



HAL
open science

Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago

Gerardo Ubilla-Bravo, Rodrigo Robles-Vargas, Daniela González, Verónica Saud, Pablo Norambuena-Vega, Gino Sandoval-Verdugo, Walter Luzio, Francisco Muñoz-Muñoz, Camilo Lastra, Mauricio Torres

► To cite this version:

Gerardo Ubilla-Bravo, Rodrigo Robles-Vargas, Daniela González, Verónica Saud, Pablo Norambuena-Vega, et al.. Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago. [reportType_6] Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. 2013. halshs-01580742

HAL Id: halshs-01580742

<https://shs.hal.science/halshs-01580742>

Submitted on 1 Sep 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Estudio:

**“Riesgo potencial por amenazas derivadas de
procesos naturales, en los principales Asentamientos
Humanos de la Región Metropolitana de Santiago”**

Santiago de Chile
Agosto de 2013



Autores del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago
Contraparte técnica



Gerardo Ubilla Bravo

Coordinador (revisión y edición), Geógrafo, Departamento de Planificación Regional. DIPLADE

Rodrigo Robles Vargas

Geógrafo, Departamento de Planificación Regional. DIPLADE

Daniela González Espinoza

Geógrafa, Unidad de Gestión de la Información Territorial. DIPLADE

Verónica Saud Casanova

Arquitecta, Departamento Preinversión y Proyectos. DIPLADE

Autores equipo consultor EDÁFICA



Pablo Norambuena Vega

Ingeniero Agrónomo, MSc. MGPA. Jefe Proyecto

Gino Sandoval Verdugo

Geógrafo, Líder de desarrollo metodológico - desarrollo de SIG de Proyecto

Walter Luzio Leighton

Ingeniero Agrónomo. MSc. Soil Survey. Asesor de Proyecto

Francisco Muñoz Muñoz

Geógrafo, Ingeniero de Proyecto

Camilo Lastra Ducasse

Ingeniero Agrónomo, Ingeniero de Proyecto

Mauricio Torres Crovetto

Ingeniero Agrónomo, Ingeniero de Proyecto

CONTENIDOS

I. PRESENTACIÓN	5
1. Introducción y alcances del estudio.....	5
2. Área de estudio	8
3. Objetivos	10
II. MARCO METODOLÓGICO.....	11
1. Elaboración cartas de amenaza	11
2. Elaboración cartas de vulnerabilidad	25
3. Elaboración cartas de riesgos.....	26
4. Verificación en terreno	27
5. Registros de antecedentes.....	29
6. Registros pluviométricos y pluviométricos	34
7. Propuesta de planificación y ordenamiento territorial en la gestión del riesgo potencial.	36
III. RESULTADOS	39
1. Amenazas	39
2. Vulnerabilidad	49
3. Riesgos potenciales	50
4. Unidades Territoriales y medidas de mitigación.....	77
IV. REFLEXIONES FINALES.....	100
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

Citar el documento como:

Estilo APA sexta edición:

Ubilla Bravo, G., Robles Vargas, R., González, D., Saud, V., Norambuena, P., Sandoval, G., Luzio, W., Muñoz, F., Lastra, C., Torres, M. (2013). *Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago* (Informe de investigación) (p. 107). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica.

Estilo Elsevier Harvard:

Ubilla Bravo, G., Robles Vargas, R., González, D., Saud, V., Norambuena, P., Sandoval, G., Luzio, W., Muñoz, F., Lastra, C., Torres, M., 2013. Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago (Informe de investigación). Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica, Santiago, Chile.

Estilo ISO 690:

UBILLA BRAVO, G., ROBLES VARGAS, R., GONZÁLEZ, D., SAUD, V., NORAMBUENA, P., SANDOVAL, G., LUZIO, W., MUÑOZ, F., LASTRA, C. y TORRES, M., 2013. Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago. Informe de investigación. Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica.

Estilo Vancouver:

Nº. Ubilla Bravo G, Robles Vargas R, González D, Saud V, Norambuena P, Sandoval G, et al. Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago. Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica; 2013 ago p. 107.

RESUMEN

El presente informe de investigación recoge el trabajo del levantamiento de las amenazas y los riesgos potenciales por amenazas naturales para los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago (RMS) al año 2013. En el estudio se destaca el marco metodológico para abordar el análisis, así como los resultados para veinticuatro asentamientos humanos basado en información georreferenciada. Los equipos de trabajo incluyeron profesionales del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (GORE RMS) y de la consultora Edáfica entre los años 2012 y 2013.

PALABRAS CLAVE:

Amenazas naturales, riesgos potenciales, vulnerabilidad territorial, Región Metropolitana de Santiago.

I. PRESENTACIÓN

1. Introducción y alcances del estudio

El presente estudio es un insumo estratégico y orientador para la elaboración del Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), el cual es un instrumento indicativo que permite orientar el desarrollo sustentable del territorio (SUBDERE, 2011). En este sentido, el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (GORE RMS), en particular la División de Planificación y Desarrollo (DIPLADE) es la encargada de solicitar y dirigir los estudios sobre temas asociadas a los riesgos, amenazas y vulnerabilidad.

Este estudio tiene como propósito ser un insumo para el PROT de la RMS, el que tiene un carácter estratégico y orientador para las diferentes actividades antrópicas desarrolladas sobre el espacio geográfico de la Región Metropolitana de Santiago (RMS). El análisis y desarrollo metodológico de los riesgos potenciales derivados de procesos naturales se aborda a través de mapas índices o indicadores de susceptibilidad a un proceso natural que derive posteriormente en una amenaza a la población o a la infraestructura existente en el área de estudio.

En el estudio se desarrolla una metodología de evaluación cualitativa. Cabe señalar que es una herramienta orientadora, la que permite identificar las áreas con mayor o menor susceptibilidad en relación con procesos naturales que se transforman en una amenaza. Esto está en función de la predisposición de ciertas variables que a su vez condicionan dichos procesos naturales (Donati y Turrini, 2002).

Muchas veces la información sobre procesos naturales que derivan en amenazas, su potencial ubicación geográfica y eventual ocurrencia es estudiada y a veces conocida. Sin embargo, estos estudios no son del todo considerados al momento de ocupar el territorio por parte de la misma sociedad existiendo muchos sectores que se encuentran bajo una realidad de vulnerabilidad frente a estas posibles amenazas, las que se pueden incrementar al encontrarse dentro de zonas urbanas consolidadas densamente habitadas. Por otra parte, los promotores inmobiliarios son en la actualidad los principales agentes desarrolladores del crecimiento urbano, proceso que implica un problema de difícil contención debido a que ciertos instrumentos (planes reguladores comunales e intercomunales) tienen subterfugios que promueven el fenómeno y se ve limitado para

hacer exigencias, ya sea en cuanto a las medidas de mitigación propuestas en las zonas en que construyen, o por otros factores.

En la RMS se han realizado diversos estudios en los cuales se han identificado e incorporado las zonas de riesgos naturales en los últimos años (Ferrando, 1998; Hidalgo Carrasco, 2000; Elmes Angulo, 2006; Lara, 2007; Ubilla Bravo, 2011). Sin embargo, ninguno de estos cubre un análisis para los asentamientos humanos de toda la RMS a una escala de 1:20.000. Realizar una investigación cubriendo todos los asentamientos permitirá desarrollar una planificación y un ordenamiento del territorio regional de acuerdo a las necesidades locales de cada zona permitiendo realizar un proceso integral y sustentable. El fin de este trabajo apunta a la construcción de un PROT actualizado y efectivo (Ubilla Bravo, 2011).

Teniendo en cuenta que la RMS es la que tiene mayor cantidad de población urbana en el país, consideramos fundamental profundizar en el conocimiento de los posibles riesgos naturales a los que se enfrenta la población y dónde ocurrirán. Esto podría suceder en las zonas ya urbanizadas como también en las que se van urbanizando, entendiendo que un eventual caso de catástrofe podría afectar a una cantidad importante –y creciente– de población e infraestructura, con consecuencias prácticamente a nivel país (dada la importancia demográfica y económica de la RMS).

De esta forma, resulta conveniente estudiar los distintos conceptos básicos que componen una situación de catástrofe (Chafe, 2007):

- peligros naturales: acontecimiento geofísico, atmosférico o hidrológico capaz de causar daños o pérdidas, además de perturbaciones sociales, económicas o ambientales;
- vulnerabilidad¹: potencial de sufrir daños o pérdidas, y perturbaciones sociales, económicas o ambientales;
- riesgos: probabilidad de que ocurra un peligro en un lugar determinado y sus consecuencias probables sobre la población; y
- gestión de riesgos: actividades para hacer frente a los riesgos incluyendo las etapas de mitigación, prevención y preparación.

El impacto que pueden llegar a causar los riesgos naturales sobre la población, debido a su grado de vulnerabilidad, está estrechamente relacionado al grado de deterioro ambiental

¹ Que incluyen tanto las condicionantes físicas como las sociales (Chafe, 2007).

de un sector en particular. Por lo tanto, un desarrollo urbano sustentable resulta importante para disminuir el grado de impacto que un fenómeno pueda causar sobre la población a nivel general. En consecuencia se debe fortalecer las funciones ecológicas de los ecosistemas para evitar agravar posibles riesgos naturales (Chafe, 2007). Algunos autores indican que la relación actual es de características insostenibles entre el medio social y su medio natural, lo que ha llevado en varias ocasiones a aumentar las condiciones para que los propios fenómenos naturales se transformen en riesgos y posteriormente en desastres (Wilches-Chaux, 2007).

Además se debe tener en cuenta que identificar los riesgos y su espacialización conlleva lógicamente una simulación de la realidad, la elaboración de un modelo y se debe entender como tal (Baudrillard, 1993). Por lo tanto, los efectos reales que puedan ocurrir producto de un fenómeno no son predecibles en su totalidad (en sus diferentes aspectos, ya sean sociales, espaciales, magnitud, etc.). De esta forma es pertinente indicar que las áreas de riesgo cuya base es proporcionada por información cartográfica sirven si se comprende que la aplicación es a un nivel de gestión superior. En consecuencia, el instrumento puede ser considerado efectivamente como una herramienta de ordenamiento territorial.

Resulta fundamental promover una planificación y un ordenamiento del territorio que sean proactivos (así como también la educación de estos temas hacia la población), y no reactivos como ocurre en la mayoría de los casos. Estos sólo responden a las catástrofes ya ocurridas. Vemos como hipótesis que las catástrofes se pueden evitar si se cambia el enfoque en su abordaje. De esta manera consideramos que si bien la ciudad responde a características principalmente antrópicas, estas se asientan en un medio físico preexistente, con diferentes tipos y áreas de amenazas naturales, por lo que debe ser un factor a considerar en el proceso de planificación de los territorios.

Finalmente, resaltamos que en la actualidad es importante que existan instituciones como el Gobierno Regional que propongan medidas para avanzar hacia un ordenamiento territorial sustentable. Asimismo, resulta fundamental que incluyan las áreas de riesgo como un elemento fundamental para la planificación y la gestión territorial, tal como se está desarrollando en otros países².

² Un ejemplo de esto puede ser la denominada “Estrategia Internacional para la reducción de desastres” (EIRD) promovida por las Naciones Unidas (ONU-EIRD e IDRC, 2008).

2. Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en 24 asentamientos humanos de la RMS (Figura 1), 18 de ellos solicitados por GORE RMS y seis propuestos por *edáfica* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Asentamientos de estudio y vértices de sus respectivos cuadrantes

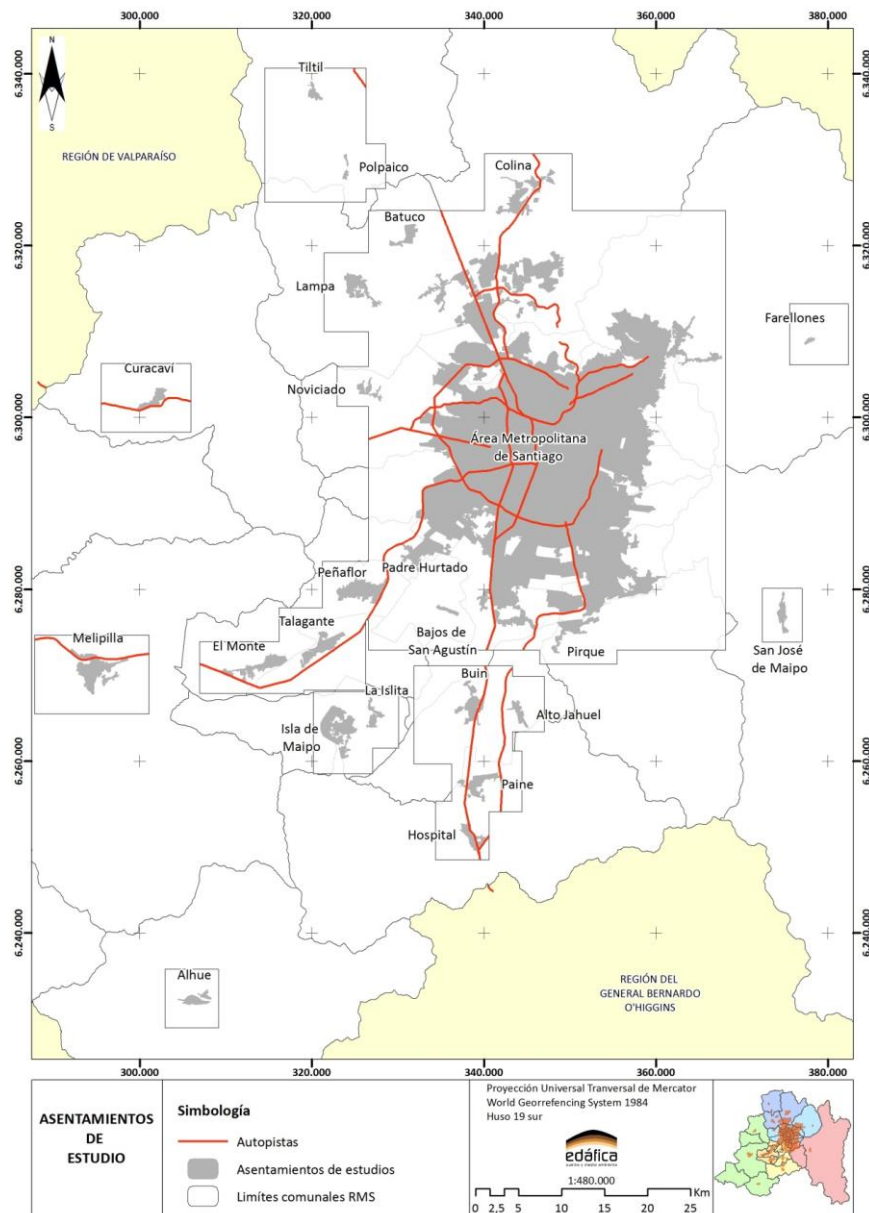
Asentamiento	Origen	Vértices cuadrantes (Proyección UTM Datum WGS84 Huso 19 sur)			
		X Máximo	Y Máximo	X Mínimo	Y Mínimo
Área Metropolitana de Santiago	GORE RMS	368.109	6.324.106	326.569	6.272.909
Peñaflor	GORE RMS	330.553	6.283.224	321.218	6.276.397
Colina	GORE RMS	350.253	6.330.730	340.085	6.319.948
Melipilla	GORE RMS	301.067	6.274.645	287.788	6.265.469
Talagante	GORE RMS	326.229	6.277.828	316.180	6.268.249
Buín	GORE RMS	343.300	6.271.093	331.854	6.259.670
El Monte	GORE RMS	319.037	6.273.878	306.948	6.267.877
Paine	GORE RMS	344.399	6.261.158	336.247	6.254.094
Curacaví	GORE RMS	305.931	6.306.291	295.501	6.298.266
Isla de Maipo	GORE RMS	327.082	6.268.097	320.136	6.258.540
Lampa	GORE RMS	328.524	6.319.183	321.428	6.309.991
Batuco	GORE RMS	334.563	6.324.141	327.483	6.317.577
La Islita	GORE RMS	330.065	6.267.643	324.636	6.261.484
Hospital	GORE RMS	340.606	6.255.315	334.383	6.248.497
Alto Jahuel	GORE RMS	347.016	6.269.862	340.888	6.263.393
San José de Maipo	GORE RMS	376.997	6.280.099	372.379	6.273.868
Tiltil	GORE RMS	326.276	6.340.690	314.496	6.325.045
Bajos de San Agustín	GORE RMS	340.088	6.280.892	331.833	6.274.013
Farellones	<i>edáfica</i>	382.362	6.313.253	375.535	6.306.109
Padre Hurtado	<i>edáfica</i>	338.173	6.287.748	328.838	6.280.922
Pirque	<i>edáfica</i>	355.481	6.278.483	346.472	6.271.300
Alhué	<i>edáfica</i>	309.154	6.235.769	302.931	6.228.951
Noviciado	<i>edáfica</i>	329.900	6.305.922	322.915	6.301.265
Polpaico	<i>edáfica</i>	328.579	6.331.850	322.255	6.326.664

Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista demográfico, el presente estudio abarca aproximadamente 5.826.590 habitantes al año 2002 (comprendiendo el total de los 24 asentamientos), lo cual representa un 96,13% de la RMS y cerca de un 40% de la población del país. Ahora bien, si se tiene presente que cada cuadrante también comprende asentamientos

humanos menores (pueblos, aldeas y caseríos) que están contenidos, entonces el valor alcanza a un 98% de los habitantes de la RMS, cubriendo más de 200 asentamientos. Para efectos del análisis, los resultados se concentran los fenómenos de origen natural que potencialmente se pueden desencadenar sobre los 24 asentamientos indicados en el Cuadro 1. Esto no es impedimento para realizar análisis de mayor detalle, ya que se cuenta con la información georreferenciada correspondiente.

Figura 1. Marco espacial de estudio: Asentamientos humanos mayores de la RMS

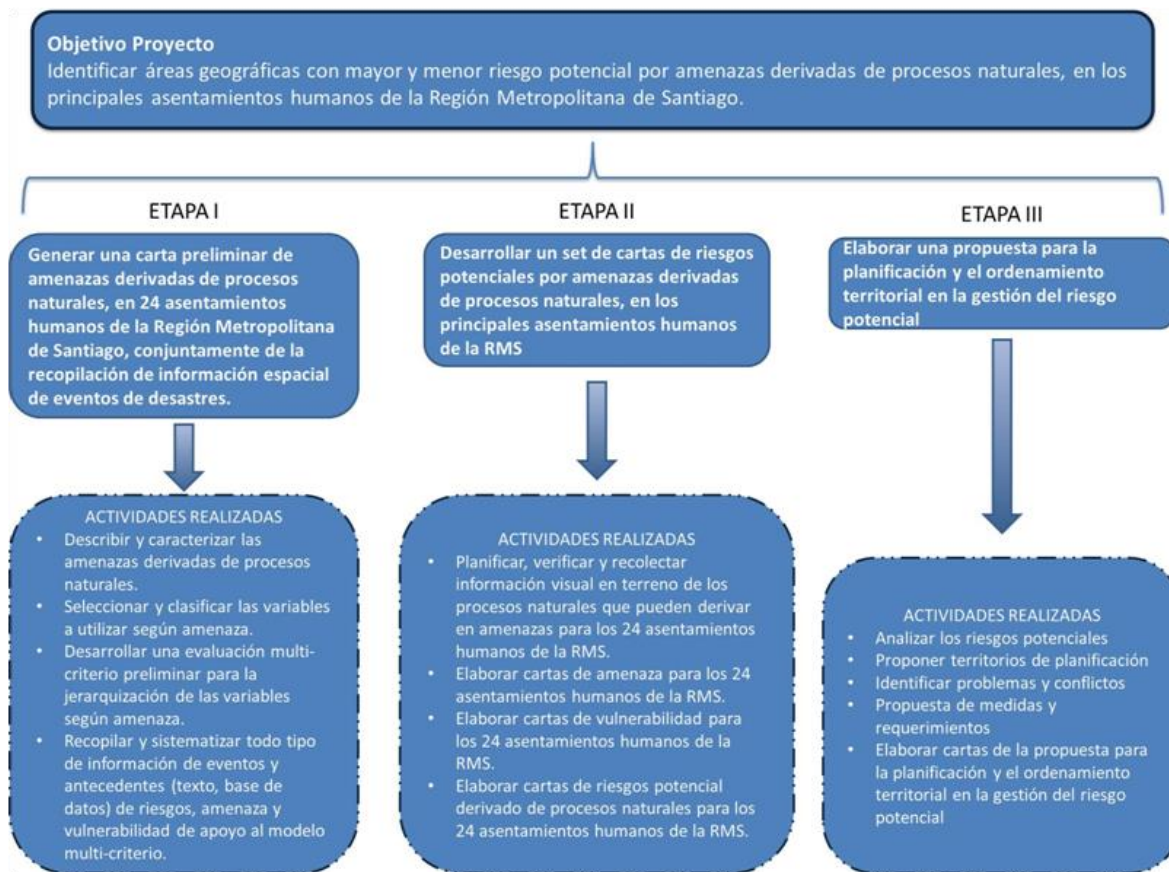


Fuente: Elaboración propia.

3. Objetivos

En la Figura 2 se presenta un esquema de los objetivos específicos y actividades realizadas según etapa del estudio.

Figura 2. Objetivos del estudio según etapa



Fuente: Elaboración propia.

II. MARCO METODOLÓGICO

1. Elaboración cartas de amenaza

Cuadro 2. Resumen de amenazas según método empleado

Proceso	Amenaza analizada	Método utilizado
Remociones en masa	Desprendimientos	Descripción y clasificación de variables – Evaluación multicriterio
	Deslizamientos	
	Flujos de barro o detritos	Geomorfología fluvial – Modelo de flujos
Incendios forestales	Ignición de incendios forestales	Descripción y clasificación de variables – Evaluación multicriterio
	Propagación de incendios forestales	
Inundaciones	Desbordes de quebradas	Identificación en terreno – Modelo de flujos
	Desbordes de ríos y esteros	Geomorfología fluvial
	Anegamientos urbanos	Topografía – Impermeabilización según usos y coberturas de suelo
	Afloramientos de napas e inundaciones por mal drenaje	Geomorfología fluvial – Clasificación de suelos

Fuente: Elaboración propia.

1.1. Descripción y clasificación de variables

Para la descripción y caracterización se realizó una revisión bibliográfica de las amenazas derivadas de procesos naturales como por ejemplo las remociones en masa y los incendios forestales, las cuales fueron caracterizadas en función de su origen, dinámica y efectos.

Para la selección y clasificación de las variables fue necesario realizar una revisión bibliográfica enfocada en la descripción de los factores o variables que preconditionan los procesos (Cuadro 3). Por ejemplo, los factores que condicionan las remociones en masa son el grado de estabilidad de los materiales existentes, y para los incendios forestales se tiene la cercanía a redes viales.

Los rangos altos, medios y bajos deben ser expresados numéricamente, donde: alto = 3, medio = 2, bajo = 1; debido a que se trabajó en formato raster³.

Estos rangos se definieron mediante la revisión bibliográfica, donde se evaluó la predisposición teórica a ser condicionante o a generar una mayor susceptibilidad frente a un proceso natural o antrópico que derive en una amenaza. Por lo tanto, entre más alto sea el rango mayor es la probabilidad de ocurrencia en función de las variables que condicionan, potencian o generan una mayor susceptibilidad (Barillas, 2000).

Cuadro 3. Variables según amenaza

Variable de la amenaza	Remociones en masa		Incendios forestales	
	Desprendimientos - Volcamientos	Deslizamientos	Ignición	Propagación
Grado de alteración del material basal	APLICA	APLICA	-----	-----
Estructura y disposición de material basal	APLICA	APLICA	-----	-----
Pendientes	APLICA	APLICA	-----	APLICA
Cercanía a fallas	APLICA	APLICA	-----	-----
Exposición solar	-----	-----	APLICA	-----
Vegetación	-----	APLICA	-----	APLICA
Erodabilidad de suelos	-----	APLICA	-----	-----
Cercanía a autopistas	-----	-----	APLICA	-----
Cercanía a caminos pavimentados y no pavimentados	-----	-----	APLICA	-----
Cercanía a huellas y senderos	-----	-----	APLICA	-----
Distancia a centros urbanos	-----	-----	APLICA	-----
Distancia a actividades agrícolas	-----	-----	APLICA	-----

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la variable susceptibilidad de un proceso de remoción en masa, de acuerdo a lo planteado por Barillas (2000), Elmes Angulo (2006) y Lara (2007) se clasificó y evaluó para los procesos de desprendimientos, volcamientos y deslizamientos en función de su naturaleza o litología del material basal y su alteración relativa según su edad. La primera característica tiene relación con la dureza relativa de los materiales que proporcionan la

³ Corresponde a una imagen cualquiera sea su formato: jpg, tiff, grid, etc. Está formada por datos en una malla cuadrículada donde la unidad fundamental es el pixel.

resistencia a la meteorización y fracturación, donde los materiales sedimentarios son menos resistentes que materiales volcánicos e intrusivos. La segunda es el nivel de meteorización teórica del material en función de su edad, donde se considera que a mayor antigüedad existe una mayor alteración (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación del grado de alteración relativa del material basal

Nº	Unidad	Edad	Secuencia	Susceptibilidad relativa a formar parte de Desprendimientos - Deslizamientos
1	DC4	Devónico-Carbonífero	Metamórfica	ALTA
2	CPg	Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma)	Intrusiva	ALTA
3	J2m	Jurásico	Volcano-sedimentaria	ALTA
4	Js2c	Jurásico Medio-Superior	Volcano-sedimentaria	ALTA
5	Jsg	Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)	Intrusiva	ALTA
6	Ki2m	Cretácico Inferior (Neocomiano)	Volcano-sedimentaria	ALTA
7	Ki2c	Cretácico Inferior-Cretácico Superior	Volcano-sedimentaria	ALTA
8	Kia2	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Volcano-sedimentaria	ALTA
9	Ks2c	Cretácico Superior	Volcano-sedimentaria	ALTA
10	KT2	Cretácico Superior-Terciario Inferior	Volcano-sedimentaria	ALTA
11	OM2c	Oligoceno-Mioceno	Volcano-sedimentaria	ALTA
12	Kiag	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85 Ma)	Intrusiva	MEDIA
13	Ksg	Cretácico Superior (90-65 Ma)	Intrusiva	MEDIA
14	Ksh	Cretácico Superior (84-66 Ma)	Intrusiva	MEDIA
15	Ks3a	Cretácico Superior	Volcánica	MEDIA
16	OM3b	Oligoceno-Mioceno	Volcánica	MEDIA

Nº	Unidad	Edad	Secuencia	Susceptibilidad relativa a formar parte de <i>Desprendimientos</i> - <i>Deslizamientos</i>
17	M3i	Mioceno Inferior-Medio	Volcánica	MEDIA
18	Mh	Mioceno (20-12 Ma)	Intrusiva	MEDIA
19	Mimg	Mioceno Inferior-Medio (22-16 Ma)	Intrusiva	BAJA
20	Msg	Mioceno Superior (13-7 Ma)	Intrusiva	BAJA
21	Msh	Mioceno Superior (8-5 Ma)	Intrusiva	BAJA
22	PI3t	Pleistoceno	Volcánica	BAJA
23	PPI1r	Plioceno-Pleistoceno	Sedimentaria	BAJA
24	Q1	Pleistoceno-Holoceno	Sedimentaria	BAJA
25	Qf	Pleistoceno-Holoceno	Sedimentaria	BAJA

Fuente: Elaboración a partir de Barillas, 2000; Elmes Angulo, 2006; Lara, 2007; SERNAGEOMIN y Escobar, 2003.

Para identificar la erodabilidad del suelo se utilizó el RUSLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada) que permite generar un modelo de erosión. Entendiendo que dada la dificultad para poder medir directamente la erodabilidad (sobre todo en términos de tiempo, costo de equipos y mano de obra), este se calculó mediante relaciones estadísticas utilizando factores más accesibles. De esta forma se utiliza el RUSLE como una forma de obtener la erodabilidad potencial del suelo, donde la erodabilidad del suelo (factor K) se estima a partir de la textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil (Wischmeier y Smith, 1978; Echevería *et al.*, 2006).

Para la elaboración del cálculo de erodabilidad (Cuadro 5) se utilizó información cartográfica de suelo proveniente del Estudio Agrológico de la RMS (CIREN Chile, 1996) de escala de 1:20.000. Mientras que para las áreas que forman parte del levantamiento de se utilizó el estudio SOTERLACS, escala 1:5.000.000.

Cuadro 5. Clasificación de erodabilidad

Rango del factor de Erodabilidad	Erodabilidad
0,011820 – 0,030500	Baja
0,030501 – 0,044000	Media
0,044001 – 0,067860	Alta

Fuente: Elaboración a partir de CIREN Chile, 1996.

La estructura y disposición del material basal fue clasificada en función de las propuestas de clasificación de geoformas y tipos de vertientes identificadas (Cuadro 6) de Araya-Vergara (1985); Schoeneberger *et al.* (2002); Soto *et al.* (2006).

Cuadro 6. Ejemplo de clasificación de la estructura y disposición del material basal

Geoforma	Desprendimientos	Deslizamientos
Terraza de inundación	Baja	Baja
Abanico aluvial	Baja	Media
Abanico coluvial (sección proximal)	Baja	Alta
Abanico coluvial (sección media y distal)	Baja	Baja
Cono de deyección	Baja	Baja
Río	Baja	Baja
Estero	Baja	Baja
Terraza fluvial baja	Baja	Baja
Terraza fluvial alta	Baja	Baja
Quebrada	Baja	Baja
Humedal	Baja	Baja
Llano fluvial	Baja	Baja
Terraza palustre	Baja	Baja
Escarpe de terraza	Alta	Media
Laderas de flanco de valle pasivo	Baja	Alta
Laderas de flanco de valle activo	Alta	Media
Ladera con presencia de afloramientos	Alta	Baja
Laderas con rugosidad baja	Media	Media
Laderas con estructura concordante	Media	Alta
Laderas con presencia de cornizas	Alta	Baja
Talud	Alta	Baja
Ladera de pliegue anticlinal	Baja	Alta
Ladera de pliegue sinclinal	Media	Baja

Fuente: Elaboración a partir de Araya-Vergara, 1985; Schoeneberger *et al.*, 2002; Soto *et al.*, 2006.

Para los procesos de remoción en masa (desprendimientos y deslizamientos), la variable 'pendientes' fue clasificada en función del grado de inclinación y proceso según Araya-Vergara y Börgel (1972) (Cuadro 7). Para el caso de los incendios forestales, esta variable condiciona el comportamiento del fuego de acuerdo a lo señalado por Blas Morato y Nieto Masot (2008); Ortiz (2009). En pendientes altas, la propagación del incendio se acelera debido a que se precalienta el combustible (vegetación) que se encuentra en la zona superior de la vertiente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Clasificación de las pendientes

Pendientes		Susceptibilidad a originar		Facilidad de propagación <i>Incendios forestales</i> ²	
		<i>Desprendimientos</i> ¹	<i>Deslizamientos; Flujos de detritos y barro</i> ¹	Pendientes (%)	Rangos
Grados °	% Aprox.				
0 – 2	0 – 4,5	BAJA	BAJA	0 – 30	BAJA
2 – 5	4,5 – 11,0				
5 – 10	11,0 – 22,0		MEDIA		
10 – 20	22,0 – 44,5				
20 – 30	44,5 – 67,0	MEDIA	ALTA	30 – 60	MEDIA
30 – 45	67,0 – 100				
+ de 45	+ de 100	ALTA		+ de 60	ALTA

Fuente: Elaboración a partir de Araya Vergara y Börgel, 1972; Blas Morato y Nieto Masot, 2008; Ortiz, 2009.

Según lo planteado por Ferrando (1998) (cartografiado por Oliva, 1999) y Mardones y Vidal (2001), la cercanía a fallas tectónicas produce una serie de micro-vibraciones y tensiones que causan un mayor fracturamiento de los materiales basales. Según Ferrando (1998) la cercanía a menos de 600 metros lineales provoca una mayor inestabilidad a los materiales existentes, quedando por sobre los 600 metros materiales más estables, lo que concuerda con lo señalado por Mardones y Vidal (2001), los que indican que la máxima fragilidad se produce dentro de los 100 a 200 metros lineales (Cuadro 8).

Cuadro 8. Clasificación de la alteración y estabilidad del material basal producto de la cercanía a fallas regionales

Cercanía a fallas regionales	Probabilidad a disminuir estabilidad de material basal en desprendimientos y deslizamientos
< 200 metros	Alta
> 200 y < 600 metros	Media
> 600 metros	Baja

Fuente: Elaboración a partir de Ferrando, 1998; Mardones y Vidal, 2001.

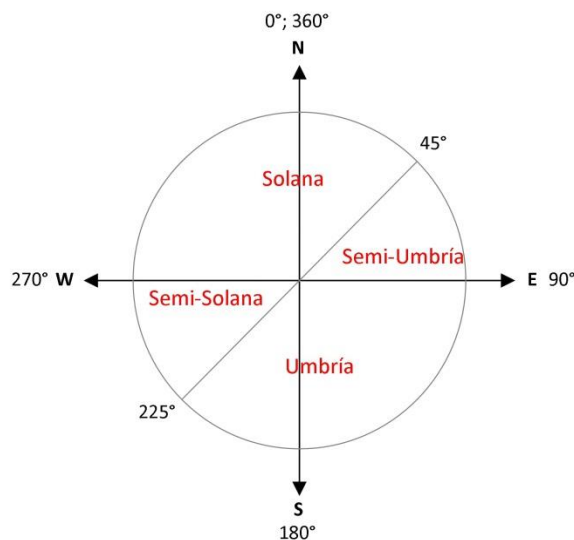
La exposición solar se clasificó para la probabilidad de ignición de incendios forestales de acuerdo a lo planteado por Abarca y Quiroz (2005). Considerando la relación entre la orientación de la vertiente (en grados decimales), nivel de insolación y sequedad relativa de la vertiente. Mientras haya mayor insolación y mayor sequedad habrá una mayor probabilidad de ignición de un incendio (Cuadro 9 y Figura 3).

Cuadro 9. Clasificación de exposición solar

Orientación en grados decimales	Probabilidad de ignición
Plano ($< 0^\circ$)	Alta
Solana (270° a 45°)	Alta
Semi-solana (225° a 270°)	Media
Semi-umbría (45° a 90°)	Media
Umbría (90° a 225°)	Baja

Fuente: Elaboración a partir de Abarca y Quiroz, 2005.

Figura 3. Exposiciones solares en grados decimales



Fuente: Elaboración a partir de Ubilla Bravo, 2007 y Ferrando, 1998.

Para los deslizamientos, la vegetación es un factor que debido a las características climáticas de la RMS condiciona la estabilidad de la vertiente, de acuerdo a lo planteado por Lara (2007) y Perucca y Angileri (2008). Sin embargo, la vegetación no siempre es un factor que estabiliza la vertiente, particularmente en climas lluviosos o con mucho viento. Pero, considerando que la RMS no tiene esas características climáticas, la vegetación sí es condicionante de la estabilidad y disminuye la erosión de los suelos. En base a esto último

se utilizó los datos georreferenciados de vegetación existente al año 2012, según la carta de usos y coberturas de suelo de la RMS (Ubilla Bravo *et al.*, 2012), cuya importancia fue clasificada en función del desarrollo del estrato arbóreo existente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Nivel de estabilidad relativa que otorga la vegetación a la vertiente

Deslizamientos de laderas		
Tipo de vegetación	Breve justificación	Nivel de inestabilidad que otorga a la ladera
Bosque y renoval nativo (esclerófilo)	Debido a su desarrollo vertical y radicular otorga mayores atributos de estabilidad a la ladera donde se encuentren. Además debido a su estructura aérea con hojas de carácter perenne evitan que la caída de precipitaciones en forma directa al suelo.	Baja
Matorral arborescente (esclerófilo)		
Matorral (esclerófilo)	Como es el desarrollo radicular y vertical intermedio de los tipos de vegetación analizados, se le otorga el valor medio.	Media
Matorral con suculentas		
Matorral de espino	Son el tipo de vegetación con menor o incluso nulo desarrollo radicular y vertical, debido a esto otorgan la mínima estabilidad a la vertiente y como señalan Perucca y Esper Angilieri (2008, p. 39) que “La ausencia de vegetación contribuye a la acción de la meteorización física que origina una extensa cubierta detrítica”.	Alta
Matorral andino		
Espacios abiertos con escasa a nula vegetación		

Fuente: Elaboración a partir de Lara, 2007; Perucca y Angilieri, 2008.

La variable vegetación se clasificó en función del tipo de combustible (dentro de los incendios forestales), según lo planteado por Abarca y Quiroz (2005) y Ortiz (2009). Este último autor señala que representa la velocidad de propagación que puede llegar a desarrollar un incendio forestal, depende principalmente del tipo de combustible afectado, donde las especies arbustivas tienen el mayor valor de propagación. De acuerdo con estos antecedentes, la clasificación utilizada (Cuadro 11) se basa en la realizada por Koller (1982, citado por Ortiz, 2009).

Cuadro 11. Susceptibilidad relativa de propagación del fuego según tipo de vegetación

Tipo vegetación	Susceptibilidad relativa de propagación
Espacios abiertos con escasa a nula vegetación	Baja
Matorral andino	
Bosque y renoval nativo (esclerófilo)	Media
Matorral arborescente (esclerófilo)	

Tipo vegetación	Susceptibilidad relativa de propagación
Matorral (esclerófilo)	Alta
Matorral con suculentas	
Matorral de espino	

Fuente: Elaboración a partir de Abarca y Quiroz, 2005; Ortiz, 2009.

En relación con lo planteado por Abarca y Quiroz (2005), la cercanía a la red vial es un factor a considerar en la ignición del fuego, además de considerar diferencias según se trate de un camino pavimentado, asfaltado o de tierra. En función de esto se realiza una clasificación (Cuadro 12) con los valores de distancia propuestos por Abarca y Quiroz (2005).

Cuadro 12. Probabilidad de ignición según cercanía y tipo de red vial

Tipo de carpeta según cercanía			Susceptibilidad a la ignición
<i>Autopista</i>	<i>Camino pavimentado de dos o más vías + Camino pavimentado de una vía + Camino sin pavimentar</i>	<i>Sendero y huella</i>	
< 100 metros	< 40 metros	< 40 metros	Alta
> 100 metros y < 150 metros	> 40 metros y < 80 metros	> 40 metros y < 80 metros	Media
> 150 metros	> 80 metros	> 80 metros	Baja

Fuente: Elaboración en base a Abarca y Quiroz, 2005.

La cercanía a centros poblados y actividades agrícolas también tienen relación con la ignición de incendios forestales. Según Ortiz (2009) se deben considerar los centros poblados permanentes incluyendo las actividades que se realizan. En este caso, una actividad relevante es la agrícola, la que debido a prácticas como las denominadas 'quemadas', estos son un potencial lugar de ignición de incendios.

De acuerdo a lo discutido con el equipo GORE RMS se llegó al acuerdo de trabajar con la información de centros poblados extraída de la carta de usos y coberturas de suelo de la RMS (Ubilla Bravo *et al.*, 2012). En vez de utilizar los límites urbanos fijados por normativa, se decidió utilizar los datos de los centros urbanos consolidados existentes debido a que la amenaza de incendios forestales se encuentra relacionada a un fenómeno físico y no a un límite imaginario de regulación (Cuadro 13).

Cuadro 13. Susceptibilidad a ignición según cercanía a centros poblados y actividades agrícolas

Cercanía a centros poblados y actividades agrícolas	Probabilidad de ignición
---	--------------------------

Cercanía a centros poblados y actividades agrícolas	Probabilidad de ignición
< 500 metros	Alta
> 500 y < 2.000 metros	Media
> 2.000 metros	Baja

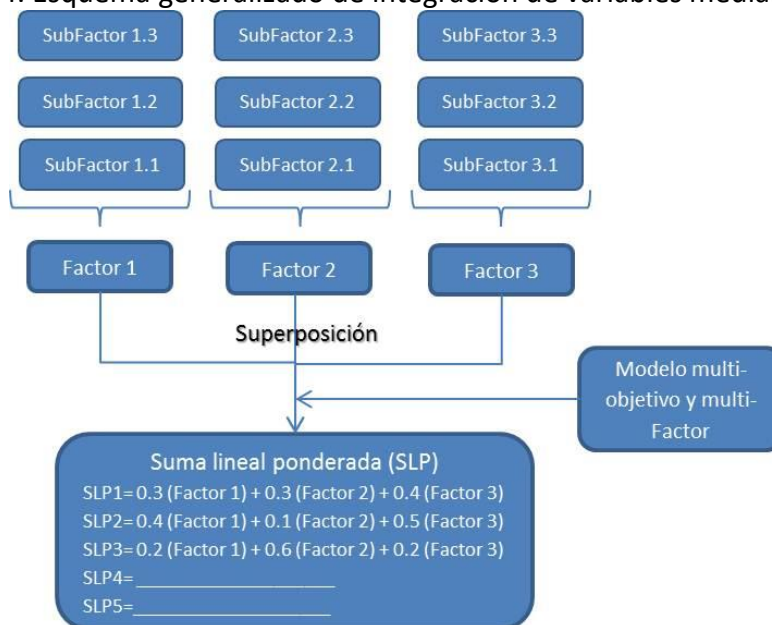
Fuente: Elaboración propia a partir de Ortiz, 2009.

1.2. Evaluación Multi-Criterio

En general, el propósito de la Evaluación Multicriterio (EMC) es asignar un número de alternativas para múltiples criterios y objetivo(s) en conflicto. A partir de esto, generar soluciones, compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción (Rivera, 2001). Para efectos del presente estudio, se definieron las áreas con mayor o menor susceptibilidad a sufrir procesos de esas características, a partir de la evaluación de diferentes variables que condicionan o potencian una amenaza derivada de un proceso natural.

En términos técnicos se realizó una integración de variables en el software Idrisi Andes (en formato raster), a través de la suma lineal ponderada de las variables (Figura 4). Donde la ponderación se determina mediante el método de EMC, para cada tipo potencial de remoción en masa e incendios forestales. Debido a la gran cantidad de EMCs a realizar, en esta parte del estudio se utilizó la herramienta *Decision Wizard*.

Figura 4. Esquema generalizado de integración de variables mediante EMC



Fuente: Elaboración propia.

Esta EMC se realizó comparando pares de criterios o variables, ocupando así la importancia relativa de los dos criterios involucrados al determinar la adecuación para el objetivo buscado (Eastman, 2001), evaluando de manera cualitativa la importancia relativa a partir de la escala propuesta por Saaty (1977) en Eastman (2001) (Cuadro 14).

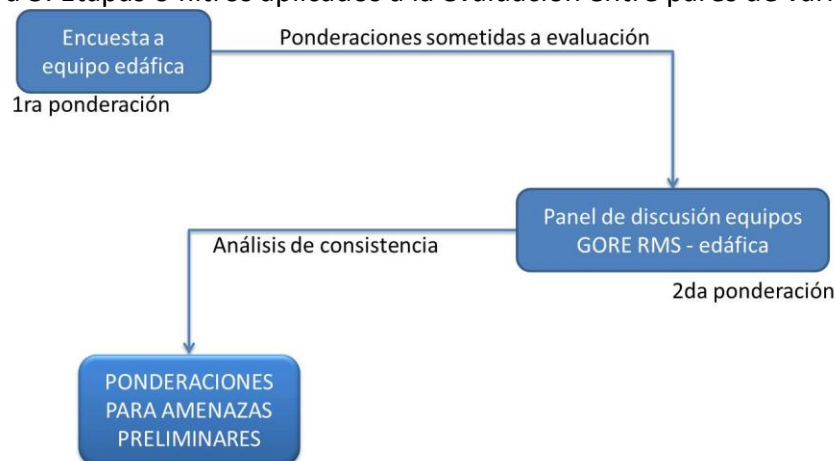
Cuadro 14. Escala de comparación entre pares de variables

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremadamente	muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	igual de importante	Moderadamente	Fuertemente	muy fuertemente	Extremadamente
Menos importante					Más importante			

Fuente: Elaboración a partir de Saaty, 1977; Eastman, 2001.

Esta evaluación entre pares se realizó en tres fases o filtros (Figura 5). Primero aplicando una encuesta a cada experto de la consulta *edáfica*, donde se obtuvo una primera evaluación. La segunda correspondió a la evaluación con el equipo GORE RMS en una mesa de discusión. Finalmente, posterior a esta evaluación se realizó un análisis de consistencia, estableciendo que dicho índice no debe superar el valor 0,1 (según lo planteado por Saaty (1977) e Eastman (2001)). De este modo, el primer autor señala que lo ideal es que este índice sea igual a 0,05, lo que depende de forma considerable de los métodos de filtros aplicados a los pesos obtenidos, que tienen como objetivo eliminar o disminuir las comparaciones ilógicas.

Figura 5. Etapas o filtros aplicados a la evaluación entre pares de variables



Fuente: Elaboración propia.

1.3. Geomorfología Fluvial (inundaciones por desbordes)

Las zonas inundables en ríos y esteros se identificaron mediante el método de análisis y evaluación de la geomorfología fluvial desarrollado por Romo y Ortiz Pérez (2001) señalado en SUBDERE (2011). Este permite identificar áreas de inundación en función de sus características de forma, alturas promedio y posición dentro del cauce.

Para este método se desarrollan dos procedimientos. En primer lugar se lleva cabo un proceso de fotointerpretación de la estructura del material deposicional, donde de acuerdo a lo señalado por SUBDERE (2011) se definieron las geoformas asociadas a los procesos de inundación y/o que pueden verse afectadas por situaciones de este tipo (Cuadro 15). “La posición geomorfológica permite determinar la cercanía tanto vertical como horizontal de espacios con mayor susceptibilidad de ser alcanzados por las aguas en situaciones de crecidas y desbordes” (SUBDERE, 2011, p. 56).

Cuadro 15. Geoformas según grado de amenaza

Geomorfología	Amenaza de inundación
Laderas y cumbres	Nulo
Formas Gravitacionales	Nulo
Terrazas medias y altas	Nulo
Ápice y sección media de conos de deyección	Nulo
Terrazas Bajas	Alto
Distales y coalescencias de conos de deyección	Moderado
Lechos fluviales poco profundos o angostos y sus riberas	Muy alto
Depresiones de terreno	Muy Alto

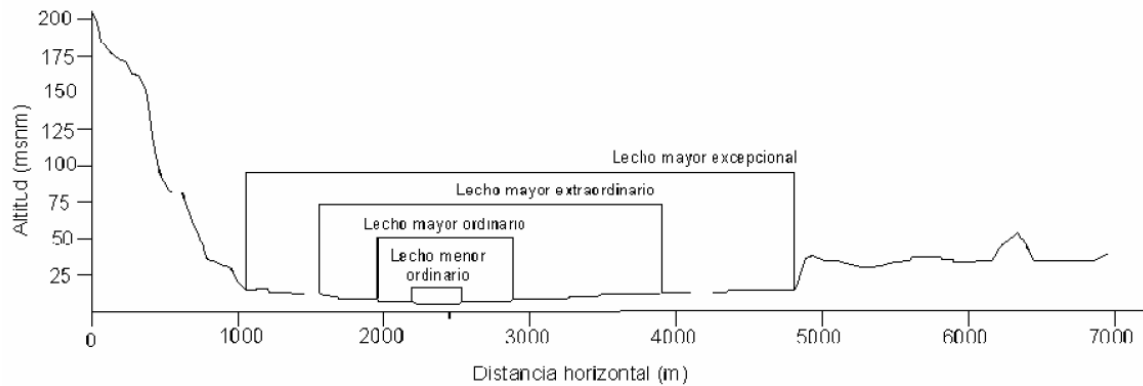
Fuente: SUBDERE, 2011.

Luego se analizaron los perfiles transversales obtenidos desde el modelo digital de terreno, generado a partir de curvas de nivel con una equidistancia de 10 metros, los que permitieron identificar las áreas de inundación recurrentes –o periódicas– y excepcionales (Figura 6). De acuerdo a lo planteado por Garnica Peña y Alcántara Ayala (2004) y Romo y Ortiz Pérez (2001), lo que se complementa con lo señalado por Ahamdanech *et al.* (2003), se definieron tres criterios:

- **Zonas de alta susceptibilidad a la inundación:** son aquellas zonas cartografiadas (en el mapa geológico) como cuaternario aluvial, con pendientes inferiores o iguales al 2% y situadas hasta 3 m de altura por encima del cauce de los ríos.
- **Zonas de susceptibilidad moderada a la inundación:** son aquellas zonas cartografiadas como cuaternario aluvial, con pendientes inferiores o iguales al 2% y situadas entre 3 y 10 m de altura por encima del cauce de los ríos.

- **Zonas no inundables:** el resto de zonas que no cumplen las condiciones anteriores.

Figura 6. Perfil transversal y delimitación de lechos fluviales



Fuente: Garnica Peña y Alcántara Ayala, 2004.

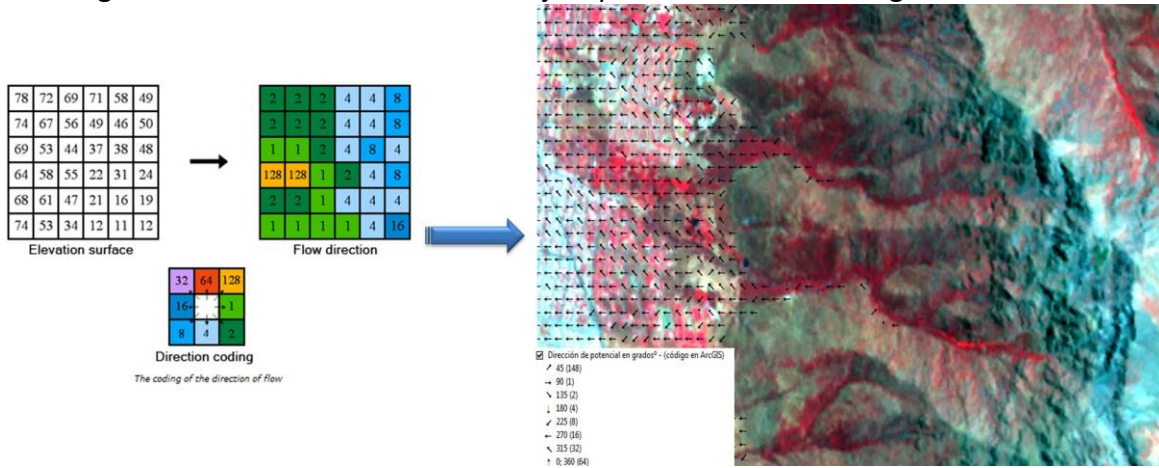
1.4. Geomorfología fuvial y clasificación de suelos (inundaciones por afloramientos de napas y mal drenaje)

En el caso de las inundaciones por afloramientos de napas y mal drenaje de suelo, se utiliza superposición simple de las zonas palustres identificadas a través de fotointerpretación y la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho de Araya Vergara (1985), con los suelos con clase de drenaje imperfecto y pobre, de acuerdo con el Estudio Agrológico de la RMS (CIREN Chile, 1996).

1.5. Modelos de flujo (inundaciones por desborde de quebradas y flujos de barro o detritos)

A través de modelos digitales de elevación se identifican las direcciones potenciales de los flujos de barro y detritos que fluyen desde las diversas quebradas presentes dentro de los veinticuatro cuadrantes de estudio (Figura 7).

Figura 7. Modelo de dirección de flujo a partir de un modelo digital de terreno

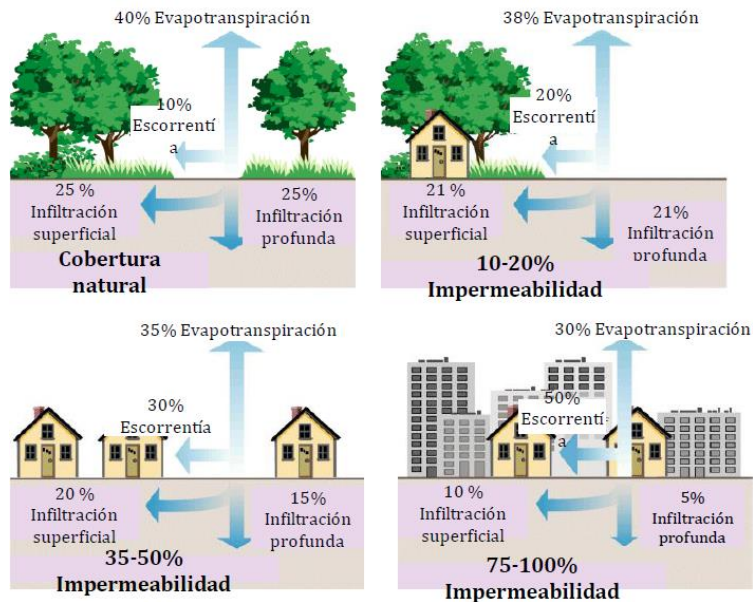


Fuente: Elaboración en base a ESRI.

1.6. Topografía y usos - coberturas de suelo (anegamientos urbanos)

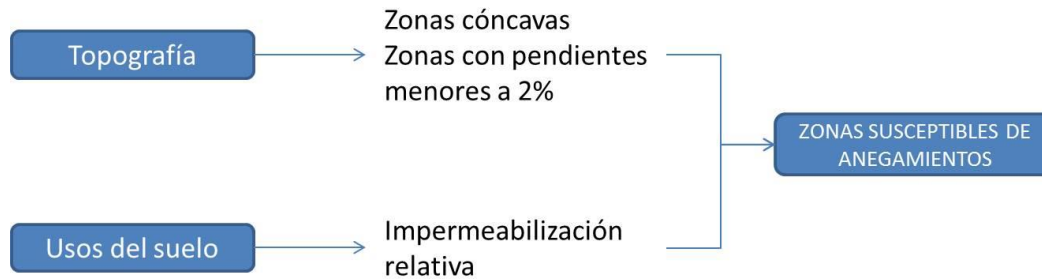
Para los anegamientos urbanos se trabaja con las características topográficas de estas zonas, tales como zonas cóncavas o deprimidas y zonas con pendientes menores a 2%. Adicionalmente se incluyó la impermeabilización relativa de los usos de suelo (Figura 8) determinadas en función de lo señalado por diversos autores (Paul y Meyer, 2001; Normabuena, 2009) y que han determinado el grado de impermeabilización según uso y cobertura de suelo (Figura 9).

Figura 8. Impactos de las cubiertas impermeables sobre el ciclo hidrológico



Fuente: adaptado de Paul y Meyer, 2001.

Figura 9. Esquema anegamientos urbanos



Fuente: Elaboración propia.

2. Elaboración cartas de vulnerabilidad

Para la elaboración de este set de cartas se utiliza la propuesta de SUBDERE (2011) que indica que la vulnerabilidad depende del grado de exposición a una determinada amenaza potencial. Esta clasificación (Cuadro 16) presenta un alto grado de determinismo geográfico, lo que podría ser contradictorio con lo señalado por Chardon (2008), quien señala la necesidad de evaluar la vulnerabilidad física y además la capacidad de resiliencia (aspectos socio-culturales) e institucional (políticas y planes de gobierno). Teniendo en cuenta que el presente estudio tiene carácter indicativo, esto es sólo una aproximación, ya que permite definir elementos o áreas prioritarias para estudios de mayor detalle que deben ser realizados con posterioridad.

Cuadro 16. Sistemas vulnerables ante las amenazas naturales

Sistemas Humanos	Sistemas Estratégicos			
	Instalaciones Esenciales	Instalaciones con Alto potencial de Daño	Redes de Transporte	Redes Vitales
Áreas residenciales	Carabineros	Instalaciones de almacenamiento y producción de sustancias peligrosas	Vías carreteras	Sistema de agua
Áreas de comercio e institucionales	Escuelas	Sustancias peligrosas	Puertos	Sistema de alcantarillado
Áreas industriales	Centros de salud	Relaves y relaveductos	Aeropuertos, aeródromos y pistas de aterrizaje	Terminal de combustible
Campamentos	Bomberos	Acumulación de agua	Terminales de buses	Sistema eléctrico (líneas de alta tensión y central o subestación eléctrica)

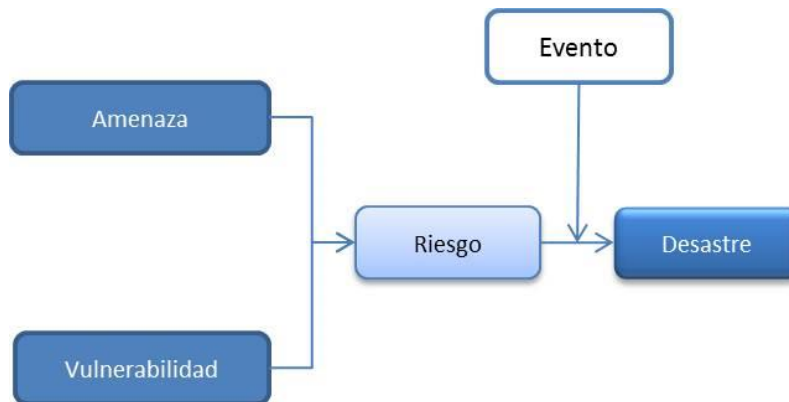
Sistemas Humanos	Sistemas Estratégicos				
	Instalaciones Esenciales	Instalaciones con Alto potencial de Daño	Alto	Redes de Transporte	Redes Vitales
	Oficinas Públicas	Rellenos sanitarios y vertederos		Sistema ferroviario	Sistema de comunicación
		Centro nuclear			

Fuente: Elaboración a partir de SUBDERE, 2011.

3. Elaboración cartas de riesgos

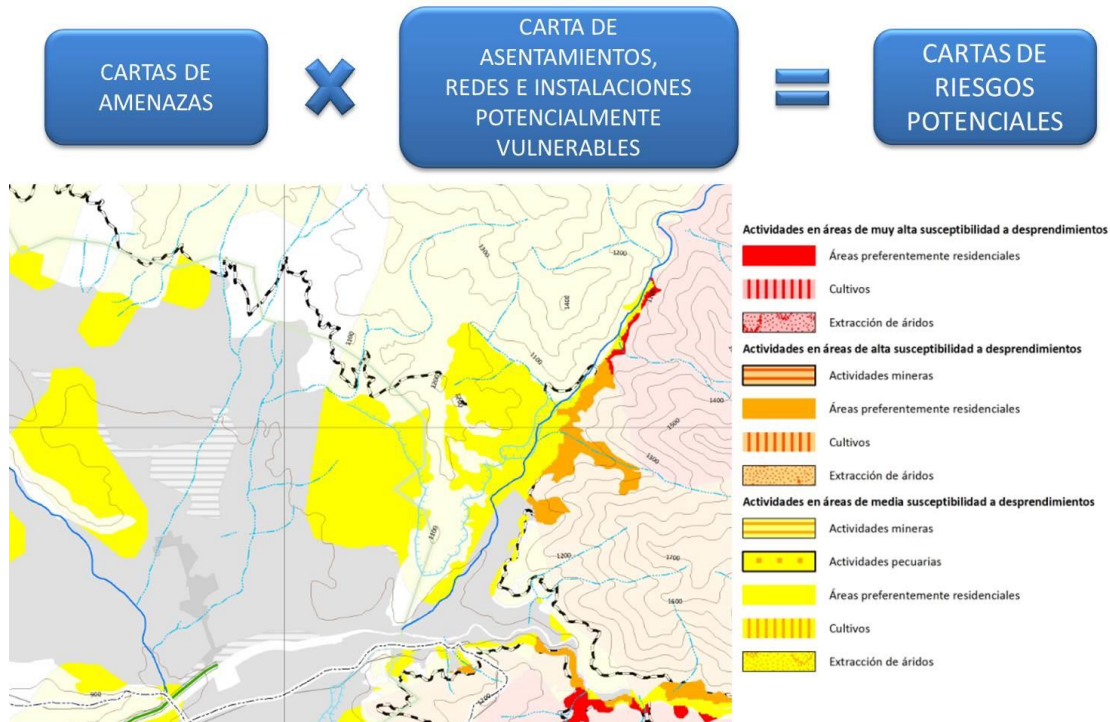
El modelo de riesgos se realiza a partir de la combinación de información por yuxtaposición y/o superposición de la información generada de las cartas de amenazas potenciales y elementos vulnerables, de acuerdo al modelo de riesgos utilizado en el presente estudio (Figura 10 y Figura 11).

Figura 10. Modelo de riesgos



Fuente: GTZ, Eschborn, (2001; en SUBDERE, 2011).

Figura 11. Ejemplo de aplicación modelo de riesgos



Fuente: Elaboración propia.

4. Verificación en terreno

Para el desarrollo del trabajo en terreno se planificaron diez salidas a terreno conjuntamente con el equipo GORE RMS y *edáfica*. Estos diez terrenos correspondieron a transectos con seis a trece puntos de observación (Cuadro 17 y Figura 12), los que se definieron en función de tres criterios:

- Validación de sitios obtenidos desde la carta preliminar de amenazas.
- Identificación de procesos obtenidos a través de información secundaria recolectada en la etapa I del proyecto.
- Sitios de ocurrencia de eventos de gran magnitud documentados y registrados en diversas fuentes.

De acuerdo con lo anterior se obtuvieron fotografías de los puntos visitados y fichas de registro como parte de los resultados de la campaña de terreno.

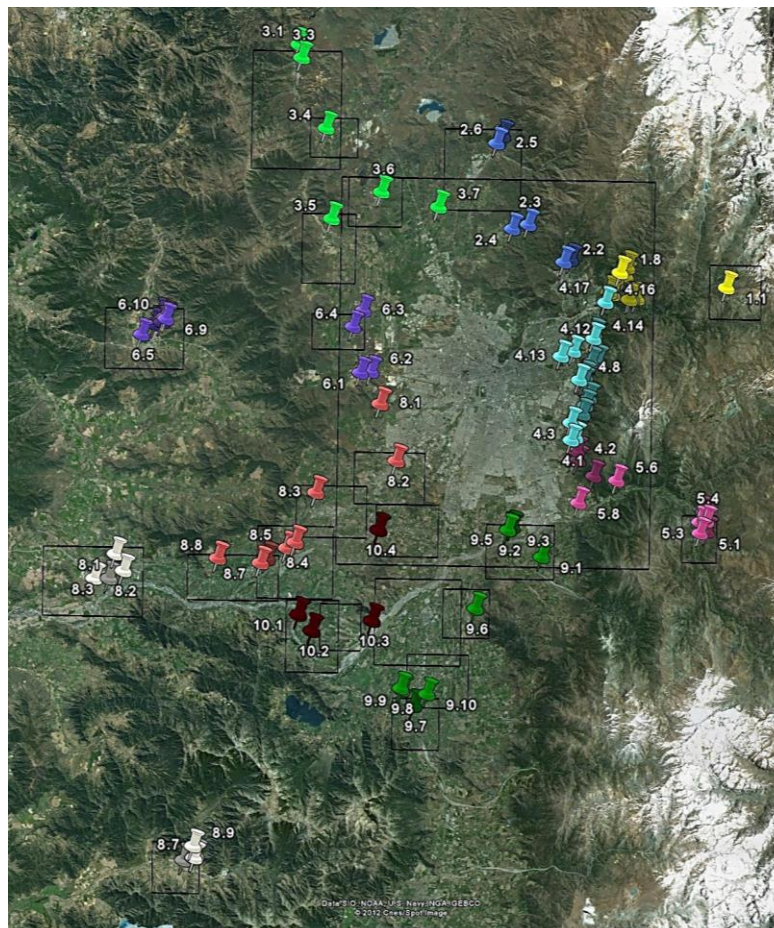
Cuadro 17. Número de puntos según transecto

N° transecto	N° de puntos realizados	Fecha de terreno
T 1	9	14-11-2012

N° transecto	N° de puntos realizados	Fecha de terreno
T 2	7	08-11-2012
T 3	7	08-11-2012
T 4	17	14-11-2012
T 5	10	22-11-2012
T 6	11	15-11-2012
T 7	8	13-11-2012
T 8	9	20-11-2012
T 9	10	13-11-2012
T 10	4	12-11-2012
total de puntos realizados	92	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Puntos de análisis en terreno



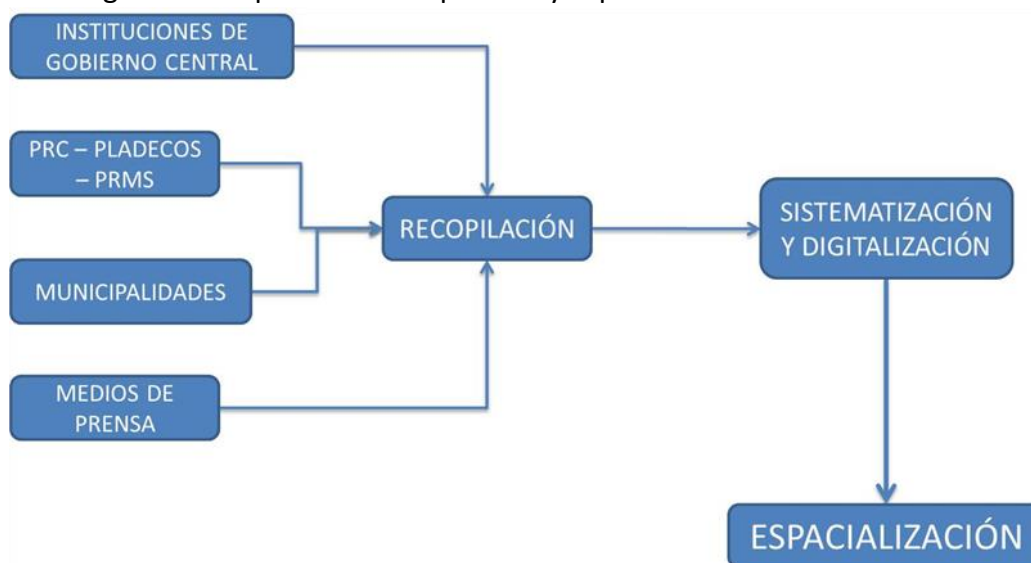
Fuente: Elaboración propia en software Google Earth.

5. Registros de antecedentes

Los eventos y antecedentes seleccionados se recopilan a partir de fuentes secundarias, entre las cuales se pueden mencionar: Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), DGA, información solicitada directamente a las municipalidades. Adicionalmente se obtiene datos de diarios y radios online (agricultura, cooperativa), información general (soychile.cl), noticieros.

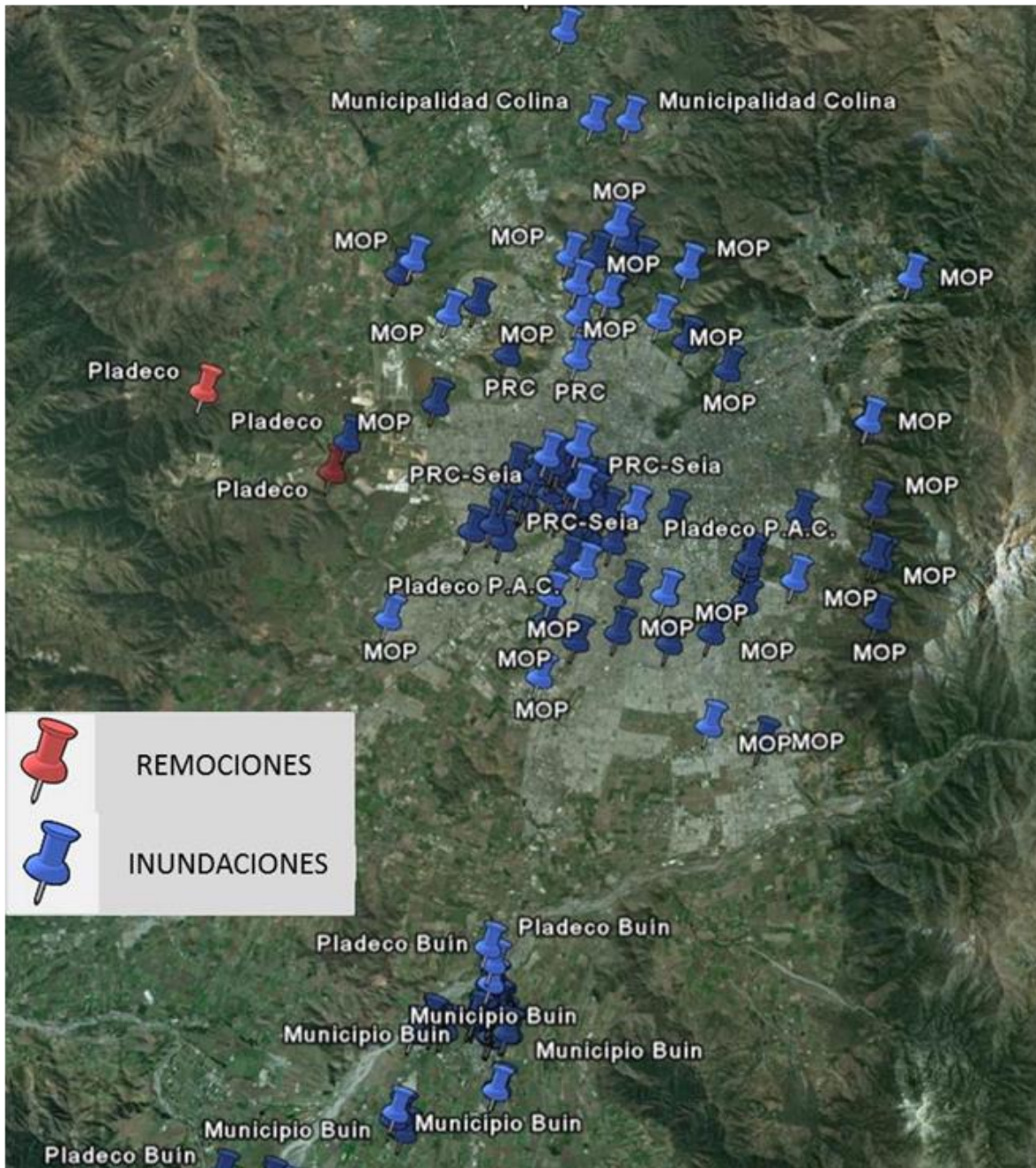
En primer lugar, la información se organiza y clasifica en planillas de datos según el origen, tales como eventos o antecedentes, agrupándolos en las categorías de inundaciones o remociones en masa y también si es que fueron espacializados o no. A esta información, se le agregaron aspectos complementarios, como la fecha y comuna de ocurrencia, la fuente de información, ubicación, tipo de evento, efectos producidos, características y coordenadas geográficas (siempre y cuando fuera posible) (Figura 13). Para aquellos datos que poseían coordenadas o referencias claras de lugar se procede a espacializarlos en Google Earth para poder tener una perspectiva visual de la información (Figura 14).

Figura 13. Esquema de recopilación y espacialización de información



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Ejemplo de espacialización de información recopilada



Fuente: Elaboración propia sobre software Google Earth

El origen de la información de los Planes Reguladores Comunales (PRC) y los Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO) se presenta en el Cuadro 18 con los datos según la amenaza, la localización comunal y el origen del dato.

Cuadro 18. Antecedentes de riesgos naturales o amenazas derivadas de procesos naturales obtenidas desde instrumentos de planificación territorial (PRC y PLADECO)

Nombre del asentamiento	PRC	PLADECO	Tipo de información	Clasificaciones	Observaciones
Peñaflor	2010 (SEIA) - con información	2006/2010 - con información	planos - normativa - antecedentes	Zonas de inundación - Remoción en masa - Napa freática superficial - Crecidas - Drenajes	Zonificación (referencial) basada en PLADECO Y PRC (SEIA)
Colina	2010 - con información	2009/2012 - sin información	planos - normativa	Por cauces naturales y afloramiento de napas freáticas - Inundación por quebradas - Remoción en masa	Zonificación basada en plano de riesgos PRC
Melipilla	1988 - con información	2008/2011 - sin información	planos - normativa	Restricción por quebradas - Zonas susceptibles de deterioro por erosión	Zonificación basada en plano PRC
Talagante	2011 - con información	si tiene (no encontrado)	planos - normativa	Inundación y cauces - Pendiente y remoción en masa	Zonificación (referencial) basada en PRC y estudio de riesgo
Buin (Alto Jahuel)	2012 - sin información	2009/2016 - con información	antecedentes	Zonas inundación	Puntos de información de eventos (zonas de inundación) PLADECO
El Monte	2008 (SEIA) - con información	-	planos - normativa - antecedentes	Inundación - Afloramiento de napas subterráneas - Cauces artificiales - Pendientes	Zonificación (referencial) basada en PRC, Memoria Explicativa y Estudio de riesgo
Paine (Hospital)	1993-sin información - 2010(SEIA)-con información	2004/2012 - sin información	planos	Zonas inundación - Napa freática superficial - Remoción en masa	Zonificación (referencial) basada en estudio de riesgo
Curacaví	1991 - con información	2007/2011 - sin información	plano - normativa	Inundación	Zonificación basada en plano PRC
Lampa (Batuco)	si tiene (no encontrado)	si tiene (no encontrado)	-	-	
Isla de Maipo (La Islita)	1994 - sin información	2000/2004 - sin información	-	-	
Bajos de San Agustín (Calera de Tango)	-	2005/2008 - sin información	-	-	
San José de Maipo	-	si tiene (no encontrado)	-	-	
Tiltil (Polpaico)	-	2004/2009 - con información	antecedentes	Riesgo remoción en masa	Puntos (referenciales) basados en PLADECO
Padre Hurtado	2005 - sin información	2007/2009 - con información	antecedentes	Inundación	Puntos (referenciales) basados en PLADECO

Nombre del asentamiento	PRC	PLADECO	Tipo de información	Clasificaciones	Observaciones
Pirque	-	2011/2015 - sin información	-	-	
Alhué	2007 - con información	2004/2008 - con información	antecedentes	Zonas inundación	200 m a cada lado del cauce, terrazas fluviales más bajas
Cerrillos	-	2008/2011 - sin información	-	-	
Cerro Navia	1993 - con información	2011/2015 - sin información	planos - normativa	Áreas recurrentemente inundables	Zonificación basada en plano PRC
Conchalí	1983 - sin información	2012/2015 - sin información	-	-	
El Bosque	2006 - sin información	2003/2008 - sin información	-	-	
Estación Central	2006 (SEIA) - con información	2005/2010 - sin información	antecedentes - planos	Puntos zonas de anegamiento - Zonas protección cauces	Zonificación y puntos (referenciales) basados en planos PRC (SEIA)
Huechuraba	2004 - con información	2003/2007 - con información	planos - normativas - antecedentes	Quebradas - Remoción en masa - Inundación	Zonificación basada en planos PRC
Independencia	2008 - sin información	2005/2009 - sin información	-	-	
La Cisterna	2004 - con información	2009/2015 - con información	planos - normativa - antecedentes	Zonas de inundación	Zonificación basada en planos PRC
La Florida	2001 - con información	2009/2016 - sin información	planos - normativa	Zonas inundación - Zonas remoción en masa	Zonificación basada en planos PRC
La Pintana	-	2012/2016 - sin información	-	-	
La Granja	1991 - sin información	2004/2010 - sin información	-	-	
La Reina	2001 - con información	2008/2012 - con información	planos - antecedentes - normativas	Zonas inundación - Quebradas	Zonificación basada en planos PRC
Las Condes	2011 - con información	2010/2014 - sin información	planos - normativa	Quebradas	Zonificación basada en planos PRC (Revisar restricción 25 m a cada lado de la quebrada)
Lo Barnechea (Farellones)	2002 - con información	2009/2015 - sin información	planos - normativa	Zonas inundación - Quebradas - Protección cauce natural	Zonificación basada en planos PRC
Lo Espejo	1983 - sin	si tiene (no	-	-	

Nombre del asentamiento	PRC	PLADECO	Tipo de información	Clasificaciones	Observaciones
	información	encontrado)			
Lo Prado	2009 - sin información	2006/2010 - sin información	-	-	
Macul	2004 - sin información	2009/2012 - sin información	-	-	
Maipú	2004 - con información	2008/2012 - sin información	planos - normativa	Zonas inundación	Zonificación basada en planos PRC
Ñuñoa	(1989)2004 - sin información	2009/2015 - sin información	-	-	
Pedro Aguirre Cerda	1991 - sin información	2009/2012 - con información	antecedentes	Inundación	Nodos críticos de inundación (PLADECO) - Áreas de inundación
Peñalolén	1989(2009) - con información	2009/2012 - sin información	planos	Zonas inundación - Quebradas - Remoción en masa	Zonificación basada (referencial) en estudio de riesgo
Providencia	2007 - con información	2006/2012 - sin información	antecedentes	Remoción en masa - Inundación (protección de cauces naturales)	Zonificación referencial basada en antecedentes PRC
Pudahuel (Noviciado)	1972 - sin información	2006/2010 con información	antecedentes	Zonas de inundación - Remoción en masa	Puntos (referenciales) basados en PLADECO
Quilicura	1985 - sin información	2010/2014 - sin información	-	-	
Quinta Normal	1987 - sin información	2010/2014 - sin información	-	-	
Recoleta	2005 - con información	2011/2013 - sin información	planos - normativa	Remoción en masa	Zonificación basada en planos PRC
Renca	1985 - con información	2008/2012 - con información	planos - normativa - antecedentes	Zonas anegamiento - Protección cauce	Zonificación basada en planos PRC - Puntos (referenciales) basados en PLADECO
San Miguel	2005 - con información	2007/2011 - sin información	planos - normativa	Protección de canales	Zonificación basada en planos PRC
San Joaquín	2000 - con información	2006/2010 - sin información	planos - normativa	Zonas recurrentes de inundación	Zonificación basada en planos PRC
San Ramón	-	2011/2015 - sin información	-	-	
Santiago	1990(2008) - sin información	2010/2013 - sin información	-	-	

Nombre del asentamiento	PRC	PLADECO	Tipo de información	Clasificaciones	Observaciones
Vitacura	1999 - con información	2009/2015 - sin información	planos - normativa	Remoción en masa	Zonificación basada en planos PRC
San Bernardo	2006 - sin información	2011/2020 - con información	antecedentes	Zonas recurrentes de inundación	Antecedentes en información no espacializada
Puente Alto	2003 - con información	2011/2020 - sin información	planos - normativa	Zonas inundación recurrente - Zonas inundación quebradas y cauces naturales	Zonificación basada en planos PRC
Provincias Talagante-Melipilla	PRMS 2006 - con información	-	planos - normativa	Remoción en masa - zona inundación y protección cauce - napa freática superficial	Zonificación (referencial) basada en planos PRMS
Provincia Chacabuco	PRMS 1997 - con información	-	planos - normativa	Remoción en masa - zona inundación y protección cauce - napa freática superficial	Zonificación (referencial) basada en planos PRMS
Provincia Santiago	PRMS 1994 - con información	-	planos - normativa	Remoción en masa - zona inundación y protección cauce - napa freática superficial	Zonificación (referencial) basada en planos PRMS

Fuente: Elaboración propia.

6. Registros fluviométricos y pluviométricos

La información referente a las estaciones pluviométricas existentes en la RMS (Figura 15) se recopila según la base de datos de la DGA. Posteriormente se solicita de manera formal al Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través del Sistema de Información y Atención Ciudadana del mismo ministerio, donde se requirieron datos para todas las estaciones con registros desde el año 1986 a la fecha, información contenida en los registros del por Centro de Información Dirección de Obras Hidráulicas (CIDOH). Estos son:

- Precipitación máxima mensual en 24;
- Precipitación máxima mensual en 24, 48 y 72 horas;
- Precipitación máxima anual en 24 horas;
- Precipitación máxima anual en 24, 48 y 72 horas.

Posterior a la recepción de la información por parte del Sistema de información y atención ciudadana, se realiza una inspección visual con el fin de seleccionar y definir aquellas estaciones meteorológicas que presenten una longitud de registro entre los años 1986 y 2012, y un tamaño de registro adecuado para el análisis posterior.

De las 40 estaciones y sus respectivos registros entregados por el CIDOH, posteriormente se realiza una inspección visual de esta con el fin de determinar las estaciones

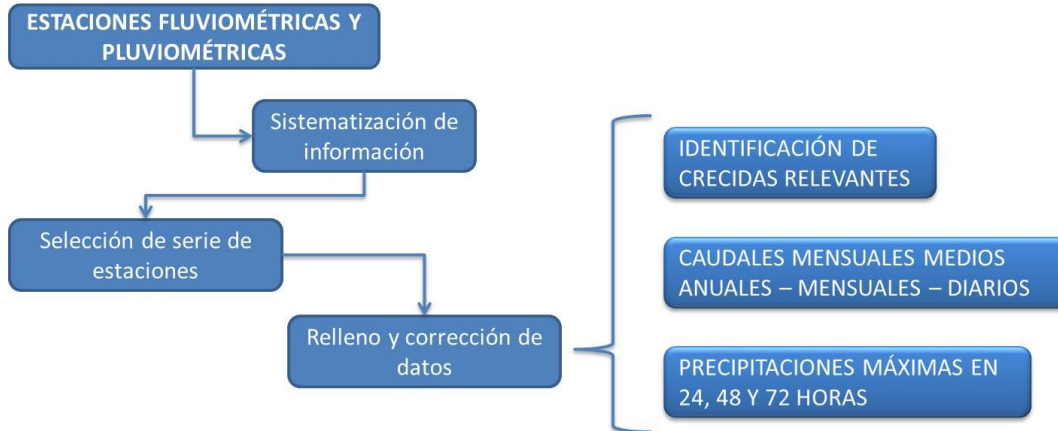
meteorológicas más adecuadas para el desarrollo del presente proyecto. Para esto se tomaron en cuenta parámetros tales como la cantidad de vacíos, o periodos sin registro de datos para cada estación, ubicación geográfica y altura geográfica de cada una. Las estaciones fueron espacializadas en el software Google Earth en formato KMZ (Keyhole Markup Language) con el fin de sectorizar las estaciones patrón y el resto de las estaciones. Finalmente se seleccionan 18 estaciones meteorológicas, las cuales se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Estaciones meteorológicas definitivas

N°	Nombre Estación	Altura	Coord.	UTM	Registro	
		msnm	Norte	Este	Desde	Hasta
1	Angostura en Valdivia de Paine	350	6.257.882	326.123	1988	2012
2	Antupirén	920	6.292.595	359.131	1980	2012
3	Caleu	1.150	6.346.307	313.778	1980	2012
4	Cerro calán	800	6.303.810	357.081	1980	2012
5	El vergel	340	6.269.587	324.159	1988	2012
6	Embalse El Yeso	2.475	6.273.104	399.083	1980	2012
7	Embalse Huechún	570	6.337.211	332.237	1988	2012
8	La Ermita Central en Bocatoma	1.350	6.309.978	373.099	1988	2012
9	Las Melosas	1.527	6.248.289	389.224	1980	2004
10	Los Panguiles	195	6.298.195	311.699	1981	2012
11	Melipilla	165	6.269.506	295.282	1980	2012
12	Pirque	670	6.272.845	352.877	1980	2012
13	Ramon Quebrada	800	6.299.823	358.328	1980	2008
14	Rincón de los Valles	900	6.353.085	334.460	1980	2008
15	San Gabriel	1.240	6.261.000	385.603	1980	2012
16	San José de Maipo reten	970	6.277.311	374.507	1980	2012
17	Terraza oficinas centrales DGA	560	6.297.712	347.149	1980	2012
18	Villa Alhué	197	6231926	306637	1980	2012

Fuente: Elaboración a partir de datos del CIDOH.

Figura 15. Esquema de análisis de información hidro-meteorológica



Fuente: Elaboración propia.

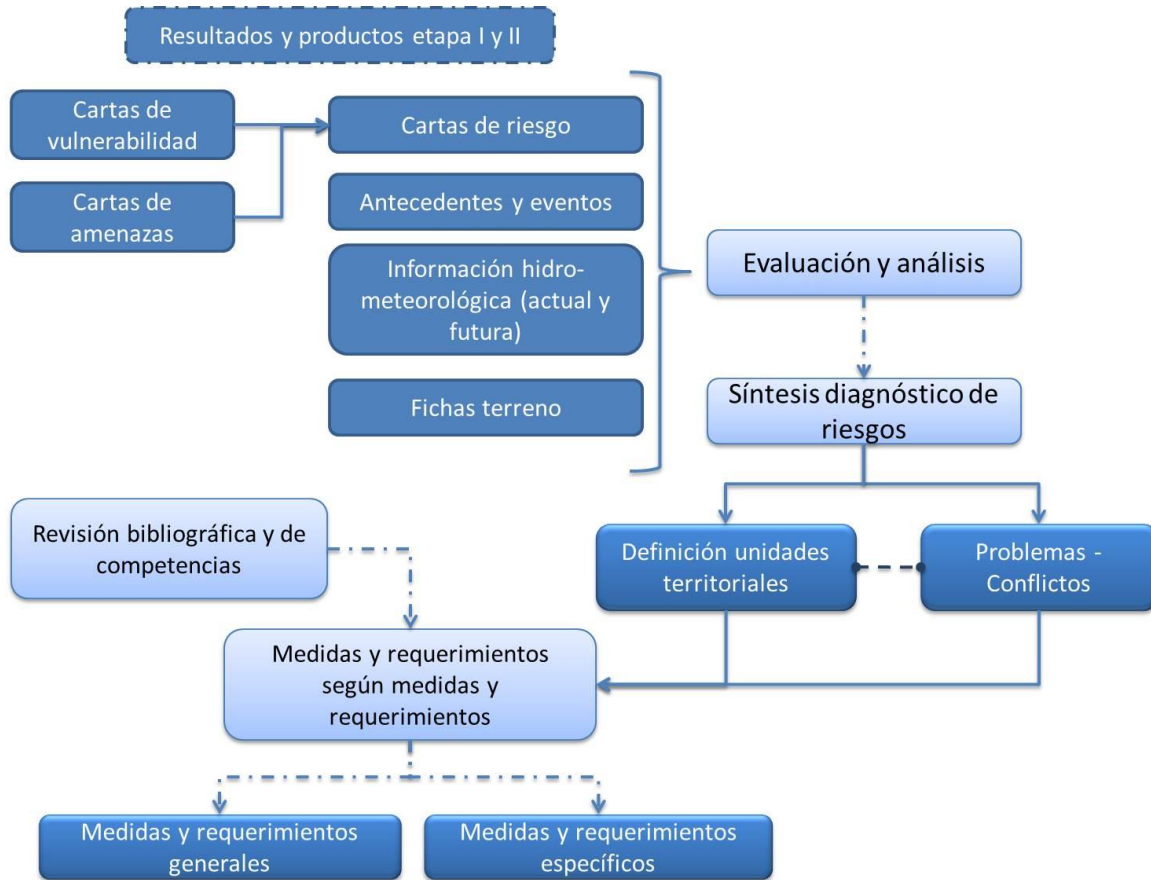
7. Propuesta de planificación y ordenamiento territorial en la gestión del riesgo potencial

El desarrollo de la propuesta de planificación y ordenamiento territorial en la gestión del riesgo potencial derivados de procesos naturales se efectúa en tres fases (Figura 16):

- Definición y delimitación de unidades territoriales;
- Identificación de problemas y conflictos para cada unidad territorial;
- Propuesta de medidas y requerimientos.

Estas actividades fueron realizadas a través del análisis y diagnóstico de los resultados y producto de las etapas I y II (Figura 16). De esta forma se determinó las unidades territoriales con sus problemas y conflictos. Este planteamiento metodológico se desarrolló en base al Proyecto OTAS considerando su informe final (Contreras *et al.*, 2005; Contreras y Ubilla, 2005) y la Guía Metodológica de Planificación Ecológica del Territorio (Salas, 2002), cuyas instituciones auspiciadoras fueron el GORE RMS, la Universidad de Chile y la Agencia Técnica de Cooperación Alemana (GTZ).

Figura 16. Planteamiento metodológico propuesta de planificación y ordenamiento territorial en la gestión del riesgo potencial



Fuente: Elaboración propia.

Bajo el mismo marco metodológico se desarrolla la propuesta de medidas y requerimientos, donde existe una división entre propuestas estructurales y no estructurales (Figura 17). Las primeras corresponden a toda medida física o de infraestructura que se emplee para mitigar el fenómeno transformando el entorno natural. Las segundas son todas aquellas estrategias que no implican una modificación física del entorno natural, si no que son procedimientos de prevención o alerta que advierten una situación de riesgo.

Figura 17. Clasificación de medidas y requerimientos



Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

1. Amenazas

Cuadro 20. Comparaciones realizadas para desprendimientos

Matriz de comparación	Alteración del material basal	Pendientes	Cercanía a fallas	Estructura del material basal
Alteración del material basal	1			
Pendientes	1/3	1		
Cercanía a fallas	1/5	1/5	1	
Estructura del material basal	2	3	5	1

Fuente: Elaboración propia

Ponderaciones obtenidas:

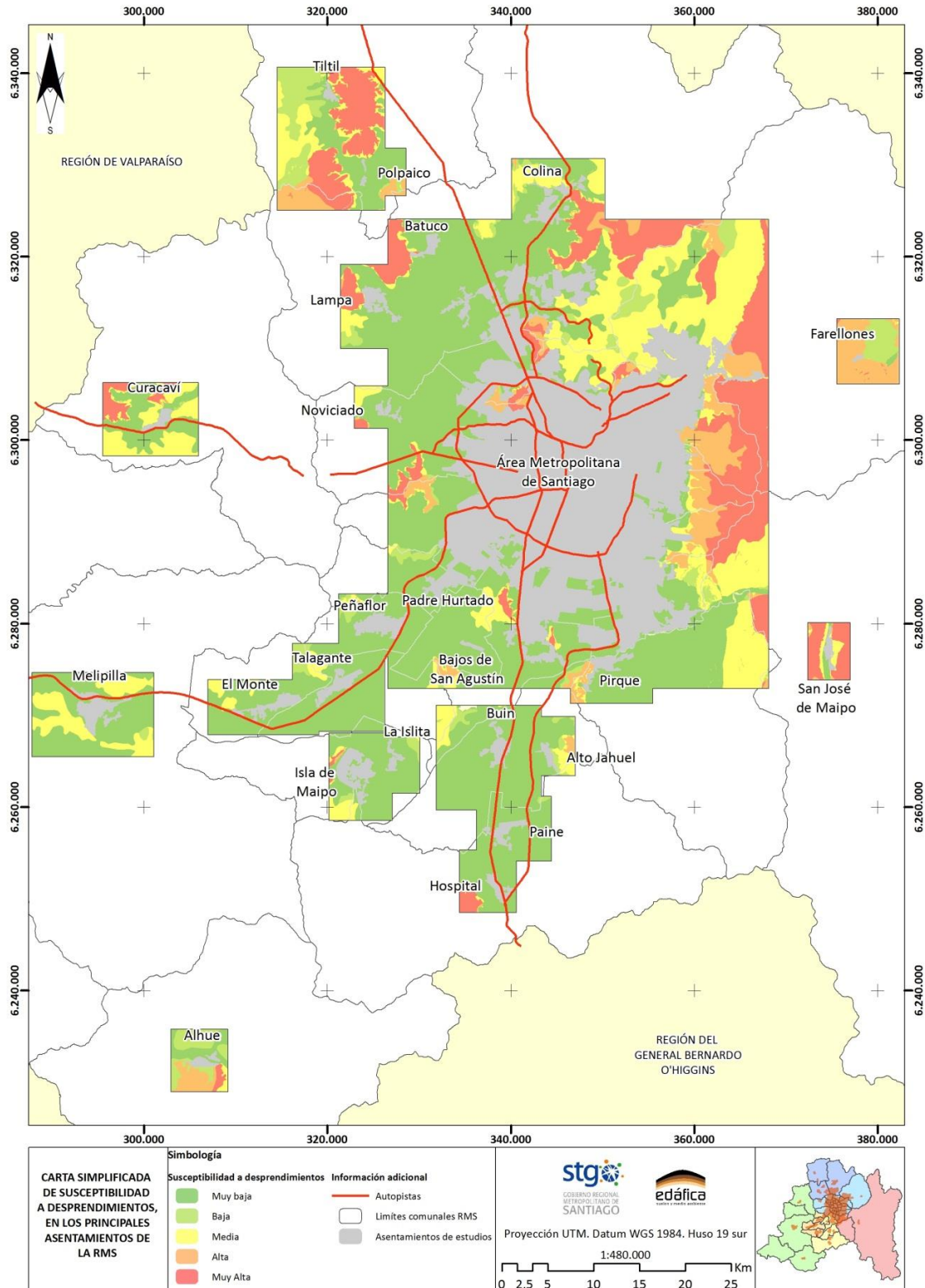
- Alteración del material basal: 0,3248
- Pendientes: 0,1486
- Cercanía a fallas: 0,0665
- Estructura del material basal: 0,4601

Índice de consistencia: 0,04

Según se puede observar en la Figura 18, respecto a la susceptibilidad de desprendimientos en los asentamientos de la RMS analizados en el presente estudio, existe una tendencia lógica de alto riesgo para este tipo de amenaza en la mayor parte de zonas de montaña, principalmente hacia las zonas de alta cordillera Andina. Esto incluye el sector oriente de Santiago y Colina, así como también los asentamientos de San José de Maipo y Farellones. En el caso de estos dos últimos, dadas sus características de ubicación en plena cordillera de Los Andes. De igual forma, existe un alto riesgo de posibilidad de desprendimientos en gran parte del cordón montañoso de la cordillera de la Costa, lo que afecta principalmente a las localidades de Tiltil, Batuco, Lampa, Curacaví, Alhué, y en menor medida de Polpaico, Noviciado y Hospital.

Todo esto se ve intensificado por las condiciones en que se encuentran gran parte del material basal de las laderas cercanas a gran parte de las localidades nombradas, tanto en su estructura como en su grado de alteración. En muchos casos estas se presentan meteorizadas, así como también antropizadas, sumado a las pendientes que se encuentran ya cercanas a las zonas urbanizadas de las diferentes localidades.

Figura 18. Carta simplificada de susceptibilidad a desprendimientos



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Comparaciones realizadas para deslizamientos

Matriz de comparación	Alteración del material basal	Pendientes	Cercanía a fallas	Tipo de vegetación	Erodabilidad del suelo	Estructura del material basal
Alteración del material basal	1					
Pendientes	2	1				
Cercanía a fallas	1/4	1/7	1			
Tipo de vegetación	1/3	1	4	1		
Erodabilidad del suelo	4	2	5	1	1	
Estructura del material basal	1/3	1	2	1	1/4	1

Fuente: Elaboración propia.

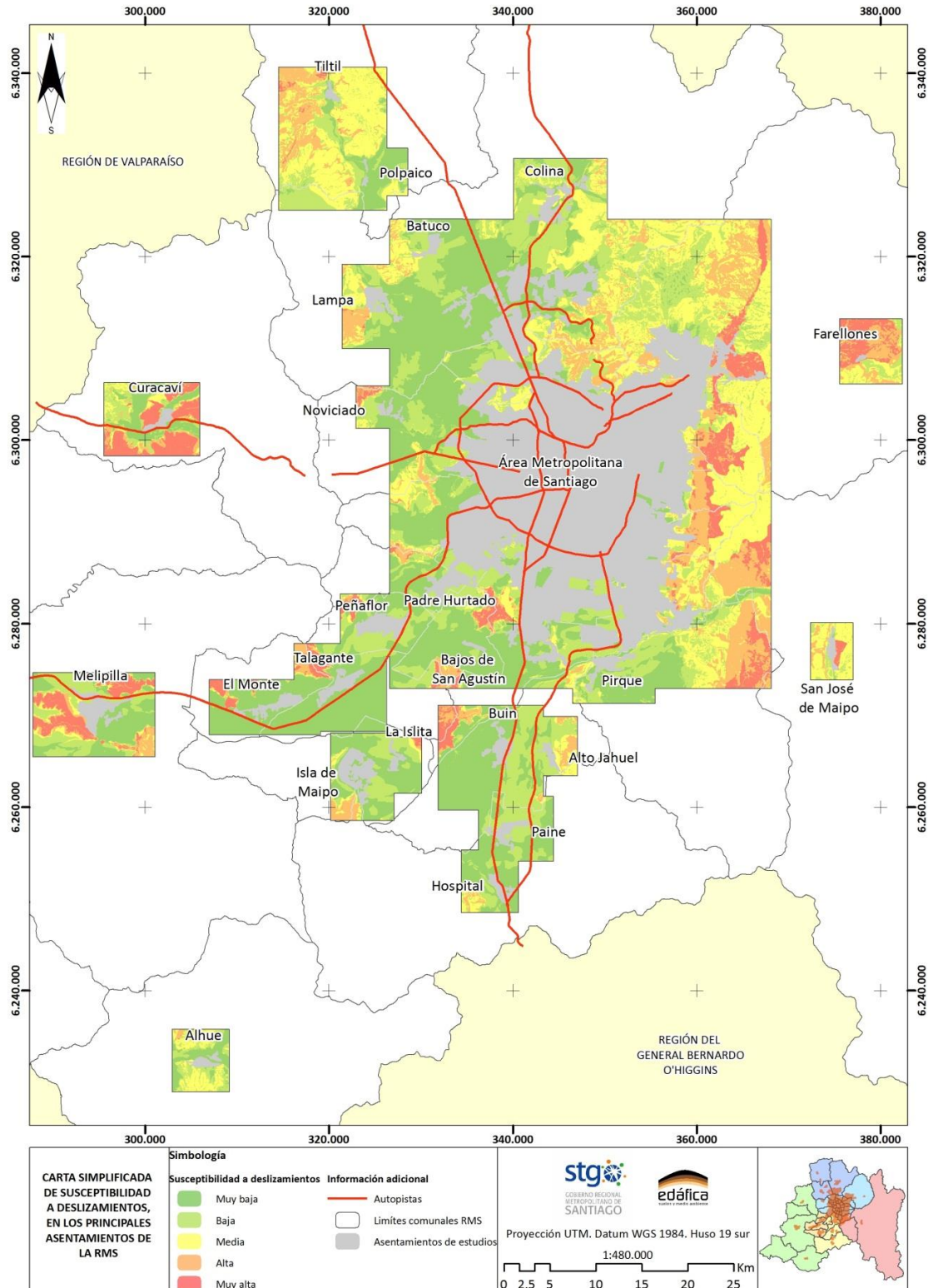
Ponderaciones obtenidas:

- Alteración del material basal: 0,1708
- Pendientes: 0,1864
- Cercanía a fallas: 0,0358
- Tipo de vegetación: 0,1565
- Erodabilidad del suelo: 0,3199
- Estructura del material basal: 0,1396

Índice de consistencia: 0,09

Para el caso de la susceptibilidad a deslizamientos en la RMS se puede ver una mayor relación a zonas principalmente de quebradas (Figura 19). En este sentido, para el caso de Santiago, las zonas de mayor susceptibilidad se encuentran en el piedmont de la cordillera de Los Andes (hacia el sector oriente de esta ciudad). De igual forma, en los asentamientos de zonas de alta montaña andina, los riesgos de ocurrencia de deslizamiento son potencialmente más altos en Farellones que en San José de Maipo (aunque se observó que las laderas del lado oriente de este último asentamiento sí posee una mayor potencialidad de riesgo). Otros asentamientos que se encuentran en áreas de alta susceptibilidad natural de deslizamiento son principalmente Curacaví y Melipilla, en gran medida debido a las características que presenta la cordillera de la Costa en estos lugares. Mientras que en menor medida también tienen algún grado de susceptibilidad a deslizamientos las localidades de Tiltil, Noviciado, Padre Hurtado, Peñaflores, Talagante y La Islita. En la mayor parte de los casos considerados, también se observa que se trata de laderas degradadas y con grados relativamente importantes de erosión.

Figura 19. Carta simplificada de susceptibilidad a deslizamientos



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Comparaciones realizadas para ignición de incendios forestales

Matriz de comparación	Exposición solar	Cercanía a autopistas	Cercanía a caminos (pavimentados y no pavimentados)	Cercanía a huellas y senderos	Cercanía a centros poblados	Cercanía a actividades agrícolas
Exposición solar	1					
Cercanía a autopistas	5	1				
Cercanía a caminos (pavimentados y no pavimentados)	5	5	1			
Cercanía a huellas y senderos	5	6	3	1		
Cercanía a centros poblados	6	4	2	1	1	
Cercanía a actividades agrícolas	7	7	5	3	3	1

Fuente: Elaboración propia.

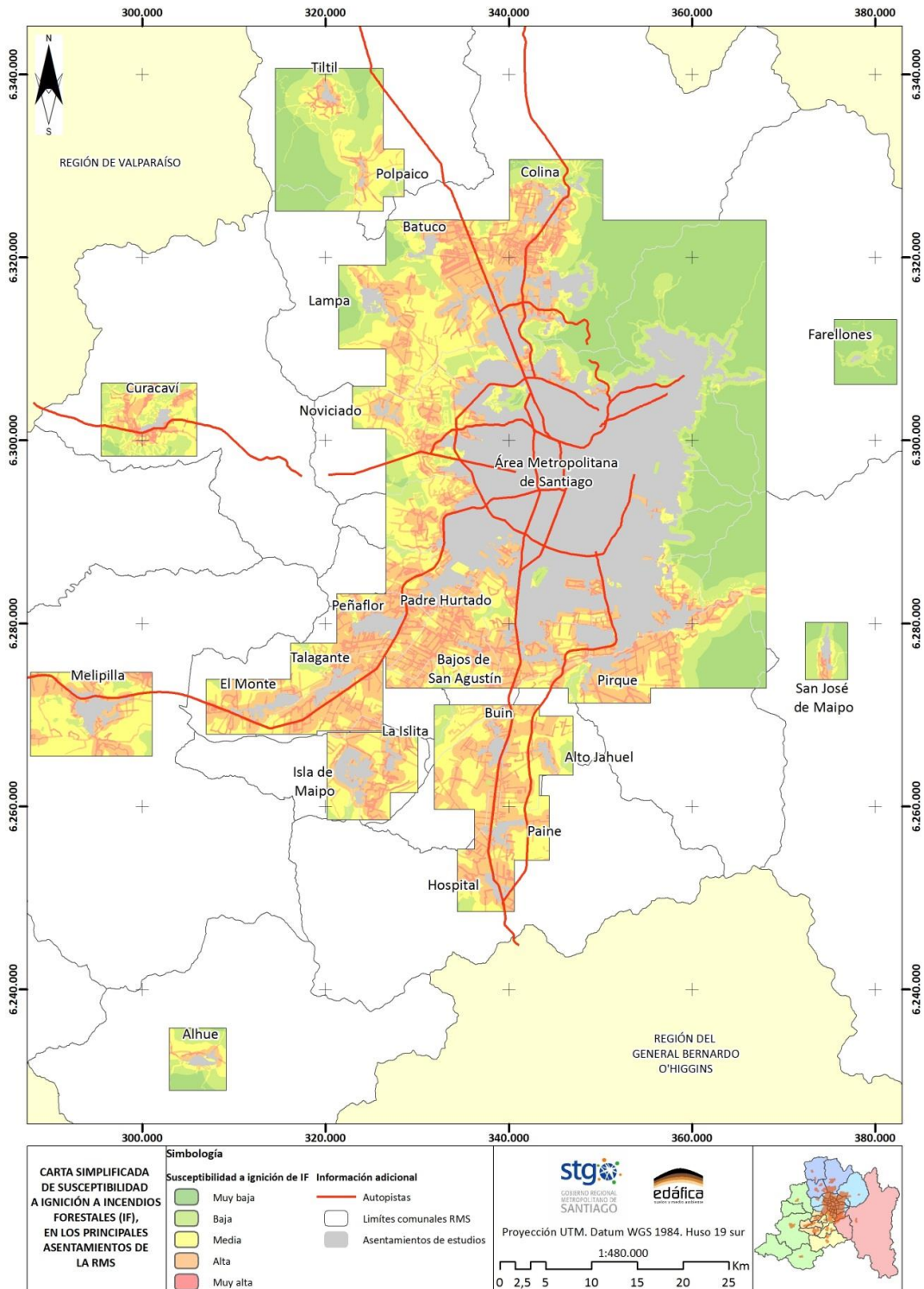
Ponderaciones obtenidas:

- Exposición solar: 0,0294
- Cercanía a autopistas: 0,0552
- Cercanía a caminos (pavimentados y no pavimentados): 0,1186
- Cercanía a huellas y senderos: 0,2054
- Cercanía a centros poblados: 0,1751
- Cercanía a actividades agrícolas: 0,4163

Índice de consistencia: 0,09

La susceptibilidad a ignición de incendios forestales se encuentra en la mayor parte de las zonas periféricas de todas las localidades consideradas, excepto la zona nororiente de Santiago y Farellones (Figura 20). Esto debido en gran medida a las características vegetales y paisajísticas, sobre todo de las laderas que se aprecian en gran parte de la RMS. A esto se suma la presencia humana, lo que aumenta las probabilidades de ignición de incendios forestales, sobre todo en sectores periurbanos donde se suman varios factores, entre estos, las 'quemadas' de pastizales.

Figura 20. Carta simplificada de susceptibilidad a ignición de incendios forestales



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Comparaciones realizadas para ignición de incendios forestales

Matriz de comparación	Pendientes	Cubierta vegetal
Pendientes	1	
Cubierta vegetal	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Ponderaciones obtenidas:

- Pendientes: 0,0294
- Cubierta vegetal: 0,0552

Índice de consistencia: No aplica

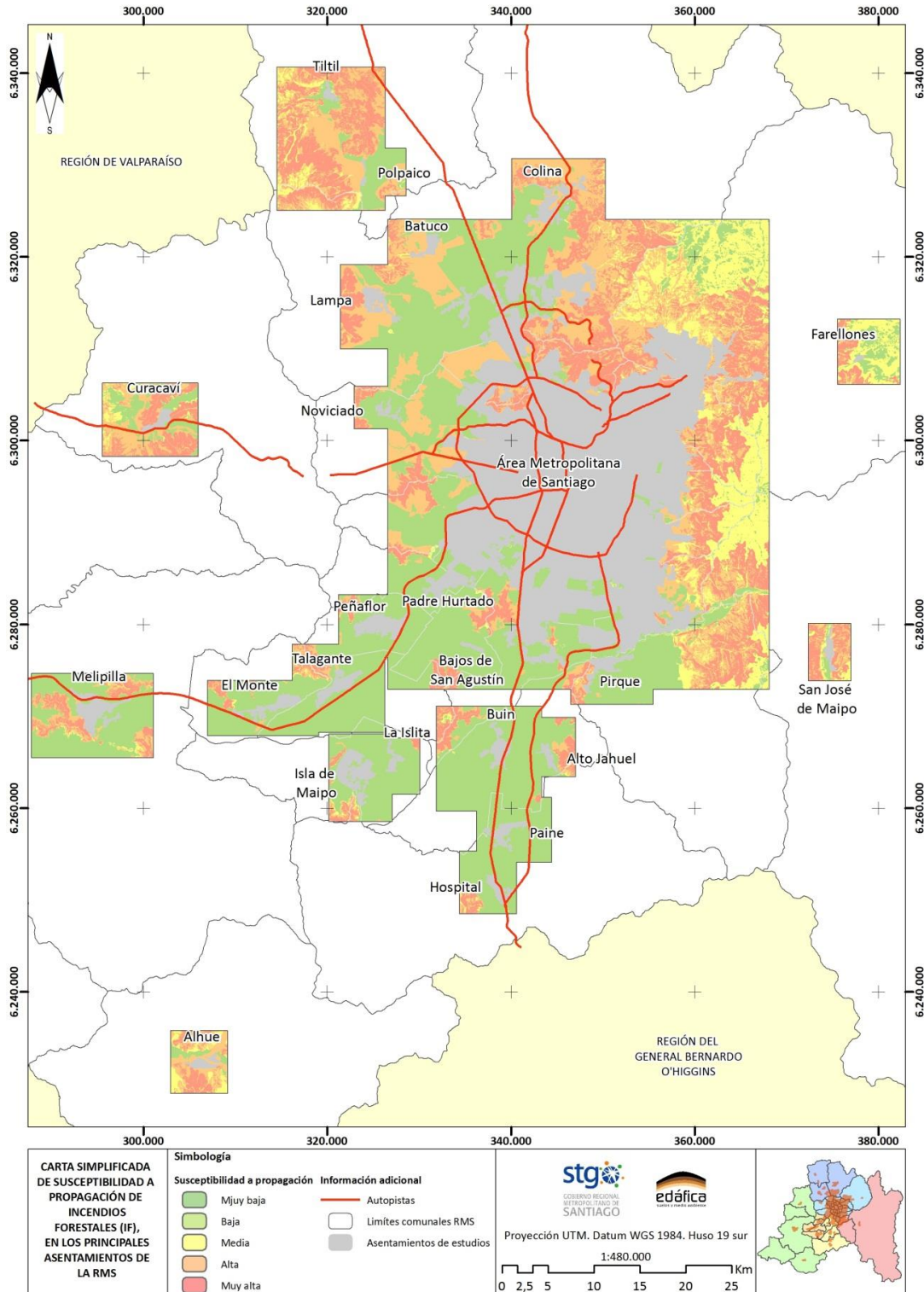
En concordancia con el punto anterior, la susceptibilidad a la propagación de incendios forestales también guarda una importante relación con la existencia de los cordones montañosos y otros cerros que se encuentran a lo largo y ancho de la RMS. De esta forma, hacia el sector norte de la RMS (provincia de Chacabuco) se puede encontrar una alta potencialidad de propagación de incendios forestales, afectando fuertemente a las localidades de Tiltil, Polpaico, Colina, Batuco, Lampa, Curacaví y el sector norte de la Metrópoli de Santiago (Figura 21). Esto se debe a la fuerte presencia de vegetación con características relacionadas a mayor aridez, como los espinos y cactáceas. A esto se suma las laderas y pendientes de dichas cadenas montañosas.

También existe una alta probabilidad de propagación de incendios forestales en toda la precordillera andina, incluyendo así a todo el sector oriente de Santiago. Otros lugares que tienen una alta potencialidad de verse afectados por esta amenaza en la Metrópoli de Santiago son los cerros isla que se encuentran a su alrededor. Esta situación también puede verse en San José de Maipo y en menor medida en Farellones.

Varias de las otras localidades consideradas que se encuentran en relativa cercanía a cerros, también poseen una alta susceptibilidad a propagación de incendios forestales a lo largo de la RMS. Estos son los casos de: Melipilla, Talagante, Bajos de San Agustín, Alto Jahuel y Alhué.

De esta forma se observa que la mayor parte de las localidades de la RMS consideradas en el presente estudio presentan desde una media susceptibilidad hasta probabilidades muy altas de propagación de incendios forestales.

Figura 21. Carta simplificada de susceptibilidad a la propagación de incendios forestales



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la susceptibilidad a ocurrencia de riesgos naturales relacionados con inundaciones y/o derivados de estas (flujos de barro o detritos, anegamientos o desbordes) en la Figura 22 se aprecia que los puntos críticos de quebradas se ubican en su mayoría en la precordillera de Los Andes, en toda la zona oriente de Santiago, e incluyendo la localidad de San José de Maipo.

También se puede incluir a Tiltil como una localidad fuertemente afectada por la susceptibilidad a amenazas derivadas de inundaciones en quebradas. Mientras que se pueden encontrar también otros puntos críticos relacionados a esta amenaza, en general no demuestran una concentración o tendencia tan evidente, obedeciendo solamente a la existencia de cerros o montañas.

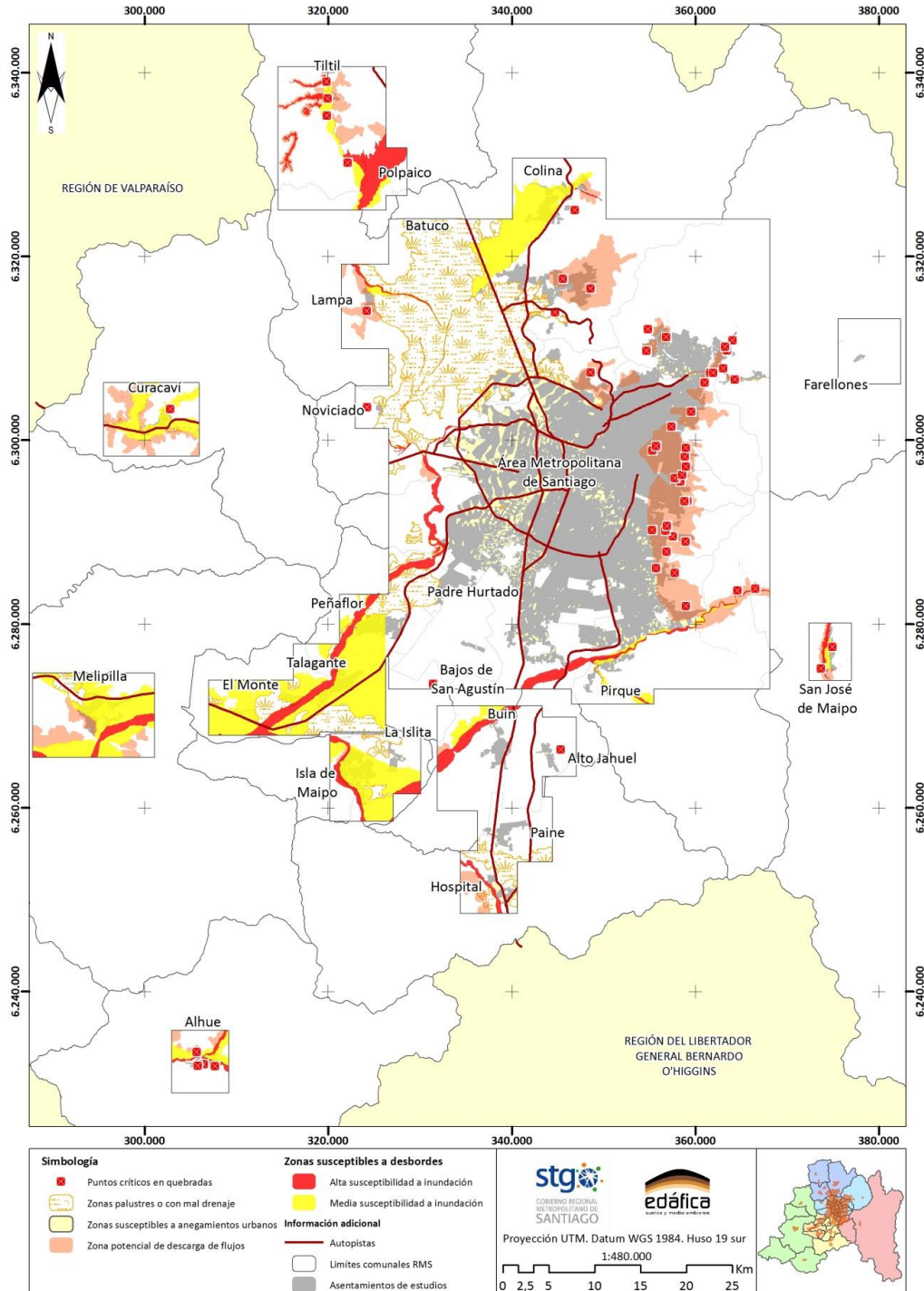
Cercanas a las amenazas recién nombradas (quebradas) también se advierten (a grandes rasgos) la mayor cantidad de zonas susceptibles a descargas de flujos. De lo que se deduce un grado de relación general entre estos dos tipos de amenazas, al menos en cuanto a su ubicación espacial y características paisajísticas de ocurrencia.

En el caso particular de los anegamientos urbanos, estos se concentran en la Metrópoli de Santiago, específicamente hacia el sector poniente, debido a las características de pendiente que esta presenta. Se puede sumar las condiciones de impermeabilidad y falta de áreas verdes, entre otros factores.

En gran parte de los valles de la RMS se aprecia la presencia de zonas palustres o de mal drenaje, asociado en gran medida a zonas de acuíferos superficiales. Esto afecta en gran medida a varias de las localidades que se encuentran asociadas a los ríos Maipo y Mapocho, tales como: Peñaflor, Talagante, El Monte, La Isleta, Isla de Maipo y Melipilla.

De igual forma, hacia el norte de Santiago, en el valle que se abre hacia la provincia de Chacabuco se puede encontrar un gran sub-sistema de zonas palustres y/o con mal drenaje, lo que afecta a las localidades de Noviciado, Lampa, Batuco, Colina y Polpaico.

Figura 22. Carta simplificada de susceptibilidad a flujos de barro o detritos, anegamientos y desbordes



Fuente: Elaboración propia.

2. Vulnerabilidad

A partir de la recopilación de información de diversas fuentes sectoriales (MINVU, MINEDUC, GORE RMS, ONEMI, entre otras) se obtienen diversas capas vectoriales (líneas, puntos, polígonos), todos estos proyectados en sistema de coordenadas UTM WGS84 Huso 19 sur.

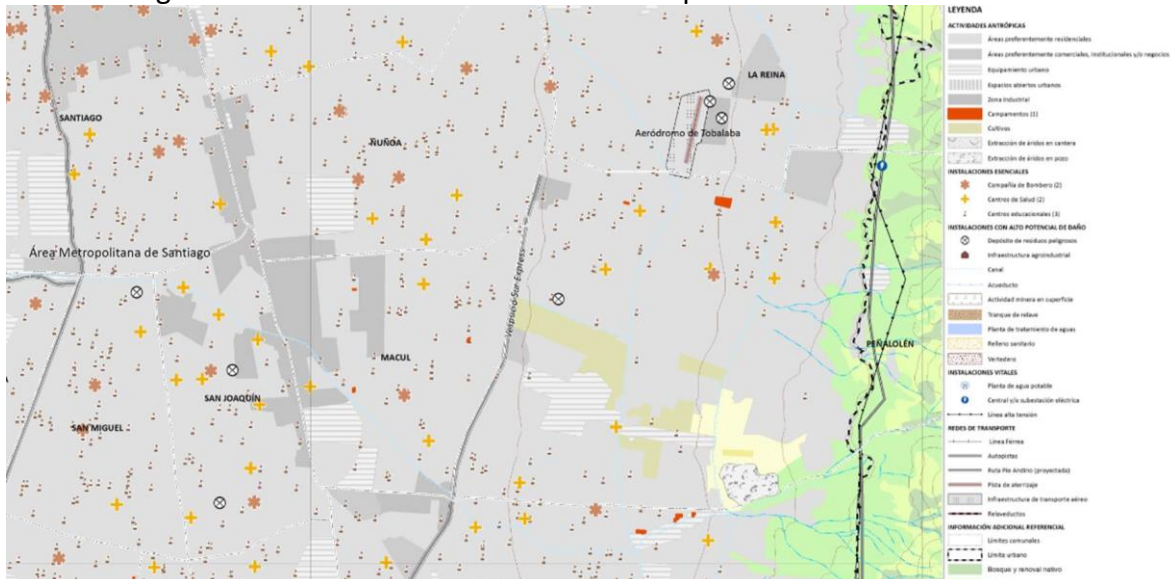
Algunas de las capas obtenidas tienen relación con la localización de campamentos, colegios, compañías de bomberos, centros de salud (Figura 23 y Figura 24).

Figura 23. Elementos potencialmente vulnerables espacializados



Fuente: Ubilla Bravo *et al.*, 2012.

Figura 24. Extracto de carta de elementos potencialmente vulnerables



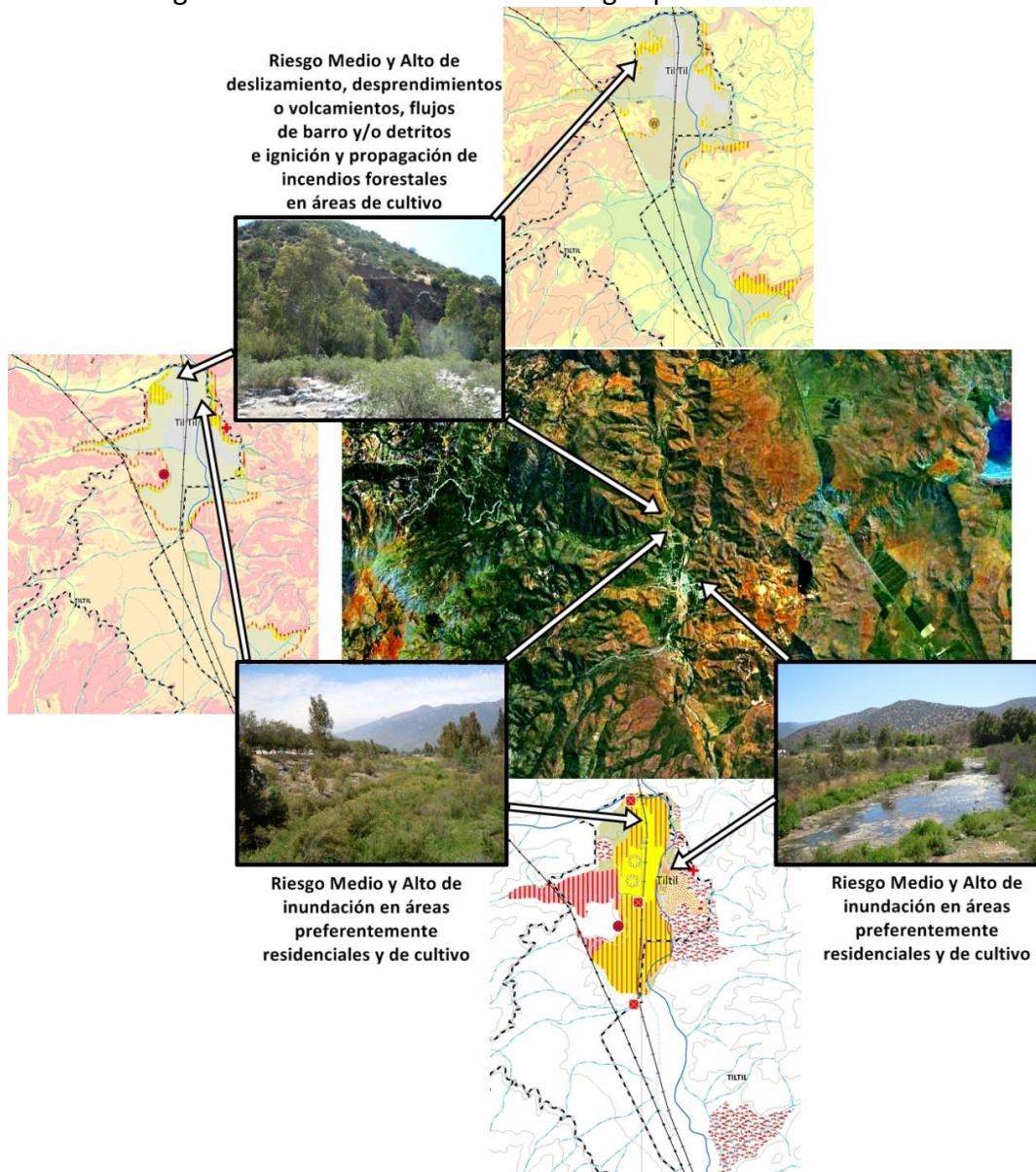
Fuente: Ubilla Bravo *et al.*, 2012.

3. Riesgos potenciales

En este subcapítulo se muestran y describen los veinticuatro asentamientos humanos en relación con el detalle de las áreas de riesgos potenciales por amenazas naturales.

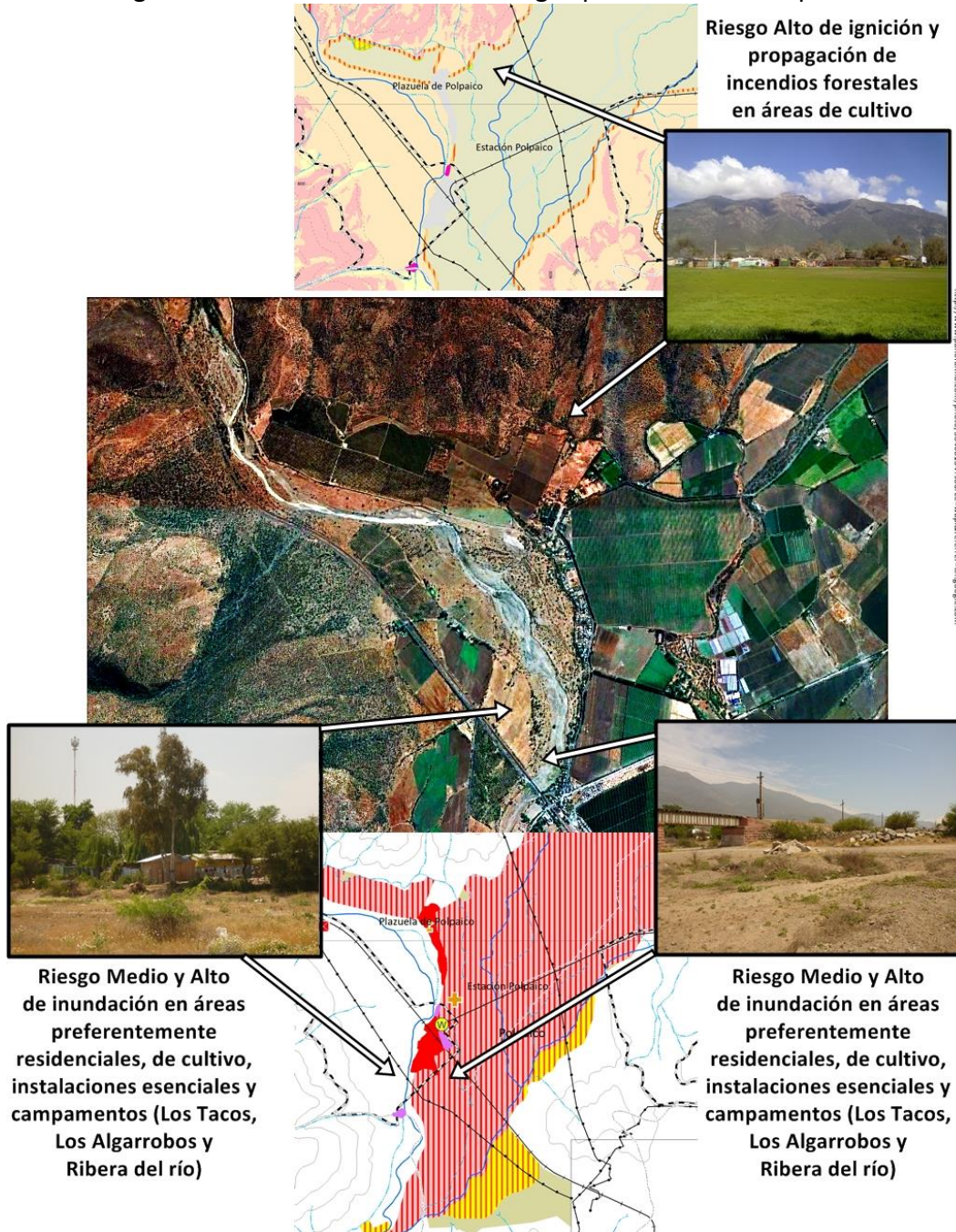
Para el asentamiento de Tilttil existe una compleja configuración de diversos fenómenos, debido a su posición en el borde oriental de la cordillera de la Costa, con procesos de remoción en masa, inundaciones por desbordes y susceptibilidad a incendios forestales (Figura 25).

Figura 25. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Tilttil



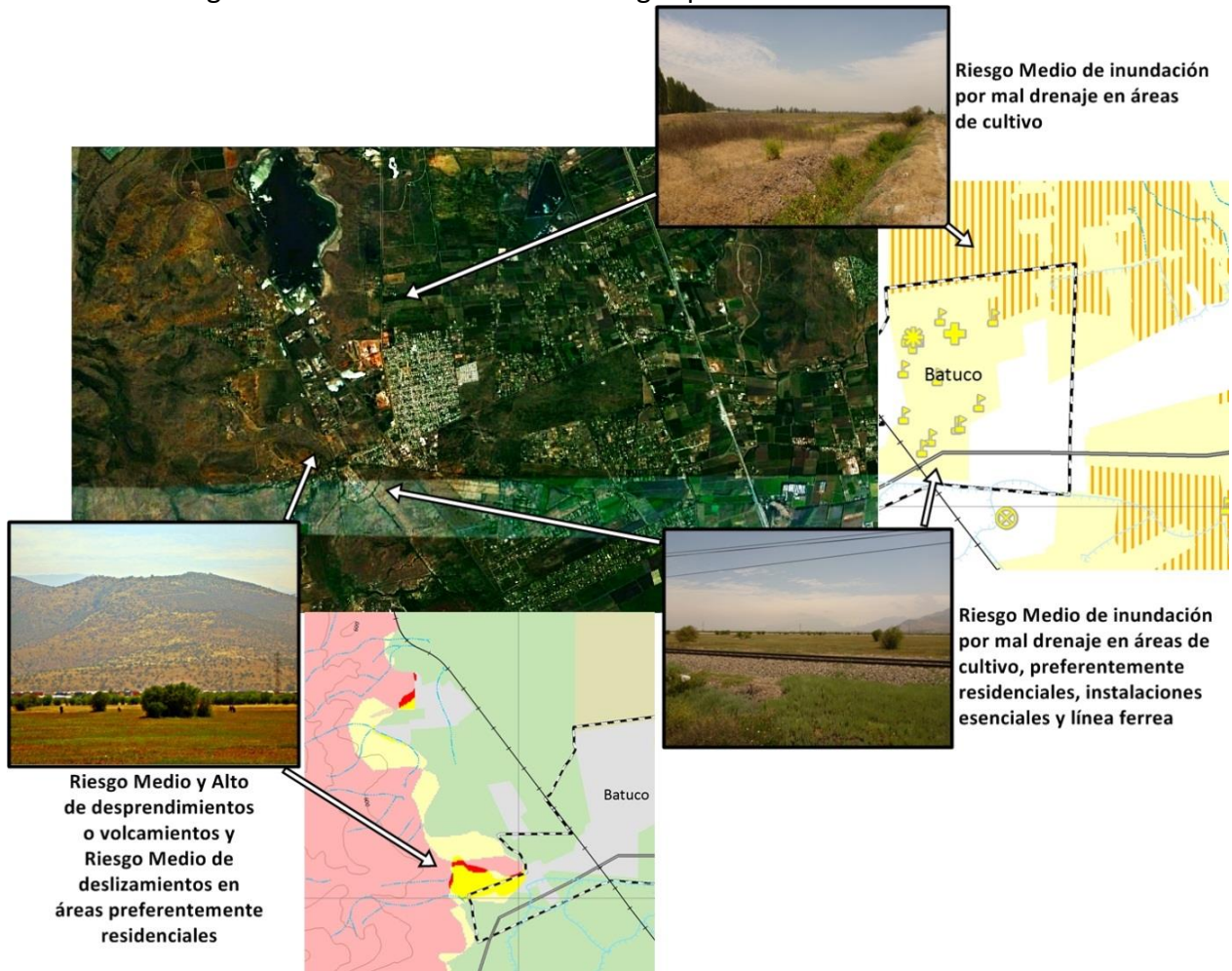
En Polpaico, el principal riesgo está asociado a la población de precarias condiciones socio-económicas (viviendo en campamentos), localizadas en zonas de alta susceptibilidad en torno al área de desbordes del estero existente (Figura 26).

Figura 26. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Polpaico



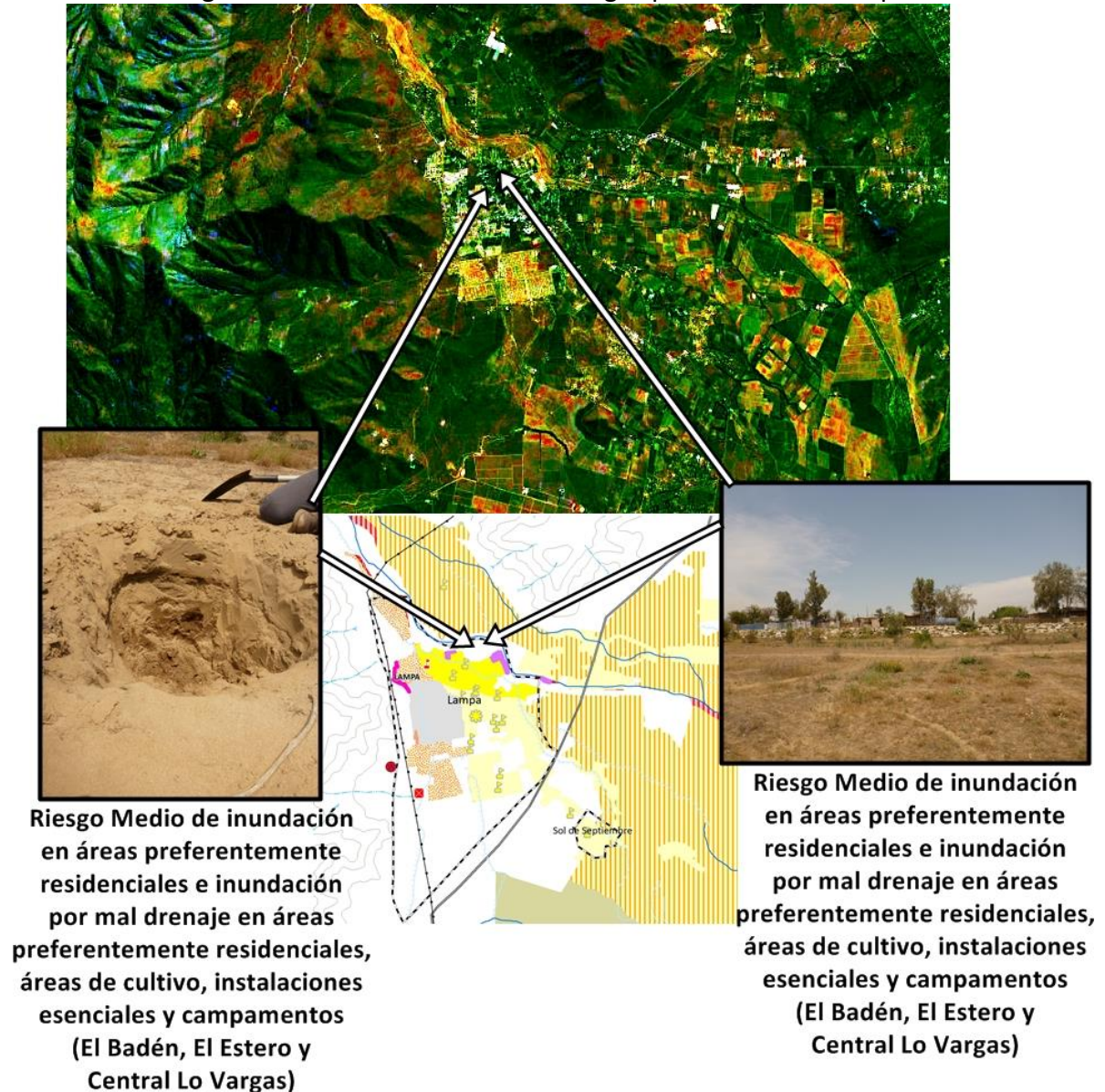
Para Batuco, el riesgo principal identificado fue la susceptibilidad media de inundación por mal drenaje de los suelos existentes (Figura 27).

Figura 27. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Batuco



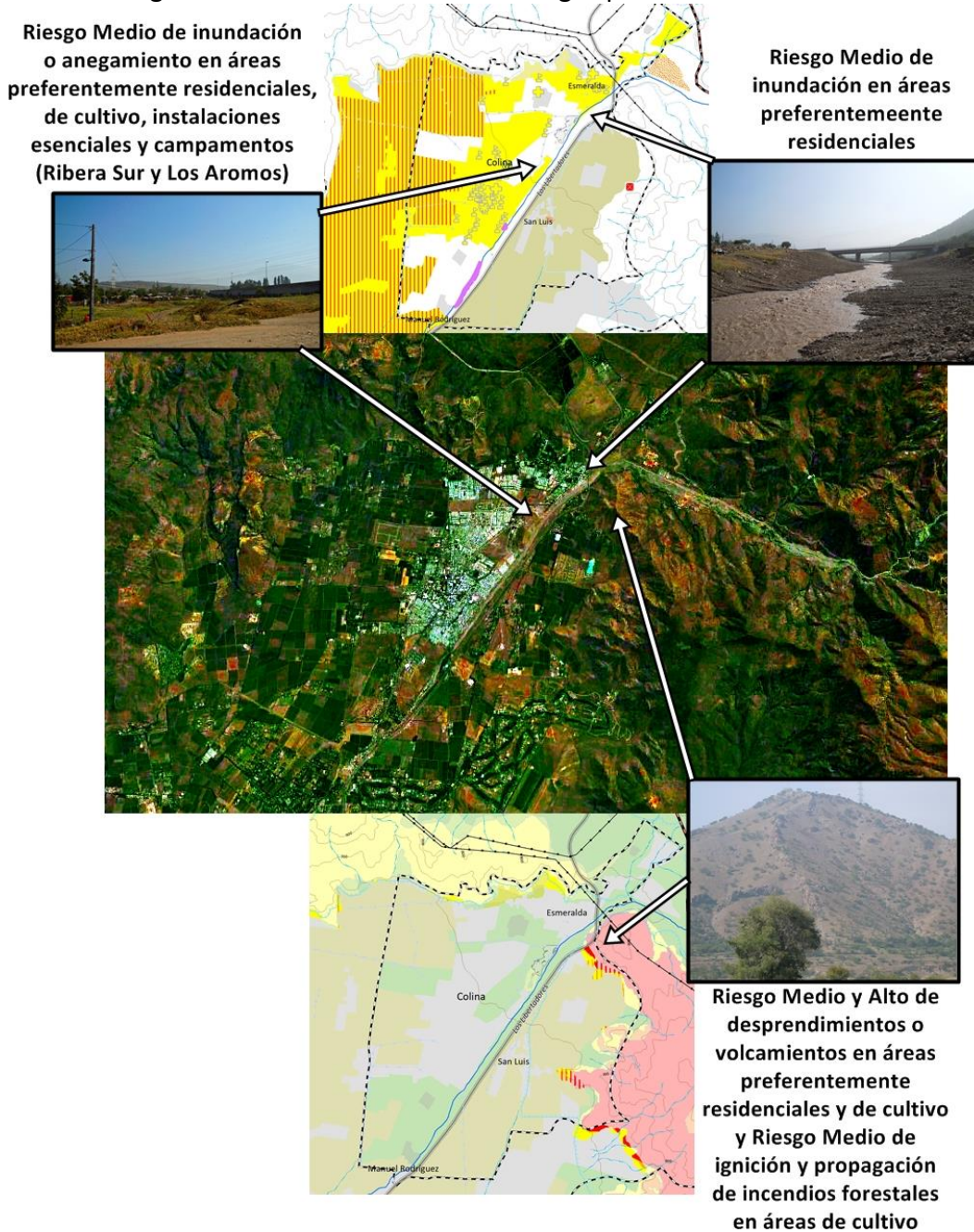
Uno de los principales riesgos existentes en el asentamiento de Lampa está asociado a la existencia de campamentos en zonas altamente susceptibles a desbordes del estero. Cabe señalar la presencia de barreras laterales que encausan al estero y los distanciados eventos extremos para esta zona (Figura 28).

Figura 28. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Lampa



Para el asentamiento de Colina, los principales riesgos están asociados a las áreas preferentemente residenciales y a los campamentos que se encuentran colindantes a lo largo del estero Colina y los potenciales desprendimientos desde el cerro La Guaca (Figura 29).

Figura 29. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Colina



El sector oriente de la Metrópoli de Santiago, denominada piedmont, posee un gran dinamismo en cuanto a procesos de remociones en masa. En terreno encontramos evidencias de procesos torrenciales y numerosas obras de mitigación. Como complemento a lo anterior, cabe señalar que existen diversos antecedentes en instrumentos de planificación e informes de instituciones como el MOP.

De acuerdo a lo determinado en las cartas de susceptibilidad a desprendimientos y deslizamientos, existe un dominio en los primeros 2.000 metros de muy alta susceptibilidad a deslizamientos y a partir de dicha cota se observa un predominio de muy alta susceptibilidad a desprendimientos (Figura 30).

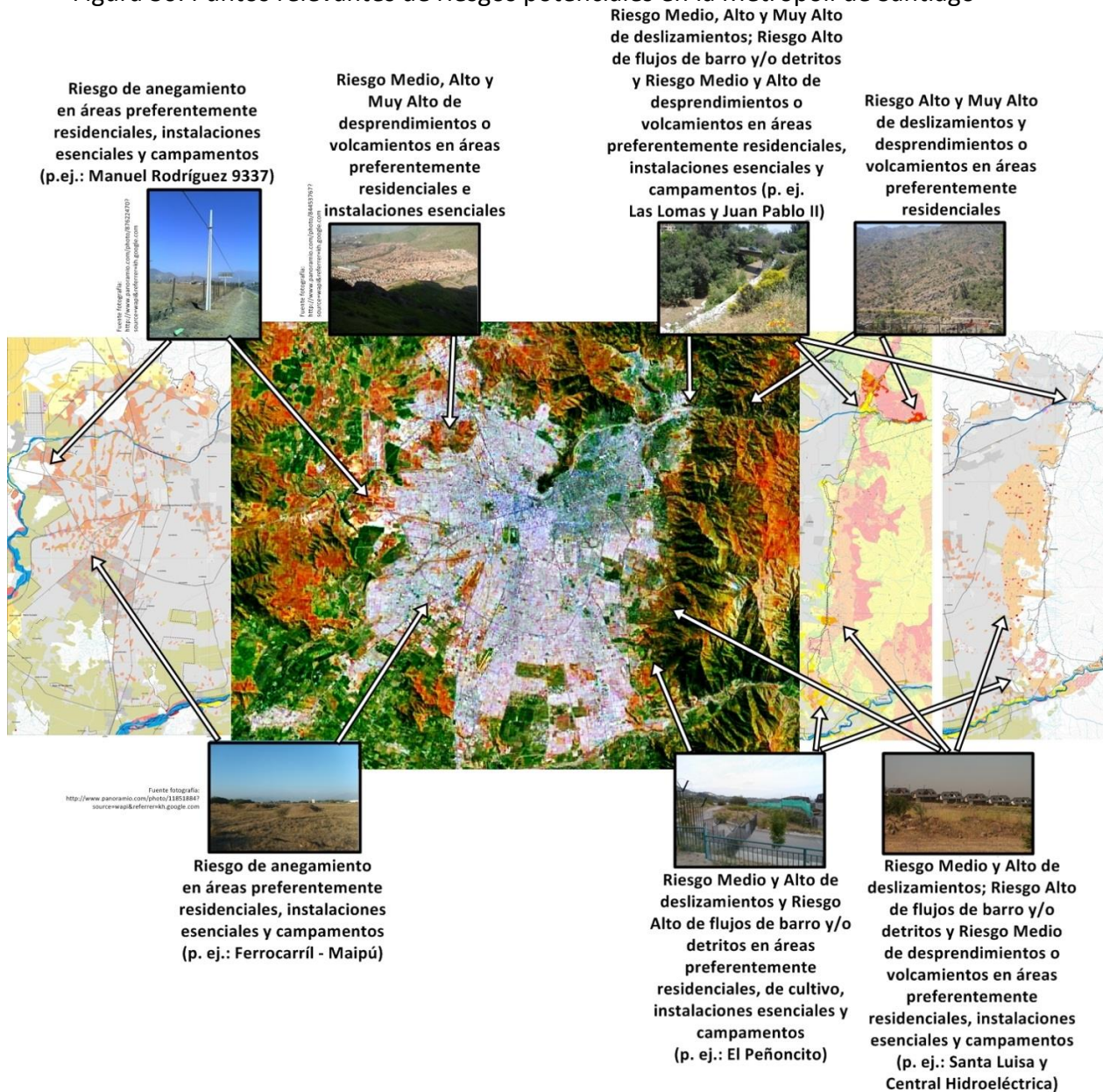
Se observa un aumento explosivo en los niveles pluviométricos, lo que afecta claramente en el comportamiento torrencial de las cuencas precordilleranas. Esto se debe a las características orográficas de esta área.

En relación con el estudio de cambio climático y variabilidad climática de Chile⁴, en la RMS existen dos procesos que influirán en un aumento de la torrencialidad y eventos catastróficos. El primero es el aumento de los eventos de precipitación extrema y el segundo es la elevación de la isoterma cero en alrededor de 200 metros en los meses de verano y unos 100 metros en invierno. Esto puede provocar un aumento significativo de las áreas de captación de precipitación líquida en desmedro de las de precipitaciones sólidas (lo que depende de la hipsometría la cuenca). Cabe señalar que esta unidad es cruzada por la falla San Ramón de norte a sur siendo un potencial activador de procesos de remoción en masa, como los desprendimientos o deslizamientos.

Otra de las principales amenazas que puede afectar a la Metrópoli de Santiago son los focos de anegamientos (inundaciones), los que se encuentran de forma heterogénea a lo largo de toda la ciudad. Esto debido principalmente a las extensas superficies impermeabilizadas que se van sumando constantemente producto del proceso de urbanización (sumado a la falta de áreas verdes).

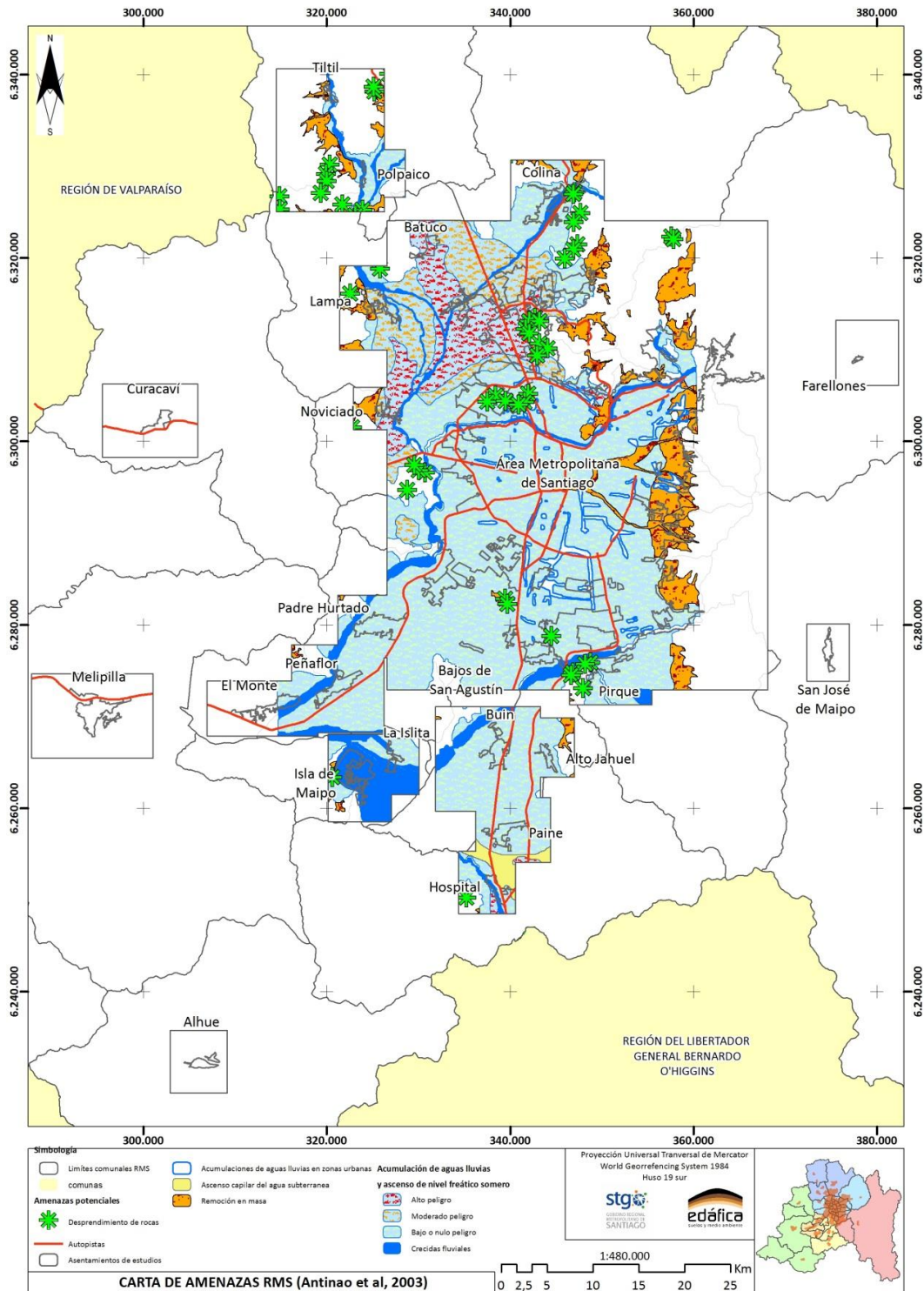
⁴ http://dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf.

Figura 30. Puntos relevantes de riesgos potenciales en la Metrópoli de Santiago



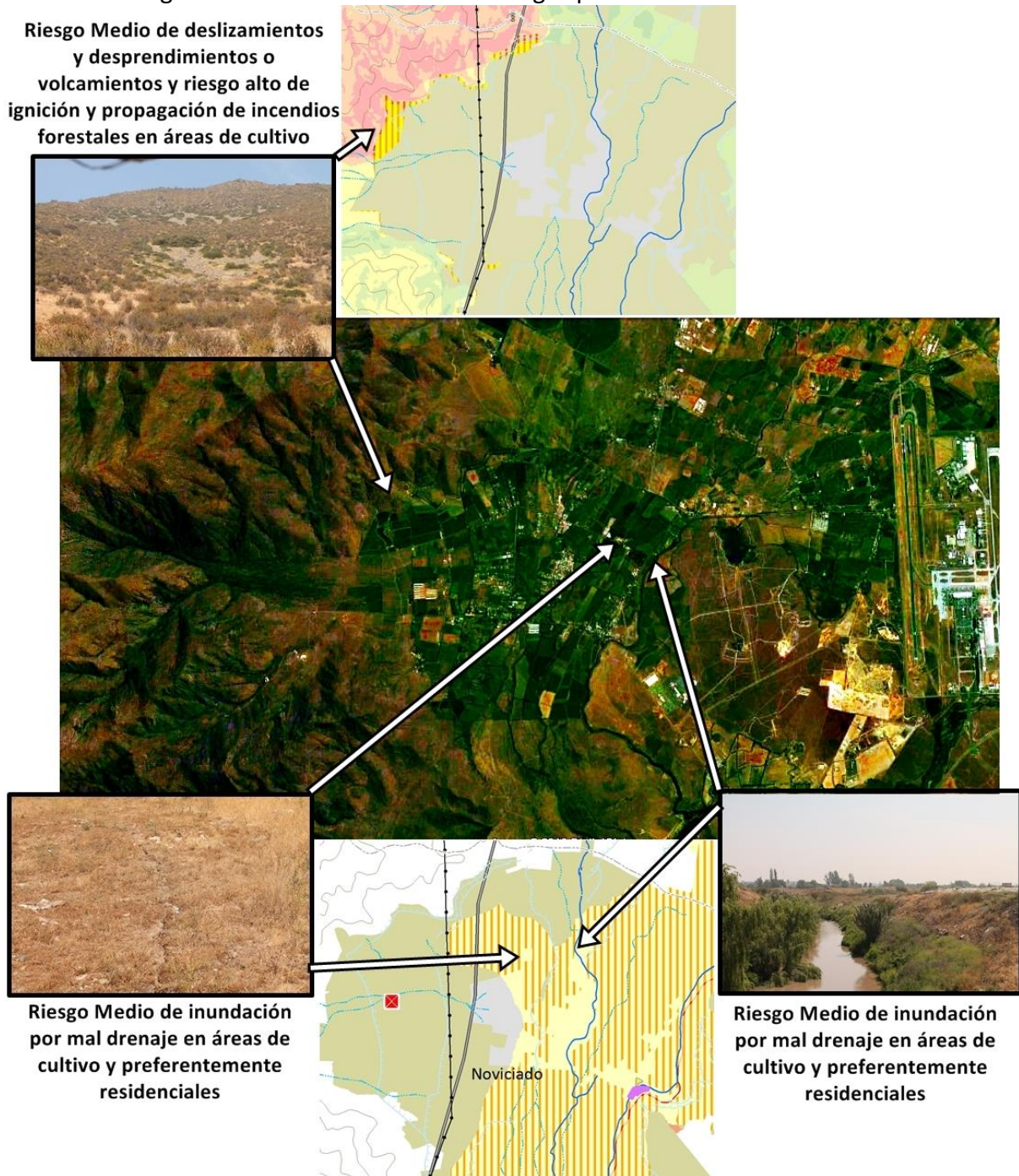
Cabe señalar la existencia de cartas de riesgos y amenazas de SERNAGEOMIN (Antinao, Fernández, Naranjo y Villarroel, 2003), las que también muestran una vasta área de riesgo por remoción en masa en la zona de piedemonte de la Metrópoli de Santiago (Figura 31), además de varios puntos de inundación por acumulación de aguas lluvias.

Figura 31. Carta de riesgos y amenazas potenciales SERNAGEOMIN



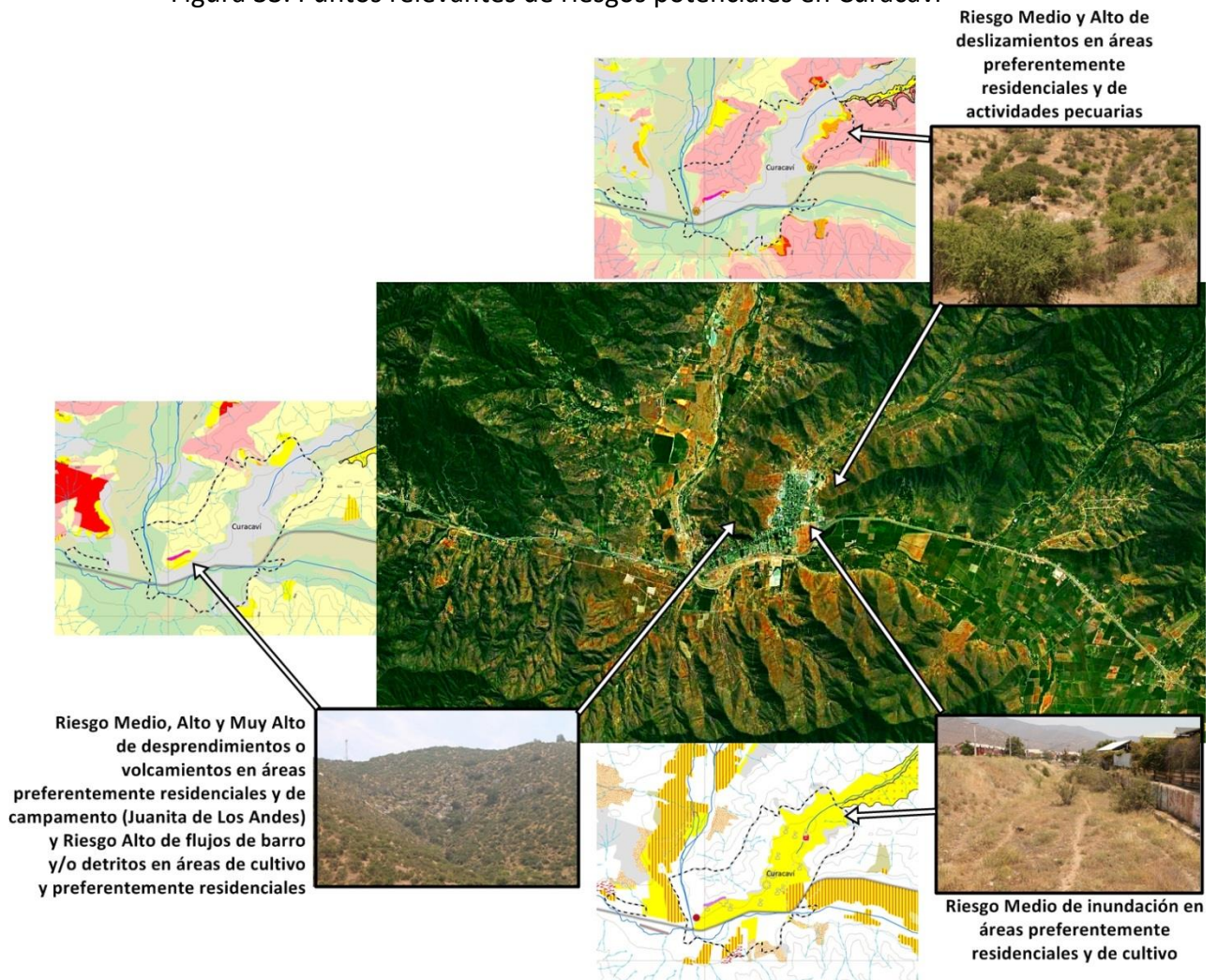
El principal riesgo identificado en el sector de Noviciado está asociado a zonas residenciales y de cultivos en zonas de mal drenaje, las que pueden provocar inundaciones por acumulación de aguas lluvias (Figura 32).

Figura 32. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Noviciado



En Curacaví se logra identificar procesos erosivos (como cárcavas) que dan indicios de la alta susceptibilidad a deslizamientos y desprendimientos según la ladera que se encuentre, además de encontrarse en zonas susceptibles a desbordes por el estero Puangue y Cuyuncaví (Figura 33). Como complemento, cabe señalar que existen obras hidráulicas tales como muros laterales.

Figura 33. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Curacaví



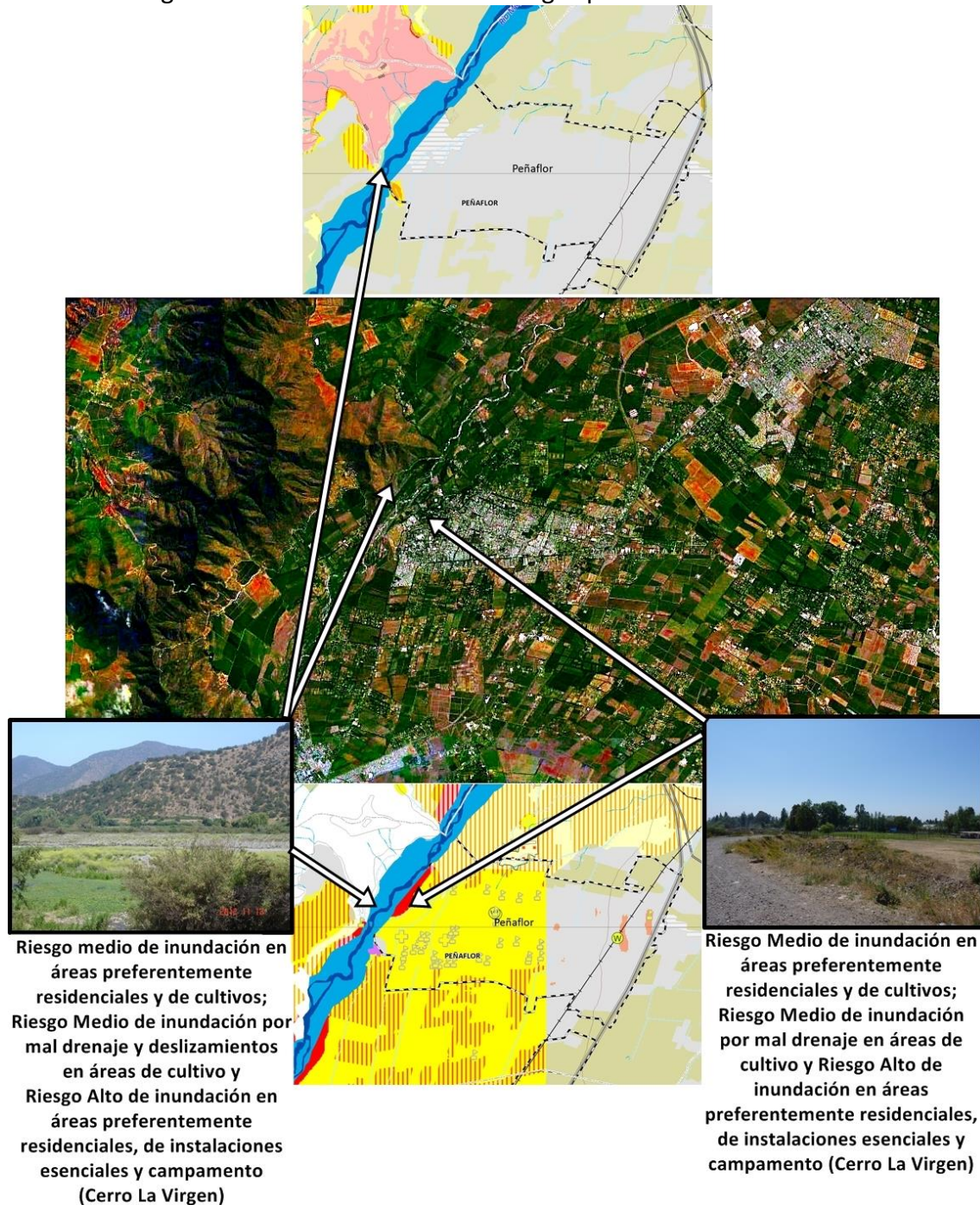
El principal problema identificado en Padre Hurtado se encuentra asociado a inundaciones potenciales, pero estas se encuentran provocadas por la pre-existencia de canales de regadío en una zona de constante expansión urbana (Figura 34).

Figura 34. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Padre Hurtado



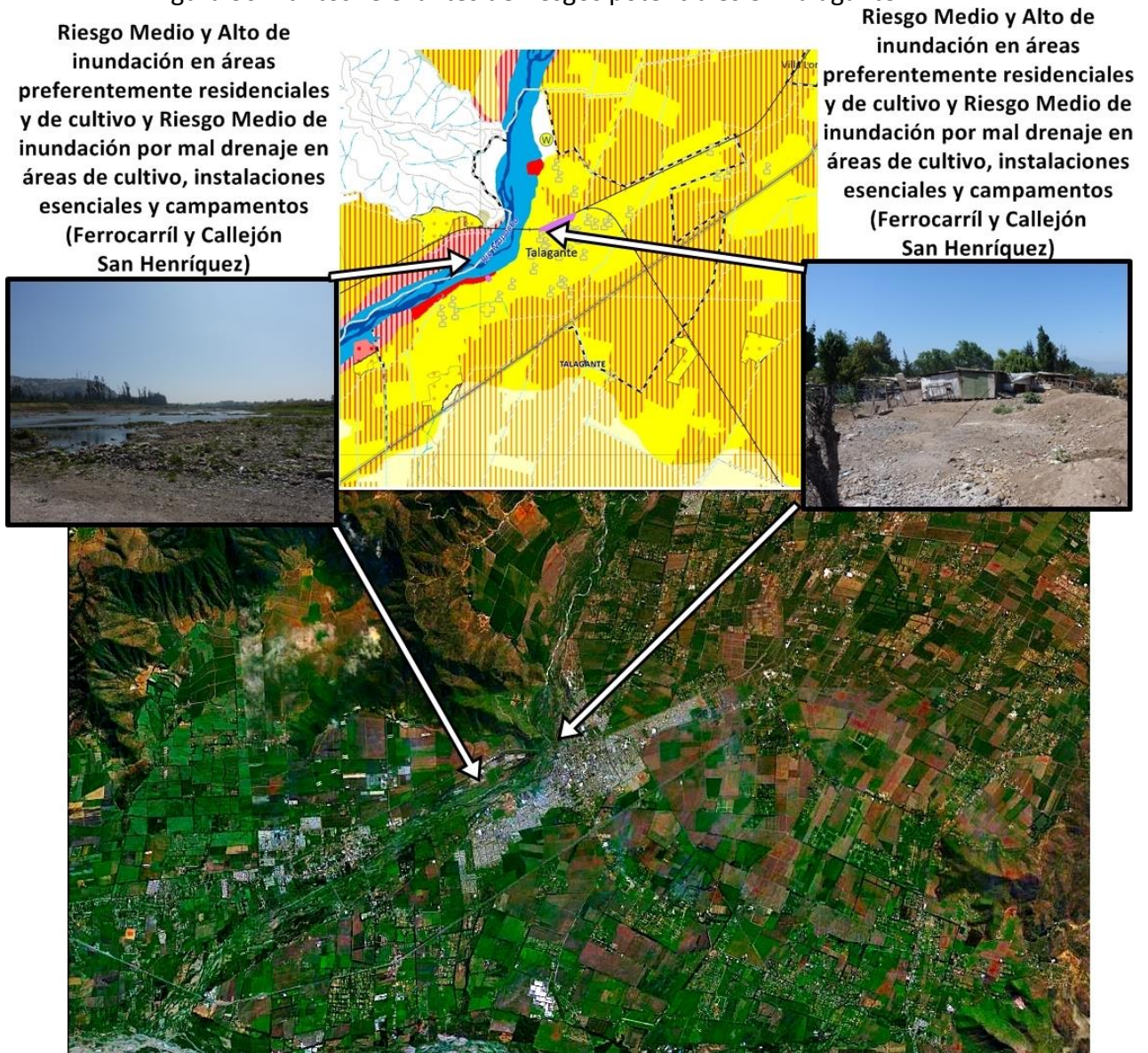
En el asentamiento humano de Peñaflores, el principal riesgo se encuentra asociado a potenciales desbordes del río Mapocho en zonas habitadas por campamentos (Figura 35) en el sector poniente de esta ciudad.

Figura 35. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Peñaflores



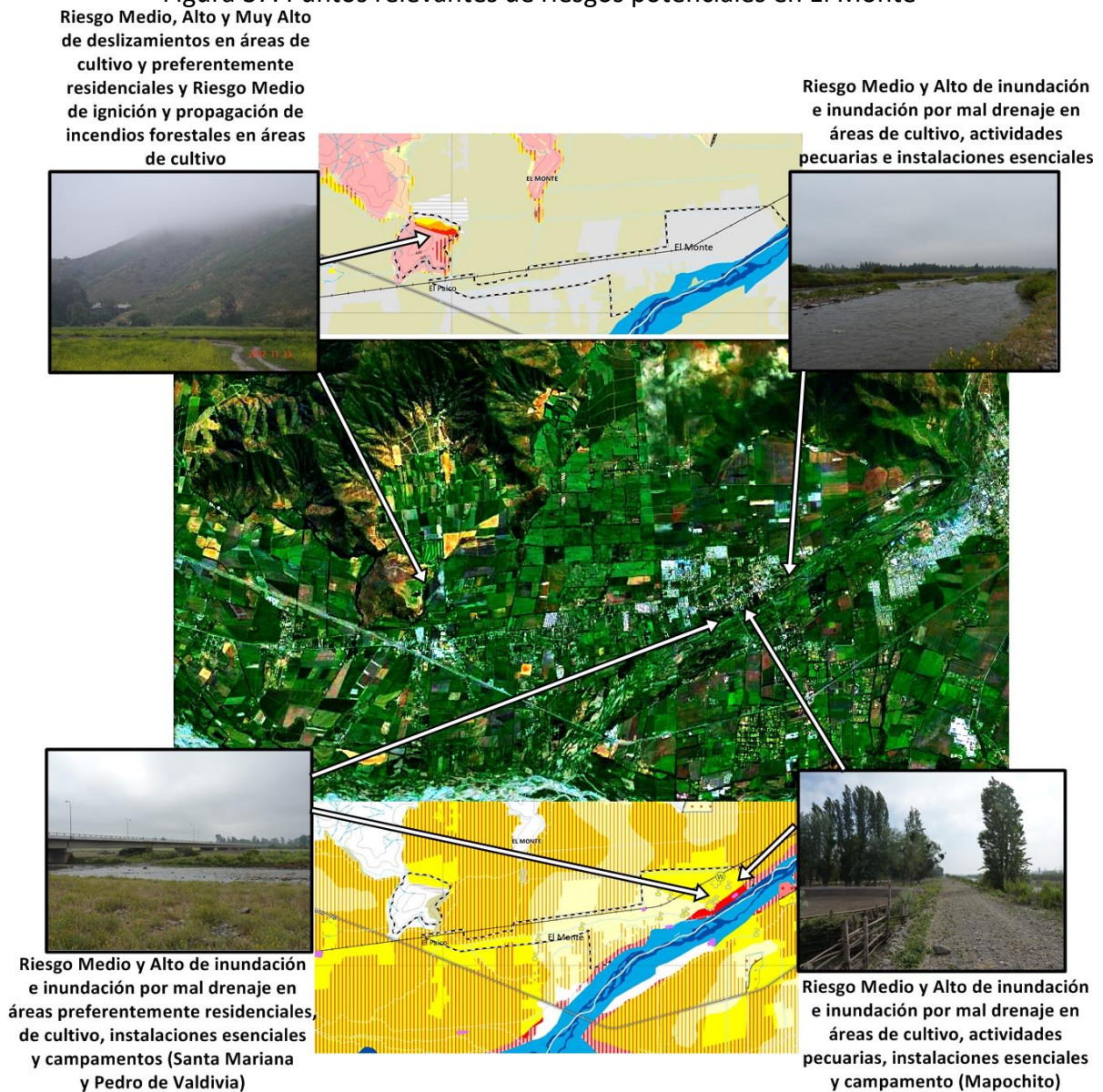
En el caso del asentamiento de Talagante, este tiene como principal zona de amenaza el área susceptible a desbordes desde del río Mapocho en el que se emplazan campamentos y áreas de cultivos. Adicionalmente, esta zona se encuentra en un área con mal drenaje o con la napa muy cercana a la superficie (Figura 36).

Figura 36. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Talagante



El principal riesgo por amenaza natural existente para El Monte se encuentra asociado a procesos de inundación, tanto por existir zonas con afloramientos de napas o mal drenaje como por desbordes del río Mapocho (Figura 37).

Figura 37. Puntos relevantes de riesgos potenciales en El Monte



En el caso del asentamiento de Melipilla, los riesgos potenciales están ligados a la alta susceptibilidad de ignición y propagación de incendios forestales (Figura 38). Esto se ve reforzado por lo registrado en el sistema GEOREF de CONAF, el que indica la existencia de sectores con alrededor de 30 focos de incendios (Figura 39) entre 2006 y 2012. Adicionalmente existen riesgos potenciales sobre áreas de cultivos de inundación por desborde del río Maipo.

Figura 38. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Melipilla

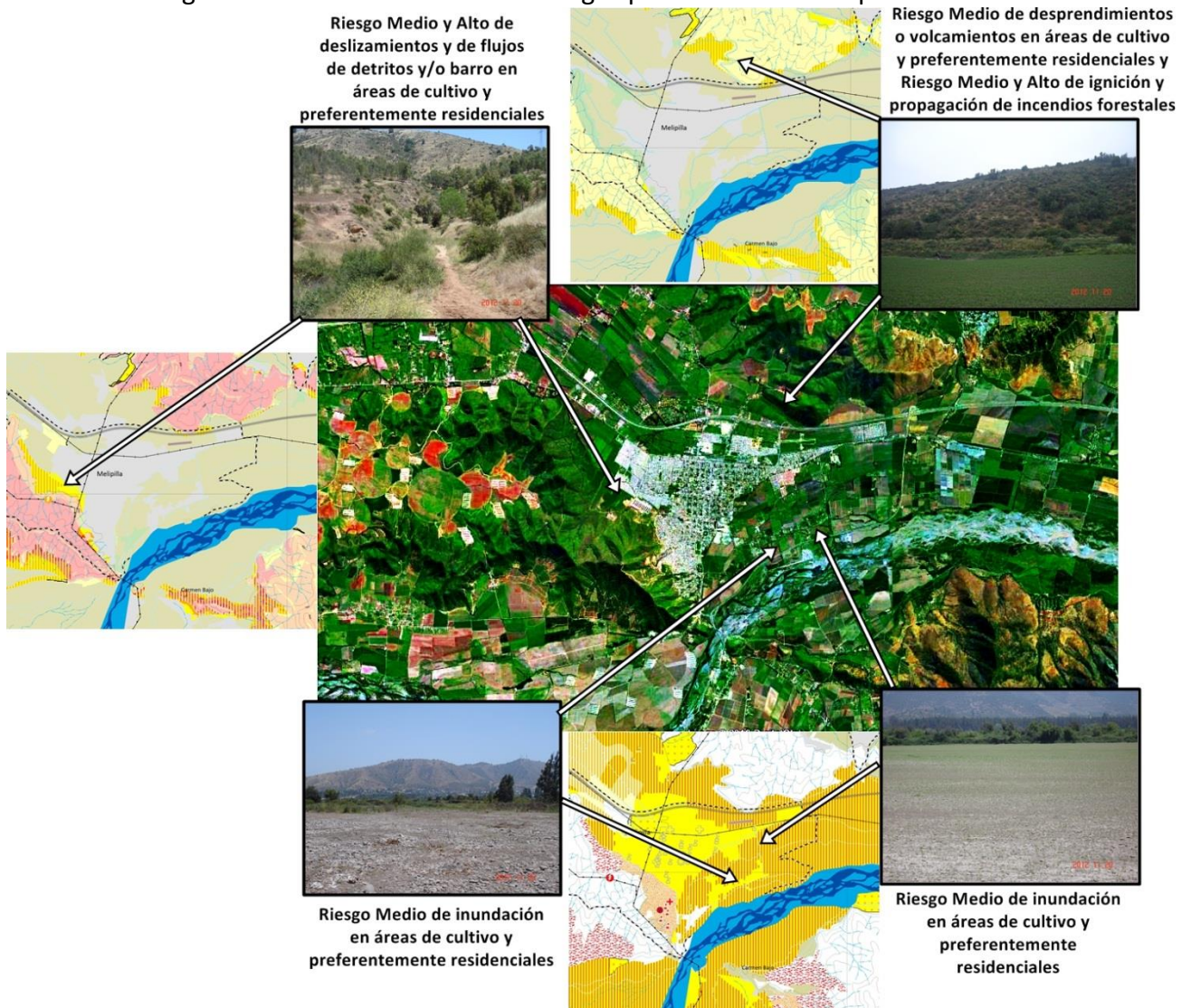
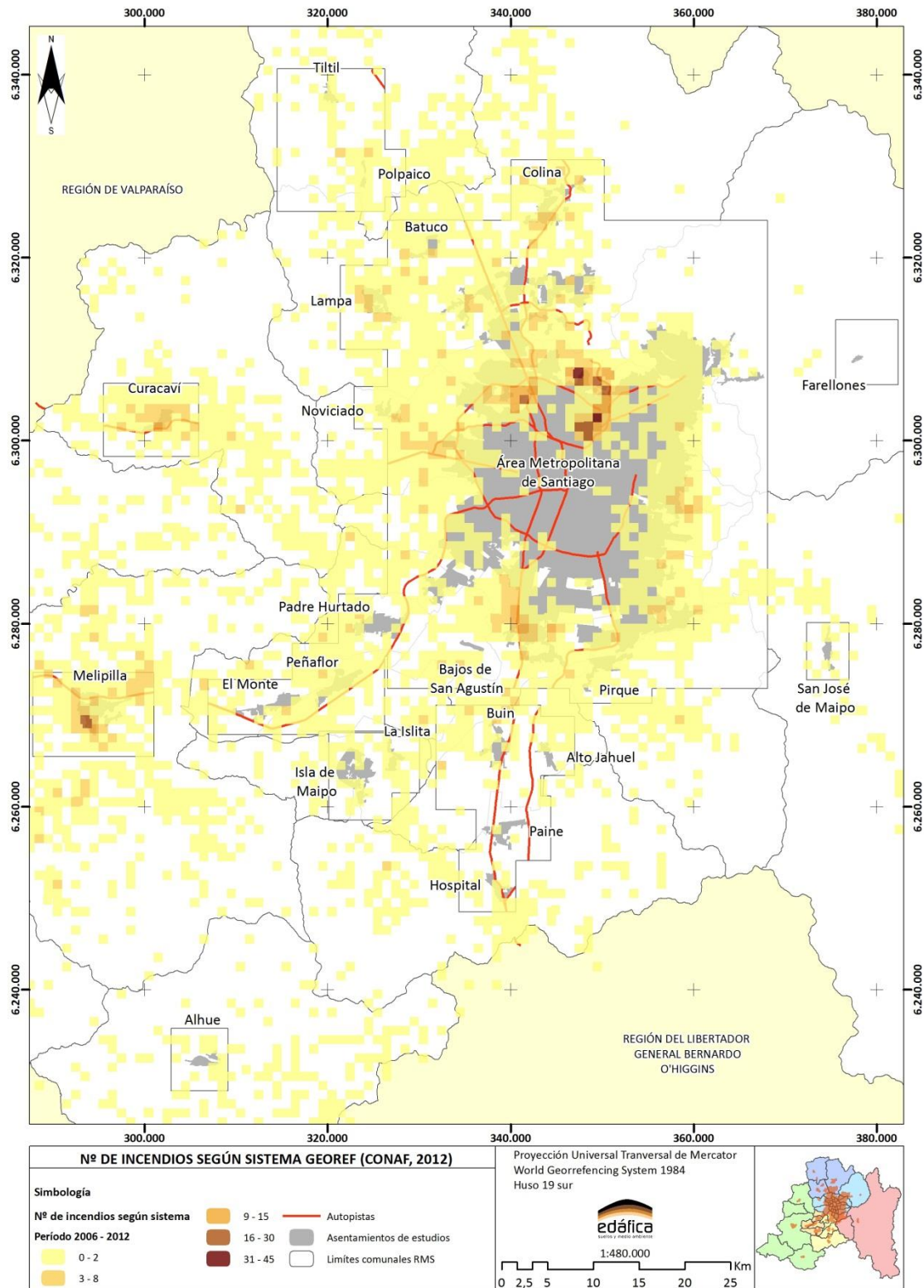
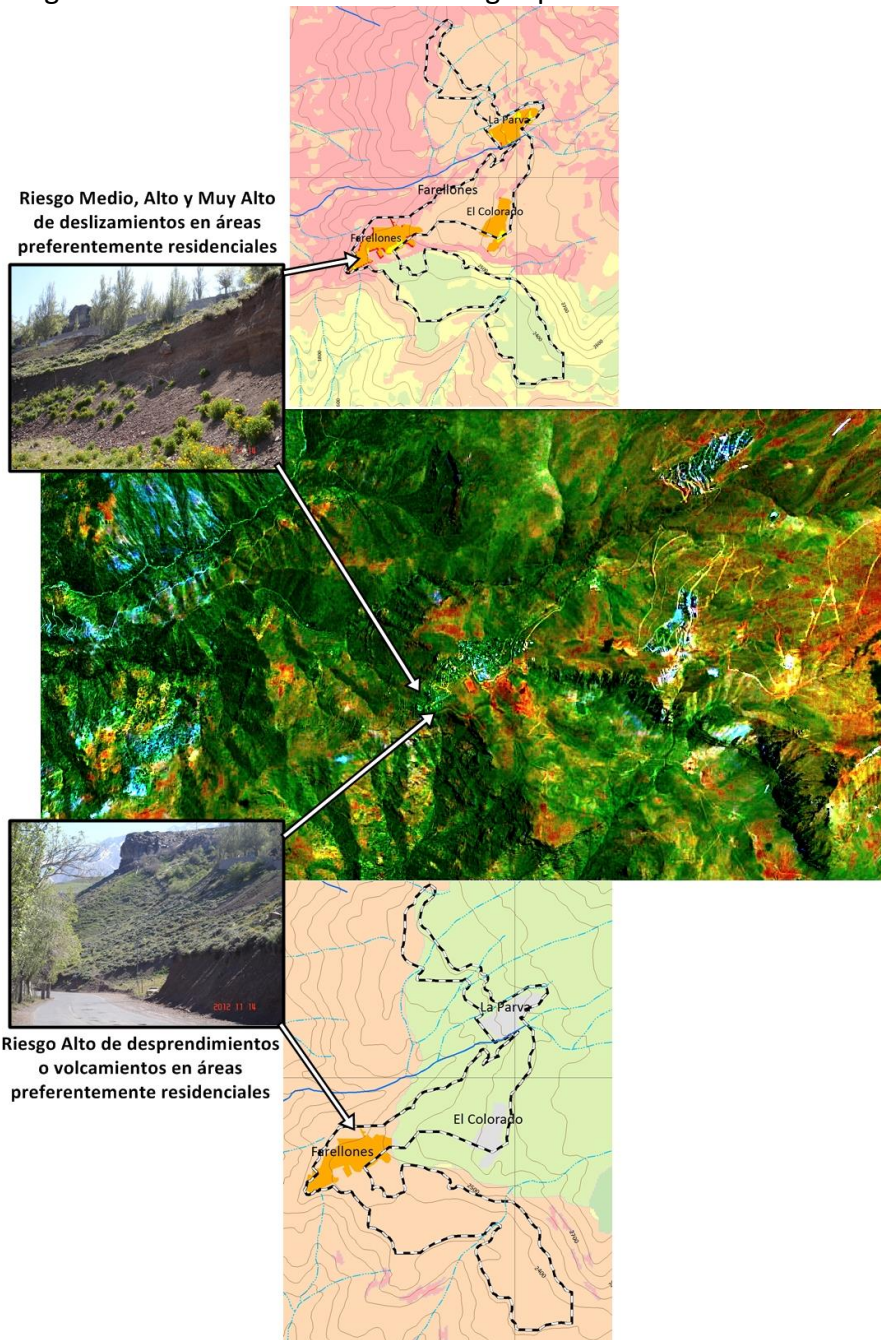


Figura 39. Incendios registrados por sistema GEOREF de CONAF entre 2006 y 2012



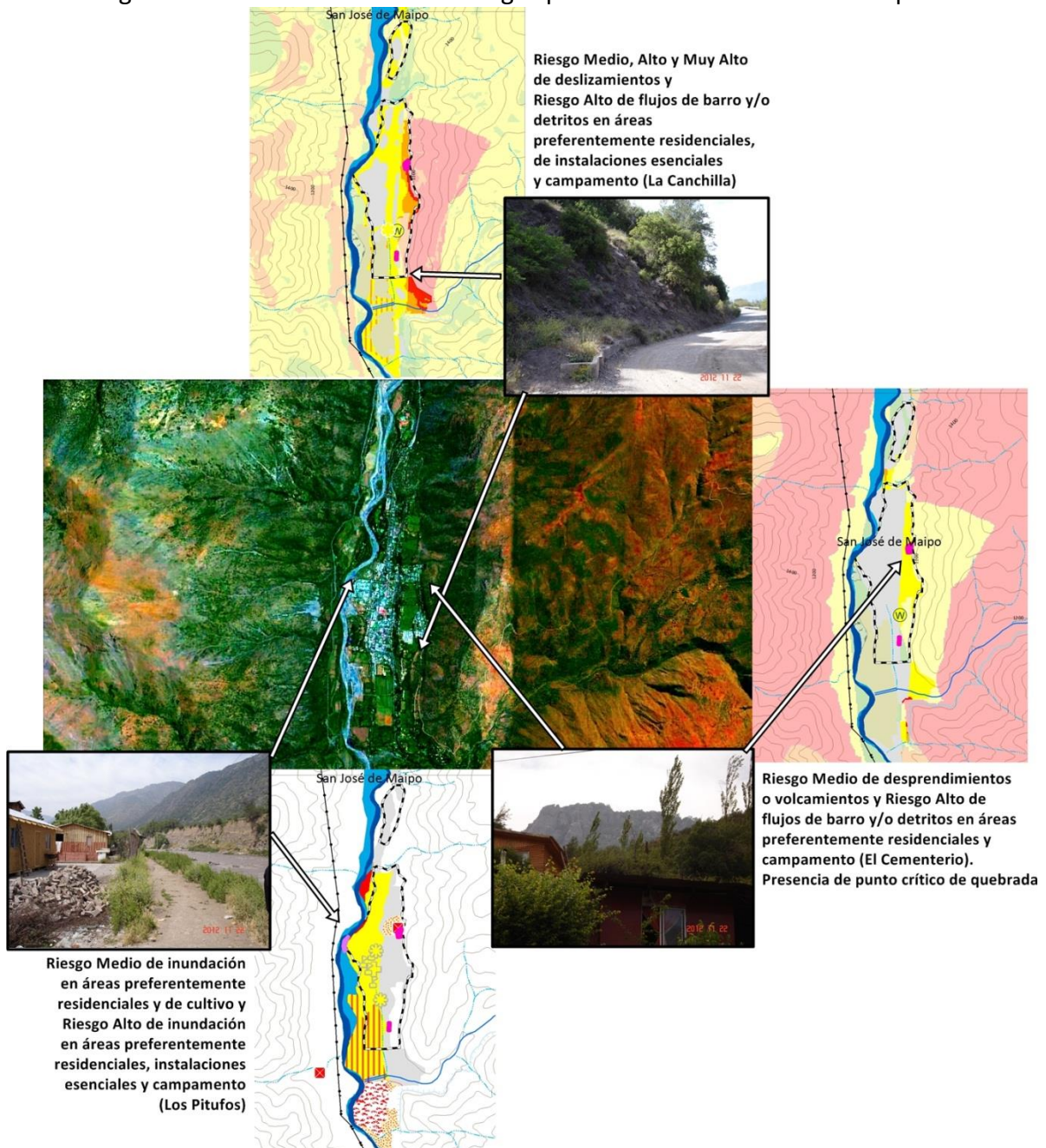
En el asentamiento cordillerano de Farellones existen procesos activos de remoción en masa sobre las redes viales conectoras (Figura 40).

Figura 40. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Farellones



Para el otro asentamiento cordillerano de importancia, San José de Maipo, también se manifiestan procesos de remoción activos como en el cerro Divisadero. Además, existe algunos campamentos en zonas inundación y zonas propensas a remociones en masa. Este asentamiento se encuentra expuesto a procesos complejos de inundación y remociones en masa debido a las características intrínsecas por estar inserto en plena cordillera (Figura 41).

Figura 41. Puntos relevantes de riesgos potenciales en San José de Maipo



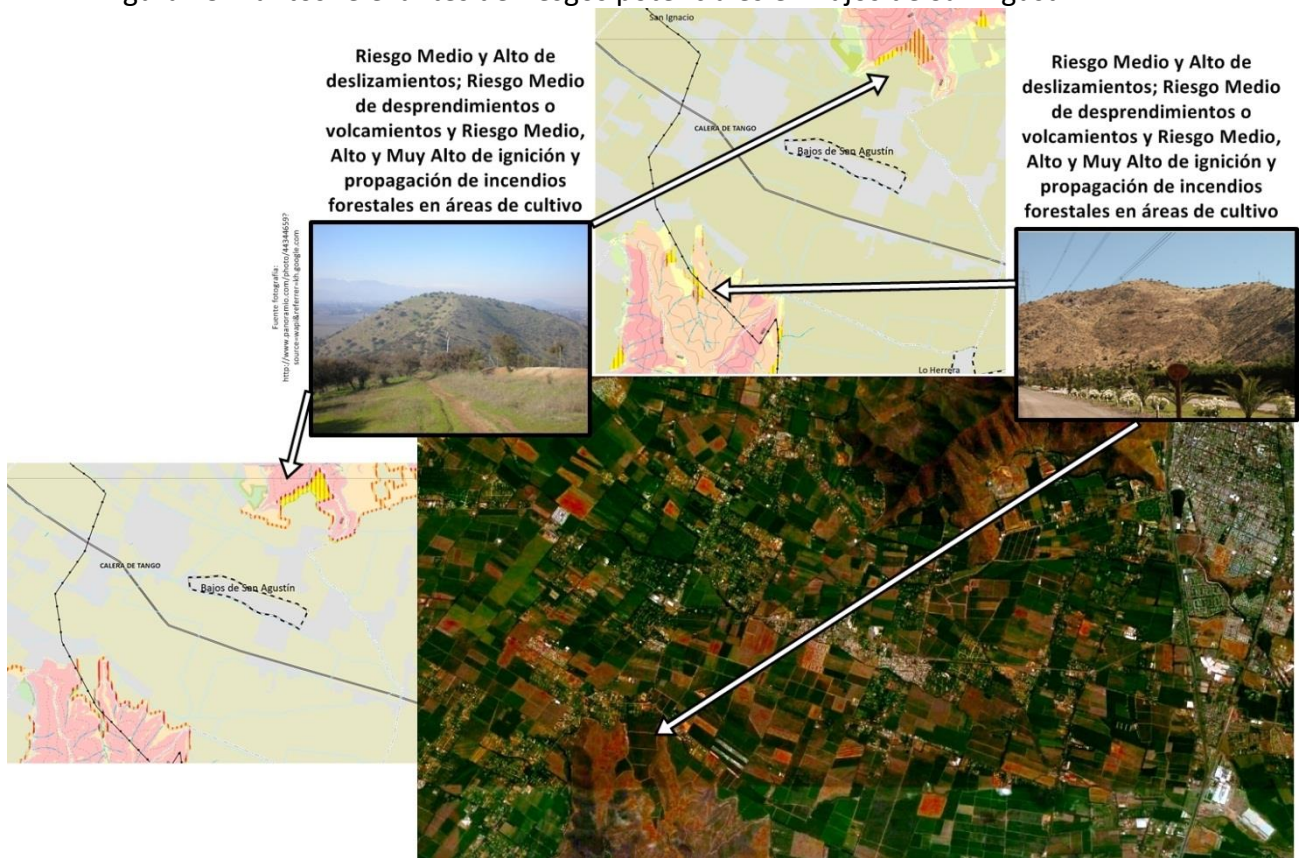
En el caso del asentamiento de Pirque, los riesgos potenciales identificados están condicionados por el emplazamiento de población en parcelas de agrado y campamentos en zonas de alta y media susceptibilidad a inundaciones (Figura 42).

Figura 42. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Pirque



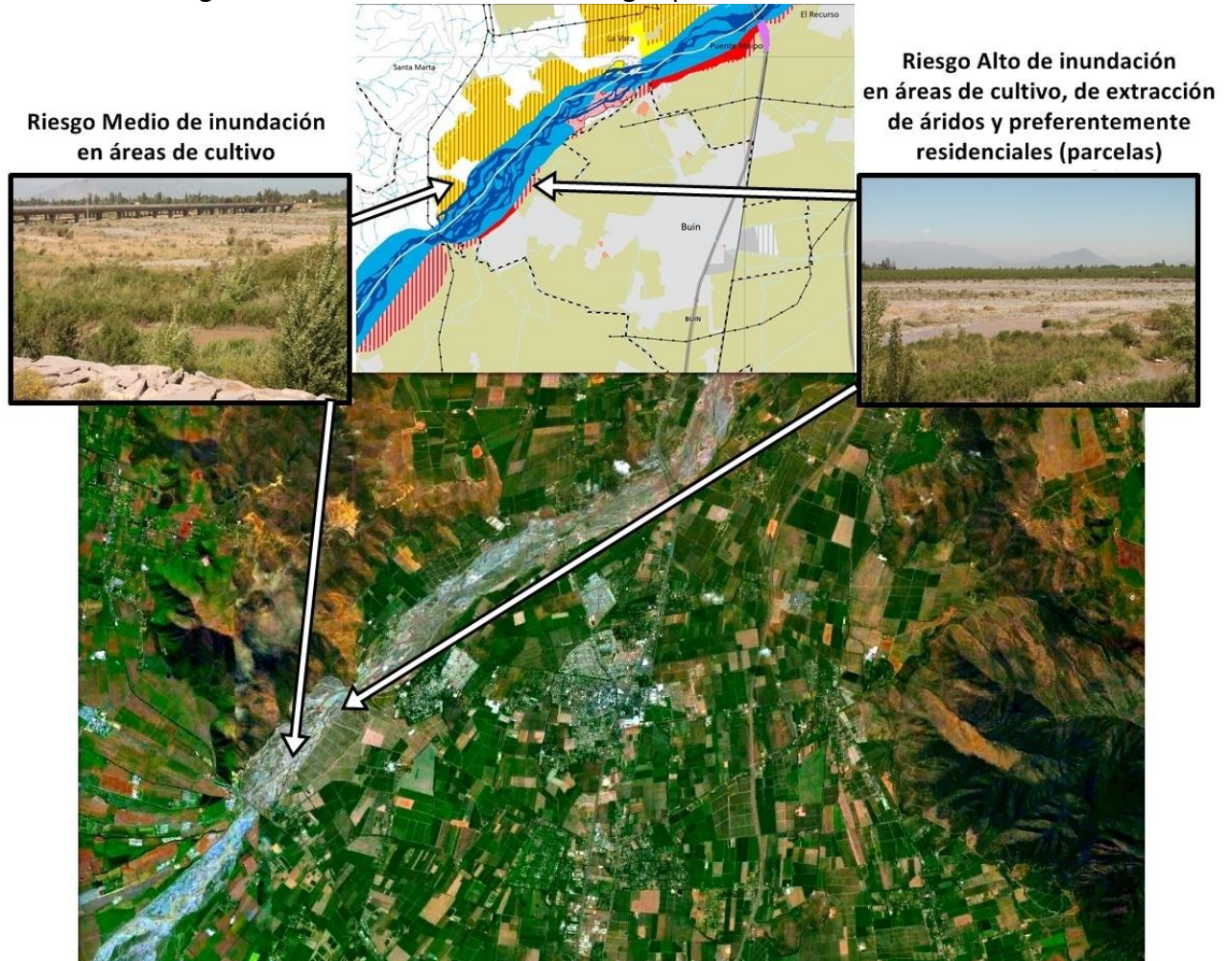
El caso del asentamiento Bajos de San Agustín (en la comuna de Calera de Tango), si bien no se encuentra en un área de amenaza en la actualidad, sí se evidencia que en los cerros de su entorno existen susceptibilidades a procesos de remociones en masa (Figura 43).

Figura 43. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Bajos de San Agustín



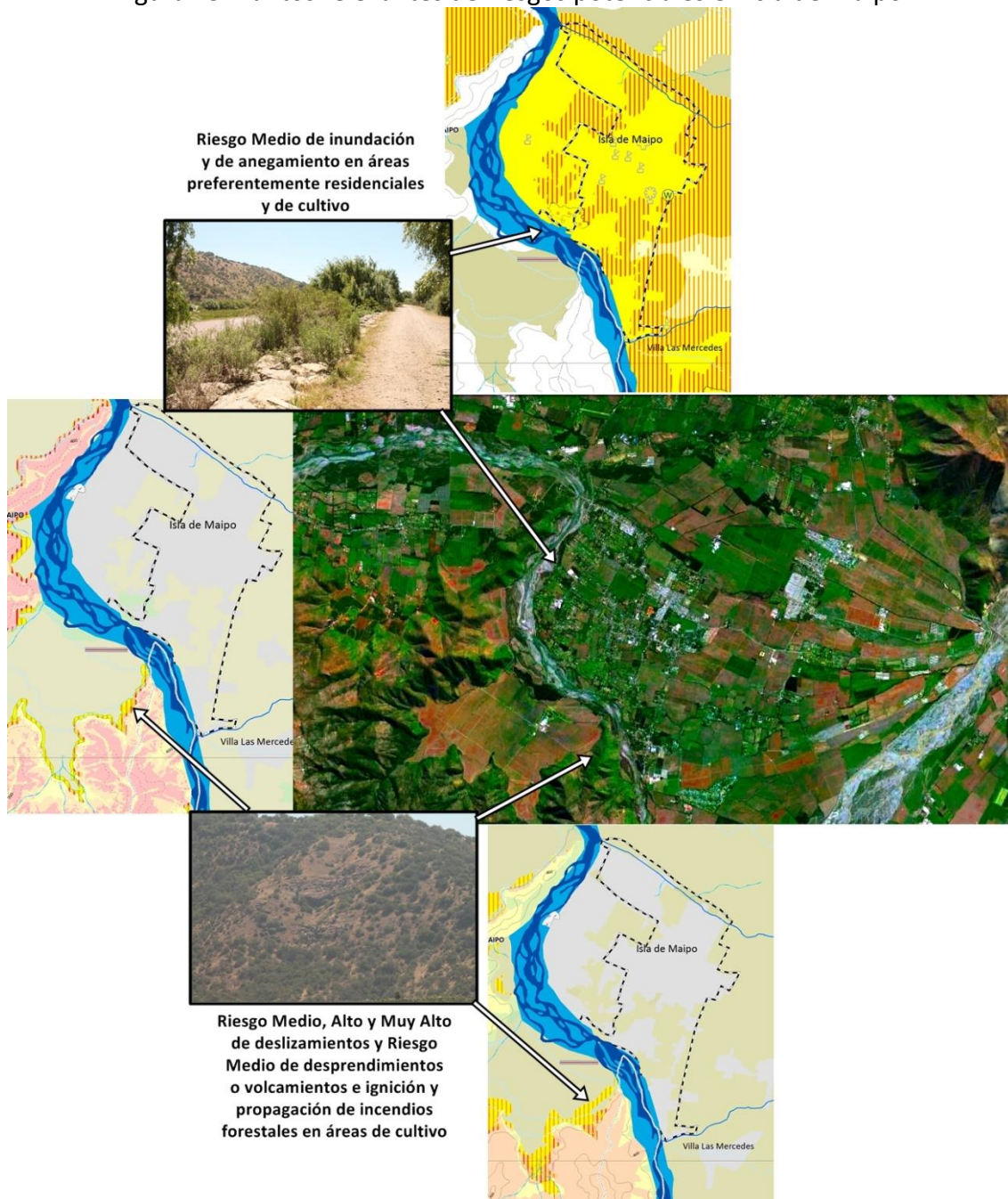
En el caso de Buin, si bien el área urbana consolidada no está en una zona de amenaza evidente a escala 1:20.000, sí se identifica que un área de cultivos, nuevas parcelaciones y algunos campamentos se encuentran en zonas de alta y media susceptibilidad a desbordes del río Maipo (Figura 44).

Figura 44. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Buin



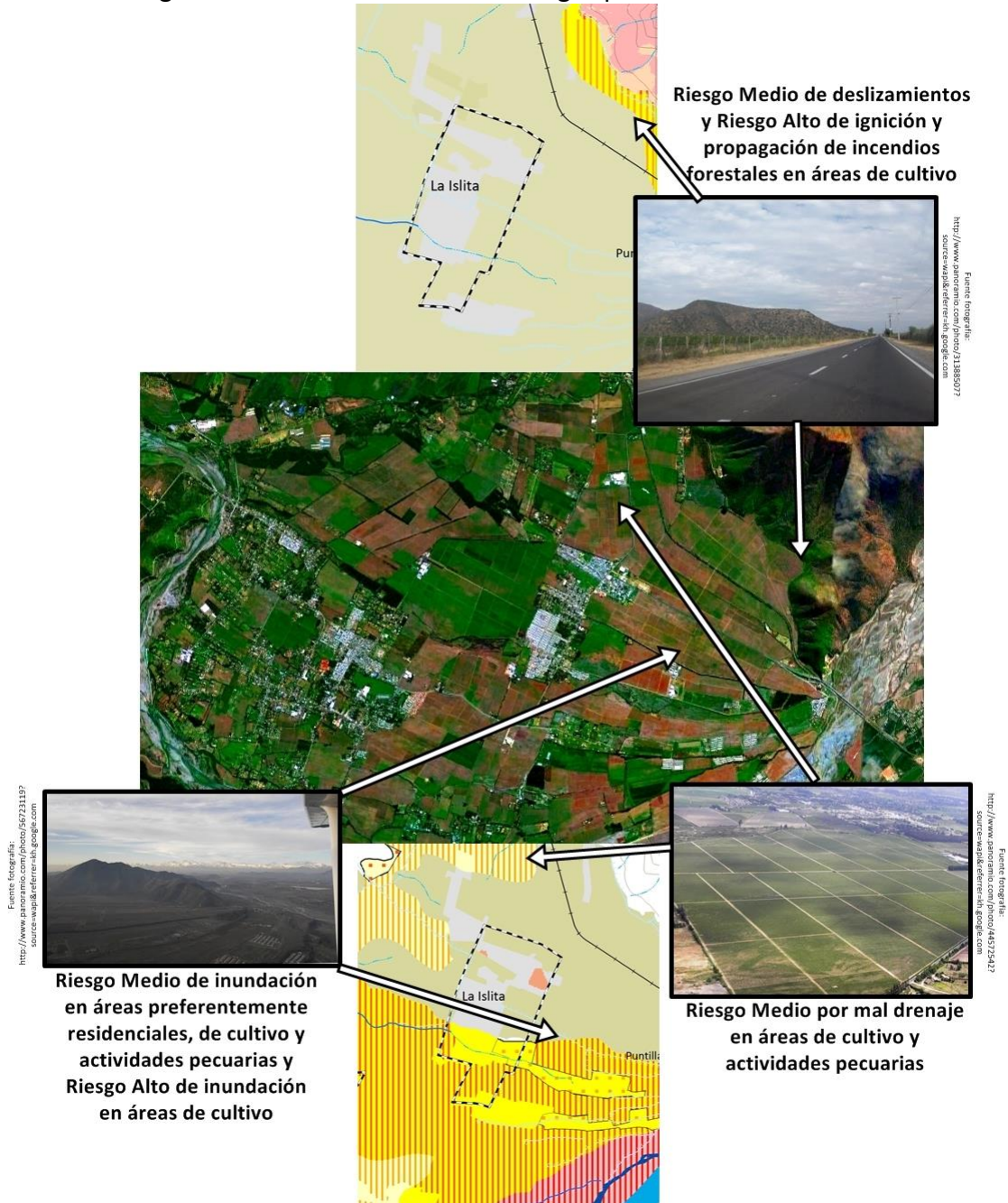
En el asentamiento de Isla de Maipo, las áreas de cultivos y áreas preferentemente residencial se encuentran emplazadas en una zona de amenaza por susceptibilidad media a desbordes o afloramientos de napas es (Figura 45).

Figura 45. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Isla de Maipo



El principal riesgo existente en el asentamiento de La Islita se encuentra relacionado con estar en un área de potencial inundación por mal drenaje, esto se debe a las características intrínsecas de los suelos existentes y la profundidad de la napa y en menor medida por desbordes del río Maipo (Figura 46).

Figura 46. Puntos relevantes de riesgos potenciales en La Islita



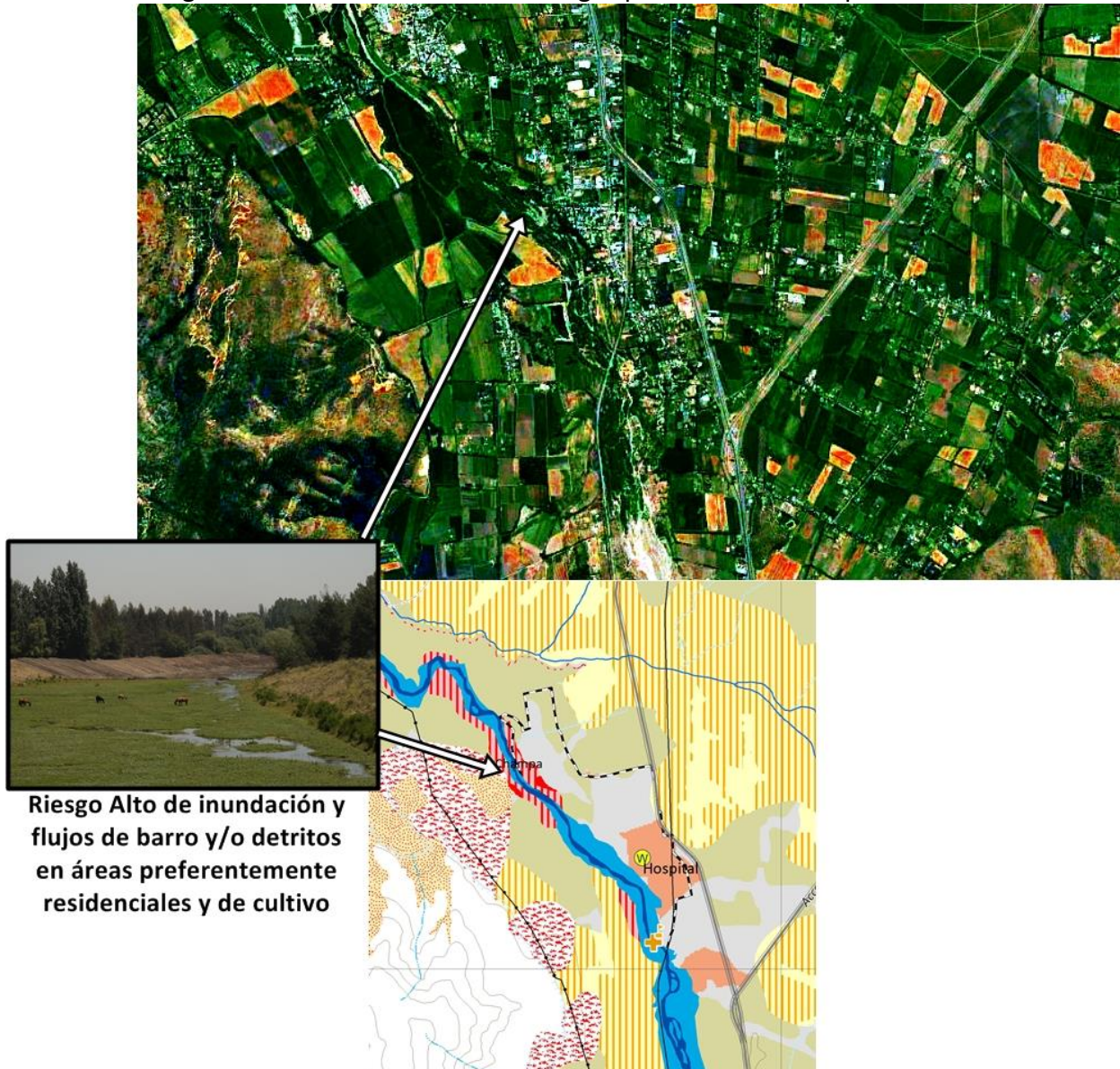
En el caso del asentamiento de Paine, el presente estudio plantea que este no presenta riesgos visibles en la escala de trabajo 1:20.000 (Figura 47). Cabe destacar nuevamente, que la investigación se enfoca en el área urbana del asentamiento de Paine y que es necesario realizar estudios específicos para los asentamientos rurales que se encuentran a su alrededor (no abordados en la lista inicial de asentamientos).

Figura 47. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Paine



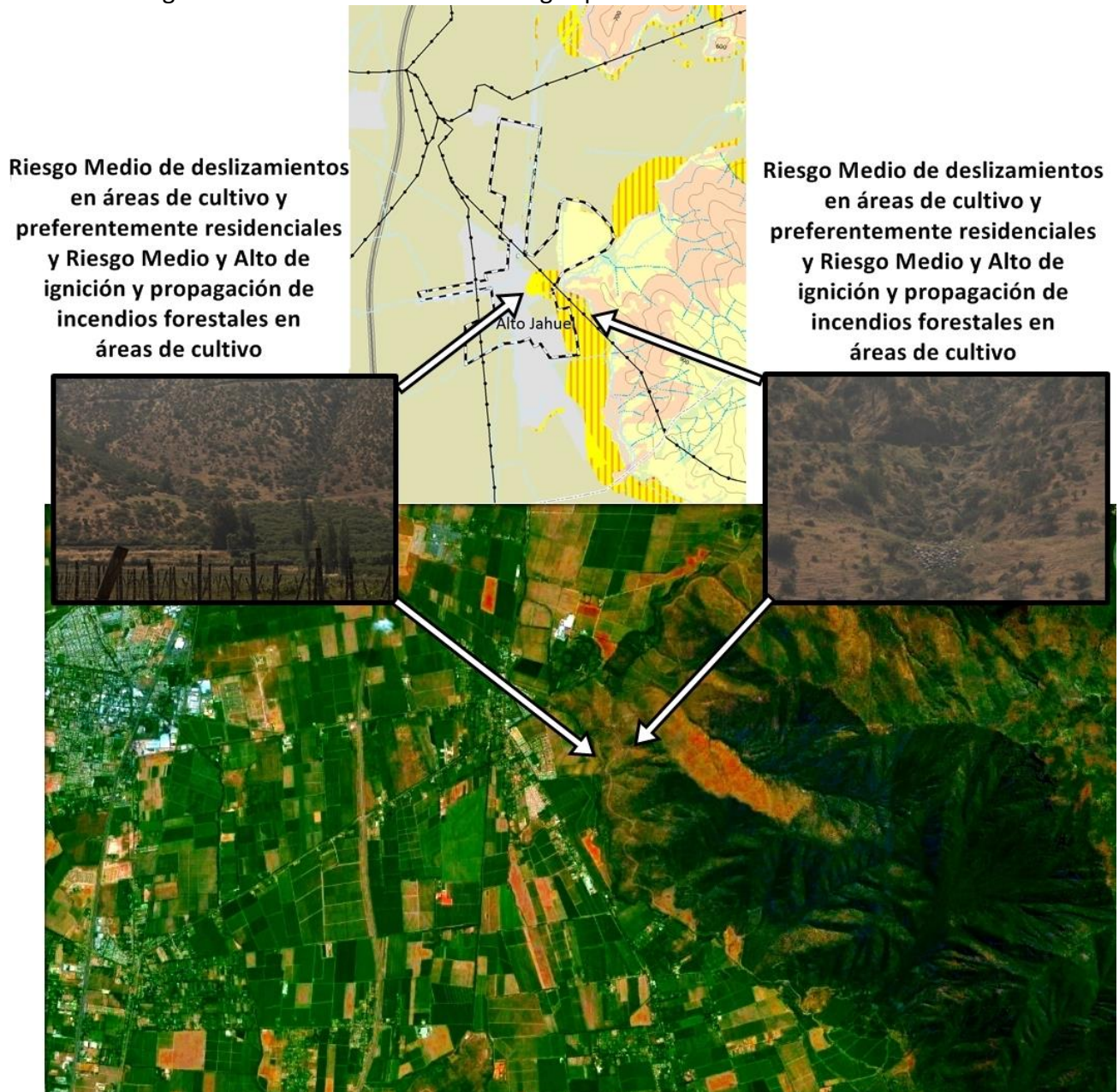
En el caso del asentamiento de Hospital (ubicada en la zona sur de la RMS), el riesgo potencial está ligado a la alta susceptibilidad de desborde del río Angostura sobre áreas preferentemente residenciales y de cultivos, además de existir zonas de mal drenaje asociados a la baja profundidad de la napa (Figura 48).

Figura 48. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Hospital



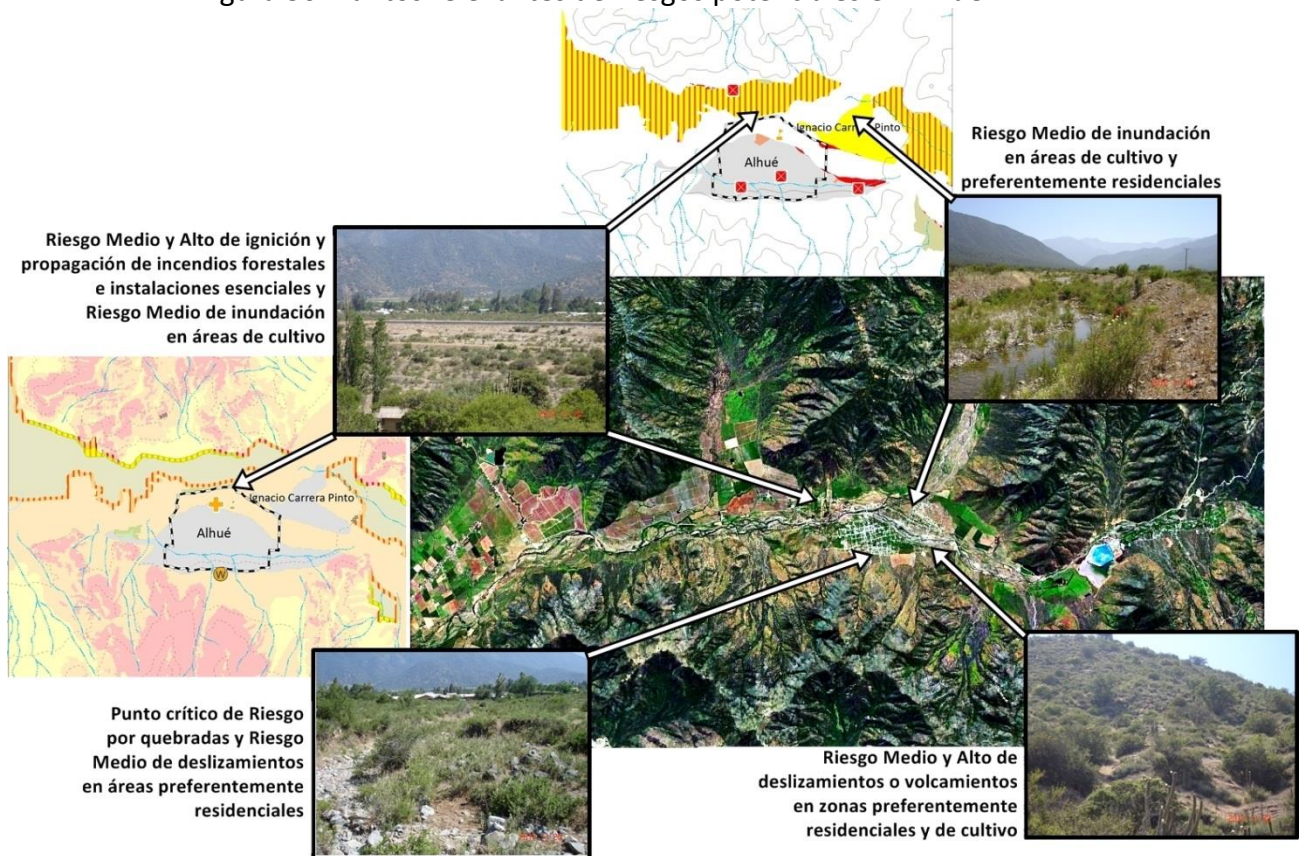
En el asentamiento de Alto Jahuel, el principal riesgo existente se encuentra asociado a zonas susceptibles a incendios forestales (Figura 49) y en menor medida a deslizamientos y desprendimientos desde los cerros colindantes.

Figura 49. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Alto Jahuel



En el asentamiento de Alhué, uno de los principales riesgos identificados es la alta susceptibilidad a incendios forestales cercanos a área residenciales, además de encontrar zonas residenciales susceptibles a desbordes (Figura 50).

Figura 50. Puntos relevantes de riesgos potenciales en Alhué



4. Unidades Territoriales y medidas de mitigación

A continuación se presentan las Unidades Territoriales (Cuadro 24). En primer lugar se nombran las características que la identifican principalmente en cuanto a sus riesgos naturales (entre otros aspectos considerados). Enseguida se describe los problemas y conflictos más relevantes, derivaron en un proceso más claro de delimitación dentro de la RMS. Para finalizar, se puede observar su respectiva cartografía (Figura 51) en donde se puede apreciar de forma gráfica las diferentes unidades territoriales y sus ubicaciones en la RMS.

Cuadro 24. Unidades territoriales: límites, características, problemas y conflictos

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
<i>Asentamientos cordilleranos</i>	<p>Corresponde a los asentamientos de San José de Maipo y Farellones, ubicados en el sector oriente de la RMS.</p> <p>Esta área presenta un dominio típico de ambiente de alta montaña, con fuerte presencia de áreas con susceptibilidad alta y muy alta a remociones en masa (desprendimientos, deslizamientos y flujos de barro o detritos) identificadas en las cartas de susceptibilidad, basadas en los antecedentes de diversas instituciones e información recolectada en terreno.</p> <p>Adicionalmente se visitó el cerro Divisadero, el cual se encuentra en proceso de deslizamiento. En el caso de Farellones se aprecian incipientes procesos de deslizamientos en el borde del camino que lleva a este asentamiento.</p> <p>En San José de Maipo se agregan áreas con media y alta susceptibilidad a inundación por</p>	<p>Se presentan problemas con las vías de acceso, como el camino al volcán en San José de Maipo y camino a Farellones. Esto se debe a que están expuestas a remociones en masa y son las únicas vías de comunicación terrestre en ambos asentamientos, siendo el principal conflicto en el asentamiento de Farellones.</p> <p>En San José de Maipo se identificó que el sector oriente del asentamiento se encuentra expuesto a remociones en masa (desprendimientos, deslizamientos y flujos de barro y detritos), mientras que el sector poniente del asentamiento se encuentra expuesto a desbordes del río Maipo.</p> <p>El principal conflicto detectado en San José de Maipo es la existencia de dos campamentos, llamados El Cementerio y Los Pitufos, el primero se encuentra expuesto a remociones en masa, mientras el segundo se encuentra en</p>	<p>Los límites corresponden a los cuadrantes de los asentamientos San José de Maipo (según bases licitación del estudio) y Farellones (según propuesta <i>edáfica</i>).</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>desborde del río Maipo, que se identificaron en la carta de susceptibilidad a inundaciones, antecedentes de diversas instituciones e información recolectada en terreno.</p> <p>Además estos presentan la posibilidad de enfrentar eventos complejos, como por ejemplo, deslizamientos o flujos de detritos o barro, los que pueden derivar en inundaciones o producirlas directamente en sectores aguas abajo.</p>	<p>una zona de alta susceptibilidad a desbordes.</p> <p>Estos problemas y conflictos se verían incrementados debido al aumento de las precipitaciones de tipo tormenta y al desplazamiento de la isoterma cero entre 100 a 200 metros en la vertical, esto identificado en las proyecciones del cambio climático.</p>	
<p><i>Piedemont y Pre-cordillera AMS</i></p>	<p>Se ubica en el sector oriente del cuadrante del asentamiento del Área Metropolitana de Santiago.</p> <p>Esta zona posee un gran dinamismo en cuanto a remociones en masa, encontrando en terreno evidencias de procesos torrenciales y numerosas obras de mitigación. Además existen diversos antecedentes en instrumentos de planificación e informes de instituciones como el MOP.</p> <p>De acuerdo a lo determinado en las cartas de susceptibilidad a desprendimientos y deslizamientos, existe un dominio en los primeros 2.000 metros de muy alta susceptibilidad a deslizamientos y a partir de dicha cota se observa un predominio de muy alta susceptibilidad a desprendimientos.</p> <p>Dentro de los diversos antecedentes de eventos recolectados, destaca el aluvión ocurrido en mayo de 1993 en la quebrada de Macul, así</p>	<p>El principal conflicto que se identifica en esta zona es que se encuentra en un constante proceso de expansión urbana hacia áreas cercanas, e incluso sobre áreas susceptibles a procesos de remoción en masa e incendios forestales. En terreno se observó la alta utilización de las áreas cercanas a quebradas y exutorios de ellas, situando en un riesgo potencial a la población residente, conformando a las quebradas y sus respectivos exutorios en puntos críticos.</p> <p>La antes mencionada expansión urbana principalmente está dada por grupos socioeconómicos medio y altos, de acuerdo a lo observado en terreno, como por ejemplo en el sector de Piedra Rajada donde se está urbanizando en áreas de alta susceptibilidad a desprendimientos. En Peñalolén se encuentran numerosos condominios en quebradas que ya han tenido eventos</p>	<p>Los límites este y sur corresponden al cuadrante definido en las bases de licitación de este estudio para el Área Metropolitana de Santiago.</p> <p>El límite oeste se encuentra definido al sur del río Maipo por las altas cumbres de los cerros Cardos y Pechuga de Tórtola. Al Norte del río Maipo el límite está definido por el canal San Carlos hasta el cruce con el límite comunal sur de la comuna de Las Condes, donde sigue por las siguientes calles: Los Dominicos, Camino El Alba,</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>como también el ocurrido en Lo Barnechea en septiembre de 2009, los cuales demuestran los constantes flujos de barro o detritos provenientes desde las diversas cuencas precordilleranas existentes en el área.</p> <p>Además esta área se encuentra expuesta a zonas de alta y muy alta susceptibilidad a ignición y propagación de incendios forestales, lo que puede repercutir en la frágil estabilidad de las laderas del área, formando así situaciones más complejas de las determinadas en las diversas cartas de susceptibilidad.</p> <p>Debido a las características orográficas, se produce un aumento explosivo en los niveles pluviométricos, lo cual afecta claramente en el comportamiento torrencial de las cuencas precordilleranas.</p> <p>En base al estudio de cambio climático y variabilidad climática en la RMS de Chile, existen dos procesos que influirán en un aumento de la torrencialidad y eventos catastróficos. El primero es el aumento de los eventos de precipitación extrema y el segundo es la elevación de la isoterma cero en alrededor de 200 metros en los meses de verano y unos 100 metros en invierno, lo cual dependiendo la hipsometría la cuenca puede provocar un aumento significativo de las áreas de captación de precipitación líquida en desmedro de las de precipitaciones sólidas. Cabe señalar que esta</p>	<p>catastróficos como la quebrada de Macul o Nido de Águilas.</p> <p>Otro problema evidente es el estado de la vasta infraestructura de mitigación existente en las quebradas, donde existe una gran cantidad de microbasurales en bordes y fondos de ellas.</p> <p>Un problema identificado en esta zona relacionado con la continuidad de las obras de mitigación, es que muchas terminan abruptamente en calles como Álvaro Casanova, produciendo problemas aguas abajo de donde terminan las obras (Quebrada Nido de Águilas).</p> <p>Un problema no menor es el reemplazo de vegetación nativa e incluso su deforestación originado por incendios forestales o procesos de urbanización, que puede derivar en romper el frágil equilibrio de las laderas que se encuentran altamente alterables producto del proceso natural de solevantamiento.</p> <p>De igual forma que en la unidad anterior, los problemas y conflictos de esta unidad territorial se verían incrementados debido al aumentos de las precipitaciones de tipo tormenta y al desplazamiento de la isoterma cero entre 100 a 200 metros en la vertical, esto identificado en las proyecciones del cambio climático.</p>	<p>Paul Harris, La Posada, hasta el cruce con el canal El Bollo por el cual sigue hasta el límite de la unidad territorial “Río Mapocho”; desde el límite norte de dicha unidad sigue por la cota 840 m.s.n.m. hasta el cruce con el límite norte que se encuentra en paralelo al límite comunal de Lo Barnechea. Dicho límite se encuentra asociado a la zona distal de la geoforma denominada piedemonte.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	unidad está cruzada por la falla de San Ramón de norte a sur, siendo un potencial activador de algún proceso de remoción en masa, como desprendimientos o deslizamientos.		
<i>Cuenca de Chicureo</i>	<p>Esta unidad territorial se encuentra localizada en la zona sur-este de la comuna de Colina.</p> <p>Aquí determinamos que el principal abanico coluvial existente en el área de material intrusivo se encuentra fuertemente alterado, con una muy débil cohesión. Esto implica un gran aporte de material no cohesionado a las laderas y quebradas existentes, formando amenazas potenciales de deslizamientos y flujos de barro o detritos, según lo expuesto en las cartas de susceptibilidad e identificados en terreno, aunque hay que tener en cuenta que debido a las características climáticas de la zona norte de la RMS, se deduce que los períodos de activación son comparativamente altos con el resto de la RMS, períodos de retorno iguales o superiores a 10 años.</p> <p>En la parte poniente de la zona se identificaron zonas con suelo de mal drenaje que poseen un potencial medio de inundación por acumulación de aguas, lo cual marca el límite este de la unidad territorial “Sub-cuenca Colina – Lampa”.</p>	<p>El conflicto más relevante corresponde a los procesos de desarrollo urbano de condominios de nivel socio-económico alto sobre áreas de riesgo por flujos de barro o detritos e inundaciones por acumulación de aguas y desbordes de quebradas.</p> <p>Además se identificó que la autopista Pablo II se encuentra en áreas de deslizamientos y flujos de barro o detritos, además de pequeños desprendimientos debido a lo alterado del material intrusivo del abanico coluvial.</p>	<p>Los límites están fijados a partir de los bordes naturales de la cuenca hidrográfica del mismo nombre, donde los límites sur y este corresponden a los límites comunales entre las comunas de Colina, Lo Barnechea y Huechuraba, el límite norte se encuentra determinado por las más altas cumbres entre los cerros Las Moscas, Los Cóndores y Los Cordones, mientras el límite oeste está fijado a partir del análisis de las curvas de nivel.</p>
<i>Sub-cuenca Colina - Lampa</i>	Esta unidad localizada en el sector norte y noroeste de la RMS presenta características únicas dentro de la región debido a que se trata de una extensa zona de planicies ligadas a	Vemos problemas asociados a lo extenso de las zonas palustres y de suelos con mal drenaje. Existen zonas residenciales y un sin número de instalaciones esenciales y vitales que se	Esta unidad está conformada por los asentamientos Polpaico, Lampa, Colina, Batuco,

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>humedales, zonas palustres y esteros. Estos últimos tienen una gran extensión horizontal, como el estero Lampa y Chacabuco que no poseen carga de agua (observación en visita a terreno). En tanto el estero Colina sí mantiene un curso de agua debido a los deshielos provenientes del área noreste de la RMS.</p> <p>Estos cursos forman un sistema hídrico que desemboca en laguna Carén para posteriormente llegar al río Mapocho.</p> <p>Las principales amenazas determinadas en las cartas de susceptibilidad tienen relación con inundaciones debido a la existencia de zonas palustres, humedales y por desbordes de los esteros que conforman este sistema.</p> <p>Este último fenómeno es un tema relevante en el sector de Colina debido a que el asentamiento está a contra pendiente del estero del mismo nombre. El estero está encausado a través de muros de borde angulares de al menos 10 metros de diferencia entre el eje del cauce y la parte alta de las paredes. A medida que avanza el estero Colina hacia el suroeste se va angostando hasta llegar a la confluencia de los esteros Lampa-Cruces-Colina.</p> <p>En relación con el comportamiento de los esteros Lampa y Chacabuco, ambos tienen una conducta torrencial que se activa en períodos no inferiores a 5 años. Esto se deduce de los ritmos de sedimentación encontrados en el estero</p>	<p>encuentran expuestas a esta zona de media susceptibilidad a inundación, que si bien son procesos relativamente lentos, sí pueden provocar daños si no se consideran medidas de mitigación ante eventos que son más esporádicos que en el resto de la RMS.</p> <p>Se identifican problemas con áreas residenciales con sus respectivas instalaciones esenciales en zonas de desborde de esteros como sucede en Polpaico y Colina.</p> <p>Uno de los conflictos que se identificaron en esta unidad es la ocupación de las riberas de los esteros por campamentos. Por ejemplo en Lampa con los campamentos “El Badén”, “El Estero”, “Central Lo Vargas”, también en Polpaico con los campamentos “El Taco”, “Los Algarrobos”, “Ribera del río”. En Colina con los campamentos “Ribera sur” y “Los Aromos” y en Noviciado con el campamento “Bosque del Noviciado”, lo cual aumenta el estado de vulnerabilidad de la población que habita en dichos campamentos.</p>	<p>Noviciado y la zona Norponiente de la AMS.</p> <p>El límite norte se encuentra circunscrito a los cuadrantes de los asentamientos del área Metropolitana de Santiago y Colina. El límite noroeste se encuentra entre la unión de cotas de los cerros La Olla y Lletas de Vizcachas en el cuadrante del asentamiento de Tiltill, la cual marca la entrada a un sector de angostas llanuras rodeadas de cerros que forman parte de la unidad “borde occidental norte”.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>Lampa a la altura de Polpaico. Cabe señalar que además el cauce del estero Lampa se encuentra controlado por el embalse Rungue.</p> <p>Finalmente, se infiere que esta zona en antaño debió conformar un sistema de reserva y recarga natural del sistema hídrico mayor Mapocho-Maipo, debido a la existencia de zonas palustres, humedales, suelos con mal drenaje y casi nulas pendientes.</p> <p>La ocurrencia de eventos de remociones en masa esta acotados a las laderas de los mismos cerros debido a lo extenso que las zonas con baja pendiente.</p>		
<p><i>Río Mapocho y Cordón Manquehue – San Cristóbal y cerro isla Renca</i></p>	<p>Unidad localizada al interior del Área Metropolitana de Santiago.</p> <p>La subunidad río Mapocho presenta una alta intervención antrópica debido a diversas motivaciones entre las cuales se puede nombrar la canalización del río para evitar los desbordes, la creación de la autopista costanera norte e incluso intervenciones más puntuales como el plan “Mapocho urbano limpio”.</p> <p>Debido a esto, el área de desborde actual se encuentra presente a los primeros metros desde las bordes del río Mapocho.</p> <p>Se identificó una alta ocurrencia de incendios forestales con respecto a los cerros urbanos. Tanto en el sistema GEOREF de CONAF como en la identificación de zonas incendiadas mediante</p>	<p>El principal conflicto en esta unidad es la localización de campamentos en áreas de inundación (como por ejemplo el campamento Los Cartoneros) o al pie de laderas inestables o propicias a incendios forestales (como por ejemplo los campamentos Juan Alsina o Nadie Nos Conoce en Cerro Renca), sin olvidar que en estos cerros se han registrado numerosos incendios forestales.</p> <p>Una complicación no resuelta aún es el comportamiento del río Mapocho con la infraestructura actual (autopistas urbanas, modificación del fondo y bordes del cauce) frente a un evento de precipitación extrema, sobre todo por las proyecciones del aumento de la isoterma cero en las zonas de recarga de</p>	<p>La sub-unidad Río Mapocho se encuentra definida por los límites determinados por la susceptibilidad media y alta desborde de la carta de inundación y en los antecedentes del trabajo de Antinao, Fernández, Naranjo y Villarroel (2003), hasta el sector de Lomas de lo Aguirre.</p> <p>(El cordón Manquehue – San Cristóbal y cerro Renca corresponde a los cerros Alvarado, Manquehue, San</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>a través de imágenes satelitales, lo cual es complementado con las áreas identificadas en las cartas de ignición y propagación de incendios forestales.</p> <p>Además, estos cerros presentan procesos de remociones en masa, como en el cerro Renca y Manquehue en que predominan áreas de susceptibilidad alta y muy alta a desprendimientos, mientras que en cerros como el San Cristóbal presenta áreas de media susceptibilidad a deslizamientos en laderas con exposición sur, esto de acuerdo a lo señalado en instrumentos de planificación comunal.</p>	<p>la cuenca del Mapocho. Esto puede producir una mayor captación de precipitaciones líquidas, las cuales afectarían directamente el caudal del río en un evento de precipitaciones.</p> <p>Otro problema es el desarrollo de innumerables microbasurales en las riberas del río Mapocho, las que podrían contribuir a la generación de inundaciones.</p>	<p>Cristóbal y Renca).</p>
<p><i>Área Metropolitana de Santiago</i></p>	<p>Los focos de anegamientos (inundaciones) es una de las principales amenazas que puede afectar a la ciudad de Santiago. Estos se pueden encontrar de forma homogénea a lo largo de toda la ciudad. La causa es la extensa superficie impermeabilizada que se va sumando constantemente producto del proceso de urbanización (sumado a la falta de áreas verdes). En muchos casos van tendiendo a concentrar las aguas lluvias hacia ciertos sectores específicos, lo que complementado por la pendiente natural de la ciudad de Santiago, va afectando en mayor medida.</p> <p>El problema de los anegamientos es considerado incluso en algunos planes reguladores comunales, dando cuenta que para algunos municipios se trata de problemas relativamente</p>	<p>Al tratarse de uno de los puntos productivos más importantes del país, el riesgo potencial que significan los anegamientos (o cualquier otro tipo de riesgo de origen natural) en el funcionamiento de la Metrópoli de Santiago, desde el punto de vista económico y demográfico, resulta de gran relevancia. En este sentido, las concentraciones industriales que se encuentran principalmente en el sector poniente de la ciudad, están situadas en zonas medianamente a altamente susceptibles a inundaciones.</p> <p>En este sentido, según se pudo observar en los antecedentes analizados, si bien las fuentes indican una disminución en el promedio de lluvias anuales, se puede observar una mayor concentración de estas en períodos más</p>	<p>Conformada por la mayor parte del cuadrante Metrópoli de Santiago, excluyendo el área de influencia del río Mapocho (unidad territorial “Río Mapocho y Cordón Manquehue –San Cristóbal y cerro Renca”) y la Precordillera Andina (unidad territorial “Pre-Cordillera AMS”), donde el límite oeste está definido por el río Mapocho, el cual marca un límite físico a esta unidad.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>constantes, y que por tanto deben ser tratados desde el punto de vista normativo de la planificación territorial.</p> <p>Según se pudo observar en terreno, sumado a los antecedentes recopilados desde diferentes fuentes, hay varios puntos que resultan constantes o recurrentes en términos de susceptibilidad a anegamientos, muchas veces afectando estos a las avenidas principales de las diferentes comunas, provocando además problemas en el tránsito tanto vehicular como peatonal.</p> <p>Dadas las características de la Metrópoli de Santiago, otro tipo de riesgos potenciales de origen natural no están presentes propiamente dentro del casco urbano más consolidado. Esto se observa con la ausencia de eventos de remoción en masa, ya que la mayoría de los cerros y montañas se encuentran hacia la periferia de la ciudad.</p>	<p>cortos (es decir, menor cantidad de lluvias en el año, pero de características más torrenciales). A su vez aumenta la potencialidad de los riesgos, que en el caso de Santiago, de forma más inclusiva, se trata de los anegamientos.</p> <p>Así también, el impacto que este tipo de amenazas tienen sobre las zonas residenciales es significativo porque se trata de la concentración de población más grande de todo el país. Entonces, un evento de anegamiento puntual va a afectar a mayor cantidad de personas dada la alta densidad poblacional.</p> <p>En cuanto a las zonas urbanas más sensibles al impacto de posibles eventos de anegamientos, se encuentran una gran cantidad de compañías de bomberos, centros de salud y centros educacionales dentro del área urbana de Santiago que podrían verse posiblemente afectadas en su funcionamiento normal. Así también se observan algunos campamentos a lo largo de la ciudad que también podrían verse afectados por este tipo de eventos, principalmente los ubicados en la ribera del Zanjón de la Aguada.</p> <p>Por otro lado, existe riesgo de ignición de incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad, donde aún se pueden encontrar extensiones relativamente grandes sin una</p>	

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
		urbanización totalmente consolidada aún, y donde debido a la gran cantidad de diferentes tipos de actividades antrópicas que se desarrollan, la posibilidad de iniciarse un incendio forestal es bastante alta (tal como se pudo comprobar también en los antecedentes recopilados). Sin embargo, analizado desde la posibilidad de propagación de los eventuales incendios forestales, el riesgo disminuye bastante, siendo sectores mucho más puntuales y relacionados principalmente a los cerros que se encuentran en las áreas periféricas de Santiago.	
<i>Lo Aguirre – Rinconada</i>	<p>El área norte de la unidad posee un predominio de procesos de remoción en masa como desprendimientos y flujos de detritos, además de tener susceptibilidad a incendios forestales.</p> <p>Mientras el área sur de la unidad posee áreas altas y muy altas susceptibles a incendios tanto por ignición como por propagación. Además posee pequeñas áreas de afloramiento de napas y desborde del río Mapocho.</p>	Posee sectores urbanizados en el área norte, en Lo Aguirre y Ciudad de Los Valles, lo cuales están expuestos a desprendimientos y flujos de detritos, mientras que el área sur está constituida principalmente por actividades agrícolas, las que se encuentran expuestas a ignición y propagación de incendios forestales y desbordes del río.	Corresponde al sector ubicado al poniente del AMS, cruzando el Río Mapocho, su límite norte lo conforma el cerro Lo Aguirre y al sur el sector Rinconada de Maipú que culmina en el cerro Los Ratones.
<i>Sub-cuenca Maipo Sur</i>	<p>Se trata de asentamientos humanos principalmente dedicados a la actividad agrícola, asociada a los ríos asociados a la sub-cuenca Maipo sur.</p> <p>Los riesgos potenciales más patentes en el área son las posibles inundaciones. Esto ha provocado que se hayan desarrollado (o se estén haciendo) diversas medidas de mitigación,</p>	<p>Algunos de los principales problemas en términos de actividades productivas se pueden encontrar en los posibles efectos que pudieran tener las crecidas de los ríos sobre las actividades agrícolas, muy importantes en toda la zona sur de la Región Metropolitana de Santiago.</p> <p>En cuanto a los impactos que los riesgos</p>	Corresponde a los asentamientos de Isla de Maipo, La Islita, Bajos de San Agustín, Buin, Hospital, Alto Jahuel, Paine y Pirque; todos ubicados en la zona sur de la Región Metropolitana de Santiago.

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>sobre todo en las áreas urbanas en contacto directo con los ríos, como son los casos de Hospital, Isla de Maipo y Pirque; amenazas que están incluidas también en los instrumentos de planificación territorial (es decir que se consideran también desde un punto de vista normativo), donde se incluyen áreas de influencia especificadas en cada instrumento.</p> <p>También se pueden encontrar en varios sectores aledaños a los cursos de los ríos (incluyendo claramente los asentamientos recién nombrados –sobre todo Isla de Maipo–), áreas con aguas freáticas superficiales o zonas con mal drenaje, las que obviamente también significan un aumento en los riesgos (y permanencia) de los eventos de inundación.</p> <p>En el sector nor-oeste de esta unidad territorial, específicamente en el cerro Lonquén se puede ver áreas susceptibles a deslizamientos, en tanto en el sector del cerro Puente Los Morros se evidenció en terreno procesos de desprendimientos, de la misma forma que en la carta de susceptibilidad de desprendimientos.</p>	<p>potenciales (principalmente de inundación) de esta unidad territorial pueden llegar a tener sobre zonas residenciales, se destaca el caso del asentamiento de Isla de Maipo, el que se ubica prácticamente en su totalidad sobre (y rodeado), por aguas freáticas superficiales (además de zonas de mal drenaje). Secundariamente se podrían considerar como zonas urbanas con riesgo potencial relativamente alto de inundación a los asentamientos de Pirque y La Islita. Aunque también se debe tener presente a todos los otros asentamientos existentes en los cuadrantes considerados, ya que en todos se pueden encontrar ciertas zonas –más puntuales que los nombrados recién– con riesgo de inundación.</p> <p>En cuanto a las zonas urbanas sensibles que se podrían ver afectadas, por las mismas razones nombradas recientemente, es el asentamiento de Isla de Maipo el que presenta en áreas de riesgo la localización de centros educacionales, de salud y bomberos.</p>	<p>Esta unidad territorial está principalmente relacionada a las sub-cuencas de los ríos Maipo, Angostura y Clarillo (siendo el primero el más relevante).</p> <p>El límite nor-este de esta unidad territorial corresponde al río Maipo, mientras que hacia el nor-oeste se ubica al llegar hasta el cerro Chena, hasta el límite occidental del cuadrante del asentamiento de Bajos de San Agustín hacia el sur.</p>
<i>Río Mapocho Sur-Occidental</i>	<p>Los asentamientos que conforman esta unidad territorial son algunos de los que han tenido un mayor desarrollo urbano en los últimos años en forma relativamente conjunta. La ciudad de Melipilla es un caso un poco más aislado.</p> <p>Los asentamientos son un continuo urbano a lo largo de la salida sur-oeste de Santiago,</p>	<p>Entre los asentamientos de Talagante y El Monte se encuentra gran cantidad de agroindustrias en áreas de riesgo de inundación y cercanas a zonas con potencial de propagación de incendios, de las cuales además se encontró al menos siete que se encuentran en zonas de alto riesgo potencial</p>	<p>Está conformado por los asentamientos de Melipilla, El Monte, Peñaflo, Talagante y Padre Hurtado, en gran medida en torno al eje de la ruta 78.</p> <p>Corresponde a la sección</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>alcanzando incluso que el asentamiento Padre Hurtado y a una conurbación con Santiago que provoca que este asentamiento en particular esté en un estado de transición de sus características entre esta unidad territorial y la del AMS.</p> <p>Debido a la presencia del río Mapocho, junto a terrazas de inundación relativamente amplias en algunos sectores, además de amplias extensiones de zonas con aguas freáticas superficiales y/o áreas con mal drenaje, uno de los riesgos potenciales más importantes son las inundaciones. Aunque precisamente por el ancho de las terrazas, sumado a la vegetación, obras de mitigación en ciertos sectores (sobre todo asociadas a la carretera) y distancia desde las áreas más densamente habitadas hasta el río, en muchos casos, este riesgo disminuye bastante su posibilidad de tener un impacto directo zonas habitadas (principalmente viviendas).</p> <p>Sin embargo, sí se identificaron eventos relacionados a anegamientos dentro de áreas urbanas ya sea por eventos de fuertes lluvias (o en menor medida crecidas del río Mapocho).</p> <p>En los casos de los asentamientos que se ubican cercanos a cerros, según observó en terreno, sumado a los antecedentes recopilados, existe un mayor riesgo de deslizamientos que de desprendimientos, principalmente por el estado</p>	<p>de inundación. También se observó en terreno varios puntos con pequeñas a medianas actividades de extracción de áridos asociadas al río Mapocho, las que evidentemente se encuentran en áreas de riesgo natural.</p> <p>Debido al proceso acelerado de urbanización que ha existido en esta unidad territorial, y como se apreció en terreno, varios pequeños canales de regadíos y acequias de la época en que estas eran áreas rurales se encuentran en medio de las actuales áreas urbanas, entre medio de las viviendas, lo que implica un evidente riesgo potencial de inundación.</p> <p>En los asentamientos considerados en esta unidad territorial se encontró al menos cinco campamentos que se encuentran prácticamente en la ribera del río Mapocho, sobre áreas de mediano a alto riesgo de desborde e inundación.</p> <p>Dado que prácticamente la totalidad de las áreas urbanas de Talagante, El Monte y Melipilla, y gran parte de Peñaflores se encuentran en zonas de aguas freáticas superficiales, muchos de los centros educacionales, de salud y de bomberos, se encuentren en áreas de riesgo natural de inundación.</p> <p>Las características de abundantes cerros generan escenarios más propicios para la ignición y propagación de incendios forestales.</p>	<p>sur-occidental y final, del río Mapocho, antes de juntarse con el río Maipo.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>de las laderas y de la vegetación existente sobre las laderas.</p>	<p>A medida que ha existido una presión antrópica cada vez mayor sobre el entorno natural que conforma esta unidad territorial, el riesgo potencial de incendio forestal ha aumentado también, tanto en la cantidad de incendios como también por la cantidad de población que puede verse afectada directa o indirectamente. Esto induce a que sea un riesgo de origen natural que va en aumento para estos asentamientos y para las diferentes actividades productivas.</p>	
<p><i>Borde Occidental Norte: Curacaví – Tiltil</i></p>	<p>Presenta características propias de asentamientos ubicados entre los valles de cordones montañosos del borde oriental de la cordillera de la Costa, donde se observa áreas con riesgo potencial de remoción en masa; principalmente de deslizamientos en el caso de Curacaví y de desprendimientos en el caso de Tiltil.</p> <p>Aunque se pueden observar zonas de riesgo alto de deslizamiento en las zonas adyacentes a las áreas urbanas, ambos asentamientos están ubicados principalmente en zonas de riesgo bajo, debido a que se sitúan en zona de valles.</p> <p>Sin embargo, a lo largo de las entradas hacia los asentamientos, la vialidad se encuentra ubicada en áreas de riesgo potencial por deslizamiento debido al estado de las laderas, bastante meteorizadas y con evidencia de laderas con afloramientos.</p>	<p>En el caso de Curacaví se encuentra una concentración de agroindustrias en la ribera sur del estero Puangue, que se ubican dentro de las áreas de riesgo de afloramiento de aguas subterráneas superficiales y de incendios forestales.</p> <p>En este sentido el riesgo potencial de incendios forestales es el más relevante en esta unidad territorial, dadas las características productivas basadas en la agricultura (a diferentes escalas de producción).</p> <p>Las zonas residenciales se encuentran en áreas de bajo riesgo de origen natural pudiendo destacarse posiblemente como la más amenazante para la población las napas superficiales ubicadas en gran parte de los valles del cuadrante de Curacaví.</p> <p>Una zona residencial sensible es el</p>	<p>Esta unidad territorial está conformada por la zona nor-occidental de la Cordillera de la Costa en la RMS. En este caso, incluye a los asentamientos de Curacaví y la cuenca del estero Tiltil, incluyendo su respectivo asentamiento (según cuadrantes establecidos en bases de licitación del estudio).</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>Existe riesgo relativamente alto de ignición sobre todo cercanos a los asentamientos y las áreas agrícolas y un área bastante extensa de susceptibilidad de propagación de incendios forestales. Esto puede deberse a la presencia de vegetación en las laderas y las condiciones propias del clima mediterráneo.</p> <p>En el caso de los riesgos potenciales asociados a inundaciones, Curacaví está más afectada por la amenaza de las aguas freáticas superficiales que cubren la mayor parte del área urbanizada. En el caso de Tilttil hay antecedentes que indican riesgo de desborde, aunque existen medidas de mitigación, tratándose de riesgos de baja ocurrencia según se observó en terreno.</p>	<p>campamento Juanita de Los Andes, ubicado en Curacaví y que se encuentra en un área de riesgo potencial de deslizamientos.</p> <p>Las zonas urbanas sensibles en Curacaví y parte de Tilttil se encuentran en áreas relativamente bajas de riesgo natural (principalmente de inundación) debido al riesgo potencial de afloramiento de aguas freáticas superficiales.</p>	
<i>Borde Occidental Sur: Alhue</i>	<p>Esta unidad territorial presenta características propias diferentes a las del resto de los asentamientos de la región, mostrando tipologías orográficas diferentes. El asentamiento de Alhué se ubica inserto en un sistema montañoso aparte, lo que significa una susceptibilidad potencial de riesgos de remoción en masa de tipo leve en el caso de los deslizamientos, pero mayor en relación con los desprendimientos.</p> <p>Según se observó en terreno, uno de los riesgos potenciales más evidentes en esta área son los flujos de detritos y barro, que en varios casos se observan en las quebradas que se ubican en los alrededores, sobre todo en el lado sur del</p>	<p>La susceptibilidad a ocurrencia de incendios forestales y su propagación podría afectar principalmente a las zonas de cultivos que se encuentran en todos los alrededores de Villa Alhué (no se advierte la presencia de agroindustrias), existiendo un riesgo relativamente alto y que disminuye hacia el poblado.</p> <p>Se destaca el riesgo potencial por incendios para las actividades productivas ejercidas en esta unidad territorial, donde se encuentran principalmente la agricultura y la actividad forestal.</p> <p>Las áreas residenciales se ven amenazadas principalmente por la existencia de aguas</p>	<p>Corresponde al cuadrante del asentamiento de Alhué. Ubicado en el extremo sur occidental de la RMS.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS Y CONFLICTOS	LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA UNIDAD
	<p>asentamiento.</p> <p>Basándose en los antecedentes recopilados más la información obtenida en terreno, existen riesgos potenciales de inundaciones (nivel medio) por desbordes para el caso del estero Piche (en el norte de Villa Alhué), y de afloramientos de aguas subterráneas superficiales a lo largo de todo el valle (bastante encajonado).</p>	<p>freáticas superficiales a lo largo del valle, y principalmente en las riberas de los esteros Alhué y Piche.</p> <p>En cuanto a la infraestructura sensible se puede indicar que tanto los establecimientos educacionales como el centro de salud (no hay instalaciones de bomberos) se encuentran en zonas de riesgo medio o bajo.</p> <p>Hay riesgo potencial relativamente alto tanto de ignición como también de propagación de incendios forestales a lo largo de los cerros y en menor medida en el asentamiento, debido a las razones de encajonamiento en la ubicación de Villa Alhué y a la cantidad, distribución y tipo de vegetación existente.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 25 se presentan las medidas y requerimientos generales y específicas (tanto estructurales como no estructurales) que se sugieren implementar, según las características de riesgos naturales potenciales nombradas en el cuadro anterior.

Cuadro 25. Unidades territoriales: medidas y requerimientos

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS GENERALES	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS
<p>1. Asentamientos cordilleranos</p>	<p>1.1. Monitorear de forma constante las condiciones detonantes de eventos y procesos activos.</p> <p>1.2. Resguardar la seguridad de la infraestructura vial y habitantes de campamentos.</p>	<p>1.1.1. Monitorear continuamente los procesos de remoción en masa existentes tanto en el cerro Divisadero -en San José de Maipo- y en el camino a Farellones.</p> <p>1.1.2. Monitorear los niveles del cauce del río Maipo a través de información obtenida en terreno y de las condiciones hidro-meteorológicas detonantes.</p> <p>1.1.3. Generar estudios de mayor escala y planes con sistemas de estabilización de laderas.</p> <p>1.2.1. Mejorar los resguardos de las vías conectoras frente a eventos de remoción en masa.</p> <p>1.2.2. Trasladar la población que habita en campamentos a zonas de menor amenaza por desbordes de río y/o remociones en masa.</p>
<p>2. Piedemont y Pre-cordillera AMS</p>	<p>2.1. Controlar y desincentivar el proceso de expansión urbana cercana a las zonas más altas del piedemonte y Precordillera.</p> <p>2.2. Monitorear de forma constante las condiciones detonantes y condicionantes de amenazas.</p>	<p>2.1.1. Solicitar mayores exigencias en estudios ambientales.</p> <p>2.2.1. Monitorear y limpiar continuamente el material detrítico en las zonas altas de las quebradas que puedan generar flujos.</p> <p>2.2.2. Generar estudios de los escenarios en que se han desarrollado los diferentes procesos de remociones en masa.</p> <p>2.2.3. Fomentar la re-forestación de las laderas con vegetación nativa, con lo que además se ayuda a estabilizar las laderas.</p>

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS GENERALES	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS
	2.3. Mantenimiento constante de obras de mitigación.	2.3.1. Monitorear y limpiar continuamente las quebradas y obras de mitigación para evitar desbordes y flujos de barro o detritos.
3. Cuenca de Chicureo	3.1. Controlar con mayores exigencias ambientales el proceso de expansión urbana hacia las zonas de descarga de las quebradas de la cuenca.	3.1.1. Generar estudios de los flujos de barro y detritos (susceptibilidad y eventos) teniendo en cuenta el sistema de la cuenca. 3.1.2. Proponer medidas estructurales de control de flujos una vez realizados los estudios y áreas de restricción con mayor detalle para el desarrollo urbano, principalmente de uso residencial.
4. Sub-cuenca Colina - Lampa	4.1. Recopilar mayor información sobre condiciones de generación de inundaciones. 4.2. Controlar y alertar el proceso de urbanización y generación de campamentos en zonas de inundaciones.	4.1.1. Generar estudios sobre los niveles freáticos en sus estados actuales y de mejoras en drenaje de suelos. 4.2.1. Regular con mayores exigencias ambientales el proceso de urbanización y generación de campamentos en zonas de borde de río y con niveles freáticos cercanos a la superficie. 4.2.2. Trasladar la población que habita en campamentos en torno a los cursos de agua.
5. Río Mapocho y Cordón Manquehue – San Cristóbal y cerro Renca	5.1. Identificar comportamiento del río Mapocho. 5.2. Prevenir incendios forestales en cerros. 5.3 Aumentar cobertura vegetal.	5.1.1. Elaborar estudio más acotado del comportamiento del río Mapocho frente a un evento de precipitación extrema bajo las condiciones actuales de antropización en que se encuentra. 5.2.1. Establecer medidas de prevención de incendios forestales en los cerros que conforman la unidad. 5.3.1. Implementar áreas verdes con vegetación que permita disminuir procesos erosivos.

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS GENERALES	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS
6. Área Metropolitana de Santiago	6.1. Mejorar y aumentar infraestructuras y áreas verdes para prevención de puntos de anegamiento.	6.1.1. Aumentar las exigencias en términos de cantidad y calidad de las áreas verdes, además de una mejor distribución de estas. 6.1.2. Mejorar resguardo de vías conectoras frente a eventos de anegamiento. 6.1.3. Mantener y generar nuevas áreas verdes con el fin de reducir la cantidad de zonas impermeables en la ciudad.
7. Lo Aguirre - Rinconada	7.1. Desincentivar el proceso de expansión urbana hacia las áreas cercanas a procesos de desprendimientos y flujos de detritos. 7.2. Realizar un plan de control de incendios forestales.	7.1.1. Realizar estudios específicos sobre desprendimientos y flujos de detritos con el fin de proponer medidas estructurales de mitigación y de control de remociones en masa. 7.2.1. Implementar planes de prevención de incendios forestales en concordancia con las actividades agrícolas existentes en el área. 7.2.2. Reforestar áreas afectadas por incendios forestales.
8. Sub-cuenca Maipo Sur	8.1. Generar un área verde intercomunal a lo largo del río Maipo (con potencial tanto de mitigación de riesgos inundación y también de recreación). 8.2. Generar medidas para evitar la formación de incendios forestales.	8.1.1. Realizar estudio de áreas verdes ribereñas con el fin de implementar áreas de mitigación y recreación. 8.1.2. Trasladar la población que habita en campamentos a zonas de menor amenaza por desbordes de río y remociones en masa. 8.2.1. Implementar planes de prevención de incendios forestales en relación a actividades agrícolas.
9. Río Mapocho Sur-Occidental	9.1. Evitar la formación de microbasurales en cursos de agua. 9.2. Prevenir y corregir el proceso de	9.1.1. Mantener los canales de regadío limpios en áreas urbanas con el fin de evitar la formación de microbasurales que puedan derivar en desbordes de estos cursos.

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS GENERALES	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS
	<p>ocupación residencial hacia las cercanías del río Mapocho.</p> <p>9.3. Generar medidas para evitar la formación de incendios forestales.</p>	<p>9.2.1. Trasladar la población que habita en campamentos a zonas de menor amenaza por desbordes de río y remociones en masa.</p> <p>9.2.2. Evitar impermeabilizar áreas de recarga de acuífero (sobre todo en áreas urbanas o en proceso de expansión urbana).</p> <p>9.3.1. Establecer medidas de prevención de incendios forestales en los cerros que conforman la unidad.</p> <p>9.3.2. Mantener un cuidado sobre la vegetación nativa (en laderas para los incendios forestales y prevención de procesos de remoción en masa y en los valles para evitar inundaciones, por la protección del suelo y el proceso de recarga de los acuíferos).</p>
<p><i>10. Borde Occidental Norte: Curacaví – Tiltil</i></p>	<p>10.1. Recopilar mayor información sobre condiciones de generación de remoción en masa y desbordes en el cordón montañoso costero en su borde occidental.</p> <p>10.2. Generar medidas para evitar formación y propagación de incendios forestales.</p>	<p>10.1.1. Realizar estudios específicos de las condiciones locales que predisponen y detonan procesos de remoción en masa y desbordes en sus condiciones actuales.</p> <p>10.1.2. Realizar estudios de estabilización de laderas en Curacaví.</p> <p>10.1.3. Mantener y reforestar la vegetación nativa de la unidad.</p> <p>10.2.1. Implementar medidas de prevención de incendios forestales en los cerros que conforman la unidad.</p>
<p><i>11. Borde Occidental Sur: Alhué</i></p>	<p>11.1. Estudiar las condiciones hidro-meteorológicas locales.</p> <p>11.2. Mantener la vegetación nativa para estabilidad de laderas.</p>	<p>11.1.1. Realizar estudios de los cauces y con sus respectivas áreas de recarga.</p> <p>11.2.1. Generar estudios y planes de sistemas de estabilización de laderas a través de la mantención de la vegetación nativa.</p>

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 26 se identifican las comunas en las que se busca y sugiere implementar las medidas y requerimientos específicas según características de riesgos naturales potenciales nombradas en el Cuadro 25 (tanto estructurales como no estructurales). Aunque ciertos aspectos deben ser considerados para cada unidad territorial (por los mismos motivos que fueron identificados como una unidad aparte), también resulta importante entender que algunas medidas se pueden aplicar en territorios específicos. Es por ello que en este caso vinculamos las propuestas con el nivel comunal para que puedan ser analizadas por los equipos municipales.

Cuadro 26. Medidas y requerimientos específicos según comuna

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS	COMUNAS
1. Asentamientos cordilleranos	1.1.1.	San José de Maipo, Lo Barnechea
	1.1.2.	San José de Maipo
	1.1.3.	San José de Maipo, Lo Barnechea
	1.2.1.	San José de Maipo, Lo Barnechea
	1.2.2.	San José de Maipo
2. Piedmont y Pre-cordillera AMS	2.1.1.	Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto
	2.2.1.	Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto
	2.2.2.	Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto
	2.2.3.	Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto
	2.3.1.	Lo Barnechea, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto
3. Cuenca de Chicureo	3.1.1.	Colina
	3.1.2.	Colina

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS	COMUNAS
4. Sub-cuenca Colina - Lampa	4.1.1.	Colina, Lampa, Tiltil, Quilicura, Renca
	4.2.1.	Colina, Lampa, Tiltil, Pudahuel, Quilicura, Renca, Huechuraba
	4.2.2.	Colina, Lampa, Tiltil, Pudahuel, Quilicura, Renca, Huechuraba
5. Río Mapocho y cordón Manquehue – San Cristóbal y Cerro Renca	5.1.1.	Lo Barnechea, Vitacura, Huechuraba, Providencia, Recoleta, Santiago, Independencia, Quinta Normal, Renca, Cerro Navia, Pudahuel
	5.2.1.	Vitacura, Huechuraba, Providencia, Recoleta, Renca, Quilicura
	5.3.1.	Lo Barnechea, Vitacura, Huechuraba, Providencia, Recoleta, Santiago, Independencia, Quinta Normal, Renca, Quilicura, Cerro Navia, Pudahuel
6. Área Metropolitana de Santiago	6.1.1.	Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto, La Pintana, La Granja, San Ramón, El Bosque, San Bernardo, La Cisterna, Lo Espejo, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Macul, Ñuñoa, Providencia, Santiago, Estación Central, Lo Prado, Quinta Normal, Pudahuel, Cerro Navia, Renca, Independencia, Recoleta, Conchalí, Huechuraba, Quilicura
	6.1.2.	Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto, La Pintana, La Granja, San Ramón, El Bosque, San Bernardo, La Cisterna, Lo Espejo, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Macul, Ñuñoa, Providencia, Santiago, Estación Central, Lo Prado, Quinta Normal, Pudahuel, Cerro Navia, Renca, Independencia, Recoleta, Conchalí, Huechuraba, Quilicura
	6.1.3.	Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente

UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS	COMUNAS
		Alto, La Pintana, La Granja, San Ramón, El Bosque, San Bernardo, La Cisterna, Lo Espejo, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Macul, Ñuñoa, Providencia, Santiago, Estación Central, Lo Prado, Quinta Normal, Pudahuel, Cerro Navia, Renca, Independencia, Recoleta, Conchalí, Huechuraba, Quilicura
7. Lo Aguirre - Rinconada	7.1.1.	Maipú, Pudahuel, Padre Hurtado
	7.2.1.	Maipú, Pudahuel, Padre Hurtado
	7.2.2.	Maipú, Pudahuel, Padre Hurtado
8. Sub-cuenca Maipo Sur	8.1.1.	Pirque, Buín, Paine, Isla de Maipo, Calera de Tango, San Bernardo
	8.1.2.	Pirque, Buín
	8.2.1.	Pirque, Buín, Paine, Isla de Maipo, Calera de Tango, San Bernardo
9. Río Mapocho Sur-Occidental	9.1.1.	Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte, Melipilla, Calera de Tango
	9.2.1.	Peñaflor, Talagante, El Monte
	9.2.2.	Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte, Melipilla
	9.3.1.	Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte, Melipilla, Calera de Tango
	9.3.2.	Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte, Melipilla, Calera de Tango
10. Borde Occidental Norte: Curacaví -	10.1.1.	Curacaví, Tiltil
	10.1.2.	Curacaví



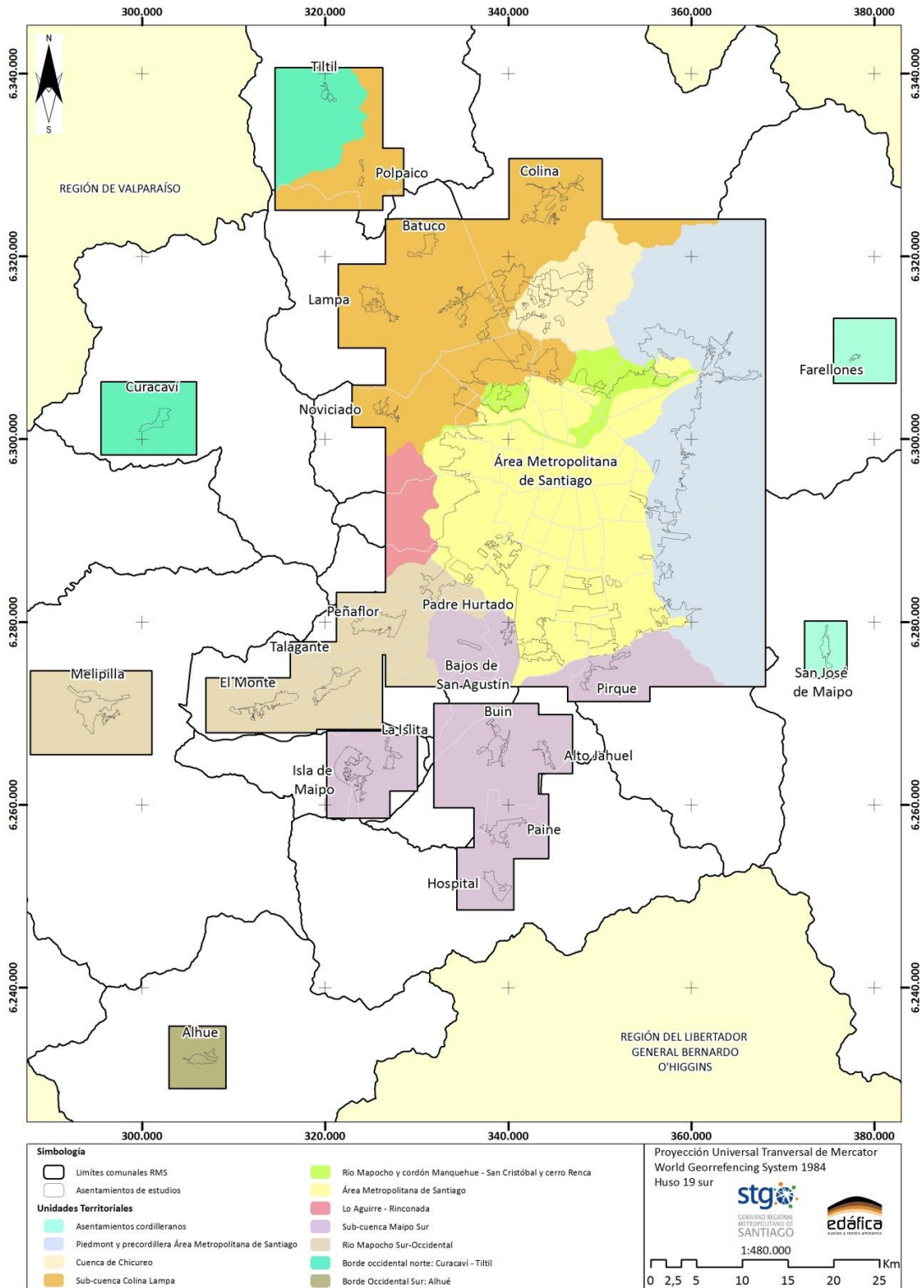
DIVISIÓN DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN REGIONAL



UNIDAD TERRITORIAL	MEDIDAS Y REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS	COMUNAS
Tiltil	10.1.3.	Curacaví, Tiltil
	10.2.1.	Curacaví, Tiltil
11. Borde Occidental Sur: Alhué	11.1.1.	Alhué
	11.2.1.	Alhué

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51. Unidades Territoriales para la Planificación y el Ordenamiento Territorial



Fuente: Elaboración propia.

IV. REFLEXIONES FINALES

La dinamicidad del proceso de expansión urbana de la mayoría de los asentamientos considerados en este estudio ha provocado importantes cambios en el paisaje. Esto conlleva cambios en las respuestas de ciertos territorios ante eventos de origen natural, en particular si son de gran magnitud, lo que implica el aumento progresivo en la cantidad de personas potencialmente afectadas.

Dada la dinamicidad de los fenómenos de origen natural se constata la necesidad de actualizar muchos de los estudios que se han realizado relacionados con los niveles de riesgos potenciales de amenazas naturales. En algunos casos es necesario elaborarlos debido a que no existen antecedentes al respecto. Desde un punto de vista técnico se tiene presente que el territorio (con todos los fenómenos que se desarrollan en este) es de carácter dinámico. Por lo tanto, es necesario mantener datos y registros actualizados de los diferentes aspectos que deben considerarse para mantener controlados o mitigados a los posibles riesgos naturales.

En el caso de las áreas urbanas más consolidadas, un aspecto constante es la impermeabilización de la trama urbana, la que en muchos casos se traduce en un aumento de la amenaza de anegamiento dentro de la ciudad. En este sentido, uno de los elementos que ayudaría a disminuir esta amenaza es el mejoramiento de la cantidad y distribución de las áreas verdes.

Por otro lado, uno de los riesgos potenciales que resulta más constante en las áreas rurales o periurbanas son los incendios forestales, muchos de los cuales podrían ser evitados si se cambiaran las formas de limpieza que se realizan en las zonas relacionadas a los rubros agrícolas. En este sentido, las campañas de prevención o la implementación de planes para evitar la formación de incendios forestales son fundamentales para disminuir una de las amenazas más constantes que afectan la mayoría de las áreas que aún mantienen características más rurales de los asentamientos considerados.

En relación con la determinación de las medidas y requerimientos sugeridos para ayudar a mitigar y/o superar las condiciones de riesgos potenciales naturales se puede decir que varias de las áreas susceptibles se ven potenciadas debido a las propias características geográficas de estas. Desde el punto de vista antrópico hay que considerar el rol del Estado que incentiva a privados (sector inmobiliario) al fuerte desarrollo del crecimiento

urbano, como sucede actualmente en el sector del piedmont, la pre-cordillera andina, Chicureo y Lo Aguirre entre otras. Además se constata en terreno que existen bajas exigencias medioambientales y de seguridad hacia los habitantes para permitir el asentamiento de nuevas zonas residenciales.

Otro hecho que se verifica a partir de lo observado en terreno es la localización de habitantes que viven en áreas de riesgo potencial. Fuera de la Metrópoli de Santiago, ellos viven en campamentos y en su mayoría son de un nivel socio-económico bajo. La situación es distinta en la Metrópoli de Santiago, donde los grupos socio-económicos medios y altos son los que ocupan preferentemente lugares expuestos a riesgos, como por ejemplo el caso de los nuevos condominios localizados en todo el piedmont de Santiago.

En relación con lo anterior, resulta fundamental que se realicen procesos de reforestación de vegetación nativa, como una forma de evitar todos los posibles riesgos naturales evaluados en el presente estudio (remociones en masa, inundaciones e incendios forestales). Esto se propone pensando en las externalidades positivas que se generan a partir de las características que estas tienen, ya que fomentarían varios procesos naturales que ayudan también a mitigar posibles amenazas. Así se tiene por ejemplo: la mantención de la estabilidad de las laderas, la ralentización de procesos de erosión acelerado, y la recarga de acuíferos, entre otros. Por lo tanto, se plantea que mantener una vegetación nativa abundante ayuda a ahorrar recursos (humanos, naturales y financieros) que en otras circunstancias se usarían para recuperar las condiciones iniciales a las provocadas por un evento de riesgo por amenaza natural.

En cuanto a la metodología utilizada se aprecian buenos resultados. Hubo una buena coordinación y ejecución del estudio subrayando que los resultados son de carácter indicativo y que se adaptan a la escala regular en la cual se trabajó (1:20.000). En este sentido, proponemos seguir haciendo estudios con un nivel de detalle mayor (1:5.000, 1:1.000) según las particularidades del territorio, con el fin de delimitar y especificar de mejor forma los diversos procesos naturales que se desarrollan en torno a los asentamientos humanos y actividades productivas en la RMS.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Abarca O. I. y Quiroz J. G.** 2005. Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional henri pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay. *Agronomía tropical*, 55(1), 35–62.
- **Ahamdanech I., Alonso C., Malpica J. A., Pérez E., Temiño J., Bosque Sendra J. y Martín-Loeches M. M.** 2003. Un procedimiento para elaborar mapas de riesgos naturales aplicado a Honduras. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 23, 55–73.
- **Antinao, J., Fernández, J. C., Naranjo, J. A. y Villarroel, P.** 2003. Peligro de remociones en masa e inundaciones de la Cuenca de Santiago, Región Metropolitana. Santiago, Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- **Araya Vergara J. F.** 1985. Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. *Investigaciones Geográficas*, 31–44.
- **Araya Vergara J. F. y Börgel R.** 1972. *Definición de Parámetros para Establecer un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales. Criterios para su Diseño* (No. 92/009/A.) (p. 219). Santiago, Chile: ONEMI, PNUD, U. de Chile.
- **Barillas E. M.** 2000. *Guía metodológica para la evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos disparados por lluvias* (Documento técnico “Programa de Descentralización y Fortalecimiento Municipal”) (p. 27). Guatemala: Servicios Geológicos Profesionales.
- **Baudrillard J.** 1993. *Cultura y simulacro: La precesión de los simulacros. El efecto Beaubourg. A la sombra de las mayorías silenciosas. El fin de lo social.* (A. Vicens y P. Rovira, Trans.) (4 ed.). Barcelona, España: Kairós.
- **Blas Morato R. y Nieto Masot A.** 2008. Mapa de riesgos de incendios forestales de la provincia de Cáceres. In L. Hernández y J. M. Parreño (Eds.), *Tecnologías de la información geográfica para el desarrollo territorial* (pp. 488–501). Las Palmas de Gran

Canaria, España: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Geografía.

- **Chafe Z.** 2007. Capítulo 6: Reducir en las ciudades los desastres naturales. In M. O'Meara Sheeman, *Informe del Worldwatch Institute sobre el progreso hacia una sociedad Sostenible* (pp. 221–247). Barcelona, España: Icaria; Centro de Investigación para la Paz.
- **Chardon A. C.** 2008. Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas una visión desde la dimensión institucional. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 123–135.
- **Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIREN) Chile.** 1996. *Estudio agrológico Región Metropolitana. Descripciones de suelos. Tomo I y II.* Santiago, Chile.
- **Contreras Alonso M., Opazo D., Núñez Pino C. y Ubilla Bravo G.** 2005. *Informe Final del Proyecto "Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable" (OTAS)*. (M. Contreras Alonso, Ed.). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.1393.2801>.
- **Contreras Alonso M. y Ubilla Bravo G.** 2005. *Resumen Ejecutivo del Proyecto "Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable" (OTAS)* (Informe de investigación) (p. 23). Santiago, Chile: Universidad de Chile y Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3665.5363>.
- **Donati L. y Turrini M. C.** 2002. An objective method to rank the importance of the factors predisposing to landslides with the GIS methodology: application to an area of the Apennines (Valnerina; Perugia, Italy). *Engineering Geology*, 63(3–4), 277–289. [http://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00087-4](http://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00087-4).
- **Eastman J. R.** 2001. *IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing. Volume 2* (Vol. 2). Worcester, MA: Clark Labs of the Clark University.
- **Echevería N. E., Vallejos A. G. y Silenzi J. C.** 2006. Erodabilidad de suelos del sur de la Región Semiárida argentina. *Ciencia del suelo*, 24(1), 49–57.

- **Elmes Angulo M.** 2006. *Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el piedmont de la comuna de Puente Alto* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100928>.
- **ESRI.** (n.d.). Ayuda | ArcGIS Resources. <http://resources.arcgis.com/es/help/>.
- **Ferrando F.** 1998. *Carta de riesgos naturales remoción en masa* (Proyecto OTAS). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana.
- **Garnica Peña R. y Alcántara Ayala I.** 2004. Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. *Investigaciones geográficas*, (55), 23–45.
- **Hidalgo Carrasco R.** 2000. Riesgos volcánicos en la comuna de San José de Maipo Región Metropolitana de Santiago: (Aspectos básicos de un complejo problema). *Boletín de Geografía*, (12-13), 97–104.
- **Lara M.** 2007. *Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana* (Tesis para optar al grado de Magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- **Mardones M. y 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. <http://doi.org/10.4067/S0250-71612001008100006>.
- **Normabuena, P.** 2009. *Análisis y predicción de los efectos del crecimiento urbano sobre escorrentía e infiltración en la provincia de Chacabuco, Región Metropolitana de Santiago, Chile* (Tesis para optar al grado de Magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile. <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Normabuena,%20Pablo.pdf>.
- **Oliva, R.** 1999. *Carta Síntesis de Riesgos Naturales*. Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana.

- **Organización de Naciones Unidas (ONU) – Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC).** 2008. *La gestión del riesgo de desastres hoy: contextos globales, herramientas locales*. http://www.unisdr.org/files/2280_gestiondelriesgo.pdf.
- **Ortiz C. A.** 2009. *Plan de Protección Contra Incendios Forestales para la Comuna de Calbuco, Región de Los Lagos* (Trabajo de titulación para optar el título de Ingeniero Forestal). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fifo.77p/doc/fifo.77p.pdf>.
- **Paul M. J. y Meyer J. L.** 2001. Streams in the Urban Landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365.
- **Perucca L. P. y Angilieri E.** 2008. La avalancha de rocas Las Majaditas: caracterización geométrica y posible relación con eventos paleosísmicos (Precordillera de San Juan, Argentina). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 21(1), 35–47.
- **Rivera H.** 2001. *Aplicación de la Evaluación Multicriterio para la asignación de funciones al territorio de la Reserva Nacional Valdivia* (Proyecto Manejo Sustentable Del Bosque Nativo). CONAF Chile y GTZ.
- **Romo M. de L. y Ortiz Pérez M.** 2001. Riesgo de inundación en la llanura fluvial del curso bajo del río San Pedro, Nayarit. *Investigaciones geográficas*, (45), 7–23.
- **Saaty T. L.** 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [http://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).
- **Salas E.** 2002. *Planificación Ecológica del Territorio, Guía Metodológica*. (M. P. Rossetti Gallardo y L. Drewski, Eds.). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana.
- **Schoeneberger P. J., Wysocki D. A., Benham E. C. y Soil Survey Staff.** 2002. *Field book for describing and sampling soils, Version 2.0*. Lincoln, NE: Natural Resources

Conservation Service, National Soil Survey Center. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300103691>.

- **Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y Escobar, F.** 2003. Mapa geológico de Chile, escala 1:1.000.000. Santiago, Chile.
- **Soto M. V., Castro C. P., Rodolfi G., Maerker M. y Padilla R.** 2006. Procesos geodinámicos actuales en ambiente de media y baja montaña: Borde meridional de la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana de Santiago. *Revista de geografía Norte Grande*, (35), 77–95. <http://doi.org/10.4067/S0718-3402200600010000>.
- **Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE).** 2011. *Guía análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial*. Santiago, Chile: División de Políticas y Estudios, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo de Chile.
- **Ubilla Bravo G.** 2007. *Diagnóstico y Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Santiago* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4866.4009>.
- **Ubilla Bravo G.** 2011. *Diagnóstico de Riesgos por amenazas naturales, que incorpora perspectiva territorial para el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT). Región Metropolitana de Santiago* (Informe de investigación) (p. 26). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.1437.3126>.
- **Ubilla Bravo G., Robles Vargas R., González D., Garay N., Norambuena Vega P., Sandoval Verdugo G. y Muñoz Muñoz F.** 2012. *Carta de Cobertura y Uso del Suelo en la Región Metropolitana de Santiago* (Informe de investigación) (p. 117). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.48636>.
- **Wilches-Chaux, G.** 2007. *Qu-ENOS pasa?: guía de la Red para la Gestión Radical de Riesgos Asociados con el Fenómeno ENOS*. Bogotá, Colombia: Arfo Editores e impresores.



- **Wischmeier W. H. y Smith, D. D.** 1978. *Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning* (Vol. 537). Beltsville, Maryland, USA: U. S. Department of Agriculture. <http://www.mfcp.org/INRMM/article/13481128>.

GUB