

DETERMINACION DE PROCESOS Y AREAS DE RIESGOS EN LOS ANDES CENTRALES DE CHILE MEDITERRANEO: CASOS DE ESTUDIO

Víctor QUINTANILLA

*Departamento de Ingeniería C. Geográfica, Universidad de Santiago de Chile, Avda.
Bernardo O'Higgins 3363, Santiago, Chile.*

SUMMARY.-In the course of the Mountain Hazards Mapping Project in the Central Andes from Chile (Project FONDECYT N° 482-91) natural hazards were assessed and mapped in the Aconcagua Basin Test area of the high Andes (2.500 to 4.000 m.). Various geomorphic hazard processes (avalanches, rockfalls, landslide hazards, water activity) were mapped on the scale 1:50.000 with a simplified legend. The mountainous area seems to be relatively stable and the rock substratum (mainly granitic) is resistant to weathering. The greatest hazards are avalanches and landslides, which have a long recurrence interval and are difficult to predict, although their source areas can be identified.

RESUMEN.- Durante la realización del proyecto de Cartografía de Riesgos de Montaña en los Andes Centrales de Chile (Proyecto FONDECYT n° 482-91) se cartografiaron los riesgos naturales en la cuenca del Aconcagua, altos Andes (2.500 a 4.000 m). Varios riesgos geomorfológicos (avalanchas, caídas de piedras, erosión hídrica) fueron cartografiados a escala 1:50.000 con una leyenda simplificada. Las áreas de montaña parecen relativamente estables y el sustrato rocoso (principalmente granítico) es resistente a la meteorización. Los mayores riesgos son las avalanchas y los deslizamientos, que tienen un largo periodo de recurrencia y son difíciles de predecir, aunque sus áreas fuente pueden ser fácilmente identificadas.

RÉSUMÉ.- Durant la réalisation du projet de cartographie des risques de montagne dans les Andes Centrales du Chili (Projet FONDECYT n° 482-91) on a réalisé des cartographies des risques naturels dans le bassin de Aconcagua, Hautes Andes (2500 à 4000 m). Des risques géomorphologiques variés (avalanches, chutes de pierres, érosion hydrique) ont été représentés au 1:50.000^{ème} avec une légende simplifiée. Les zones de montagne paraissent relativement stables et la roche mère (principalement granitique) est résistante à la désagrégation. Les risques majeurs sont les avalanches et les glissements, qui ont une vaste période de récurrence et sont difficiles à prédire, quoique leurs zones d'origine puissent être facilement identifiées.

Key Words: Natural hazards, Avalanches, Landslides, Debris flows, Andes.

1. Introducción

El presente estudio se lleva a cabo dentro del marco del Proyecto FONDECYT N° 482-91 (Chile) iniciado durante el año 1991.

Los procesos de montaña generan áreas de riesgos permanentes en los ecosistemas andinos, provocando a menudo grandes daños en las infraestructuras humanas y a las personas. Los Andes de Chile Central no quedan fuera de esta situación y con frecuencia los procesos de remoción en masa ocasionan impactos ambientales considerables, especialmente porque en este país la mayoría de los centros urbanos y rurales se localizan al pie de la cadena andina (Fig. 1).

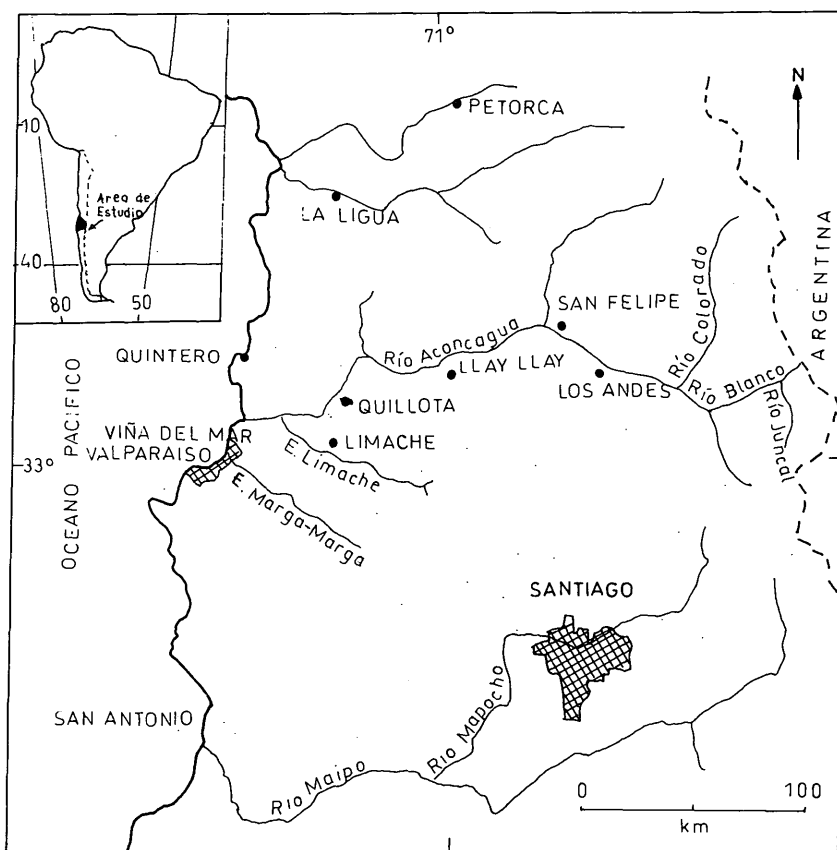


Fig. 1. Area de estudio: Situación del Valle del Aconcagua y de las subcuencas de los ríos Blanco y Juncal. (The study area: Location of the Aconcagua Valley and of the subbasins of Blanco and Juncal rivers).

DETERMINACION DE PROCESOS Y AREAS DE RIESGOS

Los principales tipos de fenómenos gravitacionales que se representan cartográficamente en este área de Chile Central son las avalanchas, los derrubios, los movimientos en masa, la gelivación, la reptación y los deslizamientos. Estos procesos de vertiente generan a su vez efectos hidrológicos por cuanto alteran el curso de la red de drenaje, produciendo inundaciones de consideración en las partes bajas con impactos sobre sectores urbanos y rurales.

Los movimientos en masa constituyen un proceso externo, complejo y dinámico. Se manifiestan fundamentalmente mediante desprendimientos, deslizamientos, desmoronamientos, avalanchas, aludes, reptación y aluviones. Es el movimiento de materiales secundarios residuales, producto de la meteorización y erosión, que se localizan cubriendo laderas, quebradas y terrazas con cierta pendiente. Estos materiales mal consolidados son desplazados y transportados por las precipitaciones líquidas, por el agua de deshielo, por el desagüe de lagunas glaciares y por el desborde de los cursos de agua.

Si en ciertos puntos de las laderas de los Andes centrales es la gelivación el proceso más activo, en otros es la reptación el mecanismo más observable. La velocidad de caída depende de la inclinación del relieve y se acelera por efecto de la gravedad. Por ejemplo, la interactividad de un sismo genera derrumbes de materiales por las ondas sísmicas distorsionantes que se propagan rápidamente, ocasionando agrietamientos en laderas y haciendo perder estabilidad a los materiales (finos y los voluminosos) superficiales y a la vez produciendo corrimientos en el subsuelo si éste posee estratos y diaclasas en su estructura (Zavala, 1991).

2. Algunos caracteres geomórficos de los Andes del norte de la ciudad de Santiago de Chile

Hacia la cordillera septentrional de la ciudad de Santiago se localiza la cuenca hidrográfica del río Aconcagua en cuya parte superior se ubica la cumbre más alta de América, el monte Aconcagua (6960 metros).

El valle superior del río Aconcagua está conformado por altas cumbres de potentes y compactos rasgos de los cuales nacen, sobre los 3.700 metros, tres grandes cursos de agua: los ríos Juncal, Blanco y Colorado, que constituyen la cuenca superior de este sistema. En los Andes del Aconcagua las cumbres aparecen distribuidas en grandes alineamientos orientados de norte a sur y colocados uno al lado del otro a manera de escalones altimétricos que van aumentando en altura a medida que se aproximan a la frontera argentina o cuando tienden a reunirse en un sólo conjunto de cumbres para iniciar hacia el sur el comienzo de la cadena andina de Santiago.

Las manchas de nieve y los glaciares actuales se localizan por encima de los 4.000 m s.n.m. y los campos de nieve aparecen instalados en los flancos

sur y sureste de los más altos macizos (Lliboutry, 1956). El panel geomorfológico desempeñado por estos campos de nieve es relativamente escaso, pero sí tienen gran influencia en el caudal de los ríos y en su potencia de arrastre. Supeditado a todas las variaciones estacionales anuales o cíclicas, el límite climático de las nieves se encuentra situado hacia los 4.000 metros en los Andes del macizo del Aconcagua.

Aguas abajo de esta región, marcada fuertemente por el sello de la glaciación actual, el valle del Aconcagua perfectamente modelado en U comienza a descender escalonadamente, formado por una sucesión de cubetas de sobreexcavación. Cada uno de estas cubetas se encuentra separada de la anterior por tramos dotados de fuerte pendiente, verdaderos umbrales o barreras transversales. En la actualidad ambos caracteres del modelado se encuentran drásticamente recortados por la erosión lineal de las aguas, pero en una época en que la abertura no existía, notables acumulaciones se depositaron al amparo de las barreras rocosas (Caviedes, 1972).

Las laderas en el dominio interior del Aconcagua superior continúan siendo trabajadas por la desintegración mecánica de la roca in situ, de manera que poderosas acumulaciones de derrubios suelen descender falda abajo hasta la orilla misma de los ejes fluviales.

A través del estrecho valle remonta la carretera internacional de Chile a Argentina que conecta con la ciudad trasandina de Mendoza. Con frecuencia -durante las estaciones de otoño, invierno y primavera- esta ruta es bloqueada o destruida en sectores por los impactos de los procesos gravitacionales que se desencadenan en las laderas.

3. Los Ecosistemas del Alto Aconcagua y la incidencia de los procesos de gravedad

En la hoya superior del río Aconcagua durante gran parte del año las precipitaciones son nivosas y el nivel altitudinal tiene una cierta influencia en el descenso térmico, dado que la mayoría de estos espacios montañosos se localizan sobre los 2.000 metros. En consecuencia la vegetación refleja en su fisonomía y desarrollo los efectos de las condiciones ecológicas. Así, predominan las formaciones subarbóreas y sobre todo arbustivas, que con frecuencia viven en formaciones amacolladas espinosas y dispersas sustentándose en terrenos de fuerte pendiente sobre laderas marcadas por la última glaciación y por la desintegración mecánica de la roca in situ. En estas condiciones las plantas sufren una constante alteración en su crecimiento y localización, desarrollando adaptaciones extremas a los efectos del clima y del sustrato (Quintanilla, 1987) (Fig. 2).

En el piso Geoecológico Andino propiamente dicho, que en el área de estudio se sitúa aproximadamente entre 2.500 y 3.200 metros, la vegetación es típicamente arbustiva, de distribución muy dispersa, creciendo en pen-

DETERMINACION DE PROCESOS Y AREAS DE RIESGOS

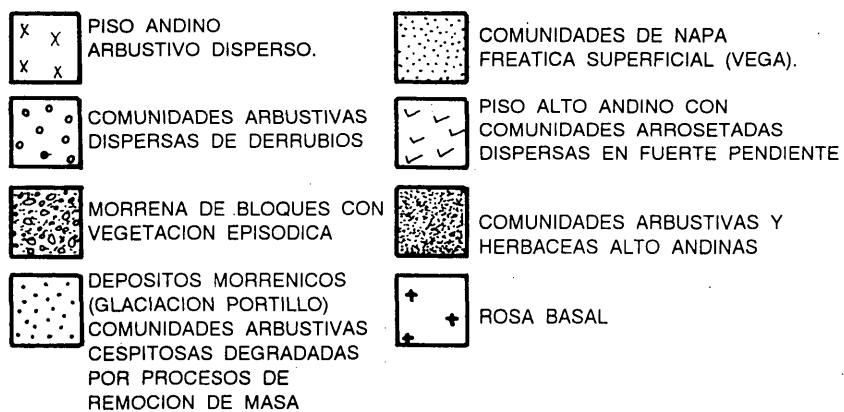
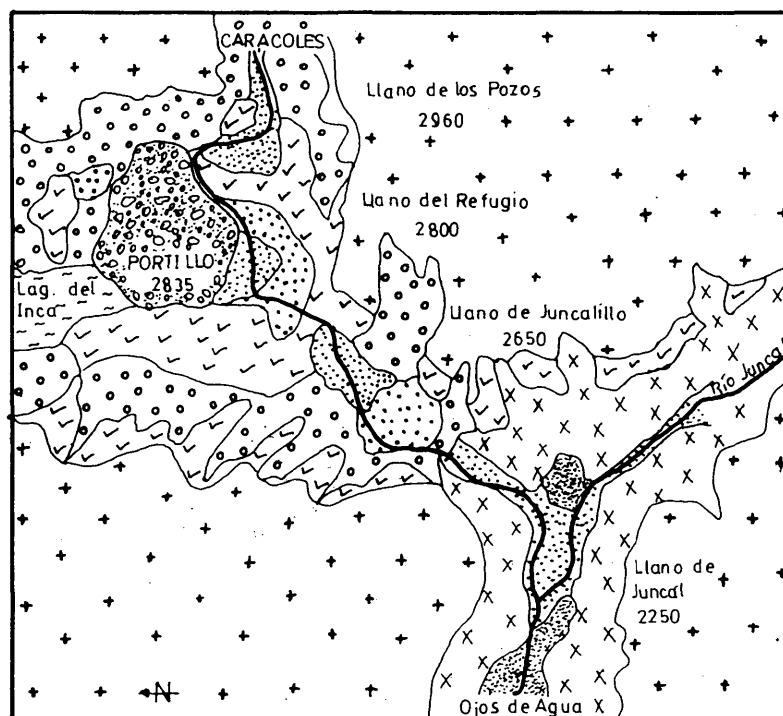


Fig. 2. Tipos vegetales del sistema Portillo-Juncal. (Vegetation types in Portillo-Juncal).

dientes superiores a 28° y sobre un delgado e inestable suelo superficial, a menudo entre derrubios. Destacan arbustos como *Ephedra chilensis*, *Berberis empetrifolia*, *B. montana*, *Nardophyllum lanatum*, *Fabiana imbricata*. Entre las plantas exclusivamente espinosas citamos *Colletia ullicina*, *Tetraglochin alatum*, *Mulinum spinosum*, *Adesmia glomerata* y *Dhuquiraga oppositifolia*. En condiciones edáficas favorables crece bien la gramínea andina *Stipa chrysophylla*. Excepcionalmente (debido a la acción antrópica) pueden encontrarse escasas especies de una hermosa umbelífera, *Laretia acaulis*, que corrientemente crece adosada a grandes bloques rocosos.

En pequeños llanos y sectores que retienen bien la humedad superficial o reciben agua regular de arroyos crecen hierbas y gramíneas densas y altas, muy apetecidas por el ganado. Son las "vegas" de la alta cordillera: *Oxylae andina*, *Draba gilliesii* y *Nassauvia pinnigera*.

En laderas a menor altitud (inferior a 3.000 mts.) y especialmente en exposición umbría, se encuentran arbustos muy típicos de montaña que poseen un buen desarrollo gracias a condiciones ecológicas locales favorables. Destaca *Guindilia chilensis* que a veces cubre extensamente las laderas. También se localizan *Colliguaja salicifolia*, *Valenzuelia trinervis* y *Fabiana imbricata*. Las quebradas que conservan durante un mayor período la humedad poseen incluso algunos árboles más típicos del piso montañoso, como serían *Kageneckia angustifolia*, *Escallonia myrtoidea* y *Schinus montanus*.

Por encima de los 3.000 metros de altitud es el ambiente típico del piso altoandino con un amplio predominio de suelo rocoso, fracturado o desnudo y con frecuente presencia de bloques rocosos voluminosos. La vegetación es muy dispersa, de carácter fundamentalmente pseudoespinoso y creciendo comunmente en matas amacolladas. Las plantas están continuamente expuestas al efecto físico mecánico de los materiales, la nieve y el hielo, todo lo cual otorga a las comunidades de plantas un recubrimiento areal muy inestable entre una estación y otra.

En consecuencia puede decirse que el efecto de los procesos geomórficos sobre el tapiz vegetal de la alta cordillera es en general negativo para la conservación y renovación de las especies. Por otra parte éstas no desempeñan un papel importante de freno o control de la dinámica cordillerana frente a la formidable energía cinética que desarrollan los procesos, los cuales, coayudados por la gravedad, con frecuencia desmantelan superficies importantes de la cubierta vegetal en el piso alto andino. *Cerastium arvense*, *Tetraglochin alatum*, *Nardophyllum lanatum*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Erigeron andicola*, *Laretia acaulis* y *Azorella madreporica* son las especies más comunes del piso altoandino. También suele encontrarse una típica gramínea andina, *Stipa chrysophylla*.

Esta vegetación cordillerana está intensamente expuesta a los impactos y efectos de los procesos de alta montaña. Con frecuencia las avalanchas, los deslizamientos o las coladas de piedras arrasan también superficies importantes cubiertas de manto vegetal relativamente continuo. Si a esto se

suma el impacto antrópico sobre las comunidades arbustivas y herbáceas (búsqueda de leña y ganadería) y algunos incendios del tapiz vegetal durante el verano en algunas de estas cuencas, se comprende el que la cobertura de la vegetación se reduce cada vez más en los altos Andes de Chile mediterráneo. Por otra parte, las plantas de estos pisos geoecológicos cumplen un papel muy modesto o insignificante en cuanto a frenar o minimizar la dinámica de los procesos de montaña y, por el contrario, ellas suelen ser arrasadas en superficies considerables por el impacto mecánico de los procesos. No obstante debe consignarse que anualmente se desarrolla una modesta recuperación de geófitas y especies en roseta.

4. Antecedentes respecto a la dinámica espacial de los procesos en la cuenca superior del río Aconcagua: casos de estudio y resultados

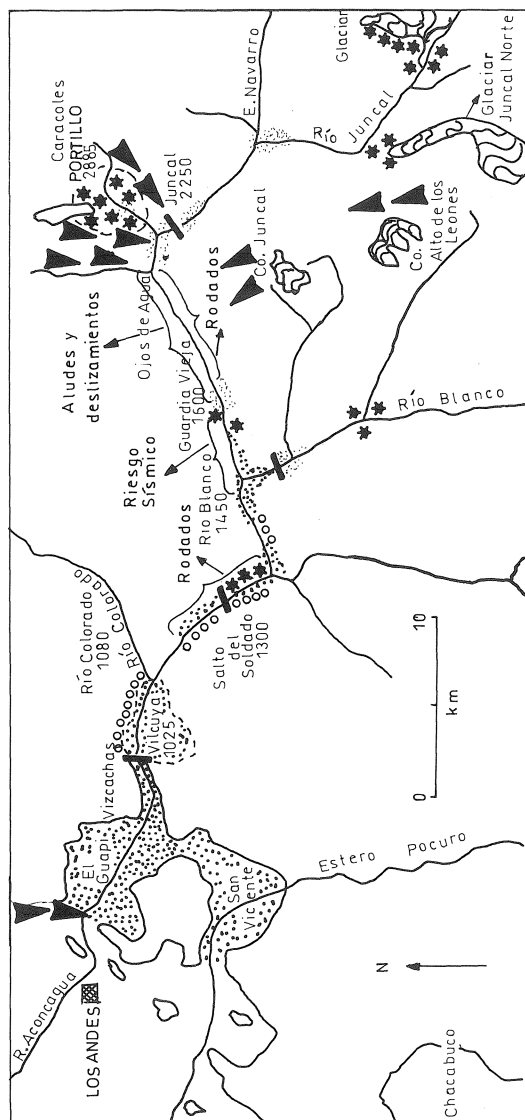
Los sistemas de alta montaña donde existe mayor dinamismo en la cordillera andina del centro de Chile son aquellos que se extienden por encima del timberline en pleno piso geoecológico altoandino y que fundamentalmente están sometidos a procesos crionivales que desbordan el ámbito del piso andino, yendo a producir a menudo sus mayores impactos en los niveles inferiores (pisos subandino y montañoso).

El sistema superior del río Aconcagua en Chile mediterráneo está constituido por una red de importantes cursos de agua cuyas nacientes se encuentran sobre los 4.000 metros de altitud. Cuatro son los subsistemas más importantes que dan origen al sistema superior del río Aconcagua: se trata de los ríos Juncal, Blanco, Los Leones y Colorado (Fig. 3).

Las fases metodológicas del estudio se basaron primero en un trabajo de gabinete para revisar todo tipo de cartografía existente sobre la zona. Luego se analizaron las fotos aéreas de vuelos nacionales a escalas 1:60.000 (años 1970 y 1977) y (años 1980 y 1982) de la zona de estudio. Posteriormente se efectuaron campañas de campo para identificar y caracterizar in situ algunos procesos y tipificar igualmente las características de los ecosistemas de alta montaña. En terreno se realizaron entrevistas a los pocos habitantes que permanecen durante todo el año en la cordillera.

El área de trabajo en la cordillera del Aconcagua se concentró principalmente en dos sectores. Uno corresponde al río Blanco (afluente del sector meridional altoandino del valle del Aconcagua), que nace al pie del Glaciar Olivares, alrededor de los 5.000 metros de altitud. El valle del río Blanco posee una orientación norte-sur y una longitud aproximada de 40 kilómetros. Su anchura varía entre los 150 y 400 metros. Las laderas que configuran el valle son muy abruptas y tienen grandes áreas de acumulación de nieve, que se descargan continuamente durante el período invernal afectando a caminos y otras instalaciones expuestas.

Las laderas septentrionales poseen pendientes más abruptas que superan los 30° y los procesos más recurrentes que hemos detectado en ellas,



Sectores de riesgo por recurrencia de procesos gravitacionales en la cuenca superior del Río Aconcagua.

- 1) Acumulaciones de comprobado carácter glaciogénico
- 2) Depresiones rellenadas aluvialmente.
- 3) Terrazas fluvio-glaciogénicas o fluvio-glaciogénicas.
- 4) Superficies de llanas.
- 5) Barreras rocosas
- 6) Procesos de reptación
- 7) Avalanchas.

Base topográfica: C. Caviedes, 1972

Fig. 3.

a través de fotointerpretación y observaciones de campo, son avalanchas, conos de derrubios, gelivación y rodados.

Curiosamente, en estos momentos el riesgo más constante que se observa en este trayecto del curso principal es el peligro de derrumbes de bloques en las riberas y terrazas, a causa de eventuales movimientos sísmicos. Voluminosas rocas diaclasadas y un sinnúmero de bloques están peligrosamente inclinados, particularmente sobre el camino trazado en la ribera occidental del río Blanco. En cambio aguas arriba de este curso de agua y después de la confluencia con el río Juncal, el valle se ensancha, presentando incluso pequeños llanos en las riberas. Aquí los procesos están ligados sobre todo al efecto de la gelivación, del deshielo y la fusión de la nieve.

La roca basal desnuda ocupa grandes espacios, especialmente en el ambiente altoandino sobre los 3.000 metros, a cuyos pies hay extensiones importantes de conos morrénicos y morrenas de bloques (o grandes derrumbes de montaña como los clasificó Abele, 1984). Las avalanchas son recurrentes durante todo el invierno e incluso avanzada la primavera, en esta parte alta de la cuenca. Gimpel (1992) identificó la notable recurrencia de taludes y conos de gravedad abastecidos por procesos de crioclastismo que sin duda afecta a las caras libres que los dominan. Estas últimas corresponden a afloramientos de la roca fundamental, constituyendo entidades de alto riesgo ya que el desprendimiento de fragmentos rocosos puede ocurrir debido a pérdida de cohesión de los mismos por el sólo efecto del crioclastismo, por golpes del viento, por sismicidad o por arrastre de avalanchas.

En cuanto a taludes y conos de deyección, sus fragmentos sueltos o poco consolidados constituyen un riesgo permanente de deslizamientos en seco o bien asistidos por aluviones o por avalanchas desde las partes altas (Gimpel, 1992).

La segunda área de estudio corresponde a sectores de tres subcuencas septentrionales tributarias del río Colorado, que a su vez es un afluente importante del curso superior del Aconcagua. Estos tributarios de la vertiente boreal se denominan río Blanco, Los Leones y Estero de la Cañada (aproximadamente entre 32° 30' y 32° 45' latitud sur). Desde el punto de vista del poblamiento son áreas prácticamente desérticas y los testimonios de tránsito sólo se reducen a sendas para el ganado transhumante durante el verano. Por otra parte, se manifiestan algunos rasgos que parecieran traducir la permanencia de un relativo equilibrio morfodinámico.

En estos sectores se identifican varios tipos recurrentes de actividades geomorfológicas con carácter de riesgo o peligro en montaña. En primer lugar, los flujos densos distribuidos por encima de 3.500 metros, nivel que a esta latitud garantiza la presencia o persistencia de temperaturas bajas durante la mayor parte del año y por consiguiente la persistencia del hielo recubierto por la carga detrítica. Son geoformas alargadas cuya rugosa superficie da la impresión de un derrame espeso, con partículas de todos los

calibres englobadas en una matriz fina lo cual permite asimilarlos a veces a la categoría de glaciares cubiertos.

Debido a la altitud a la que se localizan estos flujos densos, ocupan casi siempre las cabeceras de los colectores principales o las partes altas de los valles tributarios. Se detectaron 48 flujos densos en el sector de estudio y la extensión cubierta por todos ellos representa aproximadamente el 8% del área abarcada por las tres hoyas de los cursos principales.

Otras entidades geomorfológicas importantes detectadas se refieren a los taludes y conos de gravedad. Según Gimpel (1992) corresponden a formas resultantes de fragmentos desprendidos de las caras libres de la roca que aflora en las partes altas llegando a cubrir casi toda la base de las mismas, con pendientes entre 36° y hasta más de 40° en algunas secciones. Taludes y conos de deyección están formados por partículas de variados calibres, sueltas o poco consolidadas, ligadas a permanentes deslizamientos en seco o bien asistidos por aluviones o por avalanchas desde las partes más altas. Dichos procesos se proyectan hasta las márgenes mismas de los ríos, modificando en ocasiones sus cursos o bien se descargan lateralmente sobre algunos flujos densos.

También se han distinguido afloramientos rocosos y sobre todo superficies de estabilidad relativa consistentes en depósitos de gravedad cuyos fragmentos se hallan incluidos en una matriz fina, lo que les confiere al menos una mediocre coherencia que, ante condiciones favorables de pendiente, exposición y humedad, permite el desarrollo de un tapiz vegetal discontinuo. Sin embargo, estas unidades pueden ser vulnerables a los efectos de escurrimiento desencadenado por fusiones nivales de abundancia excepcional; particularmente en laderas de exposición favorable a una fuerte insolación.

UNIDADES ECOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS PREDOMINANTES POR PISOS EN LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA EN CHILE MEDITERRANEO (32°30' Sur).

PISOS	PENDIENTE	PRECIP.	UNIDADES ECOLÓGICAS	EVENTOS GEOMORFOLÓGICOS PREDOMINANTES
0-600	5	440	Llanuras mediterráneas	Inundaciones
600-1000	10	380	Cuencas intramontanas	Erosión lateral
1000-2000	30	650	Piso Montano-subandino	Flujos barro-Deslizamientos
2000-3000	36	900	Piso Andino	Taludes-Desprend. Soliflux-Flujos d.-Avalanchas-Conos de gravedad-Soliflucción
4000-5000	+40	+1000	Piso Nivo-glacial	Reptación-Desprendim-Avalanchas

5. Conclusiones

Los procesos de remoción en masa son recurrentes en las subcuencas y cuenca principal de la hoya superior del río Aconcagua en la cordillera andina de Chile central, generando condiciones de riesgo permanente en los sectores bajos de estos sistemas y de peligro en aquellos espacios donde existen obras viales o infraestructuras humanas.

En general los taludes y conos de deyección evidencian inestabilidad permanente. El deslizamiento en seco de sus materiales, para el que a veces basta el mero tránsito peatonal o de ganado para activarlo, podría constituir un gran limitante en el movimiento poblacional. No debe descartarse tampoco el probable impacto futuro sobre la remoción de materiales por parte de las empresas mineras quienes con frecuencia están a la expectativa de llevar a cabo explotaciones en estas cuencas.

Ante perturbaciones a largo plazo en la fusión nival o en el carácter de las precipitaciones es posible que los flujos densos se comporten al estilo de flujos rápidos provocando los daños consiguientes. Así ocurrió en esta zona durante el invierno de 1982, 1984 y 1987, produciéndose una prolongada suspensión del uso de la carretera internacional hacia Argentina, cuyo puerto en dirección a la ciudad de Mendoza se sitúa a 3.300 m. de altitud.

Generalmente los procesos responsables de estos impactos son las avalanchas. Ocurren particularmente por encima de 2.500 m. s.n.m., cuando las laderas de pendientes muy pronunciadas se encuentran desprovistas de una cubierta vegetal importante. Las coladas de piedras y flujos densos también son frecuentes y constituyen los fenómenos que a menudo producen destrucciones y obstrucciones en los caminos.

Desde el punto de vista de la prevención la situación es un tanto compleja. Debido a lo muy estrecho y escarpado de los valles cordilleranos (como ocurre especialmente en el caso del río Blanco), a las empresas mineras aquí instaladas y al Ministerio de Vialidad de Chile no les es posible efectuar un control regular de avalanchas para dar al menos, seguridad a los usuarios de las vías. Los controles sólo incluyen defensas a algunas obras civiles como son las barreras, las cuñas deflectoras, los túneles y los cobertizos. Ante las coladas de piedras, normalmente se practican obras de despeje de rutas a cargo de maquinaria pesada para remover los materiales de distintos volúmenes. Esto a su vez está apoyado por un sistema de alerta con respecto al crecimiento de la muralla de nieve en el borde de la ruta, con el fin de prevenir a los automovilistas y tránsito de camiones.

Finalmente debe señalarse que nuestras investigaciones desembocan también en una cartografía de riesgos a consecuencia de la ocurrencia de procesos geomórficos en los Andes mediterráneos de Chile, de igual forma que ya se ha elaborado para una parte de los Andes de Santiago (Quintanilla, 1991) y llevada a mapas a escala 1:50.000.

Los tipos de riesgos se jerarquizaron para dos categorías de formas, a partir de cálculos hechos en los mapas de pendiente. Las formas y rangos de pendientes son los siguientes:

	Pendiente (en grados)	Categoría de riesgos
Flujos densos	<21	Bajo
	21-36	Mediano
	>36	Alto
Depósitos de gravedad	<29	Bajo
	29-35	Mediano
	>35	Alto

Las áreas de estudio que aquí se han presentado brevemente, serán cartografiadas en dos mapas topográficos, una vez completados los análisis. Una corresponderá a la localización e identificación de los procesos y riesgos y la otra representará la cubierta vegetal de los ecosistemas y su grado de fragilidad.

Agradecimientos. El presente estudio se lleva a cabo dentro del marco del Proyecto FONDECYT N° 482-91 (Chile) iniciado durante el año 1991.

Referencias.

- Abele, G. (1984): Derrumbes de montaña y morrenas en los Andes chilenos. *Revista Geográfica Norte Grande*, 11, Antofagasta.
- Carreño, R. (1992): Desastres naturales y planificación territorial. *Com. al II Encuentro Intern. de Geografía de las Américas Lima-Cusco* (Perú).
- Caviedes, C. (1972): *Geomorfología del Cuaternario del Valle del Aconcagua, Chile Central*. Inst. Geografía, Universidad de Freiburg, Alemania.
- Gimpel, S. (1992): Entidades geomórficas de riesgo en hoyas de los altos Andes de Chile Central. *Com. al IVº Encuentro Cient. sobre Medio Ambiente*, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Golubev, G. (1969): Avalanchas y corrientes de barro en Chile. *Informaciones Geográficas*, 17, Universidad de Chile, Santiago.
- Lliboutry, L. (1956): *Nieves y glaciares de Chile. Fundamentos de Glaciología*. Ediciones Universidad de Chile, Santiago.
- Lliboutry, L. (1965): *Traité de Glaciologie*. Masson et Cie. Editeurs, Paris.
- Quintanilla, V. (1987): Cartografía Vegetal de Chile Mediterráneo. *Rev. Contrib. Cient. y Tecnológicas. Area Geociencias IV*. Universidad de Santiago de Chile, Santiago.
- Quintanilla, V. (1991): Cartografía preliminar de riesgos de montaña en ecosistemas de la hoyá superior del río Maipo (33° lat. Sur). *Com. a Ier Congreso Intern. de Geociencias*, Santiago.
- Quintanilla, V. (1992): Cartografía de riesgos de desastres en cuencas andinas de Chile central. Avance preliminar. *Com. al II Congreso Inter. de Geografía de las Américas*, Lima-Cusco, Perú.
- Zavala, Y.L. (1991): *Manual para la prevención de desastres naturales*. Fac. Ingeniería Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.