

INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCION EN MASA - ESTUDIO BASE PARA LA ZONIFICACION DEL PARQUE PROVINCIAL ACONCAGUA.

*Stella M. Moreiras, Maria G. Lenzano, Natalia Riveros, Fabián Díaz y
Luis Lenzano.*

Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Tecnológicas (CONICET). Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA – CCT). Av. Dr Ruiz Leal s/n. Parque Gral San Martín (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, fabianandes2@hotmail.com, llenzano@mendoza-conicet.gov.ar.

Resumen

Este estudio base forma parte de las investigaciones multidisciplinarias llevadas a cabo para la zonificación del parque provincial Aconcagua y su área de amortiguación. El mismo 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 corresponden 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.

Introducción

En el marco del programa SIGMA (Sistema de Investigaciones GPS Mauna-Aconcagua) declarado de interés legislativo por el Senado de la provincia de Mendoza (Res. N° 91/08) se realizaron distintas investigaciones de carácter interdisciplinario dentro del parque provincial Aconcagua. Uno de estos estudios consistió en generar un mapa inventario de los procesos de remoción en masa y evaluar su peligrosidad.

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, la presencia de gran cantidad de detritos generados por crioclastismo, de litologías favorables a colapsar y de marcadas debilidades estructurales producto de la orogenia Andina. Existen antecedentes históricos de este tipo de fenómenos en la Quebrada de Horcones y en las proximidades de Plaza Guanacos. Es por ello, que la zonificación de peligrosidad en función de estos procesos es un aspecto fundamental para ser tenido en cuenta en el Plan de Manejo del Parque Aconcagua. Este plan prevé la revisión de la zonificación general de este área protegida según lo establecido por la Ley provincial 6045, así como la definición de la zonificación interna de cada uno de los campamentos (para la definición de las áreas de acampe, de baños, de senderos, de infraestructura semipermanente) a lo largo de los valles de los ríos Horcones y de Las Vacas.

El Departamento de Áreas Naturales Protegidas de la Dirección de Recursos Naturales Renovables efectuó un análisis de cada uno de los campamentos; sin embargo, no incluyeron estudios geomorfológicos que contemplaran la peligrosidad y el riesgo potencial asociado a procesos naturales. La gran afluencia turística que soporta el parque alcanzando los 7.000 ingresos en la temporada 2007-2008 y la falta de experiencia del público visitante en áreas de alta montaña, que desconoce la peligrosidad natural de estos ambientes, connota la necesidad e importancia de la zonificación de esta reserva.

Características fisiográficas del área de estudio

El Parque Provincial Aconcagua forma parte de la red de Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Mendoza a partir de 1983. En ella se encuentra el pico más alto de América, de donde adquiere su denominación, el cerro Aconcagua (6.962 m s.n.m.). Esta reserva se encuentra entre los 32° 36' - 32° 48' Lat. Sur y los 69° 50' - 70° 04' Long. Oeste. Abarca una superficie de 71.000 hectáreas, en el entorno de las quebradas de los ríos de Las Vacas y Horcones, a unos 180 km de la ciudad de Mendoza. En el presente trabajo se incluyó la quebrada de Matienzo, cuenca cabecera del río de Las Cuevas, ya que forma parte del área amortiguación de la reserva (Fig.1).

El clima de la región según la clasificación climática de Koeppen (1931) corresponde a tundra entre los 2.700 y 4.100 m de altura, con desarrollo de clima polar de hielos eternos a cotas superiores donde la temperatura media mensual no supera los 0 °C. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre -1 a 14 °C en Horcones. La precipitación media anual alcanza los 500 mm en los sectores más altos, mayormente ocurren en la época invernal en forma sólida (escarchilla y nieve). La procedencia de las masas húmedas son del Océano Pacífico por ello la región es sensible a los períodos cálidos y fríos del ENSO. Los vientos son fuertes y violentos superando velocidades de 200 km/h (Barros et al., 2007).

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. Las vulcanitas permotriásicas del Grupo Choiyoi afloran en la quebrada de las Vacas. 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.

Concepto del término “Proceso de remoción en masa”

El término proceso de *remoción en masa* como equivalente a “*landslide*” en inglés denota el movimiento hacia abajo y afuera, de los materiales formadores de una ladera, compuesta por rocas, detritos, suelo o combinaciones de esos materiales (Varnes, 1958).

Son fenómenos que involucran una gran cantidad de combinaciones entre materiales y agentes disturbantes, de las que resulta un fenómeno transicional, en el cual todas las gradaciones existen. En la literatura también son descriptos indistintamente como procesos gravitacionales, movimientos de laderas o movimientos de pendientes.

Coates (1977) enfatiza algunos conceptos básicos de estos procesos: a- la gravedad es la principal fuerza involucrada, b- el movimiento es relativamente rápido por lo cual no se incluye

la reptación, c- el movimiento es hacia abajo y hacia fuera con una cara libre, sin considerarse la subsidencia, y d- los fenómenos de suelos congelados son excluidos.

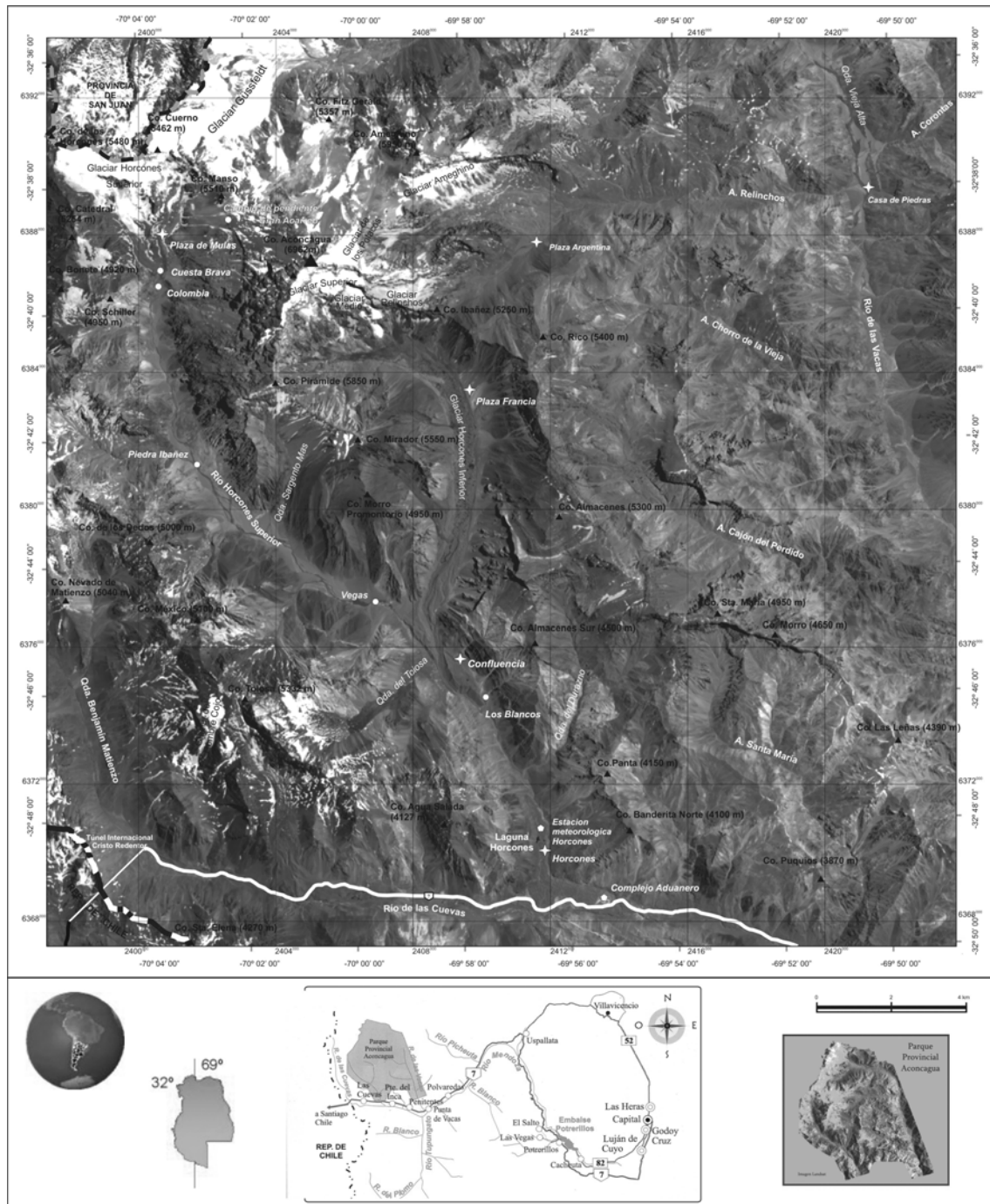


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Metodología

Los procesos de remoción en masa fueron identificados a partir de la fotointerpretación de fotogramas aéreos (escala 1:50.000) del plan Cordillerano del año 1963 y los correspondientes a

los vuelos IFTA del año 1974. Se analizaron también imágenes satelitales ASTER (2000-2006). Los registros históricos de los eventos se establecieron mediante entrevistas a guardaparques o guías del parque. Sin embargo, los registros son limitados y discontinuos dependiendo de la documentación de observadores fortuitos.

Se realizaron inspecciones en terreno, principalmente en los valles de los ríos Horcones Superior desde el refugio de Horcones (2960 m) hasta Plaza de Mulas (4370 m) y en el Horcones Inferior donde se encuentra Plaza Francia (4200 m). Se verificaron los datos obtenidos en gabinete en cuanto a la ocurrencia de los eventos y se caracterizaron los eventos en función a la caracterización de los depósitos, grado de actividad, tipo de roca involucrada y grado de meteorización. Se sobrevoló el valle del río de las Vacas en marzo del 2008 para corroborar la importancia de estos procesos geodinámicos a lo largo de la quebrada.

El mapa inventario de los procesos de remoción en masa se elaboró mediante la digitalización (Autocad map) sobre una imagen ASTER (15 pixels) del año 2007 georeferenciada. En éste se consideraron tres categorías de eventos en función del tamaño de los depósitos por razones de escala: a- aquellos eventos cuyo largo total (Lt) fuese igual o mayor a 1.000 m; b- flujos menores ($Lt < 1,000$ 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 $Lt \leq 1.000$ 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.

Los procesos fueron descritos 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. En función de las características de los eventos identificados se analizó el grado de peligrosidad de los actuales campamentos.

Registros históricos

Los registros históricos de la ocurrencia de procesos de remoción en masa en el Parque Provincial Aconcagua son escasos. Si bien estos eventos han sido observados, rara vez los mismos fueron reportados o documentados. Las encuestas realizadas a baquianos señalan principalmente los sitios afectados por flujos de detritos a lo largo de la ruta normal en el valle del río Horcones, pero falta información detallada en cuanto a la fecha precisa de ocurrencia o la causa inicial del fenómeno.

Los baquianos y guardaparques de la reserva resaltan particularmente la violencia de los flujos de detritos que arrasan objetos o animales que encuentran en su trayectoria. Estos mismos eventos generan en casos excepcionales la obstrucción total o parcial de los cauces. Las caídas de rocas, a pesar de ser procesos comunes en el área de estudio, no son mencionadas prácticamente debido a que son eventos menores y pasan desapercibidos.

En el año 1985, Espizúa (1993) describe un flujo de barro proveniente de la quebrada del Durazno mencionando la frecuencia con que ocurren estos eventos en la mencionada quebrada. En el paraje denominado “Los Blancos”, próximo al campamento de Confluencia, severos flujos de detritos han sido reportados con recurrencia anual.

Cerca del campamento de Plaza Guanacos dos andinistas reportan 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. Durante la campaña de marzo 2008 se reconoció el depósito de flujos de detritos recientes en el sector de Colombia. Innumerables caídas de

bloques han sido reportadas también en el sector donde antiguamente se encontraba el viejo campamento de Plazas de Mulas.

Recientemente, se observó un flujo de detrito originado casi en la desembocadura de la quebrada del río de Las Vacas que arrastró una mula carguera hacia al río. Este flujo, ocurrido en septiembre del 2008, fue el responsable también de la obstrucción parcial del río de Las Vacas.

Mapa inventario

Se identificaron 400 procesos de remoción en masa que involucran el 20 % del área de estudio (Fig. 2). El 76 % de estos eventos corresponden a flujos de detritos o zonas de flujos menores y sólo un 4,5 % son eventos complejos. Sin embargo, el comportamiento de las laderas no parece ser similar en todos los valles.

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. Existen también importantes caídas en afloramientos de rocas jurásicas o cretácicas con alto buzamiento; sin embargo, los deslizamientos y procesos complejos son más raros.

En el valle del río de las Vacas se reconocen también flujos de detritos activos comúnmente encauzados en conos aluviales que han represado el río de Las Vacas; pero predominan los colapsos de dimensiones extraordinarias. Por encima de estos depósitos se han desarrollado glaciares de escombros de posible edad Holocena. Es posible que el retiro de las grandes masas de hielo en épocas post-pleistocénicas facilitara la inestabilidad en este valle glaciar.

La quebrada de Matienzo, antiguamente conocida como quebrada de las bóvedas, se caracteriza por la presencia de deslizamientos de moderada envergadura que han generado cinco paleo-endicamientos en el río de Las Cuevas (Moreiras, 2007; Moreiras et. al, 2008).

Características de las caídas de rocas

Las zonas de caídas de bloques o detritos corresponden a eventos recurrentes que afectan un área relativamente importante, mapeable a escala 1:50.000. Estos eventos cubren en total una superficie de 16 km² y ocurren principalmente en afloramientos de rocas sedimentarias de alto buzamiento y fuertes pendientes. En el valle del río Horcones, en el tramo Horcones - Confluencia, importantes sectores de caídas activas que conforman grandes conos de deyección se asocian a los niveles de conglomerados y areniscas rojizas de la formación Tordillo (Jurásico). Grandes desprendimientos se producen desde los acantilados generados en los estratos de calizas-lutitas con alto buzamiento de la Formación Vaca Muerta (Jurásico-Cretácico) en el valle del Horcones inferior. En tanto, a lo largo del valle del río de Las Vacas, las caídas están asociadas a rocas sedimentarias plegadas de las formaciones terciarias y los afloramientos carboníferos. Sin embargo, también se observan desprendimientos de bloques desde los depósitos morénicos como en el sector de la Cuesta Brava y a lo largo de la quebrada de Horcones.

La causa principal de las caídas de rocas son las sacudidas sísmicas ($M > 4$) o por saturación del material debido a la fusión de la nieve durante las estaciones más cálidas. La generación de material detrítico inestable susceptible a colapsar ha sido favorecida también por el crioclastismo.

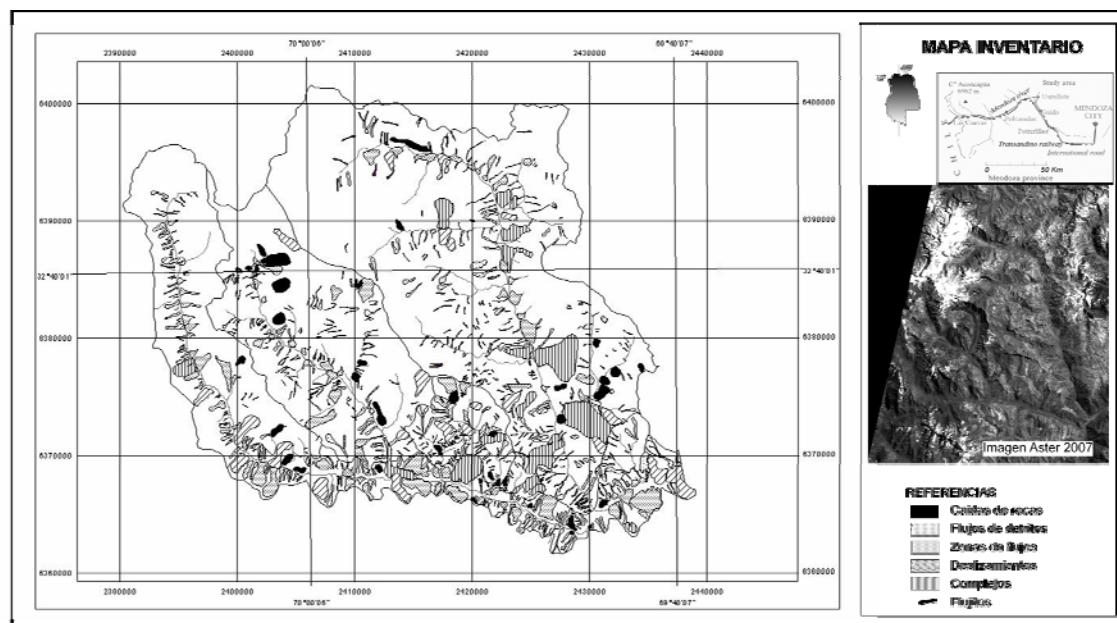


Figura 2: Mapa inventario de los procesos de remoción en masa

Flujos de detritos – zonas de flujos

Los flujos de detritos son eventos muy activos y violentos, de carácter severo, dentro de la reserva. Abarcan en su conjunto 112 km² aunque cada flujo tiene una área media de 0,40 km². 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.

Los flujos de detritos alimentan a 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. Flujos de detritos de carácter violento, se han generado en la parte frontal del glaciar de escombros ubicado en la Quebrada del Sargento Más y la ladera sur del cerro Promontorio. Los flujos de detritos también alimentan el glaciar Horcones inferior.

Múltiples flujos de detritos se han encauzado en la quebrada del Durazno evidenciados por sucesivos depósitos grano-crecientes y relatos históricos. Aguas arriba, en el valle de Horcones, en el paraje conocido como “*Los Blancos*”, se observan conos aluviales muy activos donde se encauzan flujos de detritos con recurrencia anual. Este tipo de proceso se identifica también en el valle del río de las Vacas encauzados en conos aluviales aumentando. Generalmente los represamientos que ha sufrido el río de Las Vacas coinciden con estas superficies aluviales, así también como los desvíos en el curso del río.

Deslizamientos

En la ladera sur del C° Panda (4150 m. s.n.m.) se ha generado un deslizamiento rotacional sobre la margen oriental del río Horcones. Este evento muestra claras evidencias geomorfológicas de actividad. Grietas de tracción han sido reportadas en la cúspide del cerro indicando una posible reactivación.

Próximo al campamento de Confluencia y las ruinas del tambo incaico se identificó un deslizamiento de detritos evidenciado por grandes 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. La ladera noroeste del cerro Aconcagua conocida como “Gran acarrero” corresponde a la superficie de otro deslizamiento (Ramos, 1996).

En el arroyo Relinchos (río de las Vacas), en el tramo comprendido entre Casa de Piedras y Plaza Argentina, se observaron dos deslizamientos que cubren un área de 1.5 km² en la margen sur del valle. Un evento similar se distinguió en 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 km² 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 106 m³ fueron asignados previamente a un origen glaciar (Corte y Espizúa, 1981; Suárez, 1983).

Procesos Complejos

El depósito interpretado como la morena de Horcones (Espizúa, 1993), donde se asienta el complejo aduanero, es reinterpretado como una avalancha de rocas (Pereyra y Gonzalez 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.s.n.m.) justo enfrente de Confluencia cuya edad se desconoce (Pereyra, 1995).

Un deslizamiento rotacional complejo asociado a flujos de detritos es descripto en el cerro Puquios (3.870 m s.n.m.) (Espizúa et al., 1993) posteriormente identificado como asentamientos gravitacionales profundos (Fauqué et al., 2005). Estos últimos autores enfatizan la peligrosidad del sector donde deben evitarse la instalación de infraestructuras.

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. Los depósitos de estos eventos alcanzan dimensiones extraordinarias cubriendo área de hasta 8,4 km² (Tabla 2). Generalmente, sobre ellos se han generado pequeños glaciares de rocas de talud (*protalus rampart*) desarrollados principalmente durante el Holoceno (Wayne, 1981; Wayne y 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 109 m³ de material detrítico bloqueando el valle del río de Las Cuevas.

Peligrosidad asociada a los campamentos

En función de los resultados preliminares obtenidos en este estudio base se puede analizar el grado de vulnerabilidad de los campamentos base y de aproximación a lo largo del valle del río Horcones superior y Horcones inferior.

El campamento Horcones se encuentra sobre un depósito de remoción en masa estable. El deslizamiento activo reconocido en la ladera oriental del valle es muy posible que no afectara el sector del campamento en caso de reactivarse. Por ende, es un lugar seguro para la instalación temporal de estructuras.

El sector de campamento de aproximación de Confluencia resulta relativamente seguro. Existen sectores de caídas de rocas activas pero los bloques no han alcanzado el sector de acampe. Por otro lado, los flujos de detritos provenientes de una pequeña quebrada son canalizados y desviados naturalmente por el depósito de una morena, por lo cual no deberían afectar el sector. Sin embargo, flujos extraordinarios en el sector de los Blancos podrían represar el desagüe natural que existente produciendo el anegamiento o inundación del campamento de Confluencia.

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. La localización actual del campamento de base Plaza de Mulas es un sitio poco susceptible a ser afectado por procesos gravitacionales tales como caídas o flujos de detritos. Sin embargo, al ubicarse sobre el complejo del glaciar de Horcones superior, un desplazamiento atípico del mismo podría afectarlo en el futuro.

La antigua ubicación del campamento de Plaza de Mulas corresponde a un sector de caídas. El tamaño de los bloques alcanza 3,5 m de diámetro y litológicamente corresponden a lavas, brechas y rocas piroclásticas de composición andesítica pertenecientes al Complejo Volcánico Aconcagua (Terciario).

El emplazamiento del campamento base de Plaza Francia no es óptimo desde el punto de vista de la estabilidad de las laderas. En este sector los estratos de niveles epiclásticos de la formación Diamante (Cretácico) presentan un alto buzamiento generando un sector asociado a caídas de rocas. Se observa además la trayectoria de flujos de detritos y canaletas de avalanchas de nieve.

Discusión & conclusiones

A pesar de la importancia turística y el emblema internacional que representa el cerro Aconcagua, 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 y 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 y Leiva (1994), Llorens y Leiva (1995), Leiva y Cabrera (1996) y Llorens y 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.s.n.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. Esta falencia se puso al descubierto al intentar zonificar la reserva como medida de conservación ante la creciente demanda turística y la presión de los sectores de servicio dentro del parque.

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. Este resultado nunca podría haberse obtenido a partir de los registros históricos. 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 km²; 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 km².

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 en el pasado. 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. Una tarea pendiente, mucho más ardua, es 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.

Fue invaluable el apoyo de las autoridades de la Dirección de Recursos Naturales Renovables que brindó el soporte logístico en las campañas mediante la disponibilidad de un mínimo de plazas en los campamentos de Horcones y Plaza de Mulas, la ayuda de guardaparques y la disposición de horas de vuelo.

Queremos agradecer especialmente a Pablo Berlanga Coordinador Técnico Áreas Protegidas, a Daniel Rodríguez encargado del Plan de Manejo y la Lic. Agustina Barros por confiarnos esta tarea, a Pablo Perelló y a los guardaparques que ayudaron en las tareas de campo, muy especialmente a Pablo Sampano, Sebastián Rossi, Angel Lopez, Pablo Ortubia, Mauricio Pellegrina y Daniel Cuchhiara.

Bibliografía

Barros, A., Rada, D., Rodríguez, D., Berlanga, P. y Mansur, A., 2007. Informe Plan de Manejo Parque Provincial Aconcagua – Documento de avance. Departamento de Áreas Naturales Protegidas. Dirección de Recursos Naturales Renovables.

Coates D.R., 1977. Landslide perspectives. En: D.R. Coates (ed.). Landslides Geological Society of America, 3-28.

- Corte, A. E. y Espizúa, L.E., 1981.** Inventario de glaciares de la cuenca del río Mendoza. Mendoza. Argentina. IANIGLA-CONICET. Publicación Especial: 3-102, Mendoza.
- Crozier, MJ, 1984.** Field assessment in the slope stability En: D. Brunsten y D. B. Prior (eds.). Slope Instability. John Wiley 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., Bengochea, J.D. y Aguado C.J., 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., Hermanns, R., Hewitt, K., Rosas, M., Wilson, C., Baumann, V., Lagorio, S. y Di Tommasso, I., 2008.** Mega-deslizamientos 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., Rosas, M., Coppolecchia, M., Hermanns, R., Etcheverria, M., Tejedo, A., Wilson, C.G.J., 2005.** Laderas afectadas por deformaciones gravitacionales profundas en el valle del Río Cuevas, provincia de Mendoza. Actas-XVI Congreso Geológico Argentino (CD). La Plata.
- Koeppen, W., 1931.** Grundriss der Klimakunde, Walter de Gruyter Co. 12. 388 p. Berlin.
- Leiva, JC y Cabrera, GA, 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., Mackern, M.V., Cabrera, G.A. y Lenzano, L.E., 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. y Leiva, J.C., 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. y Leiva, J.C., 1995.** Glaciological studies in the High Central Andes through digital processing of satellite images. Mountain Research and Development, Vol. 15, No. 4: 323 - 330.
- Llorens, R. y Leiva, J.C., 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. RAGA 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., Olmedo, V. E. y Díaz, A. F., 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 (XIIRAS), Buenos Aires, 2008: 119.
- Pereyra, F.X. y Gonzalez Díaz, E.F., 1993.** Reinterpretación geomórfica de la llamada Morena de Los Horcones, Puente del Inca, Prov. De Mendoza. XIIº Congreso Geológico Argentino y IIº 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. 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, 1958.** Landslides types and processes. En: E.B. Eckel (ed). Special Report 29: Landslides and engineering practice. Highway Research Board. National Research Council, Washintong, D.C.: 20-47.
- 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. y Corte, A.E., 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.