0 y 10 metros de zonas C con taludes menores a 10 metros de altura. Si el talud es mayor a 10 metros de altura, corresponden a áreas ubicadas entre 25 y 50 metros de zonas A y B y entre 0 y 35 metros de zonas C. |
| | Susceptibilidad Moderada de Generación (C): sectores con pendientes entre 25° y 15° | Susceptibilidad Baja de Alcance: áreas ubicadas entre 25 y 50 metros de zonas C con taludes mayores a 10 metros de altura. |

Fuente Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Curepto (2016).

Colbún: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Colbún presenta una metodología tanto para la elaboración del estudio como para la zonificación de susceptibilidad ante remoción en masa. La metodología del estudio consta de la realización de estudios de los fenómenos geodinámicos y la identificación de los

mismos, inventario de amenazas de carácter histórico, descripción y análisis de amenazas y finalmente, análisis de riesgos y susceptibilidad. El estudio presenta además la conceptualización del riesgo, susceptibilidad, peligro, peligros geológicos entre otros, como también presenta los antecedentes pertenecientes al marco jurídico según lo expuesto por la OGUC. Agrega también la conceptualización de las remociones en masa, presentando la clasificación de los mismos según lo expuesto por el British Geological Survey, la cual a su vez es basada en Cruden y Varnes, (1996); Hungr et al.,(2014) y; Varnes, (1978). En lo correspondiente a la zonificación de áreas susceptibles ante procesos de remoción en masa y su metodología, se consideraron factores como la pendiente, exposición de laderas y la geología. La metodología utilizada se puede observar en la figura 18, correspondiente al cuadro resumen de los peligros analizados por el estudio, en donde se agregan factores desencadenantes de remociones en masa, tales como la precipitación y sismicidad, los cuales se utilizaron para llevar a cabo dicho análisis.

Figura 23.Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de Colbún.

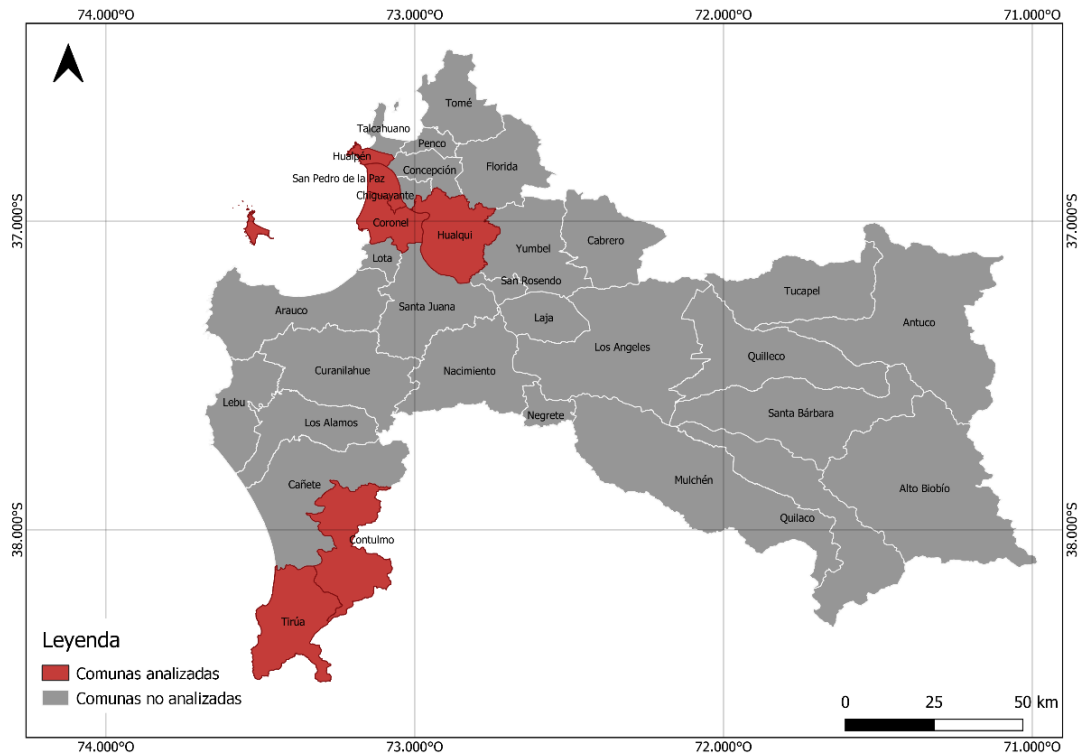
| | |
|--------------------|--|
| <p>Metodología</p> | <p>Se elaboró un modelo digital de terreno en los cuales se calculó las pendientes y exposición de laderas, se ponderó cada uno de los resultados obtenidos para luego establecer áreas susceptibilidad. Se definieron las siguientes:</p> <p><u>Susceptibilidad Alta:</u> Representada por laderas y superficies de exposición norte con pendientes fuertes, muy fuertes y escarpadas.</p> <p><u>Susceptibilidad Media:</u> Representada por pendientes moderadas en laderas de solana y umbría.</p> <p><u>Susceptibilidad Baja:</u> Corresponde a superficies con pendientes suaves u horizontales en laderas de solana y umbría y superficies planas.</p> |
|--------------------|--|

Fuente Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Colbún (2014).

5.2.1.5 Región del Biobío.

Las comunas analizadas en la región del Biobío son las siguientes: Tirúa, San Pedro de la Paz, Hualpén, Coronel, Contulmo y Hualqui (ver figura 24).

Figura 24. Mapa de comunas analizadas en la región del Biobío



Fuente: Elaboración propia.

Tirúa: El Estudio Fundado de Riesgos Naturales de la comuna de Tirúa no especifica su metodología, sino más bien presenta un apartado de materiales y métodos a utilizar, en donde se encuentran los antecedentes de Estudio Plan regulador Comunal, los aportes del Estudio de la Universidad del Biobío y aportes de SERNAGEOMIN. Agrega también la metodología para la evaluación del riesgo en la comuna, la cual consta de la modificación de la propuesta realizada por Ayala-Carcedo en los años 1993,2000 y 2002, generando análisis de cada uno de los factores propuestos, en donde se encuentran la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, las cuales se realiza una multiplicación entre las cartas para obtener el riesgo asociado a cada peligro. En lo respectivo a la zonificación de remociones en

masa en la comuna de Tirúa, se considera como zonas de peligro de derrumbes, entregando su conceptualización y tabla de ponderación de factores considerados (ver figura 25). Si bien el documento no especifica si son estos los utilizados para la determinación de la zonificación, estos se considerarán en el análisis final de este trabajo.

Figura 25. Cuadro de evaluación de riesgo de derrumbe (peligrosidad) en el EFR de la comuna de Tirúa.

| EVAUACION | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|--|---|---|
| FACTORES | BAJO | MEDIO | ALTO |
| Pendientes | <20° | 20-30° | >30° |
| Morfología | Terrazas, llanuras, cordones litorales y dunas | Escarpes y laderas de mediano vigor, cóncavas y regulares | Escarpes y laderas de gran vigor, convexas, Acantilados |
| Litología | Roca sana, homogénea. | Roca alterada o diaclasada semicoherente | Sedimentos incoherentes heterogéneos |
| Cobertura vegetal | > 75% | 75-50% | <50% |

Fuente Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Tirúa (2012).

San Pedro de la Paz: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de San Pedro de la Paz no presenta un apartado dedicado a la metodología de la elaboración del mismos, como tampoco presenta una metodología de zonificación de la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa. El documento consta principalmente de la entrega de las características geográficas de la comuna, tales como su ubicación, clima, geomorfología y geología. En lo correspondiente al capítulo de riesgos naturales y antrópicos, el documento entrega la conceptualización de conceptos tales como riesgo, desastre, mitigación, entre otros. En relación a la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, no entrega información relevante, ya que solo se ha podido observar un pequeño párrafo destinado a la descripción de este tipo de procesos, sin mencionar la fuente

utilizada. Se considera como zonificación del peligro a zonas correspondientes a los relieves altos de la cordillera de Nahuelbuta, planicies o plataforma litorales. En relación a esto, el documento no entrega información adicional a la anteriormente mencionada, no obstante, el estudio presenta un cuadro resumen con las recomendaciones e indicaciones para el uso de áreas susceptibles, el cual entrega un poco más de información (ver figura 26). Cabe destacar que el estudio entrega un análisis post terremoto del 2010 en relación a este tipo de procesos, mencionando que no han ocurrido eventos significativos en la comuna, sin embargo, si ocurrieron agrietamientos, desplazamientos laterales y hundimientos de terreno en sectores camino a la comuna de Santa Juana.

Figura 26. Recomendaciones e indicaciones para el uso de las áreas de riesgo del EFR de la comuna de San Pedro de la Paz.

| 3.6) ÁREAS DE RIESGO DE REMOCIÓN EN MASA POR RELLENOS ARTIFICIALES: ZH-1 | | | | |
|--|--|---|--|---------------------------------------|
| Unidad ambiental: Terraza fluvial del río Bio Bio. | | | | |
| Limitantes físicas: | Descripción de riesgo. | Indicaciones de uso. | Condiciones para el uso urbano. | Recomendaciones para usos no urbanos. |
| <ul style="list-style-type: none"> Suelos bajos con relleno artificial, próximos a cursos y cuerpos de agua. Rellenos heterogéneos, sin compactación adecuada, sin confinamiento y sin certificación | <ul style="list-style-type: none"> Riesgo de remoción en masa en caso de crecidas y eventos sísmicos. Riesgo Sísmico por licuefacción y asentamiento de construcciones en rellenos artificiales. | <ul style="list-style-type: none"> Compatible con uso urbano, Recreativo, deporte, habitacional en baja densidad y baja altura, bajo porcentaje de ocupación se suelo y constructibilidad. | <p>Estudio de riesgo. Este estudio considerará como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Estudios topográficos. Estudios de mecánica de suelos. Estudios geológicos. Recomendaciones de confinamiento y muros de contención. los niveles de máximas crecidas. obras de protección y relleno y tratamiento de riberas. manejo de aguas servidas y aguas lluvias. | Ninguna |

Fuente: Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal San Pedro de la Paz (2011).

Hualpén: El documento llamo Estudio de Riesgos y Protección Ambiental de la comuna de Hualpén consta de la siguiente metodología principal para la elaboración del mismo: análisis del estudio de riesgos del plan regulador comunal de Hualpén del año 2009, análisis de los estudios de riesgo de la UBB y de SERNAGEOMIN, visitas a terreno, reunión con personal técnico de la municipalidad de Hualpén,

propuesta de incorporación de áreas de riesgo, propuesta de incorporación de zonas no edificables y áreas de protección de recursos de valor natural y preparación de cartografía. Se Incorpora además la conceptualización del riesgo, la cual corresponde principalmente a lo expuesto en la OGUC sobre “áreas de riesgo” la conceptualización del riesgo naturales según Varnes. Cabe destacar que no se incorporan variables como peligro, vulnerabilidad y/o exposición dentro de la descripción del riesgo. El estudio entrega además la conceptualización y descripción de las remociones en masa, identificando como zonas propensas a este tipo de procesos al área correspondiente a la Península de Hualpén. Dentro de este punto no se cita a un autor en específico, sin embargo, entrega un cuadro de factores de riesgo ante procesos de remoción en masa. En lo correspondiente a la zonificación de áreas susceptibles a procesos de remoción en masa se determinó en base a la superposición de información entregada en el estudio de riesgos de la UBB, con las zonas de planicies altas determinadas por el Plan de Manejo de la Península y por el Estudio de Fondo de Protección Ambiental. Las metodologías utilizadas por cada uno de estos estudios son: A) Estudio de riesgos Universidad del Biobío (UBB), modelación de susceptibilidad a movimientos en masa mediante evaluación multicriterio (EMC), considera los factores de geología, clima, sismos, pendientes, exposición de laderas y cobertura vegetal; B) Plan de Manejo de la Península, análisis por cruce de indicadores realizando cartografías temáticas. A pesar de que se ha mencionado el uso de tres informes, sólo se entrega detalle metodológico del estudio realizado por la UBB. Es por esto que, sólo se ha considerado la información de este último estudio para la realización de la tabla síntesis de factores utilizados para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa de este trabajo.

Coronel: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Coronel presenta una metodología para la elaboración del mismo, corresponde a visitas a terreno, revisión bibliográfica, interpretación de imágenes satelitales y aéreas e interpretación de información topográfica. El estudio entrega además de alcances relacionadas al marco jurídico según lo expuesto por la OGUC, como así también la

conceptualización riesgo, susceptibilidad, vulnerabilidad y amenaza. Cabe mencionar que dichos conceptos se definen por separado, no considerando la relación entre ellas. En relación a las remociones en masa, se entrega la descripción del proceso, así como también se entrega mayor conceptualización de sus tipos citando como Hauser y Antinao, en donde se encuentra flujos de detrito y barro, deslizamientos y desprendimientos. El estudio menciona que para la zonificación de zonas susceptibles a remociones en masa ha considerado sólo a deslizamientos y caída de bloques o desprendimientos. La metodología de esta zonificación se presenta de forma resumida en la figura 27. Se destaca que para determinar las zonas susceptibles de ser alcanzadas por deslizamientos o caídas de bloques se ha delimitado una franja de protección de 50 metros para cada tipo de susceptibilidad. Es por esta razón que sólo se ha considerado como factor utilizado para la zonificación a la pendiente.

Figura 27. Extracto de cuadro resumen de peligro ante remoción en masa del EFR de la comuna de Coronel.

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| Metodología de zonificación | <u>Zonas de Moderada Susceptibilidad de Generación:</u> Corresponde a sectores donde la pendiente se encuentra entre 15° y 25° | <u>Zonas de moderada susceptibilidad de ser alcanzadas por deslizamiento o caídas de bloques generados pendiente arriba:</u> Corresponden a todas aquellas zonas ubicadas en un rango de 50 m pendiente abajo de una zona de moderada susceptibilidad de generación de deslizamientos o caídas de bloques. |
| | <u>Zonas de Alta Susceptibilidad de Generación:</u> En sectores de alta pendiente (de 25° a 35°) | <u>Zonas de alta susceptibilidad de ser alcanzadas por deslizamientos o caídas de bloques generados pendiente arriba:</u> Corresponden a todas aquellas zonas ubicadas en un rango de 50 m pendiente abajo de una zona de alta susceptibilidad de generación de deslizamientos o caídas de bloques. |
| | <u>Zonas de Muy Alta Susceptibilidad de Generación:</u> sectores de muy alta pendiente (escarpes), es decir, zonas de pendientes sobre 35°, sectores de depósitos coluviales no consolidados y sectores en los cuales se han generado deslizamientos y caídas de bloques durante los últimos años según observaciones de terreno y trabajos anteriores (zonas de peligro declarado de deslizamientos y caídas de bloques). | <u>Zonas de muy alta susceptibilidad de ser alcanzadas por deslizamientos o caídas de bloques generados pendiente arriba:</u> Corresponden a todas aquellas zonas ubicadas en un rango de 50 m pendiente abajo de una zona de muy alta susceptibilidad de generación de deslizamientos o caídas de bloques. |

Fuente Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Coronel (2013).

Contulmo: La metodología de elaboración del Estudio de Riesgos y Protección Ambiental de la comuna de Contulmo consta principalmente de la definición del área de estudio y escala de trabajo, elaboración de línea base, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos y diagnósticos y zonificación de susceptibilidad de peligros geológicos. El documento entrega además el marco jurídico expuesto en la OGUC, específicamente en el apartado 2.1.17. En relación a la zonificación de remociones en masa y su metodología, los autores han identificado dos tipos de procesos de remoción en masa, los cuales son catalogados como rodados (deslizamiento y caídas de rocas) y aluviones (flujos de barros y/o detritos). A continuación, se menciona la metodología utilizada para cada uno de ellos.

Figura 28. Extracto de cuadro recomendación de criterios para la zonificación del riesgo del EFR de la comuna del Contulmo.

| PELIGRO SEGÚN O.G.U. y C | TIPO DE PELIGRO | GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD | DESCRIPCIÓN |
|--|---|--------------------------|---|
| 2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas | Aluviones: Flujos de barro y detritos | MUY ALTA | Cauces activos de quebradas principales. Geológicamente corresponden a Depósitos Fluvio-Aluviales Activos de quebradas principales |
| | | ALTA | Cauces activos de quebradas secundarias. Geológicamente corresponden a Depósitos Fluvio-Aluviales Activos de quebradas secundarias. Se incluyen además zonas con evidencias morfológicas de derrames que son parte de los abanicos aluviales en las desembocaduras de las quebradas principales |
| | | MODERADA | Sectores con evidencias morfológicas de derrames que son parte de los abanicos aluviales en las desembocaduras de las quebradas secundarias |
| | Rodados: Deslizamientos y Caída de Bloques | MUY ALTA | Sectores con pendientes mayores a 35°, o sectores que presentan condiciones geomorfológicas de inestabilidad |
| | | ALTA | Sectores con pendientes entre 25° y 35° |
| | | MODERADA | Sectores con pendientes entre 15° y 25° |

Fuente: Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Contulmo (2022).

La zonificación de rodados (deslizamientos y caídas de rocas) y aluviones considera la pendiente como principal factor. Las pendientes entre 15° y 25° son consideradas

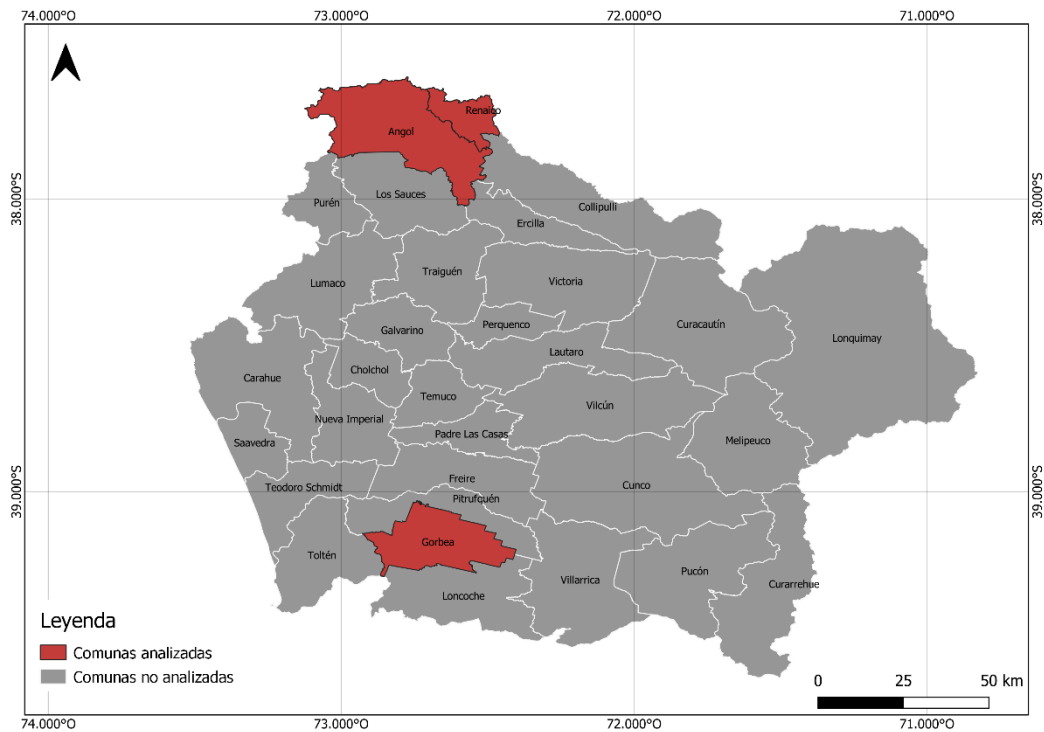
como moderadamente susceptibles, pendientes entre 25° y 35° como altamente susceptibles y finalmente, las pendientes sobre los 35° como zonas de muy alta susceptibilidad a remociones en masa. La zonificación de aluviones, flujos de detritos y barros se basa en el reconocimiento de depósitos aluviales a partir de la cartografía geológica-geomorfológica presente en el estudio. Se consideraron como zonas susceptibles a aquellas que presentaron evidencia morfológica de derrames, se entrega más información al respecto en la figura 28.

Hualqui: El Estudio de Riesgos y Protección Ambiental de la comuna de Hualqui, presenta al detalle su metodología para la elaboración del mismo como para la zonificación de remociones en masa. El documento entrega información correspondiente al marco jurídico en relación al artículo 2.1.17 de la OGUC. Posteriormente, se agrega la metodología del estudio, la cual se basa en la recopilación y revisión de antecedentes, análisis e identificación de áreas de riesgos y áreas no edificables, análisis e identificación de áreas de protección ambiental, zonificación de las áreas de riesgo y zonas no edificables. La metodología de la zonificación de áreas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas consta de una modelación del terreno en base a imagen satelital y cartografía base, en donde esta entregaría la información necesaria para la extracción de pendientes del área de estudio, la cual ha sido clasificada en 5 categorías: baja 0°-7°, moderada 7,1° -16°, fuerte 16,1° -25°, muy fuerte 25,1° -35 y severa con pendientes mayores a 35°. El informe menciona el descarte de otros factores al momento de la zonificación, específicamente la cobertura vegetal, debido a que esta depende de las acciones que tome la industria forestal. No obstante, el Estudio de Riesgos y Protección Ambiental de Hualqui destaca la relevancia de la cobertura vegetal en la ocurrencia de este tipo de eventos en la comuna a pesar de no considerarlos.

5.2.1.6 Región de La Araucanía.

Las comunas analizadas en la región de La Araucanía son las siguientes: Renaico, Gorbea y Angol (ver figura 29).

Figura 29. Mapa de comunas analizadas en la región de La Araucanía.



Fuente: Elaboración propia.

Renaico: El Estudio Fundado de Riesgos de la comuna de Renaico no presenta una metodología para la elaboración del mismo, sin embargo, entrega un detalle de la metodología utilizada para la zonificación de susceptibilidad de los distintos peligros identificados en la comuna. Al igual que en los documentos anteriores, el estudio menciona el marco jurídico expuesto por la OGCU. En relación a la zonificación de remociones en masa, la metodología utilizada consta de tres etapas, las cuales son levantamiento de información, diagnóstico y modelación. Para la determinación de áreas de amenaza, el estudio utilizó un método de Evaluación Multi-Criterio (EMC), específicamente el método propuesto por los autores Gómez y Barredo en su artículo “Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la

ordenación del territorio”. Este método consiste en la multiplicación de cada criterio dependiendo de su peso (ver figura 30), en donde r_i es la aptitud de la alternativa i , w_j es el peso del factor j y v_{ij} es el valor ponderado de la alternativa i en el criterio o factor j . Este análisis multicriterio define además la vulnerabilidad existente en el área de estudio, la cual se determinó considerando dos parámetros: existencia de elementos culturales expuesto a este tipo de peligro y la resistencia de estos frente al evento. Los factores utilizados en la EMC son, climatología, sismicidad, tipo de suelo, geología-litología, pendiente, exposición, geomorfología, hidrogeología y tipo y cobertura vegetal.

Figura 30. Ecuación utilizada para la zonificación de la susceptibilidad ante remoción en masa en el EFR de la comuna de Renaico.

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

Fuente: Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Renaico (2012).

Gorbea: El Estudio de Riesgos de la comuna de Gorbea presenta una metodología principalmente para la elaboración del mismo, la cual consta de un modelamiento tridimensional del relieve, análisis de estabilidad a posteriori, carta de peligrosidad por procesos de remoción en masa, vulnerabilidad, exposición, informe y cartografía de riesgos y actualización de áreas de riesgo estudio SEREMI MINVU. A pesar de que la metodología propuesta mencione la elaboración de una carta de peligrosidad de procesos de remoción en masa, el documento no expone el proceso de elaboración de la misma ni tampoco el producto final, por lo cual no se pudo determinar qué tipo de factores y a su vez, qué metodología fue utilizada para determinar las zonas propensas a remociones en masa.

Angol: El Estudio de Riesgos de la comuna de Angol presenta una metodología basada en la metodología propuesta por Mardones (2001) en su artículo llamado “La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción”. Se menciona además la elaboración de cartas de peligro, elaboración de matrices de doble entrada considerando la vulnerabilidad y exposición, entre otros. En relación al riesgo, entrega la conceptualización del mismo junto con su respectiva ecuación. Sin embargo, la exposición y vulnerabilidad no es considerada al momento de la zonificación.

La metodología utilizada para la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa consideró los factores de pendiente, exposición cobertura vegetal y litología, las cuales fueron clasificadas por categorías para otorgarles su respectivo peso (ver figura 31). Dicha clasificación se utilizó para realizar una reclasificación en el modelo ráster para poder determinar las zonas con una baja, media y alta susceptibilidad.

Figura 31. Cuadro de factores para la zonificación de la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa del EFR de la comuna de Angol.

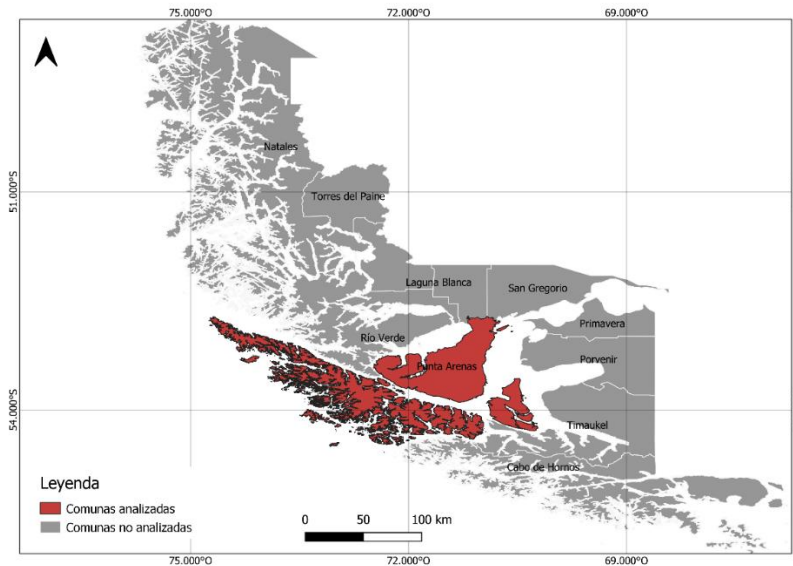
| Factor/Peso | 0 - Nula | 1 - Mínima | 2 - Media | 3 - Máxima |
|----------------------|----------------|----------------|--|--|
| Pendiente | - | 0° - 10° | 10,1° - 30° | mayor a 30,1° |
| Exposición | plano | Sur - SE - SW | Este - Oeste | N - NE - NW |
| Cobertura Vegetación | Sin vegetación | Con vegetación | - | - |
| Litología | - | Roca Sana | Depósitos fluviales, glaciales y lacustres | Roca meteorizada (regolito), depósitos aluviales |

Fuente: Estudio Fundado de Riesgos. Plan Regulador Comunal Angol (2022).

5.2.1.7 Región de Magallanes y la Antártica chilena.

La región de Magallanes y la Antártica chilena solo cuenta con una comuna que cumple con los requisitos anteriormente mencionados, la cual es la comuna de Punta Arenas (ver figura 32).

Figura 32. Mapa de comunas analizadas en la región de Magallanes y la Antártica chilena.



Fuente: Elaboración propia.

Punta Arenas: El Estudio Fundado de Riesgo, no presenta la metodología utilizada para la elaboración del mismo; describe conceptos procedentes del marco jurídico de la OGUC y la conceptualización de los riesgos naturales. Para la determinación del “riesgo por deslizamiento” se utilizó como base informes técnicos, tales como “Proyecto “Mejoramiento Integral y Prevención de Riesgo Aluvional del Río Las Minas”, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (2007-2008)”, informe que determinó los sectores susceptibles a derrumbes; y, “Estudio Análisis radicación de viviendas y familias Sector Río de La Mano, Punta Arenas. Ilustre Municipalidad de Punta Arenas, 2001.”, estudio que entrega la identificación de viviendas afectadas por peligro de derrumbes, inundación, anegamiento, entre otros. Cabe destacar que en el apartado relacionado a las remociones en masa resume los estudios técnicos anteriormente mencionados, haciendo énfasis en el

segundo, ya que este entrega medidas de contención basada en la elaboración de muros de contención, los cuales han sido catastrados y cartografiados.

5.2.2 Factores más utilizados en los Estudios Fundados de Riesgo.

La revisión de 30 Estudios Fundados de Riesgo ha entregado una diversidad de factores a utilizar al momento de llevar a cabo la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa (Tabla 4), por lo que se han considerado una totalidad de 10 factores para poder categorizar y analizar dichos estudios. Entre los factores condicionantes encontramos: pendiente, geomorfología, litología, hidrología, vegetación, actividades antrópicas y recurrencia histórica. Los factores desencadenantes considerados son: sismicidad, precipitaciones y cambio climático. Dichos factores se han detallado en el marco teórico.

Tabla 4. Suma total de factores utilizados en la zonificación de susceptibilidad ante remoción en masa por comuna.

| Comuna | Total de factores utilizados | Comuna | Total de factores utilizados |
|---------------------|------------------------------|--------------|------------------------------|
| Gorbea | 0 | Pencahue | 4 |
| Punta Arenas | 0 | Pudahuel | 4 |
| San Pedro de la Paz | 0 | San Esteban | 4 |
| Talca | 0 | Tirúa | 4 |
| Contulmo | 1 | Angol | 5 |
| Hualqui | 1 | Concón | 5 |
| Ovalle | 1 | Hualpén | 5 |
| San Javier | 1 | Maule | 5 |
| Coquimbo | 2 | Molina | 5 |
| Coronel | 2 | Paihuano | 5 |
| La Serena | 2 | Pelluhue | 5 |
| Vicuña | 2 | Casablanca | 6 |
| Renca | 3 | Monte Patria | 6 |
| Colbún | 4 | Ploveral | 6 |
| Curepto | 4 | Renaico | 7 |

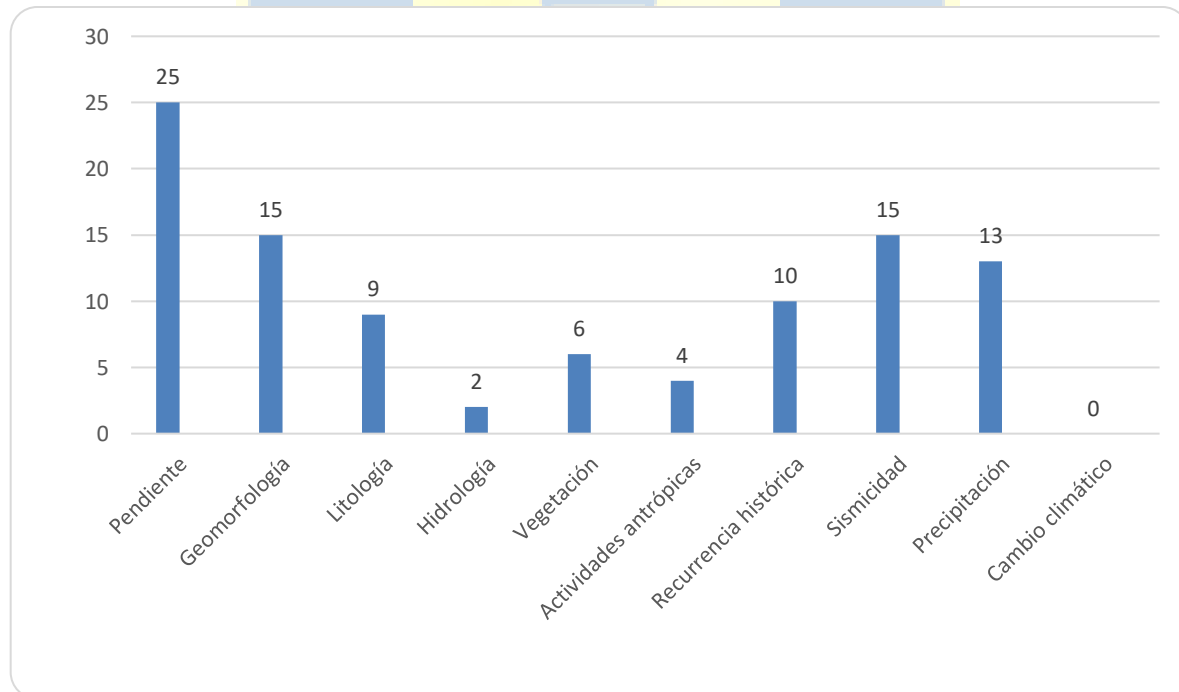
Fuente: Elaboración propia

En la figura 33, se observan los factores anteriormente mencionados, en donde el factor pendiente lleva la dominancia a la hora de llevar a cabo la zonificación, teniendo una frecuencia de 25 en una totalidad de 30 estudios analizados. La geomorfología tiene una frecuencia de 15 menciones, la litología de 9, hidrología 2,

vegetación 6, actividades antrópicas 4, recurrencia histórica 10, sismicidad 15, precipitación 13 y finalmente, cambio climático 0.

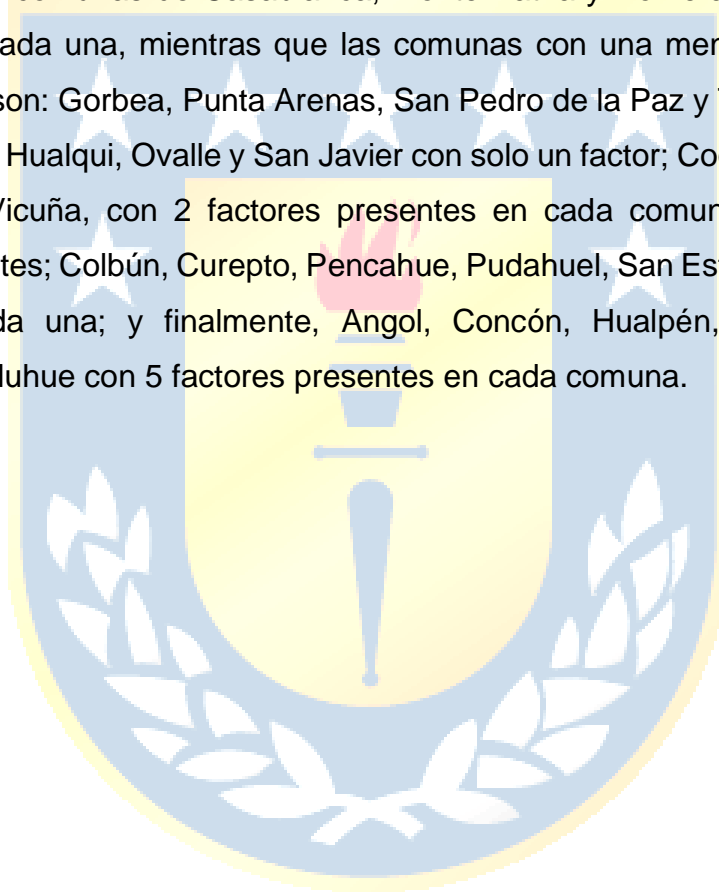
Los factores con mayor predominancia han principalmente la pendiente, seguido por la sismicidad, geomorfología y precipitación. Mientras que los factores con menor frecuencia a la hora de realizar la zonificación son la vegetación, actividades antrópicas e hidrología. El factor cambio climático no ha aparecido en ninguno de los estudios revisados a la hora de poder zonificar las remociones en masa, lo cual evidencia la poca relevancia de este tipo de factores a la hora de analizar fenómenos geológicos. Unos de los factores que no han sido considerados en la tabla de datos principales, pero que si han aparecido en los Estudios Fundados de Riesgo son la exposición solar y el alcance de los procesos de remoción en masa, los cuales son medidos en metros.

Figura 33. Frecuencia de factores considerados en los Estudios Fundados de Riesgo para la zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa.



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se ha calculado el total de los factores utilizados a la hora de efectuar la zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa por comuna, considerando como total a los 10 factores mencionados anteriormente. El resultado se ve reflejado en la tabla 4, en donde se observa que la comuna de Renaico presenta una mayor cantidad de factores al momento de determinar la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa con un total de 7 factores, seguido por las comunas de Casablanca, Monte Patria y Romeral, con 6 factores presentes en cada una, mientras que las comunas con una menor presencia de estos factores son: Gorbea, Punta Arenas, San Pedro de la Paz y Talca con 0 cada una; Contulmo, Hualqui, Ovalle y San Javier con solo un factor; Coquimbo, Coronel, La Serena y Vicuña, con 2 factores presentes en cada comuna; Renca con 3 factores presentes; Colbún, Curepto, Penco, Pudahuel, San Esteban y Tirúa con 4 factores cada una; y finalmente, Angol, Concón, Hualpén, Maule, Molina, Paihuano y Pelluhue con 5 factores presentes en cada comuna.



6 CONCLUSIONES

- De las 346 comunas del país, sólo un 74% presenta un Plan Regulador Comunal, de las cuales, sólo un 29% de ese total presenta un Plan Regulador Comunal publicado entre los años 2010 y 2023. Este dato es un tanto alarmante, ya que estaría indicando que 182 comunas no constarían con un Plan Regulador Comunal actualizado, es decir, no cuentan con las nuevas indicaciones propuestas por la DDU 227, entre las que encontramos los contenidos mínimos obligatorios para la formulación del PRC.
- A lo anterior, se realizó un análisis de la presencia a nivel regional de comunas que cuenten con un PRC. Este análisis demostró que las regiones más extremas del país, tanto norte como sur, son las que cuentan con un menor porcentaje de presencia de PRC; tales como la región de Arica y Parinacota, con un 50%, seguido por la región de Magallanes con un 45,4%, finalizado por la región de Aysén, la cual presenta sólo un 30%. En cambio, las regiones con una mayor presencia de PRC se ubican en la zona central del país, tales como las regiones de Valparaíso con un 94,3%, seguido por la región de Coquimbo con un 93,3 %.
- De las 75 comunas que presentan un PRC publicado entre los años 2010 y 2023, sólo 43 comunas presentan zonificación por susceptibilidad ante remociones en masa, lo cual deja a discusión la forma utilizada para determinar este tipo de procesos en los PRC, ya que el relieve del país consta principalmente en un relieve montañoso, con altas pendientes, características que son propicias para este tipo de fenómenos. Cabe mencionar que en este trabajo sólo se han considerado como zonificación de remociones en masa a los PRC que especifican esto, no se tomó en consideración las zonificaciones por altas pendientes ni de procesos ladera. Esto último también es necesario discutirlo, principalmente en relación a lo determinado por el artículo 2.1.17 de la OGUC, la cual especifica sólo 4 zonas de riesgo, entre las cuales encontramos a las zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas. Esta categorización es demasiado amplia y facilita la mala interpretación de peligros geológicos,

aunándolos en una misma categoría a pesar de que tienen factores condicionantes y determinantes distintos.

- En lo correspondiente al riesgo, se entrega en los estudios como una conceptualización o ecuación, siendo meramente definida, ya que, en los Estudios Fundados de Riesgo, sólo la comuna de Renaico considera las vulnerabilidades presentes en el área de estudio, quedando el concepto de riesgo en el resto de los estudios como un concepto más asociado a peligro o amenaza.
- El análisis de las metodologías y factores utilizados para la zonificación de susceptibilidad y remociones en masa arrojó una gran diversidad de las mismas, lo cual no es inesperado, por lo que, hasta la fecha, no existe una guía metodológica para realizar el Estudio Fundado de Riesgos o el Estudio de Riesgos y Protección Ambiental. En relación a lo anterior, se destacan la utilización de metodologías utilizadas por las comunas Monte Patria, la cual entrega una metodología específica para determinar la susceptibilidad ante remociones en masa, utilizando la superposición de información de los rangos geológicos, geomorfológicos, formaciones vegetacionales, orientación de laderas y pendientes, con un total de 6 factores utilizados; Casablanca utiliza una metodología que pondera los factores condicionales, tales como la geomorfología, geología y litología, intervención antrópica, antecedentes y vegetación, con un total de 6 factores utilizados. Esta metodología pertenece a la propuesta por Muñoz (2013).; y finalmente Renaico, cuya metodología consiste en la EMC, considerando factores como clima, sismicidad, tipo de suelo, geología-litología, pendiente, exposición de laderas, geomorfología, hidrología y cobertura vegetal, presentando una metodología para la determinación de susceptibilidad ante remociones en masa con un total de 7 factores utilizados. No obstante, el análisis de las metodologías utilizadas para la zonificación de susceptibilidad de remoción en masa entregó datos que no estaban considerados, tales como la presencia de documentos casi idénticos, adecuando ciertos apartados a la realidad de las comunas. Estos estudios casi idénticos fueron identificados

en las comunas de Paihuano, Ovalle, Coquimbo, Concón, San Esteban, Pudahuel, Romeral, Penciahue, Pelluhue, Molina, Maule, Curepto, Coronel y Contulmo. Dichos estudios fueron elaborados por el mismo equipo técnico y entre las consultoras Habiterra e Infracón, lo cual explicaría las similitudes entre ellos.

- El análisis de los factores mayormente utilizados a la hora de la zonificación de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa arrojó que como factor principal para determinar la susceptibilidad es la pendiente, con una frecuencia de 25 de 30 estudios analizados, seguido por la geomorfología y sismicidad con una frecuencia de 15 de 30 estudios analizados, la influencia de las precipitaciones con una frecuencia de 15 de 30 estudios analizados, siendo los menos utilizados la litología, vegetación, actividades antrópicas y el cambio climático. Dentro de este análisis también se encontró otro factor que no fue propuesto en este estudio, la exposición de las laderas, el cual, a mi consideración, es necesario poder incluir en estudios o análisis posteriores.
- Por otro lado, fue posible evidenciar una desactualización crítica en la Ley General de Urbanismo y Construcción su ordenanza general OGUC, especialmente en lo concerniente a lo establecido en el artículo 2.1.17 referente a los tipos de riesgos que se requiere incluir en los estudios fundados. Esta desactualización solo viene a aumentar las vulnerabilidades a partir de la construcción de desigualdades en los niveles y criterios de los estudios de riesgos en cada territorio, haciendo de la gestión del riesgo de desastre una cuestión de capacidades locales y recursos.
- Como conclusión, este trabajo muestra la necesidad de contar con una guía técnica para la elaboración de los Estudios Fundados de Riesgo, la cual entregue especificaciones para la determinación de los distintos tipos de fenómenos naturales o antrópicos a nivel de estudios de peligro, amenaza o susceptibilidad según sea el fenómeno por evaluar.

7 REFERENCIAS

Agouborde, M. V. (2023, septiembre 12). *Las autoridades evacúan cuatro edificios de Viña del Mar por un nuevo socavón*. El País Chile.

<https://elpais.com/chile/2023-09-12/las-autoridades-evacuan-tres-edificios-de-vina-del-mar-por-un-nuevo-socavon.html>

Aguirre, G., Undurraga, T., Cotoras, D., & Orellana, T. (2022). *EL ESTUDIO CIENTÍFICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: ESPACIO LOCAL Y FENÓMENO GLOBAL*.

Alcántara, I. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones geográficas*, 41, 7-25.

Arenas, F., Lagos, M., & Hidalgo, R. (2010). Los riesgos naturales en la planificación territorial. *Temas de la Agenda Pública*, 5(39), 11.

Banco Mundial. (2023a). *Desarrollo urbano: Panorama general* [Text/HTML]. World Bank.

<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>

Banco Mundial. (2023b). *World Bank Open Data*. Población urbana Chile.

<https://data.worldbank.org>

Bárcena, A., Samaniego, J., Peres Núñez, W., & Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* UN.

<https://doi.org/10.18356/1f198404-es>

Betsalel Palombo, M. E. (2001). Los instrumentos de planificación territorial. *Urbano*, 4(5), 71-76.

British Geological Survey. (s. f.). How to classify a landslide. *British Geological Survey*. Recuperado 15 de marzo de 2024, de <https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/earth-hazards/landslides/how-to-classify-a-landslide/>

CCHC. (2022). *Estado Planificación Comunal De Chile*.

Cooperativa.cl. (2023, 08). *Establecen perímetro de seguridad en Tomé tras remoción en masa*. Cooperativa.cl. <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-del-biobio/establecen-perimetro-de-seguridad-en-tome-tras-remocion-en-masa/2023-08-25/230221.html>

Cordero Quinzacara, E. (2007). El derecho urbanístico: Los instrumentos de planificación territorial y el régimen jurídico de los bienes públicos. *Revista de derecho (Valparaíso)*, 29, 269-298. <https://doi.org/10.4067/S0718-68512007000100009>

Cruden, D., & Varnes, J. (1996). Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide Types and Processes, Special Report , Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247:36-75. *Special Report - National Research Council, Transportation Research Board, 247, 76*.

Decreto 47, FIJA NUEVO TEXTO DE LA ORDENANZA GENERAL DE LA LEY GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES (1992). <https://bcn.cl/3d4dy>

Decreto 458; Decreto con Fuerza de Ley 458. APRUEBA NUEVA LEY GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES. (1975). <https://bcn.cl/3e1r3>

- Dote, S. (2023, agosto 24). *Evacuado por riesgo de derrumbe un edificio construido sobre dunas en el balneario chileno de Concón*. El País Chile. <https://elpais.com/chile/2023-08-24/evacuado-por-riesgo-de-derrumbe-un-edificio-construido-sobre-dunas-en-el-balneario-chileno-de-concon.html>
- EIRD/ONU. (2004). *Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas. <https://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>
- Espinoza, C. (2013). Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por remoción en masa, Chile. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), 145-169. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37023>
- Espinoza, C. (2018). Los instrumentos de planificación territorial (IPT) y su aporte al ordenamiento sostenible del territorio. *Tiempo y Espacio*, 41, Article 41. <https://doi.org/10.22320/rte.vi41.3984>
- Gob.cl. (s. f.). *Nuestro País—Gob.cl*. Gobierno de Chile. Recuperado 12 de enero de 2024, de <https://www.gob.cl/nuestro-pais/>
- Hauser, A. (2000). *Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. Versión actualizada. Boletín. N°59*, 89.
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11(2), 167-194. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Inzunza, J. (2019). *Metereología descriptiva*.
- Jaque Castillo, E. del C., Lara San Martín, A., & Merino González, C. (2017). Fortaleciendo el uso de los instrumentos de planificación urbana, para la

gestión de riesgos. Ciudad de Coronel, Región del Biobío. *Revista INVI*, 32(90), 107-124. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582017000200107>

Jerez Ramírez, D. O. (2015). *CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO DE DESASTRES: LA TEORÍA DE REPRESENTACIONES SOCIALES Y EL ENFOQUE SOCIAL EN EL ESTUDIO DE PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES*.

Lara Castillo, M., & Sepúlveda Valenzuela, S. (2007). *Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. Tesis (magíster en ciencias, mención geología)—Universidad de Chile, 2007.*

Lara, M., Sepúlveda, S. A., Celis, C., Rebolledo, S., & Ceballos, P. (2018). Landslide susceptibility maps of Santiago city Andean foothills, Chile. *Andean geology*, 45(3), 433-442. <https://doi.org/10.5027/andgeov45n3-3151>

Mardones, M., & Rojas, J. (2012). Procesos de remoción en masa inducidos por el terremoto del 27F de 2010 en la franja costera de la Región del Biobío, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 53, 57-74. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300004>

Mardones, M., & Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: Un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE (Santiago)*, 27(81), 97-122. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612001008100006>

Millies-Lacroix. (1981). *Figure 46: Classification de Millies-Lacroix (1981) dans Falgeollet, 1989*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/figure/Classification-de-Millies-Lacroix-1981-dans-Falgeollet-1989_fig16_30516434

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021). *Dinámica de Crecimiento Urbano de las Ciudades Chilenas: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio.*

Narváez, L., Lavell, A., & Pérez Ortega, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres un enfoque basado en procesos* (1 ed). Pull Creativo.

Ochoa, F. (2022, diciembre 21). *Cinco años del gran desastre de Villa Santa Lucía: ¿Qué hemos aprendido? - Universidad de Chile.*

<https://ingcivil.uchile.cl/noticias/200422/columna-felipe-ochoa-cinco-anos-del-desastre-de-villa-santa-lucia>

Sepúlveda, S. (1998). *Metodología para Evaluar el Peligro de Flujos de Detritos ne Ambientes Montañosos: Aplicación en la Quebrada Lo Cañas, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título de Geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile.*

SERNAGEOMIN (Ed.). (2012). *Geología para la reconstrucción y la gestión del riesgo en la región del BioBío.* SERNAGEOMIN.

SERNAGEOMIN. (s.f). *GUÍA DE CONTENIDOS EXIGIDOS EN ESTUDIOS DE PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA EVALUADOS POR SERNAGEOMIN, EN EL CONTEXTO DE PERMISOS MUNICIPALES.*

Soto, J., & Del Castillo, G. (2019). *CAMBIO CLIMÁTICO Y DESASTRES SOCIO-NATURALES: DESAFÍO PARA CHILE Y SUS FUERZAS ARMADAS.*

Revista Política y Estrategia, 133, 53-88.

<https://doi.org/10.26797/rpye.v0i133.762>

Toledo Olivares, X. T. (1991). *Geografía general y regional de Chile* (1a. edición).

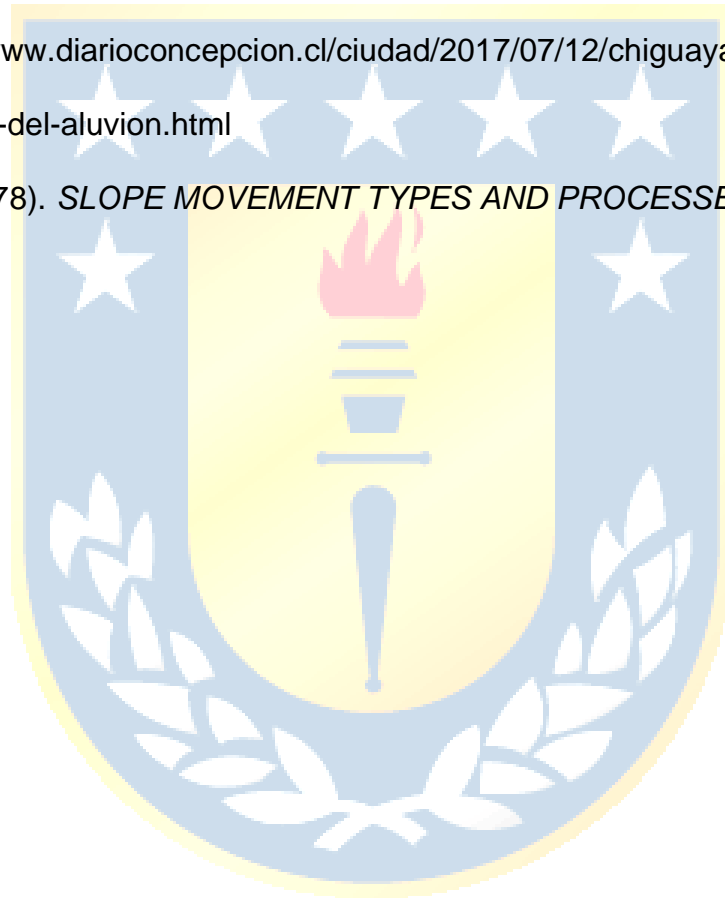
Tolosa, I. (2020). *CONCENTRACIÓN URBANA, DESCENTRALIZACIÓN Y CALIDAD DE VIDA EN CHILE.*

UNDRR (Ed.). (2022). *Our world at risk: Transforming governance for a resilient future.* United Nations.

Valenzuela, X. (2017, julio 12). *Chiguayante recordó a víctimas del aluvión.* Diario Concepción.

<https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2017/07/12/chiguayante-recordo-a-victimas-del-aluvion.html>

Varnes, D. (1978). *SLOPE MOVEMENT TYPES AND PROCESSES.*



8 ANEXOS

8.1 Tabla de datos PRC.

| Datos de los PRC | | | | | |
|------------------|----------------------|--------------|---------------------|---|----------------------------|
| Región | Comuna | Presenta PRC | Año publicación PRC | Presenta zonificación Susceptibilidad de Remoción en Masa | Presenta Estudio de Riesgo |
| Antofagasta | Tocopilla | si | 2001 | no | - |
| Antofagasta | Taltal | si | 2001 | si | - |
| Antofagasta | Sierra Gorda | si | 2001 | no | - |
| Antofagasta | San Pedro de Atacama | si | 1998 | no | - |
| Antofagasta | Ollague | si | 2004 | no | - |
| Antofagasta | Mejillones | si | 2000 | no | - |
| Antofagasta | María Elena | no | - | - | - |
| Antofagasta | Calama | si | 2004 | no | - |
| Antofagasta | Antofagasta | si | 2002 | no | - |
| Araucanía | Villarrica | si | 1992 | no | - |
| Araucanía | Vilcún | no | - | - | - |
| Araucanía | Victoria | si | 1992 | no | - |
| Araucanía | Traiguén | si | 1991 | si | - |
| Araucanía | Teodoro Schmidt | no | - | - | - |
| Araucanía | Purén | no | - | - | - |
| Araucanía | Puerto Saavedra | si | 1964 | no | - |
| Araucanía | Pucón | si | 1994 | no | - |
| Araucanía | Toltén | si | 2012 | no | - |
| Araucanía | Pitrufquén | si | 1984 | no | - |
| Araucanía | Perquenco | no | - | - | - |
| Araucanía | Padre Las Casas | no | - | - | - |
| Araucanía | Nueva Imperial | si | 1988 | no | - |
| Araucanía | Temuco | si | 2010 | no | - |
| Araucanía | Melipeuco | no | - | - | - |

| | | | | | |
|--------------------|------------------|----|------|----|----|
| Araucanía | Lumaco | no | - | - | - |
| Araucanía | Los Sauces | no | - | - | - |
| Araucanía | Loncoche | si | 1991 | no | - |
| Araucanía | Lautaro | si | 1988 | no | - |
| Araucanía | Galvarino | no | - | - | - |
| Araucanía | Freire | no | - | - | - |
| Araucanía | Ercilla | no | - | - | - |
| Araucanía | Curarrehue | no | - | - | - |
| Araucanía | Curacautín | si | 1989 | no | - |
| Araucanía | Cunco | no | - | - | - |
| Araucanía | Collipulli | si | 2009 | si | - |
| Araucanía | Cholchol | no | - | - | - |
| Araucanía | Carahue | si | 1989 | no | - |
| Araucanía | Renaico | si | 2012 | si | si |
| Araucanía | Lonquimay | si | 1978 | no | - |
| Araucanía | Gorbea | si | 2012 | si | si |
| Araucanía | Angol | si | 2022 | si | si |
| Arica y Parinacota | Putre | si | 1987 | no | - |
| Arica y Parinacota | General Lagos | no | - | - | - |
| Arica y Parinacota | Camarones | no | - | - | - |
| Arica y Parinacota | Arica | si | 2009 | si | - |
| Atacama | Vallenar | si | 1982 | no | - |
| Atacama | Tierra Amarilla | no | - | - | - |
| Atacama | Freirina | si | 2009 | no | - |
| Atacama | Copiapó | si | 2002 | no | - |
| Atacama | Chañaral | si | 2005 | no | - |
| Atacama | Alto del Carmen | no | - | - | - |
| Atacama | Huasco | si | 2021 | si | SA |
| Atacama | Diego de Almagro | si | 2011 | no | - |
| Atacama | Caldera | si | 2010 | no | - |
| Aysén | Tortel | no | - | - | - |
| Aysén | Río Ibáñez | no | - | - | - |
| Aysén | O'higgins | no | - | - | - |

| | | | | | |
|--------|---------------------|----|------|----|----|
| Aysén | Lago Verde | no | - | - | - |
| Aysén | Guaitecas | no | - | - | - |
| Aysén | Cochrane | no | - | - | - |
| Aysén | Chile Chico | no | - | - | - |
| Aysén | Aysén | si | 1959 | no | - |
| Aysén | Coyhaique | si | 1997 | E | - |
| Aysén | Cisnes | si | 1992 | no | - |
| Biobío | Tomé | si | 2008 | si | - |
| Biobío | Tirúa | si | 2012 | si | si |
| Biobío | Talcahuano | si | 2006 | no | - |
| Biobío | Santa Juana | si | 2006 | no | - |
| Biobío | Yumbel | si | 2009 | no | - |
| Biobío | Tucapel | no | - | - | - |
| Biobío | Santa Bárbara | si | 1999 | no | - |
| Biobío | San Rosendo | no | - | - | - |
| Biobío | San Pedro de la Paz | si | 2011 | si | si |
| Biobío | Quilleco | no | - | - | - |
| Biobío | Quilaco | no | - | - | - |
| Biobío | Penco | si | 2007 | no | - |
| Biobío | Negrete | si | 1991 | no | - |
| Biobío | Nacimiento | si | 2009 | no | - |
| Biobío | Mulchén | si | 1989 | no | - |
| Biobío | Lota | si | 1983 | no | - |
| Biobío | Los Ángeles | si | 2007 | no | - |
| Biobío | Lebu | si | 2009 | si | - |
| Biobío | Laja | si | 2008 | si | - |
| Biobío | Hualpén | si | 2023 | si | si |
| Biobío | Curanilahue | si | 1982 | no | - |
| Biobío | Coronel | si | 2013 | si | si |
| Biobío | Contulmo | si | 2022 | si | si |
| Biobío | Cañete | si | 2009 | E | - |
| Biobío | Cabrero | si | 2009 | no | - |
| Biobío | Arauco | si | 1988 | no | - |

| | | | | | |
|-----------|----------------------|----|------|----|----|
| Biobío | Antuco | si | 2013 | no | - |
| Biobío | Alto Biobío | no | - | - | - |
| Biobío | Los Álamos | si | 2008 | si | - |
| Biobío | Hualqui | si | 2017 | si | si |
| Biobío | Florida | si | 2007 | no | - |
| Biobío | Concepción | si | 2004 | si | - |
| Biobío | Chiguayante | si | 2003 | no | - |
| Coquimbo | Río Hurtado | si | 2022 | si | SA |
| Coquimbo | Punitaqui | si | 2023 | si | SA |
| Coquimbo | Vicuña | si | 2021 | si | si |
| Coquimbo | Salamanca | si | 1988 | no | - |
| Coquimbo | Paihuano | si | 2019 | si | si |
| Coquimbo | Ovalle | si | 2016 | si | si |
| Coquimbo | Monte Patria | si | 2018 | si | si |
| Coquimbo | Los Vilos | si | 1986 | no | - |
| Coquimbo | La Serena | si | 2020 | si | si |
| Coquimbo | Illapel | si | 2009 | no | - |
| Coquimbo | Canela | no | - | - | - |
| Coquimbo | La Higuera | si | 2020 | si | SA |
| Coquimbo | Coquimbo | si | 2019 | si | si |
| Coquimbo | Combarbalá | si | 2020 | si | SA |
| Coquimbo | Andacollo | si | 1993 | no | - |
| Los Lagos | San Pablo | si | 2010 | no | - |
| Los Lagos | Quellón | si | 2005 | no | - |
| Los Lagos | Queilén | si | 1997 | no | - |
| Los Lagos | Puerto Octay | si | 1996 | no | - |
| Los Lagos | Puerto Montt | si | 2009 | no | - |
| Los Lagos | San Juan de la Costa | no | - | - | - |
| Los Lagos | Río Negro | si | 1966 | no | - |
| Los Lagos | Quinchao | si | 1999 | no | - |
| Los Lagos | Quemchi | no | - | - | - |
| Los Lagos | Puyehue | si | 1993 | no | - |
| Los Lagos | Purranque | si | 1968 | no | - |

| | | | | | |
|------------|-----------------|----|------|----|----|
| Los Lagos | Puqueldón | no | - | - | - |
| Los Lagos | Puerto Varas | si | 1990 | no | - |
| Los Lagos | Palena | si | 1989 | si | - |
| Los Lagos | Osorno | si | 1992 | no | - |
| Los Lagos | Los Muermos | no | - | - | - |
| Los Lagos | Llanquihue | si | 1988 | no | - |
| Los Lagos | Hualaigüé | no | - | - | - |
| Los Lagos | Futaleufú | no | - | - | - |
| Los Lagos | Fresia | si | 2004 | no | - |
| Los Lagos | Dalcahue | no | - | - | - |
| Los Lagos | Curaco de Vélez | no | - | - | - |
| Los Lagos | Conchi | si | 1999 | no | - |
| Los Lagos | Cochamó | no | - | - | - |
| Los Lagos | Chaitén | no | - | - | - |
| Los Lagos | Castro | si | 2007 | no | - |
| Los Lagos | Mauñín | si | 2022 | si | SA |
| Los Lagos | Frutillar | si | 2004 | no | - |
| Los Lagos | Calbuco | si | 2006 | no | - |
| Los Lagos | Ancud | si | 1996 | no | - |
| Los Ríos | Rio Bueno | si | 1991 | no | - |
| Los Ríos | Panguipulli | si | 1990 | no | - |
| Los Ríos | Paillaco | si | 2022 | no | - |
| Los Ríos | Valdivia | si | 1988 | no | - |
| Los Ríos | Mariquina | no | - | - | - |
| Los Ríos | Máfil | si | 1993 | no | - |
| Los Ríos | Lago Ranco | si | 1996 | no | - |
| Los Ríos | La Unión | si | 2003 | no | - |
| Los Ríos | Los Lagos | si | 1996 | no | - |
| Los Ríos | Lanco | si | 2003 | no | - |
| Los Ríos | Futroneo | si | 1997 | no | - |
| Los Ríos | Corral | si | 1997 | no | - |
| Magallanes | San Gregorio | si | 2000 | no | - |
| Magallanes | Porvenir | si | 2002 | no | - |

| | | | | | |
|------------|------------------|----|------|----|----|
| Magallanes | Torres del Paine | no | - | - | - |
| Magallanes | Timaukel | no | - | - | - |
| Magallanes | Río Verde | no | - | - | - |
| Magallanes | Punta Arenas | si | 2016 | si | si |
| Magallanes | Puerto Natales | si | 1990 | no | - |
| Magallanes | Primavera | no | - | - | - |
| Magallanes | Laguna Blanca | no | - | - | - |
| Magallanes | Antártica | no | - | - | - |
| Magallanes | Cabo de Hornos | si | 1988 | - | - |
| Maule | Villa Alegre | no | - | - | - |
| Maule | Teno | si | 2017 | no | - |
| Maule | Talca | si | 2011 | si | si |
| Maule | Retiro | no | - | - | - |
| Maule | Rauco | no | - | - | - |
| Maule | Parral | si | 1990 | no | - |
| Maule | Yerbas Buenas | si | 2018 | no | - |
| Maule | Vichuquén | si | 1967 | no | - |
| Maule | San Rafael | no | - | - | - |
| Maule | San Javier | si | 2016 | si | si |
| Maule | San Clemente | si | 2019 | no | - |
| Maule | Sagrada Familia | no | - | - | - |
| Maule | Romeral | si | 2017 | si | si |
| Maule | Río Claro | no | - | - | - |
| Maule | Pencahue | si | 2021 | si | si |
| Maule | Pelluhue | si | 2012 | si | si |
| Maule | Pelarco | no | - | - | - |
| Maule | Molina | si | 2022 | si | si |
| Maule | Maule | si | 2019 | si | si |
| Maule | Linares | si | 2017 | no | - |
| Maule | Hualañe | no | - | - | - |
| Maule | Longaví | no | - | - | - |
| Maule | Empedrado | no | - | - | - |
| Maule | Curicó | si | 2011 | no | - |

| | | | | | |
|---------------|---------------------|----|------|----|----|
| Maule | Curepto | si | 2016 | si | si |
| Maule | Constitución | si | 1987 | no | - |
| Maule | Chanco | no | - | - | - |
| Maule | Licantén | no | - | - | - |
| Maule | Colbún | si | 2014 | si | si |
| Maule | Cauquenes | si | 2009 | no | - |
| Metropolitana | Vitacura | si | 1999 | si | - |
| Metropolitana | Tiltil | no | - | - | - |
| Metropolitana | Talagante | si | 2011 | si | SA |
| Metropolitana | Santiago | si | 1990 | no | - |
| Metropolitana | San Ramón | no | - | - | - |
| Metropolitana | San Pedro | no | - | - | - |
| Metropolitana | San Miguel | si | 2016 | no | - |
| Metropolitana | San Joaquín | si | 2019 | no | - |
| Metropolitana | Pudahuel | si | 2021 | si | si |
| Metropolitana | Providencia | si | 2007 | no | - |
| Metropolitana | Pirque | si | 2015 | no | - |
| Metropolitana | Peñalolén | si | 1989 | no | - |
| Metropolitana | Paine | si | 1993 | no | - |
| Metropolitana | Padre Hurtado | si | 2005 | no | - |
| Metropolitana | Ñuñoa | si | 1989 | no | - |
| Metropolitana | Lo Prado | si | 2009 | no | - |
| Metropolitana | San José de Maipo | no | - | - | - |
| Metropolitana | San Bernardo | si | 2006 | no | - |
| Metropolitana | Renca | si | 2022 | si | si |
| Metropolitana | Las Condes | si | 1995 | no | - |
| Metropolitana | Recoleta | si | 2005 | no | - |
| Metropolitana | Quinta Normal | si | 2019 | no | - |
| Metropolitana | Quilicura | si | 1985 | no | - |
| Metropolitana | Puente Alto | si | 2003 | no | - |
| Metropolitana | Peñaflor | si | 1970 | no | - |
| Metropolitana | Pedro Aguirre Cerda | no | - | - | - |
| Metropolitana | Melipilla | si | 1988 | no | - |

| | | | | | |
|---------------|------------------|----|------|----|----|
| Metropolitana | María Pinto | no | - | - | - |
| Metropolitana | Maipú | si | 2004 | no | - |
| Metropolitana | La Pintana | no | - | - | - |
| Metropolitana | Macul | si | 2004 | no | - |
| Metropolitana | La Granja | si | 2012 | no | - |
| Metropolitana | La Florida | si | 2001 | si | - |
| Metropolitana | Lo Espejo | no | - | - | - |
| Metropolitana | La Cisterna | si | 2004 | no | - |
| Metropolitana | Lo Barnechea | si | 2002 | no | - |
| Metropolitana | Lampa | no | - | - | - |
| Metropolitana | La Reina | si | 2001 | si | - |
| Metropolitana | Independencia | si | 2014 | no | - |
| Metropolitana | Isla de Maipo | si | 1994 | no | - |
| Metropolitana | Huechuraba | si | 2004 | no | - |
| Metropolitana | Curacaví | si | 1991 | no | - |
| Metropolitana | Cerro Navia | si | 2019 | no | - |
| Metropolitana | Estación Central | no | - | - | - |
| Metropolitana | El Monte | no | - | - | - |
| Metropolitana | El Bosque | no | - | - | - |
| Metropolitana | Conchalí | si | 2013 | no | - |
| Metropolitana | Colina | si | 2010 | si | SA |
| Metropolitana | Cerrillos | no | - | - | - |
| Metropolitana | Calera de Tango | no | - | - | - |
| Metropolitana | Buín | no | - | - | - |
| Metropolitana | Alhué | no | - | - | - |
| Ñuble | Yungay | si | 1993 | no | - |
| Ñuble | San Fabián | si | 1967 | no | - |
| Ñuble | Ninhue | si | 2008 | no | - |
| Ñuble | Trehuaco | no | - | - | - |
| Ñuble | San Nicolás | no | - | - | - |
| Ñuble | San Ignacio | si | 2013 | no | - |
| Ñuble | San Carlos | si | 2010 | no | - |
| Ñuble | Ránquil | si | 2006 | no | - |

| | | | | | |
|-----------|--------------------|----|------|----|----|
| Ñuble | Quirihue | si | 2007 | no | - |
| Ñuble | Quillón | si | 2007 | no | - |
| Ñuble | Portezuelo | si | 2007 | no | - |
| Ñuble | Pinto | no | - | - | - |
| Ñuble | Pemuco | si | 2014 | no | - |
| Ñuble | Ñiquén | si | 2009 | no | - |
| Ñuble | El Carmen | si | 2009 | no | - |
| Ñuble | Coihueco | no | - | - | - |
| Ñuble | Chillán viejo | si | 2012 | no | - |
| Ñuble | Bulnes | si | 2015 | no | - |
| Ñuble | Coelemu | si | 2010 | si | SA |
| Ñuble | Cobquecura | si | 2001 | no | - |
| Ñuble | Chillán | si | 2016 | no | - |
| O'higgins | Santa Cruz | si | 1998 | no | - |
| O'higgins | San Vicente | si | 2006 | no | - |
| O'higgins | Rengo | si | 2009 | no | - |
| O'higgins | Pumanque | no | - | - | - |
| O'higgins | Pichilemu | si | 2005 | si | - |
| O'higgins | Paredones | si | 2014 | si | SA |
| O'higgins | Nancagua | no | - | - | - |
| O'higgins | Mostazal | si | 2018 | si | SA |
| O'higgins | Marchigüe | no | - | - | - |
| O'higgins | Malloa | si | 2012 | no | - |
| O'higgins | Machalí | si | 2007 | si | - |
| O'higgins | Lolol | si | 2009 | no | - |
| O'higgins | Litueche | si | 2010 | no | - |
| O'higgins | La Estrella | si | 2016 | no | - |
| O'higgins | Graneros | si | 2016 | no | - |
| O'higgins | San Fernando | si | 1998 | no | - |
| O'higgins | Requínoa | si | 2000 | no | - |
| O'higgins | Rancagua | si | 1990 | no | - |
| O'higgins | Quinta del Tilcoco | si | 1995 | no | - |
| O'higgins | Placilla | si | 1988 | no | - |

| | | | | | |
|------------|----------------|----|------|----|----|
| O'higgins | Pichidegua | si | 2006 | no | - |
| O'higgins | Peumo | si | 2005 | no | - |
| O'higgins | Peralillo | si | 1996 | no | - |
| O'higgins | Palmilla | si | 2008 | no | - |
| O'higgins | Olivar | si | 1990 | no | - |
| O'higgins | Navidad | si | 2009 | si | - |
| O'higgins | Las Cabras | si | 1987 | no | - |
| O'higgins | Doñihue | si | 1988 | no | - |
| O'higgins | Coltauco | si | 1995 | no | - |
| O'higgins | Coinco | si | 2008 | no | - |
| O'higgins | Chépica | si | 2009 | no | - |
| O'higgins | Codegua | si | 2018 | no | - |
| O'higgins | Chimbarongo | si | 2011 | no | - |
| Tarapacá | Pozo Almonte | si | 1984 | no | - |
| Tarapacá | Pica | si | 1994 | no | - |
| Tarapacá | Iquique | si | 1981 | no | - |
| Tarapacá | Huara | si | 1966 | no | - |
| Tarapacá | Colchañe | no | - | - | - |
| Tarapacá | Camiña | no | - | - | - |
| Tarapacá | Alto Hospicio | no | - | - | - |
| Valparaíso | Viña del mar | si | 2002 | no | - |
| Valparaíso | Santo Domingo | si | 2003 | no | - |
| Valparaíso | San Esteban | si | 2018 | si | si |
| Valparaíso | Llaillay | si | 1999 | no | - |
| Valparaíso | Juan Fernández | si | 2002 | no | - |
| Valparaíso | Concón | si | 2017 | si | si |
| Valparaíso | Zapallar | si | 1999 | no | - |
| Valparaíso | Villa Alemana | si | 2002 | no | - |
| Valparaíso | Valparaíso | si | 1989 | no | - |
| Valparaíso | Santa María | si | 1984 | no | - |
| Valparaíso | San Felipe | si | 1999 | no | - |
| Valparaíso | San Antonio | si | 2006 | no | - |
| Valparaíso | Rinconada | si | 1984 | no | - |

| | | | | | |
|------------|----------------|----|------|----|----|
| Valparaíso | Quintero | si | 1984 | no | - |
| Valparaíso | Quilpué | si | 2019 | si | no |
| Valparaíso | Quillota | si | 1966 | no | - |
| Valparaíso | Putendo | si | 1984 | no | - |
| Valparaíso | Puchuncaví | si | 2009 | no | - |
| Valparaíso | Petorca | no | - | - | - |
| Valparaíso | Papudo | si | 1969 | no | - |
| Valparaíso | Panquehue | si | 1986 | no | - |
| Valparaíso | Olmué | si | 1983 | no | - |
| Valparaíso | Calle larga | si | 2014 | si | no |
| Valparaíso | Nogales | si | 1984 | no | - |
| Valparaíso | Los Andes | si | 2003 | si | - |
| Valparaíso | Limache | si | 1985 | no | - |
| Valparaíso | Cabildo | si | 1999 | no | - |
| Valparaíso | La Ligua | si | 1980 | no | - |
| Valparaíso | La cruz | no | - | - | - |
| Valparaíso | Isla de Pascua | si | 1971 | no | - |
| Valparaíso | Hijuelas | si | 1984 | no | - |
| Valparaíso | El Tabo | si | 2005 | no | - |
| Valparaíso | El Quisco | si | 1994 | no | - |
| Valparaíso | Catemu | si | 1985 | no | - |
| Valparaíso | Casablanca | si | 2020 | si | si |
| Valparaíso | Cartagena | si | 1995 | no | - |
| Valparaíso | Calera | si | 1992 | no | - |
| Valparaíso | Algarrobo | si | 1998 | no | - |
| | | | | | |

8.2 Tabla de factores utilizados en la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa.

| Datos de los PRC | | Factores utilizados para la zonificación de la susceptibilidad de remociones en masa | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|--|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|--------------------------|-------------|--------|---|
| | | Factores condicionantes | | | | | | | Factores desencadenantes | | | |
| Región | Comuna | Pendiente | Geomorfol | Litología | Hidrología | Vegetació | Actividade | Recurrenc | Sismicida | Precipitaci | Cambio | |
| Araucanía | Renaico | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 7 |
| Araucanía | Gorbea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Araucanía | Angol | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Biobío | Tirúa | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Biobío | San Pedro de la Paz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Biobío | Hualpén | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| Biobío | Coronel | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Biobío | Contulmo | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Biobío | Hualqui | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Coquimbo | Vicuña | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Coquimbo | Paihuano | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Coquimbo | Ovalle | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Coquimbo | Monte Patria | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Coquimbo | La Serena | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Coquimbo | Coquimbo | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Magallanes | Punta Arenas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maule | Talca | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maule | San Javier | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Maule | Romerol | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Maule | Pencahue | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| Maule | Pelluhue | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Maule | Molina | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Maule | Maule | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Maule | Curepto | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| Maule | Colbún | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| Metropolitana | Pudahuel | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Metropolitana | Renca | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Valparaíso | San Esteban | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| Valparaíso | Concón | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| Valparaíso | Casablanca | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | | 25 | 15 | 9 | 2 | 6 | 4 | 10 | 15 | 13 | 0 | |

8.3 Tabla metodologías presentes en los Estudios Fundados de Riesgos de las comunas analizadas.

| Análisis metodológico de las comunas de la región de Coquimbo | | |
|---|--|--|
| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
| Vicuña | No menciona. | Consideración de pendiente, no especifica metodología. |
| Paihuano | Elaboración de línea base geológica y geomorfológica, revisión del catastro de peligros geológicos y catastro de factores condicionantes, estudio de factores desencadenantes y elaboración de cartografía. | Metodología en base a la determinación de zonas propensas a la generación de remociones en masa y zonas propensas al alcance de procesos de remoción en masa considerando principalmente el factor pendiente. |
| Ovalle | Referencias bibliográficas, antecedentes históricos, revisión de fotografías aéreas y evaluación de factores condicionantes. | Determinación de zona susceptible ante remoción en masa en base a la pendiente, no especifica metodología utilizada. |
| Monte Patria | No menciona. | Recopilación y revisión bibliográfica, levantamiento de información en terreno, identificación y ponderación de factores y cartografía de susceptibilidad de remociones en masa. Determinación de susceptibilidad ante RM a partir de la superposición de factores. |
| La Serena | Diagnóstico y análisis de las amenazas presentes, zonas no edificables originadas por la presencia de infraestructura peligrosa, síntesis de riesgos, criterios de incorporación de riesgos en el plan y normativa de riesgos en el PRC. | No presenta metodología asociada a la zonificación de RM, sino más bien presenta factores relevantes para la determinación de esta, tales como pendiente y geomorfología. |
| Coquimbo | Elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, inventario de peligros geológicos y catastro de factores condicionantes. | Para la elaboración de la zonificación de susceptibilidad ante remociones en masa, el estudio ha considerado información recopilada presente en su línea base geológica y geomorfológica y en el inventario de peligros geológicos, considerando la pendiente como único factor. |

Análisis metodológico de las comunas de la región de Valparaíso

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|-------------|--|---|
| San Esteban | Elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, catastros de peligros geológicos históricos y catastro de factores condicionantes. | Determinación de zonas susceptibles a partir de la pendiente. |
| Concón | Elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visita técnica, inventario de peligros geológicos y catastro de factores condicionantes. | Zonificación en base a la zonificación propuesta por Lépéz et al.(2005) La metodología para la zonificación consta de la determinación de zonas propensas a generación de RM y a las zonas propensas al alcance de RM, considerando como factor principal a la pendiente. |
| Casablanca | No menciona. | Metodología basada en Muñoz (2013), la cual consta en la ponderación de factores condicionantes dependiendo del peso otorgado a cada uno de ellos. |

Análisis metodológico de las comunas de la región Metropolitana

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|----------|--|--|
| Pudahuel | Definición del estudio, elaboración de línea base geológica y geomorfológica, catastro de peligros geológicos. | Metodología diferenciada para cada tipo de RM presente en la comuna: a) Caída de rocas: generación de caída de ricas y alcance (pendiente y afloramientos rocosos); b) Deslizamientos: no hay deslizamientos identificados, pero se considera a la pendiente como factor determinante en zonas potenciales; c) Flujos: antecedentes históricos, fotografías aéreas, línea base geológica y geomorfológica, delimitación de quebradas y abanicos fluviales. |
| Renca | No menciona. | Mención de los tipos de remoción en masa presentes en la comuna, considerando la pendiente, no hace mención detallada de su metodología. |



Análisis metodológico de las comunas de la región del Maule

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|------------|---|--|
| Talca | No menciona. | No menciona. |
| San Javier | Revisión y análisis de fotografías aéreas y en análisis físico y morfológicos en SIG. | No detalla metodología, menciona la delimitación de zonas susceptibles ante RM a zonas cercanas al río Loncomilla. |
| Romeral | Elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. | Metodología en base a la determinación de zonas propensas a generación (pendiente); zonas de retroceso y alcance. Se realizó una unificación de los mapas correspondientes a generación, retroceso y alcance para la elaboración de cartografía final. |
| Pencahue | Elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. | Zonificación en base a la pendiente del territorio y las zonas propensas de alcances de fenómenos de caída de bloques y deslizamiento. |
| Pelluhue | Elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. | Zonificación por zonas susceptibles de generación de RM a partir de cartografía generada en base a DEM, retroceso de laderas en base a análisis de imágenes satelitales y zona de alcance de deslizamientos. Posteriormente se han unificado las cartografías de generación, retroceso y alcance para la elaboración de la cartografía de la zonificación de susceptibilidad ante RM. |
| Molina | Elaboración de línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. | Zonificación de susceptibilidad ante RM a partir de la generación, retroceso y alcance. La generación considera como factor principal a la pendiente, el retroceso se ha determinado a partir de la marcación de escarpes a través de imágenes satelitales y el alcance consideró factores como litología, pendiente, curvatura y alcance. Posteriormente, se han unificado los 3 mapas anteriores para elaborar un mapa de susceptibilidad, las cuales constan con el mismo orden de prioridad. |
| Maule | Elaboración de línea base geológicas y geomorfológica, catastro de peligros geológicos, catastro de factores condicionantes y estudio de factores desencadenantes. | La metodología de la zonificación de susceptibilidad de remoción es diferenciada dependiendo del tipo de RM a estudiar. La zonificación de las zonas susceptibles a generación de procesos de RM se ha realizado a partir de la determinación de pendientes propensas a generar este tipo de procesos, . La zonificación de zonas propensas al alcance de RM se ha determinado a partir de las observaciones realizadas por otros autores en zonas de la región del Maule, entre los cuales destaca Naranjo. |
| Curepto | Elaboración de una línea base geológica y geomorfológica, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos y estudio de factores condicionantes. | La metodología de la zonificación de susceptibilidad de RM es diferenciada dependiendo del tipo de RM a estudiar. La zonificación de las zonas susceptibles a generación de procesos de RM se ha realizado a partir de la determinación de pendientes propensas a generar este tipo de procesos, . La zonificación de zonas propensas al alcance de RM se ha determinado a partir de las observaciones realizadas por otros autores en zonas de la región del Maule, entre los cuales destaca Naranjo. |
| Colbún | Realización de estudios de los fenómenos geodinámicos y la identificación de estos, inventario de amenazas de carácter histórico, descripción y análisis de amenazas y finalmente, análisis de riesgos y susceptibilidad. | Elaboración de DEM en el cual se calculó las pendientes y exposición de laderas, ponderando cada uno de los resultados obtenidos para luego establecer áreas de susceptibilidad. |

Análisis metodológico de las comunas de la región del Biobío

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|---------------------|---|--|
| Tirúa | No menciona. | La metodología consta de la modificación de la propuesta realizada por Ayala-Carcedo en los años 1993,2000 y 2002, generando análisis de los factores propuestos, tales como la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. Se realiza una multiplicación entre las cartas para obtener el riesgo asociado a cada peligro. La zonificación de RM en la comuna de Tirúa determinó zonas de peligro de derrumbes en base a su pendiente, morfología, litología y cobertura vegetal. |
| San Pedro de la Paz | No menciona. | No menciona. |
| Hualpén | Análisis del estudio de riesgos del plan regulador comunal de Hualpén del año 2009, análisis de los estudios de riesgo de la UBB y de SERNAGEOMIN, visitas a terreno, reunión con personal técnico de la municipalidad de Hualpén, propuesta de incorporación de áreas de riesgo, propuesta de incorporación de zonas no edificables y áreas de protección de recursos de valor natural y preparación de cartografía. | La zonificación de áreas susceptibles a procesos de remoción en masa se determinó en base a la superposición de información entregada en el estudio de riesgos de la UBB, con las zonas de planicies altas determinadas por el Plan de Manejo de la Península y por el Estudio de Fondo de Protección Ambiental. |
| Coronel | Elaboración de este, corresponde a visitas a terreno, revisión bibliográfica, interpretación de imágenes satelitales y aéreas e | Determinación de zonas susceptibles a la generación de RM en base a su pendiente y zona de alcance. |

| | | |
|----------|--|---|
| | interpretación de información topográfica. | |
| Contulmo | Definición del área de estudio y escala de trabajo, elaboración de línea base, visitas técnicas, catastro de peligros geológicos y diagnósticos y zonificación de susceptibilidad de peligros geológicos. | Determinación de zonas susceptibles de rodados (deslizamiento y caídas de rocas) en base a la pendiente, mientras que las zonas propensas a aluviones (flujos de barro y detritos) se determinaron en base al reconocimiento de depósitos aluviales a partir de la cartografía geológica-geomorfológica base del estudio. |
| Hualqui | Recopilación y revisión de antecedentes, análisis e identificación de áreas de riesgos y áreas no edificables, análisis e identificación de áreas de protección ambiental, zonificación de las áreas de riesgo y zonas no edificables. | Metodología en base a DEM a través de imagen satelital y cartografía base, considerando como factor principal a la pendiente. |



Análisis metodológico de las comunas de la región de La Araucanía

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|---------------|--|--|
| Renaico | No menciona. | Metodología de 3 etapas: levantamiento de información, diagnóstico y modelación. La determinación de áreas de amenaza a partir de EMC. |
| Gorbea | Modelamiento tridimensional del relieve, análisis de estabilidad a posteriori, carta de peligrosidad por procesos de remoción en masa, vulnerabilidad, exposición, informe y cartografía de riesgos y actualización de áreas de riesgo estudio SEREMI MINVU. | No presenta detalle de la metodología utilizada para la determinación de zonas susceptibles ante RM. |
| Angol | Metodología en base a la propuesta por Mardones (2001). Elaboración de cartas de peligro, elaboración de matrices de doble entrada, entre otros. | Metodología para la determinación de zonas susceptibles ante RM en base a la metodología de Mardones (2001). Considera factor4es como pendiente, exposición, cobertura vegetal y litología. Estas categorías fueron reclasificadas en un modelo ráster para determinar zonas con baja, media y alta susceptibilidad. |

Análisis metodológico de las comunas de la región de Magallanes y la Antártica Chilena

| Comuna | Metodología del Estudio Fundado de Riesgo | Metodología de la zonificación de susceptibilidad ante RM |
|---------------|--|--|
| Punta Arenas | No menciona. | No menciona. |