



PRÓLOGO: MOVIMIENTOS EN MASA EN LA REGIÓN ANDINA

Los movimientos en masa son una de las principales causas de desastres alrededor del mundo (Petley y Sepúlveda 2015, Aristizabal y Sánchez 2020). Aunque estos procesos de remoción en masa hacen parte del ciclo geomorfológico natural, las pérdidas humanas y económicas señalan una tendencia creciente en las últimas décadas, y se espera que dicha tendencia continúe o incluso aumente debido a procesos externos como (i) el aumento acelerado de la población mundial urbana, y como consecuencia la urbanización de terrenos en laderas sin los estudios y medidas necesarias; y (ii) el calentamiento global que ha generado un aumento de la temperatura generando la degradación y fusión del permafrost y el incremento en la frecuencia de eventos de lluvia extremos (Moreiras et al. 2020, 2021). Es por esta razón que los movimientos en masa han ido recobrando una importante notoriedad tanto en el ámbito científico con el auge de trabajos de investigación, documentando la ocurrencia de estos eventos tanto en el pasado reciente como en el registro geológico, y desarrollando nuevas técnicas que permitan su predicción y zonificación, como herramientas para la prevención y reducción de sus impactos.

En este sentido, en el marco del XXI Congreso Geológico Argentino, realizado en Puerto Madryn en marzo de 2022 de modo virtual debido a las restricciones por pandemia, tuvo lugar la sexta edición del Simposio de movimientos en masa en la región andina. Las ediciones previas fueron también realizadas en el contexto de congresos geológicos nacionales en Argentina (Jujuy 2008 - Córdoba 2014), Perú (Cuzco 2010) y Chile (Antofagasta 2012, Concepción 2018). El objetivo principal del simposio es congregarse a la comunidad internacional trabajando en temáticas relacionadas a los procesos de remoción en masa a lo largo de los Andes y zonas cercanas, desde distintas perspectivas y considerando el contexto tectónico y climático andino. Las temáticas abordadas son diversas incluyendo: tipos de procesos y sus desencadenantes, peligrosidad y riesgo, mecanismos de génesis y propagación, geomorfología, sedimentología, modelado, cronología, monitoreo y teledetección. De tal manera que este evento logró una interacción entre los académicos y especialistas involucrados en el asesoramiento a los tomadores de decisiones

para la gestión territorial y el desarrollo sustentable de las comunidades potencialmente afectadas en los países andinos; sin un sesgo académico o profesional, sino una integración de los diferentes eslabones y disciplinas en donde los procesos de remoción en masa son el eje central.

Como antecedentes a la actual edición especial de la Revista de la Asociación Geológica Argentina se destaca la publicación especial N° 4 de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ISBN 987-21766-0-4) titulada "Peligrosidad geológica en Argentina" que fuera editada por M. Gonzalez y N.J. Bejerman en 2004, en su capítulo 6 puso en valor los antecedentes de procesos de remoción en masa, existentes hasta el momento, en toda la Argentina. Al igual que el libro "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" elaborado por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas en el 2007, posiblemente es la obra que mejor resume los estudios de procesos de remoción en masa llevados a cabo en los siete países de la región andina: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Sin embargo, este compendio de 29 trabajos queda desactualizado frente al gran caudal de trabajos publicados en revistas científicas como la Revista de la Asociación Geológica Argentina, *Andean Geology*, *Journal of South American Earth Sciences*, *Natural Hazards*, *Landslides* e inclusive *Quaternary International*, entre otras. Adicionalmente, investigaciones específicas sobre el impacto de remociones en masa sobre la población a escala continental - por ejemplo la publicación de Sepúlveda y Petley en 2015 en la revista *Natural Hazards and Earth System Sciences* - o a escala nacional, como el artículo de García-Delgado y otros en 2022 para Colombia, han reforzado la importancia del impacto en vidas humanas de las remociones en masa, y cómo estas se relacionan con variables geológicas, climáticas - en particular la acción de ENSO en la región andina- demográficas y sociales. Es por ello que se consideró oportuno editar un volumen especial de la Revista de la Asociación Geológica Argentina con los trabajos seleccionados en nuestra sesión del 2022.

En la presente edición se presentan trabajos de tres países: Argentina, Chile y Colombia abordando un amplio aban-

nico de contenidos, incluyendo análisis de desencadenantes mediante modelos, estimación de umbrales de precipitación, evaluación de rol de lluvia antecedente, estudios geotécnicos, monitoreo satelital, presas por deslizamiento, estudios de susceptibilidad de remociones en masa, análisis geomorfológicos y entre otros aspectos.

Arango y Aristizabal combinan modelos con base física para el estudio de movimientos en masa tipo flujos, los cuales se caracterizan por la concatenación de fenómenos de remoción en masa sobre las laderas y la propagación de la masa desplazada. Estos fenómenos en cadena que se presentan en terrenos montanos exigen una mirada a escala de cuenca y el uso de modelos acoplados que evalúen tanto la reducción de las condiciones de estabilidad en las laderas, y posteriormente la reología y propagación de la combinación de agua y sedimentos en diferentes proporciones y tamaños a lo largo de cauces.

Jaramillo et al. utilizan modelos con base física para la estimación de umbrales de lluvia para movimientos en masa superficiales a escala de cuenca. Los resultados señalan de forma interesante la relación, posiblemente no lineales, entre los umbrales de lluvia y parámetros morfométricos de la cuenca, como la pendiente, adicionalmente registra umbrales máximos por encima de los cuales la ocurrencia de movimientos en masa es mínima.

Gómez et al. evalúan la influencia de la lluvia antecedente en la ocurrencia de movimientos en masa en los Andes colombianos, donde cuantifican y comparan la importancia de la lluvia detonante y la lluvia condicionante como detonante de movimientos en masa.

Soffiantini y Brunetto determinan que el marcado retroceso de las barrancas del río Paraná en el sector de Santa Elena (Entre Ríos) se debe a la ocurrencia de colapsos de bloques en la parte superior y flujos de detritos en la parte baja de las barrancas, forzados por las características de los materiales aflorantes en los perfiles, con alta plasticidad y saturados por agua. Estos mismos autores, al analizar el retroceso de las barrancas en la zona costera del río Paraná en la localidad de Diamante en los últimos 100 años, encuentran una aceleración de los desplazamientos a partir de la segunda mitad del siglo 20. Relacionan la inestabilidad de las laderas, en este caso como expansión lateral, a la saturación de los niveles de arcillas y a la oscilación de los caudales en el río Paraná forzada por eventos climáticos.

Espósito et al. realizan un levantamiento geomorfológico de detalle del río del Cobre en el sur de la provincia de Mendoza. Junto con geoformas glaciares, periglaciares y fluviales, destacan el rol crítico que han tenido las remociones

en masa, asociadas a deslizamientos y colapsos en terrenos kársticos, en la evolución del paisaje de esta región andina.

Quesada et al. realizan una caracterización geomorfológica de la cuenca del arroyo Derrumbe en la cordillera norpatagónica argentina. Analiza la geomorfología del abanico aluvial y los patrones de vegetación existentes en la actualidad. A partir de estos resultados interpreta la evolución geomorfológica de la cuenca incluyendo un evento de avulsión asociado a un GLOF y eventualmente al megaterremoto de Valdivia de 1960 en la costa chilena.

Carrasco et al. analizan la actividad reciente del deslizamiento de Yerba Loca en la cuenca del río Mapocho en Chile central, usando técnicas de InSAR y observaciones de terreno. Demuestran que el deslizamiento original de 2018 se mantiene activo y se expande, con evidencias de nuevas grietas y deformaciones concordantes detectadas por radar. La masa deslizada puede crecer en cerca de un 50%, aumentando el riesgo en caso de un colapso catastrófico.

Beigt et al. estudian cuatro casos de remociones en masa subacuáticas en lagos patagónicos, usando técnicas geofísicas, satelitales y fotogrametría. Las observaciones sugieren que las remociones son complejas y tienden en mayor medida a producirse en zonas de alta tasa de sedimentación y con intervención antrópica.

Kwaterka et al. identifican y describen estratigráficamente mega-deslizamientos en la cuenca alta del río Salado, Mendoza. Su ocurrencia se asocia a varios factores geológicos y se postula la actividad sísmica regional como evento disparador, descartando el rol que pudo tener la relajación de las laderas luego del retroceso de las masas de hielo post glaciaciones.

Correas et al. identifican 19 lagos actuales represados por procesos de remoción en masa en los Andes Centrales de Argentina (31° - 36° S). Concluyen que si bien las lagunas actuales pueden ser muy longevas y consideradas estables en función de los índices clásicos utilizados (Índice de Bloqueo y Índice Adimensional de Bloqueo), podrían sin embargo generar potenciales LLOFs impactando negativamente la región en función de la evaluación cualitativa del grado de estabilidad aparente de los represamientos. Es por ello que estos autores encomiendan el monitoreo continuo de dichas lagunas ya que la estabilidad aparente de los diques podría verse alterada por factores externos como sismos, erupciones volcánicas, caídas o deslizamientos en el mismo lago, etc..

Jeanneret et al. analizan las evidencias de sucesivas rupturas del dique natural que represa la Laguna Blanca, en la Cordillera Frontal sanjuanina (31° S). Este dique natural, generado por una avalancha de rocas (volumen $\sim 8.1 \times 10^7 \text{ m}^3$) en

una zona encajonada de la cuenca del río Blanco, presenta dos niveles lacustres antiguos ubicados a 80 m y 5 m por encima del nivel de agua actual que se asocian a terrazas de crecidas aguas abajo del dique. Esto, resultados permiten concluir que la Laguna Blanca fue inestable en el pasado y actualmente es metaestable.

Finalmente, Rosas y Moreiras analizan las características de la avalancha de rocas que represa parcialmente la laguna Atuel (34° 33'S). Describen las diferentes facies de este de-

pósito y se estiman los diferentes parámetros morfométricos (área, volumen, alcance, etc) de este evento holoceno tardío. En este caso también encuentran evidencias de una ruptura violenta de la laguna en el pasado por lo cual los autores estiman la potencial descarga en caso de romperse la obstrucción actual en forma abrupta.

Stella M. Moreiras, Sergio A. Sepúlveda y Edier Aristizabal

Referencias

- Aristizabal, E. y Sanchez, O. 2020. Spatial and temporal patterns and the socioeconomic impacts of landslides in the tropical and mountainous Colombian Andes. *Disasters* 44: 596-618.
- García-Delgado, H., Petley, D.N., Bermúdez, M.A. y Sepúlveda, S.A. 2022. Fatal landslides in Colombia (from historical times to 2020) and their socio-economic impacts. *Landslides* 19: 1689-1716.
- Moreiras, S.M., Jeanneret, P., Junquera Torrado, S., Correas Gonzalez, M. y Moragues, S. 2020. Grandes colapsos de laderas asociados a la deglaciación pleistocena en los Andes Centrales de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 77 (1): 91-103.
- Moreiras, S.M., Sepúlveda, S.A., Correas-González, M., Lauro, C., Vergara, I., Jeanneret, P., Junquera, S., Cuevas, J.G., Maldonado, M., Antinao, J.L. y Lara, M. 2021. Debris flows occurrence in the Semiarid Central Andes under climate change scenario (30°-33°S). *Geosciences* 11(2): 1-27.
- Sepúlveda, S.A. y Petley, D.N. 2015. Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15: 1821-1833.