INV. 178

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA Y CIENCIA POLÍTICA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

REPUBLICA DE CHILE - MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
BIBLIOTECA
CENTRO NACIONAL DE DOCUMENTACION
PROTECCION CIVIL

Definición y Análisis de áreas de riesgo hidrometeorológico en la comuna de La Reina: Quebrada San Ramón

Por

Rodrigo Pérez Silva

Profesional Guía: Fernando Díaz
Coordinadora de Práctica: Marcela Sánchez

Diciembre, 2005
Santiago, Chile

Índice

	Página
1. Introducción	05
2. Planteamiento del Problema	08
3. Objetivos	12
3.1. Objetivo General	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. Metodología	13
4.1. A: Análisis Histórico	13
4.2. I: Investigación en terreno o empírica	13
4.2.1. Amenaza	15
4.2.1.1. Pendientes	15
4.2.1.2. Tipo de Vegetación	15
4.2.1.3. Litología	16
4.2.2. Vulnerabilidad	17
4.3. Discusión de Prioridades	17
4.4. Elaboración de Cartografía	18
4.5. Planificación	22
5. Resultados	23
5.1. Resumen histórico de situaciones de riesgo hidrometeorológico en la comuna de La Reina	23
5.2. Diagnóstico de características físicas y humanas	25
5.2.1. Diagnóstico físico	25
5.2.1.1. Altura y Pendientes	25
5.2.1.2. Hidrología	27
5.2.1.3. Clima	29
5.2.1.4. Litología	33

5.2.1.5. Vegetación 37
5.2.2. Diagnóstico humano 37
5.2.2.1. Población y Vivienda 37
5.2.2.2. Uso del Suelo 40
5.3. Definición de Amenaza y Vulnerabilidad 44
5.3.1. Amenaza 44
5.3.1.1. Pendientes 44
5.3.1.2. Tipo de Vegetación 47
5.3.1.3. Litología 49
5.3.1.4. Amenaza Final 52
5.3.1.5. Área de alcance del flujo: Amenaza sobre área urbana 54
5.3.2. Vulnerabilidad 61
5.3.2.1. Vulnerabilidad Área Máxima de Alcance del Flujo 64
5.4. Riesgo 66
5.5. Planificación 70
5.5.1. Medidas de prevención previamente propuestas 70
5.5.2. Proposición de medidas de mitigación 74

6. Conclusiones 77

7. Bibliografía 80

Índice de Figuras

		Página
Mapa 1	: Altitudes	27
Mapa 2	: Orden de drenes	28
Mapa 3	: Litología	34
Mapa 4	: Vegetación	36
Mapa 5	: Usos del Suelo	43
Mapa 6	: Amenaza de Pendientes	46
Mapa 7	: Amenaza de Vegetación	48
Mapa 8	: Amenaza de Litología	51
Mapa 9	: Amenaza Final	53
Mapa 10	: Área de alcance del flujo aluvional	56
Mapa 11	: Área máxima de alcance del flujo aluvional	60
Mapa 12	: Vulnerabilidad usos del suelo	63
Mapa 13	: Vulnerabilidad área máxima de alcance del flujo	65
Mapa 14	: Áreas de riesgo hidrometeorológico	68
Figura 1	: Cuenca de Ramón	26
Figura 2	: Pendientes zona urbana	57
Foto 1	: Esquina P. de Gales y M. de Toro y Zambrano	57
Foto 2	: Vivienda de P. de Gales	57
Foto 3	: Quebrada San Ramón	59
Foto 4	: Canal San Ramón	59

1. INTRODUCCIÓN

El sector Oriente de Santiago se ha visto expuesto a numerosas manifestaciones de procesos de remoción en masa y aluviones producto de intensas y prolongadas precipitaciones en los meses de invierno. Estos fenómenos, generados con cierta regularidad sobre la cordillera y precordillera chilena, produce grandes flujos aluvionales, los que se manifiestan por violentas corrientes de barro en esteros y quebradas, y que pueden provocar cuantiosos daños a las obras civiles, obras de riego, telecomunicaciones y frecuentemente pérdida de vidas humanas (ONEMI, 2005a). Según Ayala (1984, en Corvalán et al, 1997), un aluvión, proceso a estudiar en el presente trabajo, corresponde a un fenómeno de desagregación de materiales de la superficie terrestre, su transporte y posterior depositación en zonas distantes del punto de partida.

Según Jaque (1995), el daño a la propiedad es el principal efecto de los deslizamientos, no obstante, las pérdidas humanas es otra de las consecuencias de este fenómeno. El presente año resultó particularmente activo en este sentido, como consecuencia de las intensas precipitaciones registradas en los meses de Agosto y Septiembre, y provocó diversos daños sobre la población y la infraestructura de la ciudad de Santiago, destacándose el anegamiento de calles, la salida de algunos cauces de ríos y canales, y diversos daños materiales. Según datos de ONEMI (2005b), los principales daños generados por este evento se provocaron en la comuna de La Reina donde avenidas enteras quedaron intransitables y viviendas resultaron afectadas por el ingreso de agua y lodo producto del desborde de algunos canales, principalmente el San Ramón. A nivel nacional es posible señalar que los sistemas frontales sucesivos de el presente año causaron grandes daños, produciendo 8 muertes, las cuales estuvieron asociadas tanto a desbordes de ríos como a bajas temperaturas (ONEMI, 2005c)

Diversos registros históricos señalan problemas del mismo tipo sucedidos en las comunas de Santiago Oriente con consecuencias diversas, que van desde viviendas y calles anegadas hasta la pérdida de vidas humanas y serios trastornos en la vida urbana normal. El más emblemático de éstos casos fue el aluvión de 1993 que afectó una zona de la comuna de La Florida, producido por la quebrada de Macul, y que generó los mayores costos (tanto humanos como materiales) de los que se tenga registro. En este evento participó activamente también la quebrada de San Ramón, generando grandes daños materiales sobre la comuna de La Reina principalmente, pero sin pérdidas humanas que lamentar. Ésta última quebrada, que se ubica íntegramente en la comuna de Las Condes, pero que tiene su descarga en la comuna de La Reina, es la cuenca de mayor superficie en Santiago, abarcando alrededor de 40 km2, y resultó ser la de mayor actividad durante el presente año generando graves daños a la población. La quebrada de Macul, por su parte, no presentó grandes dificultades debido, principalmente, a la intervención de procesos de ingeniería que han logrado disminuir el grado de amenaza que ésta cuenca representa para la comuna de La Florida, principal afectada en 1993, realizados con motivo del aluvión de dicho año.

Un programa de control de aluviones similar al llevado a cabo en la quebrada de Macúl no ha sido observado en la quebrada San Ramón, razón que la convierte en un punto de importancia y relevancia para la generación de información que sirva de apoyo para la gestión de dicha cuenca. De igual forma la vulnerabilidad del área donde se produce la descarga de la cuenca de San Ramón hace que sea muy importante la prevención en la comuna de La Reina ante posibles fenómenos aluvionales y de remoción en masa. En este sentido, la comuna de La Reina resulta particularmente vulnerable debido a la gran cantidad de población que sustenta (alrededor de 100.000 habitantes), en un espacio no superior a los 20 km^2 (si se toma en cuenta solo el área urbana) y la alta cantidad de casas por sobre los departamentos, tal como se muestra en el desarrollo del trabajo. Sumado a lo anterior, existe evidencia histórica contundente sobre el tema y el riesgo que representa para la población de la

comuna un fenómeno hidrometeorológico de dimensiones considerables, situación que realza la importancia de la realización de estudios tendientes a resolver tales problemas y a generar el conocimiento necesario para la posterior correcta toma de decisiones por parte de las autoridades en temas que son de relevancia y urgencia para la población.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos morfodinámicos, asociados a los fenómenos de remoción en masa, derrumbes y deslizamientos, han resultado ser una de las manifestaciones mas notable de la inestabilidad y vulnerabilidad de las laderas, siendo causantes de numerosas pérdidas materiales y humanas, tanto a nivel mundial como nacional (Jaque, 1995). Según la información de ONEMI (2005a) basada en los datos de la Organización Meteorológica Mundial, los riesgos hidrometeorológicos, tales como las inundaciones, marejadas, temporales o sequías, entre otros, son los responsables de más del 80% de las muertes y del 85% de las pérdidas económicas por emergencias y desastres a nivel mundial. El concepto hidrometeorología indica dos componentes, el primero atribuible a un agente meteorológico detonante del proceso, y el segundo, el agua y las características físicas del lugar donde se produce el fenómeno, que activa el proceso (ONEMI, 2005a). En este sentido, la interacción de los factores físicos, representados fundamentalmente por la geomorfología y la climatología, y los humanos, ya sea a través de la simple ocupación como de diversas construcciones, han sido detonantes de eventos catastróficos de gran importancia, conformando un marco de inestabilidad y fragilidad.

Los factores físicos analizados en el presente estudio estuvieron relacionados principalmente con el grado de pendiente, la litología, la cubierta vegetacional y las precipitaciones (máximos, intensidad y persistencia), mientras que los factores humanos dicen relación principalmente con el uso del suelo, las construcciones y la ocupación, principalmente habitacional, de las zonas adyacentes al curso de la Quebrada San Ramón.

Sobre estos temas y las variables que determinan la sucesión de este tipo de fenómenos, existe bastante preocupación y varios reportes, informes y estudios así lo demuestran. En nuestro país, particularmente, destacan principalmente los estudios de Baillón y Díaz (1987); Mariangel (1990); Börgel (1993); Corvalán et al (1997); Jaque (1995); Castro et al (1995);

Kroeger (1991) y Sepúlveda (2000), muchos de los cuales coinciden en la importancia del estudio de las variables antes mencionadas para lograr determinar la dinámica, la amenaza y el riesgo que determinan zonas cordilleranas y/o precordilleranas (principalmente relacionado con flujos de barro, deslizamientos y procesos de remoción en masa) sobre el área urbana.

Resulta común observar que la ciudad crece horizontalmente, hacia el este, ocupando tierras y áreas de importancia en cuanto a la capacidad de infiltración del suelo y la dinámica que poseen. Solo basta recordar que el valle de Santiago ha sido el resultado del relleno de los valles aluviales y del depósito de materiales desde la zona cordillerana. En relación a lo último, Mariangel (1990) señala que el crecimiento continuo de la ciudad hacia sectores del pie de monte y el evidente peligro que esto supone, ponen de manifiesto la importancia del estudio de la interrelación entre los factores ya señalados, además de la necesidad de tomar medidas preventivas en este sentido. Esto se hace más relevante aún cuando se trata de establecer el peligro actual de la Quebrada de Macul o San Ramón, zonas que poseen un nutrido historial en torno a los desastres asociados a fenómenos morfodinámicos (Corvalán et al, 1997). En este sentido, definir y evaluar la situación actual de riesgo de la Quebrada San Ramón, y de los sectores aledaños en función de evitar posibles desastres similares a los ocurridos tras el aluvión de 1993 en La Florida, parece ser un tema de importancia en la prevención de riesgos. Esto retoma aún mayor importancia, a la luz de los últimos desastres tras el sistema frontal de los días 26, 27 y 28 de Agosto, los cuales anegaron muchas calles y trajeron considerables pérdidas económicas al Estado y a privados (ONEMI, 2005b).

Según Castro et al (1995), la dinámica del paisaje natural no siempre es considerada por los planificadores del territorio, generando, por la imprevisión, desastres de magnitudes relevantes. Los mismos autores señalan que el riesgo asociado a estos eventos esporádicos, se encuentra determinado por dos variables, el Peligro (P), relacionado con eventos naturales peligrosos,

y la vulnerabilidad de la población y de la infraestructura (V). Para el presente estudio se utiliza la nomenclatura de ONEMI, que distingue, para el Riesgo (R), Amenaza (A) y Vulnerabilidad (V):

$$\text{Riesgo} = A * V$$

Según el Marco Conceptual de ONEMI, 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, los que se manifiestan en tiempo y espacios determinados. Por su parte Vulnerabilidad corresponde a un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, el cual posee una disposición intrínseca a ser dañado. Finalmente, Riesgo está definido como la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición definido. De esta forma éstos autores, destacan la importancia del conocimiento y de la actualización de la información en torno a estas características, de forma tal de lograr evaluar el riesgo ante eventos naturales, y es en este sentido, donde se enmarca el presente estudio, que tiene por objetivo permitir la toma de decisiones relevantes en torno al ordenamiento del espacio, para la ciudad de Santiago, en general, y para la comuna de La Reina, en particular.

La zona oriente de Santiago, principalmente las Quebradas de Macul y San Ramón, han sido desde siempre un lugar de interés, debido a los constantes eventos catastróficos que se han desencadenado. Estos eventos, generados por intensas precipitaciones como factor detonante, han sido registrados, para el caso de la Quebrada de Macul, por REG INGENIEROS LTDA., (1993, en Corvalán et al, 1997). En dicha fuente se señalan 9 eventos de gran importancia, los que ocurren en los años 1908, 1936, 1957, 1982, 1984, 1986, 1987, 1991 y 1993, mostrando en todos, aluviones o crecidas con

gran capacidad de destrucción. Para la Quebrada San Ramón particularmente, las situaciones han sido un poco menos desastrosas en cuanto a vidas humanas, sin embargo han tenido resultados bastante graves para las calles aledañas, las viviendas y los locales comerciales ubicados en la zona. La restauración de los niveles de vida normales en el sector constituye un factor económico de importancia, el que resultaría importante de estimar en posteriores estudios, de forma de establecer las áreas o zonas de mayores pérdidas y costos.

En los estudios generados, tanto antes como después del aluvión de 1993 en la Quebrada de San Ramón, se encuentran claros indicios de la existencia de elementos y factores claves en la detonación, generación y propagación de movimientos en masa y deslizamientos de tierra y lodo (Naranjo y Varela, 1993). Entre ellos los más importantes dicen relación con las pendientes del área, la altitud del macizo, la hidrología del sector, y los factores climáticos, asociados a altas precipitaciones (generación de frentes ocluidos), y la posición a una elevada altura de la isoterma 0°C (Corvalán et al, 1997; Muñoz, 1988). Todo esto, sumado a un desordenado poblamiento del sector generó situaciones críticas de peligro con consecuencias catastróficas. Luego de estos eventos se tomaron medidas tendientes a prevenir nuevos desastres, no obstante, existe aún un alto grado de desconocimiento respecto al tema en general y de la situación particular de la Quebrada San Ramón ante la ocurrencia de un evento de riesgo hidrometeorológico de importancia. Este trabajo pretende establecer la situación actual de riesgo de la Quebrada San Ramón a través de un análisis cartográfico, pudiendo evaluar las medidas tomadas y su capacidad de respuesta ante eventos catastróficos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Determinar áreas de riesgo hidrometeorológico que genera la quebrada San Ramón en la comuna de La Reina.

3.2. Objetivos específicos

- Establecer las características históricas que han tenido los aluviones de la quebrada San Ramón sobre la comuna de La Reina.

- Realizar un diagnóstico de las características físicas y humanas de la comuna de La Reina y de la quebrada San Ramón.

- Definir y categorizar áreas vulnerables y de amenaza en la comuna de La Reina, en función de sus características físicas y humanas.

- Conocer las medidas preventivas propuestas y tomadas en relación con el riesgo de aluvión en la quebrada San Ramón.

- Proponer medidas de mitigación.

4. METODOLOGÍA

La metodología se desarrolló en base a responder a los objetivos planteados, todos los cuales tuvieron en cuenta como marco principal la metodología AIDEP de ONEMI, que considera los siguientes pasos:

4.1. A: Análisis Histórico

Esta parte correspondió a una investigación sobre los eventos ocurridos en el área de estudio, considerándose importantes también ciertos eventos sucedidos en zonas cercanas, de características similares y con resultados homologables a lo que pueda suceder en la zona principal de estudio. De esta forma se conformó un marco fundamental de antecedentes previos, a fin de poseer información base de importancia para definir los pasos a seguir en el análisis final que se llevó a cabo en el presente estudio.

Dentro de esta primera etapa se desarrolló el primer objetivo específico, en el que se establecieron las características históricas que han tenido los aluviones de la quebrada San Ramón sobre la comuna de La Reina, a través de la recopilación bibliográfica de antecedentes existentes en los estudios de Garrido (1987); Naranjo y Varela (1993); Mariangel (1990); Corvalán et al (1993); Ayala, Cabrera y Asociados (1996); Naranjo et al (2000) y ONEMI (2005b).

4.2. I: Investigación en terreno o empírica

Esta resultó la etapa más importante de la metodología, puesto que es la que explica el grueso del estudio que se realizó, comprendiendo los objetivos 2 y 3. Esta etapa parte con una evaluación de las características físicas y humanas del área de estudio, llevándose a cabo el segundo objetivo específico. Posteriormente se efectúo la valoración de la vulnerabilidad del

área de estudio, cumpliéndose con lo establecido en el tercer objetivo específico. Se explica a continuación la forma en que se realizaron los objetivos que corresponden a esta etapa:

En el objetivo específico 2 se realizó una revisión bibliográfica, para luego hacer un diagnóstico de las características físicas de la cuenca de Ramón y humanas de la comuna de La Reina. Las características físicas analizadas fueron: **Pendientes**, obtenidas de la Cartografía digital de TESAM S.A. Escala 1:50.000; **Tipo Vegetal**, de la cartografía digital del "Estudio Mapa de Usos Potenciales de Suelos" Escala 1:50.000 de TESAM S.A. y **Litología**, a través de la complementación de información existente (Carta Geológica SERNAGEOMIN escala 1:250.000 de Thiele, 1980; Mapa Geológico-Geomorfológico del Sector Oriente de la Cuenca de Santiago, Región Metropolitana, de Naranjo y Varela, 1993 Escala 1:60.000; y de la información de Mariangel, 1988 –Mapas 1:50.000- y Selles, 1999 –Mapa 1:50.000-). Finalmente se realizó una cartografía en ArcView 3.2 Escala 1:50.000 para cada una de las tres variables señaladas.

Las características humanas analizadas fueron: **Población** (N° Total, composición etárea y socioeconómica); y **Tipo de Vivienda,** ambas de Censo 2002 de INE; y **Uso del suelo**, de Plan Regulador Comunal Escala 1:10.000 y Plano de Equipamiento Comunal, Escala 1:20.000, ambos de I. M. La Reina, 2002, y el análisis de las Fotografías aéreas digitales Escala 1:115.000 N°s 26977 y 27874 de CONAF – CONAMA del año 2001 a obtener de la página web de SINIA. Sólo la variable Uso del Suelo fue cartografiada en ArcView 3.2. Las dos otras variables humanas fueron analizadas sólo en el texto.

El tercer objetivo, también inmerso dentro de esta etapa, se cumplió a través de la valoración de cada uno de los factores relevantes recién señalados e investigados. Las tres variables físicas (Pendientes, Tipo de Vegetación y Litología) constituyeron la Amenaza que representa la cuenca de

Ramón para la generación de procesos aluvionales, mientras que las variables humanas (Uso del Suelo, Población y Vivienda) correspondieron a la vulnerabilidad que poseen los sectores urbanos de la comuna de La Reina ante tales eventos. Esta valoración se realizó de la siguiente manera:

4.2.1. Amenaza

4.2.1.1. Pendientes

Las pendientes de la cuenca fueron clasificadas de acuerdo al grado de peligrosidad o amenaza que representan para la zona urbana del área de estudio, en función de los procesos que se desencadenan. Para estos efectos se generó una clasificación en función de lo señalado por Castro et al (1995).

Tabla 1: Umbrales de manifestación de procesos morfodinámicos

Pendiente	Procesos	Amenaza	Valor Amenaza
1 – 10%	Erosión laminar	Baja	1
10 – 25%	Erosión lineal y reptación	Media	2
25 – 50%	Erosión lineal intensa a Deslizamientos	Alta	3
50 – 100%	Deslizamientos y Desprendimientos	Muy Alta	4

Fuente: Castro et al (1995), Modificada por el Autor.

4.2.1.2. Tipo de Vegetación

Se determinó, con los antecedentes recabados, el tipo de vegetación presente en la cuenca. La clasificación general primeramente obtenida se cartografió, para luego procesarla en función de los parámetros requeridos de amenaza. En esta clasificación se tomó en cuenta lo expresado por Peralta (1976).

Tabla 2: Tipo de Vegetación como factor de amenaza

Vegetación	Amenaza	Valor Amenaza
Bosque, Matorral Arborescente y Denso	Baja	1
Matorral Semidenso y Abierto	Media	2
Praderas y Matorral muy Abierto	Alta	3
Zona urbana o sin vegetación	Muy Alta	4

Fuente: Elaborado por el Autor, basado en Peralta (1976)

4.2.1.3. Litología

La litología se trabajó en función de lo señalado por Marsh (1991) en Aguiló (1995) y lo expresado por Sepúlveda (2005, comunicación oral), pero adaptado a las necesidades del estudio. En este, la clasificación se realizó de forma tal de valorar el tipo de las rocas y la consolidación de éstas. De esta manera, las rocas consolidadas o de mayor tamaño son la de menor amenaza, ya que existe una mayor dificultad a generar un traslado de éstas por un aluvión. Mientras que las rocas pequeñas y sueltas son comúnmente arrastradas por aluviones (Naranjo y Varela, 1993; Mariangel, 1988; Corvalán et al, 1997). Según ONEMI (2005a) y Díaz (2005, comunicación oral), al iniciarse el flujo de barro, la grava, el limo y la arcilla se combinan con agua para formar un fluido denso, el cual tiene tal grado de densidad que retardan el hundimiento de las rocas, facilitando de esta manera su movilización. La presencia de rocas fácilmente removibles fue uno de los aspectos más importantes a la hora de realizar la valoración de la amenaza.

Tabla 3: Tipo de Roca como factor de amenaza

Litología	Amenaza	Valor Amenaza
Dique Basáltico (Il)	Baja	1
Formación Abanico (Kstia) Cono Aluvional de San Ramón (Qpcs)	Media	2
Depósitos remoción en masa (Qrm)	Alta	3
Depósitos coluviales y Escombros de falda (Qc)	Muy Alta	4

Fuente: Elaborado por el Autor, basado en Sepúlveda (2005, comunicación oral).

4.2.2. Vulnerabilidad

La valoración de la vulnerabilidad, al igual que la de la amenaza, se realizó con fines cartográficos, los que son explicados con mayor detalle en la sección de Elaboración de Cartografía (E). Dado que para el caso de la vulnerabilidad la única variable cartografiada fue Uso de Suelo, ésta es la única variable humana que fue valorada. Las dos variables restantes (Población y Tipo de Vivienda) fueron, tal como ya se señaló, comentadas sólo en el escrito.

Particularmente, la valoración de los usos de suelo se realizó en base a lo señalado por Castro et al (1995), en función de captar el daño a la población que produce un evento de este tipo.

Tabla 4: Categorías de vulnerabilidad de los usos de suelo

Tipo de uso de suelo	Amenaza	Valor Amenaza
Áreas Verdes y Sitios Eriazos	Baja	1
Infraestructura y Equipamiento	Media	2
Servicios – Comercio	Alta	3
Vivienda – Mixto	Muy Alta	4

Fuente: Castro et al (1995), modificado por el Autor.

4.3. D: Discusión de prioridades

Esta etapa busca determinar cuales áreas, dentro de la zona de estudio, son aquellas que merecen una mayor atención por el grado de vulnerabilidad, amenaza y/o riesgo que poseen o representan. En este sentido se reconocen tres factores centrales: **Recurrencia** (eventos del mismo tipo que se producen frecuentemente en el área); **Impacto** (su recurrencia es menor, pero cuando se registran su impacto es mayor, ya sea por extensión del área comprometida o por el nivel de daño que producen); e **Impacto y Recurrencia** (eventos del mismo tipo que se registran frecuentemente y con gran impacto).

Estos tres factores señalados son útiles en la determinación de áreas de atención prioritaria.

Para el caso del presente estudio, teniendo en cuenta los tres factores señalados, se determinó el área de mayor impacto y recurrencia de eventos aluvionales, al interior de la comuna de La Reina. Ésta zona fue establecida a partir de la recopilación de información bibliográfica donde se registran este tipo de eventos en el pasado y se buscó la relación con sectores altitudinalmente más bajos de la comuna. Los estudios ocupados con este fin fueron los de Naranjo y Varela (1993), quienes zonificaron en un mapa Escala 1:60.000 las áreas más afectadas por el aluvión de 1993; Ayala, Cabrera y Asociados (1996), donde se muestran áreas vulnerables en el sector oriente de Santiago ante la ocurrencia de este tipo de eventos; el Plan Regulador de La Reina del año 2002, donde aparecen áreas amagadas por inundación; Naranjo y Hauser (2005), quienes determinaron las zonas afectadas por el aluvión del presente año; e informes inéditos de ONEMI con las zonas afectadas por los aluviones de 1993 y 2005. Finalmente se determinó un área de importancia al interior de la comuna de La Reina, en la cual se determinó y calificó el riesgo al que están expuestos. Ésta área se conoce como Área Máxima de Alcance del Flujo aluvional y se estableció una zona de 1km de extensión hacia cada lado del canal San Ramón en la comuna de La Reina, a través de un buffer.

4.4. E: Elaboración de la Cartografía

Se elaboraron 14 cartografías, en función a cumplir progresivamente con los objetivos planteados, a fin de mostrar los avances del trabajo.

Como consecuencia del primer objetivo específico se elaboraron 4 cartografías, una para cada una de las variables de análisis (Vegetación, Litología, Pendientes y Uso del Suelo). Las cartas de Vegetación y Pendientes

se encontraron disponibles en formato digital, por lo que solo fue necesario definir el área de trabajo y representarlos según los parámetros de análisis requeridos. Las otras dos variables, Litología y Uso del Suelo, al no encontrarse en formato digital, fueron convertidas a tal formato y luego georreferenciadas en ArcGis 8.0, a partir del mapa Geológico – Geomorfológico de Naranjo y Varela (1993), para el caso de la litología, y del Plan Regulador Comunal, para el caso del Uso del Suelo.

Estas imágenes georreferenciadas posteriormente se ocuparon como base para la elaboración de la carta de litología de la cuenca de Ramón y de uso del suelo de la comuna de La Reina, a través de la generación de polígonos con atributos en ArcView 3.2.

Una vez ya obtenidas la cartografía de las cuatro variables necesarias, se procedió al trabajo por separado de la amenaza y de la vulnerabilidad. Para la amenaza se trabajó con las tres variables físicas ya señaladas, a las cuales se las valoró por separado según lo señalado en la sección anterior (Investigación en terreno o empírica). Con tal valoración se procedió a elaborar una cartografía de amenaza parcial para cada variable donde se presenta cartografía de la cuenca con 4 grandes áreas de amenaza (Baja, Media, Alta y Muy Alta). Las cartas de amenaza generadas para cada variable se superpusieron, mostrando intersecciones de áreas donde se sumaron los valores de cada una de ellas, obteniendo valores de "Amenaza Total" que estuvieron entre 3 (las tres variables poseen valor 1) y 12 (las tres variables poseen valor 4). Con estos valores se realizó una nueva clasificación que dio como resultado la cartografía final de amenaza que involucra las tres variables en una sola, tal como se indica:

Tabla 5: Amenaza Total

Intervalo	Amenaza	Valor Amenaza
3 – 4	Baja	1
5 – 7	Media	2
8 – 10	Alta	3
11 – 12	Muy Alta	4

Elaborado por el Autor.

Como fue de esperar se obtuvieron diversas zonas con distintos grados de amenaza, por lo que fue necesario promediar estas áreas entre ellas, para obtener la amenaza promedio de la cuenca. El promedio se obtuvo de la siguiente forma:

$$\mathbf{AT\ X\ Cuenca = (B \times A^2B/100) + (M \times A^2M/100) + (Al \times A^2Al/100) + (MA \times A^2MA/100)}$$

Donde:

AT X Cuenca = Promedio Amenaza Total de la Cuenca

B, M, Al y MA = Valor amenaza Baja, Media, Alta y Muy Alta (respectivamente)

A^2B, A^2M, A^2Al, A^2MA = Porcentaje de área con amenaza Baja, Media, Alta y Muy Alta.

El promedio final fue aproximado al valor entero más cercano y la operación descrita fue realizada para cada una de las variables de forma previa al resultado final, a fin de corroborar la correspondencia (y fiabilidad de la información generada) entre la aplicación del método sólo al mapa final y a todos los mapas previos.

Para el caso de la vulnerabilidad se trabajo cartográficamente sólo con la variable de Uso del Suelo. Se creó la cartografía de usos de suelo a partir del Plan Regulador Comunal de La Reina de 2002, a través de la realización de polígonos, a los que les fueron dados atributos. Los distintos usos de suelo cartografiados fueron clasificados en función de la vulnerabilidad que poseen, tomando como referencia lo señalado por Castro et al (1995) y

mostrado en la sección anterior. Esto dio como resultado la cartografía de vulnerabilidad del área urbana de la comuna de La Reina.

Finalmente, una vez obtenida la carta de amenaza total promedio de la cuenca de Ramón y la de vulnerabilidad de la zona urbana de la comuna de La Reina se procedió a la elaboración de la cartografía de Riesgo, que corresponde al resultado final del estudio. Ésta carta final de Riesgo se confeccionó en base a la multiplicación de las distintas Vulnerabilidades por la Amenaza promedio de la cuenca (R = A x V) en el área máxima de alcance del flujo aluvional, y se obtuvo una clasificación de áreas de riesgo, la que fue representada cartográficamente, mostrando los canales y calles de la comuna, a fin de identificar de forma clara los lugares de mayor riesgo. Las zonas de la comuna que se encontraron fuera del área máxima del alcance del flujo poseen Amenaza cero (A = 0), por lo que el Riesgo en estos sectores es, consecuentemente, cero (R = 0).

	VULNERABILIDAD			
AMENAZA	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

Intervalo	Riesgo
1 – 3	Bajo
4 – 6	Medio
8 – 9	Alto
12 – 16	Muy Alto

No obstante, tal como se definió en la discusión de prioridades, se estableció un área prioritaria de análisis en función de lo establecido por los documentos citados en la sección correspondiente (D) de la metodología AIDEP. En ésta área se generó una nueva cartografía final, con la información de riesgo exclusiva para ésta zona de mayor importancia, escala 1:10.000, mostrando con un mayor nivel de detalle aquellas zonas sobre las cuales debe aplicarse gestión y procesos de planificación de forma más urgente.

4.5. P: Planificación

En esta etapa se encuentran inmersos los objetivos específicos 4 y 5, que dicen relación con conocer las medidas de mitigación implementadas en la comuna de La Reina en relación con el riesgo de aluvión, asimismo como proponer nuevas medidas de mitigación para las áreas prioritarias que son el resultado del presente estudio.

Las medidas de prevención y/o mitigación propuestas con anterioridad fueron obtenidas de los trabajos de Garrido (1987); Muñoz (1988); Mariangel (1990); Cabello (inédito, sin año); Naranjo y Varela (1993); Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1996); Corvalán et al (1997); Naranjo et al (2000); y Naranjo y Hauser (2005). A partir de lo ya señalado, y en conjunto con los resultados obtenidos y las observaciones de terreno, es que se revisó la correspondencia, pertinencia y aplicabilidad de tales medidas, a fin de proponer nuevas y/o complementar y respaldar anteriores medidas.

5. RESULTADOS

5.1. Resumen Histórico de situaciones de riesgo hidrometeorológico en la comuna de La Reina

Según lo establecido por Mariangel (1988 y 1990), el umbral de generación de procesos de remoción en masa en la zona piedemontana de Santiago, particularmente en la quebrada San Ramón, es de 60 mm en 24 horas. No obstante, existe un elemento a considerar que resulta de tanta o más importancia que la cantidad de precipitación en 24 horas, tal es el caso de la ubicación de la isoterma 0°C o línea de nieves. Esta suele ubicarse entre 1.500 y 2.000 m. durante el invierno en Santiago, pero en ocasiones, como la ocurrida en mayo de 1993, ésta se ubica por sobre los 4.000 m. generando una situación de fragilidad en las quebradas señaladas (Corvalán et al, 1997). Cabe recordar que el cerro San Ramón, el punto más alto al interior de la quebrada, posee una altitud de 3.253 m., por tanto, al ascender la isoterma 0°C por sobre los 4.000 m. de altura, la quebrada entera queda expuesta a precipitaciones líquidas, aún en áreas cubiertas previamente de nieve. La alta presencia de sedimentos, sumado al derretimiento de la nieve bajo la isoterma 0°C y la presencia de altas precipitaciones, producen un marco propicio para la generación de flujos de barro y detritos, los que escurren hacia la zona urbana, pudiendo causar grandes daños materiales y humanos (Corvalán et al, 1997; Naranjo y Varela, 1993).

El evento más emblemático en éste sentido es el del 3 de mayo de 1993, donde la isoterma 0°C se ubicó entre 3.800 y 3.400 m, y se presentaron precipitaciones intensas (aun cuando no superaron los 60 mm.) en toda el área de Santiago. En esa oportunidad la estación El Yeso, ubicada a 2.475 m.s.n.m. registró 58,7 mm en 24 horas, mientras que la estación Lagunitas, a 2.765 m.s.n.m., recibió 57 mm en igual período de tiempo (Corvalán et al, 1997). Naranjo y Varela (1993), en referencia al evento de mayo de 1993, señalan que las "corrientes generadas por las intensas precipitaciones generaron un flujo de

gran violencia y capacidad de arrastre y erosión", llevando consigo los sedimentos del fondo de las quebradas transportándolos hasta la zona de depósitos de remoción en masa. En dicha zona se produjeron grandes daños sobre las obras de contención del cauce, acumulando una mayor cantidad de materiales que siguieron "aguas abajo", no obstante se depositó la parte más gruesa de la carga. Más abajo, el flujo siguió su cauce normal para finalmente depositar toda se carga sobre el área urbana, destruyendo un puente y botando gran cantidad de árboles, para desbordarse en las calles de la comuna (Valenzuela Puelma, Príncipe de Gales, Simón Bolívar, Avenida Ossa, etc.)

Otro evento importante fue el sucedido el presente año, donde las características del aluvión fueron similares a las de 1993. El primero de estos eventos registrados, se extendió por dos comunas aledañas a La Reina (Ñuñoa y Las Condes), mientras que el de 2005 sólo tuvo una representación a nivel comunal. En ambos, las características ya señaladas respecto al material transportado y el tipo de daño producido es relativamente similar, guardándose una relación de proporción con la magnitud del evento.

El último evento de éste tipo ocurrido es el de los días 26, 27 y 28 de Agosto de 2005, donde llovieron, según lo recogido por la estación Tobalaba, 145,8 mm (el 42% de la precipitación de un año normal) en los 3 días de duración del frente (ONEMI, 2005b). El día más crítico, desde el punto de vista de las precipitaciones, fue el 27 de Agosto, donde cayeron, en sólo 24 horas, 65,4 mm, lo que equivale a casi el 20% de lo que llueve un año normal y al 45% de todo lo que llovió en esos 3 días. El día anterior ya habían precipitado 55,6 mm. (un 16% de lo que llueve en todo un año, y un 38% de lo que llovió en el evento). Dado lo anterior, en las primeras 48 horas de presentación del evento precipitaron 121 mm, que corresponde al 35% de todo lo que llueve en un año normal y al 83% de todo lo que llovió en el evento descrito.

Cabe destacar la concentración de las precipitaciones en los sectores cordilleranos, durante un corto período, las cuales sobrepasaron por mucho las precipitaciones recibidas en sectores más bajos, tal como se ve a continuación:

Cuadro 6: Precipitaciones en 24 horas, 2005

Estación	Precipitaciones (mm)			Acumulado (mm)
	Día 26/08	Día 27/08	Día 28/08	
Valparaíso	27,4	18,7	14,8	60,9
Santiago	43,8	30,2	16,1	89,7
Tobalaba	55,6	65,4	24,8	145,8

Fuente: ONEMI, 2005.

Según los informes de ONEMI, la situación más crítica dentro de todo el sistema frontal fue la que se vivió en la comuna de La Reina, donde se desbordó el canal San Carlos, inundando las calles Príncipe de Gales, Salvador Izquierdo, Reina Victoria, Loreley, La Cañada, Echenique y San Vicente de Paul, todas las cuales quedaron intransitables producto de la acumulación de lava y lodo. Esta situación produjo pérdidas a las viviendas y a locales comerciales del sector, no obstante no se registraron pérdidas humanas y en el caso de las viviendas sólo se registraron 12 casos, todas sólo con "Daño Menor".

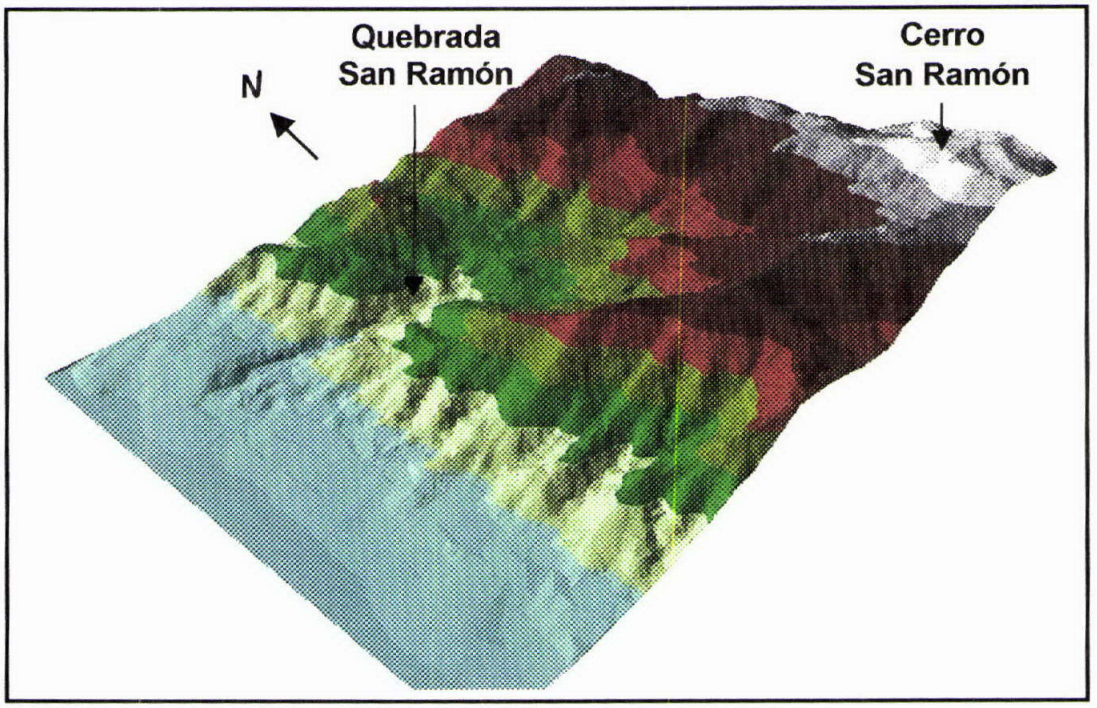
5.2. Diagnóstico de características físicas y humanas

5.2.1. Diagnóstico Físico

5.2.1.1. Altura y Pendientes

La Quebrada San Ramón se dispone en sentido general este – oeste, en el sector nororiente de Santiago, y se extiende por una superficie de alrededor de 38 km2, la que se encuentra limitada por el norte por los cerros

Los Rulos (1.024 m.), Alto de Las Vizcachas (1.861 m.), Portezuelo La Cicuta (1.693 m.) y Cerro de La Provincia (2.751 m.); por el oriente por los cerros Lomas de Los Horcones (2.893 m.), Las Lagunas (3.220 m.) y San Ramón (3.253 m.); y por el sur por los cerros de la Loma Portezuelo del Espino (2.810; 2.552 y 2.292 m.). Su punto más alto es el cerro San Ramón ubicado a 3.253 m.s.n.m y la salida o zona de descarga a 800 m.s.n.m. (REG – INGENIEROS LTDA., 1993 en Corvalán et al, 1997; Naranjo y Varela, 1993).

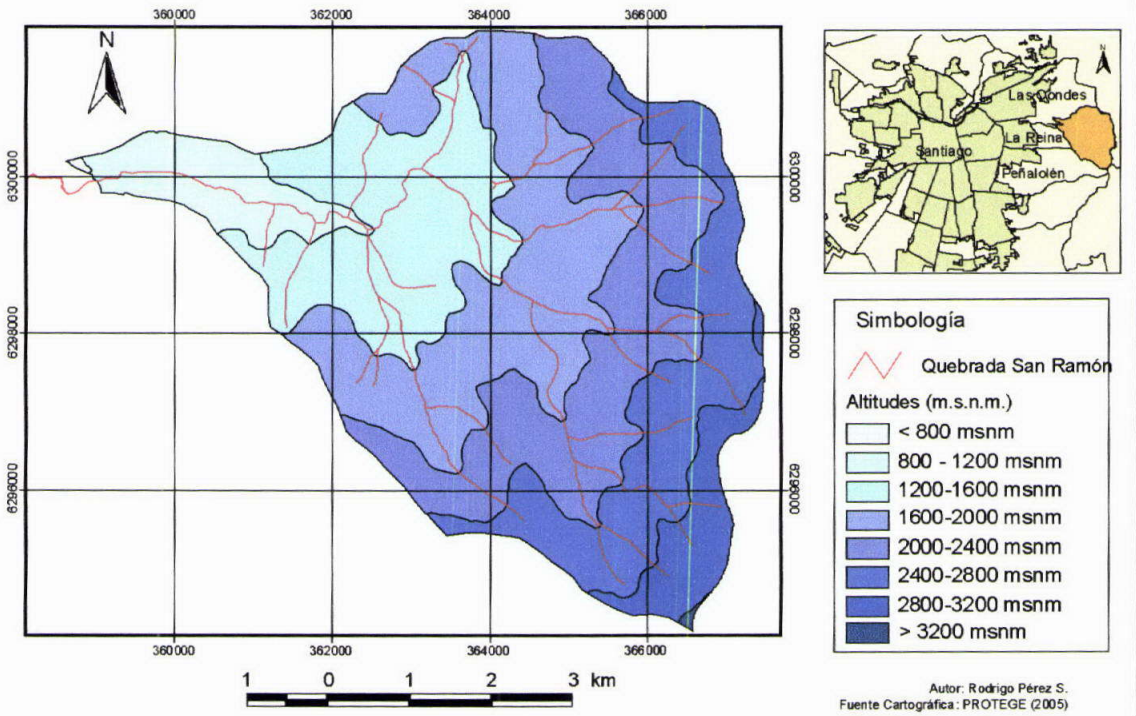


Su recorrido que alcanza entre 10 y 11 km en la parte alta, y 4,5 km en el sector plano, sobre la cuenca de Santiago, atraviesa zonas de distinta pendiente que van desde los 35° hasta los 5°, para finalmente desembocar en el canal San Carlos, unos 150 m al sureste del cruce con la avenida Príncipe de Gales (Naranjo y Varela, 1993). Desde el Cerro San Ramón, su punto más alto, y durante gran parte del recorrido de la quebrada, ésta se encuentra definida por pendientes relativamente altas (15 – 35°), no obstante la presencia

de una zona semi – plana, con pendientes entre 5 y 15°, ubicada a los 1600 m. aprox. Y que solo vuelve a manifestarse cerca de los 1000 m. Finalmente, hacia la zona del Canal Las Perdices su pendiente se vuelve considerablemente más suave, bajando desde los 2 hasta los 0° de inclinación en el área urbana (Mariangel, 1988 y 1990).

Mapa 1

Cuenca de Ramón: Altitudes



5.2.1.2. Hidrología

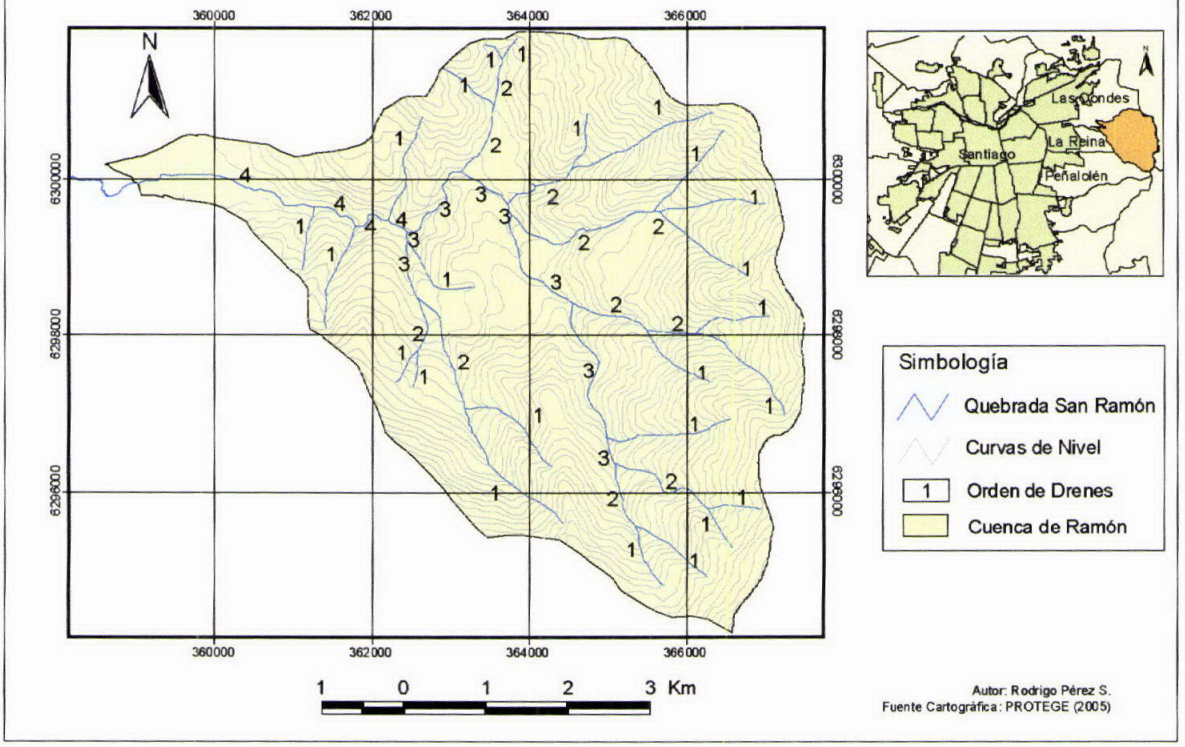
En relación con el drenaje de la quebrada, Mariangel (1988) señala que éste aparece libre de obstáculos, con drenes muy abruptos, debido, entre otros factores al escaso espacio entre los tributarios y el dren principal. La quebrada posee un solo brazo de descarga que desemboca en un encausamiento artificial, situación que produce que las aguas escurran libremente al no infiltrar, no obstante, de existir flujos de escombros, éstos bloquean el escurrimiento de las aguas, desbordando el canal y anegando

calles y viviendas. Reportes de ésta situaciones se encuentran en Naranjo y Varela (1993), Naranjo et al (2000) y ONEMI (2005b), tal como ya se ha mostrado.

Las principales quebradas afluentes corresponden a las siguientes, de norte a sur: la primera proviene desde el cerro Alto Las Vizcachas, la segunda desde el portezuelo La Cicuta, la tercera desde el cerro La Provincia. Más al sur se desarrolla la quebrada de La Pichoga, seguida por la de los Maquis y finalmente la de los Quillayes.

Mapa 2

Cuenca de Ramón: Orden de Drenes



En la imagen de orden de drenes se muestra, según el método de orden de drenes, que la cuenca de Ramón es de orden 4, poseyendo una clara forma dendrítica en su disposición. Se evidencia, de ésta forma, la alta concurrencia y bifurcación de los drenes tributarios. Según datos de Mariangel (1988 y 1990), el caudal máximo de la unidad de estudio es de 32,72 m^3/Seg, y

posee 5950,5 m^3 de formación superficial. De esta situación se desprende que, para la generación de procesos morfodinámicos, es necesaria una precipitación de 60 mm en 24 horas.

Cuadro 7: Características Hidrológicas de la Quebrada San Ramón

Subcuenca	Orden	N° de Segmentos	Longitud	Área*
San Ramón	1	24	0.83 km	38,5 km2
	2	8	1.13 km	
	3	2	3.00 km	
	4	1	5.00 km	

Fuente: Mariangel (1988). *En el texto original el área es de 39,67 km2, sin embargo se ocupa el área establecida por Naranjo y Varela (1993).

5.2.1.3. Clima

Según la Dirección Meteorológica de Chile, Santiago presenta, en general, un clima templado cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada. En esta región, el clima mediterráneo se desarrolla plenamente y con todas sus características: precipitación concentrada en los meses de invierno y una estación larga muy seca producida por un dominio anticiclónico ininterrumpido. Su fase de estación seca se prolonga por siete u ocho meses, y solo los 4 restantes reciben precipitación en cantidades considerables. Entre Mayo y Agosto, que constituyen la época de lluvias, caen alrededor del 80% del total anual de precipitaciones, mientras que en los meses secos caen menos de 40 mm en cada mes. Esta diferencia se hace aún más notoria en los meses de verano, donde el agua caída no supera 1 mm en ocasiones. La cadena costera, al oponerse a la propagación de la influencia del mar, contribuye a exagerar los valores de las temperaturas, acusándose un cierto grado de continentalidad, situación que se aprecia en las notables oscilaciones térmicas diarias y anuales. La situación de continentalidad de la Región, hace que la humedad relativa sea baja, ligeramente superior al 70% como promedio anual, presentándose precipitaciones no superiores a los 350 mm anuales (en

un año normal). Además las amplitudes térmicas son altas: hay casi 13°C de diferencia entre el mes más cálido (enero) y el más frío (julio) y la diferencia media entre las máximas y mínimas diarias es de 14°C a 16°C. Hacia la zona cordillerana, sobre los 2.000 m de altitud, se presenta una leve variación de las condiciones climáticas, con temperaturas comúnmente cercanas a los 0°C, por lo que las precipitaciones son de nieve preferentemente y se desarrollan por un perídodo más extenso que en las zonas bajas (alrededor de 8 meses).

Según Ayala, Cabrera y Asociados, Ltda. (1996), uno de los factores de mayor importancia en la ocurrencia de aluviones es la intensidad de las precipitaciones. En esta apreciación coinciden todos los autores señalados anteriormente, mostrando de igual forma, que la conjugación entre la altura de la isoterma 0°C y la cantidad, concentración, persistencia e intensidad de las precipitaciones son los dos factores claves para la generación de un proceso de remoción en masa o deslizamiento. El otro aspecto fundamental dice relación con la presencia de materiales dispuestos a ser arrastrados por un fenómeno aluvional, por lo que la presencia de rocas sueltas en grandes proporciones es de igual forma relevante.

La cuenca de Ramón, perteneciente al ambiente cordillerano de Chile central según lo expresado por Börgel (1993), presenta, en general, un régimen periglacial. Este régimen se desarrolla, según el Autor, bajo los 5.000 m de altitud, mientras que sobre éste el régimen es glacial. La altura de la Cuenca de Ramón (ubicada bajo los 3.500 m de altitud) se encuentra en el límite inferior del sistema periglacial y posee, de acuerdo al régimen mediterráneo de los Andes chilenos, dos estaciones bien definidas y opuestas: invierno frío con precipitaciones nivales y en parte pluviales y un verano seco y caliente. Estas estaciones son pendulares en el tiempo y en el espacio, vale decir que oscilan de N a S, adquiriendo las precipitaciones intensidad variable. Siguiendo con Börgel, los períodos secos podrían provocar una alta mortalidad vegetacional y una fragmentación fuerte en las formaciones superficiales, mientras que los períodos húmedos facilitan un escurrimiento regular con

arroyadas permanentes, trasportando materiales desde las cumbres y laderas hacia al fondo de valle, estabilizando la ladera. La inestabilidad surge a partir del umbral que separa un período seco de otro húmedo. "*La interrupción de un período seco por precipitaciones abundantes y violentas es la causa principal de grandes desequilibrios en los valles de montaña*" (Börgel, 1993).

La situación expresada por Börgel, resulta ser la principal fuente de generación de procesos de deslizamientos y desprendimientos en la zona cordillerana de Chile central, sin embargo para el caso del estudio se señala como principal característica de estudio, la altura de la isoterma 0°C y la intensidad de las precipitaciones. Según Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1996), la generación de esta situación se produce a través de los siguientes ingredientes: Debilitamiento del anticiclón tropical (generalmente producido por el ENSO, El Niño Southern Oscilation o Índice de Oscilación del Sur); Anomalías persistentes del flujo de los oestes en latitudes medias y altas de carácter hemisférico o regional; Inversión térmica de subsidencia debilitada por anticiclón débil, calentamiento desde abajo o enfriamiento de la troposfera media – baja; y Fusión de la corriente de chorro del frente polar y la corriente en chorro subtropical derivada de una situación como la descrita en las 2 primeras señaladas, entre otras. Estas situaciones, según los autores, pueden presentarse por separado o en conjunto.

Serie Climática Santiago, Estación Quinta Normal.

Año	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		Total	
	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp	T	pp
1975	20.1	-	19.1	-	16.5	0	13.8	14.9	10.7	18.3	8.8	2.2	7.3	111.4	8.5	20.1	10.7	1.1	14.4	-	16.1	15.3	20	-	13.8	183.3
1976	21.1	0	19.3	0.8	16.5	5.8	13.3	1.6	10.2	18.4	8.2	51.9	7.9	6.5	9.1	34.8	11.2	16.5	14.2	51	18.1	13.2	20.6	-	14.1	200.5
1977	21.7	0	20.4	-	18.6	-	15.6	20.5	12.8	28.9	9	123.1	7.4	121.4	9.5	48.2	12.4	1.5	14.8	21.1	8.2	31	19.4	-	15	395.7
1978	20.8	0	19.9	-	17.2	-	14	0	12.1	19.1	9.1	54.5	10.4	222.3	8.7	14.9	12	26.1	15.87	0.4	18	82.5	20.1	1	14.8	420.8
1979	*	-	*	-	*	0	*	6	*	12.6	*	0.7	*	91.9	*	29.7	*	33.9	*	0	*	26	*	12.7	*	213.5
1980	22	0.6	20.8	21.2	19.9	0	14.3	48.6	11.5	44.9	9.1	60.3	7.9	63.9	9.7	14.1	11.5	61.8	14.2	0.2	16.5	5.2	19.8	-	14.7	320.8
1981	20.2	-	20.5	3.8	17.9	6.9	15.1	0.7	12.5	183	8.4	20	8.3	30	10.8	11	12.1	14.5	13.7	11.5	17.2	0.5	20.1	-	14.7	281.9
1982	20.4	-	19.6	-	17.9	14.6	14	0.8	10.7	111	9.6	275.5	9.8	102.9	10.6	64.8	12.6	39.5	14.5	14.3	16.7	-	20.7	-	14.7	623.4
1983	21.2	9.4	21	0.6	17.9	-	14.9	24.5	10.2	57.5	6.8	103	7.1	89.8	9.2	44.5	10.4	34.9	15.7	0.6	18.3	0.3	20.1	0	14.4	365
1984	21.3	-	19.5	-	17.7	2	14.3	1.4	8.9	65.5	7.5	40.5	8.4	245.9	8.9	48.6	12.5	24.4	15.2	20.9	16	6.3	19.4	-	14.1	455.5
1985	20.2	0	20.3	-	17.5	25.2	13.2	0.2	10.9	23.6	10	21.8	8.1	47.5	8.8	6.9	12.2	4.8	14.5	14.9	17.4	0.1	19.6	-	14.4	155
1986	20.7	-	19.9	-	17.6	0	13.6	26.1	12	90	9.2	108.3	9	0.6	10.3	53.9	11.7	31	16.1	3.4	16.6	24.9	21.3	-	14.8	310.3
1987	21.3	0	21	0.2	18.9	0.1	14.4	10.5	10	46.4	5.4	36.7	8.3	354.9	9.5	182.3	11.7	16.2	15.1	64.8	18.8	-	20.5	-	14.9	712.1
1988	20.3	-	20.3	0	18	6	14.3	0	9.7	5	8.1	12	7.6	33.1	9.2	52.7	10.8	10.2	15.3	-	18.4	16.6	20.2	4	14.3	139.6
1989	21.6	-	21.4	-	17.4	-	14.5	38.2	10.1	25	8.9	17.7	8.1	95.1	9.8	108.7	11.4	15.5	14.6	1.9	18.2	0.4	20.2	-	14.6	302.5
1990	21.2	-	19.3	-	17.2	11.9	14	1.1	10.2	6.4	9.3	1.6	7.2	75.1	10.7	70.3	11.9	23.4	13.8	15.7	17.1	0	19.6	0.3	14.3	205.8
1991	20.3	-	20.3	-	17.6	-	14.5	1.9	12.6	72.2	9.3	112.6	8.1	94.7	8.3	3.2	12.9	52.5	14.1	13.7	17.1	0	18.7	28.8	14.4	379.6
1992	21.2	0	19.4	0.5	18.4	13.2	13.7	41	10.6	129.5	7.8	170.3	6.9	23.3	9.8	57.7	12	20.7	15.3	-	17.2	7.8	19.7	-	14.3	464
1993	21.8	0	19.9	-	19.1	-	14.6	101.7	9.9	80.2	10	34.7	7.1	52.2	9.9	30.7	11.5	7.1	14.6	7.6	17.4	2.3	20	0.2	14.6	314.7
1994	20.7	-	19.6	-	17.8	0	15.1	19.3	11.1	44.5	9.8	44.5	8.4	82.7	9	16.5	13.5	17.6	14.9	3.5	17.9	0	20.6	7.4	14.8	236
1995	21.3	0.6	19.5	0	17.7	-	15	18.7	12.5	8.6	10.4	47.2	7.4	54.8	8.6	22.3	12.4	19.6	15	0.6	17.5	0.1	20.1	-	14.8	172.5
1996	20.1	1.8	20.2	-	18.2	0	12.7	54	10.2	14.7	8	31.7	9.3	25.2	9.8	29.8	12	2.2	14.9	3.7	18.2	-	20	0.9	14.5	164
1997	21.9	-	20.7	-	18.6	13.5	16	0.5	12.2	126.1	9.3	259	9.3	60.2	11	98.9	12.9	85.5	13.7	60.1	17.5	3.6	19.6	1.9	15.2	709.3
1998	22	-	19.5	4.3	17.8	0	14.2	32.7	12	13.8	9.6	22.6	8.2	0.2	9.6	0.6	11.9	15.1	16.6	-	17.6	0	20.9	-	14.9	89.3
1999	20.4	0	20.6	0.1	17.3	19.7	14.2	12.9	11.6	0.9	9.5	31.2	7.5	43.4	9.8	109.9	11.4	100.1	14.4	23.6	17.6	-	19.8	1.4	14.5	343.2
2000	21	-	19.6	14.7	17.8	-	14.1	17.6	10.5	20	9	261.5	8.1	28.5	10.2	0.5	11.5	116.5	14.9	13.6	18	1	21	-	14.6	473.9
2001	20.9	-	21.7	-	18.6	9.9	14	16.1	10.5	32.3	8.3	0.3	9.5	186.6	10.3	50.2	11.1	15.8	15.6	0.7	17.2	0	21.4	-	14.9	311.9
2002	21.3	0	20.3	-	18.8	1.7	13.7	13.6	11.5	137.9	7.5	247.5	8.4	92.3	10.4	74.2	12.6	28.3	14.8	4	17.2	0	19.5	1.3	14.7	600.8
2003	22.1	5	20.3	-	18.2	0.2	14.3	-	10.3	79.7	10.9	31.5	8	73.4	9.9	6.9	13	14.5	16.7	0	18.9	13.7	19.6	-	15.1	224.9
2004	21.3	0	19.9	0	18.8	18.7	14.5	39.2	9.8	16.4	9	44.1	8.7	95.2	9.6	55.9	12.8	23.7	15.1	1.7	17.5	58.9	20.7	-	14.8	353.8

Año Normal: T = 14.4 ; Pp = 312.5

Fuente: Anuarios Meteorológicos de años respectivos, excepto años 1979, 1981, 1982, 1993, 1997, 1998, 1999 y 2003: Compendios Estadísticos de INE.

- No se produjo el fenómeno; * No se encontró el dato

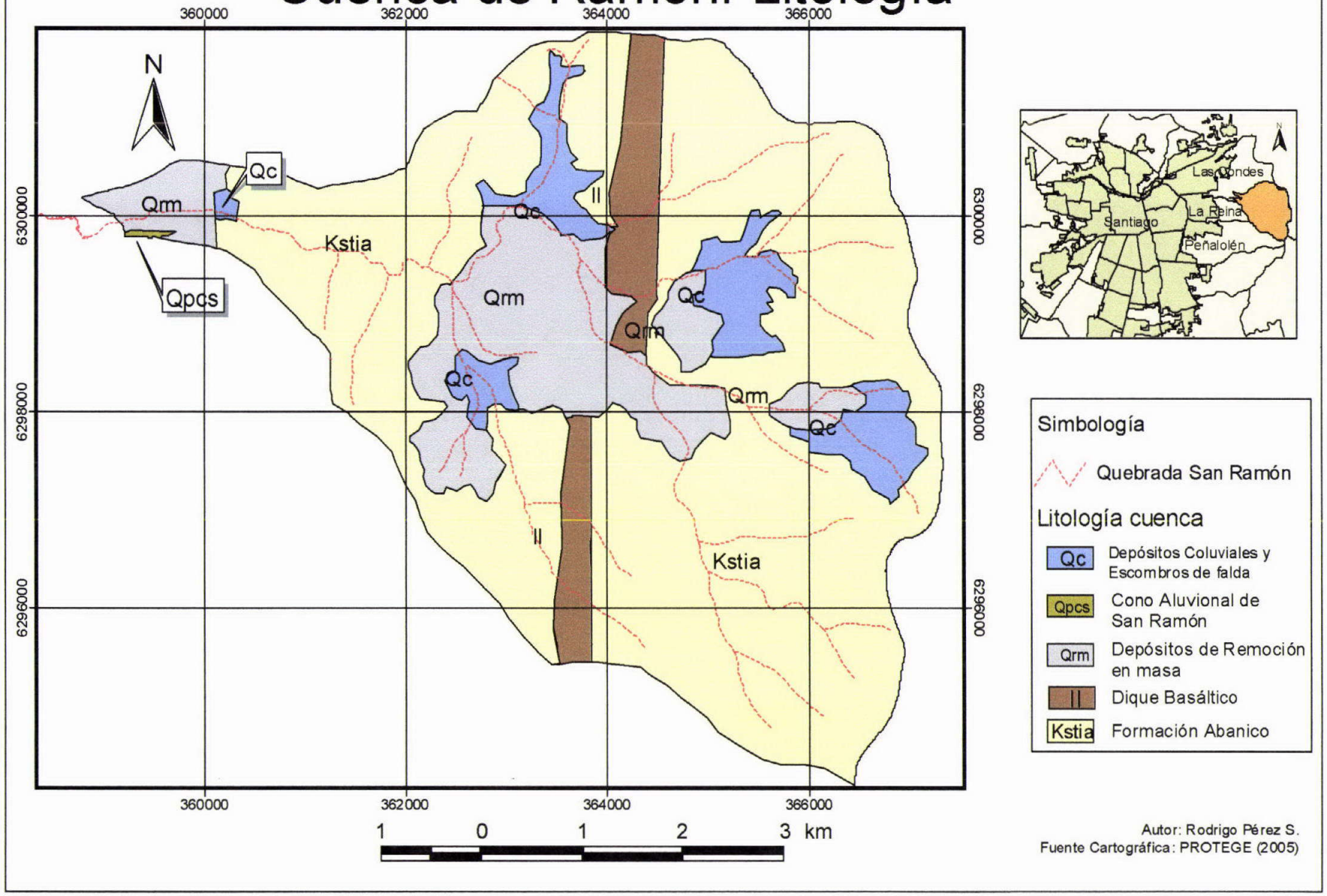
5.2.1.4. Litología

Una primera aproximación, correspondiente al análisis de la Hoja Santiago de la Carta Geológica de Chile N°39 1:250.000, muestra la predominancia de la Formación Abanico (KsTia) en gran parte de la Quebrada San Ramón, la que se ve interrumpida por lo que se define como "Unidad Intrusiva II", correspondiente una incrustación del Mioceno. En la zona de contacto con el área urbana se aprecian Depósitos No – consolidados (Q) en una disposición de rellenos de acumulación (Thiele, 1980).

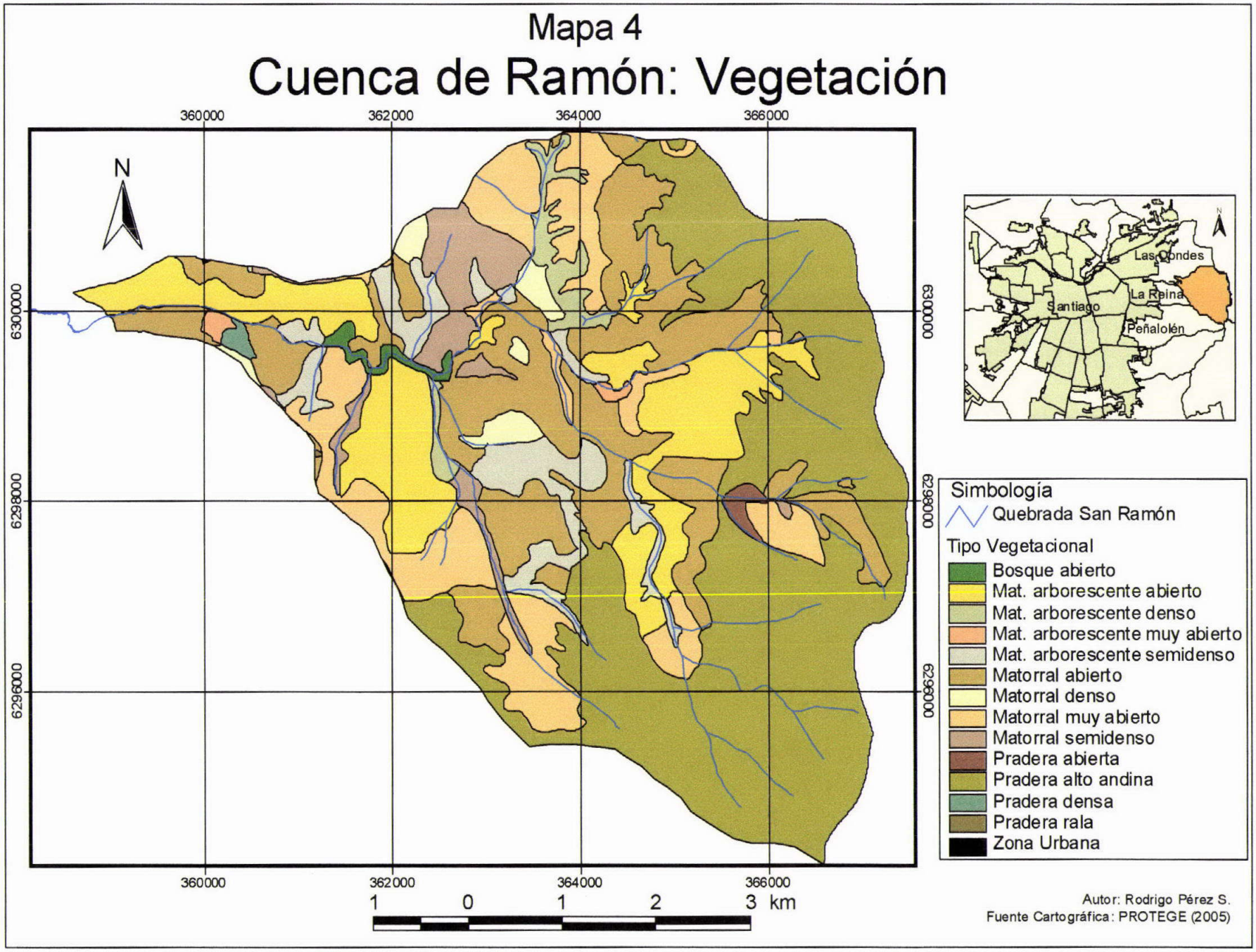
La Formación Abanico está formada por tobas y brechas volcánicas, de colores predominantes violáceos, púrpura y gris, con intercalaciones de lavas y sedimentitas clásticas. En la sección inferior de la unidad predominan las tobas y brechas gruesas (5 – 15 cm de diámetro) sobre las lavas (andesitas y riolitas) y sedimentitas (areniscas de grano medio a fino, relativamente escasas y ubicadas de preferencia en las partes altas). El origen de ésta formación sería atribuido a varios episodios volcánicos o a uno continuo y de gran magnitud, desde fines del cretácico al oligoceno. La Unidad Intrusiva II está conformada por rocas de poca extensión (stocks, lacolitos, filones – manto y diques) que cortan de forma profunda hasta la Formación Farellones. Se trata, principalmente, de micro – granodioritas, pórfidos detríticos, dacitas y andesitas. Finalmente, los Depósitos No – consolidados (Q) corresponden a depósitos aluviales y gravitacionales. Éstos depósitos con producto de la reptación del suelo y talud, los que producen acumulaciones detríticas en la base de las pendientes, que muchas veces corresponden a depósitos sueltos factibles de ser removidos (Thiele, 1980).

Mapa 3

Cuenca de Ramón: Litología



Estudios más detallados, tales como el de Mariangel (1988), el de Naranjo y Varela (1993) y el de Selles (1999) corroboran lo señalado por Thiele (1980). Selles (1999), en su trabajo sobre la Formación Abanico, señala la existencia de Depósitos de remoción en masa (Qrm) cubriendo toda el área de la quebrada San Ramón, la que se encontraría circundada por Depósitos coluviales y conos aluviales (Qc). Para el autor, estos depósitos tendrían su origen y/o formación en el Cuaternario. Por su parte, Naranjo y Varela (1993), solo agrega a la clasificación ya señalada, la presencia de lo que denomina Depósitos de Piedemonte (Qp), definiendo una unidad particular como "cono aluvional de San Ramón" (Qpcs). Éstos depósitos de piedemonte constituyen, según los autores, un plano inclinado que desciende desde los 1.000 – 1.100 m. hasta los 600 m. y que se ven integrados por una serie de conos aluvionales que bajan desde las quebradas, una de las cuales la constituye la San Ramón. Estos conos han sido formados por el aporte fluvial de tipo torrencial e intermitente, con un alto aporte de carga sólida, los que se interdigitan con depósitos de remoción en masa muy jóvenes (evidencia de los continuos aluviones que se suceden en la zona). Tanto en el estudio de Naranjo y Varela (1993), como en el de Selles (1999), se destaca la presencia de Rellenos Artificiales y Extracciones de Áridos y/o Relleno Antrópico respectivamente (RA para ambos casos), en la zona de la descarga de la quebrada San Ramón, rasgo de importancia a corroborar en el trabajo de terreno.


Mapa 4
Cuenca de Ramón: Vegetación
360000
362000
364000
366000
6300000
6298000
6296000
N
Las Condes
La Reina
Santiago
Peñalolén
Simbología
Quebrada San Ramón
Tipo Vegetacional
Bosque abierto
Mat. arborescente abierto
Mat. arborescente denso
Mat. arborescente muy abierto
Mat. arborescente semidenso
Matorral abierto
Matorral denso
Matorral muy abierto
Matorral semidenso
Pradera abierta
Pradera alto andina
Pradera densa
Pradera rala
Zona Urbana
1 0 1 2 3 km
Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente Cartográfica: PROTEGE (2005)

5.2.1.5. Vegetación

La vegetación de la cuenca de San Ramón muestra un amplio dominio de la Pradera alto andina, en los márgenes orientales del área de estudio. El resto de la cuenca se ve marcado por una mixtura de matorrales de distinta clasificación, los que abarcan gran parte de la zona de análisis. Entre los aspectos interesantes de recalcar, llama la atención una mancha de Bosque abierto en la zona de paso de la quebrada San Ramón hacia el área de descarga y la gran área que ocupan los matorrales arborescentes abierto y el matorral abierto. La distribución de la vegetación en la cuenca se observa en la figura. En general, la vegetación de la cuenca está preferentemente compuesta por matorral y pradera, esto debido principalmente a la altura a la que se desarrolla. Importante resulta destacar que, pese a que no constituye tipo vegetacional en sí, determina una pequeña área sin vegetación, el área urbana en el margen norte de la cuenca, casi en el límite con la zona en que la cuenca entra a la ciudad misma. Debido a la escala de representación y a la poca extensión de ésta área es que no tiene mucha representatividad a la hora del análisis, razón por la cual no aparece mencionada posteriormente.

5.2.2. Diagnóstico Humano

5.2.2.1. Población y Vivienda

Según los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2002, la comuna de La Reina posee 96.762 habitantes, los que se distribuyen enteramente en las áreas consideradas urbanas según el plan regulador de la comuna. El área de extensión de la comuna es de aproximadamente 24 km^2, de los cuales aproximadamente 20 son puramente de uso urbano, lo que le confiere a la comuna una densidad de 4.838,1 habitantes/Km^2. El Mapa de uso del suelo y equipamiento de la comuna muestra una clara tendencia

residencial, con numerosos colegios y equipamiento que realzan el carácter residencial de la comuna.

La comuna se ve atravesada por tres grandes cursos de agua, siendo el más importante de éstos para el estudio el canal de la quebrada San Ramón. En el encuentro de el canal San Ramón con la calle Padre Hurtado el curso de agua se ve atravesado transversalmente por el canal Las Perdices que sigue en sentido Norte-Sur, más hacia el poniente el canal San Ramón que es consecuencia de la que quebrada del mismo nombre se encuentra con el canal San Carlos, orientado de igual forma que el canal Las Perdices pero con una leve inclinación en diagonal, tal como se aprecia. En la zona de entrada de la quebrada San Ramón hacia la comuna se encuentra el Parque Padre Hurtado, ocupando una gran extensión de áreas verdes y constituyendo un punto importante para el análisis final sobre la vulnerabilidad de los sectores cercanos al curso de agua señalado.

Cuadro 8: Población en La Reina

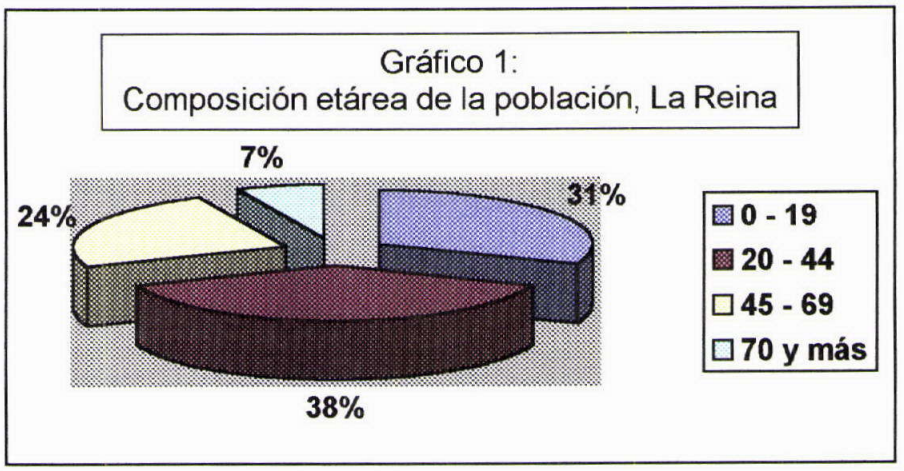
Comuna	**Total Población**		**Urbana**	**Rural**
La Reina	**96.762**		96.762	0
	Hombres	Mujeres		
	44.293	52.469		

Fuente: Censo 2002 (INE, 2002).

Cuadro 9: Composición Etárea de la Población, La Reina

Rango Edad	**Población**	**%**
0 – 19	29.958	31
20 – 44	36.903	38.1
45 – 69	23.340	24.1
70 y más	6.561	6.8
Total	**96.762**	**100**

Fuente: Censo 2002 (INE, 2002).



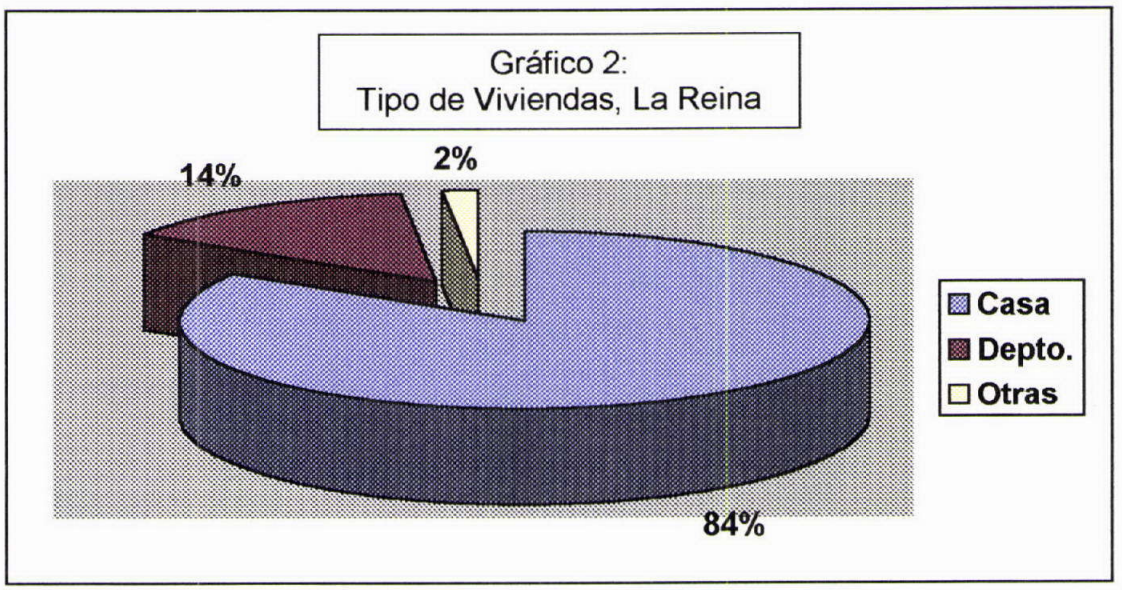
Tal como se ve en el gráfico y el cuadro anterior, la mayor parte de la comuna se encuentra habitada por personas jóvenes, ya que desde los 0 hasta los 44 años se encuentra cerca del 70% de la población. Dentro de ellos los más numerosos son aquellos a quienes se puede calificar de adultos jóvenes (20 – 44 años), los que constituyen un 38,1% del total, mientras que el primer rango etáreo (0 – 19 años) corresponde al 31%. La menor cantidad de población corresponde a la mayor de 70 años, o Adulto Mayor, con un 7% del total poblacional. Los habitantes de entre 45 a 69 años, constituyen un 24% del total de población comunal, siendo el 3er. grupo etáreo en representatividad.

En la comuna de La Reina, existen, según el Censo de 2002, 25.768 viviendas, todas las cuales, como era de esperar se ubican en la zona urbana. El tipo de vivienda existente se puede apreciar en el cuadro que se presenta a continuación:

Cuadro 10: Viviendas en La Reina

Tipo de Vivienda	Total Viviendas	Ocupadas	Desocupadas
Urbana y Rural	**25.768**	**25.048**	**720**
Urbana	**25.768**	**25.048**	**720**
Rural	**0**	**0**	**0**
Casa	21.606	21.038	568
Departamento en Edificio	3.702	3.557	145
Pieza en casa antigua o conventillo	116	116	0
Mejora, Mediagua	154	152	2
Rancho, Choza	9	7	2
Ruca	0	0	0
Móvil (Carpa, Vagón, Bote, Lancha)	3	3	0
Otro tipo de vivienda particular	79	76	3
Colectiva	99	99	0

Fuente: Censo 2002 (INE, 2002).



Se observa que el total de viviendas corresponden a sectores urbanos, de ellas, es posible apreciar el gran porcentaje de casas por sobre los departamentos en edificios (84% v/s 14% del total de viviendas). Esta situación puede ser en extremo delicada puesto que supone un crecimiento horizontal de

la urbe, lo que conlleva una ocupación de los sectores precordilleranos cercanos a zonas de riesgo producto de la existencia de quebradas, además de los posibles procesos de erosión, desprendimientos, etc, en vez de un crecimiento vertical de la ciudad en zonas de mayor protección ante este tipo de eventos.

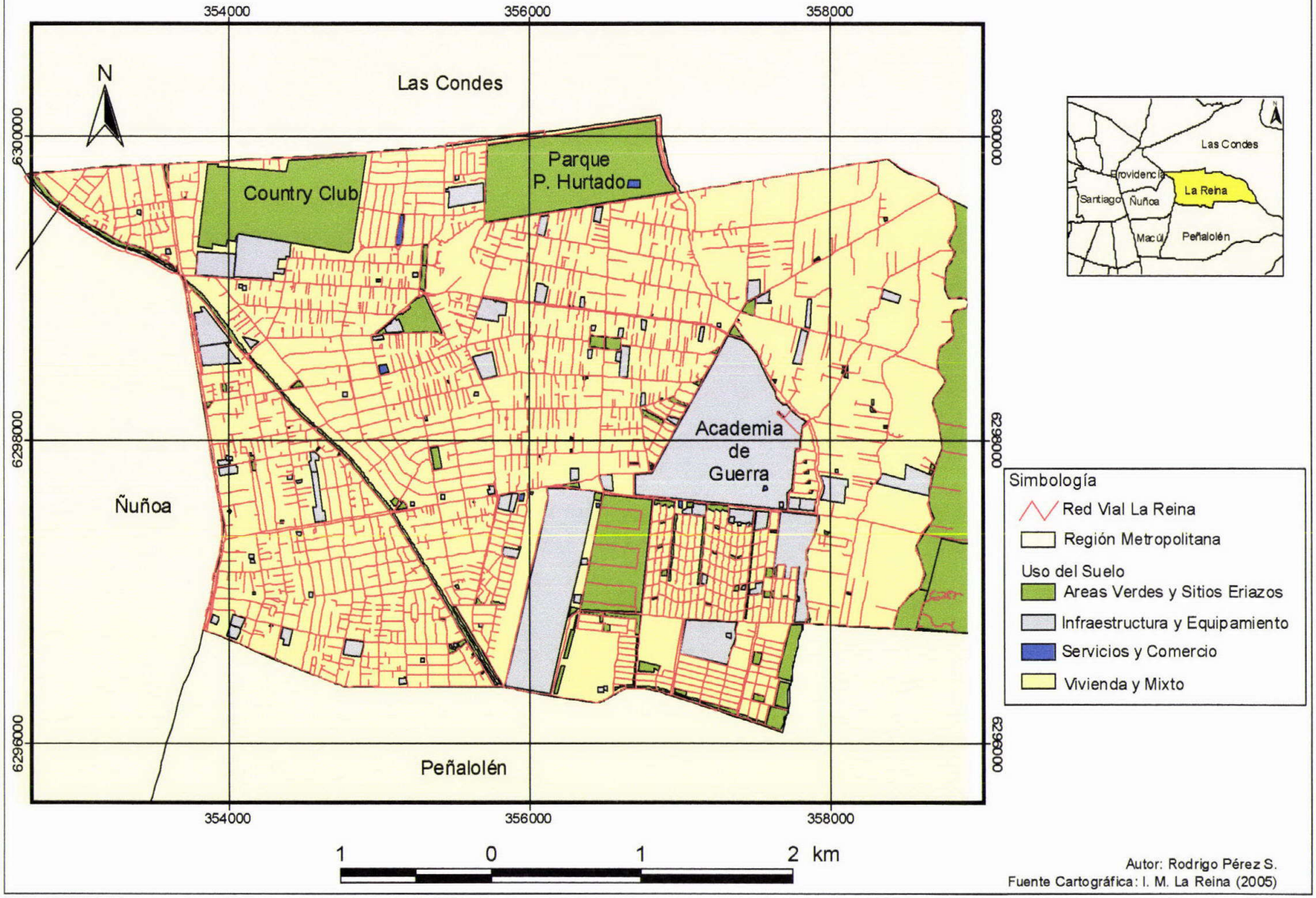
5.2.2.2. Uso del Suelo

La comuna de La Reina posee, tal como se ha resaltado, un marcado carácter residencial, como se muestra en el mapa. No obstante lo anterior, existen muchas áreas verdes, en relación con el tamaño de la comuna. Es de destacar la baja existencia de la clasificación Servicios y Comercio en la comuna, mientras que posee una gran cantidad de Infraestructura y Equipamiento. Todo lo anterior en el área urbana, para el sector cordillerano, hacia el oriente, la comuna posee un gran espacio de áreas verdes que se desarrollan desde el límite urbano (límite derecho de la imagen) hasta el final del límite comunal. En tales sectores se encuentra el Parque Mahuida de La Reina, como hito de importancia.

El Plan Regulador, por su parte, indica una serie de usos que pueden resultar interesantes al análisis posterior. En éste se destaca la gran extensión que posee el uso D: Reina Media (entre Valenzuela Puelma por el norte, Rebeca Matte por el oriente, Av. Larraín por el sur y Vicente Pérez Rosales por el poniente) y Reina Alta Sur (entre Av. Larraín por el norte, el límite urbano con parcelas por el oriente, Calle Talinay por el sur y el Eje del Canal Las Perdices por el Poniente). Para el uso D se señala que la altura máxima de edificación es de 9 m, con un máximo de 2 pisos posibles a la construcción. El primero de estos sectores, en su límite norte, se ubica en una zona que está señalada como Amagada por Inundaciones, situación que puede resultar de preocupación, mientras que el segundo se ubica en una zona lejana al cauce del canal San Ramón, cerca del área cordillerana y de alta vegetación por el oriente. El otro uso de gran importancia, dada su extensión y que abarca

gran parte del área residencial según el mapa "La Reina: Usos de Suelo", es el A: Reina Baja, que se desarrolla entre Francisco Bilbao por el norte, un límite oriente difuso que pasa por las calles Florencio Barros, Valenzuela Puelma, Vicente Pérez Rosales y Av. Larraín hasta el Aeródromo Eulogio Sánchez, José Arrieta por el sur, y Américo Vespucio por el poniente. Al igual que en el uso D, se tiene como altura máxima de edificación 9 m, no pudiendo construir viviendas de más de 2 pisos. El uso M, que está destinado a Áreas Verdes y Recreación, integra al Parque Intercomunal Oriente (Parque Padre Hurtado), Parque Municipal, Avenidas Parque, Áreas Verdes de nivel comunal, Áreas Verdes complementarias (M1, M2, M3, M4 Y M5 respectivamente). Este uso se da con gran representación espacial en los sectores M1 y M5, ubicados en los márgenes norte de la comuna, con el Parque Padre Hurtado (hacia el oriente) y el Country Club (hacia el poniente). De mucha importancia en el estudio resultan los sectores R: Áreas restringidas al Desarrollo Urbano, especialmente las R1: Áreas amagadas por inundaciones, en las cuales no se permite la construcción de estacionamientos y bodegas en subterráneos, a menos que se garantice con estudios específicos que no habrán inundaciones. De igual forma, estos sectores señalan, para la edificación, la importancia de que el nivel del 1er piso terminado esté sobre 0,50 m sobre la cota de la acera adyacente. Este uso de suelo se desarrolla en los sectores contiguos al curso del canal San Ramón, extendiéndose desde Valenzuela Puelma por el norte hasta Simón Bolivar por el sur, teniendo como sector de más peligro al de Príncipe de Gales (PRLR, 2002).

Mapa 5
La Reina: Usos del Suelo



5.3. Definición de Amenaza y Vulnerabilidad

Los fenómenos aluvionales poseen, tal como se ha estudiado, dos componentes que permiten definir el riesgo en una zona determinada. Estos dos componentes son la Amenaza y la Vulnerabilidad, y en el tipo de situaciones que se trata de explicar, estas dos no se producen en la misma área. La Amenaza se genera en la zona de la cuenca de la quebrada y se analiza en el área máxima de alcance del flujo, que corresponde a la amenaza en el área urbana, mientras que la Vulnerabilidad es propia de la población que no vive en la cuenca misma, sino que "aguas abajo" de ésta. Teniendo en cuenta este marco fue que se determinaron y se estudiaron ambos aspectos.

5.3.1. Amenaza

La amenaza correspondió a tres características físicas previamente establecidas, las que son, tal como se ha visto, Pendientes, Litología y Tipo de Vegetación.

5.3.1.1. Pendientes

Las pendientes, trabajadas como se señaló en la metodología, fueron dividas en 4 clasificaciones según el grado de amenaza que representan. Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 11: Amenaza de Pendientes

Pendiente (%)	Amenaza	Valor	Área (km^2)	Área (%)
1 – 10	Baja	1	1,02	2,7
10 – 25	Media	2	2,5	6,8
25 – 50	Alta	3	12,3	33,9
50 – 100	Muy Alta	4	20,5	56,6
TOTAL	**Alta**	**3,44**	**36,24**	**100**

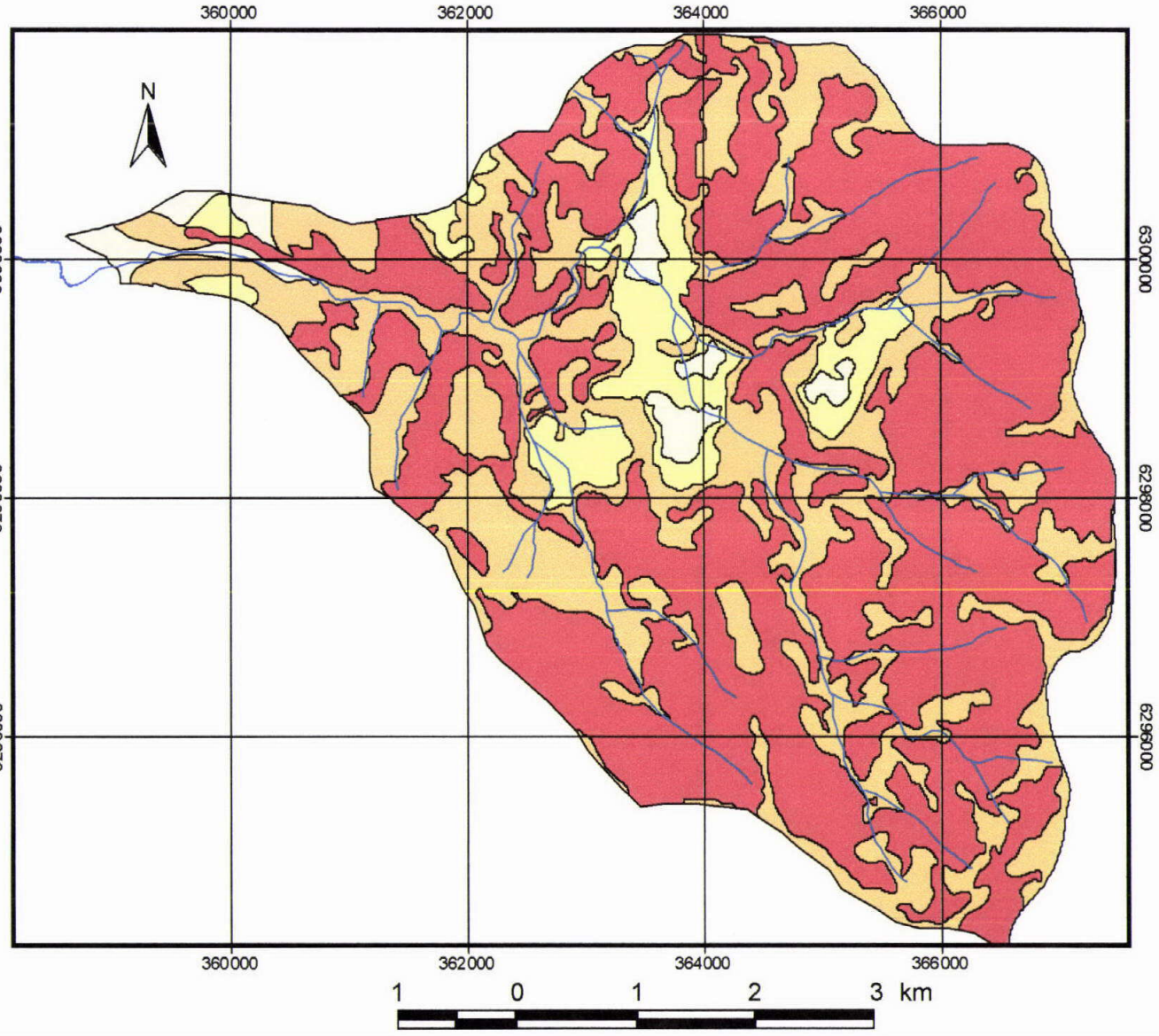
Los resultados obtenidos permiten ver una gran predominancia de las dos últimas clasificaciones, Alta y Muy Alta, las que conjugan más del 90%

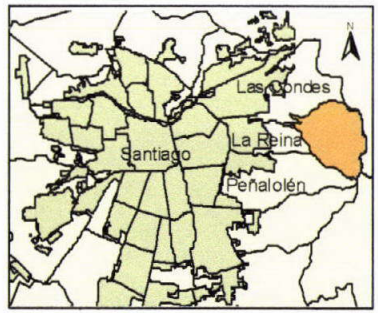
de la superficie de la cuenca. Particularmente, alrededor del 60% de la cuenca de la quebrada San Ramón posee pendientes que sobrepasan el 50% (23°) de inclinación. Según Castro et al (1995), estas pendientes serían calificadas desde "Muy Inclinadas" hasta "Inclinación Vertical", produciéndose desde deslizamientos hasta un predominio de los desprendimientos hacia las pendientes sobre los 40° (88% de inclinación).

De la revisión del mapa resulta notable la correspondencia entre las zonas de pendientes Altas (25 – 50 % de inclinación) y el curso de la quebrada, en sus diferentes afluentes, particularmente en las zonas altas de la quebrada, hacia la cabecera. En la zona media de la cuenca, coincidente con un área de confluencia de drenes de la quebrada, se concentra una zona de pendientes bajas, de clasificación Baja y Media, cuando ya comienza a generarse el cauce que finalmente desembocará en el curso final de la quebrada. Hacia la cota 800, que corresponde a la zona de contacto de la cuenca con el área urbana, se muestran en general también pendientes bajas, similares a las recién señaladas, situación que disminuye el grado de amenaza que representa la cuenca para dicha área urbana. Cabe destacar, sin embargo, que pese a la coincidencia con zonas de pendientes Bajas y Medias en gran parte del curso final, las zonas cercanas tienen una muy alta inclinación lo que puede producir, tal como se ha explicado desprendimientos de bloques y/o deslizamientos en gran parte de la cuenca, situación que la volvería aún más amenazante. De igual forma, no resulta menor el hecho de que en la zona de contacto se ubica un área de pendientes calificadas como Altas, entremezclándose con pendientes Bajas de forma indistinta, lo que supone grandes desniveles que pueden ayudar a la generación de flujos importantes de detritos hacia la zona urbana. La cuenca presenta una amenaza promedio parcial de 3,44 por la variable Pendientes, lo q la califica como Amenaza Alta, siendo éste uno de los factores de peligro para la zona urbana contigua.

Mapa 6

Cuenca de Ramón: Amenaza de Pendientes





Simbología

Quebrada San Ramón

Nivel de Amenaza

- Alta
- Baja
- Media
- Muy Alta

Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente Cartográfica: PROTEGE (2005)

5.3.1.2. Tipo de Vegetación

La cuenca de la quebrada San Ramón se encuentra predominantemente cubierta por matorrales en sus diversos tipos. Los matorrales, por esta razón se encuentran incluidos en las 3 clasificaciones que presentan vegetación, en alguna de sus formas.

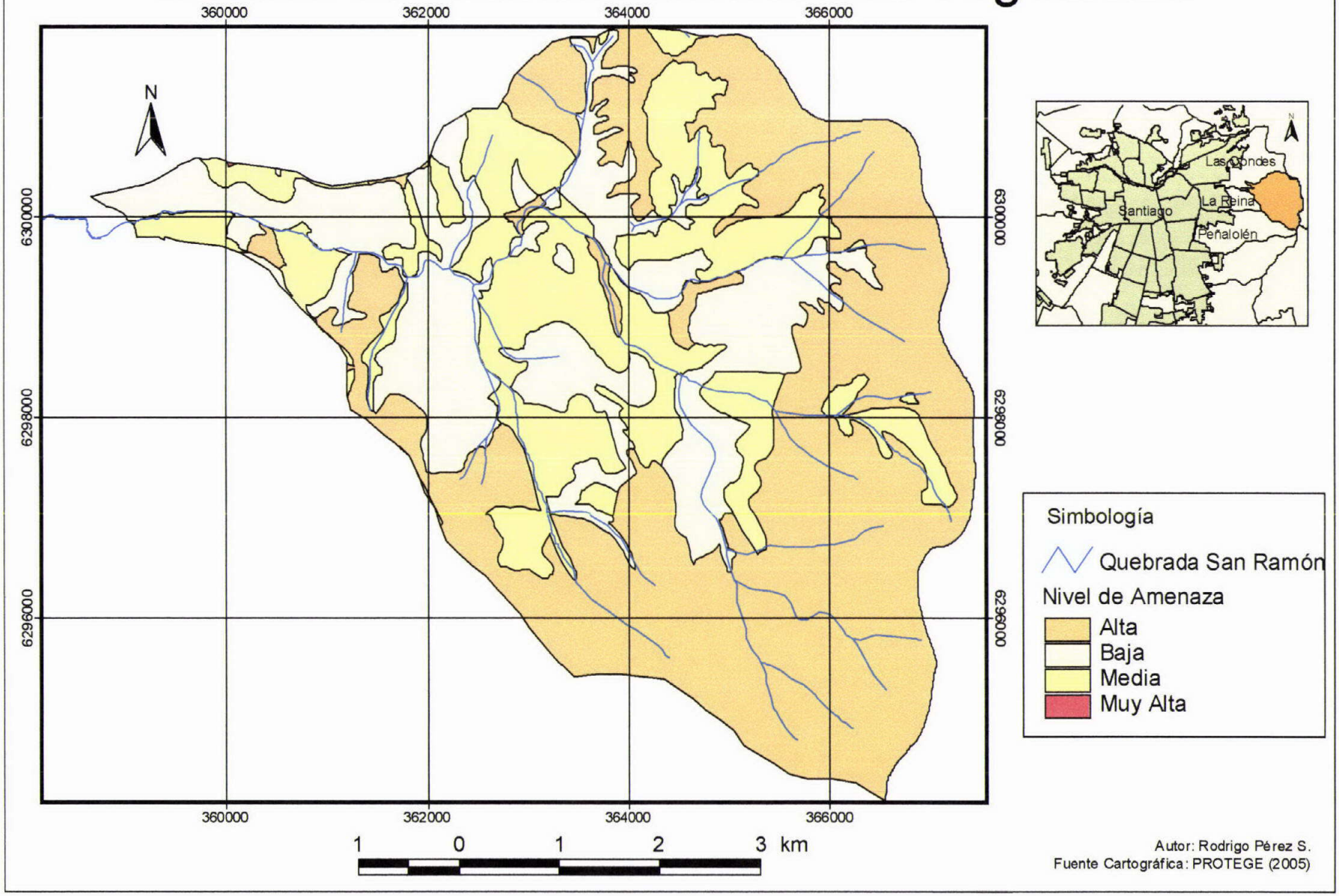
Cuadro 12: Amenaza de Vegetación

Vegetación	Amenaza	Valor Amenaza	Área (Km^2)	Área (%)
Bosque, Matorral Arborescente y Denso	Baja	1	8,76	24,2
Matorral Semidenso y Abierto	Media	2	8,9	24,6
Praderas y Matorral muy Abierto	Alta	3	18,6	51,2
Zona urbana o sin vegetación	Muy Alta	4	0	0
TOTAL	**Media**	**2,27**	**36,24**	**100**

La primera de las clasificaciones, que es la que conlleva la menor amenaza incluye la vegetación de tipo boscosa, el matorral arborescente y el matorral denso. Esta primera clasificación, abarca 8,76 Km^2, lo que representa casi un cuarto (24%) del total de la cuenca. Similar situación sucede con la segunda clasificación, de Amenaza Media, la que, con 8,9 Km^2, ocupa otro cuarto del total de la cuenca. Las zonas urbanas o sin vegetación resultan imperceptibles a la escala de trabajo, por lo que su área de representación es bajísima (0,002 Km^2) y su porcentaje de participación es 0%. Finalmente, la clasificación de mayor extensión corresponde a la de Amenaza Alta, la que abarca 18,6 Km^2 de la superficie de la cuenca, lo que implica más del 50% de la misma.

Mapa 7

Cuenca de Ramón: Amenaza de Vegetación



De la lectura del mapa se desprende que si bien las Praderas y Matorral muy abierto predomina la cuenca, éste tipo vegetacional se distribuye principalmente sobre las zonas más altas y hacia los bordes de ella. Los sectores medios de la cuenca, donde se produce la confluencia de los drenes, se entremezclan los primeros dos tipos vegetacionales, disminuyéndole el nivel de amenaza al curso de desagüe de la cuenca y presentándose desde Bosque hasta Matorral muy abierto, lo que proporciona una buena cobertura del suelo, lo que ayuda tanto a la infiltración como a detener los detritos que puedan ir escurriendo por la quebrada ayudado por el impulso del agua. En la zona de contacto, se encuentran principalmente éstos dos tipos vegetales, por lo que aumenta la capacidad de detención de detritos y bloques por parte de la cuenca, los que tenderían a depositarse antes de su llegada a la zona urbana propiamente tal, configurando una amenaza de Media a Baja. En general, la cuenca otorga un promedio de amenaza por el tipo de vegetación equivalente a 2,27, lo que aproximado al número entero más cercano, le confiere una amenaza promedio calificada como Media (2). Por esta razón, la vegetación de la cuenca no debiera constituirse en la principal preocupación a la hora de analizar la amenaza.

5.3.1.3. Litología

Respecto a la litología, es clara la predominancia de la Formación Abanico (Kstia) en la zona de la cuenca de la quebrada San Ramón. Esta formación abarca, junto con el cono aluvional San Ramón (Qpcs) de muy escasa representación, 25 de los 36 Km^2 que posee la cuenca completa (casi un 70% del área), seguido de los Depósitos de remoción en masa (Qrm) y los Depósitos coluviales y Escombros de falda (Qc), quienes ocupan un 16% (6 Km^2) y un 8% (3 Km^2) del área total de la cuenca respectivamente. La unidad intrusiva conocida como Dique Basaltico (II), que abarca tan solo 2,45 Km^2, ocupa casi un 7% del área de la cuenca y es la clasificación de amenaza con menor presencia sobre la cuenca.

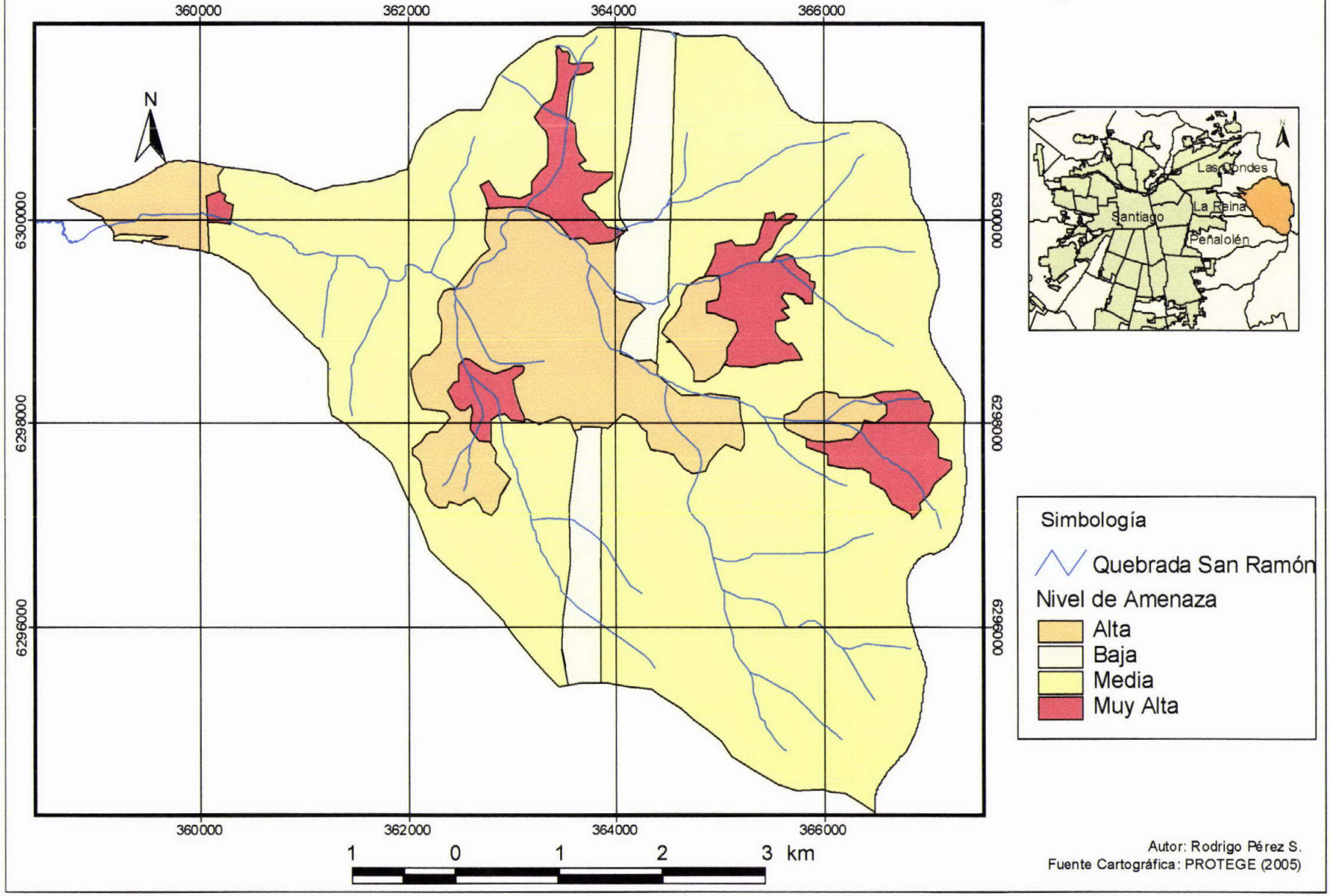
Cuadro 13: Amenaza de Litología

Geología y Litología	Amenaza	Valor Amenaza	Área (Km^2)	Área (%)
Dique Basáltico (Il)	Baja	1	2,45	6,76
Formación Abanico (Kstia) Cono Aluvional de San Ramón (Qpcs)	Media	2	24,9	68,73
Depósitos remoción en masa (Qrm)	Alta	3	5,94	16,38
Depósitos coluviales y Escombros de falda (Qc)	Muy Alta	4	2,95	8,13
TOTAL	**Media**	**2.26**	**36,24**	**100**

El Mapa de Litología muestra que la formación abanico se desarrolla indistintamente en toda la extensión de la cuenca, tanto en zonas altas como bajas de la misma. Los depósitos de remoción en masa, y especialmente el dique basáltico tiene una disposición muy marcada, la que divide en dos la cuenca en su sector medio, predominando en la zona baja de la cuenca, por donde se produce el desagüe de la misma en el cauce principal. En general, dada la extensión de cada uno de los elementos litológicos de la cuenca, es posible señalar que ésta posee una calificación de amenaza parcial denominada Media, con un promedio de 2,26, lo que se aproxima a 2 según lo establecido previamente en la metodología. La amenaza de la litología es, por tanto, poco preocupante al parecer, no obstante, ésta dependerá de forma importantísima de la amenaza de las pendientes y de la coincidencia de zonas con alta inclinación y depósitos de materiales susceptibles de ser removidos. Tal como se observa en el mapa, los sectores más peligrosos y que generan la mayor amenaza están repartidos en distintos puntos de la cuenca, no coincidiendo siempre con la zona de confluencia de los cursos de agua. Los sectores que representan una Alta amenaza se ubican en el área media de la cuenca, coincidiendo ahora si, con la zona de confluencia de los drenes. Por su parte, las zonas que provocan una baja y media amenaza, ocupan casi todo el resto de la cuenca, conformando la mayor parte del área de la misma, y reduciendo al mismo tiempo el grado de amenaza que ésta representa a los sectores urbanos ubicados aguas abajo.

Mapa 8

Cuenca de Ramón: Amenaza de Litología



5.3.1.4. Amenaza Final

En resumen, es posible señalar que la cuenca presenta condiciones de amenaza con valores medios en 2 casos (Vegetación y Litología) y alto en uno (Pendientes). Según la amenaza promedio de cada una de las variables se presenta lo siguiente:

Cuadro 14: Amenaza Final

Variable	Amenaza Promedio	Amenaza Aproximada
Pendientes	3,44	3
Tipo de Vegetación	2,27	2
Litología	2,26	2
Cuenca	**2,66**	**3**

Se observa que la cuenca posee en promedio una amenaza 3 o Alta, de acuerdo a los resultados obtenidos de forma parcial. De igual forma, se realizó la superposición de las áreas de amenaza a fin de obtener el mapa de amenaza final, donde se aprecia una situación similar a la obtenida de forma preliminar. Tal como se señaló en la metodología:

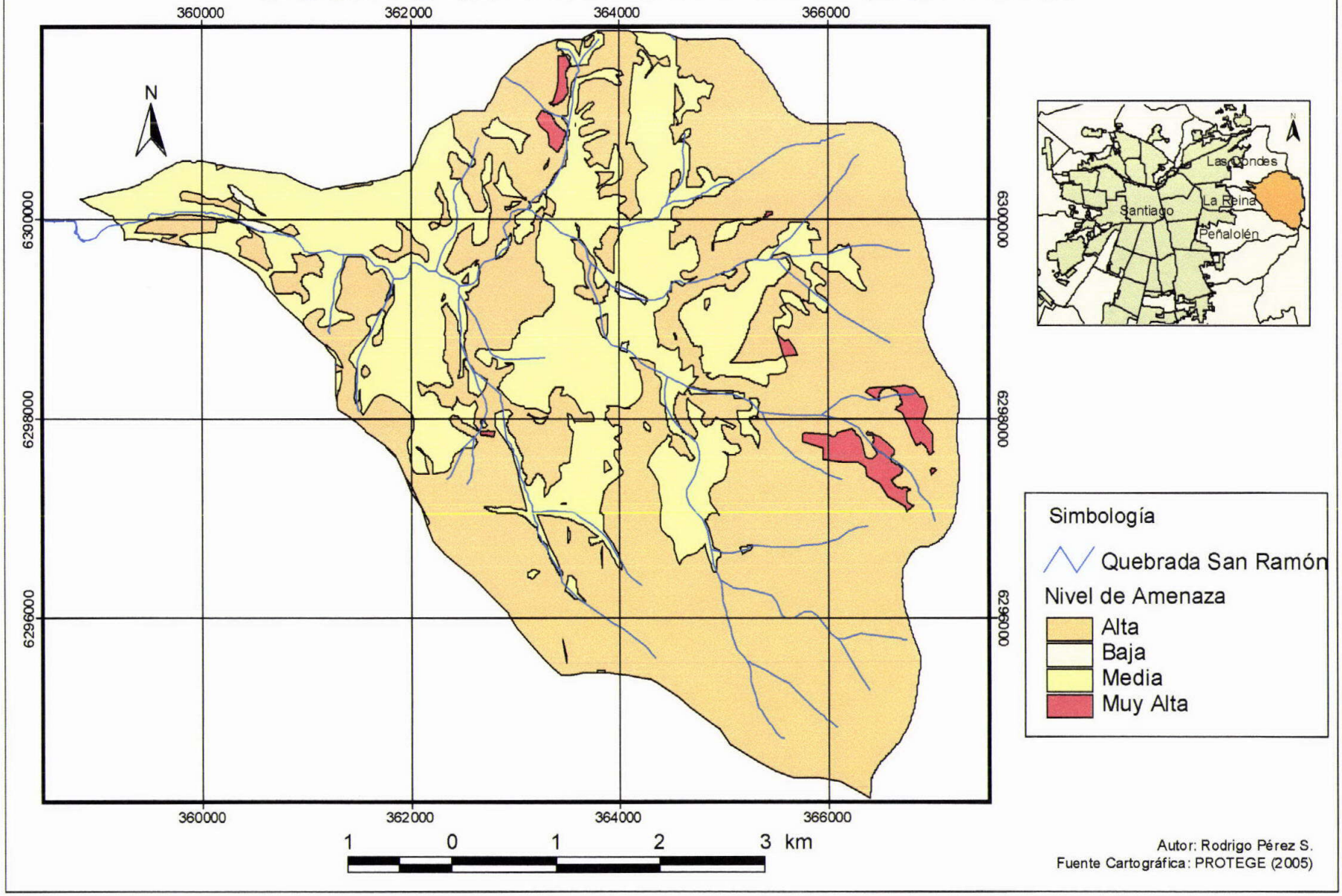
Cuadro 15: Amenaza Total de la cuenca

Intervalo	Amenaza	Valor Amenaza	Área (Km^2)	Área (%)
3 – 4	Baja	1	0,1	0,27
5 – 7	Media	2	11,7	32,29
8 – 10	Alta	3	23,87	65,87
11 – 12	Muy Alta	4	0,57	1,57
Total	**Alta**	**2,68**	**36,24**	**100**

Por tanto la amenaza total de la cuenca es 3, lo que se comprobó a través de los dos métodos señalados. De cualquier manera, cerca del 70% de la cuenca presenta amenaza alta y más del 30% representa amenaza media. La amenaza Baja y Muy Alta tienen comparativamente escasa representación en la carta de Amenaza Final, con valores aproximados de entre 0,3 y 1,5% respectivamente.

Mapa 9

Cuenca de Ramón: Amenaza Final



De la observación del mapa es posible evidenciar el claro predominio de las zonas de Alta amenaza a lo largo de toda la cuenca a excepción de la zona de contacto, donde la amenaza varía a valores en general más bajos. Las zonas de amenaza Muy Alta tienden a presentarse en zonas que no son de preocupación inmediata, puesto que se encuentran muy alejadas de la zona de descarga de la quebrada. Una de ellas se ubica en la zona norte de la cuenca, mientras que la más importante, dada su extensión se ubica en la zona oriente de la cuenca. Las zonas de Amenaza Media dominan el sector medio de la cuenca, donde confluyen los drenes, y el sector final de desagüe de la cuenca. Finalmente los sectores con amenaza Baja se encuentran entremezclados con el resto de los sectores de distinta amenaza, no teniendo una zona particular de presentación, y siendo bastante escasa su extensión.

5.3.1.5. Área de alcance del flujo: Amenaza sobre área urbana

Esta etapa del estudio corresponde a la Discusión de Prioridades de la Metodología AIDEP y se estableció en función de los resultados obtenidos y la información previamente recabada. La zona prioritaria de análisis se obtuvo dado la recurrencia de los eventos aluvionales sobre la misma área, situación que fue establecida en el primer punto de los resultados (5.1. Resumen de situaciones de riesgo hidrometeorológico en la comuna de La Reina). En este sentido el mayor aporte lo ha brindado Naranjo y Varela (1993) y Naranjo y Hauser (2005), quienes han señalado que en los aluviones de 1993 y de 2005, la zona mayormente afectada ha sido aproximadamente la misma. Las calles de mayor recurrencia de eventos, por tanto, comienza por Valenzuela Puelma, pasando por el Parque Intercomunal de La Reina hasta el Country Club, se desvía hacia el sur a la altura de la calle Florencio Barrios, extendiendo el flujo hasta llegar al Canal San Carlos, teniendo como límite sur la calle Simón Bolivar y límite norte la calle Príncipe de Gales, para el caso del evento de 1993. En tanto, para el evento de 2005, si bien las características se mantuvieron, el flujo estuvo mucho más controlado, extendiéndose hacia el sur

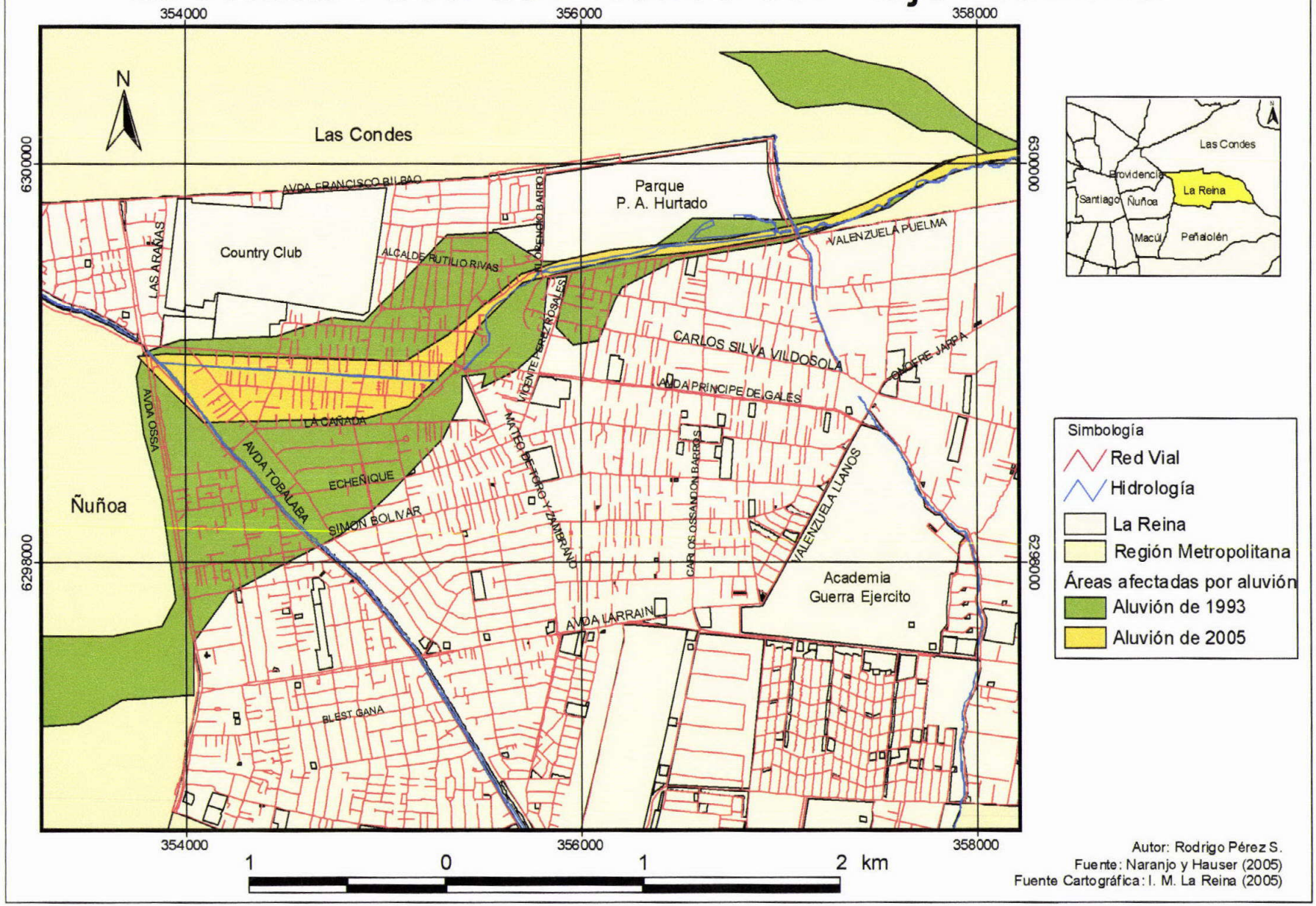
sólo hasta la calle La Cañada, en la zona del Parque La Quintrala, para terminar en el Canal San Carlos. Según los autores señalados, para el caso del año 1993 el área cubierta por materiales aluvionales alcanzó alrededor de 1 km de extensión hacia el sur del canal San Ramón, en tanto que hacia el norte de dicho canal solo se extendió alrededor de 0,7 km.

Tal como se mostró, lo mismo sucedió el año 2005, pero con efectos menores. En este caso el flujo sólo se extendió por alrededor de 0,5 km hacia el sur, sin manifestarse hacia el norte del canal San Ramón, manteniéndose controlado hacia éste sector, para finalmente desembocar en el canal San Carlos. La Avenida Príncipe de Gales fue una de las principales afectadas por tales aluviones, registrándose muchas viviendas y locales anegados (ONEMI, 2005b).

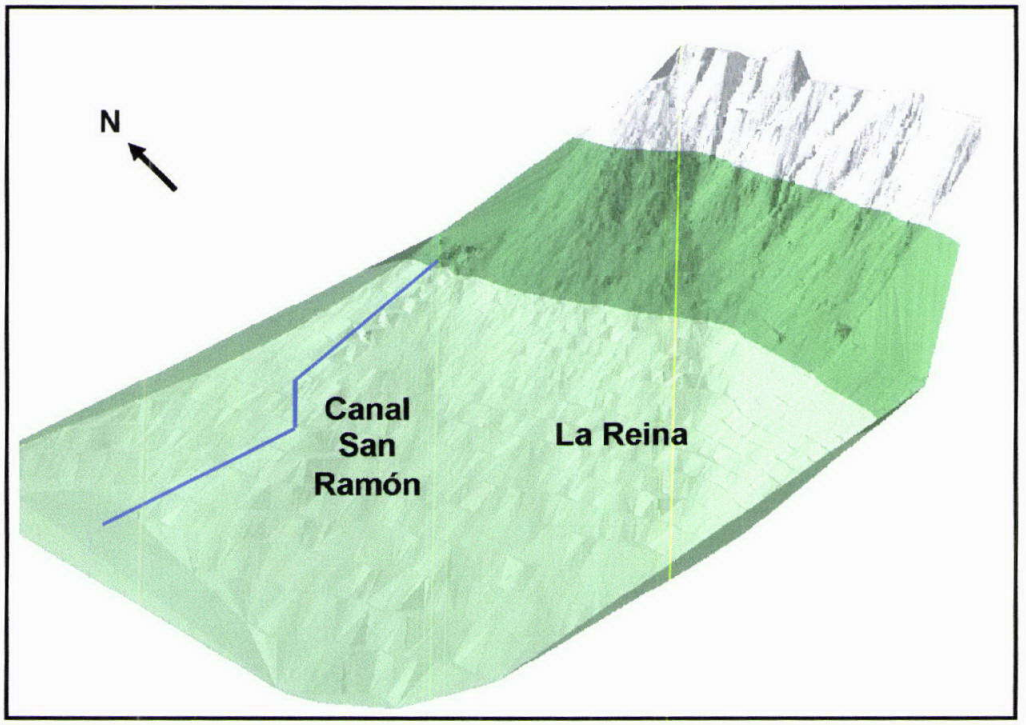
El área de alcance del flujo se extiende en sentido Oriente – Poniente, de acuerdo a la inclinación del terreno y siguiendo el curso del Canal San Ramón. El canal, pasando la calle Vicente Pérez Rosales, se desvía hacia el sur, desviando de igual forma el flujo aluvional, no obstante luego el cauce del canal se desvía nuevamente para retomar su anterior sentido, produciendo que el flujo se descargue en la zona. De esta forma anega desde Príncipe de Gales hasta Simón Bolivar, en el sector de Av. Tobalaba, y más hacia el poniente, el flujo llega incluso hasta la altura de la Av. Larraín, en el límite comunal poniente. La descarga del flujo y el alcance que posee éste se ve beneficiado, además de la dirección del curso del canal San Ramón, por pendientes más bajas de lo normal en la zona de descarga y en todo el curso del canal. Esto ayudaría a explicar la existencia de sectores mayormente afectados de forma recurrente.

Mapa 10

La Reina: Área de Alcance del Flujo Aluvional



Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente: Naranjo y Hauser (2005)
Fuente Cartográfica: I. M. La Reina (2005)



En la imagen se puede observar que en la zona de desarrollo del canal San Ramón, las pendientes son levementes más bajas, y el relieve se presenta bastante accidentado (mayormente hacia el sur de la comuna). La inclinación propia del área pre – cordillerana es evidente y se expresa en las diferencias altitudinales que se ven representadas por los colores mostrados. Si bien la imagen presenta sus diferencias altitudinales exageradas, estas sirven para mostrar de forma más clara el porqué de las áreas comúnmente afectadas por aluviones.



Foto 1: Esquina Príncipe de Gales y Mateo de Toro y Zambrano. Arreglos en zona de aluvión de 2005.

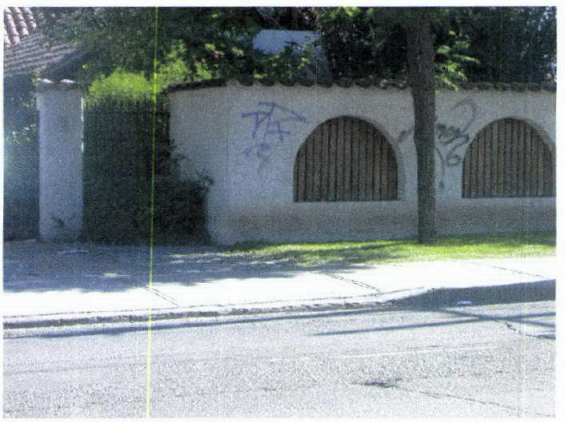


Foto 2: Vivienda de Príncipe de Gales con marcas de aluviones. (Fotografía basada en imagen de Naranjo y Hauser, 2005)

Finalmente, el trabajo de terreno corroboró y ayudó a la comprensión de todo lo anteriormente señalado. Las principales observaciones tratan sobre el desarrollo del canal San Ramón en la zona urbana y las deficiencias en su configuración. El cauce del canal San Ramón se desarrolla sin problemas, aún cuando hayan grandes flujos de barro y detritos, por toda el área hasta su llegada al sector de conjunción de las calles Axel Munthe y Florencio Barros, a un costado del Parque P. Hurtado. En tal zona el cajón del canal se reduce a menos de la mitad del cajón aguas arriba. De esta forma, en épocas de grandes lluvias, al producirse remoción en masa y arrastre de materiales no consolidados hacia zonas más bajas de la cuenca, éstos colapsan el cajón impidiendo el libre paso del agua, produciéndose un desborde de las mismas. Esto genera graves consecuencias para quienes viven en tal zona, ya que sus viviendas quedan anegadas completamente, produciéndose graves daños materiales a tales viviendas. En entrevistas personales con os habitantes de tal parte de la comuna, éstos denuncian caídas de los muros de las casas y pérdidas de bienes producto de lo mismo, de igual forma indican que deben desocupar sus casas para tales fechas por lapsos de 1 a 3 meses a espera de los arreglos. Hay coincidencia de que el evento que mayores problemas ha traído fue el de 1993. Como consecuencia del desborde del canal en tal zona, se genera una corrida de las aguas por las calles, las que llegan hasta la esquina de Av. Tobalaba con Av. Ossa (2 km. hacia el poniente), donde se disipan en gran parte. Los sectores más afectados son los mismos tanto para el año 1993, como para el año 2005, y las características denunciadas para el desborde de las aguas también coincide. La zona de mayor riesgo es la señalada, y se extiende hasta la esquina de Mateo de Toro y Zambrano con Príncipe de Gales, por alrededor de 700 m. En dicha esquina de confluencia de las aguas se encuentran una serie de locales comerciales (Bencineras, Supermercados, Restoranes y Almacenes), no obstante la gran cantidad de viviendas contiguas a tales establecimientos. De ésta forma, tal zona debiera ser considerada prioritaria de análisis y aquella donde deban focalizarse los esfuerzos, a fin de solucionar el problema y mitigar el riesgo.



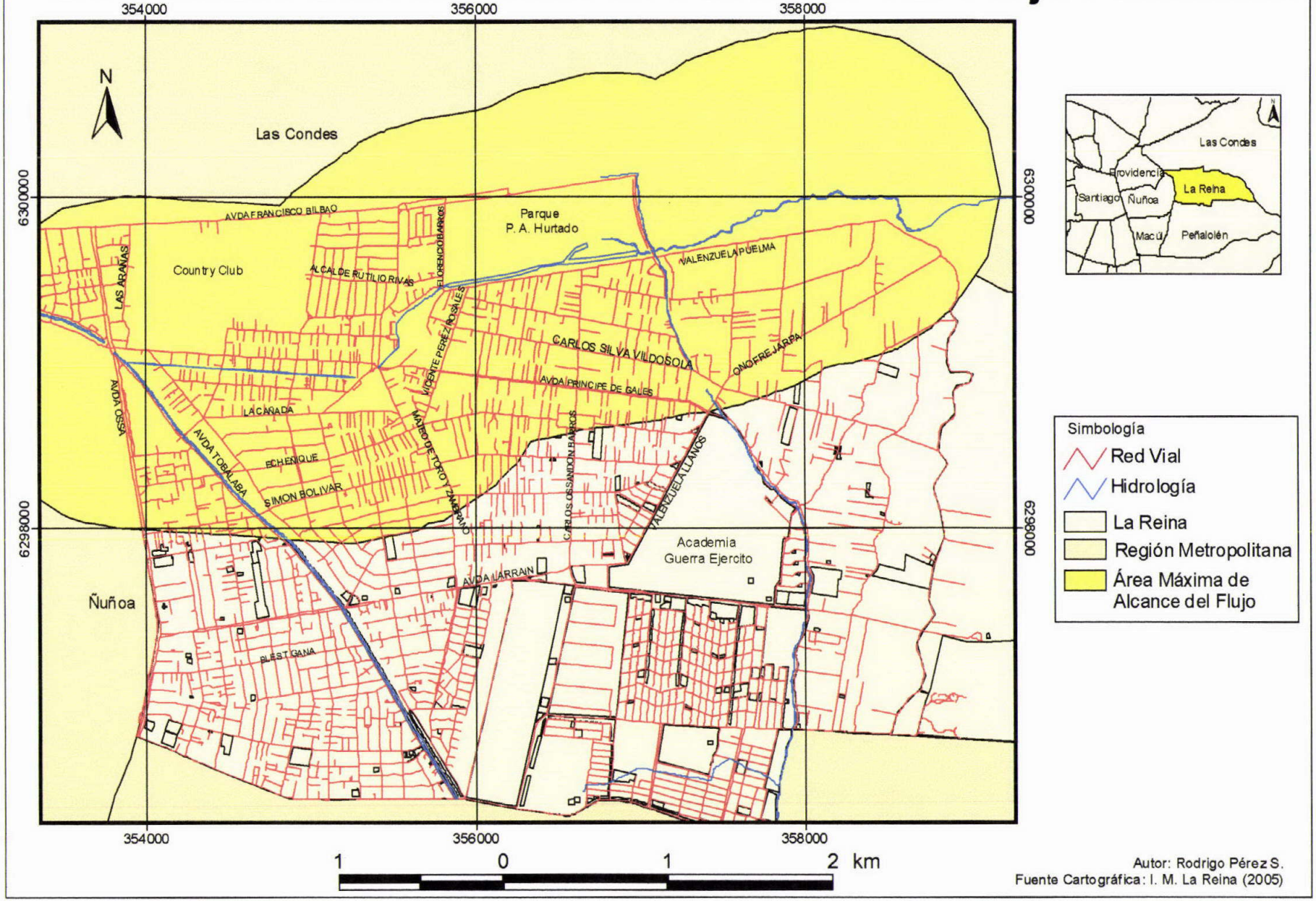
Foto 3: Quebrada San Ramón. Acumulación de detritos en sector de Padre Hurtado con Valenzuela Puelma. Se observa el gran ancho que posee la quebrada en tal zona.



Foto 4: Canal San Ramón. Esquina de Axel Munthe con Florencio Barros. El canal se vuelve angosto y tiene poca capacidad de sostener un gran caudal.

Mapa 11

La Reina: Área Máxima de Alcance del Flujo Aluvional



Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente Cartográfica: I. M. La Reina (2005)

En función de lo anterior, para el presente estudio se estableció un área prioritaria de análisis generada con un buffer de 1 km hacia cada lado del canal San Ramón, responsable de transportar los sedimentos y el agua proveniente de la quebrada San Ramón hasta el Canal San Carlos, casi en el límite poniente de la comuna. Dicho buffer abarca todos los sectores afectados por los aluviones antes señalados en la comuna de La Reina, extendiéndose hacia zonas no afectadas con anterioridad, pero que puedan resultar potencialmente riesgosas.

5.3.2. Vulnerabilidad

Tal como se explicó en la metodología, solo la variable Uso del Suelo define la vulnerabilidad del área de estudio para el análisis cartográfico. Las otras dos variables fueron comentadas y analizadas en la definición de las características humanas del área de estudio. De esta forma, el uso del suelo comunal es la única variable a cuantificar y calificar para definir la vulnerabilidad.

Cuadro 16: Vulnerabilidad de Usos del Suelo

Tipo de uso de suelo comunal	Amenaza	Valor Vulnerabilidad	Área (Km^2)	Área (%)
Áreas Verdes y Sitios Eriazos	Baja	1	8,91	36,62
Infraestructura y Equipamiento	Media	2	1,94	8
Servicios – Comercio	Alta	3	0,02	0,1
Vivienda – Mixto	Muy Alta	4	13,46	55,3
TOTAL	**Alta**	**2.74**	**24,33**	**100**

El cuadro muestra que la comuna de La Reina posee en términos generales una Vulnerabilidad Alta, esto debido a su alto carácter residencial. La vulnerabilidad no tiene un valor mayor debido a la gran cantidad de áreas verdes que posee la comuna, muchas de las cuales se encuentran en la zona considerada como no urbana. De descontar éstas áreas y analizar solo el sector urbano de la comuna, el resultado es distinto y la vulnerabilidad aumenta hasta Muy Alta. Es importante señalar que estos resultados son preliminares y

corresponden al análisis de toda el área que abarca el límite comunal, aún cuando muchas de éstas zonas se encuentran en sectores alejados del canal San Ramón, donde no se han registrado zonas amagadas por aluviones debido a la quebrada del mismo nombre. El análisis más detallado de aquellas áreas que merecen una alta preocupación, se realiza en el punto siguiente del estudio.

Es posible definir la zona urbana de la comuna de La Reina como un área básicamente residencial, lo que le otorga una vulnerabilidad Muy Alta en general. No obstante lo anterior el sector por donde ingresa la quebrada San Ramón hacia la comuna es definido según el plan regulador para usos de áreas verdes, y se ubica en tales sectores el Parque Padre Hurtado, y más hacia el poniente el Country Club, que son de vulnerabilidad Baja, siendo éstos dos de los parque más grandes de la comuna en los sectores de riesgo. Más hacia el sur, luego de la Av. Larraín, entre las calles Jorge Alessandri y Diputada Laura Rodríguez Comini, se ubica el Parque Industrial, que resguarda al sector dicho. El resto de las áreas verdes urbanas son bastante restringidas, a excepción quizás del Parque Tobalaba, que si bien no posee una gran área, se desarrolla por una gran extensión atravesando la comuna de Norte a Sur, en el sector del Canal San Carlos y la Avenida Tobalaba. Los sectores de Vulnerabilidad Media están repartidos por la comuna, sin embargo, dada la extensión que ocupan, se concentran en el área sur oriente de los límites urbanos, por el funcionamiento de la Academia de Guerra y Ejercito, el Aeródromo Eulogio S. Errázuriz, la I. Municipalidad de La Reina y El Centro Deportivo Talinay. En los sectores cercanos y en las zonas más hacia el oriente se encuentran diversos centros educacionales que, también son de vulnerabilidad Media. Dentro de los sectores con Alta vulnerabilidad destaca la Planta de Áridos que se encuentra ubicada en los márgenes sur del Parque Padre Hurtado en la zona de avance del curso de la quebrada San Ramón, lo que lo convierte en una zona de preocupación, debido a la presencia de materiales posibles de ser arrastrados por las aguas que escurrirían en tal sector.

Mapa 12
La Reina: Vulnerabilidad Usos del Suelo



Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente Cartográfica: I. M. La Reina (2005)

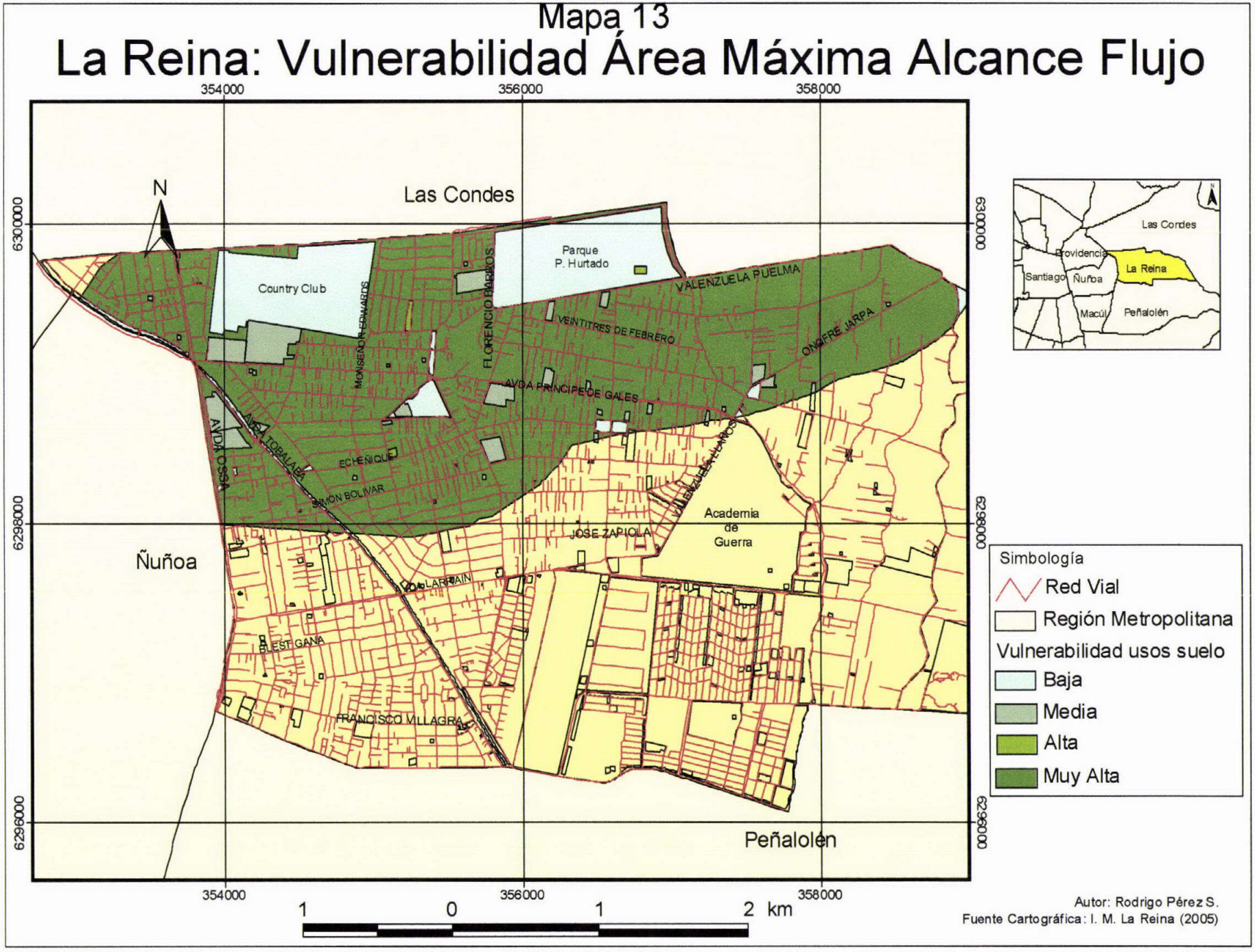
Las zonas de vulnerabilidad Muy Alta, tal como se muestra en el mapa, corresponde a la gran mayoría del área de estudio, dado su carácter residencial. El hecho de que los sectores residenciales correspondan a casas y no a departamentos, los vuelve aún de mayor preocupación ante eventos aluvionales, puesto que estos procesos afectan preferentemente el primer piso de las construcciones. En el caso de la comuna de La Reina, tal como se ha mostrado, el número de casas es muy superior al de departamentos en edificios, y si a esto sumamos el resto de viviendas que no aparecen como casas en la clasificación, el número es aún mayor. Sólo basta señalar que los departamentos en edificios corresponden al 14% del total de viviendas en la comuna, por lo que el 86% restante corresponde a casas o alguna de sus variaciones (ver cuadro N° 6 Y Gráfico N° 2), del cual el 84% corresponden a la denominación Casas.

5.3.2.1. Vulnerabilidad Área Máxima de Alcance del Flujo

Según lo previamente señalado, el área de alcance del flujo corresponde a un sector definido y que ocupa sólo una parte del área comunal. De ésta forma, es necesario conocer la vulnerabilidad de ésta área, a fin de luego poder establecer el riesgo a que se encuentra expuesto. Cabe destacar, que la gran parte del área de estudio posee una Muy Alta Vulnerabilidad, sobretodo hacia los sectores hacia donde escurrió el flujo de barro y escombros (hacia el sur del canal). Hacia el norte del canal hay extensas áreas verdes que representan una Baja Vulnerabilidad, además de varios puntos de vulnerabilidad media. Resaltan, por su Alta vulnerabilidad, dos sectores, el Paseo Nueva Delhi y la Planta de Extracción de Áridos, ésta última en el curso del canal, al interior de los límites del Parque P. A. Hurtado. La Planta mencionada, no es altamente vulnerable en sí, pero reviste de una mayor vulnerabilidad a todos los sectores aguas abajo, de ahí la importancia de destacarlo.

Mapa 13

La Reina: Vulnerabilidad Área Máxima Alcance Flujo



El Paseo Nueva Delhi, se encuentra al norte del Parque La Quintrala, entre el Country Club y el Parque P. A. Hurtado, y constituye el otro punto de importancia por la gente que reúne, aún cuando ésta tendería a guarecerse en caso de una gran lluvia, razón por la cual los lugares de mayor vulnerabilidad son las viviendas.

Cuadro 17: Vulnerabilidad Área Máxima de Alcance del Flujo Aluvional

Tipo de uso de suelo Área de Estudio	**Amenaza**	**Valor Vulnerabilidad**	**Área (Km^2)**	**Área (%)**
Áreas Verdes y Sitios Eriazos	Baja	1	1,19	16,6
Infraestructura y Equipamiento	Media	2	0,31	4,3
Servicios – Comercio	Alta	3	0,02	0.2
Vivienda – Mixto	Muy Alta	4	5,66	78.9
TOTAL	**Alta**	**3,414**	**7,73**	**100**

Del análisis del cuadro queda corroborado lo anteriormente señalado. Cerca del 80% del área máxima de alcance del flujo posee una vulnerabilidad Muy Alta, situación que resulta preocupante. Del 20% restante, casi todo corresponde a sectores de baja vulnerabilidad (16,6%), mientras que los sectores de servicio y comercio no poseen una gran representación espacial, que corresponden a vulnerabilidad Alta. En resumen se ve corroborado lo expuesto en el mapa anterior.

5.4. Riesgo

El riesgo, tal como se definió anteriormente, corresponde al producto de la Amenaza y las distintas Vulnerabilidades. Se determinó que la amenaza promedio de la cuenca es de 3 o Alta, al mismo tiempo que gran parte del área de estudio en la comuna de La Reina posee vulnerabilidad 4 o Muy Alta debido al carácter residencial de la comuna. La amenaza de la cuenca de la quebrada San Ramón debió de relacionarse con el área de alcance del flujo a fin de encontrar los sectores donde es probable que se

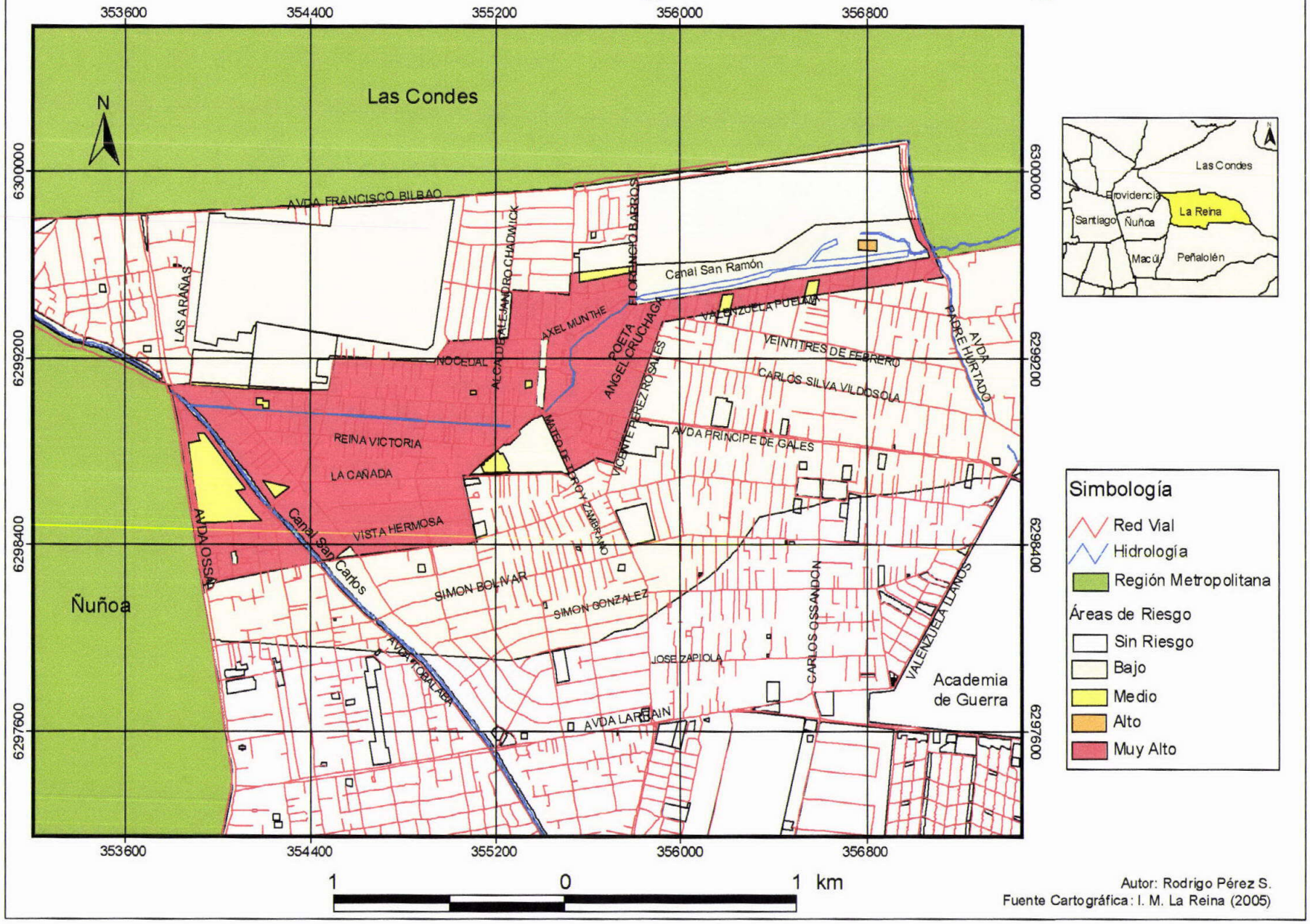
genere riesgo hidrometeorológico, descontando, de ésta forma, aquellos sectores alejados del flujo del canal.

Si el análisis de riesgo se realizara para toda la comuna se estaría induciendo a un error de apreciación, entregándose resultados que pudieran resultar preocupantes, ya que, como la comuna posee mayoritariamente un uso residencial del suelo, sería casi por completo riesgosa. Por tanto, las áreas definidas para este estudio como de de mayor riesgo son aquellas zonas de uso de suelo residencial, cercanas al área de descarga del flujo aluvional. Éstas zonas ya fueron definidas en la elección del área de alcance del flujo previamente definida. En la zona de avance del flujo se encuentran, como ya hemos visto, 2 grandes parques, el Country Club y el parque P. Hurtado, los que se hayan muy bien ubicados, desde el punto de vista de la mitigación de daños, sin embargo la mayor parte del área de alcance del flujo es de uso residencial (vivienda y mixto). Las zonas de otros usos, se encuentran bastante restringidas y, a excepción de la Planta de extracción de áridos ubicada en el curso del canal, que constituye un peligro por el material posible de arrastrar, no revierten, en extensión al menos, gran importancia.

Cuadro 18: Riesgo a nivel comunal

Riesgo	Valor Riesgo	Área (Km^2)	Área (% del total comunal)
Nulo *	0	16,6	68,23
Bajo	1	6.14	25,24
Medio	2	0,09	0,37
Alto	3	0	0
Muy Alto	4	1.5	6,16
TOTAL Comuna	**0,5**	**24,33**	**100**

La Reina: Áreas de Riesgo Hidrometeorológico



Autor: Rodrigo Pérez S.
Fuente Cartográfica: I. M. La Reina (2005)

Si se analiza la comuna entera, se encuentra que las áreas sin riesgo (ubicadas fuera de la zona de alcance del flujo aluvional) abarcan un espacio mucho mayor que cualquiera de las otras áreas. Esto sin duda, debido a que el área de alcance del flujo aluvional representa tan solo el 31,8% del área comunal total. Las zonas con riesgo Muy Alto, que abarcan un 6,16% del área total comunal, corresponden a zonas de uso residencial, ubicadas dentro del área de alcance del flujo, esto sin perjuicio de que casi la totalidad de la comuna posee tal uso del suelo, pero que al estar en zonas no amenazadas por el alcance del flujo, no generan riesgo. En términos generales, la comuna presentaría un riesgo Bajo, según el promedio obtenido de cada una de sus áreas, no obstante, como sabemos, este análisis se encuentra sesgado (de forma intencional en esta parte del estudio) por la existencia de una amplia zona de riesgo 0, que reduce el valor final. De cualquier forma resulta igualmente notable la amplia existencia de zonas con Muy alto riesgo.

Cuadro 19: Riesgo en área máxima de alcance del flujo

Riesgo	**Valor Riesgo**	**Área (Km^2)**	**Área (% del área de alcance)**
Bajo	1	6.14	79,43
Medio	2	0,09	1,16
Alto	3	0	0
Muy Alto	4	1.5	19,4
TOTAL: Área de Alcance del Flujo	**3,41**	**7,73**	**100**

Si el análisis se hace sólo del área de alcance del flujo aluvional, la situación no cambia radicalmente. Cerca del 80% del área de alcance del flujo posee un riesgo calificado como Bajo, dada la zona donde se encuentra. Las zonas de riesgo muy alto abarcan, sin embargo, cerca del 20% del área de alcance del flujo. Las zonas de riesgo medio son bastante restringidas y representan un poco más de 1% del área de alcance del flujo, de la misma forma que las zonas de riesgo alto no alcanzan a tener una representación espacial destacada (0%).

En la zona señalada se encuentra una gran cantidad de población en riesgo. Según lo expresado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1996), el sector ubicado aguas abajo del canal Las Perdices, corresponde al sector urbano donde el depósito aluvional presenta su mayor extensión lateral, por lo que resulta afectada una población de más de 25.000 habitantes y 6.000 viviendas aproximadamente.

5.5. Planificación

5.5.1. Medidas de prevención previamente propuestas

Tal como se señaló previamente, desde hace un buen tiempo que existe una cierta preocupación por el estudio de los problemas mostrados en el escrito. De igual forma, diversos autores han tratado de plantear soluciones posibles a fin de disminuir el riesgo de la población de las comunas del pie de monte de Santiago particularmente. Las medidas de mitigación propuestas por los autores consultados para eventos similares en las diversas cuencas y quebradas por ellos estudiadas es lo que a continuación se muestra, teniendo especial preferencia por las medidas planteadas en función de la quebrada San Ramón y los problemas asociados a aluviones en la comuna de La Reina.

Garrido (1987), determina áreas de ocupación favorable y áreas que son riesgosas para el establecimiento humano en relación con riesgos naturales (que incluyen desde remoción en masa hasta sismos). Éste estudio realizado a través del análisis de las pendientes define los siguientes usos:

Cuadro 20: Clasificación de uso del suelo

Clasificación	Restringido a Inadecuado	Favorable a Restringido	Óptimo
Descripción	Terrenos constituidos por escombros de falda ubicados próximos a altos tipográficos y en relieve abrupto (> 40%). Llanura de inundación del Mapocho requiere supervisión técnica para su habilitación.	Terrenos pertenecientes al piedemonte, especialmente se destacan los sectores próximos a quebradas y esteros.	Terrenos constituidos por depósitos aluviales de los ríos Maipo y Mapocho y depósitos pulmicíticos.

Fuente: Elaborado por el Autor, basado en Garrido (1987).

Muñoz (1988), en su estudio sobre la quebrada de Macul, define áreas de riesgo en dicha área. Finalmente señala distintas recomendaciones sobre las medidas a tomar, entre ellas la de "*controlar y prohibir en forma absoluta*" cualquier tipo de poblamiento en el área del CME, particularmente aguas abajo del Puente Las Perdices. De igual forma, propone ampliar el cauce protegido de la quebrada, despejarlo de elementos posibles de transportar, establecer obras de control de los de sedimentos para evitar que los más gruesos lleguen a la zona urbana, y establecer un área de protección a ambos lados de las riberas del cauce (imposibilitando el poblamiento en ese sector), entre otras. Las señaladas son aplicables al ordenamiento de cualquier quebrada, es por eso que, aún cuando fueron pensadas en la quebrada de Macul, pueden servir de guía para establecer la experiencia que existe en prevención y las consecuencias de su no realización (recordando que el estudio fue realizado 5 años antes del aluvión de 1993).

Mariangel (1990), si bien no propone medidas de mitigación propiamente tales, señala que el sector este de la cuenca de Ramón no cumple con los requisitos mínimos de seguridad ante eventos hidrometeorológicos, por lo que lo excluye del área que debe ser urbanizada.

Otro estudio, también realizado para la quebrada de Macul como el de Muñoz (1988), y llevado a cabo por Cabello (sin año), señala que existen tres principios fundamentales en el manejo de aluviones, a fin de defender un sector ante la amenaza fluvial. Estos son: **1) Fortalecimiento estructural del sector sensible** (coraza o revestimiento resistente), sin intentar cambiar la dirección del flujo ni la intensidad de su ataque (revestimientos de riberas de río con enrocados o gaviones); **2) Desconcentración o expansión del flujo**, no se cambia la dirección del flujo, pero se atenúa la energía destructiva que trae (muros guardarradieres, encauzamientos, barreras semipermeables); y **3) Inducir el cambio de dirección del flujo**, desviando la energía destructiva hacia sectores menos vulnerables (espigones, deflectores, encauzamientos). Finalmente la propuesta del autor para la solución del problema de la quebrada de Macul está de acuerdo con los principios 2 y 3. Se plantea la construcción de una zanja de desvío hacia una depresión natural existente en la ribera sur, inmediatamente aguas abajo y a la izquierda del cauce de la quebrada, por vía de preferenciar de manera artificial una tendencia natural que se presentó de manera incipiente en el sector durante el evento de 1993, a la cota 900. Esta solución implica que una vez conseguido el desvío por la zanja el flujo se proyecta hacia la hondanada donde necesariamente deberá disipar su energía, por la expansión brusca que experimentará, depositando los materiales de mayor volumen antes de alcanzar los sectores más bajos. Finalmente en la quebrada de Macul la solución adoptada fue la de la construcción de piscinas de decantación que disipen la energía del flujo, de manera de no llegar con tanta fuerza a los sectores más bajos y poseer un mayor tiempo de respuesta ante la ocurrencia de un fenómeno aluvional.

Para Naranjo y Varela (1993), "*la zona distal de descarga gruesa del reciente flujo de la quebrada de Macul y los terrenos adyacentes bajo su área de influencia, deben ser definitivamente excluidos como áreas de viviendas u otros usos de permanencia humana constante*".

El estudio de Ingeniería de Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1996) es el que entrega los mayores aportes de obras a construir para reducir la velocidad y capacidad de arrastre del aluvión. Específicamente para la quebrada San Ramón plantea la construcción de barreras transversales de contención en el lecho, las que estarían "*destinadas a producir el depósito parcial de los sedimentos y consecuentemente, lograr un escalonamiento de su perfil longitudinal*". Según los mismos autores esta obra tendría diferentes costos según el período de retorno y la altura de los muros:

Cuadro 21: Valorización de Obras propuestas. Quebrada de Ramón

Período de Retorno (años)	Alternativa Muro (m)	Costo (miles UF)
50	1	264,9
	2	349,2
	3	445,9
100	1	366,7
	2	484,8
	3	614,4
200	1	520,9
	2	686,4
	3	873,4

Fuente: Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1996)

Corvalán et al (1997), indica que lo más razonable ante este tipo de eventos imprevisibles es definir zonas de restricción (las de mayor riesgo) conjuntamente con la creación de un sistema de alerta temprana (medición de la posición de la isoterma 0°C, temperatura ambiente y pluviosidad) que permita tomar decisiones rápidas y oportunas de evacuación y disminuir las pérdidas humanas y materiales.

Finalmente Naranjo et al (2000), señala, en relación con el aluvión de Santiago de Junio de 2000, que la alta tasa de precipitaciones dejó en evidencia la insuficiencia del sistema de drenaje de la ciudad, para lo cual proponen la construcción de redes de drenaje de mayor envergadura.

5.5.2. Proposición de medidas de Mitigación

Tras el trabajo de terreno en la comuna de La Reina, y el estudio de las medidas propuestas, llama la atención un aspecto fundamental. Tal como se planteó en al definición del área de alcance del flujo, la zona de mayor preocupación resulta ser aquella donde el canal San Ramón se vuelve más angosto y comúnmente colapsa producto de la gran cantidad de materiales de arrastre que trae, desbordando las aguas. En este sentido, la medida a tomar debiera ser la de ocupar y/o expropiar aquellas zonas cercanas al canal San Ramón, en la zona descrita y agrandar el cauce del canal a fin de que las aguas sigan escurriendo aguas abajo, de forma natural. El canal debería agrandarse hacia el sur, siguiendo el actual sentido que tiene el mismo, ocupando los terrenos definidos como M4 por el Plano Regulador Comunal, que están destinados a Áreas Verdes de Nivel Comunal, pero que sin embargo no aparecen como tales en el Plano de Equipamiento de la comuna. En el trabajo de terreno se observó que tales terrenos corresponden a áreas verdes, pero que sin embargo poseen viviendas muy cerca, tales como el Condominio Poeta Ángel Cruchaga, comúnmente anegado. La extensión del canal hacia dicha zona permitiría que éste se agrandara lo suficiente como para disminuir los problemas asociados al desborde del mismo. Según lo señalado, la observación del Plan Regulador Comunal y las observaciones de terreno, la capacidad del canal podría aumentarse en más del doble del actual cauce, permitiendo de esta manera un mejor control de las aguas que arrastra durante fenómenos aluvionales. Es necesario determinar, antes de llevar a cabo este proyecto, cual es la capacidad necesaria del canal para no producir el desborde de las aguas, situación que debieran abordar estudios posteriores. En este sentido se hace necesaria la cooperación e integración de diversas disciplinas, tanto de la ciencia pura (geología, geografía, climatología, etc), como de las ciencias aplicadas (principalmente ingenierías).

Otra solución interesante, concordando con Corvalán et al (1997), es la implementación de un sistema de alerta propio de la comuna, que, en conjunto con entidades científicas, logren monitorear las condiciones climáticas de la zona (altura de la isoterma 0°, monto de precipitaciones, intensidad y periodicidad de las mismas, etc.) y generar informes que mantengan a la comunidad al tanto de las medidas inmediatas a tomar (estado de alerta, sectores que deben ser evacuados, etc.). Esto debería formar parte de un sistema mayor donde se coordinen todas las fuerzas vivas de la comuna (Bomberos, Carabineros y Personal Municipal) y se tomen decisiones a partir de los informes científicos del sistema de alerta.

De mayor dificultad resulta plantear soluciones aguas arriba del canal, puesto que la cuenca de Ramón le pertenece jurisdiccionalmente a la comuna de Las Condes y no a La Reina, por lo que, para implementar soluciones eficientes, deberían de aunarse los esfuerzos de ambas comunas. En este sentido un punto de partida importante puede ser la congregación de comunas de santiago oriente, las que han desarrollado "Protege", que es un programa destinado a la conservación, protección, cuidado y enseñanza de la zona cordillerana de santiago. A este programa habría que ahora sumarle el conocimiento de la dinámica de la zona cordillerana de Santiago, a fin de lograr determinar también, cuales son los procesos que estas áreas desencadenan sobre las zonas urbanas de las comunas que integran dicha iniciativa y los problemas asociados a la urbanización de la pre – cordillera, teniendo en cuenta siempre que una de las problemáticas de éste tipo de estudios, es precisamente el hecho de que la mayor cantidad de riesgos se generan en zonas alejadas de donde se presenta el fenómeno detonante.

Finalmente, de más está señalar que una de las principales medidas de mitigación ante tales tipos de fenómenos naturales, es el mantenimiento y limpieza constante de las obras hidráulicas que permiten el correcto funcionamiento del canal, a fin de no bloquear el paso de las aguas,

impidiendo su desborde en épocas donde las lluvias sean intensas y prolongadas.

6. CONCLUSIONES

Ha sido posible el determinar zonas que son de preocupación respecto al riesgo hidrometeorológico que representan al interior de la comuna de La Reina. Los lugares de interés fueron identificados y cartografiados de forma tal de no inducir a errores en su ubicación, y éstos fueron el resultado del análisis de una serie de variables, complementadas con registros históricos sobre zonas afectadas. Se pudo demostrar una gran correspondencia entre el análisis de las variables propuestas en el presente estudio para la determinación de zonas de riesgo y los sectores comúnmente afectados por aluviones, los que deben su ocurrencia en gran parte a lo explicado hasta acá. Las zonas más afectadas por aluviones y calificadas con mayores niveles de riesgo son aquellas cercanas al canal San Ramón, que coincide con sectores de topografía levemente accidentada, particularmente en el cruce de las calles Axel Munthe y Florencio Barros, donde el canal se vuelve más angosto produciendo el desborde de las aguas, por el bloqueo del paso de las mismas, producto de la acumulación de materiales de arrastre. En dicho sector, definido como el punto de partida del problema suscitado unas cuadras más abajo en las calles Príncipe de Gales y Mateo de Toro y Zambrano, se producen graves peligros para los habitantes y las viviendas aledañas. Es este el lugar de mayor importancia y el punto clave sobre el cual trabajar para reducir la amenaza a la cual se ve expuesta la población de la comuna, aún en lugares alejados de la zona señalada. Se hace necesario dirigir y coordinar los esfuerzos de todos los actores comunales, en particular Bomberos, Carabineros y personal municipal, y generar un programa de apoyo en caso de aluviones, a fin de lograr una comunicación expedita por canales y encargados previamente establecidos entre las partes, quienes tomen las medidas necesarias y a tiempo.

Como punto de partida de las medidas propuestas señaladas, resulta clave la implementación de un sistema de alerta temprana propia de la comuna, donde se monitoreen las variables específicas detonantes de eventos de potencial riesgo hidrometeorológico sobre el sector urbano. A más largo

plazo quizás (o en conjunto), se hace necesario el aumentar la capacidad del canal San Ramón en la zona definida como M4 en el Plan Regulador Comunal, agrandando su cauce en función de las necesidades mínimas para su correcto funcionamiento en momentos de altas precipitaciones. El tamaño mínimo del canal debiera de ser definido en función de un trabajo multidisciplinario, a fin de conjugar todas las variables necesarias y obtener un resultado eficiente y eficaz en la mitigación del riesgo.

Finalmente, es importante generar conciencia respecto de la problemática que involucra el crecimiento horizontal de las ciudades, en este caso particularmente cuando este crecimiento se realiza hacia las zonas cordilleranas. Uno de los graves problemas de este tipo de crecimiento es la pérdida de suelos capaces de infiltrar las aguas provenientes de las precipitaciones, ya que el cemento genera que las aguas escurran buscando los sectores más bajos de la ciudad, aumentando el caudal propio de las quebradas y produciendo problemas viales de importancia (saturación de los canales, de los colectores de aguas lluvia, etc), lo que disminuye la capacidad de respuesta de la ciudad ante tales eventos. El otro problema que presenta este tipo de crecimiento o su preferencia antes que el crecimiento vertical de la ciudad, dice relación con el porcentaje de población expuesta a problemas ocasionados por aluviones. Como es sabido, el desborde de las aguas de las quebradas, en este caso la de San Ramón, inunda las viviendas, generando siempre daños sobre los primeros pisos de las mismas, tal como se mostró en las marcas que dejan los flujos sobre las casas. De aumentar la cantidad de población que habite en edificios, disminuye el porcentaje de la misma que se ve afectada por este tipo de fenómenos, al mismo tiempo que desocupa terrenos que pueden servir para configurar un mejor trazado de los canales, volviéndolos más seguros para la misma población. Estas medidas, aplicadas en conjunto, disminuyen la amenaza del alcance del flujo de la quebrada San Ramón, al mismo tiempo que reducen la vulnerabilidad de la población de la comuna de La Reina, generando por tanto, una disminución importante del

riesgo en la comuna, permitiendo una mejor calidad de vida y una mayor seguridad para sus habitantes.

7. BIBLIOGRAFÍA

AGUILÓ, M., et al. Guía *para la elaboración de estudios del medio físico.* Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, 1995.

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA. *Análisis de la vulnerabilidad del sector oriente de la ciudad de Santiago ante la ocurrencia de aluviones y crecidas. R.M.* Informe Final, Vol. I. MOPTT, Dirección de Vialidad, Departamento de Obras Fluviales, Estudio de Ingeniería, Santiago, Chile, 1996.

BAILLON, M. y DÍAZ, M. *Dinámica de las laderas y fondos de valle de la cuenca superior del río Mapocho.* Informe Final de Práctica Profesional para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía, Santiago, Chile, 1987.

BÖRGEL, R. Vulnerabilidad y peligro de desastres en la cordillera chilena (Chile central). *Revista de Geografía Norte Grande*, 1993, n° 20, p. 47 – 54.

CABELLO, M. Conceptos para el manejo de aluviones: El caso de la quebrada de Macul, Santiago – Chile. MOPTT, Departamento de Obras Fluviales, Biblioteca Sernageomin, Chile, sin año.

CASTRO, C. BRIGNARDELLO, L. y CERECEDA, P. Determinación de áreas con riesgo morfodinámico en San Juan Bautista, Isla Robinson Crusoe, Comuna de Juan Fernandez, V Región. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1995, n°40, p. 43 – 61.

CORVALÁN, N. KOVACIC, I. y MUÑOZ, O. Quebrada de Macul: El aluvión del 3 de mayo de 1993, Causas y Consecuencias. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1997, n°42, p.139 – 167.

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Anuario Meteorológico años 1988 – 1996. Fuerza Área de Chile, Dirección General de Aeronáutica Civil, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile. Años de publicación: 1999 – 1997.

GARRIDO, X. Riesgos naturales en sector santiago oriente, Región Metropolitana. Biblioteca Sernageomin, Santiago, 1987.

Ilustre Municipalidad de La Reina. Plan Regulador Comunal de La Reina, Mapa Escala 1:10.000, Santiago, Chile, 2002.

INE. Compendio Estadístico. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago, Chile. Años 1998 – 2000.

INE. Censo de Población y Vivienda 2002. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago, Chile, 2002.

JAQUE, E. Los factores geográficos en los procesos de derrumbe y deslizamiento. Discusión bibliográfica. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1995, n°40, p. 31 – 42.

KROEGER, F. *Caracterización del paisaje natural y determinación de áreas de riesgo físico, en un sector precordillerano de Chile Central, Predio San Carlos de Apoquindo*. Memoria de Título, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1991.

MARIANGEL, W. *Determinación de áreas con riesgo natural. Caso de estudio: Piedmont – Montaña, Comuna de La Reina*. Tesis para optar al título de Geógrafo, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 1988.

MARIANGEL, W. Aplicación al pie de monte de la comuna de la Reina, de un parámetro primordial para la expansión urbana: El riesgo físico. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1990, n°32, p. 51 – 71.

MUÑOZ, O. Quebrada *de Macul: Un factor de desequilibrio físico en la comuna de La Florida*. Tesis de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1988.

NARANJO, J. VARELA, J. *Flujos de detritos y barro que afectaron el sector oriente de Santiago el 3 de mayo de 1993*. Servicio Nacional de Geología y Mineria, SERNAGEOMIN, 1993.

NARANJO, J. ANTINAO, J. IRIARTE, S. FERNÁNDEZ, J. SANTIBÁÑEZ, I. VENEGAS, M. y VILLARROEL, P. *Primer y Segundo Informes Preliminares de evaluación del temporal pluvial que afectó Santiago el 14 de Junio, 2000.* Documento Inédito, SERNAGEOMIN, Santiago, Chile, 2000.

NARANJO, J. y HAUSER, A. *Informe geológico sobre efectos de las lluvias torrenciales del 26 y 27 de Agosto de 2005 en el sector oriente de Santiago.* Servicio Nacional de Geología y Minería, Subdirección Nacional de Geología, Santiago, Chile, 2005.

ONEMI (a). Riesgo Hidrometeorológico. Programa de Formación Profesional en Protección Civil, Nivel 2, Módulo Medio, Documento Inédito, ONEMI, 2005.

ONEMI (b). Resumen de Sistema Frontal 26, 27 y 28 de Agosto de 2005. Documento inédito, ONEMI, 2005.

ONEMI (c). Informe consolidado Sistemas Frontales Sucesivos 10 de Mayo – 15 de Julio 2005. Departamento de Protección Civil, Documento Inédito, ONEMI, 2005.

PERALTA, M. Uso, clasificación y conservación de suelos. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de comunicaciones, Central de divulgación técnica, Chile, 1976, 340 pp.

SELLES, D. La formación abanico en el cuadrángulo Santiago (33° 15' – 33° 30' S; 70° 30' – 70° 45' O) Chile central. Estratigrafía y Geoquímica. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Mención Geología y al Título de Geólogo, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Santiago, Chile, 1999.

SEPÚLVEDA, S. Metodología de evaluación del peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos. *Comunicaciones*, 2000, n° 51, p. 3 – 28.

THIELE, R. *Carta geológica de Chile N° 39*, Escala 1:250.000, Hoja Santiago, Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago, Chile, 1980.

Comunicaciones Orales:

Sr. Fernando Díaz, Geógrafo del Departamento de Protección Civil de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior – ONEMI. Comunicación oral y ayuda sobre Litología.

Sr. Sergio Sepúlveda, Geólogo de la Universidad de Chile. Comunicación oral y ayuda sobre Litología.

En la web:

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Información sobre Climatología en www.meteochile.cl, Chile, 2005.

CONAF – CONAMA. Fotografías aéreas N° 26977 y N° 27874, Escala 1:115.000 en www.sinia.cl, Chile, 2005.

Definición y analisis de áreas de riesgos Hidrometeorologicos en la comuna de la Reina

DATE	ISSUED TO

DEFINICIÓN Y ANALISIS DE ÁREAS DE RIESGOS HIDROMETEORÓLOGICO EN LA COMUNA DE LA REINA

QUEBRADA SAN RAMON

CONEMI

GAYLORD S