



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y
Urbanismo
Escuela de Geografía

Informe Final de Práctica

Año 2012-2013

MODELO PARA LA GESTION DE RIESGO POR REMOCION EN
MASA: FLUJOS DE BARRO

EN LA ZONA CENTRAL: APLICACIÓN EN SAN JOSÉ DE MAIPO

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

Nombre Alumno: Marianna Arlegui L.

Nombre Profesor Guía: Dr. Francisco Ferrando A.

Nombre Profesional a cargo: Cecilia Díaz Escobar

Índice	Número de página
1. Planteamiento del problema	3
2. Definición del problema	4
2.1 Caracterización área de aplicación piloto del modelo	4
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo General	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. Marco Conceptual	7
5. Modelo para la gestión del riesgo por flujo de barro	13
5.1 Variables	14
5.1.1 Amenaza	14
5.1.2 Vulnerabilidad	15
5.1.3 Riesgo	17
5.2 Desarrollo del modelo	17
5.2.1 Amenaza	17
5.3.2 Vulnerabilidad	20
5.3 Aplicación del modelo	23
5.3.1 Tabulaciones	23
5.3.2 Determinación del riesgo	27
6. Gestión del riesgo por flujo de barro	29
6.1 Precipitaciones	29
6.2 Isotherma 0° C	30
7. Resultados de la aplicación piloto del modelo	32
7.1 Amenaza	32
7.2 Vulnerabilidad	35
7.3 Riesgo	39
8. Recomendaciones	41
8.1 Acciones frente a la amenaza por flujo de barro	41
8.2 Acciones frente a la vulnerabilidad	41
9. Conclusiones	43
10. Bibliografía	45
11. Anexos	46
11.1 Tablas	46
11.2 Cartografías	53

1-Planteamiento del Problema:

Nuestro país, en la mayor parte de su extensión, se ubica sobre el límite convergente (subducción de la placa marina por debajo de la placa continental) de las placas Sudamericana y de Nazca, y sobre el conocido cinturón de fuego del pacífico, que concede una alta sismicidad y actividad volcánica a los países sobre él otorgándole a Chile la característica de ser un país sísmico.

Dada esta localización del país en un margen continental activo, el proceso orogénico que da origen la Cordillera de Los Andes va asociado a una fuerte actividad tectónica, la que se evidencia en un fuerte plegamiento y fallamiento, además de los fenómenos volcánicos. Con diferente intensidad y recurrencia, hoy en día estos mecanismos continúan activos casi toda la extensión de nuestro país, por lo que esta cadena montañosa presenta actividad geofísica constante, pero de magnitud variable. En este contexto, su naturaleza morfo-estructural y afectación tectónica de los conjuntos rocosos la hacen vulnerable a los constantes procesos geomorfológicos e hidromorfológicos que se producen en la zona andina y preandina de la cordillera, los cuales suelen ser gatillados por distintos factores, entre lo que destacan las condiciones meteorológicas, así como aspectos topográficos, de exposición y coberturas.

Esto, se suma al constante y cada vez más acelerado crecimiento urbano, especialmente hacia las áreas cordilleranas, considerando que la zona central y la región Metropolitana en específico, concentran la mayor cantidad de habitantes del país. De hecho, la región Metropolitana alberga el 40% de la población del país¹, y carece de una planificación que presente una zonificación adecuada de riesgo, lo que hace que estos sectores y sus habitantes sean cada vez más vulnerables a eventuales amenazas.

La tendencia mundial es que los riesgos tiendan a ser relativizados por las inversiones inmobiliarias, las que más allá de ser un factor clave para la generación de empleo, debieran ajustarse a las condicionantes naturales para su materialización. Así también debieran considerar la compatibilidad necesaria entre los beneficios de dichas inversiones y las consecuencias negativas que puedan tener sobre la calidad de vida de la población.²

El tema es de interés debido a la recurrencia y el daño grave que este tipo de procesos causan sobre la vida, la seguridad, los bienes y la economía de las personas y del país³. Ejemplos como el aluvión ocurrido en la comuna de Antofagasta, en el año 1991, dejando 91 muertos, o el de la quebrada de Macul en 1993, dejando 20 personas muertas, 4000 damnificados y unas 700 casas destruidas⁴ no debieran volver a ocurrir, por lo que es urgente de un estudio responsable de las amenazas naturales, los riesgos de origen natural y una adecuada gestión preventiva y de mitigación para evitar nuevos desastres en el medio ambiente construido.

En este escenario, se evidencia la carencia de modelos simples para la gestión del riesgo ante movimientos en masa en organismos institucionales del Estado en nuestro país. Dada esta situación, en este estudio se plantea la elaboración de un modelo que permita dar respuesta a esta necesidad de un instrumento ad hoc.

¹ INE;2002

² Arenas,Lagos,Hidalgo; *"Los riesgos naturales en la planificación territorial"*,2010.

³ Hauser, *"Remociones en masa en Chile"*,1993.

⁴ <http://riesgosnaturaleschile.blogspot.com>,visitado en Octubre del 2012

2-Definición del Problema:

Los movimientos en masa se refieren a procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo⁵ o material detrítico.

El adecuado estudio de estos fenómenos posibilita un cierto manejo preventivo o mitigativo de ellos en situaciones críticas, debido a que el ser humano puede intervenir en los factores que condicionan la susceptibilidad de su ocurrencia, al contrario de otros riesgos geológicos y climáticos como los sismos, volcanismo o huracanes, entre otros, en los cuales el hombre carece de posibilidad de manejo del fenómeno natural.

En nuestro país, los principales procesos detonantes son tres: precipitaciones intensas o prolongadas, variación de altura de la isoterma de 0° C y la sismicidad.

Los períodos de precipitaciones intensas, por su alta energía erosiva, o las lluvias prolongadas que provocan una saturación progresiva de los materiales de cubierta, pueden dar inicio a procesos de movimientos en masa y estos pueden registrar con mayor o menor velocidad según la naturaleza y selección granulométrica de los materiales. Como ejemplo de fenómenos rápidos están los flujos detríticos o de barro, los deslizamientos o desprendimientos, debido a rupturas o fallas cuando la resistencia del material es excedida. Por su parte, la reptación y la solifluxión se consideran procesos lentos.⁶

La variación de altura de la isoterma de 0° C también gatilla procesos de movimiento en masa, al alterar la estructura térmica vertical de la atmósfera y, consecuentemente, la distribución altitudinal de las precipitaciones sólidas y líquidas, provocando la suma de aguas de fusión con aguas de lluvia, aportando como resultado un mayor volumen de agua al escurrimiento superficial.

El último factor gatillante en procesos de movimientos en masa, es la sismicidad donde *“las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometida una ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad”*⁷

Ya que cada uno de estos fenómenos de movimientos en masa tiene sus propios factores y características, en este estudio se plantea el diseño de un modelo aplicable a un tipo específico de movimiento en masa, en este caso los flujos de barro.

En general, los movimientos en masa se asocian a diferentes escenarios de terreno y, por lo mismo, a distintas condiciones y gatillos para el inicio del proceso. Por ejemplo, el detonante de un desprendimiento de roca puede ser la actividad sísmica, al contrario de los flujos de barro que pueden ser provocados por precipitaciones intensas. Es por esto que la creación, aplicación y validación corresponden a un tipo de amenaza determinada, como son los flujos de lodo, ya que no sería válido para el análisis y la gestión de otros tipos de movimientos en masa.

2.1 Caracterización de área de aplicación piloto del modelo

Para la construcción y aplicación de este modelo, así como para su validación, se realiza en la Comuna de San José de Maipo, la que además de cumplir con la condición de ser una comuna de la zona central del país, se encuentra inserta en un área cordillerana, con pronunciadas

⁵Hauser, “Remociones en masa en Chile”, 1993.

⁶Hauser, “Remociones en masa en Chile”, 1993.

⁷Lara, Marisol, *Apuntes del curso de Remociones en masa*; 2008.

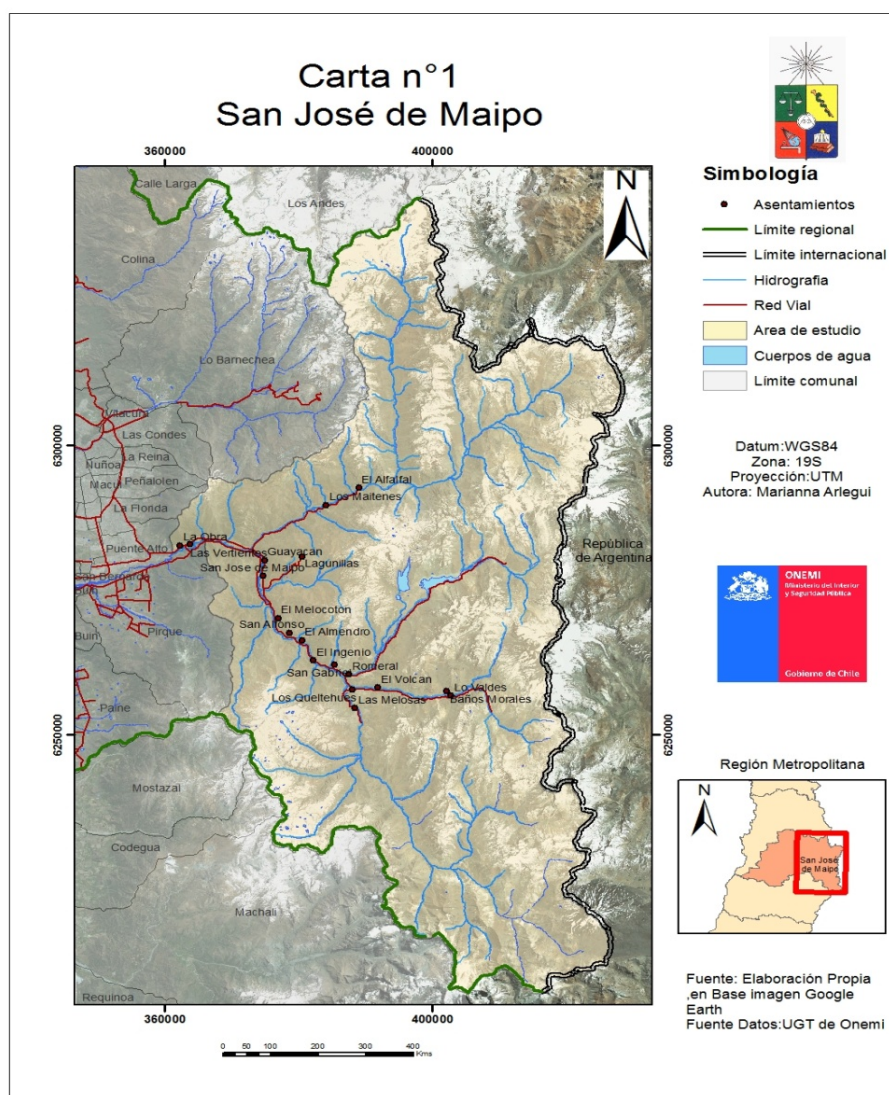
pendientes y diversas quebradas, que son las condiciones propicias para el inicio de procesos de movimientos en masa.

Esta comuna se ubica en la Región Metropolitana, Provincia Cordillera, a 48 kilómetros de la ciudad de Santiago y limita al este con la República Argentina, al oeste con las comunas de Lo Barnechea, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto y Pirque, al sur con la región del Libertador Bernardo O'Higgins, y al norte con la región de Valparaíso (Figura 1).

Según el censo 2002, la comuna tiene 13.376 habitantes, de los que el 70% se concentra en las áreas urbanas.

Las principales actividades económicas de la comuna corresponden a la minería metálica y no metálica, extracción de áridos y explotación de canteras; la energía, con la instalación y funcionamiento de centrales hidroeléctricas y el paso de un gasoducto proveniente de Argentina; y al turismo, que se desarrolla de manera potente en la zona, por su ambiente de montaña y río, de hecho, la zona fue declarada como zona de interés turístico (ZOIT) por SERNATUR.⁸

Figura 1: Área de estudio



⁸http://www.sanjosedemaipo.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=595

3- Objetivos:

3.1 Objetivo General:

Analizar las características y dinámica geográfico-física de la Comuna de San José de Maipo con el objeto de elaborar un modelo para la gestión del riesgo por flujo de barro que sea aplicable a la zona central del país, comprendida entre la V y VII regiones.

3.2 Objetivos Específicos:

- a) Analizar la amenaza por movimientos en masa del tipo flujo de barro que se generan en la Comuna de San José de Maipo.
- b) Identificar áreas propensas a la generación de este tipo de movimiento en masa y las causas de ello.
- c) Discriminar factores y variables, ponderarlos y proponer un diseño del modelo de gestión de riesgo por flujos de barro
- d) Determinar la vulnerabilidad del medio ambiente antropizado de la comuna de San José de Maipo, en el periodo actual.
- e) Aplicar el modelo como piloto en la comuna y establecer las situaciones de riesgo por flujo de barro presentes en ella, en el periodo actual.
- f) Establecer las condiciones para su aplicación en Chile Central.

4-Marco Conceptual

Amenaza:

De acuerdo con el Plan Nacional de Protección Civil, elaborado por ONEMI, la amenaza se concibe como *“un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas”*.⁹

Por su parte, investigadores y autores competentes en el tema, definen a la amenaza como *“aquellos procesos del medio ambiente físico que, por la gran magnitud (momentum) que pueden o suelen alcanzar, son capaces de provocar cambios importantes en el paisaje o de alterar su condición de equilibrio de forma más o menos prolongada, según sea el tipo de proceso, el área afectada y la recurrencia”*¹⁰(Ferrando, 2003)

Organismos internacionales, que evocan sus esfuerzos en reducir el riesgo de desastres a nivel mundial, como por ejemplo la EIRD, definen a la amenaza como *“un evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno natural y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental”*¹¹

Vulnerabilidad

Autores e instituciones pertinentes en el ámbito de reducción de desastres naturales que han definido el concepto de vulnerabilidad hay muchos.

Para la ONEMI, la vulnerabilidad se concibe como un factor **interno** de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado. (ONEMI, Plan nacional).

La secretaría de la estrategia internacional de reducción de desastres define a la vulnerabilidad como las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de amenazas. (“Vivir con el riesgo”, EIRD de la ONU, 2004)

Hay definiciones que dividen la vulnerabilidad acorde a lo que pueda ser afectado, es decir, al sistema, los grupos humanos o al medio ambiente. Es por esto, que la CEPAL separa la definición de vulnerabilidad en física y social. Define como vulnerabilidad física a *“la propensión de un sistema a sufrir daños debido a su interacción con procesos externos e internos, potencialmente peligrosos”* y que depende de la amenaza a la que esté expuesto este sistema, por lo que se puede ser más vulnerable o no a un fenómeno que a otro. Por otra parte, define vulnerabilidad social como el *“grado de daño que puede sufrir los grupos humanos asentados en un lugar, en función a una serie de factores socioeconómicos, psicológicos y culturales”*, de acuerdo a esta definición los grupos con situación socioeconómica más baja, los más pobres, presentan una vulnerabilidad mayor con respecto a grupos socioeconómicos más altos. Además, en este grupo, CEPAL¹², afirma que aun más vulnerables son los niños, las mujeres y los ancianos.

⁹ Plan nacional, ONEMI.

¹⁰ En torno a los desastres “naturales”, Ferrando, 2003.

¹¹ En Terminología de conceptos, del documento “Vivir con el riesgo”, ONU; 2004.

¹² “El impacto de los desastres naturales en el desarrollo”, CEPAL; 2005.

Otras definiciones de vulnerabilidad la determinan como la exposición, fragilidad y deterioro de los aspectos y elementos que generan y mejoran la existencia social, tanto en su nivel como en su calidad.

La vulnerabilidad es también, la probabilidad de que debido a la intensidad del evento y fragilidad de elementos expuestos, ocurran daños (apuntes curso riesgos naturales, 2010.)

Son las características y circunstancias de una comunidad, sistemas o bienes que lo hacen susceptible¹³ a los efectos dañinos de una amenaza.

Entonces, para efectos del desarrollo de este modelo se considera a la vulnerabilidad como la probabilidad de sufrir algún daño debido al impacto de un evento natural al territorio, tanto en su estructura social como física. Entendida también como la posibilidad de sufrir pérdidas tanto en vidas humanas, infraestructura, económicas entre otras.

Debido a que la vulnerabilidad tiene que ver con la población y el espacio (territorio) entonces esta vulnerabilidad se agrava por diversos factores¹⁴ y que tienen que ver con las actividades y procesos propios de los asentamientos humanos:

- La expansión urbana e infraestructura, producción de bienes y servicios, de manera rápida y desordenada.

- El uso incorrecto del espacio

- No respetar las normas, ya sean de planificación, de diseño y construcción.

- Actividades productivas sustentadas en el abuso y sobreexplotación de recursos naturales y ambientales.

- El sector privado que no asume la prevención como una inversión, sino como un costo.

- La prevención y el conocimiento ante amenazas naturales no son parte de la cultura.

- Corta memoria histórica acerca de los desastres naturales ocurridos.

- Desconocimiento, por parte de la población y habitantes, de procesos naturales

Riesgo:

El riesgo se entiende como la *“probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad”*.¹⁵ El riesgo corresponde a una situación de exposición a una Amenaza Natural por parte asentamientos, obras u actividades humanas.¹⁶

El riesgo es la combinación de la amenaza (natural) y la vulnerabilidad del territorio y se expresa mediante la fórmula:

Riesgo= amenaza x vulnerabilidad

¹³ Susceptible entendido como capaz de recibir modificación o impresión. (RAE)

¹⁴ Apuntes curso Riesgos Naturales, 2010.

¹⁵ “Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres”, Naciones Unidas; 2004.

¹⁶ En torno a los desastres “naturales”, Ferrando; 2003.

Movimientos en masa

Los fenómenos de movimientos en masa son procesos de transporte de material definidos como *“procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores”* (Lara, 2008.)

Corresponden intrínsecamente a procesos gravitatorios considerando que una porción específica del conjunto del terreno se desplaza hasta una cota o nivel inferior a la original. (Hauser, 1993)

Flujos de barro

Para el caso de la amenaza estudiada en este modelo, flujo de barro, el término **flujo** en un sentido genérico, se entiende como *“movimientos en masa de mayor o menor velocidad, propios de materiales sin cohesión, que tienen lugar en suelos muy susceptibles de experimentar una considerable pérdida de resistencia y equilibrio”*¹⁷.

Por su parte, un flujo de lodo es un flujo, conformado principalmente por materiales de **grano fino y homogéneo**, con alto contenido de agua.

El flujo de barro se le conoce a un “movimiento en masa de material terroso fino, con alto grado de fluidez debido a su elevado contenido de agua (- 60%), normalmente asociado a precipitaciones intensas. Los depósitos de flujos de barro son macizos, carentes de estructuras sedimentarias, secos, suelen alcanzar resistencias similares a las de hormigones pobres (120-150 kg/cm²). Al iniciarse el flujo de barro, la grava, el limo y la arcilla se combinan con el agua para formar un fluido denso. Las partículas mayores forman la fase dispersa del flujo y son controladas o dominadas por efectos gravitacionales, mientras que la fracción fina constituye la fase continua dominando en ella las fuerzas cohesivas. Los flujos de barro alcanzan densidades de hasta 2.000 kg/m³ y viscosidad muy alta. Estas propiedades retardan el hundimiento y facilitan la movilización de bloques de gran tamaño, de hasta 200 toneladas (Waldron, 1975) con velocidades de hasta 5 m/seg (Golubev, 1969)”¹⁸.

Para Araya-Vergara, 2001, los flujos de barro, o “mud-flows”, son movimientos en masa que tienden a encausarse en quebradas o talwegs, que avanzan pendiente abajo y se pueden depositar como conos de deyección.

Este tipo de movimiento en masa es considerado como una amenaza hidrometeorológica generada por precipitaciones, y que de hecho, hay una estrecha relación en nuestro país entre el inicio de un flujo de barro y la intensidad de las precipitaciones.

Según Hauser (1985) los flujos de barro, una vez iniciados, se desarrollan en dos ambientes:

-Esteros y quebradas

-Laderas de cerros con fuerte gradiente (pendiente muy pronunciada) con presencia de masa detríticas finas.

Se suelen desarrollar en morfologías empinada, integrada por rocas tectonizadas superficialmente, fallas o fracturas, con gruesa presencia de suelo residual y materiales transportados, sin una cobertura vegetal.

La velocidad alcanzada por un flujo de barro es variable y va a depender del contenido de agua que presente y a la pendiente del terreno en donde se desarrolla, aunque autores indican que

¹⁷ “Remociones en masa en Chile”, Hauser; 1993.

¹⁸ Hauser, 1985.

estos procesos alcanzan velocidades entre 45 km/hr a 120 km/hr. La magnitud de este evento, en términos volumétricos y energía de avance, está condicionada por la intensidad de las precipitaciones y la disponibilidad de material fragmentario en el lecho del terreno.¹⁹

Entonces, el terreno o el paisaje, debe reunir ciertas condiciones para posibilitar el inicio y desarrollo de un flujo de barro, por lo que, en este contexto, es importante conocer ese ambiente geográfico, con sus características meteorológicas, geomorfológicas, geológicas y tectónicas junto a los mecanismos de desarrollo propios del terreno participan en ese inicio y desarrollo de un flujo de barro, y determinan las magnitud de este en el territorio. Por esto, es necesario, conocer esas condiciones de este ambiente geográfico, y analizar los factores que condicionan el terreno para un flujo de barro y los factores que inician dicho proceso.

Sin embargo, hay que distinguir entre lo que se considerará en este modelo como factor **condicionante** y **gatillante**. Los primeros son aquellos que, establecen la susceptibilidad para que un flujo de barro pueda ocurrir; puede o no desencadenarse, y esto dependerá del gatillante y que corresponde a aquel /aquellos factor/es que dan el inicio al fenómeno o evento.

Los factores condicionantes que influyen en el desarrollo de fenómenos de movimiento en masa son:

Meteorológicos

-Precipitaciones: Si bien, este factor se considera como factor gatillante, también es un condicionante ya que *“condicionan la estabilidad del macizo, al disminuir la resistencia de las estructuras al incorporar agua entre las fracturas del macizo y/o la estructura del suelo, disminuyendo el coeficiente de roce”*²⁰ y participa en la erosión de las laderas de cerros y montañas junto a otros factores climáticos.

-Temperaturas: Estas condicionan el estado de las precipitaciones (en estado líquido o sólido), modifica la humedad, y además condiciona también el congelamiento y descongelamiento del suelo.

-Radicación solar: Este factor también incide en la erosión y estabilidad/inestabilidad de las laderas, ya que influye en la humedad del material y que disminuye la resistencia de estas.

Litológicos y geotécnicos:

-Zonas donde existen depósitos volcanoclásticos finos (ceniza) según el volcanismo pasado y actual. Alteración profunda de las rocas que origina, en superficie, abundantes fragmentos menudos de rocas.

-Zonas de fallas y/o cercanía a epicentros, Chile es una zona de convergencia de límites de placas Nazca y sudamericana y que por tanto desarrolla una estructura geológica frágil y complejas, zonas de fallas y fracturas, actividad volcánica y sísmica.

¹⁹ “Remociones en masa en Chile”, Hauser; 1993.

²⁰ Apuntes cursos “Remociones en masa”, Lara; 2008.

Geomorfología:

-Pendiente: Un factor geomorfológico a considerar como condicionante, es la pendiente de las laderas *“la topografía escarpada y ángulos altos de pendientes de laderas es el primer factor geomorfológico a considerar, siendo propicios principalmente para la generación de flujos, deslizamientos y derrumbes.”*(Lara, Marisol; 2007)

Cobertura Vegetal:

-La vegetación contribuye a la buena estabilidad de laderas, aunque esto es discutible en otras zonas del país, donde el efecto puede ser distinto e incluso contrario en climas lluviosos, según Selby, la vegetación tiende a afirmar el suelo con las raíces, y a succionar el agua evitando la saturación del suelo²¹. Sin embargo, esta condición no es válida para zonas del país con clima lluvioso, ya que la vegetación al succionar el agua, también, satura el suelo, y esto provocaría un proceso de movimiento en masa o un flujo de barro.

En concordancia con autores revisados durante el análisis de los flujos de barro, hay consenso en determinar a la vegetación como un factor importante para el inicio de un evento (flujo de barro) ya que la vegetación tiende a estabilizar las laderas de los cerros y el suelo del terreno, por lo que la ausencia de esta, aumentaría las posibilidades del inicio del evento.

Otros:

-Eventos pasados, estos pueden indicar una posible generación de un nuevo evento en el mismo sector para Hauser, (1993) los terrenos con compromisos históricos de movimientos en masa resultan proclives a su reactivación.

A modo general, los factores condicionantes de cada tipo de movimientos en masa, según Hauser (1993)

Tabla n°1 Factores que condicionan eventos de remoción en masas.

	Caídas	Deslizamientos	Toppling	Flujos	Extensiones Laterales
Geología y Geotecnia	X	X	X	X	X
Geomorfología	X	X	X	X	X
Hidrología Hidrogeología	X	X	X	X	X
Vegetación y clima		X		X	X
Actividad Antrópica	X	X	X	X	

Fuente: Apuntes cursos “Remociones en masa”, Lara; 2008.

²¹En apuntes cursos “Remociones en masa”, Lara; 2008.

Los factores gatillantes involucrados en el inicio de un fenómeno de movimiento en masa:

-Precipitaciones: Los flujos de barro, son un tipo de amenaza hidrometeorológica, por lo que intensas precipitaciones, medidas en un periodo de tiempo de 24 horas, inician un flujo de barro al saturar el material, y ceder el umbral de resistencia.

-Isoterma: La isoterma toma relevancia en cuanto a factor gatillante, ya que esta la que modifica el estado de las precipitaciones y el punto donde comienza la fusión de la nieve. Esto provoca que la superficie de la cuenca que capta agua líquida sea mayor además de aportar un mayor volumen de precipitaciones.

Al ser este modelo un instrumento aplicable en otras sectores de la zona central y usado por distintos profesionales y organismos, debe ser simple, claro y conciso, por lo que no todas las variables condicionantes se analizarán para determinar las áreas propensas a desarrollar un fenómeno, y se considerarán cuatro variables, detalladas y aplicadas más adelante.

Gestión del riesgo

La gestión del riesgo es el proceso sistemático de decisiones y medidas administrativas, económicas, organizacionales y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes.

Por su parte, la reducción del riesgo de desastre es el *“marco conceptual de elementos que tienen la función de minimizar vulnerabilidades y el riesgo de desastres en una sociedad, para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) el impacto adverso de amenazas, dentro del amplio contexto del desarrollo sostenible”*²²

Modelo de gestión del riesgo por flujo de barro

La creación de este modelo pretende facilitar y dar directrices en la toma de decisiones de organismos competentes en la gestión del riesgo, con el fin de proteger a las personas, de amenazas naturales, y reducir el riesgo de desastre.

Es una herramienta, para determinar áreas proclives a ser afectadas por el inicio y desarrollo de un fenómeno de movimiento en masa, en específico, un flujo de barro y así actuar frente a escenarios de prevención y situaciones de emergencia, cuando las condiciones del medio físico reúnan las condiciones para el inicio del fenómeno en función a los factores que gatillan un flujo de barro en la zona central, correspondientes a precipitaciones intensas y una ubicación de la isoterma 0° a muy alta altura.

²² “Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres”, Naciones Unidas; 2004

5- Modelo para la gestión del riesgo

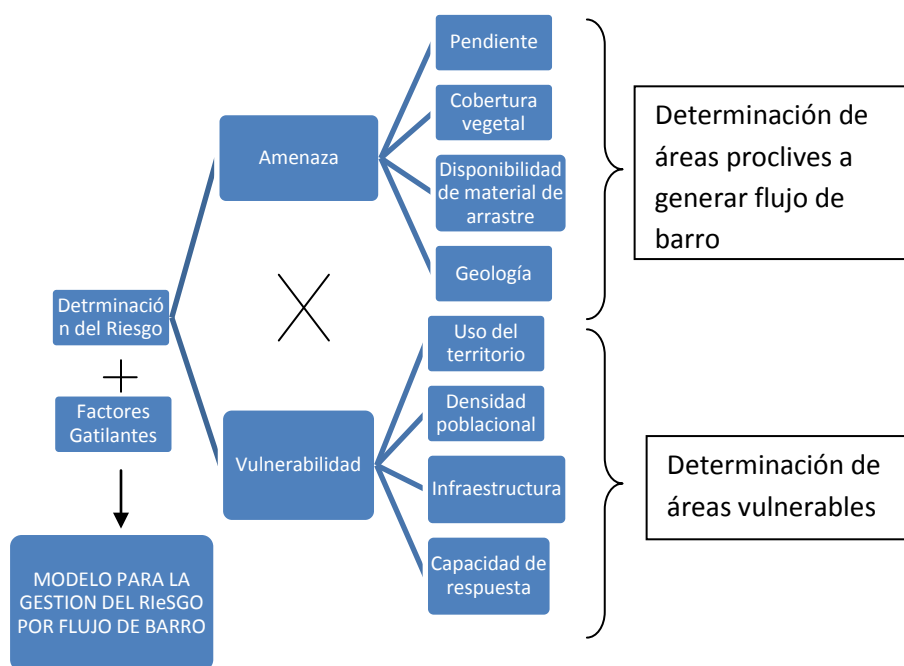
El modelo consta en determinar el nivel de **riesgo** que presenta un determinado territorio (área de estudio) donde se desee gestionar en función a los factores **amenaza** y **vulnerabilidad**. Estas variables, se cuantifican mediante variables que determinan y caracterizan a estos dos factores.

Se determinan las áreas proclives a generar un flujo de barro y las áreas vulnerables. Para el caso de las áreas vulnerables, estas se identifican y analizan por zonas censales/localidades rurales del sector que se desea analizar y determinar el nivel de vulnerabilidad de esta.

Una vez que el nivel de riesgo es determinado, se incorporan los factores que gatillan el inicio del fenómeno. Es un instrumento aplicable tanto en escenarios para la prevención como en escenarios de emergencia (una vez ya desatado el fenómeno).

Entonces, el análisis de la amenaza, en este caso, las condicionantes, es previo al análisis de riesgo por flujo de barro, en la zona central, y se cuantifica mediante las variables que inciden en la condicionalidad de ocurrencia del fenómeno. Esto pretende cumplir con los objetivos de ONEMI, en su misión como institución: *“Planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocados por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil para la protección de las personas, los bienes y el ambiente.”* (<http://www.onemi.cl/mision-y-vision.html>)

Diagrama n°1: Modelo para la gestión del riesgo por flujo de barro:



5.2 Variables

Para identificar la amenaza y establecer la posible ubicación de ocurrencia, se tomaron los factores condicionantes, para luego, del cruce de estas variables o de estos factores, (condicionantes, con la posterior incorporación de el factor gatillante identificado y establecido como aquel que inicia el proceso de movimiento, flujo de barro) se obtendrán estas áreas que se buscan establecer.

Los factores condicionantes que pueden generar un proceso de movimiento en masa, flujo de barro, considerados en el desarrollo de este modelo son 4, todos con distinto nivel de importancia o influencia para la generación del fenómeno: pendiente, vegetación, disponibilidad de material de arrastre y la geología.

5.2.1 Amenaza

a) Pendiente

Es un factor geomorfológico y el más importante en cuanto a su influencia en el inicio de un evento de flujo de barro considerado para este modelo y la aplicación de este. Autores plantean con la pendiente favorable para el comienzo de un flujo de barro es de 25° y otros la establecen en 15° .

b) Cobertura Vegetal:

Es el segundo más importante variable para el desarrollo y aplicación de la variable, ya que es el que le da estabilidad a la ladera o al terreno, ya que tiende a “apretar” el material suelto y fino.

La medición de la cobertura vegetal de este modelo es mediante el NDVI, índice de vegetación diferencial normalizado, que es sensible a la cubierta vegetal; permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Los valores de este índice fluctúan entre -1 y 1 donde el valor más cercano a -1 indica suelo sin cobertura vegetal, (desnudo) mientras que el valor más cercano a 1, indica una cobertura más frondosa y de tipo arbórea densa por lo que brinda una mayor estabilidad del terreno.

c) Disponibilidad de material de arrastre:

Esto toma importancia relacionándolo con la situación climática actual, es decir, el cambio climático trae consigo que cuencas de alta montaña reciban agua líquida en mayor cantidad que sólida y modifican el régimen de alimentación de los ríos, cambiando de un régimen nivo-pluvial a pluvio-nival. Esto deja el ambiente periglacial que favorece a la detritificación y meteorización de las rocas por hielo-deshielo y que por ende otorga mayor disponibilidad de material meteorizado a las áreas en esta franja donde se mueven los valores mínimos medio y máximos medio de la altura de la isoterma.

En el área bajo el nivel mínimo alcanzado por la isoterma 0°C , se meteoriza este material fragmentado aun mas, con los procesos propios de desarrollo de suelo, en un material más fino, y que este es necesario para originar un flujo de barro.

Entonces, se determinan tres distintas áreas, en función a los valores que toma la isoterma 0°C en metros de altura en el periodo de invierno en el periodo 2010-2012, pero donde se valoriza la amenaza por la disponibilidad de material a ser arrastrado.

El primer área corresponde al sector por sobre los 3500 metros de altura donde el estado de las precipitaciones es sólido y que aporta poco y quizás nada de material; la segunda área corresponde a la zona intermedia, que se ubica entre los valores máximo medio y mínimo medio que registra la isoterma, donde en esta zona sí hay un aporte de material, sin embargo, el tipo de material es detrítico y que aporta a áreas más bajas como material a meteorizar (erosionar) y no un aporte en sí al flujo de barro ya que no sería un material fino que compone este fenómeno; otra, por debajo del valor mínimo de la ubicación de la isoterma donde hay una mayor disponibilidad de material fino a ser arrastrado. (ver tabla n° 4)

d) Geología:

El inicio y desarrollo de flujos de barro están condicionados por características específicas del suelo, estos son suelos en donde se presenten secuencias volcánicas, en donde esté presente materiales con gran grado de fracturamiento y/o alteración, que originan abundantes fragmentos de rocas a nivel de superficie, por lo que sectores que presenten secuencias con un alto grado a la meteorización, fracturamiento y erosión y que tienden a generar fragmentos de rocas son más propensas a influir en mayor grado en un flujo de barro.

5.2.2 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad también se mide en base a variables que la caracterizan y la cuantifican. Las variables consideradas en este modelo, tienen relación con el tipo de amenaza analizado, para este modelo, los flujos de barro, ya que los fenómenos de movimientos en masa u otros eventos naturales presentan distinta velocidad y comportamiento, por lo que no todas las variables, consideradas para medir la vulnerabilidad están presentes en todos estos fenómenos.

Entonces, este modelo para la gestión del riesgo por remoción en masa, considera y analiza en 7 variables. Estas son: uso del territorio, densidad poblacional, infraestructura, servicios públicos y establecimientos educacionales y sistema ABC+ municipios y albergues.

Se procede a analizar la vulnerabilidad y determinar áreas vulnerables, de acuerdo con el segundo objetivo del modelo.

Para reducir el riesgo de desastre natural, es necesario **conocer** las potenciales amenazas y **minimizar** los niveles de vulnerabilidad del territorio. El minimizar implica, el conocimiento y la determinación de áreas vulnerables del territorio y sus niveles de vulnerabilidad.

Para obtener la vulnerabilidad se determinan variables para medirla y que por definición, estas tienen que ver con la población, el medio construido que habitan y el que en donde se desarrollan y la capacidad de este para responder ante una emergencia y/o desastre.

a) **Uso del territorio**

Identificar y determinar el uso de suelo como factor influyente en la vulnerabilidad es esencial, ya que es en el espacio, en el territorio donde los asentamientos humanos desarrollan sus actividades y su vida. El uso del territorio en esta metodología responde a eso mismo, a las actividades de la población en él, y que se dividen en lugares de residencia, actividades

económicas y de recreación, y aquellas en que poca y nada intervención del ser humano hay en el espacio.

a) Densidad poblacional

Esta variable corresponde a la fragilidad poblacional de un territorio, es decir, a la cantidad de habitantes que está expuesto a un desastre natural. Es importante ya que se puede estimar la cantidad de gente potencialmente afectada, y para determinar donde actuar, en los planes de prevención, y evacuación.

b) Servicios de salud publica

Esta variable corresponde a las instalaciones críticas y que la metodología Determinación de áreas vulnerable (DAV) de ONEMI, las define como *“aquellas infraestructuras o servicios que por su rol o función en la sociedad, al verse alteradas pueden aumentar aun mas las dificultades que presenta una emergencia o ser pie para el desarrollo de nuevas emergencias”* y que tiene que ver con el nivel de “indispensabilidad” luego de ocurrida la emergencia y reducir sus daños, por el contrario, si estas instalaciones no existen o son severamente dañadas, aumenta los efectos.

Los servicios de salud pública toman importancia ya que estos reciben a los habitantes lesionados, heridos o enfermos.

c) Infraestructura y servicios

En esta variable se agrupan bajo la categoría de infraestructura y servicios. Las variables a analizar son la infraestructura energética, vial y de transporte y sanitaria.

Estas son relevantes en la determinación de la vulnerabilidad ya que son estas las que permiten el desplazamiento, movilización, evacuación y conectividad de los habitantes (infraestructura vial) , además , del abastecimiento energético (infraestructura energética), que si se desata un evento por flujo de barro , estas podrían quedar dañadas o incluso inhabilitadas lo que complejizaría un estado de emergencia o desastre, además , ayuda a dar una correcta respuesta frente a estas situaciones; y una última variable considerada en esta categoría es con respecto a la infraestructura sanitaria y que de acuerdo con la metodología DAV esta *“reúne en sí, una amplia gama de variables , las cuales en su conjunto permiten el desarrollo de la vida diaria , manteniendo bajo control las problemáticas de tipo higiénico y siendo la base de innumerables actividades socio-productivas”*.

d) Establecimientos educacionales

Se considera como variable de vulnerabilidad debido a que concentra gran cantidad de población, que no siempre están preparados para enfrentar una emergencia y esta se ponderará al nivel de educación, entendiendo que, de acuerdo a la ley general de educación en su titulo articulo 17, organiza la educación: *“La educación formal o regular está organizada en cuatro niveles: parvularia, básica, media y superior, y por modalidades educativas dirigidas a atender a poblaciones específicas”*. Cada nivel, tiene distinta cantidad de estudiantes y de distinta edad. Entonces se valora más frágil a aquellos que concentren mayor cantidad de gente y a estudiantes de menor edad, ya que los niños son más vulnerables.

Por lo tanto, se categoriza por estas organizaciones definidas por la ley:

Parvularia= jardines; Básica=escuela; Media = colegios y liceos; Superior=Universidades, institutos profesionales y centro de formación técnica.

e) Sistema ABC+ Municipio

Variable que tiene que ver con la capacidad de respuesta del territorio y que resta los niveles de vulnerabilidad, ya que tiene que ver con los recursos y materiales que se poseen para tomar acciones ante la prevención y a hacer frente a la emergencia. El sistema ABC corresponde a las instituciones que dan la primera atención frente a una emergencia y se refiere a las ambulancias, los bomberos y los carabineros y la importancia como variable y las distintas ponderaciones responden al *“tipo de respuesta que dan, en cuanto a los niveles de complejidad que los mismos servicios prestan”*²³. También, es la capacidad de respuesta, se integra el municipio, ya que, el flujo de barro, es un evento más local, por lo que el organismo específico de un territorio, es el que responde antes que los organismos más globales.

f) Albergues

Esta variable está considerada dentro de la capacidad de respuesta del territorio y es relevante ya que una vez ocurrido el evento/emergencia, son los albergues los que reciben a los damnificados como lugar transitorio. Establecimientos educacionales, sedes sociales, juntas vecinales son ocupados durante una situación de emergencia como albergues. Estos se analizan y se ponderarán en función a la capacidad de albergados que estos puedan recibir por lo que aquellos albergues que posean la mayor capacidad de albergados, son aquellos que son más frágiles. Por el contrario, si su capacidad es menos, entonces es menor la vulnerabilidad.

Se consideró la condición de alfabetismo (saber leer y escribir) de las personas por zona censal y localidad rural, debido a que una persona está más preparada para enfrentar situaciones de emergencia, al estar capacitada para leer y entender las distintas señaléticas, boletines informativos y otras herramientas, tanto en situaciones de prevención y de emergencia.

Sin embargo, esta variable no se aplica en este modelo, ya que, según el censo 2002, Chile tiene a nivel nacional una tasa de alfabetización de un 95,8%²⁴, por lo que se considera despreciable a analizar, de hecho el porcentaje de población que sabe leer y escribir en el área de estudio, por zona censal/localidad rural, es más de 80%, por lo que esta variable no se considera relevante para la aplicación de este modelo.

5.2.3 Riesgo

El riesgo, para efectos de este modelo se mide en función a dos variables, esto corresponde al cruce de los valores que tomen la amenaza y la vulnerabilidad.

5.3 Desarrollo del modelo

Ya teniendo en consideración las dos variables del riesgo, amenaza y vulnerabilidad y a su vez las variables que determinan, se ponderan y tabulan.

5.3.1 Amenaza

En este modelo para la gestión del riesgo propuesto, que no intenta ser una investigación científica sino una herramienta práctica y aplicable para los organismos de gestión y competentes en la toma de decisiones, ya sea para la ordenación del territorio, para planes preventivos de desastres, para proteger a los asentamientos humanos entre otros objetivos y/o acciones, se tomaron cuatro variables, con el fin de cuantificar y localizar áreas propicias para la generación de los flujos de barro en el territorio con la respectiva aplicación de este, en la comuna de San José de Maipo.

²³ Metodología DAV, Díaz; 2008.

²⁴ Síntesis de resultados de censo 2002, INE; 2003.

a) Pendiente

Se aplica la tabla “Clasificación de la pendiente” de Araya-Vergara & Börgel, 1972, que presenta 5 distintos rangos de valor de la pendiente en grados (ver tabla n°2), con denominaciones en función a la inclinación del terreno y su erosión. Además se asignó, en esta tabla el valor de la amenaza, entre los números 1 a 4, sus niveles de amenaza, que fluctúan entre baja a muy alta

Tabla n° 2: Clasificación de la pendiente:

Rango	Denominación	Pendiente	Justificación Geomorfológica	Valor asignado	Nivel de Amenaza
1	Débilmente inclinado	0°-2°	Erosión nula a leve.	1	Baja
2	Moderadamente inclinado	2°-5°	Erosión débil, difusa. SheetWash. Inicio de regueras. Solifluxión fría.	2	Media
3	Inclinado	5°-15°	Erosión moderada a fuerte. Inicio erosión lineal. Rill-wash o desarrollo de regueras.	2	Media
4	Muy inclinado	15°-30°	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes.	3	Alta
5	Moderadamente escarpada	30° y mas	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación.	4	Muy alta

Fuente: Elaboración propia en base a Araya-Vergara y Börgel, 1972 en Elmes, 2006

b) Cobertura Vegetal

Entonces, se aplica la tabla “Vegetación mediante NDVI”, que muestra 7 categorías de vegetación con las clases entre los valores -0.75 y 0.75, la característica, los valores asignados y por ende el nivel de amenaza. Hay que recordar que los niveles de un NDVI fluctúan entre los valores -1 y 1, donde el valor más cercano a -1 indica un suelo sin cobertura vegetal y los valores más cercanos a 1 indican suelo con cobertura frondosa.

El suelo desnudo, como se dijo anteriormente, toma el valor 4, el más alto, con un nivel de amenaza muy alto, las características de vegetación arbustiva, arbustiva y arbórea con suelo desnudo toma el valor 3 con amenaza alta, la vegetación arbórea y arbórea-arbustiva se valoriza con 2 clasificándose como amenaza media y la vegetación arbórea densa toma el valor 1 con amenaza baja. (ver tabla n° 3)

Tabla n°3: Vegetación mediante NDVI

Categoría	Clase	Característica	Valor asignado	Nivel de amenaza
1.vegetación muy baja	<(-0.75)	Suelo desnudo	4	Muy Alta
2 .vegetación baja	(-0.75 - (-0.45)	Vegetación herbácea-suelo desnudo	3	Alta
3. vegetación media baja	(-0.45) - (-0.15)	Vegetación arbustiva-suelo desnudo	3	Alta
4 .vegetación media	(-0.15) - 0.15	Vegetación arbórea-arbustiva-suelo desnudo	3	Alta
5 .vegetación media alta	0.15 – 0.45	Vegetación arbórea-arbustiva	2	Media
6 .vegetación alta	0.45 – 0.75	Vegetación arbórea	2	Media
7 .vegetación muy alta	>0.75	Vegetación arbórea densa	1	Baja

Fuente: Elaboración propia en base a Elmes,2006.

c) Disponibilidad de material de arrastre

Se determinan tres áreas con distintas condiciones, aporte de material y nivel de amenaza. Estas áreas se determinaron mediante la altura (valores mínimo y máximo) que registra la isoterma 0°C, para los días de lluvia. Un área corresponde al sector por sobre los 3.500 metros de altura y que corresponde al promedio del valor más alto de altura de la isoterma, donde la disponibilidad de material es baja o nula, debido al estado de las precipitaciones, en estado sólido; otra corresponde al área entre los valores máximo y mínimo, y que el aporta de material para un **flujo de barro** es mayor, sin embargo, el tamaño de este no es el adecuado para el desarrollo de la amenaza estudiada; y el último por debajo del valor mínimo (1.200 metros) donde el material es más fino debido a procesos de meteorización y erosión, y que si es adecuado para el inicio de flujo de barro, debido al estado liquido de precipitación que provocan el lavado y transporte de estos.

Tabla n°4: Relación entre altura, tipo de precipitación y movimiento en masa

Altura promedio de Isoterma (en metros.)	Condición	Aporte y tipo de Material.	Valor asignado	Nivel de Amenaza por flujo de lodo
Sobre 3.500	Estado sólido de las precipitaciones	Bajo aporte de material	1	Baja
Entre 1.200 a 3.500	Franja de variación del estado del agua. Mezcla de aportes sólidos y líquidos	Mayor aporte de material detrítico	2	Media
Bajo los 1.200	Estado líquido de las precipitaciones	Mayor aporte de material fino	3	Alta

Fuente: Elaboración propia en base a análisis técnicos de ONEMI, período 2010-2012

d) Geología

Las formaciones asignadas con valor 4 y un nivel muy alto de amenaza, corresponden a las formaciones Colimapu, Farellones y Abanico, que presentan , entonces, un alto grado de meteorización y fracturamiento. Las secuencias con valor 3 y nivel de amenaza alto, son secuencias que también presentan un grado de meteorización y fracturamiento, sin embargo, no pertenecen a la formaciones antes mencionadas, que son prioritarias como nivel muy alto. Las secuencias restantes se clasifican con valor 2 y1 y nivel medio y bajo, ya que estas, por sus composición, si bien, también presentan fracturamiento y meteorización, no son tan rápidas en el tiempo ni relevantes como las anteriores.

Tabla n° 5: Clasificación de secuencias geológicas

Geología (secuencias y formaciones geológicas)	Valor Asignado	Nivel de amenaza
OM2c-Kia1c-PPI1r-Q1-M3i	4	Muy Alta
Q3i- Kia3-PPI3-Q3av-Pi3t	3	Alta
Msh-PI3-Js1c-J3I-Js1m-M1c-Mimg-Q1g	2	Media
JK1m-Msg-Ji1m	1	Baja

Fuente: Elaboración propia en base a mapa geológico de Chile, 2003, SERNAGEOMIN

5.3.2 Vulnerabilidad

a) Uso del territorio

Se ponderará con el mayor valor (mayor vulnerabilidad) al uso urbano mixto y urbano consolidado con el mayor valor (7) ya que se produce una mayor concentración de población y a patrimonio natural con el menor valor (1) donde la concentración poblacional es más baja; sin embargo, para la aplicación de este modelo teniendo en cuenta el tipo de amenaza, el uso de suelo “turístico” toma más relevancia, ya que generalmente los flujos de barro se desarrollan en ambientes montañosos (laderas y quebradas) zonas que convocan una cantidad interesante de turistas, y que por tanto, son vulnerables a la ocurrencia de un evento. (ver tabla n° 6)

Tabla n° 6: Uso del territorio

Uso de suelo	Ponderación
Urbano Mixto -Urbano consolidado	6
Industrial	5
Turístico	4
Agropecuario	3
Forestal- Minero	2
Patrimonio natural	1

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología DAV, Díaz; 2008.

b) Densidad Poblacional

Esta variable se refiere a la cantidad de habitantes en un sector determinado y que influye en la fragilidad poblacional del lugar y en las acciones que deben tomarse una vez ocurrida una emergencia.

Se reviso los datos de REDATAM del censo de población y vivienda del año 2002, y se estableció que la mayor cantidad de habitantes corresponde a 37.406 habitantes en una zona censal, correspondiente a la comuna de Puente Alto, provincia de Cordillera, Región Metropolitana, considerando ese valor como el máximo de habitantes. Por su parte, el valor mínimos de habitantes es de 0, registrados en zonas censales de la región de Valparaíso.

Entonces, aquel sector, que presente la mayor cantidad de habitantes, es el más vulnerable, ya que es mayor la cantidad de habitantes que puede ser afectada ante el desencadenamiento de un fenómeno natural. Por lo tanto, para el caso de la aplicación de este modelo, y la zona central, el sector por sobre los 35.000 habitantes es el más frágil y, por el contrario, aquel sector que presente menos de 500 habitantes, es el menos vulnerables también valido para la zona central del país. (ver tabla n° 7)

Tabla n°7: Densidad poblacional

Rango de habitantes	Ponderación
35.000 y mas	7
20.000 -35.000	6
10.000-20.000	5
5.000-10.000	4
1.000-5.000	3

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de población de REDATAM.

c) Servicios de salud pública

Se ponderan de acuerdo a los distintos tipos de servicio de salud, y obedece al nivel de atención, de sus características de cada servicio público. Por lo que un hospital de alta complejidad, con una alta disponibilidad de camas y una mayor diversidad de especialidades es el más frágil ante una situación de desastre y/o de emergencia, ya que la capacidad de atención se disminuiría o anularían, aumentando los daños provocados por tal fenómeno.

Aquel servicio en donde la capacidad de camas, las especialidades ofrecidas sean menores, entonces es menos frágil. (ver tabla n°8)

Tabla n°8: Servicio de salud pública

Establecimiento	Característica	Ponderación
Hospital 1 y 2	Alta complejidad- 500 camas(1); 250-300 camas (2)	5
Hospital 3 y 4	Mediana y baja complejidad	4
CGR-SAPU;CGU-SAPU	Consultorio(Urbano , rural) con servicio de atención primaria de urgencia; Servicio de atención primaria de urgencia	3
CGR (rural)- CGU (urbano)	Consultorio general (urbano o rural)	2
C.D.T- C.R.S – COSAM- P.S.R	Centro de diagnóstico y terapéutica, centro de referencia de salud, centro comunitario de salud mental, posta de salud rural.	1

Fuente: Metodología DAV, Díaz; 2008.

d) Infraestructura y servicios

Se pondera con mayor fragilidad aquellas infraestructuras que por su función, si quedasen dañadas o inhabilitadas, dificultan el correcto funcionamiento del sistema de respuesta ante una emergencia. Por ejemplo, con respecto a la infraestructura vial, se pondera con el mayor

valor a las vías principales interprovinciales, intercomunales principales, en la infraestructura energética, las centrales eléctricas y subestaciones eléctricas y finalmente con la infraestructura sanitaria, son más frágiles aquellas como tratamiento de aguas.

Además de los ejes viales, se incluyen en esta, la infraestructura que ayuda a los ejes viales a funcionar, por lo tanto, puentes, túneles, pista de aterrizaje y línea férrea también estas analizadas como vulnerables.

Tabla n°9: Infraestructura

Tipo	Ponderación
Vías interprovinciales o interregionales -Vías intercomunales principales/Centrales y sub estaciones eléctricas/Planta de tratamiento de aguas-Embalase	5
Vías intercomunales secundarias-Puentes / acueducto/ tranque/APR	4
Cruce/ túnel/línea férrea/Líneas de alta tensión/ canales	3
Vías Locales /Gasoducto/ Residuos (hospitalarios, industriales, relaves)	2
Huella- sendero/Mineroducto-oleoducto/relleno sanitario- vertedero	1

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología DAV, Díaz; 2008.

e) Establecimientos educacionales

Se ponderan de acuerdo a la cantidad de alumnos que reciben, ya que mientras más cantidad de alumnos haya, mas cantidad son los expuestos y/o dañados antes una situación de emergencia; y al grupo etáreo de este, ya que como se ha nombrado anteriormente, un niño es más vulnerable que un adolescente y un adulto.

Entonces, considerando la afirmación anterior, se consideran más vulnerables aquellos establecimientos como jardines y salas cuna, y menos vulnerables a centros de formación técnica, institutos profesionales. (ver tabla n°10)

Tabla n°10: Establecimientos educacionales

Tipo de establecimiento educacional	Ponderación /valoración
Jardines y salas cuna	4
Escuelas	3
Colegios y Liceos	2
Universidades, institutos profesionales y CFT, preuniversitarios.	1

Fuente: Elaboración propia en base a metodología DAV, 2008.

f) Sistema ABC + Municipio

Se pondera como más frágil aquel servicio que presta la primera ayuda de emergencia, ya que si esta es afectada , dificulta el traslado y atención de heridos, además, el municipios se considera como también el más frágil , ya que corresponde a este organismo dar las instrucciones , permisos , ayudas y coordinar la ayuda, entre otras.

Tabla n° 11: Sistema ABC + Municipio.

Servicio	Ponderación /valoración
Base SAMU básica/ Municipio	7
Compañía de bomberos	6
Tenencia/reten	5
Base SAMU avanzada	4
Cuartel general/ central de alarma	3
Comisaria/ subcomisaria	2
Prefectura	1

Fuente: Metodología DAV, Díaz; 2008.

g) Albergues

Se ponderan de acuerdo a la capacidad de albergados que este puede acoger. Por lo que mayor es esa capacidad, mayor es la vulnerabilidad ya que si se afecta aquel albergue, imposibilita la acogida de albergados. Por su parte, mientras menor sea la capacidad de albergados, aquel albergue es menos vulnerable. (ver tabla n° 12)

Tabla n° 12: Albergues

Capacidad	Valorización
+ de 500	6
301-500	5
151-300	4
81-150	3
21-80	2
1-20	1

Fuente: Metodología DAV, Díaz; 2008.

5.4 Aplicación del modelo

5.4.1 Tabulaciones

a) Amenaza

Luego de jerarquizar con los valores descritos en las tablas de variables anteriores, se necesita cuantificar la amenaza en un resultado final. Para ello, se toman el valor ponderado mediante la tabla de las cuatro variables. Luego estos se ponderan con un coeficiente distinto para cada una de las variables.

Tabla n° 13: Tabulación de variables de amenaza

Variables	Fluctuación de los valores que puede tomar la variable	Coeficiente de ponderación
Pendiente	1 y 4	0.4
Cobertura Vegetal	1 y 4	0.3
Disponibilidad de material de arrastre	1 y 3	0.15
Geología	1y 4	0.15

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de ponderación de las variables, es de acuerdo a la importancia de la variable en el resultado final de la amenaza. Ya que estas variables tienen que ver con la **condicionalidad** del terreno propicio para un desarrollo del fenómeno de un flujo de barro, no todas tienen la misma ponderación, ya que la incidencia de cada una de las variables en la amenaza es distinta.

Como se aprecia en la tabla n° 14, la variable pendiente es la que más incidencia en la condicionalidad para desarrollar un flujo de barro, ya que los flujos de barro escurren de una cota determinada hacia abajo, la pendiente tiene relación a la inclinación del terreno y que es necesario para el desarrollo de un flujo de barro; luego la cobertura vegetal, que influye en la estabilidad del terreno, por lo que una ausencia de cobertura vegetal, tiende a desestabilizar la ladera o el terreno. Las variables disponibilidad de material de arrastre y la geología, tienen la misma incidencia en la condicionalidad para el desarrollo de un flujo de barro.

b) Vulnerabilidad

Para el caso de la vulnerabilidad, sus variables se tabulan mediante dos métodos diferentes; *método binario* y el de *medidas nominales*.

Método binario: las variables analizadas por este método son uso del territorio, infraestructura, servicio de salud pública, establecimientos educativos y ABC+ municipalidad. Este considera la relación ausencia-presencia, de las variables por zona censal /localidad rural, estudiadas en este modelo. Este método funciona de la siguiente manera.

-Se jerarquizan las categorías de la variable a analizar,(ver tabla n) esta jerarquía se establece de izquierda a derecha, donde la de mayor fragilidad se establece en el lado izquierdo.(ver ejemplo).

Ejemplo:

Uso del territorio	Jerarquía
Industrial	5
Agropecuario	4
Turístico	3
Forestal	2
Minero	1

Fuente: Elaboración propia

-Luego, se determina la ausencia o presencia de una categoría de la variable en las, valorizando con 0 a la ausencia de la categoría y con un 1 a la presencia de la categoría. (Ver ejemplo)

Ejemplo

Zona censal	Industrial	Agropecuario	Turístico	Forestal	Minero
A	1	0	0	1	0
B	0	0	1	1	0
C	0	1	1	1	0
D	0	0	0	1	0

-Obtener número binario y número decimal:

Zona Censal	Número binario	Número decimal
A	10010	18
B	00110	6
C	01110	14
D	0010	2

-Por último, se normaliza este valor, para caracterizar estas zonas censales, con respecto a las variables tabuladas mediante este método y descritas anteriormente.

Método de medidas nominales: las variables analizadas por este método son la densidad y los albergues.

Este método consiste en *“una asignación arbitraria de un valor numérico a una determinada categoría”* y funciona:

-Selección de la variable a analizar

Ejemplo: Densidad poblacional

-Establecer rangos de las distintas categorías

Ejemplo:

Rangos
+ de 5.001
3.001-5.000
1.001-3.000
0-1.000

-Asignar un valor nominal a cada categoría:

Rangos	Valor nominal
+ de 5.001	4
3.001-5.000	3
1.001-3.000	2
0-1.000	1

Normalización

Luego, para obtener un resultado final, es necesario, **normalizar** los valores de las variables, ya que estas fueron ponderadas y tabuladas por distintos métodos y tiene valores muy distintos entre si, y que impiden integrarlos en una misma fórmula para obtener la vulnerabilidad. Por lo que se procede a la normalización de cada una de las variables analizadas en este modelo, para que estas queden expresadas bajo el mismo parámetro. Esta normalización, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$X_{norm} = \frac{X_i - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$$

Donde:

Xmin = valor normalizado

Xi= Valor de la observación i de la variable

Min (V)= Valor mínimo de la variable

Max (V)=Valor máximo de la variable

Tabla n°14: resumen de variables

Variable	Método	Valores (mínimo y máximo)		Valores normalizados		Categorías	Intervalos
Uso del territorio	Binario	1	47	0	1	Muy baja Baja Media Alta Muy alta	0-0,05 0,051-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,751-1,00
Densidad	Medidas nominales	1	4	0	1	Muy baja Baja Media Alta Muy alta	0-0,20 0,201-0,40 0,401-0,60 0,601-0,80 0,801-1
Servicios de salud publica	Binario	0	10	0	1	Sin impacto Bajo Tolerable Alto Critico	0 0,001-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,75-1,00
Infraestructura	Binario	0	31	0	1	Bajo Tolerable Alto Critico	0-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,75-1,00
Establecimientos educativos	Binario	0	14	0	1	Sin impacto Bajo Tolerable Alto Critico	0 0,001-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,75-1,00
Sistema ABC+ Municipio	Binario	0	102	0	1	Sin respuesta Baja respuesta Medianamente oportuno Oportuna Altamente oportuna	0 0,001-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,751-1,00
Albergues	Medidas Nominales	0	4	0	1	Sin capacidad Muy baja capacidad Baja Capacidad Capacidad Media Alta capacidad	0 0,001-0,25 0,251-0,50 0,501-0,75 0,751-1,00

Fuente: Elaboración propia

En este modelo, las variables infraestructura, establecimiento educativo y servicios de salud pública se agrupan, para obtener un solo valor que luego será sumado a la fórmula final para la determinación de áreas vulnerables, ya que estas tienen que ver con las **instalaciones críticas** que presenta una zona frente a una amenaza y que son vulnerables. Las variables “sistema

ABC+ *municipalidad*” y “*albergues*” que se refieren a la **capacidad de respuesta** que tiene una zona determinada, también deben agruparse para obtener un solo valor entre las dos. Las variables “uso del territorio” que representa una característica **estructural** de una zona en estudio, por su parte, la variable “densidad poblacional” que se refiere a la condición **poblacional** de esa misma zona de estudio se consideran por si solas, y no hay otras variables analizadas con que agruparlas, por lo que los valores de estas por separado, se consideraran para el cálculo de la fórmula final.

Infraestructura y servicios:

Para poder incorporar las variables servicios de salud pública, establecimientos educacionales e infraestructura, estas se agrupan en una sola llamada “Infraestructura y servicios” y que hacen alusión justamente a la infraestructura del área estudiada y a los servicios que presenten. Para la obtención del valor de esta variable, se hace el siguiente cálculo:

$$IS= SS*0,35+IN*0,50+EE*0,15$$

Donde:

IS= es el valor de la infraestructura y servicios

SS= Servicios de salud pública

IN=Infraestructura

EE= Establecimientos educacionales.

Tabla n°15 Valoración de la Infraestructura y servicios

Rango	Categoría
0	Sin impacto
0,001-0,25	Bajo
0,251-0,50	Tolerable
0,501-0,75	Alto
0,75-1,00	Critico

Fuente: elaboración propia en base a Metodología DAV; 2008.

Respuesta:

Las variables agrupadas en esta variables son: Sistema ABC+ municipio y Albergues

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$RE= ABC*0,6+AL*0,4$$

Donde:

RE= valor de la respuesta

ABC=sistema ABC + Municipio

AL= Albergues

Tabla n°16: Valoración de la respuesta

Rangos	Categoría
0	Sin respuesta
0,001-0,25	Deficiente
0,251-0,50	Aceptable
0,501-0,75	Buena
0,751-1,00	Optima

Fuente: elaboración propia en base a Metodología DAV; 2008.

5.4.2 Determinación del riesgo

La fórmula del riesgo natural, se calcula mediante las dos variables que inciden en el.

Es el resultado del cruce de entre los valores de la amenaza y de la vulnerabilidad. Para ello, es necesario calculara estos valores, que se obtienen mediante formulas para cada una, por medio de la tabulación y valorización de las variables tanto de la amenaza y de la vulnerabilidad.

a) Amenaza

Se mide la amenaza en un resultado final, que corresponde a la suma de la ponderación de estas variables expresadas numéricamente, implicada en la siguiente fórmula:

$$(A_{fb}) = (P \cdot 0,4) + (V \cdot 0,3) + (M \cdot 0,15) + (G \cdot 0,15)$$

Donde:

A_{fb} =amenaza por flujo de barro

P= variable pendiente

V= variable vegetación

M= material de arrastre

G= variable geología

Tabla n°17: Valoración final de amenaza por flujo de barro

Rangos	Nivel de amenaza
1	Baja
1,1 – 2	Media
2,1 – 3	Alta
>3,1	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia

a) Vulnerabilidad

Por lo tanto, la formula final considera la suma de las variables: uso del territorio, densidad poblacional, infraestructura y servicios y respuesta. Se define de la siguiente manera:

$$V = UT + DP + IS - RE$$

Donde:

V= vulnerabilidad

UT= Uso del territorio

DP= Densidad poblacional

IS= Infraestructura y servicios

RE=Capacidad de respuesta

Una vez aplicada la fórmula, se obtiene distintos valores que oscilan entre 0 y 3, por lo tanto los niveles de vulnerabilidad son:

Tabla n° 18: Valoración final de vulnerabilidad

Rango	Nivel de vulnerabilidad
< 0,50	Baja
0,51-1,0	Tolerable
1,01-2,0	Alta
>2,01	Extrema

Fuente: Metodología DAV, Díaz, Cecilia; 2008

b) Riesgo por flujo de barro.

Se determina entonces, el riesgo por flujo de barro mediante la fórmula:

$$R = A \times V$$

Donde:

R= riesgo por flujo de barro

A= amenaza por flujo de barro

V= vulnerabilidad

Una vez aplicada la fórmula para la determinación del riesgo, los valores fluctúan entre 0 (mínimo) y 11,5 (máximo)

Tabla n°19: Valoración final del Riesgo por flujo de barro.

Rango	Categoría de Riesgo
0-0,5	Bajo
0,51-2,0	Medio
2,1-6,0	Alto
6,1-11,5	Muy alto

6. Gestión del riesgo por flujo de barro

De acuerdo con la definición de gestión del riesgo propuesta en párrafos anteriores, se requiere validar el modelo como una herramienta para la gestión del riesgo.

Para ello, se integran los **factores gatillantes** para la amenaza analizada en este modelo, considerando los estados de estos, que pueden comenzar un flujo de barro.

Se recomienda priorizar las áreas de riesgo “Alto” y “Muy alto” para la gestión, frente a situaciones de alta probabilidad de que ocurra el fenómeno de flujo de barro. Sin embargo, las zonas con niveles “medio” y “bajo” de riesgo también deben ser consideradas

6.1 Precipitaciones

Este factor gatillante se utiliza cuando las condiciones de las precipitaciones llega y/o sobrepasan el umbral **crítico**, y que inicia un flujo de barro, para el caso de estudio, la comuna de San José de Maipo, este umbral corresponde a 60 mm/24hrs (Hauser, 1993) definido para toda la zona central del país.

ONEMI en conjunto con la dirección meteorológica de Chile, elaboraron una tabla que clasifica las precipitaciones según la cantidad de milímetros caídos, por categorías y por las macrozonas del país. (ver tabla n°17)

Ya que el objetivo de este modelo se enfoca a la zona central de Chile, es precisamente este sector la que se considera en esta sección de “gestión del riesgo”.

Tabla n°20: Calificación de precipitaciones según cantidad de milímetros por zonas.

Categoría	Regiones I-III Zona Norte	Región IV Norte Chico	Regiones V-VII Zona Central	Regiones VIII-X Zona Sur	Regiones XI-XII Zona Austral	Sur
Débiles	0-0	0-0	0-5	0-10	0-6	
Débiles a normales	0-0	0-1	6-15	11-18	7-12	
Normales	0-0	2-5	16-22	19-25	13-18	
Normales moderadas a	1-2	6-8	22-30	26-35	19-23	
Moderadas	3-4	9-12	31-36	36-42	24-30	
Moderadas a	5-9	13-17	37-45	43-55	31-36	
Intensas	Más de 10	Más de 18	Más de 46	Más de 56	Más de 37	

Fuente: Unidad hidrometeorológica del depto. de protección civil-ONEMI y centro de análisis de la dirección meteorológica de Chile.

6.2 Isoterma 0°C

Esta se evalúa en función a la altura que esta pueda tomar, y para responder a eso, el Centro de alerta temprana (CAT) de ONEMI, concentra las estimaciones de alturas de la isoterma 0° en los análisis técnico de riesgos (informes); por lo que se procedió a la revisión de dichos informes, (usados también para determinar la disponibilidad de material de arrastre durante el análisis de amenaza).

Se establecen tres áreas como escenario en cuanto a la altura de la isoterma. Hay que considerar, que la isoterma 0° toma su papel como gatillante en cuanto a su altura, cuando esta se encuentra muy alta, por sobre los niveles normales que toma durante los días de lluvia en la zona central. Tomando eso en consideración, se establecen tres áreas, ya que son tres los rangos de altura de la isoterma que son válidas para analizar. Estas áreas son aquellas que se ubican entre los 1.200 y 3.500 metros, considerado como fluctuación normal de la altura de la isoterma. La segunda área corresponde a aquella entre los 3.500 y 4.500 metros de altura, y la ultima área corresponde a aquella por sobre los 4.501 metros.

Tabla n° 21: Característica de la ubicación de la isoterma 0°.

Área de ubicación de isoterma 0° (metros de altura)	Característica
Entre los 1.200 y 3.500	Ubicación normal en altura
Entre los 3.500 y 4.500	Ubicación alta
Sobre los 4.501	Ubicación muy alta

Fuente: Elaboración propia en base a análisis técnico de riesgos, CAT, ONEMI; 2013.

Entonces, se incorporan los efectos gatillantes del evento estudiado en el modelo mediante una tabla (ver tabla n° 19) que indica la probabilidad que ocurra el evento (flujo de barro). Las alturas que presentan la isoterma 0° y las precipitaciones, y las condiciones sugeridas cuando se exhiban las distintas situaciones, con el objeto de prevenir un desastre o un estado de emergencia.

Aquel escenario que presente una isoterma con ubicación muy alta y precipitaciones críticas, es aquel que inicia un proceso de flujo de barro. En cambio, aquel que presente una isoterma con su altura normal, y precipitaciones moderadas a intensas, es el que exhibe un estado que no provoca un flujo de barro.

Tabla n°22: Escenario frente a probabilidad de ocurrencia de un flujo de barro según las condiciones de los factores gatillantes.

Precipitaciones Altura Isoterma en mts.	Moderadas a intensas 37 a 45 mm	Intensas Más de 46 mm	Criticas Sobre 60 mm
Entre los 1.200 y 3.500	Baja	Baja	Moderada
3500 y 4.100	Baja	Moderada	Alta
Sobre los 4.101	Moderada	Alta	Crítica

Fuente: Elaboración propia en base a análisis técnico de riesgos de CAT, ONEMI.

La altura máxima estimada de la isoterma 0°C, durante el periodo revisado en los análisis técnico de riesgos del CAT de ONEMI (2010-2012) es de 4.200 metros, por su parte el valor mínimo registrado (en altura) en estos mismos informes es de 1.100 metros.

Con respecto a los diferentes escenarios expuestos en la tabla, es recomendable una observación y monitoreo constante de los factores gatillantes. Como se puede observar en la tabla (tabla n°21), hay distintos escenarios. Estos son variados, ya que los dos factores gatillantes considerados en este modelo pueden adoptar distintas características o condiciones y valores.

Los niveles de probabilidad de ocurrencia considerados son: bajo, medio, alto y crítico.

-Bajo: escenario donde las condiciones de las precipitaciones en conjunto a la altura de la isoterma, como recurrente y propias de estos procesos, y que no generan un proceso de flujo de barro. Se recomienda vigilancia permanente de estas condiciones.

-Moderado: escenario donde las condiciones de las precipitaciones es más intensa, y que la altura de la isoterma varía entre los tres rangos de altura. La probabilidad de ocurrencia de un flujo de barro, es media. Se recomienda vigilancia permanente de estas condiciones y coordinación entre organismos competentes.

-Alto: escenario donde la combinación de las distintas condiciones de las precipitaciones y la altura de la isoterma, elevan las probabilidades de que ocurra un flujo de barro, por lo que se recomienda vigilancia permanentemente, alistar los recursos necesarios y medidas y herramientas para hacer frente a la situación.

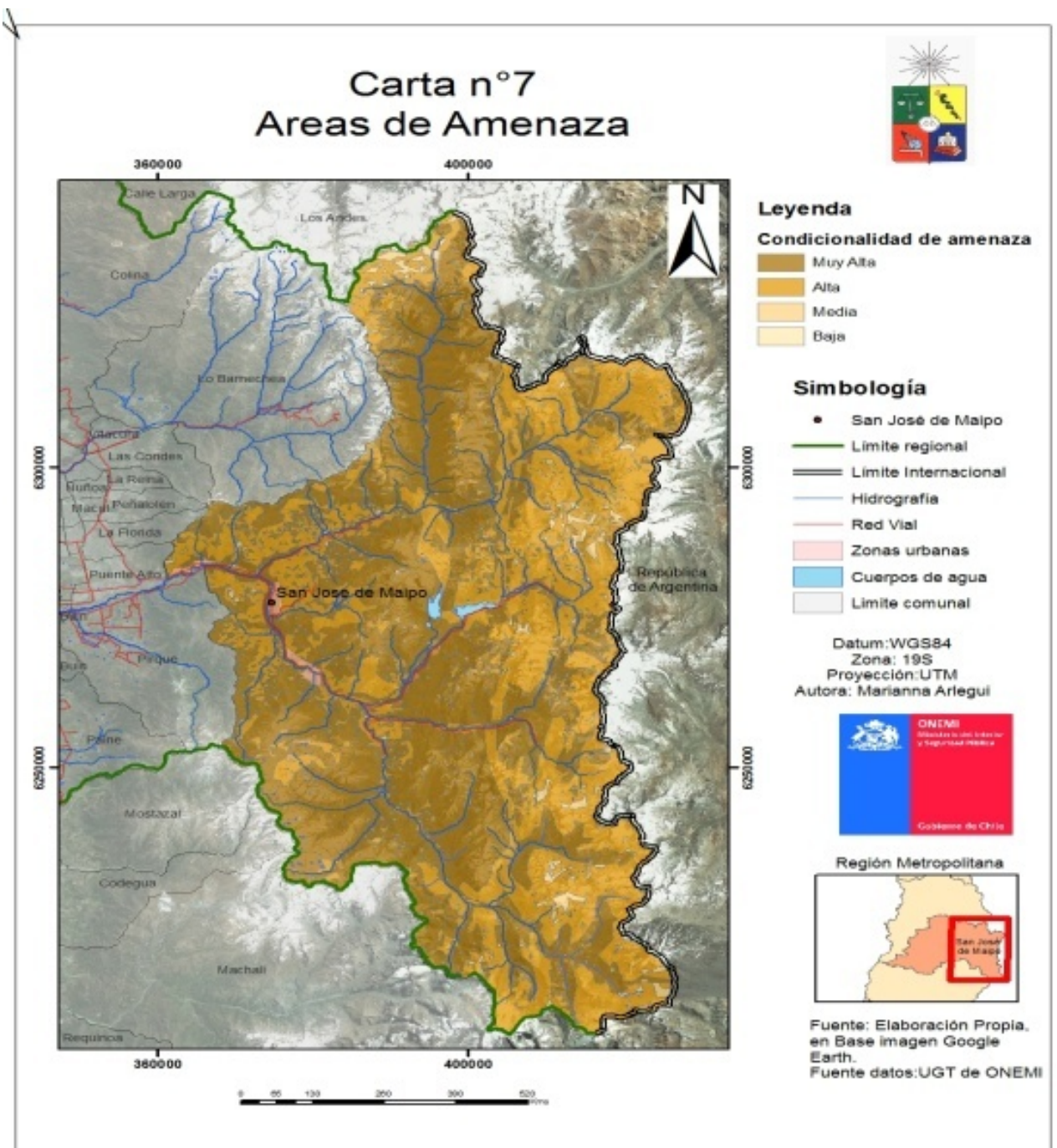
-Crítico: este escenario corresponde a aquel que por las condiciones reunidas de las precipitaciones y la ubicación de la isoterma 0°, presenta una muy alta probabilidad que se inicie un flujo de barro. Por lo que se necesita y recomienda la movilización de todos los recursos para la atención y mitigación del evento gatillado.

7-Resultados de aplicación piloto del modelo en la comuna de San José de Maipo:

7.1-Amenaza

La comuna presenta en casi toda su superficie, niveles de amenaza Muy Alta y Alta,(ver carta n°7), esto explicado por la condición característica de San José de Maipo, de ser una comuna cordillerana, en donde las cuatro variables definidas para determinar área de amenaza, presentan en su mayoría, áreas de amenaza Muy Alta y Alta en el sector al límite internacional con Argentina y las localidades aledañas al camino principal de la comuna. También se identifica un nivel de amenaza “medio” hacia el norte de la comuna y cercano a las localidades de Baños Morales y Lo Valdés.

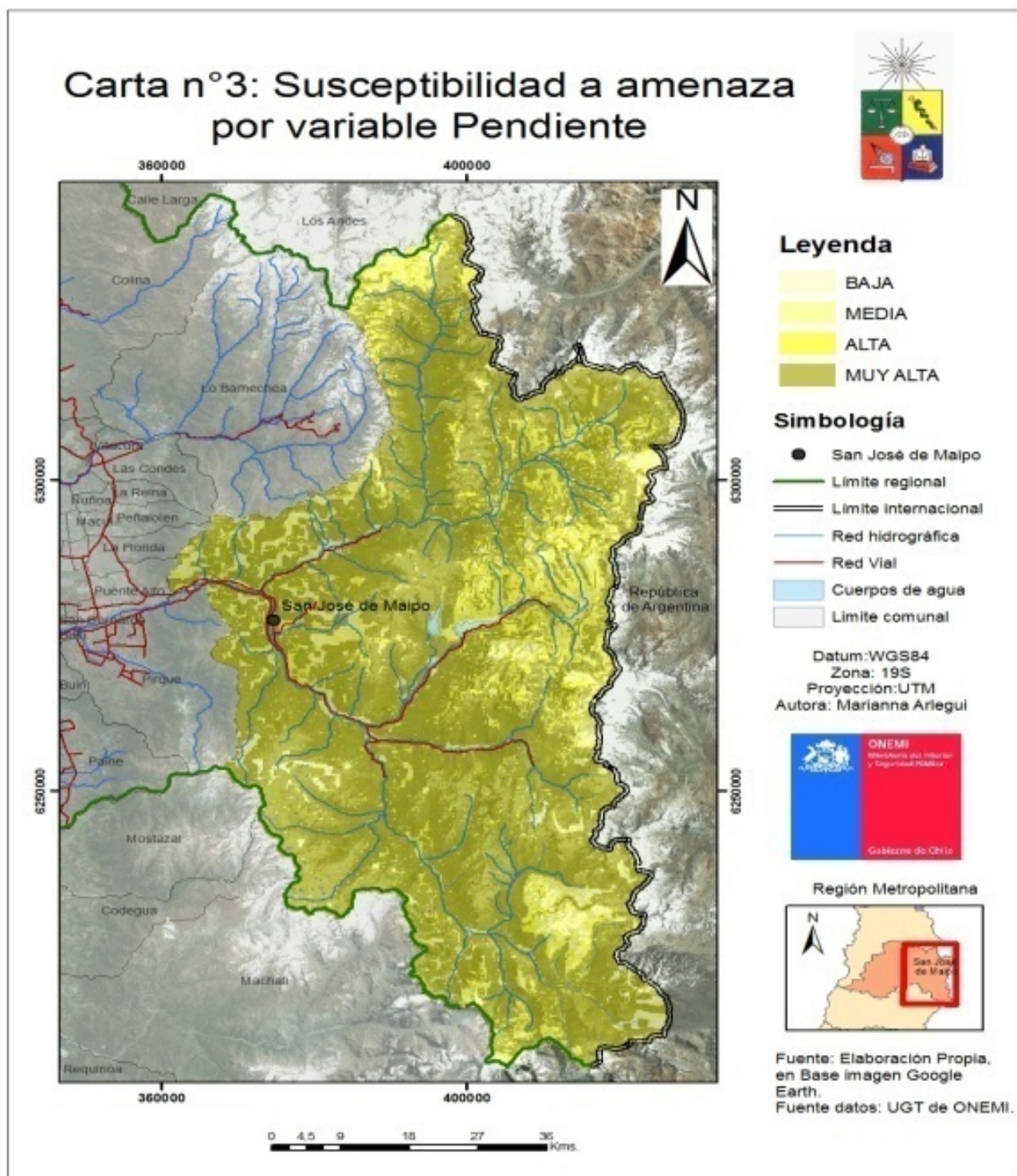
Carta n° 7



Pendiente:

La comuna de San José de Maipo, presenta un nivel de condicionalidad de amenaza por esta variable como “muy alta” en casi toda su extensión (ver carta n°3). Sin embargo, hay sectores donde esta condicionalidad es “media” y “alta” en menor cantidad en los sectores cercano al límite internacional con Argentina, en las más altas cumbres y a la entrada de la comuna, cerca de la localidad de La Obra. Esto se explica ya que la comuna está ubicada en un ambiente montañoso, donde las pendientes tienden a ser muy altas y abruptas.

Carta n° 3: Variable Pendiente

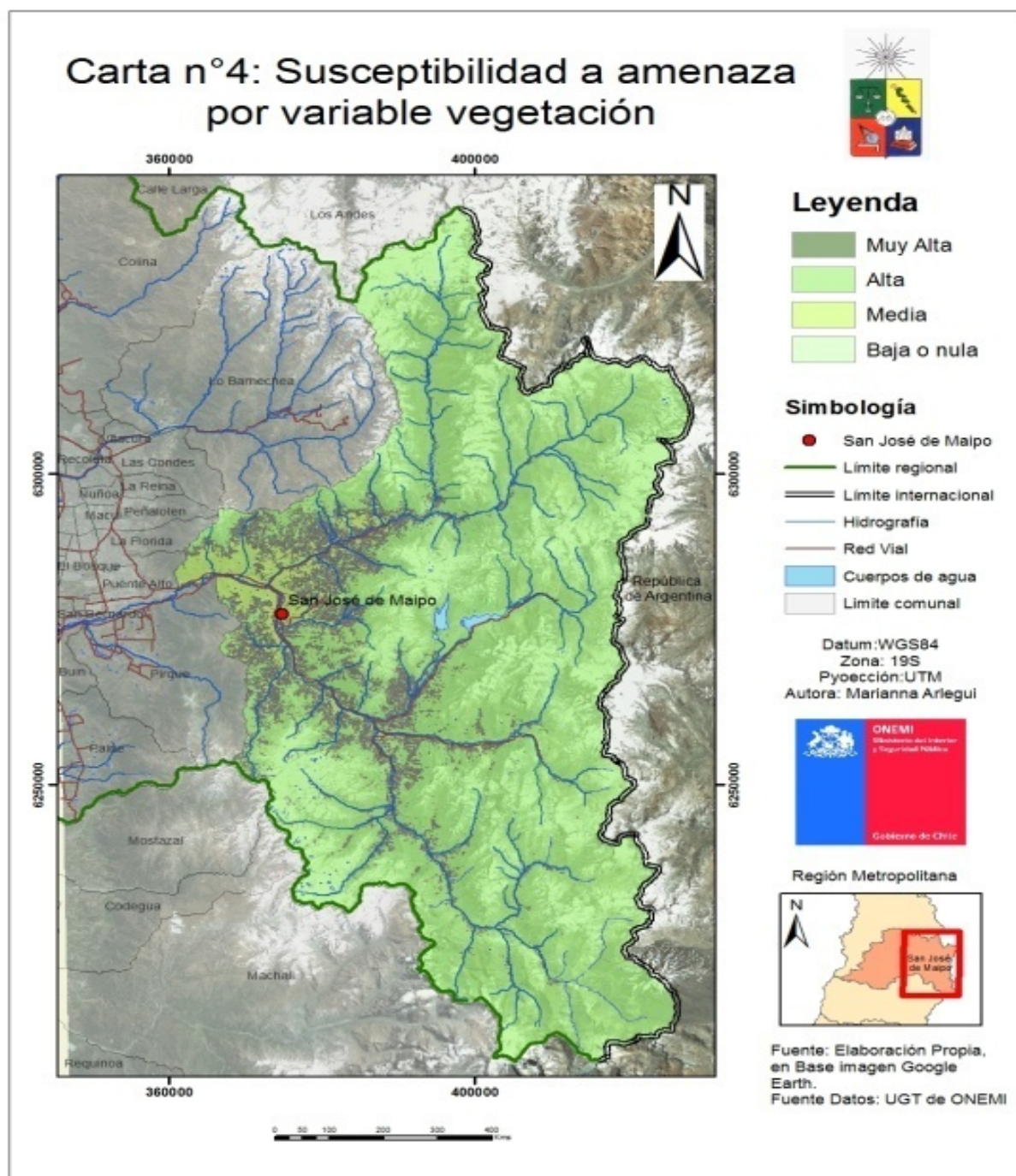


Cobertura Vegetal:

La comuna presenta, en casi toda su extensión, una condicionalidad de amenaza “Alta” en sectores como El Alfalfal, Embalse El Yeso, por esta variable, esto explicado por la altura de la comuna, en su mayoría, en un ambiente periglacial o de nieve, donde no permite el desarrollo de vegetación y que otorga una mayor condición por parte de la vegetación para el desarrollo de un flujo de barro. También se presenta, en mucha menor proporción, la condicionalidad de “media” ya ubicada en menor altura en los sectores como San José de Maipo, La Obra y las áreas urbanas de la comuna. (ver carta n°4)

No presenta condicionalidad “muy alta” ni “baja”.

Carta n° 4: Variable Cobertura Vegetal



Disponibilidad de material de arrastre:

La comuna presenta, en la mayoría de su extensión, una condicionalidad de amenaza por esta variable de “media”, esto corresponde al área ente los 1.200 y 3.500 metros, que se estableció en el modelo y explicado por la ubicación de la isoterma 0° en altura, donde hay un aporte de material detrítico, que si bien no se considera para un flujo de barro, si otorga disponibilidad de material a meteorizar (fino) en áreas más bajas. Esta variable también presenta otros niveles de condicionalidad “alta” en el área del “cajón” de la comuna y condicionalidad “baja” en el área de las “nieves eternas”. (ver carta n°5)

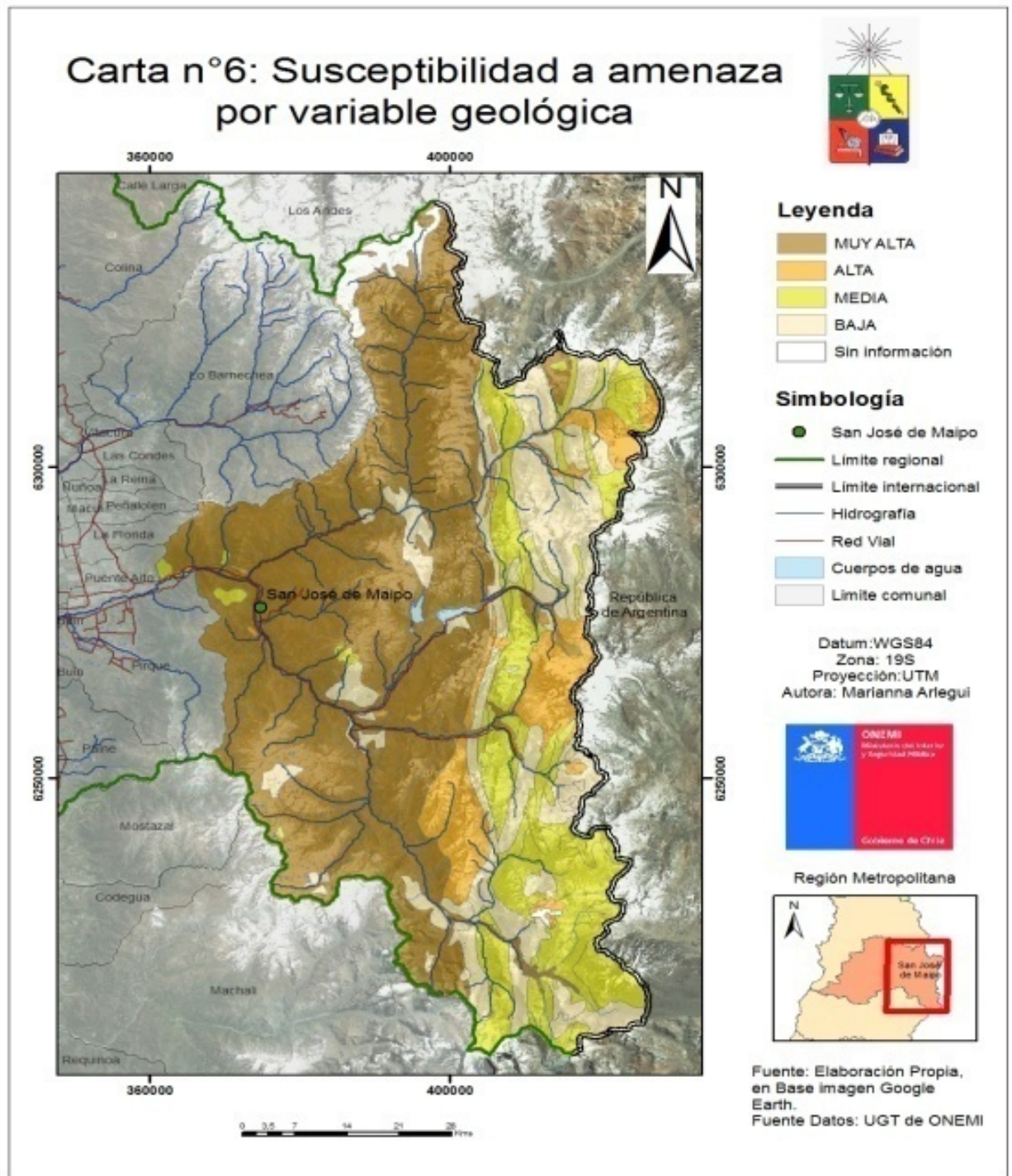
Carta n° 5: Variable Disponibilidad de material de arrastre



Geología:

La comuna presenta, mayoritariamente, la condicionalidad de la amenaza por variable geológica como “Muy alta” en sectores como San José de Maipo, Las Melosas y El Volcán entre otros; explicado por las formaciones Abanico, Farellones y Colimapu que exhibe la comuna, sin embargo, al contrario de las otras variables, esta variable presenta más heterogeneidad en su condicionalidad de amenaza, donde se aprecia claramente también, los otros niveles : “alta” , “media” y baja”. (ver carta n° 6)

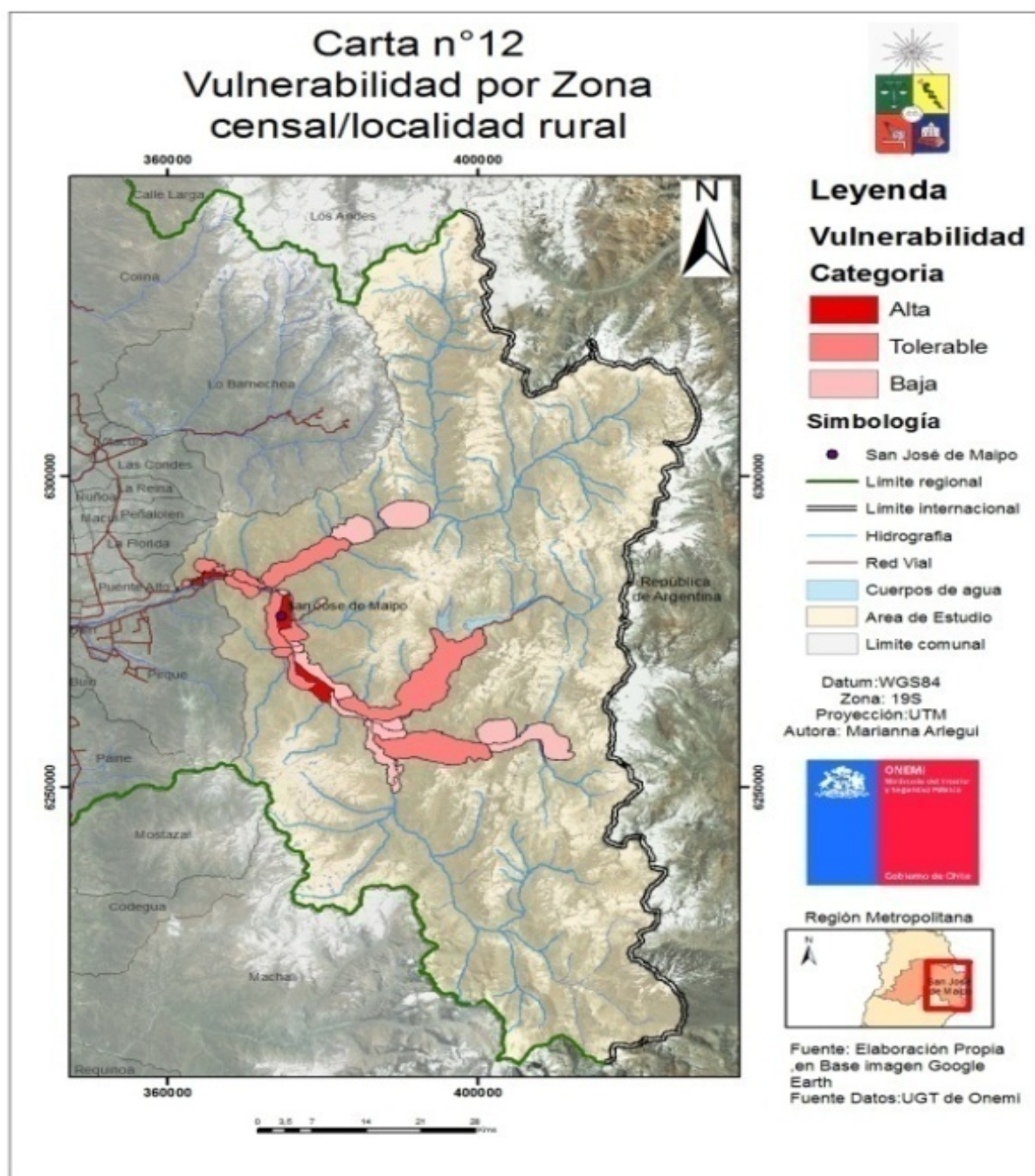
Carta n° 6: Variable Geológica



7.2-Vulnerabilidad

Con respecto, a la vulnerabilidad, determinada en base a las zonas censales y localidades rurales, la comuna presenta en su mayoría, niveles de vulnerabilidad clasificados como “tolerable”, esto explicado por sus bajos niveles de densidad poblacional, en los valores del uso de territorio, que prácticamente no presenta niveles de “urbano” e infraestructura, sin embargo, el área principal de la comuna, la localidad de San José de Maipo, presente un nivel de vulnerabilidad “alto”, explicado por la cantidad de población que habita en el sector, además del uso de suelo urbano y turístico, sumado a eso, la infraestructura del sector también es vulnerable y se encuentra en mayor cantidad, en comparación a otras zonas.(ver carta n°12)

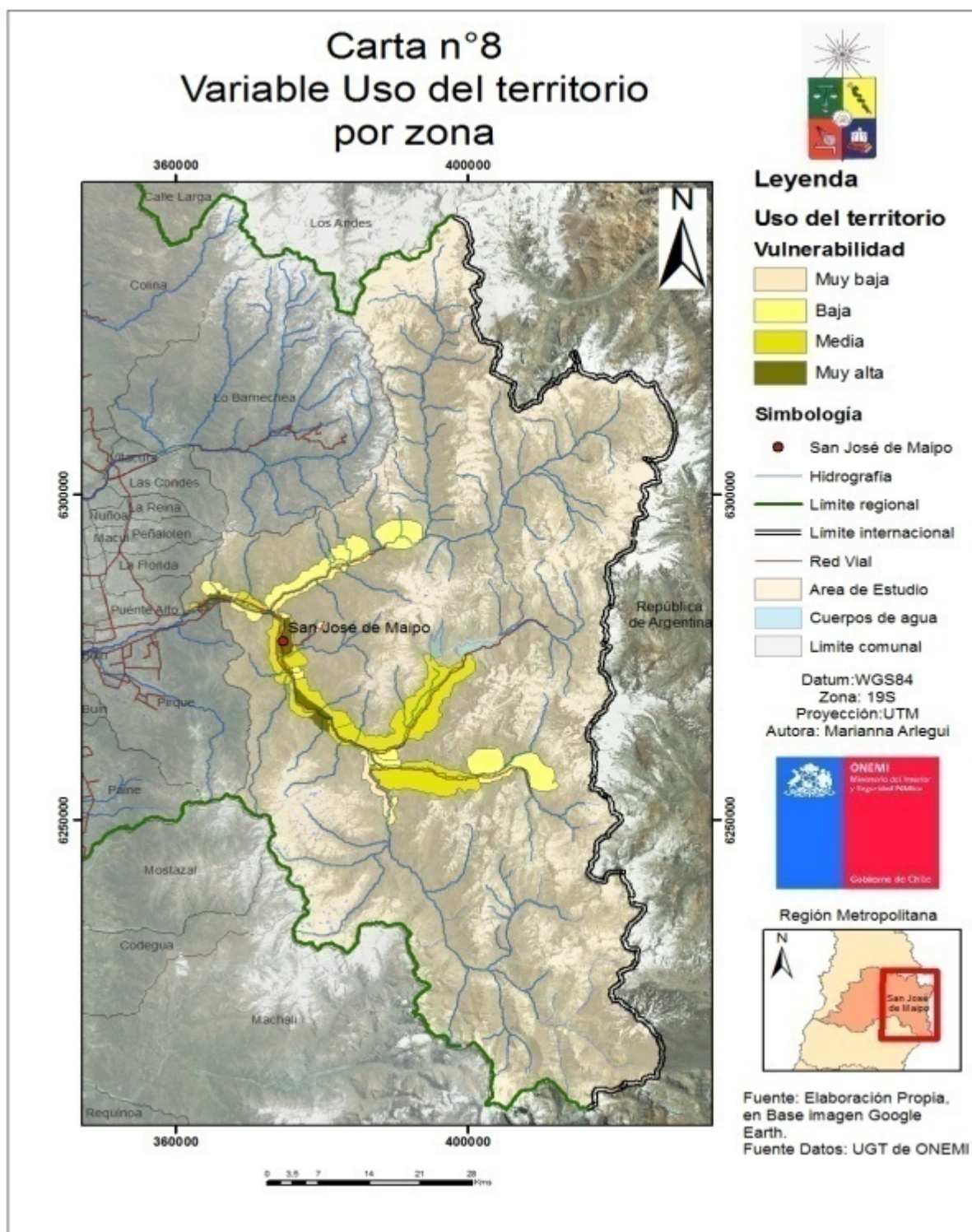
Carta n° 12: Vulnerabilidad por zona censal



Uso del territorio

El nivel de vulnerabilidad de las zonas censales / localidades rurales, es heterogéneo. Presenta los cuatro niveles de vulnerabilidad por uso del territorio, donde las zonas urbanas son las que presentan niveles “muy alto”. También se concluye que las zonas más alejadas de la ciudad como Baños Morales, Lo Valdés y Los Maitenes entre otras, presentan vulnerabilidad “baja” por la variable “uso del territorio”. (ver carta n°8)

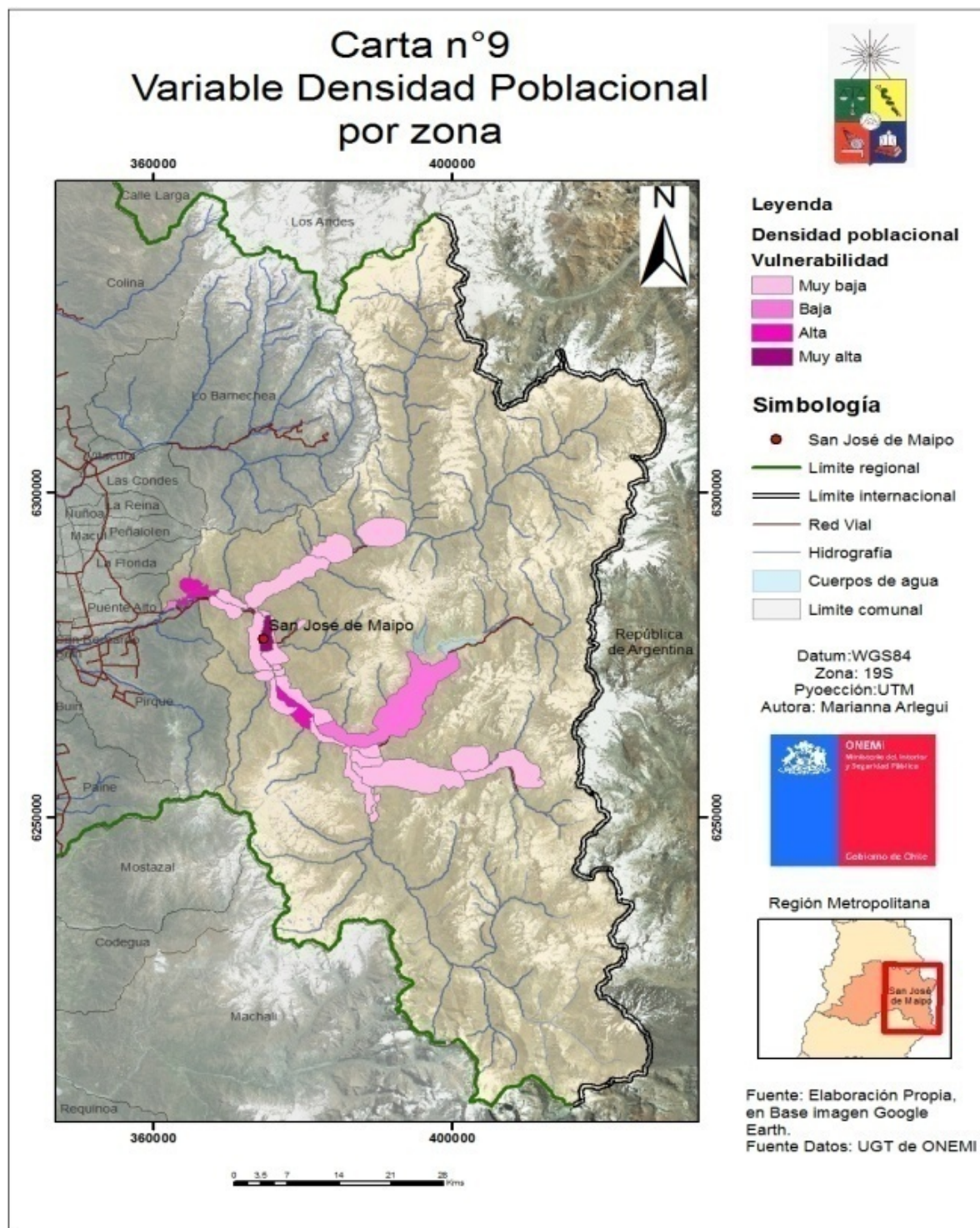
Carta n° 8: Variable Uso del territorio



Densidad Poblacional

También se presentan los niveles de máxima vulnerabilidad, “Muy alta” en la zona urbana principal de la comuna, en la localidad de San José de Maipo, y niveles “altos” en otras zonas urbanas. Esto se explica por la concentración de población que estas presentan. Por el contrario, las zonas rurales presentan niveles de vulnerabilidad “muy baja” en su mayoría y “baja”, sin embargo, se puede determinar que el nivel de vulnerabilidad por esta variable a nivel comuna es más bien muy baja. (ver carta n° 9)

Carta n° 9: Variable densidad poblacional



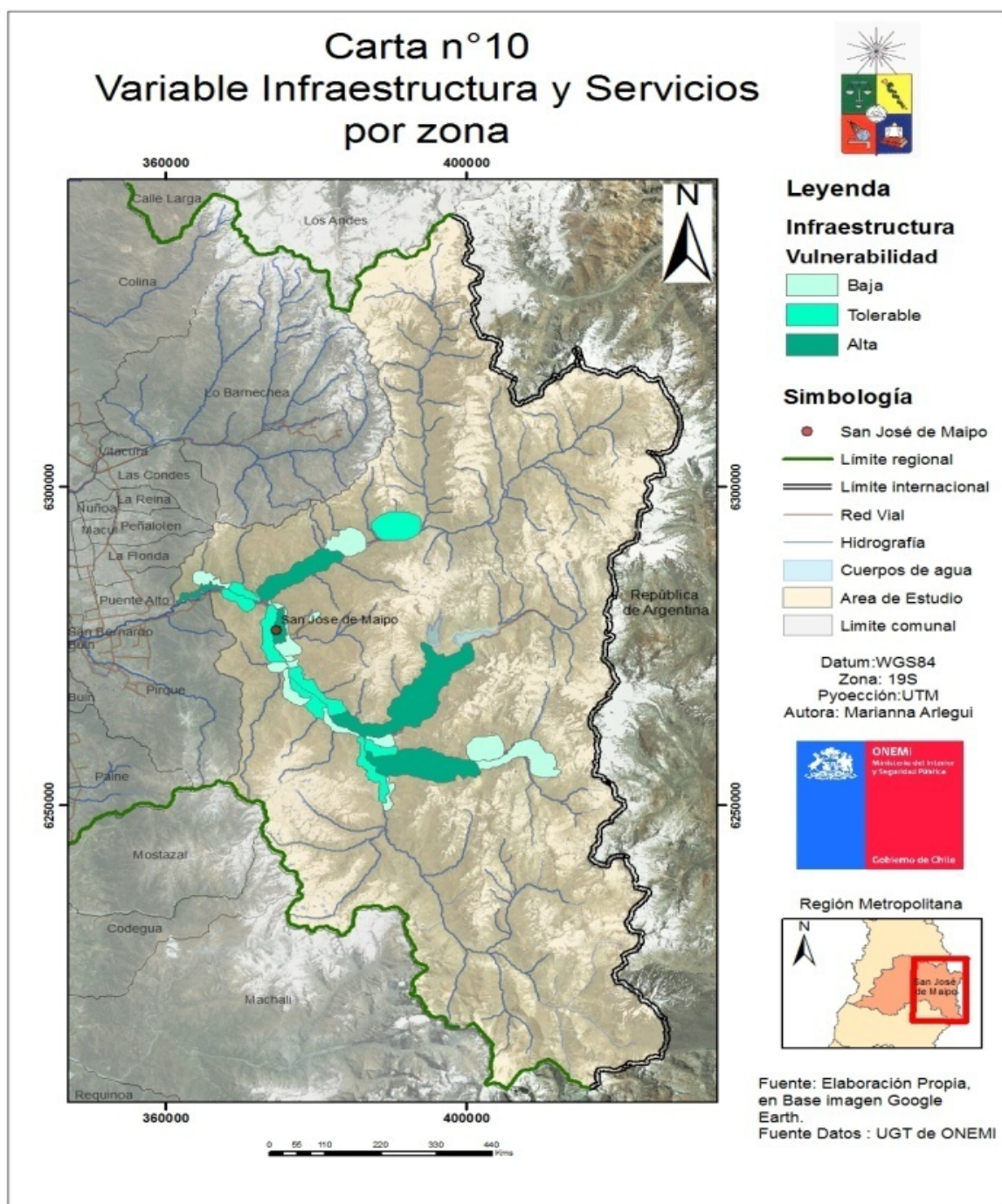
Infraestructura y servicios

Se presentan tres niveles de vulnerabilidad por infraestructura y servicios, donde aquellas zonas localidades que presentan una mayor infraestructura y servicios, son más vulnerables. Localidades como La Obra, San Jode de Maipo, El Ingenio, Las Melosas, entre otras, son las que presentan esta categoría. Estos niveles son “bajo”, “tolerable” y “alta”

Localidades que presentan niveles bajos de vulnerabilidad por infraestructura y servicios, son por ejemplo, Baños Morales, Lo Valdés, Los Maitenes ente otras.

La comuna no presenta categorías “sin impacto” ni “críticas”. (ver carta n° 10)

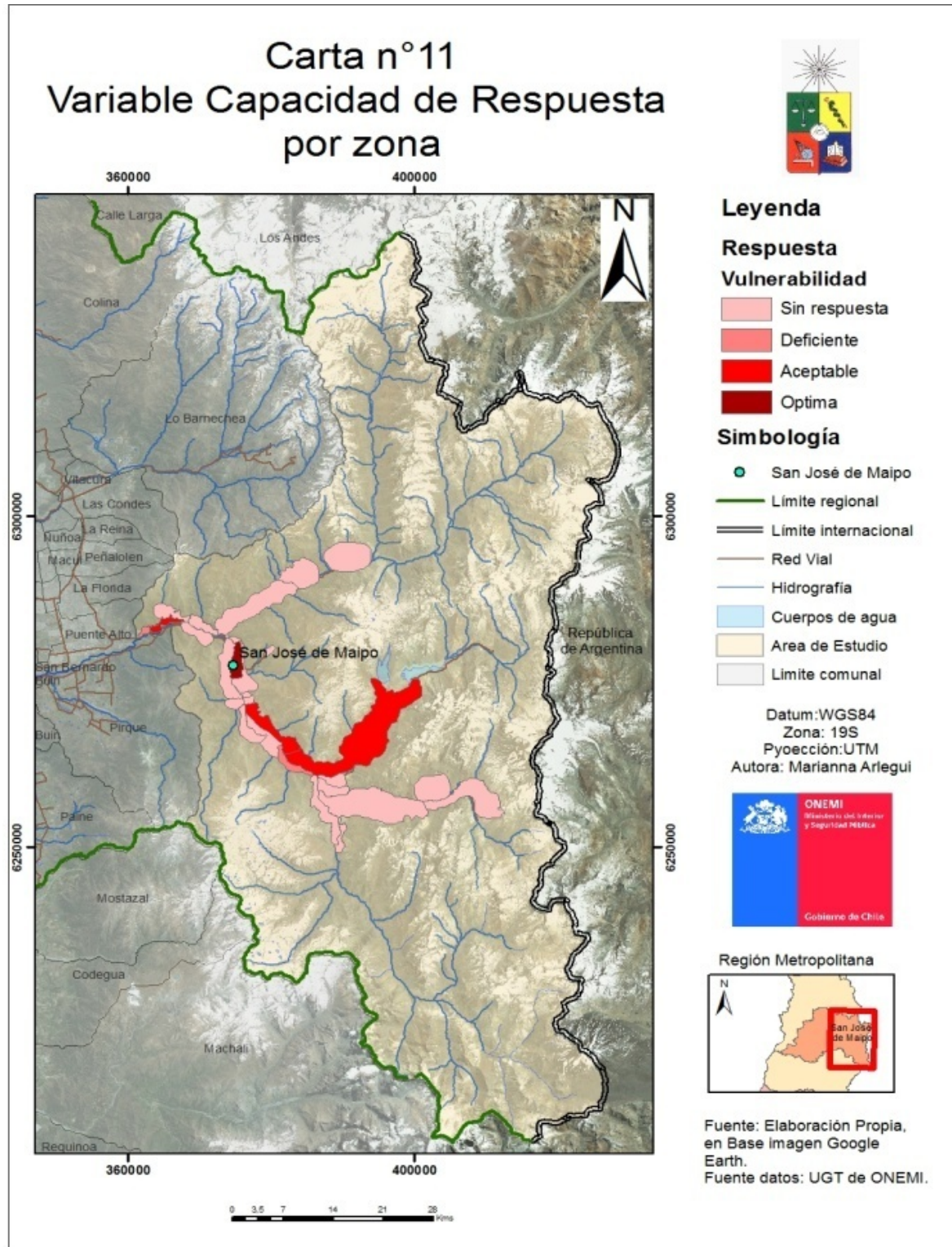
Carta n° 10: Variable infraestructura y servicios



Capacidad de Respuesta

Con respecto a la variable respuesta analizada, esta, en la mayoría de las zonas censales / localidades rurales se presenta con la categoría de “sin respuesta”. La otra categoría que más se presenta es la de “Aceptable”. La localidad principal de la comuna, San José de Maipo, presenta una categoría de respuesta “óptima”. (ver carta n°11).

Carta n° 11: Variable Capacidad de respuesta



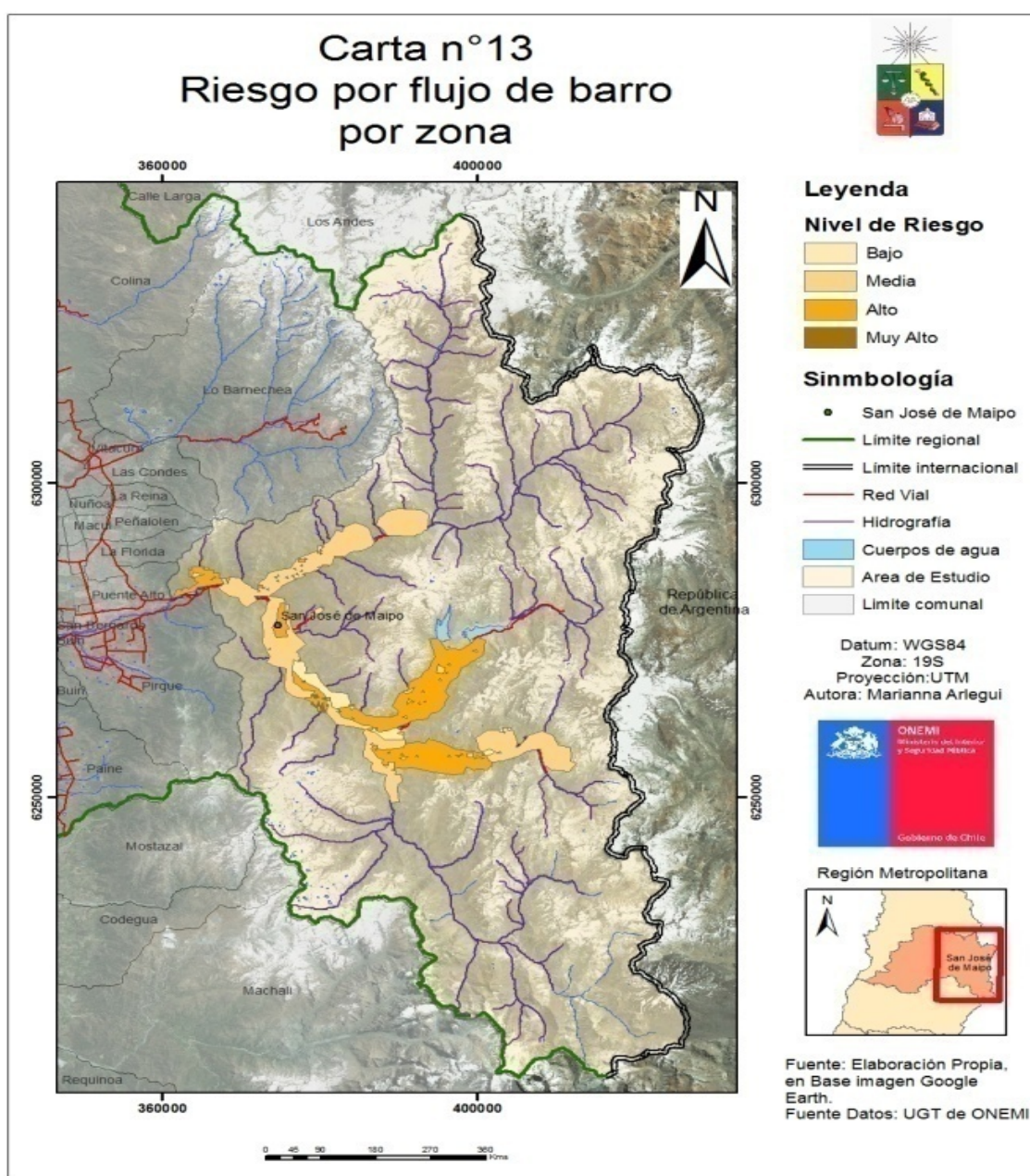
7.3-Riesgo

La comuna presenta los cuatro niveles de riesgo, definidos anteriormente. Sin embargo, los niveles que predominan son aquellos clasificados como “medio” y “alto”, esto explicado que si bien la comuna presenta niveles de amenaza “muy alto” y “alto”, la vulnerabilidad tiende a bajar los niveles del riesgo. La vulnerabilidad, como se dijo anteriormente, es más bien “tolerable”, por lo que resulta en niveles de riesgo predominantes de “alto” y medio”.

La localidad de “El Almendro” es la única zona que presenta un riesgo por flujo de barro con nivel “muy alto”

Sin embargo, los niveles de riesgo que se arrojaron, no son despreciables ya que es recomendable aplicar medidas de prevención a los sectores con los niveles de riesgo desde “medio” a “muy alto”. (ver carta n° 13).

Carta n° 13: Riesgo por flujo de barro



8-Recomendaciones

Para una gestión del riesgo conducente a la reducción de desastres naturales, es necesario, actuar frente a la amenaza y la vulnerabilidad.

8.1- Frente a la Amenaza por flujo de barro

Ferrando (2003) describe una serie de acciones frente a las amenazas de distintos orígenes. Sin embargo este modelo se refiere a un evento de remoción en masa, un flujo de barro en específico, por lo que sugiere que *“existen los criterios y las herramientas metodológicas como para establecer zonificaciones en función de la proclividad que los distintos contextos geográficos locales presentan a desarrollar este tipo de procesos.”*

Además, se sugiere un monitoreo constantes de los factores gatillantes de los flujos de barro, es decir, las precipitaciones y la altura de la isoterma.

Aplicación de planes de prevención frente a una amenaza, cuando las condiciones de esta cambien.

8.2-Frente a la vulnerabilidad

Este mismo autor señala una serie de condiciones y acciones que tienden a aumentar el riesgo de desastres naturales, por medio del incremento de la vulnerabilidad y que fueron nombradas anteriormente.

Es por esto, que para reducir el riesgo, es necesario tomar acciones frente a la amenaza y a la vulnerabilidad. Sin embargo, se considera como amenaza natural, a procesos propios del terreno y el paisaje y que no dependen de la población, por lo que, es más efectivo reducir los niveles de vulnerabilidad para poder reducir el riesgo.

El marco de acción de Hyogo 2005-2015 también determina que el riesgo aumenta si se destruyen bosques y humedales, ya que daña la capacidad del medio ambiente de hacerle frente a las amenazas, por lo que hay que reducir la explotación indiscriminada de los recursos naturales.

-Concientización de la población que habita un espacio frente a una amenaza latente, para que sepa que hacer frente situaciones “anormales” de los factores gatillantes.

Dentro de este mismo contexto, también debe concientizar a la población, que toda intervención en el paisaje o en el espacio tiene sus repercusiones, por lo que se sugiere una concientización, con respecto al uso responsable y al uso no explosivo de los recursos, del suelo y la menor intervención en los procesos naturales (por ejemplo: intervención en el lecho de un río)

-Con respecto a esta misma concientización de la población, uno de los objetivos estratégicos del marco de acción de Hyogo 2005-2015, es precisamente el que la población tenga conocimiento del riesgo al que se expone y tomar medidas frente a ello. De hecho, la ONU, declara que una persona es más vulnerable al no conocer el riesgo.

-Determinar áreas vulnerables frente a una determinada amenaza, para tener conocimiento de aquellos que corren más riesgo y que, una vez ocurrida una emergencia, evitar el desastre mediante la evacuación.

-Evitar la localización de población en áreas propensas al desarrollo de un flujo de barro, mediante la planificación ordenada del territorio y el cumplimiento de esta planificación por parte de constructoras e inmobiliarias.

-Inclusión de la ciudadanía en programas y planes de prevención de desastres naturales, facilitando la participación y la cooperación.

9-Conclusiones:

Hay que reconocer que la concientización sobre cómo prevenir desastres de origen natural ha ido aumentando con los años, sin embargo, en nuestro país falta integrar esa concientización con los planes de gobierno y de sus instituciones, en la educación etc. , para evitar pérdidas de vidas humanas, pérdidas monetarias entre otras.

La razón por la que este modelo se estableció, es justamente por eso, no había una herramienta para este tipo de amenazas por remoción en masa, en específico un flujo de barro.

De acuerdo con la misión que tiene ONEMI: *“Planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocados por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil para la protección de las personas, los bienes y el ambiente”*²⁵ y de la visión estratégica de la institución en el ámbito de la protección civil definida como *“la protección a las personas, a sus bienes y ambiente ante toda situación de riesgo, sea de origen natural o provocado por el Hombre, mediante una ejercitada planificación, que considere como sus principios fundamentales la Ayuda Mutua y el Empleo Escalonado de Recursos”*²⁶ es que este modelo se crea y aplica, como etapa de prevención de desastres.

Con respecto al modelo en sí, es una herramienta para la gestión del riesgo y para la toma de decisiones, y reducir lo más posible los efectos de un desastre natural en la infraestructura y medio construido. Es útil y aplicable tanto para escenarios de prevención, mediante las áreas con exposición al riesgo, y para escenarios de emergencia, para la movilización de recursos en aquellas áreas con altas probabilidades de ser afectadas.

La elaboración de este modelo, en la sección de a gestión del riesgo, da origen a una tabla que expresa la probabilidad de ocurrencia del evento, en función al estado y condiciones de los factores gatillante de este, que fueron definidos y explicados anteriormente. Esta tabla resume entonces las condiciones de la isoterma (altura) y las precipitaciones (mm caídos) y el nivel de la probabilidad de ocurrencia del evento estudiado. Esta tabla pretende proporcionar los estados y escenarios frente a la probabilidad de ocurrencia, para la toma de decisiones ,

El objetivo de este modelo, es poder aplicarse en otras áreas de la zona central del país, es decir, V a VII regiones, ya que las condiciones físicas del paisaje no son iguales en otras zonas como la norte o la sur y el modelo se invalidaría. La aplicación del modelo fue en la comuna de San José de Maipo, en la región Metropolitana, analizando las características del medio físico y humano de la zona central, es por eso, que la posterior aplicación del modelo en otra zona del país, no sería válida.

Bajo la afirmación de que el modelo pretende ser aplicable en otras parte de la zona central, es que las acciones frente a los escenarios de riesgo por los factores gatillantes, es también adaptable.

La aplicación del modelo en la comuna de San José de Maipo, valida el modelo como un instrumento útil y aplicable a comunas y/o cuencas de la zona central, ya que cumple el objetivo de identificar y especializar las áreas proclives a desarrollar un flujo de barro, aquellas

²⁵<http://www.onemi.cl/mision-y-vision.html>

²⁶<http://www.onemi.cl/mision-y-vision.html>

áreas vulnerables y por lo tanto aquellas expuestas al riesgo por flujo de barro, indicando cuales son las que necesitan una gestión del riesgo para evitar una situación de emergencia y/o desastre. Es una herramienta sencilla y adaptable a la realidad de cada territorio al que se desee gestionar, por medio de los organismos pertinentes o aquellos interesados en la toma de decisiones, protección a los habitantes y a la reducción de desastres naturales.

La aplicación piloto en la comuna de San José de Maipo, señala las áreas, donde se desee prevenir una situación de desastre o actuar frente a una emergencia, considerando e integrando las características propias del paisaje (típico de la zona cordillerana de la zona central) y de la población.

Sin embargo, el modelo requiere que se trabaje con información actualizada, para que el resultado que esta herramienta arroje, sea lo más apegado a la realidad posible.

10-Bibliografía:

- Arenas, Lagos, Hidalgo; *“Los riesgos naturales en la planificación territorial”*, 2010.
- Díaz, Cecilia; *“Propuesta metodológica para determinación de áreas vulnerables”*, 2008.
- CEPAL; *“El impacto de los desastres naturales en el desarrollo”*, 2005.
- EIRD; *“Marco de Acción de Hyogo 2005-2015.”*; 2005.
- Elmes, Max Eduardo; *“Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el piedmont de la comuna de Puente Alto”* ; 2006.
- Ferrando, Francisco; *“En torno a los desastres naturales”*, 2003.
- Ferrando, Francisco; Apuntes curso *“Riesgos Naturales”* ; 2010.
- Hauser, Arturo; *“Remociones en masa en Chile”*, 1993.
- INE, Síntesis censal, censo 2002.
- Lara, Marisol; *“Metodología para la evaluación y zonificación del peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Oriente, región Metropolitana”*, 2007.
- Lizardo et al.; *“La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos”*; 2009.
- Municipalidad de San José de Maipo, Información comunal; http://www.sanjosedemaipo.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=595, visitado el 2012.
- Municipalidad de San José de Maipo, DIRECCIÓN COMUNAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIA.
- ONEMI; *Plan nacional: Instrumento Indicativo para la Gestión Integral*, 2002.
- ONU, *“Vivir con el riesgo: Énfasis en reducción del riesgo de desastre”*; 2004.
- Pérez, Daniel; *“Metodología para la gestión del riesgo Volcánico”*, 2012.
- SUBDERE, *“Guía análisis de riesgos”*
- UNESCO, ITC, *“Desarrollo de una metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del río San Juan, República Dominicana”*, 2000.

Datos:

- Unidad de Gestión Territorial de la Oficina Nacional de Emergencia, 2012-2013.
- Sistema nacional de información Territorial, 2012-2013

- Información SIG de Chile continental,
<http://www.rulamahue.cl/mapoteca/catalogos/chile.html>; 2012-2013

11-Anexos:

11.1- Tablas

Anexo n° 1: Tabulación y valorización de variables “Uso del territorio” por zona censal/localidad rural.

Zona censal	Numero binario	Número real	Valor normalizado	Categoría
13203011001	101111	47	1	Muy alta
13203012002	111	7	0,130434783	Baja
13203012003	111	7	0,130434783	Baja
13203012004	1	1	0	Muy baja
13203012005	1101	13	0,260869565	Media
13203022002	1111	7	0,130434783	Baja
13203022006	1001	9	0,173913043	Baja
13203022007	101	5	0,086956522	Baja
13203031001	101101	45	0,956521739	Muy alta
13203032008	101	5	0,086695652	Baja
13203032009	101	5	0,086695652	Baja
13203032010	1101	13	0,260869565	Media
13203032011	1101	13	0,260869565	Media
13203032012	101	5	0,086695652	Baja
13203042008	101	5	0,086695652	Baja
13203042013	1001	9	0,173913043	Baja
13203042014	1	1	0	Muy baja
13203042015	1101	13	0,260869565	Media
13203042016	1001	9	0,173913043	Baja
13203042017	1001	9	0,173913043	Baja
13203052009	1111	15	0,304347826	Media
13203052010	1101	13	0,260869565	Media
13203052012	1101	13	0,260869565	Media
13203052014	1101	13	0,260869565	Media
13203052018	111	7	0,130434783	Baja
13203061001	101101	45	0,956521739	Muy alta
13203061002	1101	13	0,260869565	Media
13203062018	1111	15	0,304347826	Media
13203062019	101	5	0,086695652	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°2: Tabulación y valorización de variable “Densidad poblacional” por zona censal/localidad rural.

Zona censal	n° de habitantes	Ponderacion	Valor nomalizado	Categoria
13203011001	5.281	4	1	Muy alta
13203012002	29	1	0	Muy baja
13203012003	493	1	0	Muy baja
13203012004	3	1	0	Muy baja
13203012005	334	1	0	Muy baja
13203022002	199	1	0	Muy baja
13203022006	422	1	0	Muy baja
13203022007	149	1	0	Muy baja
13203031001	1.348	3	0,66666667	Alta

MODELO PARA LA GESTION DEL RIESGO POR FLUJO DE BARRO EN LA ZONA CENTRAL

13203032008	10	1	0	Muy baja
13203032009	6	1	0	Muy baja
13203032010	16	1	0	Muy baja
13203032011	761	2	0,33333333	Baja
13203032012	18	1	0	Muy baja
13203042008	34	1	0	Muy baja
13203042013	34	1	0	Muy baja
13203042014	9	1	0	Muy baja
13203042015	96	1	0	Muy baja
13203042016	42	1	0	Muy baja
13203042017	48	1	0	Muy baja
13203052009	158	1	0	Muy baja
13203052010	36	1	0	Muy baja
13203052012	25	1	0	Muy baja
13203052014	36	1	0	Muy baja
13203052018	45	1	0	Muy baja
13203061001	1.851	3	0,66666667	Alta
13203061002	626	2	0,33333333	Baja
13203062018	40	1	0	Muy baja
13203062019	1.022	3	0,66666667	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°3: Tabulación y valorización de variable “Infraestructura” por zona censal/localidad rural.

Zona censal Localidad rural	Numero binario	Valor real	Valor normalizado	Categoría
13203011001	1101	13	0,41935484	Tolerable
13203012002	1101	13	0,41935484	Tolerable
13203012003	1101	13	0,41935484	Tolerable
13203012004	1100	12	0,38709677	Tolerable
13203012005	1111	15	0,48387097	Tolerable
13203022002	11111	31	1	Critico
13203022006	10100	20	0,64516129	Alto
13203022007	1100	12	0,38709677	Tolerable
13203031001	1111	15	0,48387097	Tolerable
13203032008	100	4	0,12903226	Bajo
13203032009	101	5	0,16129032	Bajo
13203032010	1111	15	0,48387097	Tolerable
13203032011	11100	28	0,90322581	Critico
13203032012	1001	9	0,29032258	Tolerable
13203042008	10110	22	0,70967742	Alto
13203042013	0	0	0	
13203042014	1110	14	0,4516129	Tolerable
13203042015	11110	30	0,96774194	Critico
13203042016	1110	14	0,4516129	Tolerable

MODELO PARA LA GESTION DEL RIESGO POR FLUJO DE BARRO EN LA ZONA CENTRAL

13203042017	1100	12	0,38709677	Tolerable
13203052009	1101	13	0,41935484	Tolerable
13203052010	1111	15	0,48387097	Tolerable
13203052012	1111	15	0,48387097	Tolerable
13203052014	1110	14	0,4516129	Tolerable
13203052018	10111	23	0,74193548	Alto
13203061001	11111	31	1	Critico
13203061002	11101	29	0,93548387	Critico
13203062018	1101	13	0,41935484	Tolerable
13203062019	1101	13	0,41935484	Tolerable

Fuente: Elaboración propia.

Anexo nº4: Tabulación y valorización de variable “Servicios de salud pública” por zona censal/localidad rural.

Zona censal/Loc rural	Número Binario	Número real	Valor normalizado	Categoría
13203011001	1010	10	1	Critico
13203012002	0	0	0	Sin impacto
13203012003	0	0	0	Sin impacto
13203012004	0	0	0	Sin impacto
13203012005	0	0	0	Sin impacto
13203022002	0	0	0	Sin impacto
13203022006	0	0	0	Sin impacto
13203022007	0	0	0	Sin impacto
13203031001	0	0	0	Sin impacto
13203032008	0	0	0	Sin impacto
13203032009	0	0	0	Sin impacto
13203032010	0	0	0	Sin impacto
13203032011	1	1	0,1	Bajo
13203032012	0	0	0	Sin impacto
13203042008	1	1	0,1	Bajo
13203042013	0	0	0	Sin impacto
13203042014	0	0	0	Sin impacto
13203042015	1	1	0,1	Bajo
13203042016	0	0	0	Sin impacto
13203042017	0	0	0	Sin impacto
13203052009	0	0	0	Sin impacto
13203052010	0	0	0	Sin impacto
13203052012	0	0	0	Sin impacto
13203052014	0	0	0	Sin impacto
13203052018	0	0	0	Sin impacto
13203061001	0	0	0	Sin impacto
13203061002	1	1	0,1	Bajo
13203062018	0	0	0	Sin impacto
13203062019	0	0	0	Sin impacto

Anexo n°5: Tabulación y valorización de variable “Establecimientos educacionales” por zona censal/localidad rural.

Zona censal/ localidad rural	Numero Binario	Número real	Valor normalizado	Categoría
13203011001	1110	14	1	Critico
13203012002	0	0	0	Sin Impacto
13203012003	0	0	0	Sin Impacto
13203012004	0	0	0	Sin Impacto
13203012005	0	0	0	Sin Impacto
13203022002	100	4	0,285714	Tolerable
13203022006	0	0	0	Sin Impacto
13203022007	100	4	0,285714	Tolerable
13203031001	100	4	0,285714	Tolerable
13203032008	0	0	0	Sin Impacto
13203032009	0	0	0	Sin Impacto
13203032010	100	4	0,285714	Tolerable
13203032011	100	4	0,285714	Tolerable
13203032012	0	0	0	Sin Impacto
13203042008	0	0	0	Sin Impacto
13203042013	0	0	0	Sin Impacto
13203042014	100	4	0,285714	Tolerable
13203042015	100	4	0,285714	Tolerable
13203042016	0	0	0	Sin Impacto
13203042017	0	0	0	Sin Impacto
13203052009	1000	8	0,571429	Alto
13203052010	0	0	0	Sin Impacto
13203052012	0	0	0	Sin Impacto
13203052014	0	0	0	Sin Impacto
13203052018	0	0	0	Sin Impacto
13203061001	1100	12	0,857143	Critico
13203061002	100	4	0,285714	Tolerable
13203062018	110	6	0,428571	Tolerable
13203062019	0	0	0	Sin Impacto

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°6: Tabulación y valorización de variable “ABC + Municipio” por zona censal/localidad rural

Zona censal/ localidad rural	Numero Binario	Número Real	Valor normalizado	Categoría
13203011001	1100110	102	1	Altamente
13203012002	0	0	0	Sin respuesta
13203012003	0	0	0	Sin respuesta
13203012004	0	0	0	Sin respuesta
13203012005	0	0	0	Sin respuesta
13203022002	0	0	0	Sin respuesta
13203022006	0	0	0	Sin respuesta
13203022007	0	0	0	Sin respuesta
13203031001	0	0	0	Sin respuesta
13203032008	0	0	0	Sin respuesta
13203032009	0	0	0	Sin respuesta
13203032010	100000	32	0,31372549	Medianamente
13203032011	0	0	0	Sin respuesta
13203032012	0	0	0	Sin respuesta
13203042008	0	0	0	Sin respuesta
13203042013	0	0	0	Sin respuesta
13203042014	0	0	0	Sin respuesta
13203042015	0	0	0	Sin respuesta
13203042016	0	0	0	Sin respuesta
13203042017	0	0	0	Sin respuesta
13203052009	0	0	0	Sin respuesta
13203052010	0	0	0	Sin respuesta
13203052012	0	0	0	Sin respuesta
13203052014	10000	16	0,15686275	Baja Oportunidad
13203052018	0	0	0	Sin respuesta
13203061001	100000	32	0,31372549	Medianamente oportuno
13203061002	100000	32	0,31372549	Medianamente oportuno
13203062018	0	0	0	Sin respuesta
13203062019	0	0	0	Sin respuesta

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°7: Tabulación y valorización de variable “Albergues” por zona censal/localidad rural

Zona censal/ localidad rural	Ponderación	Valor normalizado	Categoría
13203011001	4	1	Alta capacidad
13203012002	0	0	Sin capacidad
13203012003	0	0	Sin capacidad
13203012004	0	0	Sin capacidad
13203012005	0	0	Sin capacidad
13203022002	0	0	Sin capacidad
13203022006	0	0	Sin capacidad
13203022007	0	0	Sin capacidad
13203031001	0	0	Sin capacidad
13203032008	0	0	Sin capacidad
13203032009	0	0	Sin capacidad
13203032010	3	0,75	Capacidad media
13203032011	3	0,75	Capacidad media
13203032012	0	0	Sin capacidad
13203042008	0	0	Sin capacidad
13203042013	0	0	Sin capacidad
13203042014	0	0	Sin capacidad
13203042015	0	0	Sin capacidad
13203042016	0	0	Sin capacidad
13203042017	0	0	Sin capacidad
13203052009	0	0	Sin capacidad
13203052010	0	0	Sin capacidad
13203052012	0	0	Sin capacidad
13203052014	0	0	Sin capacidad
13203052018	0	0	Sin capacidad
13203061001	2	0,5	Baja Capacidad
13203061002	0	0	Sin capacidad
13203062018	0	0	Sin capacidad
13203062019	0	0	Sin capacidad

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°8: Valorización final de variable “Infraestructura y servicios” por zona censal/localidad rural

Zona censal / localidad rural	Servicios de salud	Infraestructura	Establecimientos educacionales	Infraestructura y servicios	Categoría
13203011001	1	0,41935484	1	0,70967742	Alto
13203012002	0	0,41935484	0	0,20967742	Bajo
13203012003	0	0,41935484	0	0,20967742	Bajo
13203012004	0	0,38709677	0	0,19354839	Bajo
13203012005	0	0,41935484	0	0,20967742	Bajo
13203022002	0	1	0,28571429	0,54285714	Alto
13203022006	0	0,64516129	0	0,32258065	Tolerable
13203022007	0	0,38709677	0,28571429	0,23640553	Bajo
13203031001	0	0,48387097	0,28571429	0,28479263	Tolerable
13203032008	0	0,12903226	0	0,06451613	Bajo
13203032009	0	0,16129032	0	0,08064516	Bajo
13203032010	0	0,48387097	0,28571429	0,28479263	Tolerable
13203032011	0,1	0,90322581	0,28571429	0,52947005	Alto
13203032012	0	0,29032258	0	0,14516129	Bajo
13203042008	0,1	0,70967742	0	0,38983871	Tolerable
13203042013	0	0	0	0	Sin Impacto
13203042014	0	0,4516129	0,28571429	0,26866359	Tolerable
13203042015	0,1	0,96774194	0,28571429	0,56172811	Alto
13203042016	0	0,4516129	0	0,22580645	Bajo
13203042017	0	0,38709677	0	0,19354839	Bajo
13203052009	0	0,41935484	0,57142857	0,29539171	Tolerable
13203052010	0	0,48387097	0	0,24193549	Bajo
13203052012	0	0,48387097	0	0,24193549	Bajo
13203052014	0	0,4516129	0	0,22580645	Bajo
13203052018	0	0	0	0	Sin Impacto
13203061001	0	1	0,85714286	0,62857143	Alto
13203061002	0,1	0,00322581	0,28571429	0,07947005	Bajo
13203062018	0	0	0,42857143	0,06428571	Bajo
13203062019	0	0,41935484	0	0,20967742	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n°9: Valorización final de variable “Respuesta” por zona censal/localidad rural

Zona censal/localidad rural	ABC + Municipalidad	Albergues	Respuesta	Categoría
13203011001	1	1	1	Optima
13203012002	0	0	0	Sin respuesta
13203012003	0	0	0	Sin respuesta
13203012004	0	0	0	Sin respuesta
13203012005	0	0	0	Sin respuesta
13203022002	0	0	0	Sin respuesta
13203022006	0	0	0	Sin respuesta
13203022007	0	0	0	Sin respuesta
13203031001	0	0	0	Sin respuesta
13203032008	0	0	0	Sin respuesta
13203032009	0	0	0	Sin respuesta
13203032010	0,31372549	0,75	0,48823529	Aceptable
13203032011	0	0,75	0,3	Aceptable
13203032012	0	0	0	Sin respuesta
13203042008	0	0	0	Sin respuesta
13203042013	0	0	0	Sin respuesta
13203042014	0	0	0	Sin respuesta
13203042015	0	0	0	Sin respuesta
13203042016	0	0	0	Sin respuesta
13203042017	0	0	0	Sin respuesta
13203052009	0	0	0	Sin respuesta
13203052010	0	0	0	Sin respuesta
13203052012	0	0	0	Sin respuesta
13203052014	0,15686275	0	0,09411765	Deficiente
13203052018	0	0	0	Sin respuesta
13203061001	0,31372549	0,5	0,38823529	Aceptable
13203061002	0,31372549	0	0,18823529	Deficiente
13203062018	0	0	0	Sin respuesta
13203062019	0	0	0	Sin respuesta

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n° 10: Valorización y Categoría de vulnerabilidad por zona censal/ localidad rural

Zona censal / localidad rural	UT	DP	IS	RE	Vulnerabilidad	Categoría
13203011001	1	1	0,70967742	1	1,70967742	Alta
13203012002	0,13043478	0	0,20967742	0	0,3401122	Baja
13203012003	0,13043478	0	0,20967742	0	0,3401122	Baja
13203012004	0	0	0,19354839	0	0,19354839	Baja
13203012005	0,26086957	0	0,20967742	0	0,47054699	Tolerable
13203022002	0,13043478	0	0,54285714	0	0,67329192	Tolerable
13203022006	0,17391304	0	0,32258065	0	0,49649369	Baja
13203022007	0,08695652	0	0,23640553	0	0,32336205	Baja
13203031001	0,956521739	0,66666667	0,28479263	0	1,90798104	Alta
13203032008	0,08669565	0	0,06451613	0	0,15121178	Baja
13203032009	0,08669565	0	0,08064516	0	0,16734081	Baja
13203032010	0,26086957	0	0,28479263	0,48823529	0,05742691	Baja
13203032011	0,26086957	0,33333333	0,52947005	0,3	0,82367295	Tolerable
13203032012	0,08669565	0	0,14516129	0	0,23185694	Baja
13203042008	0,08669565	0	0,38983871	0	0,47653436	Baja
13203042013	0,17391304	0	0	0	0,17391304	Baja
13203042014	0	0	0,26866359	0	0,26866359	Baja
13203042015	0,26086957	0	0,56172811	0	0,82259768	Tolerable
13203042016	0,17391304	0	0,22580645	0	0,39971949	Baja
13203042017	0,17391304	0	0,19354839	0	0,36746143	Baja
13203052009	0,304347826	0	0,29539171	0	0,59973954	Tolerable
13203052010	0,26086957	0	0,24193549	0	0,50280506	Baja
13203052012	0,26086957	0	0,24193549	0	0,50280506	Baja
13203052014	0,26086957	0	0,22580645	0,09411765	0,39255837	Baja
13203052018	0,13043478	0	0	0	0,13043478	Baja
13203061001	0,95652174	0,66666667	0,62857143	0,38823529	1,86352455	Alta
13203061002	0,26086957	0,33333333	0,07947005	0,18823529	0,48543766	Baja
13203062018	0,30434783	0	0,06428571	0	0,36863354	Baja
13203062019	0,08669565	0,66666667	0,20967742	0	0,96303974	Tolerable

Fuente: Elaboración propia.

11.2 Cartografías.