

# INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL PARQUE PROVINCIAL ACONCAGUA, PROVINCIA DE MENDOZA - ARGENTINA

*LANDSLIDE INVENTORY IN THE ACONCAGUA PARK, MENDOZA  
PROVINCE - ARGENTINA*

STELLA M. MOREIRAS, M. G. LENZANO Y N. RIVEROS

CONICET – IANIGLA (CCT). Av. Ruiz Leal s/n. Parque Gral San Martin. Cuidad. 5500. Mendoza.  
Argentina. Tel:+54-261-5244200- Fax: +54-261-5244201. e-mail: moreiras@mendoza-conicet.gov.ar,  
mlenzano@mendoza-conicet.gov.ar, nriveros@mendoza-conicet.gov.ar

## RESUMEN

Este estudio de base forma parte de las investigaciones multidisciplinarias llevadas a cabo para zonificar el parque provincial Aconcagua y su área de amortiguación. Consistió en la elaboración de un mapa inventario de los procesos de remoción en masa a partir de estudios geomorfológicos. Se identificaron 400 eventos clasificados en caídas de rocas, flujos de detritos, zonas de flujos de detritos, deslizamientos y eventos complejos. De acuerdo a evidencias geomorfológicas el 89% de estos procesos corresponde a eventos activos

que pueden presentar reactivaciones en el futuro amenazando las actividades dentro del parque. Este resultado advierte sobre la peligrosidad natural de la región y la necesidad de una zonificación de esta reserva con una creciente demanda turística.

**Palabra clave:** geomorfología,  
zonificación de peligrosidad

## Summary

*This basic study was performed to be integrated to the zonation of Aconcagua Park. A landslide inventory map was elaborated based on geomorphological*

*analyses and field checking. Four hundred events were identified classified on rockfall, debris flows, debris flow zone, slides and complex events. According to geomorphological parameters, 89% of these events are active with very likely future reactivations amazing park activities. Hence, this study advertises about the natural hazard of this park with an increasing tourism demands denoting the necessity of its zonation.*

**Keywords:** *geomorphology, hazard zonation*

## **INTRODUCCIÓN**

Los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales muy comunes en las áreas montañosas y suelen estar vinculados a desastres naturales debido a su carácter repentino y violento. El impacto negativo de estos eventos puede ser disminuido mediante medidas de mitigación preventivas. Una de las medidas preventivas más efectiva es informar a la comunidad de la amenaza potencial a la que están expuestos, para lo cual conocer las características de dicha amenaza es esencial. De allí la importancia de los mapas inventarios.

El Plan de Manejo del Parque Provincial Aconcagua prevé su zonificación según la Ley provincial 6045. Esta reserva natural es un área susceptible a ser afectada por procesos de remoción en masa debido a sus fuertes pendientes, laderas erosionadas por el hielo durante las antiguas glaciaciones, gran cantidad de detritos generados por crioclastismo, presencia de litologías favorables a colapsar y debilidades estructurales producto de la orogenia Andina. Además, esta área protegida tiene características particulares debido a la gran afluencia turística que soporta, alcanzando 7.000 ingresos en la temporada 2007-2008. Esto, unido a la falta de experiencia del público visitante en áreas de alta montaña desconociendo la peligrosidad natural de estos ambientes, connota aún más la necesidad e importancia de la zonificación de esta reserva.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

La distribución espacial de los procesos de remoción en masa ocurridos en el pasado fue analizada mediante la fotointerpretación de fotogramas aéreos (escala 1:50.000) correspondientes a vuelos realizados en el plan Cordillerano del año 1963 y los correspondientes a IFTA

del año 1974. Se analizaron también imágenes satelitales ASTER (2000-2006). La distribución temporal de los eventos se estableció a través de la recopilación histórica mediante entrevistas a guardaparques. Sin embargo, los registros son limitados y discontinuos dependiendo de la documentación de observadores fortuitos que presenciaran el evento.

Los datos obtenidos en gabinete fueron verificados en el terreno principalmente en los valles de los ríos Horcones Superior y Horcones Inferior corroborando la ocurrencia de los eventos, la caracterización de los depósitos, el grado de actividad, tipo de roca involucrada, grado de meteorización de los depósitos y los sectores o campamentos-infraestructuras vulnerables. Se sobrevoló el valle del río de las Vacas en marzo de 2008 para corroborar la importancia de estos procesos geodinámicos a lo largo de dicha quebrada.

El mapa inventario de los procesos de remoción en masa identificados se elaboró mediante la digitalización (Autocad map) sobre una imagen ASTER (15 pixels) del año 2007 georeferenciada. En

este inventario se consideraron tres categorías de eventos en función del tamaño de los depósitos por razones de escala: a- aquellos eventos cuyo largo total ( $L_t$ ) fuese igual o mayor a 1.000 m; b- flujos menores ( $L_t < 1.000$  m); y c- zona de flujos de detritos correspondientes a flujos menores pero cuya concentración en determinados sectores es importante de destacar en este estudio.

Los procesos con un  $L_t \leq 1.000$  m fueron clasificados de acuerdo al Glosario Internacional del Working Party on the World Landslide Inventory (WP/WLI, 1993). Esta clasificación contempla principalmente el tipo de movimiento y el tipo de material involucrado en el movimiento en función a lo establecido inicialmente por Varnes (1978). El tipo de movimiento puede ser caída, deslizamiento, flujo y eventos complejos caracterizados por la combinación de características de los demás movimientos, iniciando generalmente con un tipo de movimiento y terminando en otro (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los procesos de remoción en masa (Modificada de Varnes, 1978)  
 Table 1. Landslide classification (Modified from Varnes, 1978)

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL		
		Roca	Suelo	
Caída ( <i>fall</i> )		Caídas de rocas o desprendimientos ( <i>rock fall, debris fall &amp; topples</i> )		
Vuelcos ( <i>topples</i> )		Vuelcos ( <i>topples</i> )		
Deslizamiento ( <i>slide</i> )	Rotacional	Asentamiento ( <i>slumps</i> )		
	Planar	Deslizamiento de rocas ( <i>slides</i> )		
Flujo ( <i>flow</i> )		Inconsolidado		
		Húmedo...S eco	Bloques	Detritos
Flujos de escombros ( <i>rock fragment flow</i> )	Flujo de detritos o derrubio ( <i>debris flow</i> )		Flujo de barro ( <i>mudflow</i> )	
Desplazamientos laterales		Blocosos		Suelos
Deslizamiento complejo ( <i>complex landslide</i> )		Combinación de materiales y tipo de movimiento		

Los procesos fueron descriptos con la terminología propuesta por el Working Party on the World Landslide Inventory (WP/WLI, 1993), según el cual el estado de actividad de un proceso de remoción en masa puede ser activo, reactivado e inactivo. Los procesos activos son aquellos que aún están en movimiento, incluyendo la primera rotura y sus reactivaciones. Aquellos deslizamientos con nuevos eventos luego de ser inactivos son los denominados reactivados, generalmente se mueven sobre una superficie de rotura pre-existente. Los procesos inactivos son los que no presentan actividad y pueden ser suspendidos, estabilizados, dormidos o relícticos. En este trabajo, el estado de actividad de los proce-

sos de remoción en masa se estableció de acuerdo a Crozier (1984), analizando la actividad de la cicatriz, movimientos secundarios de la cicatriz, la presencia o ausencia de vegetación sobre el depósito, desorden en la red de drenaje, etc.

### Área de estudio

El Parque Provincial Aconcagua (32° 36' - 32° 48' LS, 69° 50' - 70° 04' LO) se ubica a 180 km de la ciudad de Mendoza (Figura 1). Abarca 71.000 ha en el entorno los ríos de Las Vacas y Horcones. El clima de la región según Koeppen (1931) corresponde a tundra entre los 2.700 y 4.100 m y clima polar de hielos eternos a cotas superiores donde la temperatura media mensual no supera los 0 °C. La precipi-

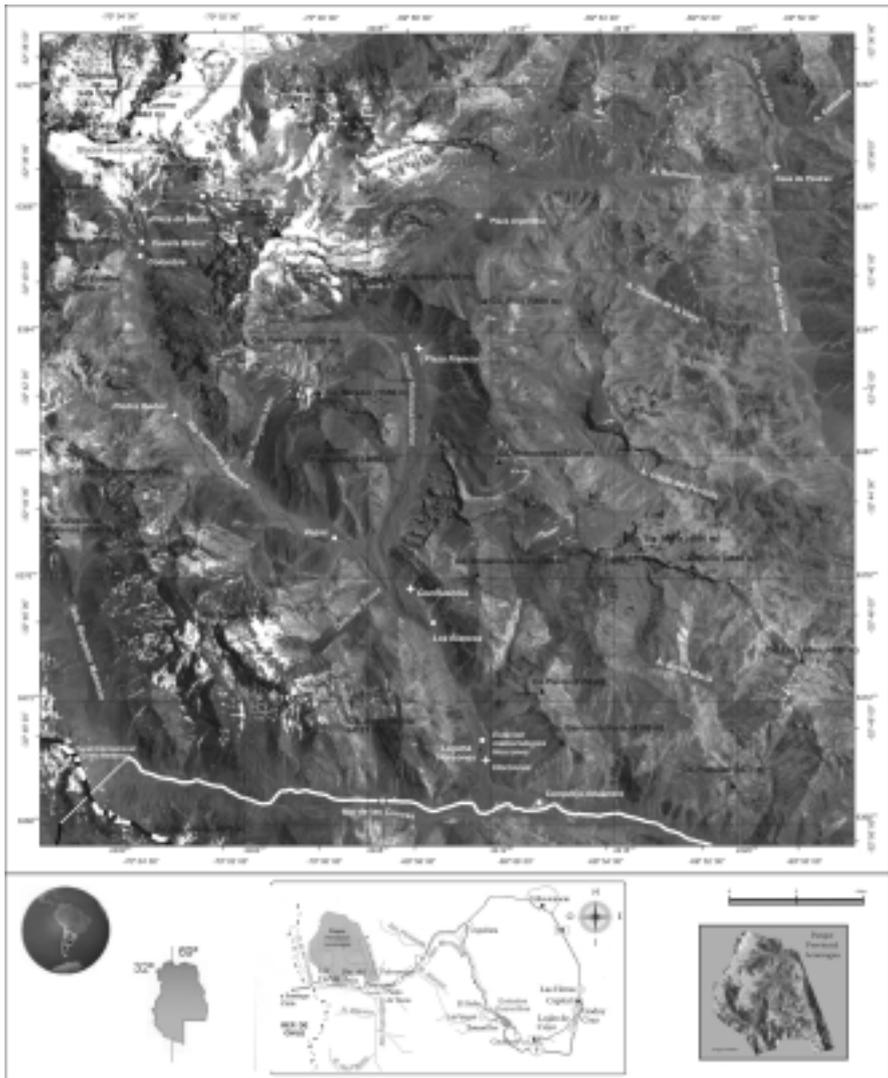


Figura 1. Localización del Parque Provincial Aconcagua  
 Figure 1. Location of Aconcagua Park

tación media anual alcanza los 500 mm en los sectores más altos, ocurren en la época invernal en forma sólida (escarchilla y nieve). Los vientos son fuertes y violentos superando velocidades de 200 km/h.

Geológicamente la reserva se encuentra emplazada en Cordillera Principal, donde predominan rocas de edad mesozoica representadas por las sedimentitas marinas, los depósitos epiclásticos y las vulcanitas jurásicas-cretácicas. El complejo

volcánico Aconcagua de edad terciaria aflora también en la región y las vulcanitas permotriásicas del Grupo Choiyoi. Estructuralmente la región pertenece a la faja plegada y corrida del Aconcagua con una serie de imbricamientos vergentes al oriente (Ramos, 1996).

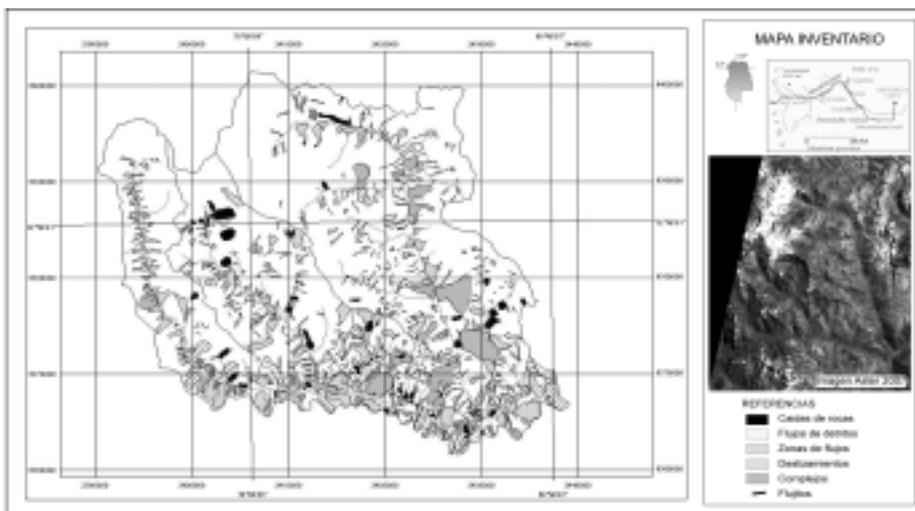
El modelado del paisaje en este sector de los Andes Centrales se debe principalmente a la acción de las grandes glaciaciones desarrolladas durante el Pleistoceno (Espizúa, 1993). Actualmente, dentro del parque se reconocen importantes cuerpos de hielo descubiertos como los glaciares Horcones superior y el Cuerno en las nacientes de la quebrada de Horcones y los glaciares de los Polacos, Güssfeldt, Ameghino y Relincho en las nacientes del río de las Vacas.

## RESULTADOS

### INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los procesos de remoción en masa identificados involucran aproximadamente el 20% del área total estudiada (Figura 2). En el valle de Horcones la mayoría de los procesos identificados corresponden a flujos de detritos o zonas de flujos principalmente asociados a conos aluviales. También los canales de estos flujos alimentan los glaciares de escombros en su zona de aporte a partir de los 3.200 m, o bien, los flujos de detritos se generan en la parte frontal de estos cuerpos de hielo por fusión parcial en los períodos de temperaturas más altas. Existen importantes sectores de caídas asociadas a estratos de rocas

Figura 2. Mapa inventario de los procesos de remoción en masa en el Parque Provincial Aconcagua  
 Figure 2. Landslide Inventory map of the Aconcagua park



jurásicas o cretácicas con alto buzamiento. Los deslizamientos y los eventos complejos son más raros a lo largo de este valle.

En el valle del río de las Vacas se reconocen numerosos flujos de detritos activos comúnmente encauzados en conos aluviales de importantes dimensiones. Algunos de estos eventos extraordinarios han represado el río de Las Vacas en varias ocasiones. Sin embargo, este valle se caracteriza por la ocurrencia de colapsos con dimensiones extraordinarias que han movilizado grandes volúmenes de material. Esto evidencia el alto grado de inestabilidad que han tenido estas laderas principalmente en épocas post-pleistocénicas con el retiro de las grandes masas de hielo.

La quebrada de Matienzo, antiguamente conocida como Quebrada de las Bóvedas, está caracterizada por la presencia de depósitos de deslizamientos de moderada envergadura que han

generado cinco endicamientos en el río de Las Cuevas (Moreiras, 2007; Moreiras *et. al*, 2008).

## SECTORES DE CAÍDAS DE ROCAS

Se diferenciaron zonas de caídas de rocas asociadas a eventos recurrentes afectando un área relativamente importante (mapeable a escala 1:50.000). Las pequeñas caídas no fueron consideradas. Estas caídas de bloques o detritos cubren una superficie total de 16 km<sup>2</sup> (Tabla 2). Se asocian principalmente a afloramientos de rocas sedimentarias de alto buzamiento y fuertes pendientes. El crioclastismo ha favorecido la generación de material detrítico inestable en laderas pronunciadas que luego colapsan. Las causas principales son las sacudidas sísmicas con magnitudes mayores a 4 o la saturación del material con fusión de la nieve durante las estaciones más cálidas.

Tabla 2. Procesos de remoción en masa identificados en el área de estudio  
Table 2. Landslides identified in the study area

Eventos	Nro	Área total km <sup>2</sup>	X km <sup>2</sup>	Máx km <sup>2</sup>	Min km <sup>2</sup>
Caídas de rocas	38	16,66	0,44	1,86	0,05
Flujos de detritos	190	76,76	0,40	31,92	0,01
Deslizamientos	39	35,67	0,91	3,09	0,05
Zonas de flujos de detritos	115	60,03	0,52	3,76	0,05
Eventos complejos	18	47,11	2,62	8,41	0,46
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>234,346</b>			

En el valle del río Horcones fueron identificadas caídas activas conformando grandes conos de deyección en el tramo Horcones-Confluencia (Figura 3). Los bloques corresponden a conglomerados y areniscas rojizas de la

formación Tordillo (Jurásico). En algunos conos estos bloques alcanzan entre los 0,8 m a 1,5 m de diámetro. En el mismo tramo suelen desprenderse bloques de los depósitos morénicos pleistocénicos.

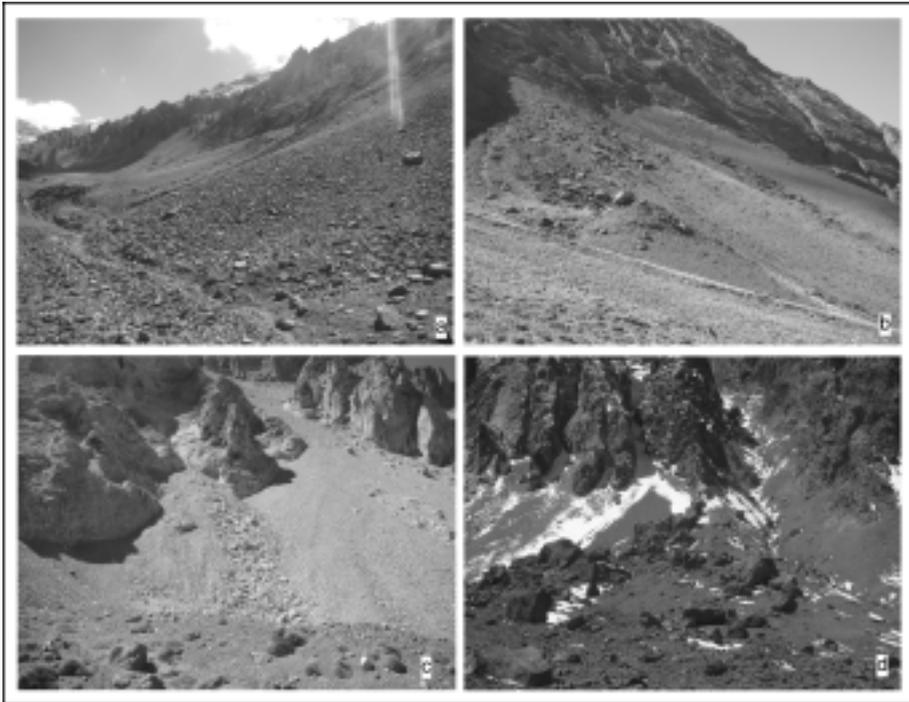


Figura 3. Caídas de rocas: a y b- Tramo Horcones-Confluencia, c- desembocadura quebrada Horcones inferior próximo a Confluencia, d- Campamento Colombia

Figure 3. Rockfall: a and b- Horcones-Confluencia sector, c- quebrada Horcones inferior near Confluencia, d- Colombia campament

A lo largo del sector de Playa Ancha se observaron caídas menores, generalmente los bloques caídos se depositan sobre la superficie de antiguas morenas laterales. Aguas arriba, en las inmediaciones del paraje Colombia, se identificaron numerosas caídas de rocas en la margen

izquierda del río Horcones cuyos bloques alcanzan los 8 m de diámetro. Sin embargo, los flujos de detritos son los procesos geomorfológicos más amenazantes en este sector. En la Cuesta Brava, pequeños clastos o bloques que rara vez superan los 0,60 m de diámetro suelen desprenderse.

Un sector de grandes caídas se reconoce también en la vieja ubicación del campamento de Plaza de Mulas. Los bloques corresponden a lavas, brechas y rocas piroclásticas

principalmente de composición andesítica, pertenecientes al Complejo Volcánico Aconcagua. El tamaño de dichos bloques alcanza 3,5 m de diámetro (Figura 4).

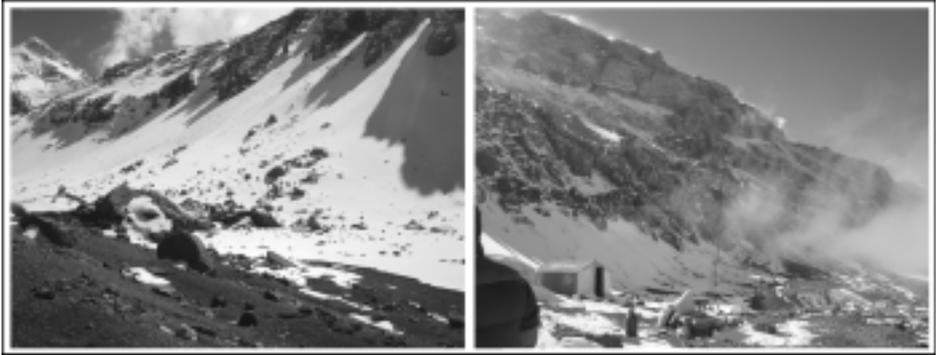


Figura 4. Caídas de rocas en el antiguo sitio del campamento de Plaza de Mulas  
*Figure 4. Rockfall in the old location of Plaza de Mulas*

En el valle del Horcones inferior grandes desprendimientos se producen desde los acantilados generados en los estratos de calizas-lutitas con alto buzamiento de la Formación Vaca Muerta (Jurásico-Cretácico). Camino a Plaza Francia, se observan conos de deyección de grandes dimensiones en la margen derecha de la quebrada construidos a partir de caídas de rocas de afloramientos de la formación Tordillo, alterados por la intrusión de granitos terciarios o a partir de los niveles yesíferos de la formación Auquilco (Jurásico). Plaza Francia ha sido afectada por numerosas caídas y avalanchas de nieve.

A lo largo del valle del río de Las Vacas se reconocen distintas

caídas principalmente asociadas a rocas sedimentarias plegadas de las formaciones terciarias en las nacientes de la cuenca y los niveles carboníferos en el sector de la desembocadura de este río.

#### FLUJOS DE DETRITOS – ZONAS DE FLUJOS

Encuestas realizadas a baqueanos señalan la ocurrencia de violentos flujos de detritos a lo largo de la ruta normal (valle del río Horcones), pero falta información en cuanto a la fecha de ocurrencia o la causa inicial del fenómeno. Estos eventos han arrasado con animales en su trayectoria y generado la obstrucción total o parcial de los cauces. Abarcan en su conjunto 112 km<sup>2</sup>

aunque cada flujo tiene un área media de 0,40 km<sup>2</sup> (Tabla 2). Su principal causa es la saturación de los materiales por fusión de la nieve y hielo en la época estival. Rara vez estos flujos han sido reportados durante lluvias intensas de verano o asociados a sismos.

En el valle de Horcones, múltiples flujos de detritos se han encau-

zado en la quebrada del Durazno evidenciados por sucesivos depósitos grano-crecientes y relatos históricos. Espizúa (1993) describió un flujo de barro proveniente de esta quebrada en el año 1985. Aguas arriba, en el paraje Los Blancos, se observan conos aluviales muy activos donde se encauzan flujos de detritos con recurrencia anual (Figura 5).



Figura 5. Flujos de detritos en el sector conocido como Los Blancos  
*Figure 5. Debris flows in the sector known as Los Blancos*

Aguas arriba de Confluencia, se desarrollan ambientes de conos aluviales cuyos flujos de detritos han obstruido parcialmente el río Horcones generando grandes vegas. A esta misma latitud reiterados flujos de detritos de carácter

violento, provenientes de la ladera sur del cerro Promontorio, han dañado históricamente las superficies de las vegas. Flujos de detritos similares se generan en la parte frontal del glaciar de escombros de la quebrada del Sargento Más.

La actividad de los flujos de detritos disminuye en el sector de Playa Ancha donde existe un claro predominio de las geoformas criogénicas periglaciales. Estos glaciares son alimentados por material detrítico provenientes de las laderas principalmente en forma de flujos. A partir de la piedra de Ibáñez, justamente instalada en el extremo de un glaciar de escombros, comienzan nuevamente los abanicos aluviales asociados a flujos de detritos hasta la Cuesta Brava. El grado de actividad y la violencia de estos flujos aumentan en dicha dirección.

El antiguo campamento de Colombia se emplaza sobre un abanico aluvial donde se han registrado recurrentes flujos de detritos y avalanchas de nieve, siendo su parte más activa el segmento austral donde los bloques transportados alcanzan hasta 3 m de diámetro. Este tipo de proceso ha generado el represamiento temporal del río Horcones superior en el pasado.

A lo largo del río Horcones inferior existen conos aluviales

coalescentes donde se generan y encauzan los flujos de detritos que alimentan el glaciar Horcones inferior. Estas geoformas están mejor desarrolladas en la ladera izquierda del valle, por donde se encuentra la senda a Plaza Francia. En la ladera occidental, en cambio, predominan mayormente los glaciares de escombros y lóbulos de soli-geliflución. Sin embargo, un flujo de detritos proveniente de esta margen se ha depositado y aún se conserva sobre el glaciar reconstituido de Horcones inferior. En el fondo del valle los flujos de detritos descargan directamente sobre el glaciar o encima de los depósitos morénicos.

Cerca del campamento de Plaza Guanacos dos andinistas reportaron un flujo de barro ocurrido en el mes de febrero de 2004. Material fino saturado con agua sale del frente de una morena localizada en la quebrada de la Vieja Alta (área intangible de la reserva) bloqueando parcialmente la quebrada del río de las Vacas (Figura 6). Durante la cam-

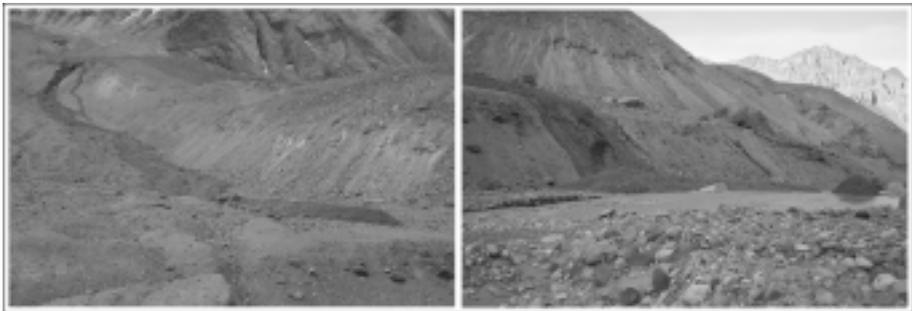


Figura 6. Flujos de detritos en la quebrada de la Vieja Alta (Fotos F. Díaz)  
*Figure 6. Debris flow in the Vieja Alta gully (Pictures F. Díaz)*

paña de marzo de 2008 se reconoció el depósito de flujos de detritos recientes en el sector de Colombia e innumerables caídas de bloques han sido indicadas en el sector donde antiguamente se encontraba el campamento de Plazas de Mulas.

En septiembre de 2008, se observó un flujo de detrito originado casi en la desembocadura de la quebrada del río de Las Vacas.

## DESLIZAMIENTOS

En la ladera sur del C° Panda (4.150m) se ha generado un deslizamiento rotacional sobre la margen oriental del río Horcones (Figura 7a). Grietas de tracción han sido reportadas en la cúspide del cerro indicando una posible reactivación. Se identificó un depósito relíctico de un posible deslizamiento entre Horcones y Confluencia, cuya com-

posición litológica es homogénea. Posee bloques de areniscas verdosas de la formación Tordillo (Jurásico) entre 0.7 a 1 m de diámetro. Se reconocen bloques excepcionales de 4 m de diámetro en la superficie del depósito. Este evento debió endicar la quebrada del río Horcones aunque no se encontraron los sedimentos lacustres.

Un deslizamiento de detritos cerca del campamento de Confluencia y las ruinas del tambo incaico, es evidenciado por una importante acumulación de bloques. Este evento se originó en niveles plegados de la Formación Vaca Muerta (Jurásico-Cretácico) con un alto buzamiento. Es un proceso activo que podría reactivarse (Figura 7b). En la ladera noroeste del cerro Aconcagua en “Gran acarreo” se observa otro deslizamiento que alcanza el sector de “cambio de pendiente”.



Figura 7. a- Deslizamiento Panda enfrente del campamento de Horcones, b- Deslizamiento de detritos en el sector de Confluencia

*Figure 7. a- Panda slide opposite to Horcones campament, b- Debris slide in the Confluencia sector*

En el valle del río de las Vacas se identificaron varios deslizamientos de dimensiones medias en las inmediaciones de su desembocadura. En el arroyo Relinchos, en el tramo comprendido entre Casa de Piedras y Plaza Argentina, se observaron dos deslizamientos que cubren un área de 1.5 km<sup>2</sup> en la margen sur del valle. Un evento similar se distinguió cerca de Casa de Piedras, aguas abajo del arroyo Corontas. Mientras que en las nacientes, antes de arribar al campamento de Plaza Guanacos, se observan dos deslizamientos en la ladera sur del valle de 0.8 y 0.7 km<sup>2</sup> respectivamente.

En la quebrada de Matienzo se identificaron cuatro deslizamientos rotacionales denominados respectivamente Gollete, Negro, Susanita y Matienzo. Estos depósitos que alcanzan volúmenes del orden de 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> fueron asignados previamente a un origen glacial (Corte & Espizúa, 1981; Suárez, 1983).

## PROCESOS COMPLEJOS

El valle del río Horcones no se caracteriza por la ocurrencia de procesos complejos. Sin embargo, el depósito interpretado como la morena de Horcones (Espizúa, 1993), donde se asienta el complejo aduanero, es reinterpretado como una avalancha de rocas (Pereyra & González Díaz, 1993; Pereyra, 1995). Según Fauqué *et al.* (2008) este evento se

originó en la pared sur del Aconcagua hace unos 11 ka. Se reconoce otra avalancha de rocas muy antigua proveniente del cerro Tolosa (5.332 m) justo enfrente de Confluencia cuya edad se desconoce (Pereyra, 1995) (Figura 8a).

Un deslizamiento rotacional complejo asociado a flujos de detritos es descrito en el cerro Puquios (3.870 m) (Espizúa *et al.*, 1993) posteriormente identificado como asentamientos gravitacionales profundos (Fauqué *et al.*, 2005) (Figura 8b). Los eventos complejos más espectaculares se reconocieron en la quebrada del río de las Vacas. Corresponden a grandes deslizamientos con movimientos complejos asociados en algunos casos al endicamientos de quebradas o cursos fluviales (Figura 8c-d). Los depósitos de estos eventos alcanzan dimensiones extraordinarias cubriendo áreas de hasta 8,4 km<sup>2</sup> (Tabla 2). Generalmente, sobre ellos se han generado pequeños glaciares de rocas de talud (*protales rampart*) desarrollados principalmente durante el Holoceno (Wayne, 1981; Wayne & Corte, 1983).

La avalancha de rocas denominada la Laguna se reconoce en la margen derecha de la quebrada de Matienzo. Este evento movilizó un volumen total de 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> de material detrítico bloqueando el valle del río de Las Cuevas.

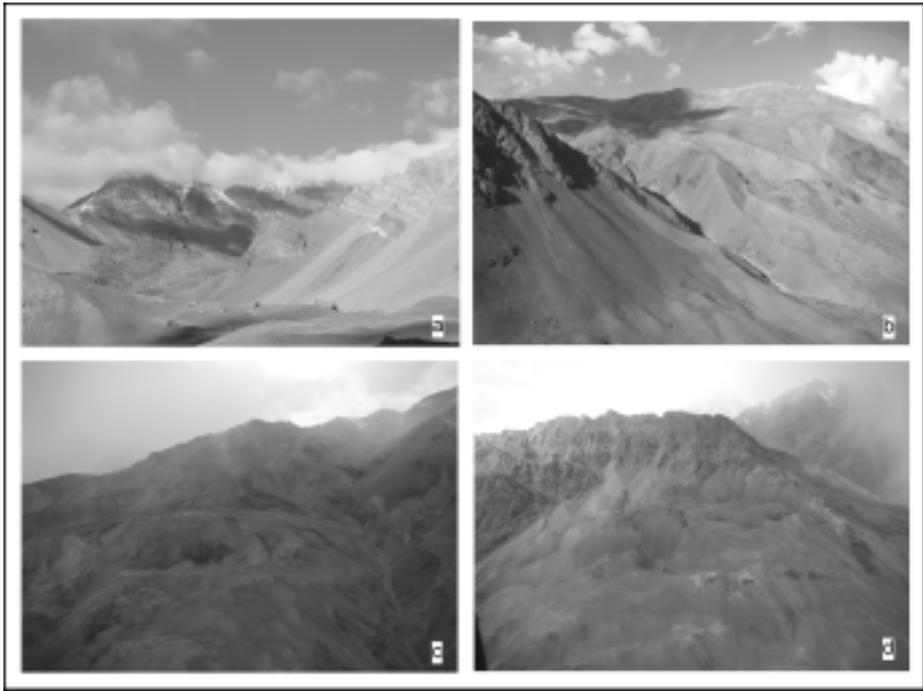


Figura 8. Eventos complejos con más de un tipo de movimiento: a- Avalancha de rocas en la quebrada del Tolosa, b- Deslizamiento profundo en el Cerro Puquios (3.870 m)-enfrente de Puente del Inca, c y d- Deslizamientos complejos en la margen izquierda del río de Las Vacas

Figure 8. Complex events: a- Tolosa rock avalanche, b- Deep slide in the Puquios peak (3.870 m)-opposite to the Puente del Inca-, c and d- Complex slides in the left margin of Las Vacas river

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar de ser un área protegida y de su importancia turística, son escasos los trabajos geomorfológicos en la región. Los principales cuerpos de hielo del sector fueron inventariados por el IANIGLA en la década del '80 (Corte & Espizúa, 1985). Posteriormente Espizúa (1993) establece las glaciaciones cuaternarias acontecidas a lo largo del valle del río Mendoza. En tanto las fluctuaciones glaciarias en este sector han

sido estudiadas por Llorens & Leiva (1994), Llorens & Leiva (1995), Leiva & Cabrera (1996) y Llorens & Leiva (2000), así como el comportamiento en surge del glaciar del Horcones inferior (Milana 2004; Leiva *et al.*, 2006). Sin embargo, estudios sistemáticos sobre los procesos gravitacionales dentro del parque Aconcagua han sido ignorados hasta la actualidad subestimando el riesgo asociado a estos procesos naturales.

La carta geológica Aconcagua (Ramos, 1996) muestra el proceso de remoción en masa generado en la ladera noroeste del cerro Aconcagua (6.962 m); pero no advierte el tipo de proceso al cual pertenece ni se describen las características geomorfológicas del mismo. Más aún, los estudios recientes llevados a cabo en la zona de estudio se focalizaron en determinar la génesis de los depósitos de Horcones (Fauqué *et al.*, 2007, 2008); pero no permiten advertir ni evaluar fehacientemente la peligrosidad o grado de vulnerabilidad de la reserva.

Si bien los mapas inventarios de los procesos geodinámicos no son suficientes para predecir el comportamiento de las laderas, son la herramienta básica más importante para evaluar la peligrosidad de una región. En el presente estudio de base se elaboró un mapa inventario que permitió diferenciar 400 eventos de procesos de remoción en masa dentro de la reserva. De esta manera, la escasez de material documental es mejorada con técnicas complementarias para conocer la vulnerabilidad real de la región.

Se advierte que el 20% del área de estudio está afectada por procesos de remoción en masa, destacándose los flujos de detritos (76%). Las caídas de rocas representan el

9% del total de los eventos registrados al igual que los deslizamientos; sin embargo, éstos involucran un área total de 35,67 km<sup>2</sup>, el doble del área afectada por caídas. Los procesos complejos identificados sólo fueron 18 (4%), pero sus dimensiones superan ampliamente las superficies de los demás tipos cubriendo un área total de 47 km<sup>2</sup> (Tabla 2).

El 89% de los procesos identificados presenta rasgos geomorfológicos de actividad reciente o evidencias de posibles reactivaciones. Este grado de actividad incrementa la valoración relativa de la peligrosidad de la región, aunque sea imposible estimar la recurrencia de los eventos debido a la falta de material documental.

La mayor peligrosidad de la región parece estar vinculada actualmente a la ocurrencia de flujos de detritos violentos por saturación del material detrítico durante épocas de deshielo. Por lo cual períodos cálidos del fenómeno climático ENSO, asociados a una mayor precipitación nival en la región cordillerana, podrían estar vinculados a un incremento en la inestabilidad de las laderas. Un mayor número de eventos son reportados para la región durante los años afectados por el Niño (Moreiras, 2005).

Es de destacar el comportamiento diferenciado que han tenido los

tres valles analizados. Mientras el valle del río Vacas se caracteriza por extraordinarios eventos complejos, el valle del río Horcones presenta su principal peligrosidad asociada a flujos de detritos violentos y la quebrada de Matienzo presenta principalmente deslizamientos rotacionales. Esta marcada diferencia en el comportamiento de la inestabilidad de las laderas parece responder a las litologías presentes. En el valle del río Vacas afloran las vulcanitas permo-triásicas del Choiyoi y niveles carboníferos son identificados en la desembocadura del valle. En el valle de Horcones afloran principalmente las clásticas y epiclásticas de la formación Tordillo (Jurásico) y la formación Diamante (Cretácico); mientras, las vulcanitas de la formación Vargas (Jurásico) y Juncal (Cretácico) predominan en la quebrada de Matienzo.

Finalmente, este estudio de base permitió reconocer los procesos ocurridos en la reserva, caracterizar su comportamiento y determinar su grado de actividad. Esto es esencial para zonificar el parque provincial Aconcagua desde el punto de vista de la vulnerabilidad y establecer pautas mitigadoras de un posible impacto. Resta establecer la cronología de los eventos por recopilación histórica o fechados numéricos-isotópicos para establecer su recurrencia.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue desarrollada en el marco del Programa SIGMA-Sistema de Investigaciones GPS Mauna Aconcagua y con financiamiento de cinco proyectos de investigación: a- Marco de referencia regional y aportes al conocimiento de la geodinámica de los Andes Centrales Argentinos (2005-2007) de la Secretaría de Ciencia y Técnica, b- PIP 5759-2006/2009, c- PICT 02220-2008/2011, d- Marco de referencia regional y aportes al conocimiento de la geodinámica de los Andes Centrales Argentinos (2007-2009) y e- PME 02703-2006. A la Dirección de Recursos Naturales Renovables, por la ayuda de los guadarques y la disposición de horas de vuelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- CORTE, A. E. & L. E. ESPIZÚA, 1981. Inventario de glaciares de la cuenca del río Mendoza. Mendoza. Argentina. IANIGLA-CONICET. *Publicación Especial*: 3-102, Mendoza.
- CROZIER, M. J., 1984. Field assessment in the slope stability. In: D. Brunsten y D. B. Prior (eds.). *Slope Instability*. John Willey and Sons Ltd, 103-142.
- ESPIZÚA, L. E., 1993. Quaternary Glaciations in the Rio Mendoza Valley, Argentine Andes. *Quaternary Research* 40: 150-162.

- ESPIZÚA, L.E., J. D. BENGOCHEA & C. J. AGUADO, 1993. Mapa de riesgo de remoción en masa en el valle del río Mendoza. *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*. Actas 6: 323-332.
- FAUQUÉ, L., R. HERMANN, K. HEWITT, M. ROSAS, C. WILSON, V. BAUMANN, S. LAGORIO & I. DI TOMMASO, 2008. Megadeslizamientos de la pared sur del Cerro Aconcagua y su relación con la génesis del depósito de Horcones. Mendoza, Argentina. *Actas XVII Congreso Geológico Argentino*: 276-277.
- FAUQUÉ, L.E., M. ROSAS, M. COPPLECCHIA, R. HERMANN, M. ETCHEVERRÍA, A. TEJEDO & C. WILSON, 2005. Laderas afectadas por deformaciones gravitacionales profundas en el valle del Río Cuevas, provincia de Mendoza. *Actas-XVI Congreso Geológico Argentino (CD)*. La Plata.
- KOEPFEN, W., 1931. *Grundriss der Klimakunde*, Walter de Gruyter Co. 12. 388 p. Berlin.
- LEIVA, J.C. & G.A. CABRERA, 1996. Glacier mass balance analysis and reconstruction in the Cajón del Rubio, Mendoza, Argentina. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*. Band 32, S: 101-107.
- LEIVA, J.C., M.V. MACKERN, G.A. CABRERA & L.E. LENZANO, 2006. Global Change Impacts on Mountain Hazards and Tourism in the Aconcagua Region, Mendoza, Argentine. *Global Change in Mountain Regions*. Martin Price (ed). Sapiens Publishing (343p): 259-260.
- LLORENS, R. & J.C. LEIVA, 1994. Detección de Fluctuaciones Glaciarias Recientes a través de Imágenes Satelitarias. Un análisis comparativo entre las Nacientes de los ríos Plomo, Tunuyán y Horcones. 2nd. Annual Meeting of Project 341 IGCP/IUGS UNESCO: Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates. Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael, Mendoza, Tomo XII (3).
- LLORENS, R. & J.C. LEIVA, 1995. Glaciological studies in the High Central Andes through digital processing of satellite images. *Mountain Research and Development* 15(4): 323-330.
- LLORENS, R. & J.C. LEIVA, 2000. Recent glacier fluctuations in the southern Andes. *Southern Hemisphere Paleo- and Neoclimates. Key Sites, Methods, Data and Models*, P.P. Smolka & W. Volkheimer (eds.): 143-149.

- MILANA, J.P., 2004. Modelización de la deformación extensional ocasionada por el avance catastrófico (surge) del glaciar Horcones Inferior Aconcagua. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (2):
- MOREIRAS, S.M., 2005. Climatic effect of ENSO associated with landslide occurrence in the Central Andes, Mendoza province, Argentina. *Landslides*. Vol 2 (1): 53-59.
- MOREIRAS, S.M., 2007. Grandes Colapsos de laderas en la Quebrada de Matienzo-Cordillera Principal, Provincia de Mendoza. *VI Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*. Mar del Plata, 12-14 Diciembre, 2007.
- MOREIRAS, S.M., V. E. OLMEDO & A. F. DÍAZ, 2008. Evidencias de grandes deslizamientos en la quebrada de Matienzo nacientes del Río de Las Cuevas (provincia de Mendoza). *Actas XII Reunión Argentina de Sedimentología*. Buenos Aires, 2008: 119.
- PEREYRA, F.X. & E.F. GONZÁLEZ DÍAZ, 1993. Reinterpretación geomórfica de la llamada Morena de Los Horcones, Puente del Inca, Prov. de Mendoza. *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*. Actas VI: 73-79, Buenos Aires.
- PEREYRA, F.X., 1995. Esquema geomorfológico del sector norte del valle del río Las Cuevas, entre Puente del Inca y Las Cuevas, Prov. de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50 (1-4): 103-110.
- RAMOS, V.A., 1996. Evolución tectónica de la alta cordillera de San Juan y Mendoza. En V.A. Ramos (ed.) *Geología de la región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza*. Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24(12): 447-460, Buenos Aires.
- SUÁREZ, J., 1983. Rasgos del modelado glaciario en la quebrada de Benjamín Matienzo. *Contribución al proyecto de Palinología 4.2.II.d*. Editorial Inca: 47 págs.
- VARNES, D.J., 1978. Slope movement types and processes. En: R.L. Schuster and R.J. Krizek (Editors), *Landslides: Analysis and Control*. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C., Special Report 176: 11-33.
- WAYNE, W.J., 1981. La evolución de glaciares de escombros y morenas de la Cuenca del Río Blanco. Mendoza. *VIII Congreso Geológico Argentino*. Actas IV: 153-166. San Luis.
- WAYNE, W.J. & A.E. CORTE, 1983. Multiple glaciations of the Cordon del Plata, Mendoza, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 42(1-2): 185-209.
- WP/WLI, 1993. *Multilingual Landslide Glossary*. Bi-Tech Publishers, Richmond, British Columbia Canada, 59 pp.

Recibido: 10/2008

Aceptado: 12/2008