

Informe de Diagnóstico de Vulnerabilidad

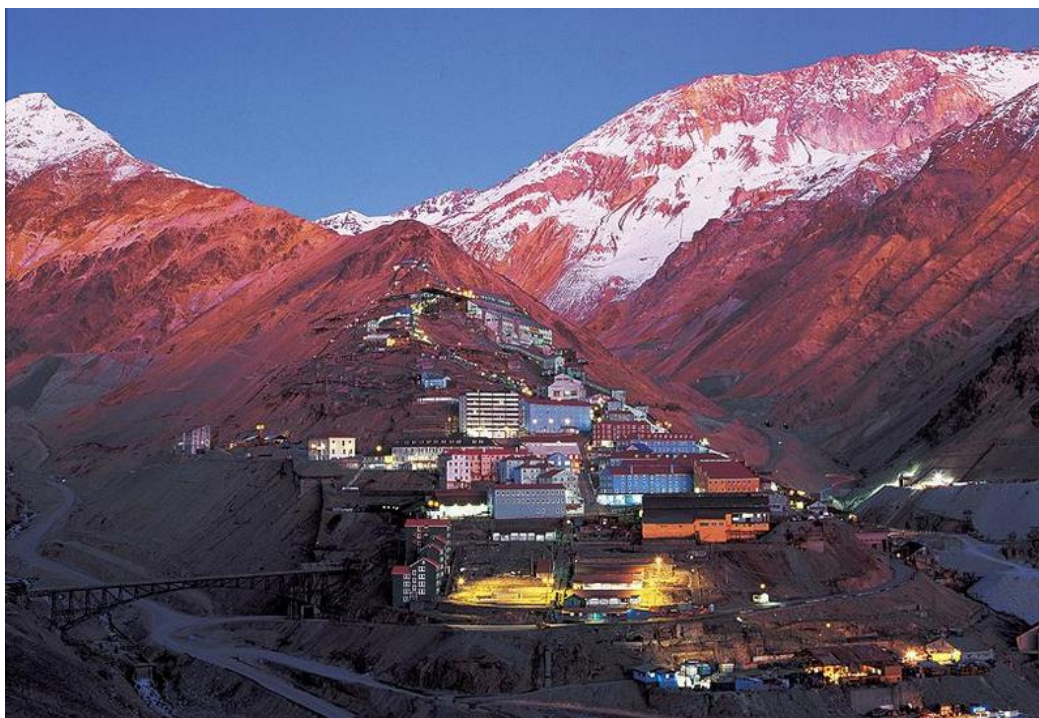
**Comuna Machalí,
Región del Libertador Bernardo O'Higgins**

Informe de Diagnóstico de Vulnerabilidad

**Comuna Machalí,
Región del Libertador Bernardo O'Higgins**

Unidad de Estudios
Diciembre, 2009

**Comuna Machalí,
Región del libertador Bernardo O'Higgins
Área de Estudio**



Contenido

Introducción	5
Ubicación del Área de Estudio	6
Capítulo I: Antecedentes Geográficos	7
1. Descripción del Área de de estudio	
1.1 Marco Físico	
1.1.1 Geomorfología	7
1.1.2 Hidrología	8
1.1.3 Geología	9
1.1.4 Vegetación	9
1.1.5 Clima	10
1.2 Marco Humano	11
Capítulo II: Aspectos de Detalle	
2. Descripción de la Amenaza	12
2.2 Cuadro Resumen Multidimensional	14
2.3 Zonificación del Territorio Comunal	15
Capítulo III	
Conclusiones	25
Bibliografía	27

Introducción

La necesidad de conocer y reconocer en un territorio determinado las condiciones de vulnerabilidad frente a fenómenos de origen natural o generados por la actividad humana, posibilitan orientar en forma adecuada las acciones de planificación y gestión del territorio en forma mas eficiente y eficaz. Producto de este propósito, es que el diagnóstico de vulnerabilidad que se llevó a cabo para la comuna de Machalí, Región del Libertador B. O'Higgins, permitió visualizar bajo una plataforma de análisis de riesgos, como se podría posteriormente intervenir en él, mediante un uso adecuado de los instrumentos de gestión territorial, considerando el proceso de origen natural más relevante para la comuna; como es el fenómeno de Remoción en Masas Asistidas por Agua (flujos de escombros).

En consecuencia, se procedió a realizar un estudio sobre esta amenaza para la comuna de Machalí, la que se encuentra emplazada en un ambiente de montaña, cuya geodinámica es tan relevante que su paisaje esta fuertemente influenciado por este proceso natural, y en la cual se pueden reconocer la dinámica de los factores que intervienen, como asimismo, reconocer los diferentes ambientes de montaña.

La posibilidad de reconocer en el territorio comunal los diferentes ambientes de montañas, tales como el piedemonte, la precordillera y la cordillera andina, permitió profundizar el como estos fenómenos de flujos de escombros son un proceso que es transversal y que de acuerdo a los distintos ambientes van generando dinámica naturales que concatenadas unas con las otras, confluyen en la activación de un "proceso natural" que determina la pérdida del "equilibrio" de las variables que definen el ambiente de montaña (nieves, vegetación, pendientes, precipitaciones, inestabilidad de laderas y materiales, etc), generándose otro estadio de dinámica, que se manifiesta en cambios en la geomorfología y por ende en el paisaje.

Lo anterior, resulta de vital importancia para una adecuada intervención territorial, dado que teniendo presente la geodinámica de los procesos naturales, especialmente de los flujos de escombros, se podrá determinar la vulnerabilidad de aquellos espacios que se quieran ocupar o establecer para la explotación de los recursos naturales con que cuenta la comuna de Machalí. Es allí, donde radica la importancia de desarrollar este análisis para identificar y caracterizar este proceso natural que se constituye en una amenaza para el desarrollo territorial.

Ubicación del Área de Estudio

La comuna de Machalí se ubica en el nor-oriente de la provincia de Cachapoal, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, a 8 km de su capital regional. Colinda con las comunas de Requínoa, Rengo, San Fernando y Codegua. La comuna tiene una superficie de 2.597 km², que equivale al 15,8 % de la superficie regional siendo la de mayor tamaño de la región.



Capítulo I: Antecedentes Geográficos

1. Descripción del Área de Estudio

1.1 Marco Físico

1.1.1 Geomorfología

De acuerdo a lo descrito por Börgel (1983), la comuna se puede dividir en dos secciones que presentan características diferenciadas en cuanto a sus unidades geomorfológicas. La primera sección se extiende entre la zona centro y norte del territorio comunal, donde se observan una gran cantidad de cordones transversales que bajan desde la cordillera formando pequeños valles aledaños a los ríos que drenan desde la cordillera de Los Andes hacia el valle central, en los cuales se localizan algunos poblados como el de Coya.

La segunda sección se extiende desde la zona centro hacia el sur. Se caracteriza por presentar una precordillera un poco mas definida, en la que los cordones transversales son más escasos y se aprecia con una apariencia mas maciza.

Con respecto a las unidades geomorfológicas, el área de estudio presenta tres unidades:

- un pie de monte poco definido
- la precordillera
- la cordillera de retención crionival

Se habla de un pie de monte poco definido, sobre todo en la primera sección antes mencionada, debido a que no se observa como una unidad nítida, sino que se da una mayor presencia de cordones transversales, con poco desarrollo de pie monte.

La segunda unidad geomorfológica (precordillera) es de origen sedimentario y forma una acumulación caótica de materiales glaciales, volcánicos y fluviales dispuestos al pie de la cordillera troncal.

Esta precordillera ha sido denominada por algunos autores como "La Montana" debido a que es un territorio de difícil penetración, producto de sus laderas empinadas, ríos encajonados, materiales fuertemente arcillosos y otros muy permeables (Börgel, 1983).

La Cordillera Andina de Retención Crionival, como la ha denominado Börgel (1983). Según Charrier (1963) es la unidad de mayores elevaciones. Se ha formado por un escalonamiento de bloques levantados por un alzamiento normal. Sus alturas en la región estudiada, sobrepasan los 5.000 m y los portezuelos se encuentran sobre los 4.000 m (Ver Mapa Altitud adjunto).

Se caracteriza por la abundante retención de nieve y de agua en estado sólido, que mantiene a causa del frío de altura.

Una de las principales características de estas formaciones geomorfológicas, son las variaciones en las pendientes de sus terrenos y laderas (ver Mapa de Pendientes adjunto). Mientras en la parte del pie de monte se distinguen rangos de pendientes que van desde 0% a 45%, en la parte de precordillera y cordillera crionival se identifican pendientes desde 45% a 100%, sobrepasando algunos sectores el 100%.

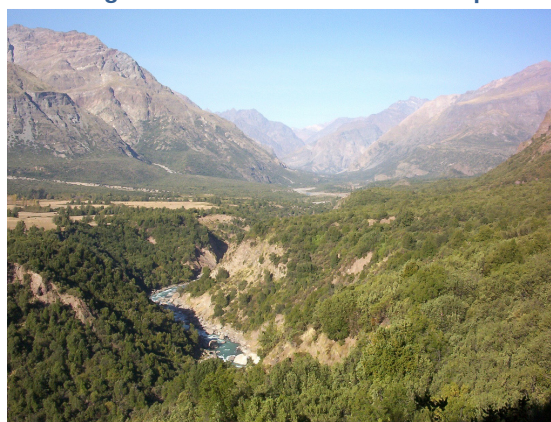
1.1.2 Hidrología

Dentro de los ríos de importancia destaca la Subcuenca del Río Cachapoal, que agrupa las subsubcuencas de los ríos Pangal, Cortaderal, Los Cipreses, Claro y Coya.

Subcuenca Río Cachapoal: Es de régimen pluvio-nival, tiene su nacimiento en la cordillera de los Andes en el sector del Volcán Overo, Pico del Barroso y Nevado de los Piuquenes. El Cachapoal es depositario, en el sector cordillerano, de las aguas de los ríos Las Leñas, Cortaderal, Los Cipreses, Coya y del Pangal, en el valle, recibe las aguas del río Claro, su principal afluente.

Su régimen natural es pluvionival alterado, es decir, en el período pluvial (Abril-Septiembre) se tiene régimen pluvial con crecidas violentas debido a precipitaciones líquidas caídas en la precordillera y zona intermedia de la subcuenca, y en el período (Octubre-Marzo) se tiene régimen nival con una onda de deshielo estacional generada por el deshielo del manto de nieve y aporte de los glaciares de la alta cordillera.

Fotografía N°2: Subcuenca Río Cachapoal



Fuente: ONEMI, 2009

Subsubcuenca Río Los Cipreses: El río antaño brotaba al principio del valle desde el Glaciar Cipreses. Sin embargo, el glaciar ha retrocedido con los años y está actualmente encumbrado en lo alto del valle en una especie de tapón de roca que encajona lo que va quedando de éste. El río aún nace directamente debajo del glaciar.

Fotografía N°2: Subcuenca Río Cipreses



El cajón del río es un valle largo y estrecho que presenta una orientación Sur-Norte. La profundidad del valle varía entre los 1.200 a 1.700 [msnm](#), y las cumbres que rodean al río varían entre 3.000 a 4.900 [msnm](#). El río Cipreses es uno de los afluentes del [río Cachapoal](#), formando parte de la principal red hidrológica de la región.

Fuente: ONEMI, 2009

1.1.3 Geología

En la zona cordillerana de la Región de O'Higgins se han encontrado unidades geológicas cuyas edades están comprendidas entre el Paleozoico y el Reciente. Se conocen rocas metamórficas, depósitos sedimentarios marinos y continentales y formaciones volcánicas (ver Mapa Geología adjunto).

La comuna de Machalí se encuentra emplazada en la cuenca del Río Cachapoal, cuyo paisaje geológico corresponde a formaciones de relevancia en la conformación del territorio y de los plegamientos de la Cordillera.

Las formaciones que predominan en la zonas de valles y pie de monte, presenta depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa y en menor proporción depositaciones fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la zona de valles de la depresión central, presenta abanicos (conos) mixtos de depósitos aluviales y fluvio-glaciales con intercalación de depósitos volcano-clásticos

En la parte alta del valle, en la cuenca del Río Leñas, se reconoce la Formación Río Damas, conformada por sedimentos clásticos y areniscas, con intercalaciones de rocas volcánicas, efusivas y piroclásticas. Igualmente, en el sector Las Leñas, aflora localmente la Formación Leñas – Espinoza, correspondiente a sedimentos marinos, integrada por rocas clásticas y estratos calcáreos.

La formación Coya – Machalí, es la más representativa territorialmente, presentando depósitos continentales, principalmente sedimentos limnicos, rocas efusivas y piroclastos, caracterizándose por su fuerte fallamiento y plegamiento (montañas altas, pendientes fuertes y profundos valles).

La formación de mayor extensión de la cuenca del Cachapoal, es Farellones, perteneciente al mioceno inferior-medio, el cual esta conformado por depósitos volcánicos continentales muy espesos, predominantemente por rocas andesíticas. Esta formación se encuentra escasamente plegada y sus estratos más altos expuestos.

1.1.4 Vegetación

El área de estudio se localiza, según Quintanilla (1983), dentro del ecosistema de carácter templado mesomórfico. Esta región se clasifica también como tipo mediterráneo por presentar gran parte de sus componentes vegetales de la precordillera características semejantes a la vegetación europea, como lo son arbustos de tipo espinoso.

Según Quintanilla (1983), biotímicamente esta región se caracteriza, fundamentalmente, por un paulatino aumento de las lluvias de norte a sur, notándose un largo período de sequedad estival que alcanza unos 5 a 6 meses.

Esta variación anual de las precipitaciones representa un factor limitante importante para el desarrollo de la vegetación nativa.

Ahora, dentro de este ecosistema, el área de estudio se localiza dentro de la ecorregión de los bosques laurifoliados esclerófilos. Dentro de este, una de las especies más

características es el boldo (*Peumus boldus*) ubicándose en quebradas húmedas de la precordillera andina.

En general, se presenta una vegetación del tipo matorral y pradera, encontrándose escasos bosques esclerófilos en la Provincia de Cachapoal (ver fotografía N°3). No obstante, en el área se pueden distinguir tres pisos que se ordenan desde la base de la precordillera hacia arriba. En el primero, se encuentra una vegetación arbórea compuesta por boldos, peumos, eucaliptos. En los sectores poblados, en este piso se encuentra una gran variedad de vegetación introducida, por ejemplo el sauce. En un segundo piso, se encuentra una vegetación arbustiva con ejemplares como litre y un matorral espinoso y pradera con ejemplares como el espino. La vegetación en este piso no presenta una cobertura suficiente que proteja el suelo ante una eventual precipitación, facilitándose el arrastre de materiales. En el tercer piso la vegetación es mucho más escasa y se presenta gran parte del suelo desprovisto de vegetación.

Fotografía N°3: Bosque Esclerófilo, Prov. Cachapoal

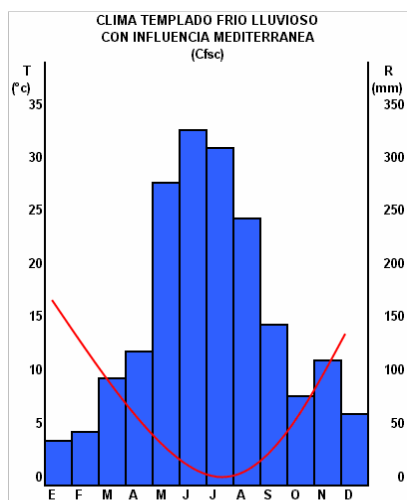


Fuente: Barrenechea, 2002

Es importante destacar que, junto con el aumento de las precipitaciones de manera latitudinal; la vegetación se vuelve más espesa en el mismo sentido, aumentado el porcentaje de cobertura. No pasa lo mismo de manera longitudinal, ya que las mayores precipitaciones y las fuertes pendientes, impiden la formación de una capa de suelo que sea capaz de sostener una cubierta vegetal.

1.1.5 Clima

En la región predomina el clima templado con oscilaciones térmicas moderadas. Aumentan las precipitaciones de norte a sur y de oeste a este concentrándose en los meses de invierno.



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

En la precordillera, en una extensión que comprende desde los 31° hasta los 37° S, ejerce su dominio un clima templado frío con lluvias invernales con influencia mediterránea, cuyas características fundamentales son inferidas a través de la estación meteorológica de El Teniente. La temperatura media anual es de 9,6° C. Las temperaturas invernales de junio a agosto apenas superan los 4° C. Las precipitaciones anuales se concentran mayoritariamente en los meses de invierno alcanzando a 1.072,9 mm. en la estación tomada como referencia.

En la parte alta de la Cordillera andina desde los 28° lat. S, donde termina el altiplano chileno hasta las

proximidades de Chaitén se desarrolla un clima de tundra por efecto de la altura. Su característica principal es una cobertura nival que da lugar a ventisqueros y glaciares por precipitaciones nivosas y en menor grado pluviosas, originadas por bajas temperaturas que en el mes más cálido oscilan entre 0 y 10°C . Por esta razón la vegetación es escasa o nula.

1.2 Marco Humano

1.2.1 Comuna de Machalí

La comuna de Machalí se caracteriza por presentar población mayormente urbana (90,3%), la que se concentra en la localidad del mismo nombre (ver Mapa Localidades adjunto).

El 9,7% de población rural se distribuye en localidades que no suelen superar los 200 habitantes. Las viviendas se concentran en torno a una calle central y no suelen ocupar grandes extensiones.

Las viviendas en la zona urbana presentan material sólido, en cambio las localidades rurales suelen presentar material ligero (madera) o adobe, siendo la mayoría de ellas de una data muy antigua.

Cabe hacer presente, que si el tipo de vivienda puede constituir un factor relevante para algunas amenazas, como el sísmico, en el caso que nos convoca, que es el de remociones en masa asistidos por agua (flujos de escombros), la ubicación de estas se constituyen en el primer factor de vulnerabilidad (terrenos con pendientes fuertes, suelos inestables y cercanía a laderas activas). Si se suma a lo anterior, una calidad de construcción precaria, la vulnerabilidad de la habitabilidad se hace mayor.

Fotografía N°4 y N°5: Viviendas de Material Ligero y Adobe



Fuente: Barrenechea, 2002



Fuente: Barrenechea, 2002

Capítulo II: Aspectos de Detalle

2.1 Descripción de la amenaza

Como se describe anteriormente, la comuna de Machalí, se emplaza en la zona central de Chile, donde el sector del pie de monte es ocupado por población, dadas las condiciones favorables para el desarrollo de actividades agrícolas. En estos terrenos la fertilidad del suelo es alta, brindando altos rendimientos. Sin embargo, la fertilidad de estos terrenos se debe a que todo el material proveniente de las quebradas y cuencas se descarga y deposita en esos terrenos. Los movimientos en masa ocurridos en estos sectores son parte de un proceso natural de equilibrio existente en la naturaleza, pero cuando estos se desarrollan en grandes volúmenes, suelen afectar seriamente a la población residente. Las remociones en masa son las que poseen mayor energía potencial, y de ellas, los desprendimientos y los flujos son los más frecuentes.

Tal como ocurre en numerosos países de características montañosas, en Chile las remociones en se asocian genéticamente, a la interacción, en el tiempo y el espacio, de una serie de factores geográficos, orográficos, climáticos, hidrológicos y geológicos.

Dada la complejidad de estos procesos, se clasifican de acuerdo a las características del material y cantidad de agua que comprenden. Así, se distinguen los siguientes:

- Corrientes terrosas: se forman sobre terrazas y laderas donde los materiales terrosos capaces de fluir se saturan con agua. Son de velocidad menor que las corrientes de barro y no están confinadas a canales o quebradas y, tienen un contenido de agua menor que las corrientes de barro.

- Corrientes de barro: se mueven lo suficientemente rápido como para ser perceptibles a simple vista. Tienen una cantidad de agua mayor que las corrientes terrosas y, generalmente, están confinadas a canales. Requiere de las siguientes situaciones para su desencadenamiento: materiales no consolidados en la superficie, pendientes empinadas, abastecimiento abundante, pero intermitente, de agua y vegetación rala. Ellas constan principalmente de barro, pero pueden transportar bloques de varias toneladas. En lo que a riegos, ésta es una de las más peligrosas.

- Derrumbes de detritos: el volumen de masa esta constituido por detrito rocoso. Contienen mayor cantidad de agua que los deslizamientos de rocas.

Ahora bien, las remociones en masa asistidas por el agua se pueden desarrollar tanto en esteros y quebradas, como en las laderas de cerros con fuertes pendientes. En el primer caso, los flujos se generan con mayor frecuencia en los causes naturales estrechos con componentes de relleno de material fragmentario y de fuertes pendientes. Mientras que en el segundo caso, los flujos se forman en los flancos de los valles, donde la acción combinada de fuertes pendientes y acentuada interperización, crea taludes inestables susceptibles de presentar remoción en masa, cuando factores externos, (en este caso precipitación) modifican su precaria condición de equilibrio natural (Hauser: 2000).

Ahora bien, los factores condicionantes de las remociones en masa asistidas por el agua, están dados por las condiciones climáticas, los factores litológicos y geotécnicos, de importancia relevante en su génesis, sobre todo en áreas de afloramientos volcanoclásticos,

la pendiente local del terreno, el factor hidrogeológico, la exposición solar y la cobertura vegetal.

Como dato de la geodinámica que los procesos de remoción en masa que se presentan en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, se puede indicar que en ella se localizan el 5,2% de los deslizamientos de tierras en zona cordillerana que se registraron en el país hasta el 1998, de los cuales, la precipitación fue el desencadenante en un 57,1%.

Lo anterior, es sólo una confirmación más de lo presente de este fenómeno natural y los impactos que ella genera. Ahora, considerando la geografía de la comuna de Machalí, donde el 80% de su territorio es de cordillera, la manifestaciones de remociones en masa asistidas por agua (flujos de escombros), podemos indicar que en dicha comuna se han presentado en forma habitual este tipo de procesos, quedando como registros histórico aquellos que han sido mas relevantes tales como el aluvión del cerro San Juan (1972); flujos de rocas y lodos en laderas de cerros (1982) y flujos de detritos y lodos en sector de Coya y Pangal (1993). En todas ellas, las precipitaciones intensas ha sido el factor gatillante de este proceso.

2.2 Cuadro Resumen Multidimensional

Proceso (amenaza)	Distribución Espacial	Interrelación	Potencialidad	Recurrencia
Remociones en Masa asistidos por agua	El fenómeno natural de remociones en masa asistido por agua (Flujos de Escombros), presenta una distribución en gran parte del territorio comunal, con características en su dinámica y extensión, producto de las condiciones propias de la geomorfología de la comuna. Dada las variadas manifestaciones de este proceso y sus mecanismos de activación, se puede indicar que dichos flujos de escombros se encuentran vinculadas a sectores de pendientes mayores, a material disperso, poca vegetación y afecto a precipitaciones y nieve en cantidad suficiente para su activación. La comuna de Machalí, presenta estas condiciones en su territorio de acuerdo a las características geográficas, donde se pueden identificar tres unidades geomorfológicas definidas: el Piedemont, la Precordillera y la Cordillera.	La condiciones de pluviosidad y de nieves durante el invierno y deshielos en primavera, posibilitan la generación de flujos de escombros en varias quebradas y laderas de las cuencas que tiene la comuna, potenciadas éstas por un sustrato rocosos fraccionado, cuyo material es depositado por el arrastre que provocan los ríos, los cuales son agente importante en la modelación del territorio, diseccionándolo en algunos sectores, o generando depositaciones amplias en pendientes moderadas. (conos de deyección en zonas de piedemonte y valles encajonados) Es dable señalar que la cantidad de cuencas y la red hidrográfica de la comuna, las hacen a todas confluir en un sólo cauce principal, que es el Río Cachapoal, por lo que la alteración en una de sus cuencas se manifiesta en la salida de sus flujos, tanto "hidrológicos" como de "escombros", impactando en el territorio comunal, especialmente en el área habitable.	Los proceso de inestabilidad de laderas, acumulación de material detrítico, el debilitamiento de la capa vegetal y la acción permanente del agua sobre pendientes mayores generando saturación del suelo, posibilitan la activación de cuencas, que manifestándose en forma interrelacionadas, pueden constituirse con una potencialidad de impacto de gran envergadura, en la que los "flujos de escombros" constituyen el principal fenómeno del territorio comunal, del cual los registros históricos dan cuenta de este fenómenos y las consecuencias de ellas. La potencialidad mayor de este proceso se encuentra determinada a la estacionalidad, dada por el período invernal y primaveral, producto de la alta pluviosidad y el derretimiento de las nieves. La generación de flujos de escombros "tipo aluvional" por quebradas y laderas y curso de aguas permanentes, se constituyen en procesos que se presentan en forma concatenada, por lo que aumenta su potencialidad y por ende su impacto.	Las condiciones geomorfológicas de la comunal presentan una geodinámica relevante, dado que casi el 80% de su territorio es de características de alta cordillera, con cadenas de montañosas, cuyos procesos se encuentran en permanente actividad. Lo anterior ha implicado que dicha actividad continua, especialmente hidrometeorológica con su conformación geomorfológico, se generen procesos de desprendimientos de flujos, proceso recurrente en todas las cuencas, con una mayor o menor potencialidad y extensión, que son parte de dinámicas natural, que dependiendo de la intensidad de algunas de las variables gatillantes, pueden constituirse en fenómenos mayores de remociones en masa asistidos por agua, pudiendo alcanzar las zonas de menores pendientes y habitables. La recurrencia de este proceso puede verse en la activación de una por una de las cuencas en los períodos mas sensibles (invierno y primavera)

2.3. Zonificación del Territorio Comunal

Para una mayor comprensión de los procesos que activan los flujos de escombros en la comuna de Machalí, se hace necesario visualizar el territorio comunal en zonas, definidas por sus características geomorfológicas, que posibilitaran comprender la dinámica e interrelación de las variables que intervienen en este proceso (ver Mapa Zonificación adjunto).

Para la conformación de esta zonificación, se han tenido en cuenta variables y procesos que, interrelacionadas cada una de ellas, permiten identificar una continuidad espacial que adquiere una identidad territorial que las diferencia una de otras. Así, se han considerado variables como, grado de pendientes, cobertura vegetal, precipitaciones, altitud, pendiente, red hidrográfica y geología.

2.3.1 Zona1: Piedemonte

Esta zona se extiende desde el límite comunal poniente hasta la cota 800 m.s.n.m. alberga a las localidades de Santa Elvira, Nogales, Santa Elena, Los Troncos, Tejas Verdes, Sauzalito, Larroulet y Machalí.

Como su nombre lo indica, esta zona se caracteriza por estar dominada por la Unidad Geomorfológica de Piedemonte, la que presenta rangos de pendiente entre 0% y 30%, alcanzando algunos sectores hasta 45%, por lo que los procesos morfodinámicos se relacionan, principalmente, con depositación fluvial en las zonas de valles y la disección que han realizado el Estero Machalí y el Río Cachapoal (ver Mapa Pendientes).

Como se observa en las fotografías N°6 y N°7 las pendientes en la zona de Piedemonte son pronunciadas, obligando a sus habitantes a construir sus viviendas bajo sectores de relleno que permiten nivelar el terreno.

Fotografías N°6 y N°7: Machali



Fuente: Barrenechea, 2002

Esta zona presenta un predominio de los procesos de acumulación de materiales provenientes desde el sistema de drenaje y los cordones montañosos inmediatos al área. Se manifiestan por los depósitos de materiales de los lechos de las quebradas y el desarrollo de conos de deyección a la salida del sistema montañoso de las cuencas. Se identifican, así, conos de depositación basáltica estabilizados por la vegetación existente (conos aluvio – coluvial), provenientes de la zonas Precordillerana y Cordillerana, dando una característica de un paisaje de pendientes más suaves, que ha favorecido el asentamiento de la zona por población, destacando la localidad urbana de Machalí.

Al presentar la comuna un sistema montañoso, resulta complejo desvincular los procesos de remoción en masa asistido por el agua en cada una de las zonas, dado que dicho proceso se desarrolla de manera transversal en el territorio.

Si bien, los procesos de remoción en masa (flujos de escombros) no son muy recurrentes, como se dijo anteriormente, la Zona de Piedemonte recibe la carga de materiales proveniente de la Precordillera y Cordillera generando nuevas formaciones de depositación que modela de manera dinámica su paisaje (ver Mapa Flujos Cordilleranos adjunto).

Fotografías N°8: Corte Talud



Fuente: Barrenechea, 2002

Como se puede apreciar en las fotografías, el material que predomina en esta zona, es el de relleno, proveniente de las zonas Precordillerana y Cordillerana, lo que se puede evidenciar por el tamaño de los materiales arrastrados, que van desde pocos centímetros hasta algunos que superan los 50 cm de diámetro.

Fotografías N°9: Corte Talud

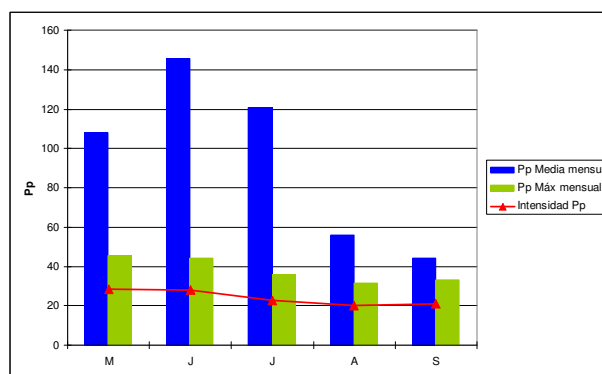


Fuente: Barrenechea, 2002

Abarca parte de las subsubcuencas Río Cachapoal entre Río Claro y Estero Cadenas, las que se desarrollan en mayor plenitud, en el sector de la Depresión Intermedia de la región (ver Mapa Hidrografía adjunto).

Las precipitaciones se concentran entre los meses de mayo a septiembre, siendo este el periodo en que la cobertura vegetal se encuentra con poco desarrollo, aumentando el peligro de remociones en masa (flujos de escombros).

**Gráfico N°2: Precipitaciones Medias y Máximas Mensuales
Estación Machalí**



De acuerdo a los datos recogidos en la Estación Machalí, ubicada a 34°12' Lat. Sur y 70°48' Long. Oeste, las precipitaciones alcanzan los 145 mm mensuales, dándose máximas mensuales de 45 mm, e intensidades de 28 mm por hora, lo que contribuye a la rápida saturación del suelo, favoreciendo el deslizamiento de las capas superiores de los taludes basálticos.

2.3.2 Zona 2: Precordillera

Esta zona se ubica entre los 800 y 1.400 m.s.n.m., límite hasta donde se desarrolla algún tipo de vegetación arbórea. Alberga a las localidades de Coya, Termas de Cauquenes, Los Perales, El Durazno, Chacaye y las Leñas, entre otras.

Comprende la unidad geomorfológica que le da su nombre. De origen sedimentario, forma una acumulación caótica de materiales glaciales, volcánicos y fluviales dispuestos al pie de la cordillera troncal. Se extiende desde el cerro Las Hormigas al este de San Fernando (Borgel, 1983).

Esta precordillera ha sido denominada por algunos autores como "La Montaña" debido a que es un territorio de difícil penetración, producto de sus laderas empinadas, ríos encajonados, materiales fuertemente arcillosos y otros muy permeables (Borgel, 1983).

Sus rangos de pendientes fluctúan entre 30% y 60%, alcanzando algunos sectores 100%, por lo que, a diferencia de la zona anterior, los procesos morfodinámicos presentes se relacionan con la erosión y arrastre de material desde las laderas y fondos de quebradas (ver Mapa Pendientes).

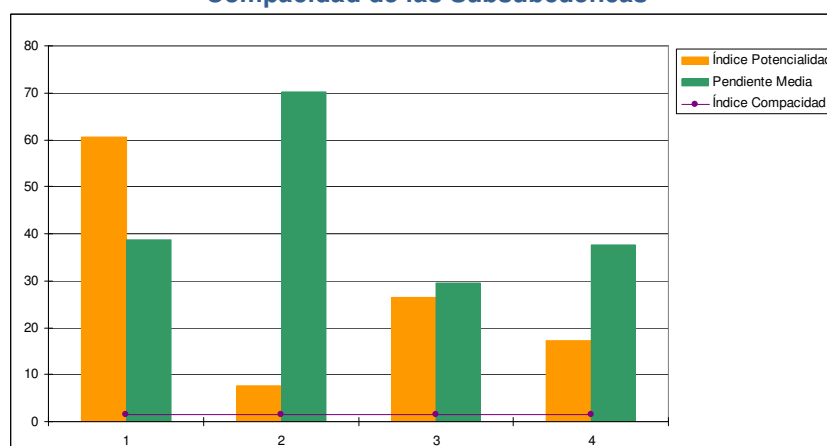
Incluye las subsubcuencas Río Pangal entre Río Blanco y Río Cachapoal; Estero Coya; Río Cachapoal entre Río Cortaderal y Río Pangal, y Río Cachapoal entre Río Pangal y Río Claro (ver Mapa Hidrografía).

Al ser cuencas de la Precordillera, sus Índices de Compacidad distan del valor 1, lo que significa que la forma de éstas se asemeja a un círculo, lo que disminuye la torrencialidad y

capacidad de arrastre de materiales que se puedan encontrar dentro de la cuenca. Sin embargo, el potencial para arrastrar sedimentos sigue siendo alto, el que se encuentra condicionado por las pendientes medias que registras estas cuencas.

Otro dato interesante de analizar es el Índice de Potencialidad, el que detecta la intensidad de los procesos de acumulación de sedimentos al interior de una cuenca. Un alto índice indicaría que en la cuenca existe una acumulación de detritos, los que podrían ser transportados si existiese una fuerte precipitación (Börgel, 1992).

Gráfico N°3: Comparación entre Potencialidad, Pendiente Media y Compacidad de las Subsubcuencas



Fuente: elaboración ONEMI, basado en datos de Barrenechea, 2002

- 1 Río Cachapoal entre Río Cortaderal y Río Pangal
- 2 Río Pangal entre R. Blanco y R. Cachapoal
- 3 Estero Coya
- 4 Río cachapoal entre R. Pangal y R. Claro

De acuerdo a lo que se muestra en el Gráfico N°3, el índice de potencialidad en las subsubcuenca aumenta en la medida que se éstas se emplazan más hacia el interior de la Precordillera, relacionándose directamente con la pendiente media que registren. Así, se puede observar que la subsubcuenca N°1 (Río Cachapoal entre Río Cortaderal y Río Pangal) tiene un valor alto de potencialidad, pero no registra la mayor pendiente media, indicando que las pendientes existentes no son suficientes para que se produzcan deslizamientos de materiales por gravedad, si no más bien, requieren la ayuda de un agente externo como el agua, aumentando el impacto de este tipo de procesos, en la zona de Piedemonte, descrita anteriormente.

De acuerdo a lo anterior, la subsubcuenca N°2 (Río Pangal entre R. Blanco y R. Cachapoal) registra un índice de potencialidad bajo y una pendiente media alta, lo que puede indicar que, dada la inclinación de las laderas, la acumulación de material al interior de ésta es escaso producto de la gravedad; sin embargo, su paisaje debe estar dominado por conos de detritos coluviales.

Fotografías N°10: Río Cachapoal



Fuente: Barrenechea, 2002

Las fotografías muestran la carga de materiales que presentan los cauces de la Zona Precordillerana, cuyos tamaños superan, en algunas ocasiones, 1 m de diámetro.

Fotografías N°11: Estero Coya

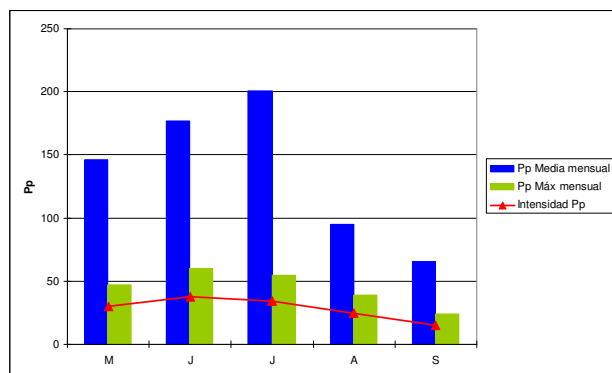


Fuente: Barrenechea, 2002

En lo que respecta a su clima, como se mencionó en el punto 1.1.5 *Clima*, las precipitaciones se distribuyen de manera diferencial, en latitud y longitud.

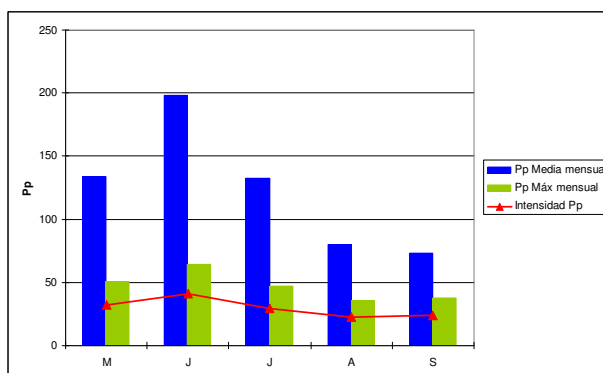
Así, en la Estaciones Coya ubicada a 34°12' Lat. Sur y 70°32' Long. Oeste; y la Estación Sewel ubicada a 34°05' Lat. Sur y 70°23' Long. Oeste, las precipitaciones aumentan entre los meses de mayo a junio, alcanzando los 200 mm. La estación pluviométrica de Coya ubicada a 785 m.s.n.m., presenta valores menores de precipitación con respecto a la de Sewell, ratificando la variación de las precipitaciones de acuerdo con la altura.

Gráfico N°4: Precipitaciones Estación Sewel



Fuente: Elaboración ONEMI, basado en datos de la Dirección Meteorológica de Chile

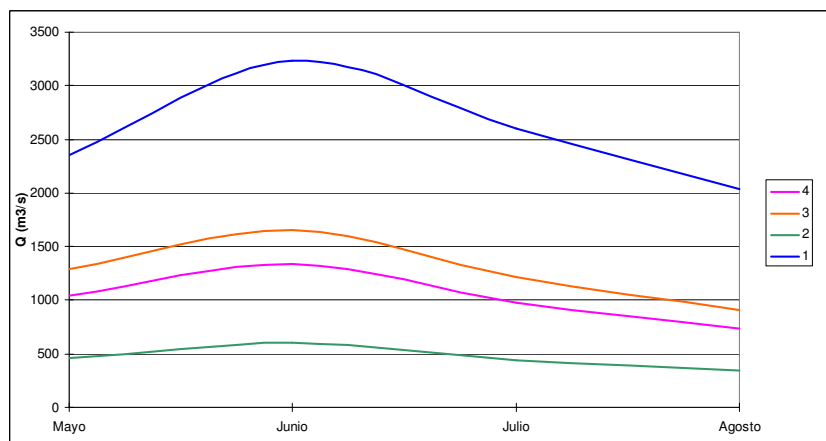
Gráfico N°5: Precipitaciones Estación Coya



Junto con el aumento de las precipitaciones, la intensidad de las mismas aumenta, alcanzando los 40 mm por hora en la Estación Coya, lo que, relacionado con el índice de potencialidad, pendiente media de la cuenca e índice de compacidad, representa una alta

probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa asistidos por el agua (flujos de escombros), impactando la zona poblada del Piedemonte.

**Gráfico N°6: Caudales Máximos Probables
Zona Precordillera**



Fuente: elaboración ONEMI, basado en datos de Barrenechea, 2002

- 1 Río Cachapoal entre Río Cortaderal y Río Pangal
- 2 Río Pangal entre R. Blanco y R. Cachapoal
- 3 Estero Coya
- 4 Río Cachapoal entre R. Pangal y R. Claro

Siguiendo el comportamiento de las precipitaciones, los caudales máximos probables tienden a aumentar entre los meses de mayo a junio, siendo estos los meses de mayor riesgo potencial, coincidente, además, con la época de menor cobertura vegetal. Resulta importante destacar, que los altos valores de caudales en esta zona se deben a que reciben el aporte desde las subsubcuencas que se encuentran en la Zona Cordillerana.

Prueba de lo anterior, son los flujos de escombros ocurridos el año 1992 y 1993 en Coya; y los ocurridos en los años siguientes en Sewel (fuente: Diarios La Región y El Rancagüino 1940 – 2002):

17 de Agosto de 1940:	Aluvión, 4 víctimas fatales	Causa: Fuertes Precipitaciones
14 de Mayo de 1971:	Enormes rodados cayeron sobre las instalaciones del Teniente. 11 víctimas fatales	Causa: Fuertes Precipitaciones
30 de Junio de 1971:	Aluvión sobre línea férrea	Causa: Fuertes Precipitaciones

2.3.3 Zona 3: Cordillera Andina

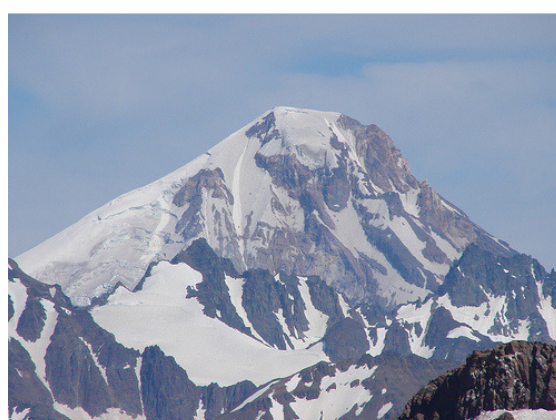
Esta zona se ubica entre los 1.400 m.s.n.m. y el límite internacional y representa una gran importancia dentro del sistema hidrográfico y el desarrollo de procesos de remoción en masa (flujos de escombros) asistidos por el agua. Alberga escasa población que se distribuyen en los valles de las cuencas.

Se caracteriza por su retención crionival, siendo la unidad de mayores elevaciones. Según Börgel (1983) se ha formado por un escalonamiento de bloques levantados por un fallamiento normal. Sus alturas sobrepasan los 5.000 m.s.n.m. y los portezuelos se encuentran sobre los 4.000 m (ver Mapa Altitud).

Fotografías N°12: Zona Cordillera



Fotografías N°13: Volcán Palomo



Fuente: www.innovomineria.cl

Su paisaje se caracteriza por la conformación de flancos de valle, fuertemente modelados por la tectónica y la estructura en roca plegada, trabajadas por la acción del hielo glacial durante la última glaciación (Soto et al, 2004). En la fotografía N°12 y N°13 se pueden observar las fuertes pendientes y el predominio de la nieve entre los meses de mayo a septiembre.

Sus pendientes se encuentran entre 60% y >100%, alcanzando en algunas ocasiones, inclinaciones verticales cercanas a los 90° (ver Mapa Pendientes).

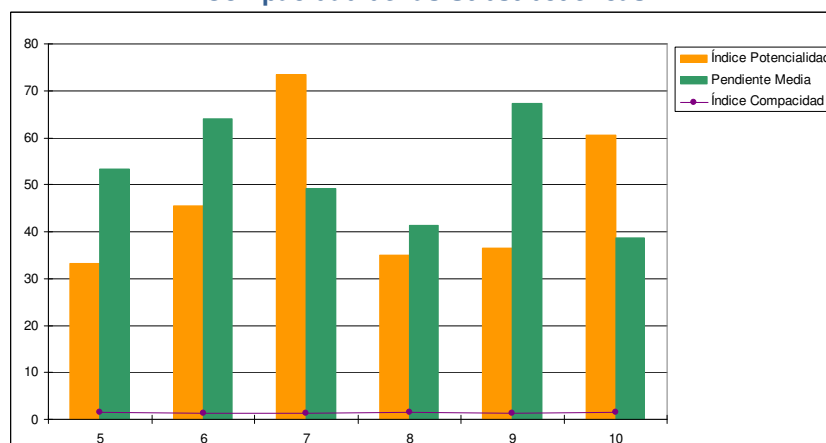
Incluye las siguientes subsubcuencas:

- Río Cachapoal entre Río Cortaderal y Río Pangal
- Río Blanco
- Río Pangal en junta con Río Blanco
- Río Cachapoal antes de junta con Río Cortaderal
- Río Cortaderal entre Laguna Pejerreyes y Río Cachapoal
- Río Cortaderal en desembocadura Laguna Pejerreyes

Las características hidrográficas de las subsubcuencas mencionadas se diferencian de la Zona Precordillerana, por la forma que estas presentan. Al registrarse las mayores alturas, la pendiente ayuda al agua a ejercer una erosión más torrentosa, generando formas

alargadas en sus cuencas. Así, los valores de índice de compacidad distan del valor 1, lo que indica que la respuesta de estas subsubcuencas frente a las precipitaciones es abrupta, generando corrientes de gran velocidad y fuerza erosiva (ver Mapa Hidrografía).

Gráfico N°6: Comparación entre Potencialidad, Pendiente Media y Compacidad de las Subsubcuencas



Fuente: elaboración ONEMI, basado en datos de Barrenechea, 2002

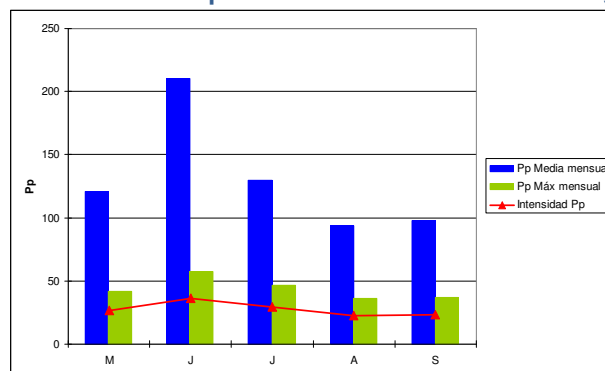
- 5 Río Blanco
- 6 Río Paredones en junta con Río Blanco
- 7 Cachapoal antes junta Río Cortaderal
- 8 Río Cortaderal en desembocadura Laguna Pejerreyes
- 9 Río Cortaderal entre Laguna Pejerreyes y Río Cachapoal
- 10 Río cachapoal entre Río Costaderal y Río Pangal

Como se mencionó, otro factor importante en la capacidad de arrastre de material por el agua es la pendiente media que presente una subsubcuenca. En el caso de la Zona Cordillerana se evidencian fuertes pendientes que van desde los 48° hasta 64°. De acuerdo a la literatura especializada desde los 20° se comienzan a producir movimientos de reptación y resbalamientos de tierras activos, por lo que se puede concluir que la totalidad de las unidades descritas son potenciales de desarrollar movimientos de remoción en masa.

Ahora bien, al relacionar la pendiente media con el índice de compacidad, se puede inferir que la potencialidad de acumulación, y posterior arrastre de material dentro de una subsubcuenca es alto. Al presentar esta zona mayores altitudes, los procesos de gelifracción son más recurrentes. Las estructuras expuestas a la acción de la meteorización inciden en un importante y permanente aporte de detritos.

En relación a las precipitaciones, al igual que en la zona anterior, éstas se concentran entre los meses de mayo a septiembre, siendo junio el mes promedio que más precipita con 210 mm.

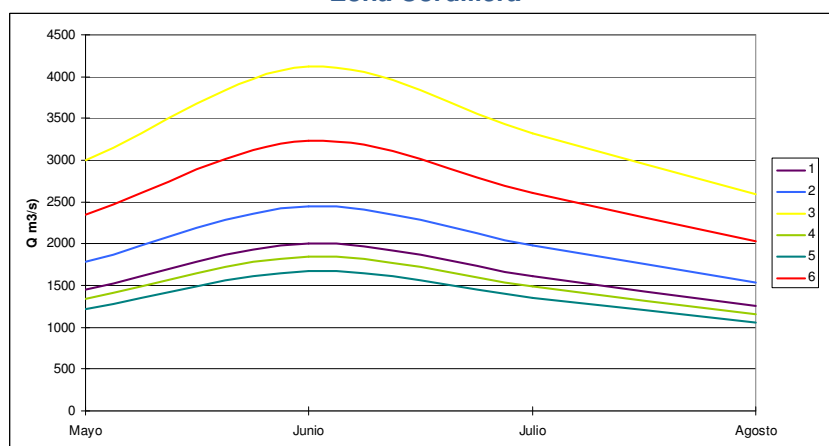
Gráfico N°7: Precipitaciones Estación Central Pangal



Fuente: Elaboración ONEMI, basado en datos de la Dirección Meteorológica de Chile

Si bien, el mes de junio registra una alta precipitación en comparación a otras estaciones pluviométricas del sector, el resto de los meses registra valores inferiores a 150 mm, lo que refleja la morfología periglacial, ya que a esta altitud, las precipitaciones caen en forma de nieve, contribuyendo a la meteorización de las rocas.

Gráfico N°8: Caudales Máximos Probables Zona Cordillera



Fuente: elaboración ONEMI, basado en datos de Barrenechea, 2002

- 5 Río Blanco
- 6 Río Paredones en junta con Río Blanco
- 7 Cachapoal antes junta Río Cortaderal
- 8 Río Cortaderal en desembocadura Laguna Pejerreyes
- 9 Río Cortaderal entre Laguna Pejerreyes y Río Cachapoal
- 10 Río cachapoal entre Río Costaderal y Río Pangal

Al igual que las precipitaciones, los caudales máximos aumentan en el mes de junio aportando un importante volumen de agua a los cursos más bajos de la Zona Precordillerana y Piedemonte.

Al ser un sistema hidrográfico complejo, se puede decir que toda la comuna esta inserta en un ambiente morfodinámico activo, que representa un potencial peligro de remoción en masa (flujos de escombros) asistidos por el agua.

S bien, en esta zona no se encontraron registros históricos que confirmaran la ocurrencia de eventos de esta naturaleza, eso no quiere decir que no ocurran. La falta de población y la compleja accesibilidad que presenta, dada sus características geográficas, pueden haber influido en la ausencia de registros. No obstante lo anterior, los datos hidrográficos y geomorfológicos analizados dan cuenta de una alta probabilidad de ocurrencia de flujos de escombros, exponiendo a la población que se emplaza en los conos de deyección (sectores de descargas de las cuencas) a una situación de alto riesgo (ver Mapa Flujos Cordilleranos).

Capítulo III: Conclusiones

La comuna de Machalí, cuya identidad territorial se encuentra fuertemente ligada a un ambiente de montaña, presenta a su vez, una condición geodinámica de su paisaje bastante activa, dada la relación témporo – espacial estrecha de las variables con que los procesos naturales se generan, especialmente los referidos a las remociones en masas asistidas por agua, tal como se ha analizado y caracterizado anteriormente.

Lo anterior, permite indicar las siguientes consideraciones que deberán tomarse en cuenta, para establecer con mayor fuerza un equilibrio adecuado entre el espacio social y el espacio natural:

2. Los procesos de remoción en masa asistidos por agua (flujos de escombros), dejan de manifiesto que estos procesos son activos, dinámicos y se encuentran distribuidos en todo el territorio comunal.
3. Que dicho proceso natural esta presente y la probabilidad de generación es alta, dada la facilidad de activación de sus cuencas.
4. Que las condiciones, geológicas, geomorfologías e hidrometeorológicas, han creados condiciones para la generación de flujos de escombros, encontrándose estos en distintos estadios evolutivos, esperando el punto de inflexión para activarse.
5. Dada la red hidrográfica existente con bastantes ramificaciones, producto de la presencia de muchas cuencas en las diferentes zonas ya señaladas, éstas potencian considerablemente los procesos de fracturación de la roca (meteorización), transportes del material en forma lenta y rápida y la depositación de éstos, tanto en laderas como en fondos de valle, lo que dispone las condiciones para que se activen los procesos de inundaciones y remociones en masa.
6. Producto de la conformación morfológica del territorio, la accesibilidad y conectividad entre las distintas zonas para “conocer” de su dinámica en forma mas regular y permanente, éstas presentan dificultades para la implementación de monitoreos de sectores con potencialidad de activación de estos procesos, por lo que deberán considerarse criterios similares para todas las cuencas frente al proceso de flujos de escombros.
7. El desarrollo de los sectores económicos, tales como agrícola y minero, alteran los equilibrios naturales de estos procesos con un mayor impacto, dado que estos procesos en ambientes de montañas presentan “sensibilidades” mas estrechas que otros sistemas naturales, siendo importante un manejo ambiental en forma adecuada, con medidas de mitigación de impactos en sus procesos.
8. La concentración de la habitabilidad humana en la comuna es altamente concentrada, lo que es un indicador de las pocas condiciones de habitabilidad que presentan otros sectores, no obstante, la localidad de Machalí, debe configurar su emplazamiento y desarrollo urbano incorporando este proceso natural (flujos de escombros) en todos los proyectos locales, ya que se constituyen en una amenaza permanente.
9. El uso de los recursos naturales del territorio tan ligado a los factores que conforman esta amenaza, dan cuenta de la debilidad de reconocer la potencialidad de impactos de estos procesos adversos que se dan en la comuna, por lo que se debería profundizar más el estudio de éstos en los proyectos locales de desarrollo.

Bibliografía

1. Börgel, R. (1993) "Vulnerabilidad y Peligro de desastre en la Cordillera Chilena (Chile Central)" Revista Norte Grande (20).
2. Soto et al (2004) "Caracterización geomorfológica del corredor de comercio Las Leñas, Valle del Río Cachapoal, Andes de Chile Central". Revista Norte Grande (31).
3. Pacific Hydro Chile S.A. (2007) "Trabajos de Investigación de Pacific Hydro para Central Chacales, VI Región".
4. Barrenechea, F. (2002) "Determinación de riesgo por flujos de escombros asistidos por el agua en la Cordillera de los Andes de la Sexta Región: Subcuencas del Río Cachapoal y Río Tinguirirca". Seminario de Grado, Pontificia Universidad Católica de Chile.
5. Charrier, R. (1963) "Geología Regional de las Provincias de O'Higgins y Colchagua", Departamento de Geología Universidad de Chile, Santiago, Chile.
6. Hausser, A. (2000) "Remociones en Masa en Chile" Boletín N°59. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile.
7. Börgel, R.(1983) "Geomorfología" Tomo II, Instituto Geográfico Militar.
8. Quintanilla, V. (1983) "Biogeografía" Tomo III, Instituto geográfico Militar.

ANEXOS



ONEMI
www.onemi.cl