

Revista de Geografía Norte Grande

Pontificia Universidad Católica de Chile

Instituto de Geografía

hidalgo@geo.puc.cl

ISSN: 0379-8682

CHILE

2004

María Victoria Soto Bäuerle / Carmen Paz Castro Correa / Carolina Chávez Valdivia
CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL CORREDOR DE COMERCIO LAS LEÑAS,
VALLE DEL RÍO CACHAPOAL, ANDES DE CHILE CENTRAL

Revista de Geografía, Norte Grande, número 031

Pontificia Universidad Católica de Chile

Santiago, Chile

pp. 85-98



Caracterización geomorfológica del corredor de comercio Las Leñas, valle del Río Cachapoal, Andes de Chile central¹

MARÍA VICTORIA SOTO BÄUERLE²
CARMEN PAZ CASTRO CORREA²
CAROLINA CHÁVEZ VALDIVIA³

RESUMEN

La futura habilitación de un corredor de comercio a través de un valle de los Andes de Chile Central, ha motivado la necesidad de analizar desde un punto de vista geomorfológico los ambientes presentes, que consideran un dominio periglacial de alta montaña y media montaña, en ambiente de cordillera plegada. La información geomorfológica sirve de base para analizar los riesgos geodinámicos que afectan al valle, y cómo ellos podrán afectar la habilitación del proyecto de corredor comercial entre Chile y Argentina. Se analiza la relación vertiente - talweg, la potencialidad de aporte de sedimentos de las vertientes y su condición de estabilidad actual. La dinámica actual de las vertientes, de los depósitos basales y de las formas fluviales presenta una condición dinámica relacionada al dominio morfoestructural y morfoclimático.

ABSTRACT

The future rating of a commerce corridor through a valley of the Andes in Central Chile, has motivated the necessity to analyze from a geomorphologic point of view the present environments, that consider a high periglacial mountain and medium mountain dominion on folded mountain range. The geomorphological information serves as a base to analyze the geodynamic risks that affect the valley, and how they will be able to affect the rating of the project of commercial corridor between Chile and Argentina. Talweg-slope relation is analyzed, the potentiality of sediment contribution from the slopes and its present stability condition. The dynamics of the slopes, the basal deposits and the fluvial features presents a dynamic condition related to the morphoestructural and morfoclimatic dominions.

Palabras Claves: sistemas de vertientes, ambiente morfoestructural, geodinámica actual.

Key Words: slopes systems / morphoestructural environment / actual geodynamic.

En la última década ha crecido la necesidad por dotar al país de nuevas rutas internacionales con Argentina. El análisis de corredores implica una concepción de áreas geográficas con fronte-

ras amorfas con una dotación de recursos naturales, infraestructura económica-social y poblaciones establecidas. Los corredores, entonces, apoyan el crecimiento urbano existente, forjando

¹ Proyecto DID TNAC 11/2001. Universidad de Chile.

² Departamento de Geografía, Universidad de Chile.

³ Memorista, proyecto investigación, Universidad de Chile.

nuevas relaciones entre ciudades dominantes y emergentes (BENDER, 1999).

El funcionamiento seguro y permanente de estas rutas requiere de la elaboración de diagnósticos que permitan reducir las vulnerabilidades y el impacto de los fenómenos naturales que ocurren periódicamente en estos sectores montañosos. El caso de estudio, corredor Las Leñas en la VI Región, ha sido seleccionado por las autoridades de Chile y Argentina para ser habilitado como vía complementaria al Sistema Cristo Redentor, lo que plantea una oportunidad de planificar la obra y sus efectos en función de reducir la vulnerabilidad a los peligros naturales.

En consecuencia, el estudio se centra en el análisis del ambiente de montaña, paisaje de gran dinamismo en relación con los procesos geomorfológicos cuya geodinámica actual pueda incidir en riesgo para el funcionamiento de un corredor de comercio.

Procesos dinámicos en ambientes de montaña

En ambientes de montaña, el tratamiento de las vertientes como aportadores de material y las formas de depositación asociadas son variables relevantes (GARCÍA-RUIZ, 1990, ARNÁEZ-VADILLO (1990). ARAYA-VERGARA (1985, 1996) diseñó una taxonomía de formas que permite comprender los procesos actuales de ambientes de montaña, siendo uno de los aportes la conceptualización de las vertientes como sistemas, orientado a una noción de geodinámica externa actual del paisaje; esta sistematización considera a las vertientes como sistemas e implícitamente a las formas depositacionales correlativas a éstas. El análisis de las relaciones dinámicas existentes entre las vertientes y los depósitos basales asociados, permite reconocer los patrones del modelado reciente (KOTARBA, 1984, 1992).

La importancia geodinámica de las formas basales es fundamental para el reconocimiento de procesos dinámicos en un ambiente de cordillera plegada como es el caso de los Andes de Chile Central, en que las estructuras rocosas expuestas a la acción de la meteorización inciden en un importante aporte actual y permanente de detritos.

El ambiente de alta montaña se caracteriza por su gran dinamismo geomorfológico debido a su posición morfoclimática periglacial, concepto que dice relación con una zona de amplitud indefinida, periférica al hielo glacial actual o de alguna fase del Pleistoceno (BLIKRA y NEMEC, 1998), siendo conveniente de aplicar para aquellos grupos de formas y procesos relacionados a un rango de climas característicos de la zona periglacial actual o pasada. Para el corredor Las Leñas, el término se ha adoptado para la sección de alta montaña, debido a la fuerte impronta de este ambiente en los fenómenos debidos a la acción del hielo y deshielo, tanto en los sistemas montañosos como en las formas de contacto y de base, así como también del sistema fluvial.

Las formas asociadas a estos procesos son variadas y ha sido sistematizadas por EMBLETON & KING (1975), HAUSER (1993), VARNES (1958), modificada por SELBY (1983), en BENN & EVANS (1998); BLIKRA & NEMEC (1998).

El valle andino del río Cachapoal incluye una importante superficie correspondiente a la unidad de media y baja montaña. Para la distinción entre alta y media montaña, los criterios señalados por TROLL (1972, en GARCÍA-RUIZ, 1990), son en general adaptables a la zona en estudio, entre los que se considera la línea de nieves pleistocénicas; el nivel inferior del modelado periglacial activo y el nivel inferior de la acción crionival activa. En todos ellos el papel del hielo como agente morfogenético, junto con el factor de vegetación establecen la extensión y límite inferior de la alta montaña (GARCÍA-RUIZ, 1990). Sin embargo, en cordilleras de gran rango altitudinal y dominadas por la estructura, la distinción entre media y baja montaña resulta un ejercicio complejo ya que los procesos de denudación asociados a los diferentes pisos, son controlados por tales factores y consecuentemente no existe una clara distinción entre ambos, siendo más bien un cambio gradacional.

El área de influencia del corredor Las Leñas se caracteriza por la presencia de depósitos basales de taludes inconsolidados, conformados por conos coluviales, según la definición de BLIKRA & NEMEC (1998), siendo los procesos de avalancha los agentes dinámicos actuales de las vertientes. Los autores señalan también que los sistemas coluviales, aunque dependen de las con-

diciones geomorfológicas locales, son muy sensibles a los cambios climáticos regionales. En este sentido, las intensas y concentradas precipitaciones acontecidas durante el invierno del año 2002, dinamizaron los depósitos basales, comprobándose gran arrastre de rocas de tamaño considerable y árboles, generándose notables acumulaciones asociadas a flujos de avalanchas, no observadas el verano anterior (CASTRO *et al.* 2003).

Los procesos de avalanchas, tienen la capacidad de disectar conos coluviales formando profundas incisiones (BALLANTYNE & BENN (1994), CURRY & BALLANTYNE (1999) en CURRY (1999). BALLANTYNE (2002) señala que los depósitos de base de vertiente, de fuerte pendiente, son susceptibles de ser erosionados como *debris flow*, avalanchas de nieve, corrientes y lavado superficial.

Con respecto a la dinámica fluvial, BLIKRA & NEMEC (1998) señalan que el flujo de los ríos en zonas de dominio periglacial están caracterizados por irregularidades y fluctuaciones repentinas. Los prolongados períodos de temperaturas bajo cero, pueden significar una completa interrupción del flujo y por lo tanto, de toda la actividad fluvial, pero durante la primavera o a comienzos del verano, se liberan flujos de dimensiones catastróficas por un breve período, cuando ocurre una considerable erosión y movimiento de detritos. Este patrón de actividad concentrada tiene mayor potencial erosivo y de transporte que un flujo distribuido homogéneamente a través del año y condiciona la dinámica de todo el curso andino del río Cachapoal.

GARCÍA-RUIZ *et al.* (1990) señalan que en ambientes de media montaña, el aporte de sedimentos a los ríos se realiza a través de flujos de detritos, como también desde las cuencas y sus conos aluviales correlativos imbricados en el fondo del valle. Estos conos se comportan como almacenadores de materia, que posteriormente son evacuados frontalmente por la acción de socavamiento lateral del río principal.

En consecuencia, para el objetivo de habilitar el corredor Las Leñas, se señala lo planteado por PEÑA (1997), en cuanto a que el análisis geomorfológico es base conceptual en la detección de los peligros múltiples, asumiendo que los riesgos asociados a esta variable son de vital

importancia para la elaboración de cartografías aplicadas, tras su combinación con otras variables del medio físico o de la actividad humana sobre un espacio, en este caso, el corredor bioceánico que unirá Chile y Argentina.

Metodología

Para el estudio del corredor Las Leñas, se planteó como metodología de análisis las siguientes componentes del ámbito físico:

Morfotectónica de bloques: La consideración del ambiente morfoestructural y tectónico y su influencia en el modelado de las vertientes, es fundamental dado el carácter de cordillera plegada. Se analizaron las características de fallamiento, estratificación y plegamiento según los antecedentes de CORVALAN (1959), KLOHN (1960), VICENTE *et al.* (1973), CHARRIER (1983) y CHARRIER *et al.* (1997).

Vertientes: Se analizaron según el concepto de sistemas de la clasificación de ARAYA - VERGARA (1985, 1996). Destaca la influencia estructural como condicionante de la relación vertiente/talweg. La concepción de sistemas de vertientes se asocia al potencial de aporte sedimentario, como expresión moderna de la geodinámica externa. Estos conceptos ya han sido aplicados para ambientes de montaña por MORALES (1988), WILLUMSEN (1989), MESINA *et al.* (2001), CASTRO *et al.* (2002), MESINA (2003), SOTO & CASTRO (2003a, 2003b).

Formas de contacto: Para el área de estudio en donde destacan potentes depósitos basales en todo el valle del río Cachapoal, estas formas han sido individualizadas debido a su importancia como elemento indicativo de la geodinámica externa actual de la cuenca (CASTRO *et al.* 2002; SOTO & CASTRO, 2003a, 2003b).

Formas glaciales y nivales: La acción glacial y el relleno cuaternario se consideraron a partir de la herencia pleistocénica en el valle, según la documentación de VARELA (1986).

Formas polifásicas fluviales: La acción fluvial se consideró a partir del reconocimiento de los diferentes niveles de terrazas, tanto las pleistocénicas como las holocénicas, según los

critérios de ARAYA-VERGARA (1985, 1996) y PEÑA (1997).

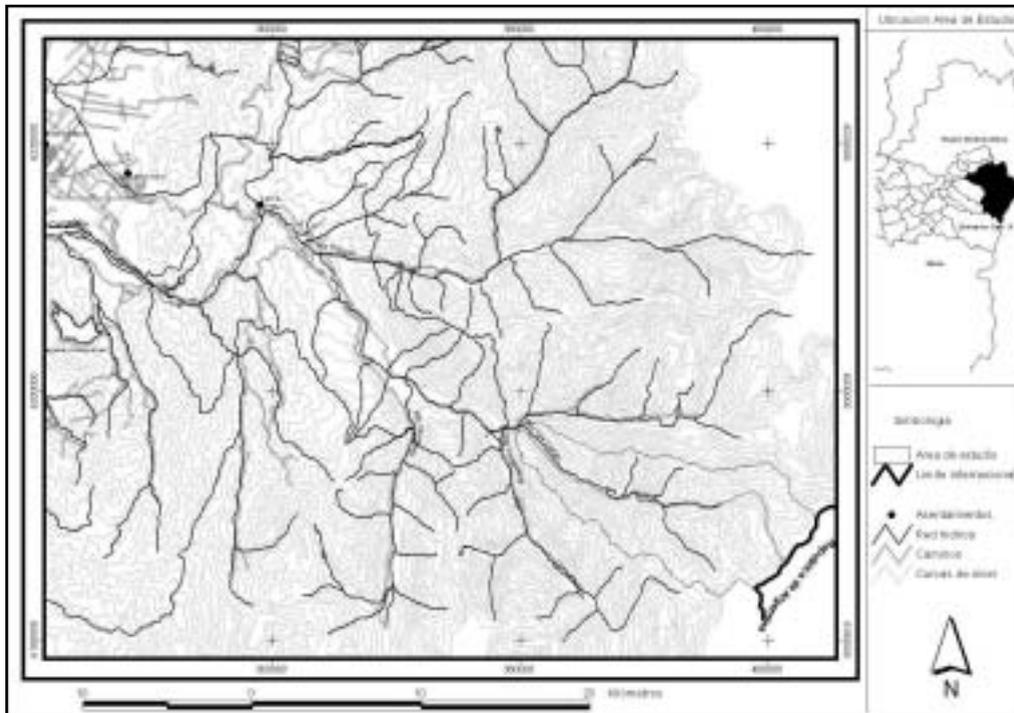
Los pasos metodológicos consistieron básicamente en la fotointerpretación geomorfológica a partir de fotografías del vuelo GEOTEC 1996, escala 1:50.000 y mapeamiento de terreno.

Área de Estudio

El sector estudiado corresponde a la cuenca alta del río Cachapoal (34°22'-34°30' Lat. S y 70°15'-70°00' Long. W), conformado por las cuencas tributarias de los ríos Las Leñas y Cortaderal, correspondientes a las componentes más altas de la vertiente occidental de la cordillera de Los Andes; la cuenca del río Cipreses y El Pangal, pertenece al ambiente de media montaña (figura 1).

El sistema general de la sección cordillerana del río Cachapoal corresponde a un paisaje de montaña, con evidencias del modelado del periglacial de altura, consecuentemente con el piso altitudinal de la sección alta (entre los 1200 m.s.n.m. en el fondo de valle y 4.500 m.s.n.m. de la línea de altas cumbres). El paisaje de alta montaña se caracteriza por la conformación de flancos de valle, fuertemente modelados por la tectónica y la estructura en rocas plegadas, trabajadas por la acción del hielo glacial durante la última glaciación del Würm, datada entre 70.000 y 11.000 años A.P. (VARELA, 1986). En la sección de media montaña, con condiciones menos rigurosas del piso altitudinal, los sistemas de vertientes fuertemente marcados por la estructura, si bien se presentan con relieves escarpados y de fuerte pendiente, están protegidos por una cubierta de suelos y vegetación.

FIGURA N° 1
ÁREA DE ESTUDIO



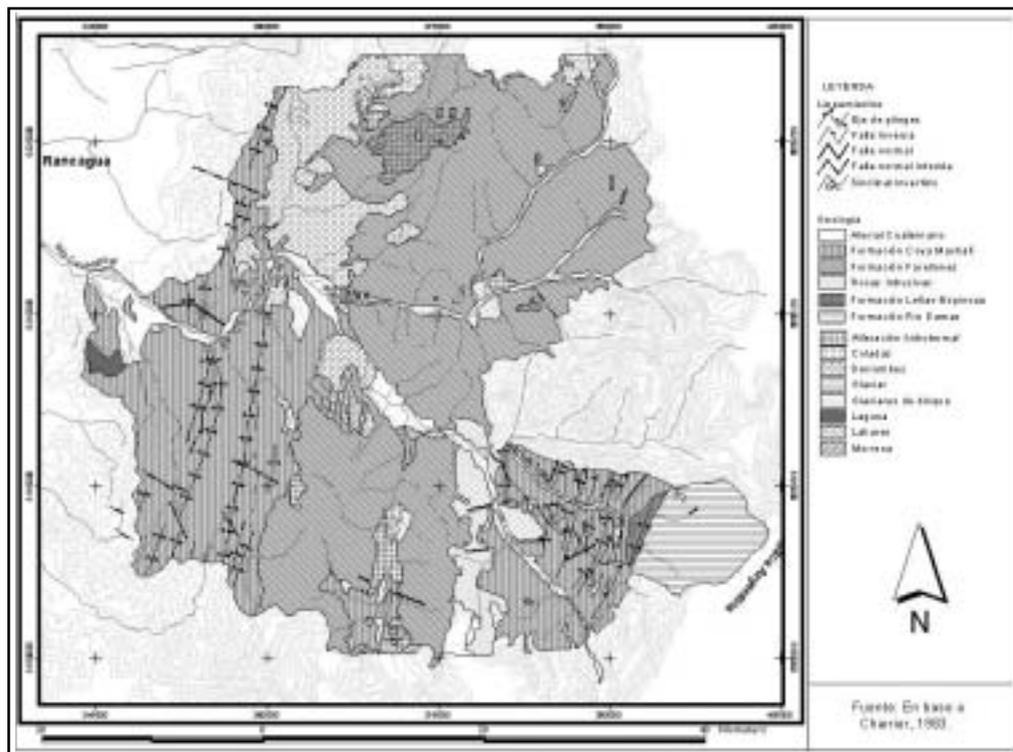
Dominio morfo-tectónico y estructural

En el valle del Cachapoal el paisaje geológico corresponde a formaciones de relevancia en la conformación y plegamiento de la cordillera de

los Andes en Chile Central. Las formaciones que predominan en el valle son aquellas asociadas a un intenso plegamiento. En la parte alta del valle, en la cuenca del río Las Leñas, se reconoce la Formación Río Damas (figura 2), conformada por sedimentos clásticos, con intercalaciones de rocas volcánicas, efusivas y piroclásticas, deposita-

das esencialmente en un ambiente terrestre subaéreo y lagunar. Esta formación estratificada conforma lo que KLHON (1960) denominó el Jurásico terrestre.

FIGURA N° 2
 AMBIENTE MORFOTECTÓNICO Y ESTRUCTURAL, CORREDOR LAS LEÑAS



En la sección alta del valle, en Las Leñas, aflora localmente la Formación Leñas-Espinoza, correspondiente a sedimentos marinos, integrada por rocas clásticas y estratos calcáreos fosilíferos (KLOHN, 1960). Esta sección de sedimentos marinos del titoniano, está compuesta principalmente por calizas compactas, areniscas calcáreas finas y algunas intercalaciones de lutitas fosilíferas (CORVALÁN, 1959).

Una de las formaciones más representativas territorialmente es Coya-Machalí, de depósitos continentales, principalmente sedimentos límnicos, rocas efusivas y piroclásticas (KLOHN, 1960). Esta formación se caracteriza por el intenso fallamiento y plegamiento (CHARRIER *et al.* 1997).

La formación de mayor extensión en el valle del Cachapoal es Farellones, perteneciente al mioceno superior y conformado por depósitos volcánicos continentales muy espesos, predominantemente por rocas andesíticas. Esta forma-

ción se encuentra escasamente plegada y sus estratos más altos expuestos conforman el límite superior de la erosión actual (CHARRIER, 1983).

Existen también cuerpos intrusivos en el área, correspondientes a cuerpos relativamente pequeños y aislados de stocks, apófisis, diques y filones; se reconocen granitos, granodioritas, tonalitas, monzonitas cuarcíferas, monzodioritas cuarcíferas, dioritas cuarcíferas y dioritas

Resultados

Caracterización Geomorfológica

La caracterización de los aspectos geomorfológicos del corredor Las Leñas, en el contexto del paisaje de montaña andina, se realiza a través del análisis de las formas y procesos de los sistemas de vertientes, de los depósitos basales y de los fondos de valle.

Sistemas de Vertientes

En base de los antecedentes de la morfoestructura y tectónica del valle del Cachapoal, los sistemas de vertientes están fuertemente influidos por la estructura, principalmente la estructura monoclinial y plegada, en concordancia con los procesos que han afectado a las formaciones plegadas de origen continental, volcánicas y sedimentarias de la cuenca. Consecuente con el estilo de plegamiento, los sistemas de vertientes encontrados se caracterizan por la presencia de los estratos rocosos potentes, en un ambiente modelado además por los procesos de excavación glaciar.

Vertientes modeladas en estructura monoclinial y plegada

Los sistemas de vertientes de este grupo de formas son los más representativos del área de estudio, teniendo una expresión muy amplia, desde el ambiente de alta a la baja montaña. En función al arreglo estructural de los estratos en el plegamiento, se distinguen sistemas de vertientes diferentes. Estos tipos de sistemas estructurales se basan en la taxonomía de ARAYA-VERGARA (1985, 1996), en su aplicación al valle del Cachapoal (figura 3 y figura 4). Los sistemas de vertientes son los siguientes:

Vertientes de hogback: corresponden a vertientes muy agudas en que el buzamiento de los estratos es superior a los 60°, constituyendo así una situación favorable para el aporte de detritos desde las vertientes. Estas vertientes son muy importantes territorialmente en la zona de alta montaña (figura 5).

Vertientes inversas: corresponden a sistemas de vertientes que exponen sus estratos en una pendiente inversa a la inclinación de estos, generando vertientes rugosas con peldaños y depósitos basales de talud. Este tipo de sistema se ha desarrollado prácticamente en todo el valle.

Vertientes conformes: corresponden al reverso de las vertientes inversas y presentan una rugosidad relativa menor, dado que la vertiente se desarrolla en la misma dirección que los estratos rocosos, constituyendo una vertiente consecuente.

Vertientes discordantes: similares a las inversas pero que exponen transversalmente al buzamiento de las capas en el monoclinial. Este tipo de vertientes se presenta exclusivamente en la sección alta del área de estudio, presentándose claramente el conjunto de vertiente inversa-conforme-discordante, principalmente en vertientes que presentan los mayores rasgos de plegamiento de la alta montaña.

Dado que las estructuras plegadas monocliniales están presentes tanto en la baja como en la alta montaña, los sistemas de vertientes esculpidos en estas estructuras se presentan bastante distribuidos en el valle, pero con notables diferencias en cuanto al estado morfodinámico y aporte de materia. Esto implica que las vertientes modeladas en estructuras monocliniales de la alta montaña, presenta sus estratos aflorantes descubiertos expuestos a los procesos de meteorización, acompañados por grandes depósitos basales inconsolidados e incididos por el retrabajo de los flujos de avalancha torrenciales estacionales.

Estas mismas vertientes en el piso de media y baja montaña, presentan cobertura de suelo y de vegetación, conformando un paisaje de relieves monocliniales en donde los estratos afloran principalmente en las partes culminantes. La condición dinámica de éstos es relativamente menor que con respecto a las mismas estructuras en la alta montaña.

Vertientes modeladas en estructura concordante

Estos sistemas de vertientes corresponden a aquellas modeladas en las estructuras poco plegadas de la formación Farellones y se presentan sólo en la sección de media montaña. Las vertientes modeladas en este tipo de estructura plegada, con gran radio de curvatura, han sido definidas por ARAYA-VERGARA (1985, 1996) como vertientes de plateau, en que las caras libres exponen al valle y las partes culminantes, de topografía suavemente ondulada se presentan como superficie residual de erosión. Los taludes correlativos son importantes y en general se presentan bastante estabilizados por vegetación, debido a su posición de piso altitudinal más bajo.

FIGURA N° 3
CARTA GEOMORFOLÓGICA DEL VALLE DEL RÍO CACHAPOAL, SECCIÓN DE MEDIA Y BAJA MONTAÑA

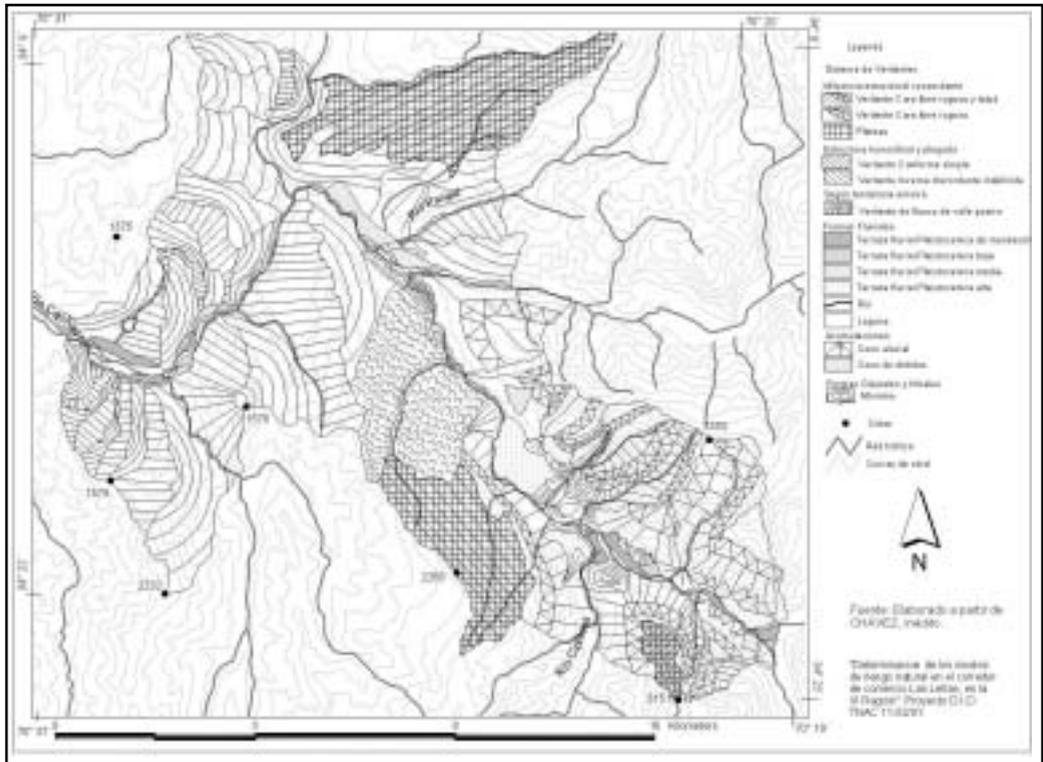


FIGURA N° 4
CARTA GEOMORFOLÓGICA DEL VALLE DEL RÍO LAS LEÑAS, CUENCA DEL RÍO CACHAPOAL, SECCIÓN DE ALTA MONTAÑA

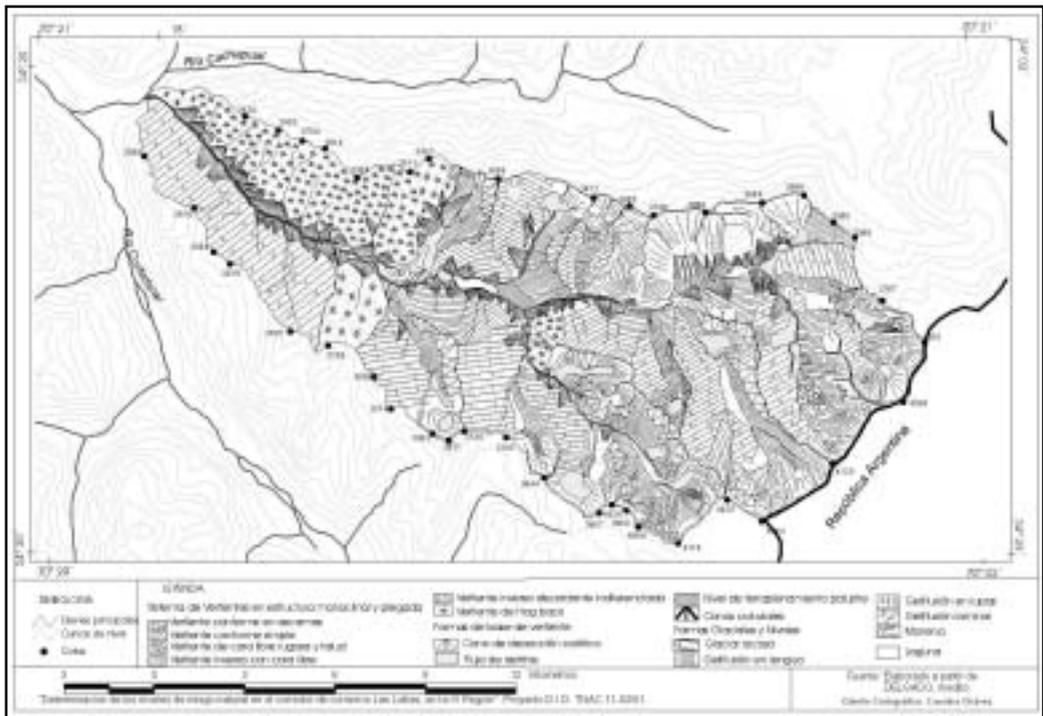


FIGURA N° 5
 VERTIENTES MONOCLINALES, *HOGBACK*. VALLE DEL RÍO LAS LEÑAS, ALTA MONTAÑA,
 VERTIENTES CON ESTRATOS FUERTEMENTE PLEGADOS CORRESPONDIENTES A ROCAS DE
 LA FORMACIÓN LEÑAS-ESPINOZA, DE ORIGEN SEDIMENTARIO MARINO, CALCÁREO,
 FOSILÍFERO.



Vertientes modeladas en intrusivos

Los sistemas vertientes modeladas en rocas intrusivas granodioríticas se presentan en el sector de la confluencia del Cachapoal, con su tributario de alta montaña. El aspecto general de estas vertientes, es de sistemas muy escarpados y de fuerte pendiente, destacando el aspecto rugoso y fragmentado de las laderas rocosas, además totalmente expuestas a los agentes de denudación

subaérea, sin cobertura de suelo y vegetación. La presencia de este tipo de vertientes es muy característica en el corredor, debido a la naturaleza mineralógica de las vertientes y también por sus potentes conos de gravedad (figura 6). Tales sistemas de vertientes han sido mapeados como vertientes en estructura concordante de caras libres, debido a que el aspecto de éstas es similar a aquellas, no obstante ser un bloque macizo.

FIGURA N° 6
VERTIENTES MODELADAS EN ROCAS INTRUSIVAS GRANODIORÍTICAS. LAS VERTIENTES SE PRESENTAN DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN, MUY FRACTURADA, CON UN ASPECTO GENERAL DE RUGOSIDAD INTENSA. LOS CONOS ASOCIADOS SON ACTIVOS, MUY INESTABLES E INCIDIDOS ESTACIONALMENTE POR FLUJOS DE DETRITOS TORRENCIALES



Vertientes de excavación

Corresponden a los sistemas de vertientes modelados por la acción glacial como circos, con pendientes muy escarpadas a las que se correlacionan importantes depósitos de génesis postglacial. Este tipo de vertientes de excavación se localiza en los sectores de la cabecera de la cuenca de Las Leñas. La condición de intensa rugosidad de estas vertientes incide en los depósitos basales de contacto, que conforman potentes depósitos de taludes de avalanchas (figura 4).

ARAYA-VERGARA (1985) señala, para el caso de la cuenca del río Mapocho (33° 30' Lat S y 71° 30' Long. W), que las formas morrénicas existentes en los valles altos asociados a circos de dominio glacial en el Cuaternario, en la actualidad están asociadas al dominio nival y periglacial. Esto se relaciona a la potencialidad de las vertientes para proporcionar detritos por gelifracción, siendo importantes en cuanto a que corresponden a sectores de avalanchas. Esta relación se aplica a los circos de Las Leñas, en el alto Cachapoal. Hay formas de lenguas correspondientes a glaciares rocosos.

Depósitos basales

Corresponden tanto a los depósitos correlativos de los sistemas de vertientes, recurrentemente de carácter gravitacional, como también a los conos asociados a las cuencas menores aportantes al valle principal del río Cachapoal, de carácter aluvial y de actividad torrencial estacional.

Los depósitos basales se destacan como formas indicativas de la importante dinámica actual del paisaje de montaña, siendo los conos coluviales los más representativos territorialmente en toda el área de estudio, desde la alta a la media y baja montaña.

Han sido definidos como depósitos modernos de laderas, con geometría de conos, que se distinguen de los conos aluviales porque han sido formados por procesos de avalanchas, es decir, por rápidos movimientos gravitacionales de detritos rocosos húmedos o secos, de nieve o la mezcla de estos en ambiente de fuerte pendiente, tal como son definidos por BLIKRA & NEMEC (1998). Las formas basales correlativas a los sis-

temas de vertientes se constituyen en conos coalescentes, de una amplia continuidad y recurrencia territorial, que forman potentes y escarpados conos tributarios al valle principal del río Las Leñas.

Al analizar la potencia y dinámica actual de los conos basales CASTRO *et al.* (2003), estableció diferencias entre estas formas de igual morfogénesis, estando éstas relacionadas al piso altitudinal y al tipo de vertiente exportadora de detritos. En este sentido, los depósitos basales de la alta montaña, asociados a las vertientes de excavación (circos heredados del Cuaternario), son los que presentan los sistemas de conos más potentes, inconsolidados y dinámicos, siendo funcionales en la actualidad tanto por gravedad como por flujos de avalancha.

En el mismo piso de alta montaña, se aprecia también que la mayor detritificación e inestabilidad asociada de los conos se vincula a aquellas vertientes modeladas en formaciones muy plegadas y falladas, no obstante en la sección más baja del periglacial, los conos de vertientes de máximo plegamiento (*hogback*), se presentan con un importante nivel de estabilización y la dinamización de estos depósitos ocurre a través de flujos torrenciales estacionales que disectan tales taludes colonizados con matorral arbores-

cente esclerófilo (figura 7). Situación similar se presenta en la media montaña, en donde los conos más potentes, inconsolidados y activos, muy similares a los del periglacial, son correlativos a las vertientes expuestas del intrusivo granodiorítico.

En el sector de la confluencia del río Cachapoal y Cipreses, los taludes están estabilizados por la vegetación, no obstante incididos localmente por flujos de detritos de carácter estacional. A medida que se desciende en el piso, el nivel de disección es cada vez menos expresivo, siendo de esta manera concordante con las condiciones de estabilidad propias de la media montaña. La estructura es, sin embargo, un factor determinante.

Es en este sector donde además es posible reconocer la presencia de un valle amplio, de una extensa terraza aluvial y de conos aluviales torrenciales sobreimpuestos (figura 3). Estos conos aluviales son los depósitos correlativos de cuencas tributarias al Cachapoal, desde sistemas muy exportadores de masa, que en este caso se asocian al macizo intrusivo. Corresponden a conos menores, con un perfil convexo, en general muy densamente vegetados, pero de un marcado carácter torrencial estacional, dado por los altos niveles de disección del talweg, de excavación lateral y potencial de carga (figura 8).

FIGURA N° 7

VERTIENTES MONOCLINALES *HOGBACK*, SECCIÓN DE ALTA MONTAÑA. DESTACA LA CONDICIÓN DE ESTABILIZACIÓN GENERAL POR VEGETACIÓN TANTO DE LAS VERTIENTES COMO DE LOS CONOS. ESTOS CONOS SON DISECTADOS POR FLUJOS DE AVALANCHA, DE CARÁCTER ESTACIONAL



FIGURA N° 8

TALWEG DE CONO ALUVIAL TORRENCIAL DE MEDIA MONTAÑA. SE OBSERVA LE CAPACIDAD DE DISECCIÓN DEL TALWEG, AL IGUAL QUE LA COMPETENCIA. ESTE TIPO DE CONOS ALUVIALES DE FUNCIONAMIENTO ESTACIONAL SE ENCUENTRAN SOBREPUESTOS A LAS TERRAZAS BAJAS Y SON APORTANTES AL RÍO CACHAPOAL



Formas y procesos del fondo de valle

Las formas de fondo de valle más características corresponden a depósitos morrénicos y diferentes niveles de terrazas fluviales, a saber:

Los depósitos morrénicos corresponden a remanentes de la última glaciación del Würm (Varela, 1986). La localización de estas formas es muy específica, como en la cuenca alta del río Las Leñas, en el sector de la laguna El Yeso, donde los depósitos del valle corresponden a remanentes morrénicos en coexistencia con depósitos de avalanchas post glaciales. Estos depósitos constituyen la barrera natural que explica la presencia de la laguna. En la sección de media montaña, se presentan también remanentes morrénicos en el sector de la confluencia del río Cipreses con el Cachapoal. Los depósitos de la ribera norte se presentan como cordones longitudinales adosados a la base del flanco de valle, pero profundamente disectado por el talweg de una microcuenca local, en una disección semejante a una garganta. Estos depósitos no consolidados de origen glaciar corresponden a remanentes morrénicos según CHARRIER (1983).

Otra de las formas del fondo del valle de importancia espacial y morfológica, la constituyen las terrazas fluviales, las que se han desarrollado en la sección de mayor amplitud del valle, a partir de la confluencia del río Cipreses. Se han identificado hasta cuatro niveles de terrazas fluviales, las que debido a la falta de datación, tanto relativa como absoluta, no han podido ser clasificadas según la denominación de T. En este sentido, se ha adoptado el criterio de PEÑA *et al.* (2002), referido a la estimación diferencial de terrazas en situación de carencia de información de datación, distinguiendo a las terrazas pleistocénicas en altas, medias y bajas. La distinción de terrazas holocénicas, no reviste mayor complejidad, y ellas han sido reconocidas y mapeadas de acuerdo a lo observado en terreno.

Se reconocen en el valle de montaña del Cachapoal hasta 4 niveles de terrazas pleistocénicas, delimitados por escarpes bien definidos. La superficie de terraplenamiento fluvial alta es sobrepuesta tanto con los depósitos aluviales como los coluviales, desarrollando formas de concavidad basal característica de estos ambientes de montaña; la terraza baja, presumiblemente una T1, presenta un escarpe de unos 3-4 metros. Los niveles de escarpe que se

para los restantes niveles de terrazas presentan similar rango de desnivel.

Junto al escarpe de la terraza pleistocénica baja, las terrazas holocénicas que conforman el lecho actual del río Cachapoal, se presentan en general bastante estrechas, sobre todo cuando está representada T', y con una marcada dinámica de carácter polifásico, dado el carácter torrencial del río Cachapoal, en donde la condición de destrucción de los lechos T' y T° es de carácter esporádico. Bajo condiciones de invierno riguroso, estas terrazas holocénicas bajas son totalmente destruidas, e inclusive, el escarpe de la T1 se ve fuertemente socavado, incidiendo ello en el retroceso de la propia terraza.

Discusión y conclusiones

El paisaje del valle del río Cachapoal es el resultado de procesos de edad y génesis diferentes, tales como los procesos endógenos de solevantamiento y plegamiento terciario, al modelado glacial y los procesos exógenos actuales que dinamizan el sistema (SOTO y CASTRO, 2003a, 2003b).

Aspectos tales como el estilo de plegamiento, la conformación litológica y estratigráfica, junto con la posición altimétrica y geoecológica de las secciones de alta y media montaña constituyen la base para la explicación y comprensión de la conformación geodinámica actual del valle.

En este sentido, la conformación de un valle fuertemente marcado por el tectonismo (CORVALÁN, 1959; KLOHN, 1960; VICENTE *et al.*, 1973; CHARRIER, 1983; CHARRIER *et al.*, 1997), ha incidido en la configuración de un paisaje en donde las formas más representativas son las vertientes y los depósitos asociados.

Las vertientes corresponden a sistemas modelados según los variados estilos de plegamiento del valle, principalmente del tipo monoclinial, según la taxonomía de ARAYA-VERGARA (1985, 1996), significando condiciones diferenciales de aporte de detritos en función al modelo de afloramiento de los estratos rocosos.

La acción de las glaciaciones pleistocénicas se expresa en el modelado de las vertientes de excavación y a través de la presencia de depósitos morrénicos en el fondo del valle. En este contexto, los circos de la sección más alta del valle, disfuncionales en la actualidad, son agentes dinamizadores en cuanto al aporte de detritos (ARAYA-VERGARA, 1985, 1996) y cumplen en la actualidad un rol de relevancia como exportadores de detritos ligados a procesos de avalancha, expresado espacialmente a través de los depósitos inconsolidados más potentes de todo el valle (SOTO y CASTRO, 2003a, 2003b; CASTRO *et al.*, 2003).

Los depósitos de alta montaña se caracterizan por presentar formas basales eminentemente gravitacionales y flujos de avalancha, siendo estos últimos de gran importancia ya que además pueden disectar los depósitos preexistentes, conformando nuevos depósitos retrabajados por la acción paraglacial, tal como es definida por CURRY (1999) y BALLANTYNE (2002). En el corredor Las Leñas, en la sección alta, estos flujos de detritos efectivamente retrabajan y disectan los depósitos de base con una marcada estacionalidad.

En consecuencia, de los antecedentes anteriormente expuestos se pueden establecer las siguientes relaciones:

La influencia de la estructura y tectónica en la conformación del valle es el aspecto más relevante y consecuentemente también en la configuración de los tipos de vertientes. Éstas, a su vez, son fundamentales para entender la relación de aporte de materia desde las vertientes hacia los fondos de valle conformando formas de concavidad basal muy potentes, de morfogénesis y dinámica actual.

La dinámica actual de las formas depositacionales, se comprenden en el contexto del piso altitudinal. En este sentido la diferencia entre alta montaña y media y baja montaña, es posible de realizar a través del tipo de forma depositacional y su estado relativo de estabilización.

Analizando la naturaleza y estado de los depósitos se establecen ambientes diferentes. En el

contexto de la dinámica actual de las formas, los niveles de disección actual de los depósitos varía según el piso altitudinal, existiendo diferencias entre las condiciones periglaciares de altura y las de media montaña templada.

A medida que se desciende en altura los depósitos coluviales son cada vez más estabilizados, al igual que las vertientes, en la medida que presentan cobertura vegetal y suelos. Los depósitos coluviales son cada vez menos expresivos espacialmente cobrando relevancia los conos aluviales de carácter torrencial con dinámica estacional. De la misma manera, a medida que se asciende en altura, esta condición de estabilización de las vertientes desaparece y los depósitos son potentes, inestables y dinámicos.

Los conos aluviales y las terrazas fluviales sólo se presentan en la media montaña, en donde el valle presenta condiciones de amplitud para la depositación.

Bibliografía

ARNÁEZ-VADILLO, J. Dinámica y organización espacial de los procesos de evolución de vertientes en montaña. En García Ruiz, J.M. (Ed.). *Geoecología de las áreas de montaña*. Logroño: Geoforma ediciones, 1990, p. 33-57.

ARAYA-VERGARA, J.F. Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. *Informaciones Geográficas*, 1985, n°32, p. 31-44.

ARAYA-VERGARA, J.F. Primeras experiencias con una clasificación dinámica de vertientes de montaña. En *Taller Internacional de Geoecología de Montaña y Desarrollo Sustentable de los Andes del Sur*. Santiago: Universidad de Chile-Unicef-The United Nations University, 1996, p. 389-399.

BALLANTYNE, C.K. Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews*, 2002, n°21, p. 0-82.

BENDER, S. Los corredores de comercio: una nueva unidad de planificación para el desarrollo regional de América Latina. *Cooperación Internacional*, 1999, n°3, 1999.

BENN, D.I. y D. EVANS. *Glaciers and Glaciation*. New York: Oxford University Press, 1998.

BLIKRA, L.H. y W. NEMEC. Postglacial colluvium in Western Norway: depositional processes, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*, 1998, 45, p. 909-959.

CASTRO, C.P., M.V. SOTO, G. IGOR y E. DELGADO. Análisis comparativo de los riesgos geomorfológicos de alta montaña. Valles del río Limarí y del río Cachapoal. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 2002, p. 3-12.

CASTRO, C.P., M.V. SOTO y C. CHÁVEZ. Aporte moderno de masa en sistemas de vertientes de alta y media montaña y su implicancia en la definición del riesgo natural, valle del río Cachapoal, Chile. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*. 2003 (en prensa).

CHARRIER, R., J. FLYNN, A. WYSS, F. ZAPATTA Y C. SWISHER. Antecedentes bio y cronoestratigráficos de la Formación Coya-Machalí-Abanico, entre los ríos Maipo y Teno (33° 55' y 35° 10' L.S.) Cordillera Principal, Chile Central. En *Actas VIII Congreso Geológico Chileno*. Vol. 1. Antofagasta: Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, 1997, p. 165-169.

CORVALÁN, J. *El Titoniano del Río Las Leñas, Provincia de O'Higgins*. Santiago: Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín n° 3, 1959.

CURRY, A. M. Paraglacial modification of slope form. *Earth Surface Process and Landforms*, 1999, n°24, p. 1213-1228.

DELGADO, E. *Identificación de áreas con riesgo natural asociadas a la dinámica de los procesos de remoción en masa y su interferencia sobre la alternativa de corredor de comercio Las Leñas. Cuenca río Las Leñas, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins*. Santiago: Memoria para optar al título de Geógrafo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

EMBLETON, C, y C. KING. *Periglacial Geomorphology*. Great Britain: Edward Arnold, 1975.

GARCÍA-RUIZ, J.M., R. MARTÍNEZ y A. GÓMEZ. La exportación de sedimentos por la red fluvial en área de montaña. En García Ruiz, J.M. (Ed.). *Geoecología de las áreas de montaña*. Logroño: Geoforma ediciones, 1990, p.59-93.

HAUSER, A. *Remociones en masa en Chile*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín n° 45, 1993.

KLOHN, C. *Geología de la Cordillera de Los Andes de Chile Central. Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó*. Santiago: Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín n° 8, 1960.

KOTARBA, A. Elevational differentiation of slope geomorphic processes in the Polish Tatra Mountains. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 1984, vol. XVIII, p. 117 – 133.

KOTARBA, A. High-energy geomorphic events in the Polish Tatra Mountains. *Geografiska Annaler*, 1992, n° 74 A (2-3), p. 123-131.

PEÑA, J.L. *Cartografía Geomorfológica Básica y Aplicada*. Logroño: Geoformas ediciones, 1997.

PEÑA, J. L., F. PELLICER, A. JULIÁN, J. CHUECA, M.T. ECHEVERRÍA, M.V. LOZANO Y M. SÁNCHEZ. *Mapa Geomorfológico de Aragón*. Zaragoza: Ed. Serie Investigación, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 2002.

SOTO, M.V. y C.P. CASTRO. Dinámica de los sistemas de vertientes de alta montaña, cuenca del río Cachapoal, Chile. En *X Congreso Geológico chileno*. Santiago: Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra, 2003.

SOTO, M.V. y C.P. CASTRO. Geodinámica moderna de vertientes periglaciares de altura, alta montaña de la cuenca del río Cachapoal, Chile. Presentado a referato a *Investigaciones Geográficas*, 2003.

VARELA, J. *Estudio geológico-geomorfológico de los depósitos del relleno cuaternario del valle del río Las Leñas en el sector de Laguna del Yeso-Borbollones, VI Región*. Santiago: Departamento de Geología, Universidad de Chile, 1986.

VICENTE, J.C., R. CHARRIER, J. DAVIDSON, A. MPODOZIS Y S. RIVANO. La orogénesis subhercínica: fase mayor de la evolución paleogeográfica y estructural de Los Andes argentino-chileno centrales. En *Actas del Quinto Congreso Geológico Argentino*, 1973.