

# CAÍDAS Y VUELCOS DE ROCA Y SUELO EN UN ÁREA TURÍSTICA DE LAS SIERRAS AUSTRALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

## Rock/soil falls and topples in a tourist area of the Southern Ranges of the Buenos Aires province

*Susena, Juan Manuel<sup>1,3</sup>; Gentile, Rodolfo Osvaldo<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>IGS, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Sociales, UNICEN. <sup>3</sup>CONICET  
juanmsusena@gmail.com

Palabras clave: peligrosidad, movimientos en masa, turismo, Sierras Australes.

### Resumen

La presente contribución tiene como objeto el análisis de caídas y vuelcos de roca y suelo, en un sector de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, para establecer recomendaciones de seguridad para el uso turístico del territorio. Los trabajos de gabinete consistieron en reunir información sobre usos del territorio y mapear en un SIG los componentes geomorfológicos principales. En el terreno se caracterizaron evidencias de caídas/vuelcos, prestando especial atención a los indicadores morfológicos de edad relativa. Así, se reconoció el carácter recurrente de estos movimientos y se establecieron las zonas más susceptibles a la ocurrencia de los mismos.

### Abstract

The aim of this contribution is the analysis of rock/soil falls and topples in a sector of the Southern Ranges of the Buenos Aires Province, to establish safety recommendations for tourist use. Office works consisted of gathering information about land uses and mapping the main geomorphological components in a GIS. On the field, evidences of falls/topples were characterized, focusing on relative age morphological indicators. Thus, the recurrent character of these movements was recognized and the most susceptible zones to their occurrence were established.

### Introducción

La actividad turística en Sierras Australes es popular principalmente en el sector sur. No obstante, en el centro-norte, específicamente en las sierras de Bravard y Curamalal se ha acrecentado el turismo rural. Días de campo en estancias, cabalgatas, caminatas, visitas a sitios de interés arqueológico e histórico, circuitos de aventura en bicicletas, motocicletas y cuatriciclos, y cacerías son, entre otras, actividades que ofrece la “Comarca Turística” en el Partido de Saavedra. La carga turística creciente en dicho contexto amerita un estudio de ciertos tipos de movimientos en masa (MM) que puedan comprometer la integridad física de los turistas. El área estudiada se circunscribe a las Estancias Las Grutas y Cerro Áspero, en el extremo centro-este del partido referido (Figura 1). Allí, diversos componentes geomorfológicos se diferenciaron (Pereyra y Ferrer, 1995; Susena y Gentile, 2017), algunos conflictivos en cuanto a MM de tipo caída y vuelco de roca y suelo. En las caídas los materiales son separados de una superficie empinada, y descienden a través del aire por caída libre, rebotes y/o rodaduras (Cruden y Varnes, 1996). Los vuelcos son movimientos de rotación alrededor de un pivote ubicado debajo del centro gravitacional de la masa movilizada (Cruden y Varnes, 1996). Puesto que ambos tipos tienen causas similares, y que muchos vuelcos se transforman en caídas durante el movimiento, se los tratará conjuntamente, simbolizándolos C/V. Estos MM se desarrollan a velocidades del orden de m/s; particularmente las caídas de roca superan los 5 m/s (extremadamente rápidos), velocidad de una persona corriendo (WP/WLI, 1995). Según los últimos, las C/V se ubican en las clases de vulnerabilidad 6 o 7: en el mejor de los casos, su gran velocidad no permitiría escapar a todas las personas. En el presente estudio se caracterizan C/V que afectan regolito de fajas aluviales y niveles pedemontanos, frentes escarpados rocosos (FER) en cuerpos serranos, y diferentes laderas. Se describen y evalúan criterios de campo para identificar y caracterizar multi-temporalmente estos MM, se establecen probables causas y se proponen recomendaciones para optimizar el uso turístico del territorio.

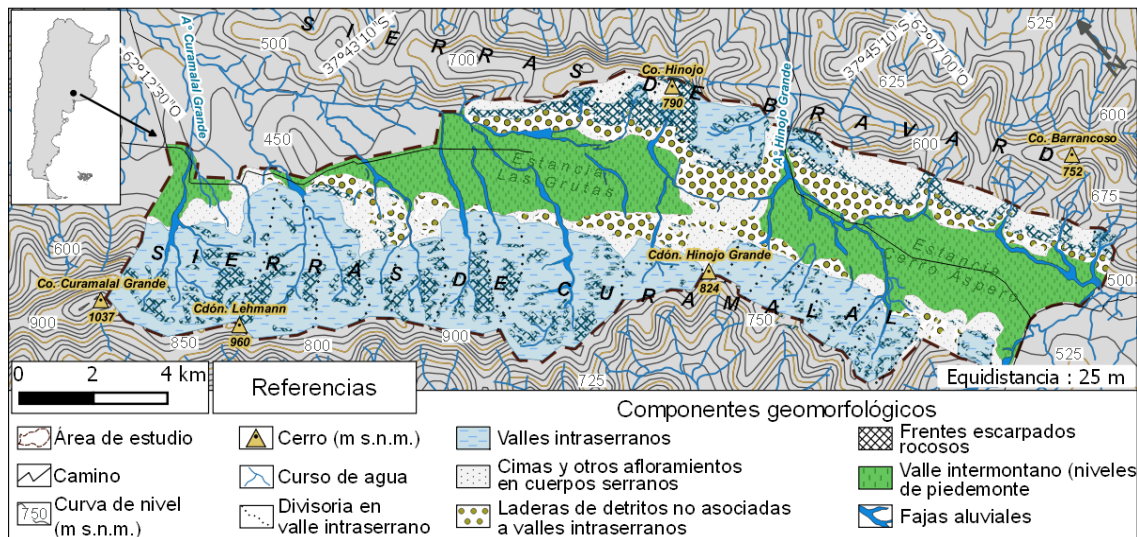


Figura 1. Ubicación del área estudiada

### Materiales y métodos

La caracterización planimétrico-geomorfológica se realizó mediante el procesamiento del modelo ASTER DEM e interpretación de imágenes satelitales Google Earth y Bing. Se generaron curvas de nivel (equidistancia: 25 m) y se corrigieron mediante comparación visual con elementos del paisaje. Esta información fue introducida, y procesada con QGIS 2.18. En salidas al terreno se caracterizó la actividad de C/V de roca y suelo. Se tomaron fotografías con cámara digital, midieron distribuciones de sistemas de fracturas con brújula y cinta métrica, y georreferenciaron los puntos de observación con GPS Garmin eTrex. Se destaca que la escala de detalle del estudio de C/V y las características del área, exigen la preponderancia de las tareas de campo por sobre las de teledetección (Butler, 2013). Para las recomendaciones de uso del territorio, se ponderó la susceptibilidad a C/V con una postura pesimista: cuando las evidencias de C/V fueron dudosas, se las valoró como verdaderas, aumentando la superficie de riesgo potencial (si se calculara), y consecuentemente la seguridad.

### Resultados

Se diferenciaron dos tipos de materiales afectados por MM, según su comportamiento geomecánico ante la adición de agua: suelo o regolito, suelto o inconsolidado, que cambia su comportamiento por adición de agua (Figura 2); y roca, material consolidado cuyo comportamiento no cambia significativamente por adición de agua (Figura 3).

Las C/V de suelo (Figura 2), ubicados preferentemente en fajas aluviales y piedemontes fueron identificados por la yacencia de bloques de suelo en el lecho de cursos de agua, con variable grado de desintegración. En casos en que la masa desplazada tenía cobertura vegetal, generalmente no se la encontró en posición de vida, indicando cambios en la disposición de su superficie. Se observaron bloques de suelo colgantes, cuya vegetación arraigada al terreno no afectado oponía la última resistencia a la caída. El volumen desplazado varía de  $10^{-5}$  a  $1-2 \text{ m}^3$ . Estos MM se reconocen también en las barrancas por la presencia de cicatrices cóncavas hacia los cursos

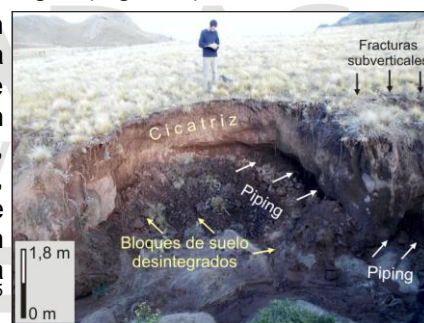


Figura 2. C/V de suelo en faja aluvial que interrumpen su continuidad lateral, indicando ausencia de materiales producto de movimientos; cuando los bloques de C/V no se encuentran en los cursos de agua, las cicatrices probablemente evidencien MM. Las C/V suelen ser provocados por socavamiento basal o sobrecarga. En fajas aluviales el socavamiento se puede originar por erosión fluvial, *piping* o una combinación, procesos a los que se añade en mucho menor grado excavación por acción faunística. En cabeceras de cárcavas se observaron conductos sub-superficiales, evidenciando *piping* como proceso común de erosión retrocedente. Por otra parte, fracturas en el suelo individualizan bloques propensos a C/V, su desarrollo depende de la interacción entre los procesos que contribuyen a agregar y separar, respectivamente, las partículas. Se encontraron

superficies sub-verticales delimitando bloques y prismas de suelo, y grietas por humedecimiento/secado. Pueden contribuir su desarrollo la acción biológica (excavación, pisoteo, crecimiento de raíces) y antrópica (instalación de postes, generación de huellas vehiculares), sumada a la acción de la lluvia y escorrentía. En estas condiciones, otra posible causa de C/V es la sobrecarga por el pasaje de animales de medio a gran porte, personas o vehículos sobre el bloque de suelo inestable.

Las C/V de roca (Figura 3) ocurren desde FER que median entre cimas planas de cerros o lomas y laderas de detritos, fajas aluviales o niveles pedemontanos, desde crestas rocosas sobresalientes en tramos medios y distales de las laderas, y desde la superficie de las últimas. Se tratarán las C/V vinculados a FER y laderas de detritos que integran cerros, ya que los desarrollados en piedemontes antiguos se ubican en sectores agrícola-ganaderos, sin actividad turística. Los FER más imponentes alcanzan alturas de 30-60 m, se extienden hasta unos 1500 m con un rumbo general NO-SE a NNO-SSE, con laderas de detritos a su pie, interrumpidos por entrantes de valles, o

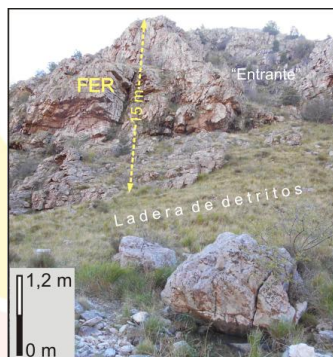


Figura 3. C/V de rocas desde un FER

pequeñas cuencas dominadas por C/V. Los FER menores que alternan con superficies sub-horizontales generan un relieve escalonado que, combinado con los frentes mayores, puede alcanzar los 80 m de altura total. FER locales con otras disposiciones en los valles intraserranos ("abras"), con variable a nulo desarrollo de laderas de detritos, constituyen localmente laderas de valle. Allí, y en algunos cursos de agua en laderas de detritos cercanos a FER, se desarrollaron represamientos (piletones) por C/V de grandes bloques rocosos y en ocasiones saltos de agua asociados. Las dimensiones y formas de los bloques dependen de la disposición de las fracturas de los FER. En las sierras de Bravard tres planos de fracturas delimitan bloques mayores (hasta 6 m<sup>3</sup>) aproximadamente equidimensionales, y menores (10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>) plataformas y oblatos. En general los mayores yacen al pie de los FER, algunos en los tramos medios de las laderas, escasísimos en los distales, e incluso en las fajas aluviales (contrastando con el paisaje circundante), pudiendo haber recorrido distancias máximas de 150 metros.

En laderas de detritos se producen C/V de rocas que yacían sueltas en superficie. El pasaje de animales o personas puede provocar estos MM, dando a los materiales una velocidad inicial al patearlos/arrojarlos. Existe en el área fauna zoogeomorfológicamente activa (Butler, 2012). Es conocida la actividad de hatos de jabalíes, que atraviesan las laderas de detritos para alimentarse en los valles durante las noches, pudiendo patear y poner en movimiento bloques rocosos. Se encontraron en las laderas bloques volteados en sectores con heces de jabalíes. Otros animales de mediano a gran porte (vacas, caballos, ciervos, pumas, guanacos, ovejas, cabras, lagartos overos y zorros) pueden ocasionar efectos similares. Las pendientes de las laderas median los 22°; si los bloques no encuentran obstáculos, pueden desplazarse ladera abajo hasta decenas de metros, rebotando y rodando. Los más propensos a rodar y rebotar son equidimensionales, redondeados a sub-redondeados; a su vez, deben estar poco meteorizados o fracturados, para no desintegrarse.

Habiéndose analizado la distribución espacial de C/V, se tratará su distribución temporal, adaptando la definición de estado de la actividad (WP/WLI, 1993), a la naturaleza del área. Este concepto se refiere a la regularidad temporal del movimiento; se diferencian C/V activos (registrados durante el movimiento), suspendidos (con evidencias de relativa juventud) e inactivos (con evidencias de relativa antigüedad). Se utilizaron indicadores de antigüedad, juventud, y multiplicidad. Entre los primeros, se reconocieron bloques de suelo volcados con desarrollo vertical de la vegetación. En C/V de suelo, la erosión por acción del agua podría indicar antigüedad del MM, criterio que debe controlarse con registros de precipitaciones (la cantidad de agua, y por ende la energía disponible en el sistema modifica las tasas de erosión). El grado de descomposición de vegetación sepultada por bloques de roca o suelo indicaría juventud (bajo grado) o antigüedad (alto grado) del MM; asimismo, el estado de las cicatrices de árboles impactados sirve como criterio de juventud (Figura 4) o antigüedad. En FER cubiertos por cortezas liquénicas, superficies locales carentes de estas, indicarían exposición reciente por C/V (Figura 5). Sectores de las laderas de detritos son visualmente dominados por numerosos bloques rocosos, a expensas de un crecimiento vegetal impedido. Ello indica altas tasas de producción de bloques rocosos desde FER mediante C/V, y su removilización en

la superficie de las laderas (indicadores de juventud y principalmente multiplicidad). Por otra parte, amontonamientos de bloques pendiente arriba de obstáculos en laderas de detritos, podrían indicar múltiples C/V, intercalados o no con otros procesos que movilizan materiales. La repetición en el área de todos los indicadores antedichos indica *per se*, multiplicidad de C/V.



Figura 4. Flecha: cicatriz en árbol impactado

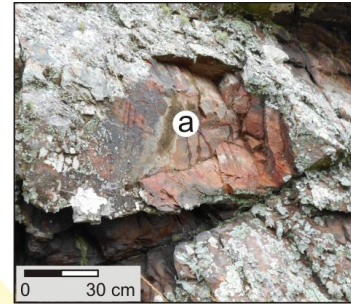


Figura 5. (a) Carencia de líquenes en un FER

## Conclusiones

Aunque las C/V no movilicen, respecto a deslizamientos y flujos, grandes volúmenes de material, y suela producirse un evento a la vez, siendo los MM más veloces del área son los más amenazantes para la actividad turística, pudiendo implicar en los peores casos pérdidas de vidas. El relevamiento de cicatrices en barrancas permitió establecer una franja de seguridad para el tránsito vehicular de 4 m hacia fuera de los límites de los cursos de agua. Se recomienda revisar allí la presencia de fracturas subverticales para identificar bloques de suelo individualizados, así como su grado de socavamiento, antes de aventurarse. Se aconseja no recorrer laderas de detritos en condiciones de poca visibilidad, prestar atención al tránsito de fauna/personas ladera arriba, no ascender/descender en fila y elegir sitios de descanso al pie de obstáculos. Si es posible, deben evitarse zonas al pie de entrantes de FER (salvo que exista vegetación arbórea muy tupida inmediatamente al pie de los frentes) y sectores de estos con pocas colonias de líquenes. Antes de colocarse bajo un salto de agua, se recomienda revisar la estabilidad de las rocas que producen el represamiento. Es preferible no situarse sobre bloques de roca/suelo individualizados por fracturas verticales. Finalmente, la delimitación de senderos turísticos puede optimizar favorablemente consecuencias adversas de C/V.

## Bibliografía

- BUTLER, D. R. 2012. "The impact of climate change on patterns of zoogeomorphological influence: examples from the Rocky Mountains of the western U.S.A". *Geomorphology* 157-158: 183-191. Amsterdam: Elsevier B. V.
- BUTLER, D. R. 2013. "The field tradition in mountain geomorphology". *Geomorphology* 200: 42-49. Amsterdam: Elsevier B. V.
- CRUDEN D. M. y D. J. VARNES. 1996. "Landslide types and processes". En: TURNER Y SCHUSTER (eds.) *Landslides investigation and mitigation*. Special Report N° 247. 3: 36-75. Washington D.C.: Transportation research board, US National Research Council.
- PEREYRA, F. X. y J. A. FERRER. 1995. "Geomorfología del flanco nororiental de las Sierras Australes, Provincia de Buenos Aires". *Actas de las Cuartas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*: 1: 239-247. Junín: Editorial de la UNLP.
- SUSENA, J. M. y R. O. GENTILE. 2017. "Movimientos en masa en sectores de la Sierra de Bravard y el Valle de las Grutas, Sierras Australes Bonaerenses (Partido de Saavedra, Provincia de Buenos Aires)". *Actas digitales del XX Congreso Geológico Argentino*: 432-439. San Miguel de Tucumán: Asociación Geológica Argentina.
- WPWLI UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. 1993. "*Multilingual landslide glossary*". Richmond: BiTech Publishers Ltd. 59 p.
- WPWLI UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. 1995. "A suggested method for describing the rate of movement of a landslide". *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 52:75-78. París: Springer-Verlag.