

# NOTAS HISTÓRICAS Y GEOGRÁFICAS

## **Artículos**

**EXPERIENCIAS EDUCATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE  
DESLIZAMIENTOS EN ARGENTINA<sup>1</sup>**

**EDUCATIONAL EXPERIENCES FOR LANDSLIDE RISK REDUCTION IN  
ARGENTINA**

**Damián Groch**

Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

[damiangroch@gmail.com](mailto:damiangroch@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8351-1337>

**Camila Inés Rizzo**

Centro Provincial de Enseñanza Media N°11, Argentina.

[camirizzo@gmail.com](mailto:camirizzo@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-0072-4453>

**Liz Carolina Rovila**

Centro Provincial de Enseñanza Media N°84, Argentina.

[rovilaliz11@gmail.com](mailto:rovilaliz11@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-8777-2977>

**Marisa Gloria Cogliati**

Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

[marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar](mailto:marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar)

<https://orcid.org/0000-0002-3875-1518>

**Verónica Gil**

Universidad Nacional del Sur, Argentina.

[verogil@uns.edu.ar](mailto:verogil@uns.edu.ar)

<https://orcid.org/0000-0002-2824-204X>

**Recibido el 12 de febrero del 2024    Aceptado el 8 de abril del 2024**

---

<sup>1</sup> Este trabajo forma parte del Proyecto de Extensión “Estrategias de mitigación de riesgos asociados a deslizamientos en un contexto de post-pandemia” (Ord. 1029/22) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) y de la tesis de doctorado en curso de Damián Groch, financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Páginas 153-184

Financiamiento: La investigación fue financiada por los autores y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina).

Conflictos de interés: Los autores declaran no presentar conflicto de interés.

### Resumen

Muchos desastres acontecidos en zonas de montaña en el mundo han sido vinculados con deslizamientos. Los trabajos de mitigación representan un desafío, principalmente, por sus altos costos económicos de implementación. El objetivo de este estudio es realizar una propuesta de medidas de mitigación destinadas a reducir el riesgo de deslizamientos a partir de experiencias educativas colaborativas en la Cordillera del Viento (Patagonia, Argentina). Se implementaron conversatorios, talleres y trabajos de campo en los que se involucraron activamente más de 150 estudiantes de nivel medio. A partir de estas actividades, se pudo crear un conjunto de medidas de mitigación, identificar actores sociales responsables para su implementación y diseñar mapas temáticos regionales aplicados, que reflejan conocimientos teóricos y empíricos de utilidad para futuros abordajes por parte de la población local, los tomadores de decisiones y la comunidad científica en general y que podrían ser considerados e incluidos en el diseño de nuevos planes de ordenamiento territorial.

**Palabras clave:** Andacollo, flujo de detritos,

Huinganco, medidas de mitigación.

### Abstract

Many disasters in mountainous regions worldwide have been attributed to landslides. Mitigation works represent a challenge, mainly due to the substantial economic costs of implementation. This study aims to propose mitigation measures for landslide risk reduction based on collaborative educational experiences in the Cordillera del Viento (Patagonia, Argentina). The lectures, workshops, and fieldwork that were carried out involved the active participation of more than 150 high-school students. These activities made it possible to create a set of mitigation measures, to identify social actors responsible for their implementation, and to design applied regional thematic maps, which reflect theoretical and empirical knowledge that may be useful for future approaches by the local population, decision-makers, and the broader scientific community. The information derived from this study could be instrumental for new land-use planning.

**Keywords:** Andacollo, debris flows, Huinganco, mitigation measures.

## 1. Introducción

Los deslizamientos (*i. e.*, procesos de remoción en masa) son una de las amenazas naturales que generan mayor preocupación en ambientes de montaña a escala global por sus consecuencias severas sobre las personas, infraestructura y economía<sup>2</sup>, especialmente cuando se asocian con precipitación extrema, inundaciones y sismos. Estimaciones recientes indican además que, en promedio, se producen anualmente más de 4,000 muertes en todo el mundo solamente por deslizamientos<sup>3</sup>, sumado a pérdidas económicas directas e indirectas totales que pueden alcanzar billones de USD para algunos países<sup>4</sup>. Si se tienen en cuenta los aumentos de la frecuencia y magnitud de los eventos de precipitación extrema debido al cambio climático<sup>5</sup>, es posible que estos números se incrementen. Bajo este contexto, la mitigación de desastres es un paso necesario en la protección de vidas humanas, infraestructura y ecosistemas.

El crecimiento poblacional y la expansión de los límites urbanos a escala mundial están generando una ocupación de laderas susceptibles de deslizamientos en áreas montañosas<sup>6</sup>, resaltando la necesidad de implementar acciones para la reducción del riesgo. En la actualidad se ha observado que muchas iniciativas de Estados, compañías privadas, organizaciones no gubernamentales, entre otros, se encuentran direccionadas hacia tal fin. Las soluciones estructurales contra deslizamientos (*i. e.*, medidas activas) se caracterizan por altos costos<sup>7</sup>, por ello, en muchas regiones con terrenos inestables se pueden presentar dificultades para su implementación debido a la existencia de medios económicos limitados<sup>8</sup>. Ante este escenario en los últimos años están siendo desarrolladas soluciones no estructurales (*i. e.*, medidas pasivas),

---

<sup>2</sup> IPCC, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2022), 2285.

<sup>3</sup> Ubydul Haque, Paula F. da Silva, Graziella Devoli, Jürgen Pilz, Bingxin Zhao, Asmaa Khaloua, Wahyu Wilopo, Peter Andersen, Ping Lu, Juneseok Lee, Taro Yamamoto, David Keellings, Jian-Hong Wu y Gregory E. Glass, “The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995-2014)”, *Science of the Total Environment* 682 (2019): 673-84.

<sup>4</sup> Robert L. Schuster, “Socioeconomic significance of landslides”, en *Landslides: Investigation and Mitigation* (Estados Unidos, 1996), 12-35.

<sup>5</sup> IPCC, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 1692.

<sup>6</sup> Robert L. Schuster y Lynn M. Highland, “The Third Hans Cloos Lecture. Urban landslides: socioeconomic impacts and overview of mitigative strategies”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 66 (2007): 1-27.

<sup>7</sup> Cazorzi, Federico, Matteo Barbini, Alberto Beinat, Martino Bernard, Mauro Boreggio, Matteo Cesca, Sara Cucchiaro, Roberta Dainese, Alberto De Luca, Christian Demmler, Carlo Gregoretti, Karl Hagen, Veronika Lechner, Eleonora Maset, Michael Neuhauser, Paolo Nicolosi y Christoph Zingerle, “A model-based early warning system for runoff-generated debris-flow occurrence: preliminary results”, *E3S Web of Conferences* 415 (2023): 03005.

<sup>8</sup> K. Prenger-Berninghoff, V. J. Cortes, T. Sprague, Z. C. Aye, S. Greiving, W. Głowacki y S. Sterlacchini, “The connection between long-term and short-term risk management strategies for flood and landslide hazards: examples from land-use planning and emergency management in four European case studies”, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14 (2014): 3261-78.

por su efectividad y para contemplar los presupuestos disponibles. Entre algunas opciones se encuentran la elaboración de cartografías de amenaza y riesgo, la creación de planes de emergencia y evacuación, la implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana, la determinación del uso y cobertura del suelo, y la restricción del planeamiento urbano<sup>9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16</sup>.

El abordaje de la mitigación de deslizamientos en ambientes educativos es un tema de interés para la comunidad científica internacional. Los estudios existentes se han desarrollado principalmente en países en vías de desarrollo, como México<sup>17</sup>, Honduras<sup>18</sup>, Brasil<sup>19</sup>, Uganda<sup>20</sup>,

---

<sup>9</sup> L. Cascini, C. Bonnard, J. Corominas, R. Jibson y J. Montero-Olarte, “Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development” en *Landslide Risk Management, Proceeding of the International Conference on Landslide Risk Management*, editores Oldrich Hungr, Robin Fell, Rejean Couture y Erik Eberhardt (Londres: Taylor & Francis Group, 2005), 199-235.

<sup>10</sup> Olivier Lateltin, Christoph Haemmig, Hugo Raetzo y Christophe Bonnard, “Landslide risk management in Switzerland”, *Landslides* 2 (2005): 313-20.

<sup>11</sup> Emanuele Intriari, Giovanni Gigli, Francesco Mugnai, Riccardo Fanti y Nicola Casagli, “Design and implementation of a landslide early warning system”, *Engineering Geology* 147-148 (2012): 124-36.

<sup>12</sup> Neng-pan Ju, Jian Huang, Run-qiu Huang, Chao-yang He y Yan-rong Li, “A Real-time monitoring and early warning system for landslides in Southwest China”, *Journal of Mountain Science* 12 (2015): 1219-28.

<sup>13</sup> Bhim Kumar Dahal y Ranjan Kumar Dahal, “Landslide hazard map: tool for optimization of low-cost mitigation”, *Geoenvironmental Disasters* 4 (2017): 8.

<sup>14</sup> Federica Ferrigno, Giovanni Gigli, Riccardo Fanti, Emanuele Intriari y Nicola Casagli, “GB-InSAR monitoring and observational method for landslide emergency management: the Montaguto earthflow (AV, Italy)”, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 17 (2017): 845-60.

<sup>15</sup> Lixia Chen, Zizheng Guo, Kunlong Yin, Dhruva Pikha Shrestha y Shikuan Jin, “The influence of land use and land cover change on landslide susceptibility: a case study in Zhushan Town, Xuan’en County (Hubei, China)”, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 19 (2019): 2207-28.

<sup>16</sup> Siti Norsakinah Selamat, Nuriah Abd Majid, Aizat Mohd Taib, Mohd Raihan Taha y Ashraf Osman, “The spatial relationship between landslide and land use activities in Langat River Basin: A case study”, *Physics and Chemistry of the Earth* 129 (2023): 103289.

<sup>17</sup> Noemi S. Ruiz-Cortés e Irasema Alcántara-Ayala, “Landslide exposure awareness: a community-based approach towards the engagement of children”, *Landslides* 17 (2020): 1501-14.

<sup>18</sup> Silvia Hostettler, Anton Jöhr, Carlos Montes y Antonio D’Acunzi, “Community-based landslide risk reduction: a review of a Red Cross soil bioengineering for resilience program in Honduras”, *Landslides* 16 (2019): 1779-91.

<sup>19</sup> Marcos Barreto de Mendonca y Adriana Sobreira Valois, “Disaster education for landslide risk reduction: an experience in a public school in Rio de Janeiro State, Brazil”, *Natural Hazards* 89 (2017): 351-65.

<sup>20</sup> Doreen Misanya, y Arne Olav Øyhus, “How communities’ perceptions of disasters influence disaster response: managing landslides on Mount Elgon, Uganda”, *Disasters* 39 (2) (2014): 389-405.

Malasia<sup>21</sup>, Indonesia<sup>22</sup>, China<sup>23</sup>, Nepal<sup>24</sup>, e India<sup>25</sup>. Muchas de las experiencias vinculadas con deslizamientos han sido direccionadas hacia estudiantes de nivel primario y secundario (medio), abordándose temas como la efectividad de textos escolares<sup>26</sup>, las percepciones cognitivas e ideas erróneas preexistentes<sup>27</sup>, y el nivel de instrucción, preparación y capacidad adaptativa en mitigación del riesgo de desastres<sup>28</sup>; <sup>29</sup>; <sup>30</sup>. Otras experiencias educativas se relacionaron directamente con profesores universitarios, investigadores académicos, especialistas, tomadores de decisiones y residentes locales, entre otros<sup>31</sup>; <sup>32</sup>; <sup>33</sup>. Las técnicas utilizadas en las diferentes instancias se basaron en información cualitativa, cuantitativa o en la combinación de ambas, mediante entrevistas, cuestionarios, evaluaciones, datos geospaciales y observaciones directas, poniendo de manifiesto la existencia de gran diversidad de herramientas para abordar los deslizamientos en contextos escolares.

En Argentina, algunos estudios han manifestado que la educación e información sobre las

---

<sup>21</sup> Habibah Lateh y Vijaya Govindasamy, “Teachers and Awareness: A case study of landslide hazard in Penang Island”, *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3 (3) (marzo 2012): 1-6.

<sup>22</sup> Erni Suharni y Moh. Nasrul Baharsyah, “Learning About Landslide Disaster Mitigation Based on a Role Playing Method Assisted by the Disaster Education Pocket Book”, *Review of International Geographical Education* 10 (4) (2020): 618-38.

<sup>23</sup> J.B. Massey, S.H. Mak y K.P. Yim, “Community based approach to landslide risk reduction”, en *Proceedings of the Fourteenth Southeast Asian Geotechnical Conference - Geotechnical Engineering Meeting Society's Needs*, editores K.K.S. Ho y K.S. Li (Hong Kong: Southeast Asian Geotechnical Society, 2001), 141-47.

<sup>24</sup> Gangalal Tuladhar, Ryuichi Yatabe, Ranjan Kumar Dahal y Netra Prakash Bhandary, “Knowledge of disaster risk reduction among school students in Nepal”, *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 5 (3) (2014): 190-207.

<sup>25</sup> Surya Parkash. “Education, Training and Capacity Development for Mainstreaming Landslides Risk Management” (conferencia presentada en “Second World Landslide Forum”, Roma, Italia, 3 al 7 de octubre, 2011).

<sup>26</sup> Azizah Fadhila, Ahmad Fauzi y Hamdi Rifai, “Effectiveness of integrated science (IPA) textbook nested with landslide theme to improve preparedness of students”, *Journal of Physics: Conference Series* 1185 (2019): 012055.

<sup>27</sup> Esen Durmuş y Dilan Kuruyer, “The Determination of 5th-Grade Students' Cognitive Structures and Misconceptions About Erosion and Landslide Concepts Through Word Association Test”, *The Journal of International Social Studies Education* 4 (1) (2022): 97-115.

<sup>28</sup> I.H. Husna y A. Fauzi, “Analysis of the initial capabilities of students to landslide disasters”, *Journal of Physics: Conference Series* 1185 (2019): 012083.

<sup>29</sup> B. Astuti, I. Suryaningsih, A. Rusilowati, Khumaedi y H.H. Kusuma, “Science literacy profile of student on landslide disaster mitigation in Semarang city”, *Journal of Physics: Conference Series* 1918 (2021): 022017.

<sup>30</sup> Safriani Safriani y Yunus Aris Wibowo. “Preparedness and adaptive capacity of students for landslide disasters in Karangobar, Central Java, Indonesia” (conferencia presentada en “2021 Annual Conference of Indonesian Association for Public Administration, KnE Social Sciences”, Surakarta, Indonesia, 27 de octubre de 2021).

<sup>31</sup> Jamilah Ahmad y Habibah Lateh. “Knowledge and awareness on landslides among teachers in northern area Malaysia” (conferencia presentada en “International Conference on Slopes”, Malaysia, 14 al 16 de septiembre, 2015).

<sup>32</sup> Rigoberto Moncada y Hiromitsu Yamagishi. “Educational Methodologies Implemented in Latin America for Landslide Inventory and Analysis” (conferencia presentada en “Second Central American and Caribbean Landslide Congress”, Tegucigalpa, Honduras, 18 al 20 de julio, 2016).

<sup>33</sup> Marcos Barreto de Mendonca y Fernanda Teles Gullo, “Landslide risk perception survey in Angra dos Reis (Rio de Janeiro, southeastern Brazil): A contribution to support planning of non structural measures”, *Land Use Policy* 91 (2020): 104415.

amenazas de deslizamientos en áreas montañosas son esenciales<sup>34</sup>. En este sentido, se ha mencionado que la población local y las autoridades gubernamentales deberían ser educadas en la temática mediante planes intensivos especialmente diseñados considerando las comunidades que podrían ser más afectadas<sup>35</sup>. En ese aspecto, no se han localizado trabajos a nivel nacional que aborden la educación sobre deslizamientos (*e. g.*, riesgos, consecuencias, mitigación).

Las aproximaciones interinstitucionales en el país incluyen el estudio y monitoreo de deslizamientos mediante el Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD) 2024–2030 del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR), que propone, entre otras cosas, “confeccionar un plan de concientización de la población sobre este tipo de riesgo, mediante campañas de comunicación empleando las redes sociales, los diferentes medios de comunicación y entes educativos de todos los niveles, incorporando contenidos curriculares específicos a impartirse en las áreas vulnerables”<sup>36</sup>. Es posible esperar, por lo tanto, que en los próximos años se incrementen los esfuerzos en programas educativos dentro de las políticas públicas que consideren los deslizamientos.

En el norte de la provincia de Neuquén, se generaron múltiples instrumentos de planificación para los principales centros poblados y áreas naturales protegidas considerando la existencia de deslizamientos, entre los que se encuentran planes de ordenamiento territorial<sup>37; 38; 39; 40; 41; 42</sup>,

---

<sup>34</sup> Stella Maris Moreiras, “Frequency of debris flows and rockfall along the Mendoza river valley (Central Andes), Argentina: Associated risk and future scenario”, *Quaternary International* 158 (1) (2006): 110-21.

<sup>35</sup> Stella Maris Moreiras y Andrea Coronato, “Landslide Processes in Argentina”, en *Developments in Earth Surface Processes*, editor, Edgardo M. Latrubesse (Elsevier 13, 2009), 301-32.

<sup>36</sup> Andrés. Dimitri, Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de la República Argentina, Documento de presentación, PNRRD 2024-2030 (Argentina: Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil, 2023), 81.

<sup>37</sup> Sergio Lardies *et al.*, Plan de ordenamiento territorial ambiental intermunicipal, Andacollo, Huinganco, Las Ovejas y Villa Nahueve, Provincia del Neuquén (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2004).

<sup>38</sup> Sergio Lardies *et al.*, Plan de ordenamiento territorial ambiental intermunicipal. Andacollo, Huinganco, Las Ovejas y Villa Nahueve. Provincia del Neuquén. Segunda etapa (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2005).

<sup>39</sup> Fernando José Páramo *et al.*, Planificación, ordenamiento territorial y ambiental para Los Miches, El Cholar y Los Guañacos (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2006).

<sup>40</sup> Fernando José Páramo *et al.*, Plan de ordenamiento territorial para las localidades de El Cholar, Los Miches, Los Guañacos y Villa Nahueve y elaboración de propuestas de desarrollo (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2009).

<sup>41</sup> Luis Alberto Bertani *et al.*, Plan de ordenamiento territorial de Andacollo, Provincia del Neuquén (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2018).

<sup>42</sup> José Luis Guerra *et al.*, Plan de ordenamiento territorial Las Ovejas, Provincia del Neuquén (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2019).

planes estratégicos de desarrollo integral y sustentable<sup>43</sup>, planes generales de manejo<sup>44; 45; 46</sup> e inclusive estudios geocientíficos aplicados al ordenamiento territorial<sup>47</sup>. En estos abordajes, los deslizamientos se consideraron desde el punto de vista de la amenaza (e. g., características físicas, mecanismos detonantes) y sus consecuencias sobre elementos expuestos, siendo muy limitadas las propuestas de mitigación a pesar de los riesgos que ellos implican.

En el sector comprendido entre la Cordillera del Viento y los Antes Patagónicos Septentrionales (*i. e.*, norte de Neuquén), se ha recomendado alertar, reparar, capacitar y educar a la población para evitar riesgos innecesarios y minimizar los impactos que puedan producir los eventos de flujos de detritos (*debris flows*)<sup>48</sup>. Este tipo particular de deslizamiento está caracterizado por el arrastre muy rápido a extremadamente rápido de rocas, sedimentos y agua por cauces con pendientes pronunciadas en zonas montañosas<sup>49</sup>. Los mismos producen típicamente grandes daños al ambiente e infraestructura, llegando a causar catástrofes como la acontecida a lo largo de la Cordillera de la Costa (Venezuela) en diciembre de 1999, donde se estima murieron entre 25,000 y 50,000 personas —uno de los más letales documentados en la historia de la humanidad<sup>50</sup>.

En particular, las investigaciones de flujos de detritos en el norte de Neuquén están limitadas principalmente a análisis regionales de deslizamientos, como los estudios en laguna Navarrete

---

<sup>43</sup> Raúl Mikkan, *et al.*, Plan estratégico de desarrollo integral y sustentable de la cuenca del Curi Leuvú, Provincia del Neuquén (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2012).

<sup>44</sup> Gustavo Iglesias *et al.*, Plan general de manejo del Parque Provincial Tromen, Provincia de Neuquén (Argentina: Sociedad Naturalista Andino Patagónica, 1999).

<sup>45</sup> Sebastián Di Martino *et al.*, Plan general de manejo del Área Natural Protegida Epu Lauquen (Argentina: Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, Ministerio de Producción y Turismo, 2005).

<sup>46</sup> Alicia Lonac *et al.*, Plan de Manejo del Área Natural Protegida Sistema Domuyo (Argentina: Consejo Federal de Inversiones, 2005).

<sup>47</sup> Servicio Geológico Minero Argentino, Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial: Andacollo y Huinganco. Provincia del Neuquén (Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino, 2011).

<sup>48</sup> Alberto Carlos Garrido, Características geológico-sedimentarias de la avenida aluvial de los arroyos Huaraco y Huinganco, Cordillera del Viento, Provincia del Neuquén, Evento sucedido el 8 de febrero de 2013 (Argentina: Dirección Provincial de Minería de la provincia del Neuquén, 2013).

<sup>49</sup> Oldrich Hungr, Serge Leroueil y Luciano Picarelli, “The Varnes classification of landslide types, an update”, *Landslides* 11 (2014): 167-94.

<sup>50</sup> Tamotsu Takahashi, Hajime Nakagawa, Yoshifumi Satofuka y Kenji Kawaike, “Flood and Sediment Disasters Triggered by 1999 Rainfall in Venezuela; A River Restoration Plan for an Alluvial Fan”, *Journal of Natural Disaster Science* 23 (2) (2001): 65-82.

(36°33' S, 71°01' O)<sup>51; 52</sup>, arroyo La Turbia (36°53' S, 70°23' O)<sup>53; 54</sup> y arroyo La Tregua (37°12' S, 71°00' O)<sup>55</sup>. Estos trabajos utilizaron antecedentes científicos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, cartografía temática y relevamientos de campo para el análisis. Estudios detallados se realizaron en la zona del Volcán Domuyo (36°33' S, 70°29' O) para el episodio de 1997/98<sup>56</sup> y en los arroyos Huaraco y Huinganco (37°10' S, 70°39' O) para los episodios de 2013<sup>57</sup>, apoyándose en entrevistas semiestructuradas, datos hidro-meteorológicos y las fuentes de información mencionadas previamente. Solo en este último estudio se sugirieron medidas de mitigación que mejorarían las condiciones actuales en áreas urbanizadas.

Estos antecedentes indicaron que, hasta el momento, el manejo de riesgos y desastres en laderas de montaña no fueron exhaustivamente analizados en el norte de Neuquén. Consecuentemente, el objetivo principal de este trabajo consistió en proponer medidas de mitigación para reducir el riesgo de deslizamientos mediante experiencias educativas colaborativas con estudiantes que asisten a dos centros de educación media en áreas afectadas recientemente por flujos de detritos.

## 2. Área de estudio

Las experiencias educativas analizadas se llevaron a cabo en los Centros Provinciales de Enseñanza Media (CPEM) N°11 y N°84, localizados en Andacollo y Huinganco, respectivamente, en el extremo norte de la provincia del Neuquén, Argentina (Figura 1.a). Las localidades se encuentran ubicadas a los pies de la Cordillera del Viento, en un paisaje geomorfológico de montaña dominado por geformas fluviales, glaciares, volcánicas,

---

<sup>51</sup> Ivanna M. Penna, Reginald L. Hermanns y Andrés Folguera, “Remoción en masa y colapso catastrófico de diques naturales generados en el frente orogénico andino (36°-38°S): los casos Navarrete y río Barrancas”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (2008): 172-180.

<sup>52</sup> Reginald L. Hermanns, Andrés Folguera, Ivanna M. Penna, Luis Fauqué y Samuel Niedermann, “Landslide Dams in the Central Andes of Argentina (Northern Patagonia and the Argentine Northwest)”, en *Natural and Artificial Rockslide Dams, Lecture Notes in Earth Sciences* 133, editores Stephen G. Evans, Reginald L. Hermanns, Alexander Strom y Gabriele Scarascia-Mugnozza (Alemania: Springer-Verlag, 2011), 147-76.

<sup>53</sup> Emilio Fernando González Díaz, “Deslizamientos al norte de la población de Tricao Malal, noroeste del Neuquén”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2009): 545-50.

<sup>54</sup> Emilio Fernando González Díaz y Andrés Folguera, “Análisis geomorfológico del tramo medio e inferior de la cuenca de drenaje del río Curri Leuvú, Neuquén”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68 (1) (2011): 17-32.

<sup>55</sup> Ivanna M. Penna, Reginald L. Hermanns y María Paz González, “Endicamientos naturales en las nacientes del arroyo Lileo (Provincia del Neuquén, Argentina)”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69 (2012): 372-81.

<sup>56</sup> María Hurley, Bruno Colavitto, Ana Astort, Lucía Sagripanti, Eduardo A. Rosselot y Andrés Folguera, “Mass wasting deposits in the Domuyo Volcanic Center, northern Neuquén Andes (Argentina): An analysis of the controlling factors”, *Journal of South American Earth Sciences* 103 (2020): 102760.

<sup>57</sup> Damián Groch, Marisa Gloria Cogliati, Michel Jaboyedoff y Verónica Gil, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 80 (1) (2023a): 1-20.

estructurales, poligénicas y de remoción en masa<sup>58</sup>. El área presenta altitudes entre 1,000 y 2,900 m s.n.m., con la precipitación concentrada entre los meses de abril y septiembre. La existencia de pendientes abruptas, gran cantidad de cauces, disponibilidad de rocas y aportes pluvio-nivales, posibilita la ocurrencia natural de deslizamientos de tipo flujos de detritos.

Los centros educativos se encuentran dentro del área de influencia de las cuencas Huaraco y Huilinganco, en donde los flujos de detritos tienen una recurrencia de 30 a 56 años<sup>59</sup>. Desde 1887 fueron identificados cuatro episodios de diferente magnitud asociados a la precipitación<sup>60</sup>, cuya intensidad máxima diaria en la región puede superar los 90 mm/día<sup>61</sup>. El episodio más reciente ocurrió de forma simultánea el 8 de febrero de 2013, afectando notablemente las proximidades de los arroyos al impactar contra puentes, rutas, casas, y campos, entre otros<sup>62, 63</sup> (Figuras 1.b–d). El flujo presentó velocidades extremadamente altas (14.46 m/s) y transportó grandes volúmenes de material ( $3.48 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a lo largo de  $\approx 12.1$  km, incluyendo una cantidad significativa de rocas mayores a 3 m de diámetro y árboles de más de 20 m de altura<sup>64</sup> propiciando los impactos materiales. Dadas las características de los asentamientos humanos e infraestructura en cercanías de los cursos de agua, de persistir las condiciones actuales, durante próximos eventos de flujos de detritos existen probabilidades de que se produzcan pérdidas humanas y económicas<sup>65</sup>.

---

<sup>58</sup> Pablo Tehilinguirán, “Mapa geomorfológico: Andacollo y Huilinganco, escala 1:35.000”, en Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial: Andacollo y Huilinganco, provincia del Neuquén, República Argentina (Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino, 2011).

<sup>59</sup> Damián Groch, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina” (2023a).

<sup>60</sup> Damián Groch, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina” (2023a).

<sup>61</sup> Damián Groch, Verónica Gil, Marisa Gloria Cogliati, Micaela Virginia Medina, y Michel Jaboyedoff, “Irrigación de largo plazo como desencadenante de flujos de tierra en Chenque Malal, Norpatagonia Argentina”, *Andean Geology* 50 (3) (2023b): 372-86.

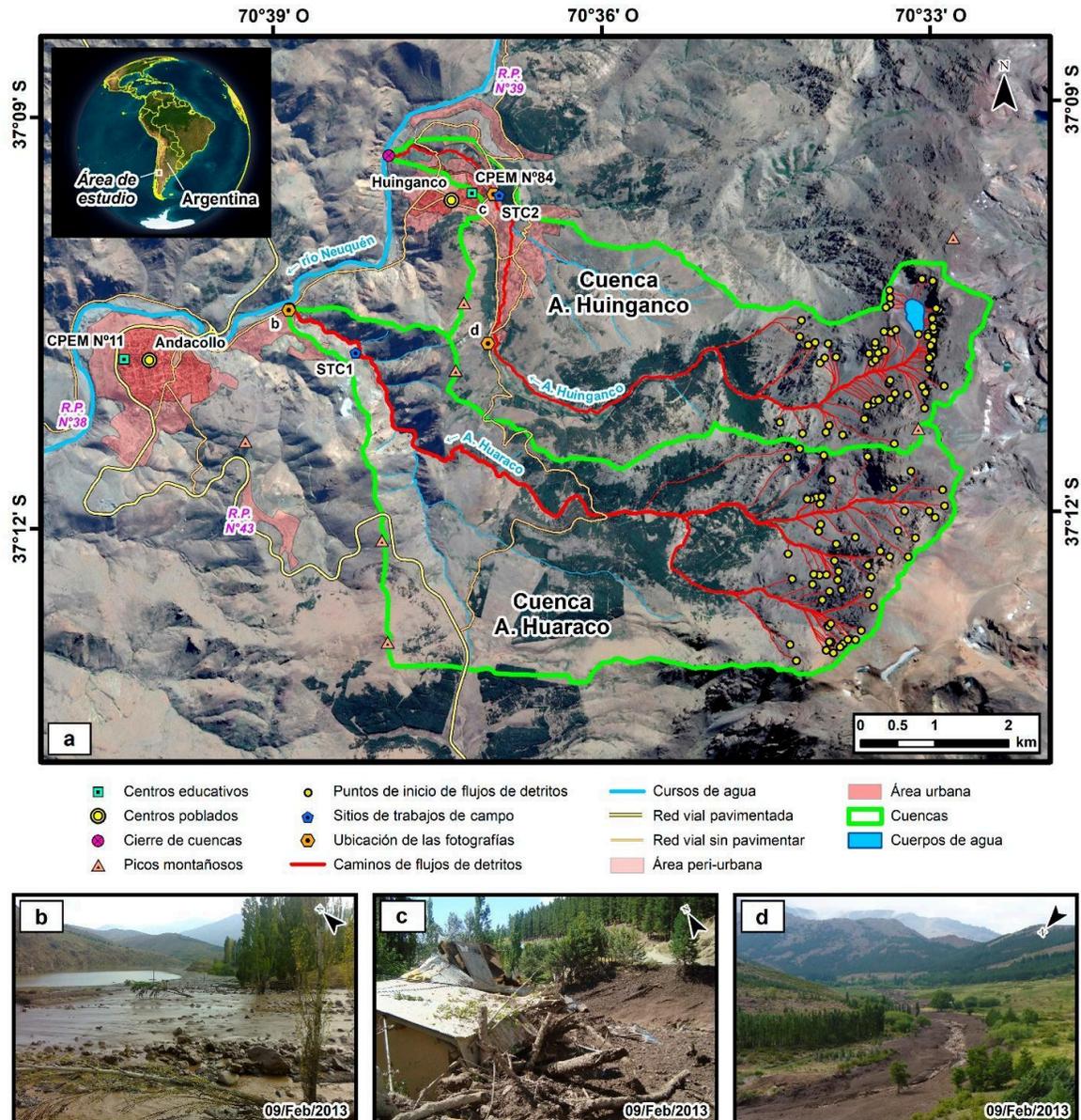
<sup>62</sup> Alberto Carlos Garrido, Características geológico-sedimentarias de la avenida aluvial de los arroyos Huaraco y Huilinganco, Cordillera del Viento (2013).

<sup>63</sup> Alejandra Tejedo y Ernesto Gomá, Flujo de detritos en las cuencas de los arroyos Huaraco y Huilinganco, Provincia de Neuquén-Argentina, Serie Contribuciones Técnicas, Peligrosidad Geológica 19 (Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino, 2016).

<sup>64</sup> Damián Groch, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina” (2023a).

<sup>65</sup> Damián Groch, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina” (2023a).

**Figura 1:** Localización del área de estudio (a) y diferentes ejemplos de sitios afectados por los flujos de detritos del 8 de febrero de 2013 en las cuencas de los arroyos Huaraco y Huinganco: (a) Ruta Provincial N°39 y puente, (b) casas, y (c) campos. Imagen satelital de base del 1 de febrero de 2017 obtenida de Google Earth Pro (a); áreas urbanas y periurbanas modificadas de Rivas<sup>66</sup>; fotografías de Ivana Florindo (b-c) y Marta Chaves (d).



<sup>66</sup> Irma Rivas, Andacollo y Huinganco: Mapa del uso actual del suelo, detalle urbano y periurbano. Escala 1:15000 (Argentina: SEGEMAR, 2010).

En el período 2021–2022 los centros poblados de Andacollo y Huínganco tenían una población combinada estimada de 3,935–3,955 habitantes, respectivamente<sup>67</sup>, de los cuales 535 (2021) y 402 (2022) eran jóvenes estudiantes que asistían a los centros educativos de enseñanza media (según datos oficiales consultados de forma directa). En el período en estudio, una proporción de los estudiantes presentaba una alta exposición y vulnerabilidad debido a sus actividades que implicaban cruzar y/o movilizarse diariamente en las proximidades de los arroyos Huaraco y Huínganco —situación que aún persiste en la actualidad (2024). Este hecho pone de manifiesto que, a pesar de la trascendencia política a escala provincial que tuvieron los flujos de detritos a raíz del evento de 2013<sup>68</sup>, no se han implementado medidas de prevención y mitigación vinculadas directamente a la reducción del riesgo para las personas que circulan en áreas con probabilidad de deslizamientos.

### 3. Método

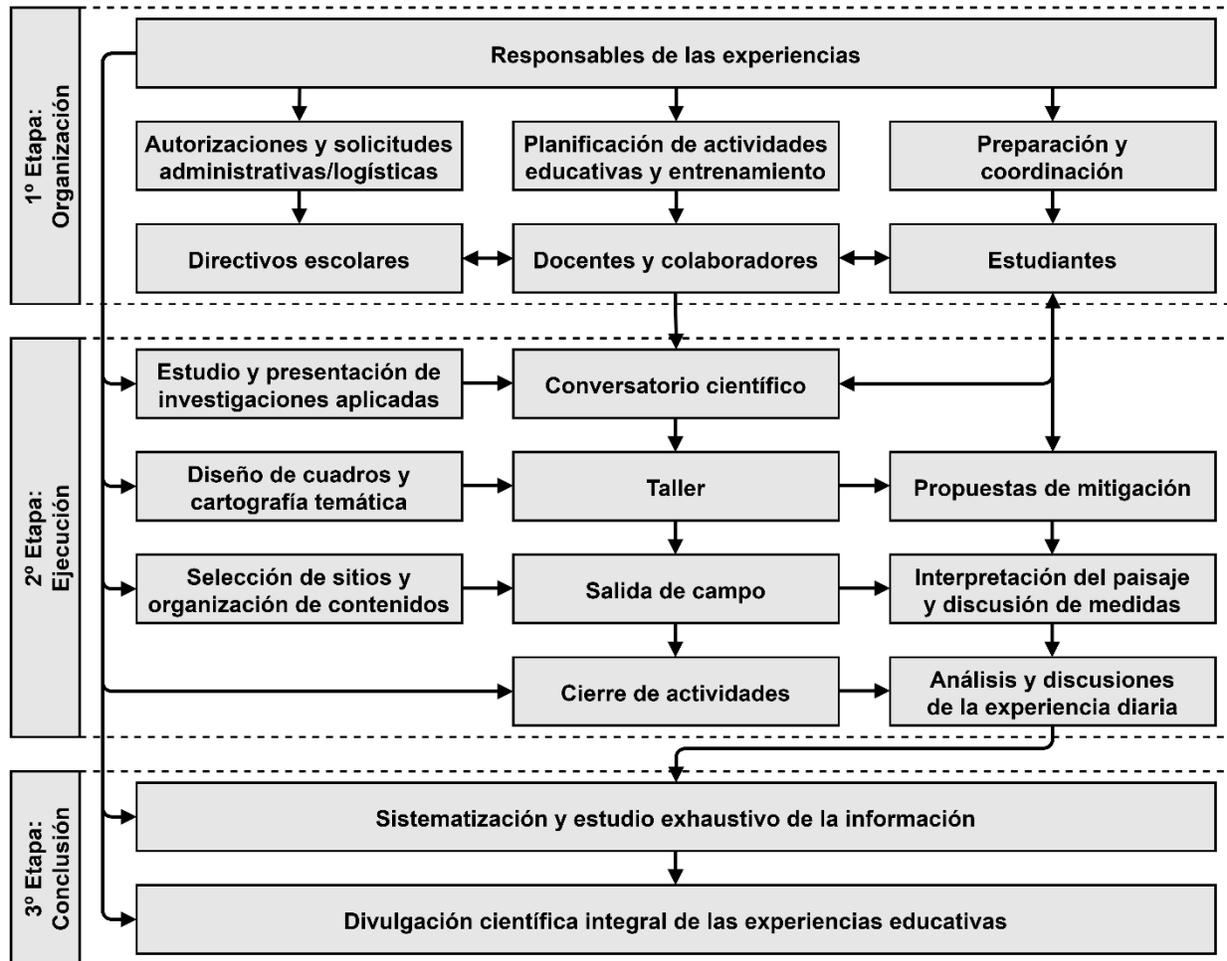
Este trabajo se realizó desde una perspectiva interdisciplinaria desde la Universidad Nacional del Comahue (Argentina) y en el marco de las asignaturas “Introducción a la investigación científica I”, “Introducción a la investigación científica II”, “Lógica y metodología de las ciencias” y “Geografía Argentina”, que se dictan en los dos últimos años de los colegios de enseñanza media de Andacollo y Huínganco. Para el estudio se seleccionaron estudiantes entre 16 a 18 años teniendo en cuenta el conocimiento previo integral de la región de estudio y su experiencia vivencial de los flujos de detritos acontecidos en 2013. Este rango etario incluye individuos con capacidad de comprensión de los riesgos de deslizamientos y con habilidad para diseñar propuestas integrales de mitigación. Entre octubre de 2021 y agosto de 2022 se llevaron a cabo cuatro experiencias independientes con una duración aproximada de cinco horas reloj cada una. La metodología utilizada para el abordaje se presenta en la Figura 2 mediante tres etapas: organización, ejecución y conclusión.

---

<sup>67</sup> Dirección Provincial de Estadística y Censos, “Estimación de población para el año 2023 (Neuquén, Argentina)”, [https://www.estadisticaneuquen.gob.ar/#/proyecciones\\_app](https://www.estadisticaneuquen.gob.ar/#/proyecciones_app) (consultada el 4 de noviembre de 2023).

<sup>68</sup> Damián Groch, “El accionar político frente a los flujos de detritos del norte neuquino. Entrevista a la Dra. Ana M. Pechen”, *Revista Universitaria de Geografía* 28 (2) (2019): 155-60.

**Figura 2:** Diagrama de flujo simplificado de la metodología utilizada en las experiencias educativas.



### 3.1. Primera etapa: Organización

En la primera etapa, se abordaron las acciones necesarias para obtener las autorizaciones de los directivos de los centros educativos y así poder trabajar con los estudiantes en temáticas de mitigación de flujos de detritos. Los docentes de las asignaturas antes mencionadas acompañaron la propuesta al fomentar una mayor concientización sobre la amenaza natural y, al mismo tiempo, posibilitar una mejor interrelación entre problemáticas regionales con categorías teóricas generales de sus planes de estudio (*e. g.*, riesgo e impacto ambiental). Esto favoreció que la temática tuviera aceptación institucional y se procediera a reservar los espacios áulicos y equipamientos tecnológicos, solicitar autorizaciones fotográficas y salidas fuera del espacio escolar de los estudiantes, y gestionar los medios de transporte para el traslado durante los

trabajos de campo, entre otros. Las actividades a realizar se planificaron en detalle junto a otros docentes y colaboradores, quienes fueron entrenados y dirigidos por los responsables de las experiencias. Los estudiantes, por su parte, fueron introducidos a la temática de manera progresiva mediante diálogos guiados a fin de asegurar su participación activa.

### **3.2. Segunda etapa: Ejecución**

La segunda etapa consistió en conversatorios científicos, talleres, salidas de campo, y discusiones finales sobre las actividades realizadas (Figura 3). Los conversatorios incluyeron formación en el estado del arte sobre flujos de detritos a escala nacional e internacional y, especialmente, se focalizaron en la evaluación del riesgo en el área de interés<sup>69</sup> (Figuras 1 y 3.a–b). Durante estas instancias expositivas, se propició la generación de un espacio de diálogo con los estudiantes donde las vivencias personales fueron resignificadas a través del saber científico. Los registros fotográficos del último episodio acontecido en 2013 se analizaron utilizando un lenguaje de fácil comprensión (*i. e.*, escasos tecnicismos académicos), a fin de despejar las dudas existentes entre los estudiantes y para que se pudieran realizar aportes de interés sobre la mitigación del riesgo en la región.

---

<sup>69</sup> Damián Groch, “A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina” (2023a).

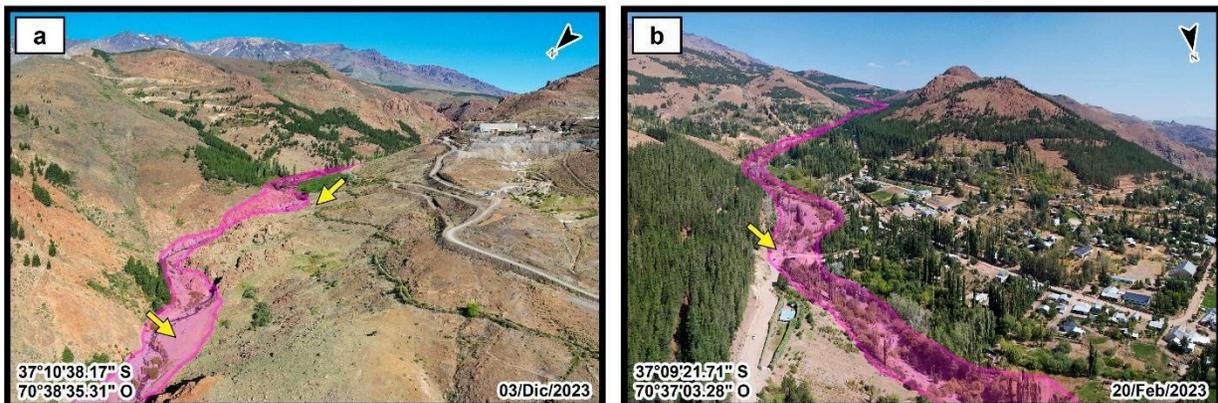
**Figura 3:** Diferentes instancias de las experiencias ejecutados en el CPEM N°11 y 84. (a–b) conversatorios científicos, (c–d) talleres de identificación de riesgos y construcción de propuestas de mitigación, (e–h) salidas de campo, (i) devoluciones de las actividades. Fotografías de Samanta Saso (a, e, f), Liz Rovila (b, h), Damián Groch (c) y Camila Rizzo (d, g, i).



Subsiguientemente en los talleres, los estudiantes analizaron y propusieron medidas de mitigación estructurales y no estructurales para flujos de detritos utilizando el conocimiento previo a escala regional y los contenidos apreñados durante la experiencia. Las medidas propuestas se materializaron en cuadros impresos que fueron completados en grupos de 3 a 5 estudiantes. En cada caso, se especificó la utilidad, las características principales, los responsables de la implementación y la prioridad (*i. e.*, orden de importancia) de cada sugerencia con respecto a la totalidad de las medidas propuestas (Figuras 3.c–d). Al mismo tiempo, se solicitó a los estudiantes la localización geográfica de las propuestas en hojas transparentes sobre un mapa temático de la región (similar al expuesto en la Figura 1.a), a fin de reconocer la distribución espacial de las mismas. Todo el material didáctico fue diseñado y distribuido para facilitar la comprensión geoespacial y las actividades entre los estudiantes.

Los trabajos de campo se ejecutaron en dos sitios de Andacollo y Huinganco (identificados en la Figura 1.a. como STC1 y STC2, respectivamente), donde se presentaron consecuencias notorias durante el episodio de flujo de detritos de 2013 (Figura 1.b–c y 4). Las salidas tuvieron en cada caso una duración media de 70 minutos en los que se recorrieron 1.1 km en terreno escarpado. Durante el transcurso se realizaron paradas explicativas para la realización de observaciones directas y registros, tanto escritos como fotográficos, de los depósitos de flujos de detritos, así como también discutir la morfodinámica de los mismos y las posibles medidas de mitigación planteadas en la instancia previa (Figuras 3.e–h). Se estimuló la participación de los estudiantes a través del aporte de ideas, interrogantes, reflexiones y deducciones, lo que permitió la construcción colectiva del conocimiento. Los directivos de las instituciones fueron invitados a participar, quienes colaboraron en las tareas organizativas y acompañaron durante este proceso de aprendizaje.

**Figura 4:** Vistas aéreas de los sitios seleccionados para la realización de trabajos de campo (flechas amarillas), afectados por los flujos de detritos de los arroyos Huaraco (a) y Huinganco (b) (áreas fucsias) el 8 de febrero de 2013. Los mismos son localizados en Figura 1.a como STC 1 y STC 2, respectivamente. Fotografías de Damián Groch.



La conclusión de la jornada se realizó en las instituciones educativas, donde los docentes analizaron con mayor detenimiento las propuestas generadas por los estudiantes para identificar y mitigar el riesgo de flujos de detritos y plantearon discusiones orales pertinentes en función de todo lo realizado (Figura 3.i). Se ponderaron positivamente aquellas propuestas originales, creativas y que consideraron asertivamente la utilización de recursos humanos, naturales y económicos disponibles en la región para disminuir dicho riesgo.

### **3.3. Tercera etapa: Conclusión**

La tercera etapa consistió en la sistematización y procesamiento exhaustivo de la información generada durante las experiencias, para su consideración por la comunidad científica, tomadores de decisiones y público en general. Toda información cualitativa y cartográfica recabada fue analizada en conjunto para ambos centros poblados ya que la distancia entre ellos es aproximadamente 5 km y no se observan diferencias socioculturales y económicas evidentes.

En primer lugar, las medidas de mitigación fueron agrupadas, interpretadas cualitativamente y sintetizadas. Luego, se estableció un orden de prioridad final mediante un nuevo sistema de puntaje que considera las valoraciones internas de cada grupo de estudiantes, donde las medidas priorizadas originalmente del primer lugar (más importante) al décimo lugar (menos importante) se les otorgó una cantidad proporcionalmente inversa de puntos de forma individual. Es decir, 1º prioridad se asignó igual a 10 puntos, 2º prioridad a 9 puntos, 3º prioridad a 8 puntos, y así consecutivamente. La sumatoria de puntos para un mismo tipo de medida en la totalidad de las propuestas, definió la posición de prioridad final según los estudiantes. Los valores totales obtenidos para la totalidad de las medidas oscilaron entre 5 y 192 puntos. Simultáneamente, los métodos de “nube de palabras” (<https://www.jasondavies.com/wordcloud/>) y “densidad de palabras” (<https://wordcounter.net/>) permitieron ahondar en el análisis de las producciones escritas, mediante la identificación, recuento y presentación de las palabras más utilizadas. Posteriormente, los actores sociales de mayor trascendencia fueron discernidos mediante la frecuencia de menciones para la totalidad de las medidas y las producciones cartográficas más destacadas fueron digitalizadas para su interpretación y exposición.

## **4. Resultados**

Entre 2021 y 2022 se realizaron cuatro experiencias educativas en dos colegios de nivel medio ubicados en una zona montañosa susceptible a deslizamientos del norte de Neuquén (Argentina). Las mismas involucraron un total de 152 estudiantes, cuatro directivos y quince docentes y colaboradores. A partir del trabajo colaborativo de veintinueve grupos de aproximadamente cinco estudiantes cada uno, se propusieron 182 medidas de mitigación vinculadas directamente a la reducción del riesgo de flujos de detritos. Cabe destacar que solo cuatro medidas fueron descartadas inicialmente del estudio por falta de relación directa con la temática.

El análisis cualitativo y cuantitativo permitió agrupar y sintetizar la información en 20 medidas principales, las cuales proveen una idea sobre las mejoras sugeridas para la región desde la visión de estudiantes entre 16 y 18 años. Tales propuestas son exhibidas en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Síntesis de medidas de mitigación contra flujos de detritos propuestas por estudiantes de escuela media (16–18 años) durante experiencias escolares realizadas en Andacollo y Huinganco ordenadas según prioridad (P). La cantidad de medidas formuladas inicialmente se expone en términos absolutos (n) y porcentuales (%).

Medidas de mitigación				Utilidad	Características principales
P	Nombre	n	%		
1	<b>Planificación urbana</b>	26	14.3	Introducir mejoras en la organización de los centros poblados afectados por flujos de detritos, mediante la restricción y/o prohibición de edificaciones con uso residencial en zonas de riesgo, a fin de resguardar la vida de las personas e infraestructura existentes.	Debe sentar las bases legales de urbanización en zonas de riesgo, permitiendo relocalizar la población, regular la expansión urbana, ejecutar acciones preventivas en edificaciones ribereñas y asignar el uso del suelo como espacio verde-recreativo.
2	<b>Presas</b>	25	13.7	Disminuir el riesgo para la población e infraestructura existente mediante una reducción de la energía cinética de los flujos de detritos y/o retención de sedimentos, rocas y árboles de gran tamaño.	Deben estar ubicadas en sitios estratégicos de los arroyos, poseer un diseño apropiado para este tipo de flujos y estar construidas de materiales resistentes (concreto, hierro) que sean capaces de soportar impactos considerables.
3	<b>Manejo de detritos acumulados</b>	17	9.3	Prevenir el arrastre de rocas acumuladas en los arroyos durante eventos previos que podrían incrementar el volumen de los flujos y generar perjuicios sociales y económicos mayores.	Deben despejarse los cauces de forma periódica mediante la extracción de sedimentos y grandes rocas (fragmentadas de forma mecánica o explosiva) y utilizarse en actividades productivas.
4	<b>Sirenas</b>	11	6.0	Alertar a las personas sobre posibles eventos en curso de flujos de detritos para la evacuación inmediata de zonas de arroyos.	Deben poseer un sonido distintivo y de largo alcance y estar localizadas en las zonas céntricas de los centros poblados.
5	<b>Puentes</b>	13	7.1	Evitar el aislamiento de centros poblados al posibilitar la evacuación de personas y circulación vehículos, así como también desalentar daños físicos en las estructuras y la formación de diques de materiales.	Deben instalarse nuevas estructuras que posean dimensiones adecuadas a los episodios, materiales de construcción resistentes y diseños que permitan el flujo de agua, rocas y árboles por debajo de las mismas.
6	<b>Planificación vial</b>	11	6.0	Asegurar la circulación continua de servicios de emergencia y posibilitar la evacuación de personas, a través de redes viales interconectadas con zonas de aislamiento espacial.	Deben llevarse a cabo tareas de mejora, ensanchamiento, elevación, defensa lateral, señalización, accesibilidad y/o reubicación de redes viales, que limiten los daños potenciales de flujos de detritos.
7	<b>Centros de evacuación</b>	12	6.6	Proporcionar refugio y asistencia a personas afectadas por episodios de flujo de detritos.	Deben ser instalaciones ubicadas en lugares seguros y de fácil acceso que puedan cubrir necesidades humanas

					básicas y cuentan con personal esencial, servicios, equipamientos y transporte.
<b>8</b>	<b>Programas educativos</b>	11	6.0	Concientizar a la comunidad sobre la ocurrencia periódica de flujos de detritos, informando posibles consecuencias y acciones de resguardo.	Deben realizarse exposiciones preventivas y comunicaciones en medios escritos y audiovisuales (radios, redes sociales, diarios, folletería, etc.) a escala local y regional.
<b>9</b>	<b>Manejo de vegetación</b>	9	4.9	Evitar la posibilidad del arrastre de árboles que puedan generar diques en los arroyos durante episodios de flujos de detritos.	Deben realizarse tareas de deforestación y/o movilización de individuos en los cauces, así como también propiciarse la reforestación de laderas utilizando especies autóctonas.
<b>10</b>	<b>Monitoreo hidro-meteorológico</b>	8	4.4	Observar fluctuaciones hídricas y atmosféricas para alertar tempranamente a la población sobre posibles situaciones de flujos de detritos.	Debe realizarse por personal especializado que establezca niveles de alerta, en función de datos recopilados en estaciones de precipitación y caudal de las zonas de riesgo.
<b>11</b>	<b>Cartelería informativa</b>	8	4.4	Advertir a la población local y turistas sobre la ocurrencia de flujos de detritos y las zonas de riesgo existentes.	Debe ubicarse en sectores con alta visibilidad en puentes y diversos sectores de los arroyos, procurando un tamaño adecuado, con diseños llamativos y legibles.
<b>12</b>	<b>Desvío de cauces</b>	6	3.3	Evitar la circulación de flujos de detritos por áreas pobladas mediante el cambio de trayectoria de los arroyos.	Deben implementarse canales de material de gran envergadura que conduzcan los arroyos hacia a cauces próximos con menores afectaciones antrópicas.
<b>13</b>	<b>Plan de evacuación</b>	4	2.2	Evacuar de forma rápida y segura a las personas que se encuentran en zonas de riesgo siguiendo protocolos y rutas preestablecidas.	Deben implementarse caminos peatonales y viales hacia sitios altos y refugios de emergencia, ubicados fuera del alcance de los flujos de detritos.
<b>14</b>	<b>Cuencas de detritos</b>	4	2.2	Permitir la contención de material de flujos de detritos que pudiese tener efectos perjudiciales en las comunidades.	Deben diseñarse cuencas anchas, profundas y estar diseñadas para que resistan el impacto y/o erosión de los flujos de detritos.
<b>15</b>	<b>Centros de alerta</b>	5	2.7	Monitorear la región y emitir alertas tempranas que prevengan a la población sobre posibles eventos de flujos de detritos.	Debe destinarse personal capacitado e instalaciones equipadas para las alertas sobre episodios de flujos de detritos.
<b>16</b>	<b>Estudios aplicados</b>	4	2.2	Investigar sobre diversos aspectos sociales y naturales regionales vinculados a flujos de detritos que, ulteriormente, permitan mantener	Deben ejecutarse por científicos en la temática, considerando el análisis del estado del arte y el uso de información remota y terrenal

				informada a la población.	(imágenes satelitales, registros sísmicos, trabajos de campo, etc.).
<b>17</b>	<b>Monitoreo de movimientos de ladera</b>	3	1.6	Detectar inestabilidades del terreno que pudiesen favorecer la ocurrencia de flujos de detritos.	Debe efectuarse el control del terreno mediante sensores de movimiento monitoreados por especialistas.
<b>18</b>	<b>Seguros inmobiliarios</b>	2	1.1	Respaldar a los habitantes locales ante posibles perjuicios económicos generados por flujos de detritos.	Deben implementarse pólizas que sean suficientes para recuperar las pérdidas de ser necesario.
<b>19</b>	<b>Túneles</b>	1	0.5	Evitar el aislamiento de los centros poblados en caso de emergencia.	Deben permitir la comunicación subterránea entre zonas pobladas.
<b>20</b>	<b>Detonaciones controladas *</b>	2	1.1	Evitar desprendimientos naturales de gran magnitud en alta montaña que puedan detonar episodios de flujos de detritos, particularmente en sectores con lagunas glaciares.	Deben ejecutarse de forma precisa y controlada, a fin de disminuir la amenaza natural de desprendimiento.
<b>Total</b>		<b>182</b>	<b>100</b>		

\* **Nota:** esta medida no es recomendada por los autores debido al riesgo elevado que supone para la población ubicada en niveles altitudinales inferiores.

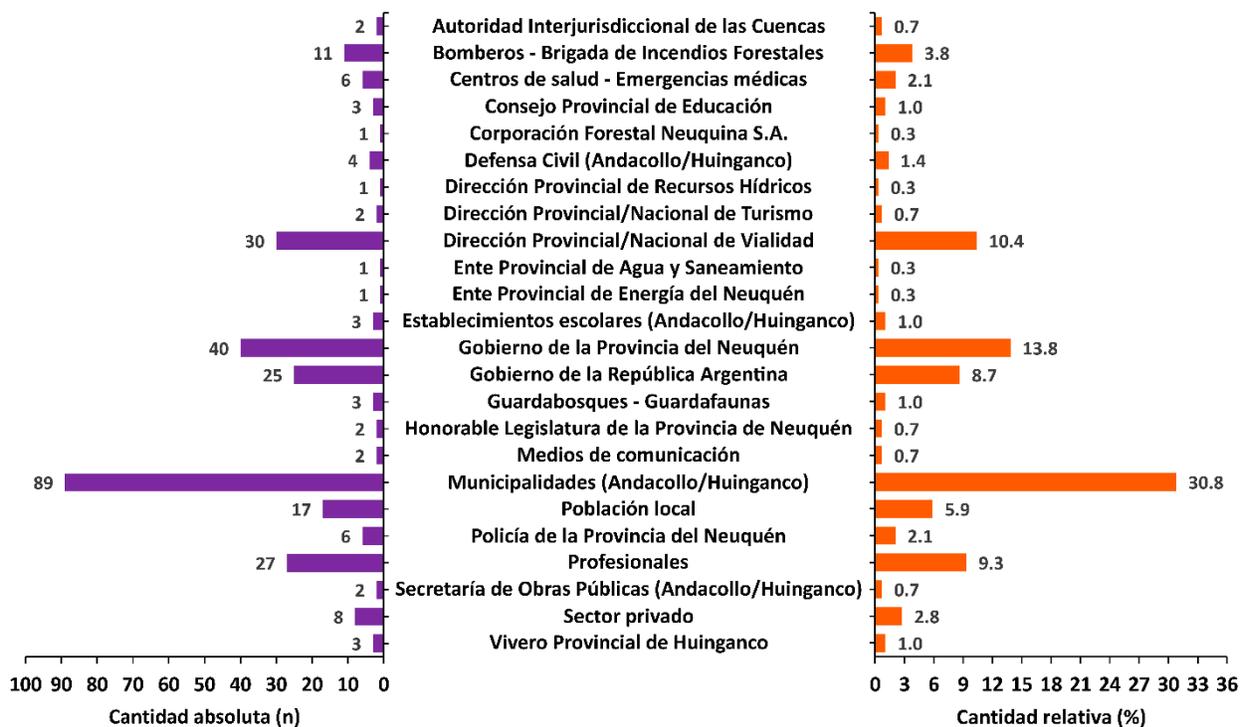
Las medidas de mitigación fueron jerarquizadas en función de los valores globales obtenidos para cada una de ellas, posibilitando la clasificación de las mismas con un orden entre 1 y 20 como se observa en la Tabla 1. Se destaca que las medidas más priorizadas (*i. e.*, planificación urbana, presas, manejo de detritos acumulados, sirenas y puentes), concentraron la mitad del total de las propuestas creadas (50.5%), evidenciando la trascendencia que poseen las mismas para los estudiantes. En el caso de la planificación urbana y las presas, las mismas fueron consideradas al menos en 25 ocasiones cada una, lo que indica que fueron propuestas en casi todos los grupos de trabajo. Las medidas menos priorizadas (*i. e.*, estudios aplicados, monitoreo de movimientos de ladera, seguros inmobiliarios, túneles, detonaciones controladas), por el contrario, representaron el 6.6% del total, exhibiendo una consideración inversa que podría deberse a la dificultad teórica de las mismas o la complejidad de su implementación. Esta propuesta integral de medidas denotó una gran capacidad de los estudiantes para interrelacionar contenidos teóricos y empíricos asociadas con flujos de detritos.

Las propuestas generadas permitieron conocer la diversidad de vocablos existente entre los estudiantes, basado en los métodos de “nube de palabras” y “densidad de palabras” (Figura 5). Un total de 5,504 palabras fueron plasmadas en los cuadros impresos durante las experiencias. Los diez vocablos más utilizados fueron: “municipalidad” (53), “material” (40), “gobierno” (34), “vialidad” (31), “municipio” (26), “puentes” (25), “lugar” (24), “personas” (23), “flujo” (22) y “estado” (20). Cabe destacar que, en referencia al fenómeno geológico estudiado, las palabras “flujos”, “alud” y “aludes”, fueron incluidas en otras 47 ocasiones. Esta terminología pone de manifiesto el foco e interés de los estudiantes en la temática abordada, así como también el nivel



total de 289 menciones (Figura 6). Las municipalidades de Andacollo y Huínganco encabezaron la lista con el 30.8% de las menciones, duplicando al Gobierno de la Provincia de Neuquén (13.8%) y triplicando a la Dirección Provincial/Nacional de Vialidad (10.4%). La selección de los estudiantes en estos casos podría justificarse por la influencia e impacto social que poseen dichas instituciones a escala local, por ser los responsables de diseñar, implementar y mantener una cantidad importante de obras de infraestructura en la región. Los profesionales (9.3%), el Gobierno de la República Argentina (8.7%) y la población local (5.9%) completaron el grupo de actores que superan el 5%, siendo el resto instituciones públicas y privadas diversas.

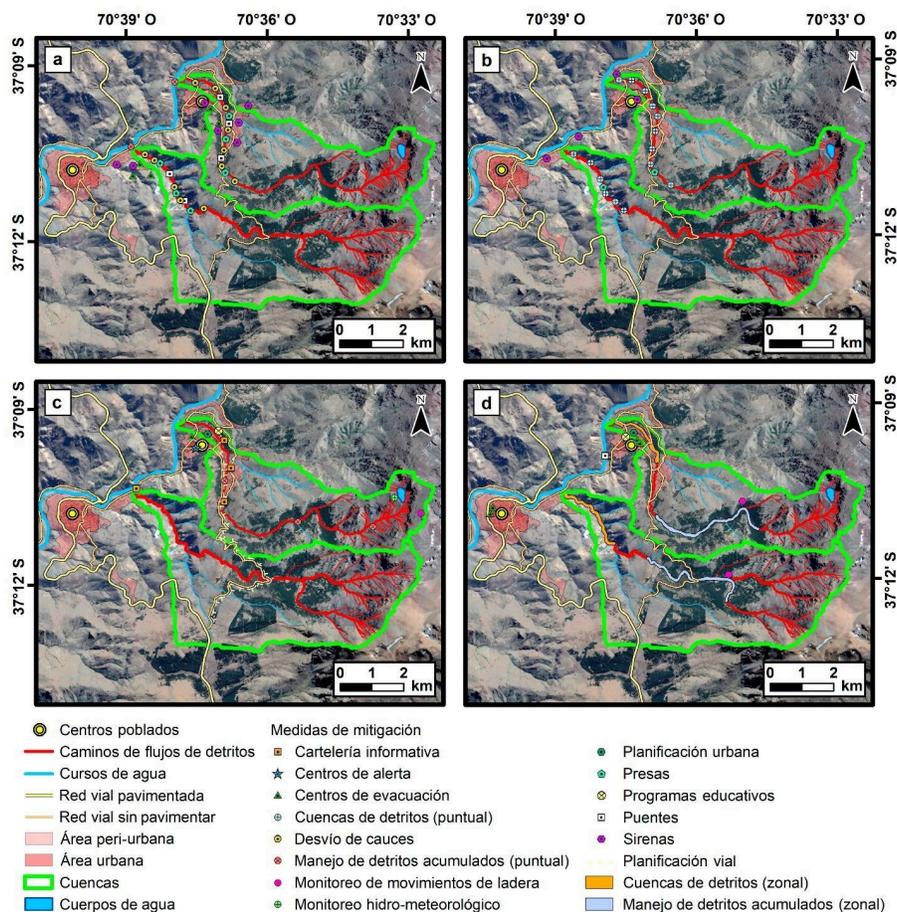
**Figura 6:** Responsables de implementar las medidas de mitigación contra flujos de detritos en términos absolutos (izquierda) y porcentuales (derecha) propuestos por los estudiantes durante las experiencias escolares.



Las estrategias de mitigación del riesgo diseñadas por los grupos de trabajo fueron, además, plasmadas en 29 mapas temáticos. Los mismos dieron cuenta de un profundo entendimiento acerca del medio físico donde se encuentran insertos y los fenómenos geológicos y climáticos que tienen lugar, así como también la selección de áreas óptimas para la implementación de medidas de mitigación en función de sus características intrínsecas. Algunos ejemplos de mapas temáticos digitalizados se exhiben en la Figura 7, a partir de los que se puede inferir la diversidad

de propuestas realizadas. Mientras algunas estrategias se enfocaron en los sectores bajos de las cuencas (Figuras 7.a–b), otras se abarcaron toda la extensión de las mismas (Figuras 7.c–d), implicando al mismo tiempo diseños simples y complejos y costos de implementación variados. El análisis permite incorporar la dimensión espacial dentro de la estrategia de mitigación, lo cual constituye un recurso de interés para diversos actores sociales, tales como investigadores, profesores y tomadores de decisiones. La consideración teórica y espacial generada por la población joven en estas instancias participativas posiblemente favorezca la aceptación social durante el diseño e implementación de futuros planes de ordenamiento territorial.

**Figura 7:** Ejemplos de diferentes estrategias de mitigación contra flujos de detritos propuestas por estudiantes durante las experiencias escolares. Imagen satelital de base del 1 de febrero de 2017 obtenida de Google Earth Pro; áreas urbanas y periurbanas modificadas de Rivas<sup>70</sup>.



<sup>70</sup> Irma Rivas, Andacollo y Huinganco: Mapa del uso actual del suelo, detalle urbano y periurbano. Escala 1:15000 (Argentina: SEGEMAR, 2010).

## 5. Discusiones

Algunos aspectos sobre la reducción del riesgo de deslizamientos y, en particular, de flujos de detritos requiere mayores consideraciones cuando se avanza sobre la aplicación efectiva de medidas de mitigación en zonas aledañas a la Cordillera del Viento. Si bien la aproximación presentada en este trabajo representa un aporte en la temática y puede ser utilizada como punto de partida para futuros abordajes, la aplicación de medidas requiere estudios adicionales. En este sentido, es necesario considerar no solo las características de frecuencia y magnitud de la amenaza, el grado de vulnerabilidad y exposición de la población, y las pérdidas económicas potenciales debido a los flujos de detritos, sino también los recursos humanos existentes, las características intrínsecas de las medidas, y la viabilidad económica, técnica, ecológica y política disponibles.

Algunas de las medidas estructurales propuestas por los estudiantes para la región de interés suponen seguramente un desafío de gran envergadura principalmente por sus altos costos económicos. Si bien la efectividad de medidas sugeridas como presas y cuencas de detritos está fuera de discusión al considerar casos exitosos de prevención de áreas urbanizadas e infraestructura significativa<sup>71; 72; 73</sup>, la implementación final en el terreno requiere de evaluaciones de costo-beneficio óptimas<sup>74</sup>. Precisamente, el establecimiento de medidas estructurales en la Cordillera del Viento podría verse comprometida al considerar que sus costos totales pueden implicar hasta varios millones de USD<sup>75; 76</sup>, encontrándose por encima de los presupuestos medios típicos de la región para infraestructura de cualquier tipo. Como sucede en algunos países desarrollados, es probable que en la región de estudio los esfuerzos para la reducción del riesgo de desastres terminen por direccionarse hacia medidas no estructurales, debido a que la protección de todas las áreas en riesgo a través de medidas estructurales involucraría grandes sumas de dinero<sup>77</sup>.

<sup>71</sup> Victor G. deWolfe, Paul M. Santi, J. Ey, Joseph E. Gartner, “Effective mitigation of debris flows at Lemon Dam, La Plata County, Colorado”, *Geomorphology* 96 (2008): 366-77.

<sup>72</sup> Xiaoqing Chen, Peng Cui, Yong You, Jiangang Chen, Deji Li, “Engineering measures for debris flow hazard mitigation in the Wenchuan earthquake area”, *Engineering Geology* 194 (2015): 73-85.

<sup>73</sup> Guanyu Zhou, Liqun Lyu, Mengzhen Xu, Chao Ma, Yunqi Wang, Yujie Wang, Zhaoyin Wang y Markus Stoffel, “Assessment of check dams and afforestation in mitigating debris flows based on dendrogeomorphic reconstructions, field surveys and semi-empirical models”, *Catena* 232 (noviembre 2023): 107434.

<sup>74</sup> Ming-li Chen, Gui-sheng Hu, Ning-sheng Chen, Cun-yao Zhao, Song-jiang Zhao y Da-wei Han, “Valuation of debris flow mitigation measures in tourist towns: a case study on Hongchun gully in southwest China”, *Journal of Mountain Science* 13 (2016): 1867-79.

<sup>75</sup> Réjean Couture y Doug VanDine, *Field Trip – Guidebook: Some Geological Hazards in North Vancouver and along the Sea-to-Sky Highway British Columbia* (Canadá: Geological Survey of Canada, 2004).

<sup>76</sup> Catherine Berger *et al.*, *Practical guide for debris flow and hillslope debris flow protection nets* (Suiza: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, 2021).

<sup>77</sup> K. Prenger-Berninghoff, V. J. Cortes, T. Sprague, Z. C. Aye, S. Greiving, W. Głowacki y S. Sterlacchini, “The connection between long-term and short-term risk management strategies for flood and landslide hazards: examples

Las propuestas no estructurales sugeridas por los estudiantes durante las experiencias, como la educación, la creación de planes de evacuación, la implementación de cartelería informativa y la planificación urbana, son comparativamente más sencillas de implementar, no solo por los costos relativamente bajos, sino también por la disponibilidad en la región de buena parte de los recursos necesarios. Se ha demostrado que este tipo de medidas puede colaborar notablemente en la prevención y respuesta frente a deslizamientos de tipo flujos de detritos<sup>78; 79; 80</sup>, enfocándose en la reducción del daño potencial en lugar de la amenaza como las medidas activas<sup>81</sup>. A pesar de las limitaciones presupuestarias, una combinación entre los dos principales tipos de medidas podría representar un gran beneficio para la protección de comunidades e infraestructura, como ha sido observado en otras regiones<sup>82; 83</sup>.

Considerando las dificultades que representa para algunas regiones, el trabajo en la educación en temáticas asociadas a deslizamientos es una medida pasiva que funciona como nexo entre el conocimiento científico y las comunidades afectadas, reforzando el saber empírico local y/o regional y disminuyendo consecuentemente el riesgo a través de la enseñanza. A pesar de las sugerencias realizadas en planes regionales, donde los conocimientos y percepciones locales han sido fuente invaluable de información para la toma de decisiones, aún persiste la necesidad de abordar la temática en profundidad a fin de evitar futuros desastres. Hasta el momento, las únicas experiencias aplicadas en la región y el país sobre educación de deslizamientos parecieran ser las presentadas en esta investigación.

Las instancias ejecutadas en los colegios secundarios constituyen en sí mismas una posible estrategia para la reducción del riesgo. Si bien la aproximación llevada a cabo con los estudiantes genera cambios positivos en la materia al establecer lineamientos de base que perpetran la existencia de flujos de detritos en la memoria individual y colectiva y favorecen la protección de los elementos en riesgo, es posible la introducción de mejoras en próximas

---

from land-use planning and emergency management in four European case studies”, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14 (2014): 3261-78.

<sup>78</sup> Mike G. Winter, “A Strategic Approach to Debris Flow Risk Reduction on the Road Network”, *Procedia Engineering* 143 (2016): 759-68.

<sup>79</sup> Bhim Kumar Dahal y Ranjan Kumar Dahal, “Landslide hazard map: tool for optimization of low-cost mitigation”, *Geoenvironmental Disasters* 4 (2017): 8.

<sup>80</sup> Cazorzi, Federico *et al.*, “A model-based early warning system”, *E3S Web of Conferences* 415 (2023): 03005.

<sup>81</sup> Federico Vagnon, “Design of active debris flow mitigation measures: a comprehensive analysis of existing impact models”, *Landslides* 17 (2020): 313-33.

<sup>82</sup> Mike V. Currie, Nigel A. Skermer y Bob West-Sells. “Debris flow hazard mitigation at Upper Mackay Creek, North Vancouver” (conferencia presentada en “Watercourses, getting on stream with current thinking”, Vancouver, Canada, 22 al 25 de octubre, 1996).

<sup>83</sup> Christoph Graf y Brian W. McArdell, “Debris-flow monitoring and debris-flow runout modelling before and after construction of mitigation measures: an example from an instable zone in the Southern Swiss Alps”, en *La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie*, editores C. Lambiel, E. Reynard y C. Scapozza (Suiza: Université de Lausanne, 2011), 243-58.

experiencias. Ejemplo de ello es la elaboración de cartografía temática mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica y la realización de trabajos de campo con mayor uso de instrumentos específicos (Vehículos Aéreos No Tripulados, Sistema Global de Navegación por Satélite, distanciómetros, entre otros), los cuales redundarían en una mayor comprensión del fenómeno estudiado.

## 6. Conclusiones

Las experiencias educativas llevadas a cabo durante 2021 y 2022 en establecimientos de nivel medio en el norte de Neuquén permitieron avanzar en la reducción del riesgo de deslizamientos. La participación de más de 150 estudiantes en diversas instancias teóricas y prácticas colaborativas posibilitaron el diseño de una propuesta integral con medidas de mitigación estructurales y no estructurales, la cual tiene el potencial de mejorar las condiciones presentes y futuras de la región con dirección directa e indirecta a flujos de detritos. De acuerdo con los estudiantes, la planificación urbana, la instalación de presas y el manejo de detritos acumulados en los cauces se encuentran entre las acciones prioritarias que deberían implementarse en el área de interés.

La interrelación entre saberes empíricos y conocimientos científicos durante las jornadas de trabajo permitieron, además, la identificación de actores sociales con influencia en implementación de medidas. Precisamente, los gobiernos locales y provinciales fueron señalados entre los responsables para llevar a cabo acciones que eviten futuros desastres en la región de estudio. El trabajo y compromiso entre las distintas partes (*i. e.*, comunidad y gobiernos), debería ser considerado trascendental durante futuros desarrollos estratégicos en materia de urbanismo, turismo, desarrollo productivo y energético, entre otros. Las experiencias también permitieron la elaboración de mapas temáticos a escala regional, los cuales exhibieron una amplia comprensión del área abordada y las complejidades técnicas de las medidas de mitigación —discutidas extensivamente con los estudiantes durante trabajos de campo.

La escasez actual de propuestas vinculadas a la mitigación de deslizamientos, como la presentada en este trabajo, permite un aumento de la exposición y vulnerabilidad de las personas que viven y transitan en zonas amenazadas, así como también del riesgo inherente. Es por ello que las recomendaciones apuntan hacia el tratamiento inmediato de la temática en el seno gubernamental, instando al acompañamiento de nuevos proyectos integrales que minimicen las consecuencias de futuros episodios y el direccionamiento de fuentes de financiamiento que aseguren su implementación y mantenimiento. En este proceso, el diseño de futuras políticas públicas en áreas pobladas de regiones montañosas podría beneficiarse de la inclusión de la población joven, a partir de la apropiación del conocimiento empírico y teórico adquirido por los mismos durante sus trayectorias de vida en los sitios de interés y la realización de nuevas

experiencias educativas, respectivamente.

Considerando los bajos costos y escasos requerimientos técnicos de la propuesta educativa presentada, otras regiones de Sudamérica y el mundo podrían hacer uso de la sistematización de conocimientos y percepciones de la población joven para el resguardo de las comunidades debido a deslizamientos. La información recabada puede servir, además, como insumo para la creación de mecanismos políticos-administrativos que insten cambios positivos en el territorio.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo institucional de D. Olivera, M. Arduino, R. Canteros y V. Sylvestre Begnis; así como también la colaboración de D. Cáseres, D. Villanueva, G. Jarpa, K. Leiva, L. Herrera, L. Magnasco, M. Cofré, M. Dutsch, M. Pérez, M. Aravena, N. Sepúlveda y S. Saso.

### Referencias bibliográficas

- Ahmad, Jamilah y Habibah Lateh. 2015. Knowledge and awareness on landslides among teachers in northern area Malaysia. Conferencia presentada en “International Conference on Slopes”, 14 al 16 de septiembre, en Malaysia.
- Astuti, B., I. Suryaningsih, A. Rusilowati, Khumaedi y H.H. Kusuma. 2021. Science literacy profile of student on landslide disaster mitigation in Semarang city. *Journal of Physics: Conference Series* 1918: 022017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/2/022017>
- Cascini, L., C. Bonnard, J. Corominas, R. Jibson y J. Montero-Olarte. 2005. Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. En *Landslide Risk Management, Proceeding of the International Conference on Landslide Risk Management*, editores Oldrich Hungr, Robin Fell, Rejean Couture y Erik Eberhardt, 199-235, Londres: Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781439833711>
- Cazorzi, Federico, Matteo Barbini, Alberto Beinat, Martino Bernard, Mauro Boreggio, Matteo Cesca, Sara Cucchiario, Roberta Dainese, Alberto De Luca, Christian Demmler, Carlo Gregoretti, Karl Hagen, Veronika Lechner, Eleonora Maset, Michael Neuhauser, Paolo Nicolosi y Christoph Zingerle. 2023. A model-based early warning system for runoff-generated debris-flow occurrence: preliminary results. *E3S Web of Conferences* 415: 03005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341503005>
- Berger, Catherine, Matthias Denk, Christoph Graf, Lisa Stieglitz y Corinna Wendeler. 2021. Practical guide for debris flow and hillslope debris flow protection nets. Suiza: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.
- Bertani, Luis Alberto, Pablo Bestard, Matías Forsetti, Matías Rodríguez, María de los Ángeles Tesoniero y María Angélica Vidal. 2018. Plan de ordenamiento territorial de Andacollo. Provincia del Neuquén. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Chen, Lixia, Zizheng Guo, Kunlong Yin, Dhruva Pikha Shrestha y Shikuan Jin. 2019. The influence of land use and land cover change on landslide susceptibility: a case study in Zhushan Town, Xuan'en County (Hubei, China). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 19: 2207-2228. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-2207-2019>
- Chen, Ming-li, Gui-sheng Hu, Ning-sheng Chen, Cun-yao Zhao, Song-jiang Zhao y Da-wei Han. 2016. Valuation of debris flow mitigation measures in tourist towns: a case study on Hongchun gully in southwest China. *Journal of Mountain Science* 13: 1867-79. <https://doi.org/10.1007/s11629-015-3759-4>
- Chen, Xiaoqing, Peng Cui, Yong You, Jiangang Chen, Deji Li. 2015. Engineering measures for debris flow hazard mitigation in the Wenchuan earthquake area. *Engineering Geology* 194: 73-85.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.10.002>

- Couture, Réjean y Doug VanDine. 2004. Field Trip – Guidebook: Some Geological Hazards in North Vancouver and along the Sea-to-Sky Highway British Columbia. Canadá: Geological Survey of Canada.
- Currie, Mike V., Nigel A. Skermer y Bob West-Sells. 1996. Debris flow hazard mitigation at Upper Mackay Creek, North Vancouver. Conferencia presentada en “Watercourses, getting on stream with current thinking”, 22 al 25 de octubre, en Vancouver, Canada.
- Dahal, Bhim Kumar y Ranjan Kumar Dahal. 2017. Landslide hazard map: tool for optimization of low-cost mitigation. *Geoenvironmental Disasters* 4: 8. <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0071-3>
- de Mendonca, Marcos Barreto y Adriana Sobreira Valois. 2017. Disaster education for landslide risk reduction: an experience in a public school in Rio de Janeiro State, Brazil. *Natural Hazards* 89: 351-65. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2968-2>
- de Mendonca, Marcos Barreto y Fernanda Teles Gullo. 2020. Landslide risk perception survey in Angra dos Reis (Rio de Janeiro, southeastern Brazil): A contribution to support planning of non structural measures. *Land Use Policy* 91: 104415. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104415>
- de Wolfe, Victor G., Paul M. Santi, J. Ey, Joseph E. Gartner. 2008. Effective mitigation of debris flows at Lemon Dam, La Plata County, Colorado. *Geomorphology* 96: 366-77. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.04.008>
- Dirección Provincial de Estadística y Censos. Estimación de población para el año 2023 (Neuquén, Argentina). [https://www.estadisticaneuquen.gob.ar/#/proyecciones\\_app](https://www.estadisticaneuquen.gob.ar/#/proyecciones_app) (consultada el 4 de noviembre de 2023).
- Di Martino, Sebastián, Ernesto Juan Maletti, Andrea Viviana Mazieres, Adriana Belloti, José Guillermo Moreno, Virginia Elisa Moronell y José Abel Pires. 2005. Plan general de manejo del Área Natural Protegida Epu Lauquen. Argentina: Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, Ministerio de Producción y Turismo.
- Dimitri, Andrés. 2023. Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de la República Argentina. Documento de presentación. PNRRD 2024-2030. Argentina: Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil.
- Durmuş, Esen y Dilan Kuruyer. 2022. The Determination of 5th-Grade Students' Cognitive Structures and Misconceptions About Erosion and Landslide Concepts Through Word Association Test. *The Journal of International Social Studies Education* 4 (1): 97-115.
- Fadhila, Azizah, Ahmad Fauzi y Hamdi Rifai. 2019. Effectiveness of integrated science (IPA) textbook nested with landslide theme to improve preparedness of students. *Journal of Physics: Conference Series* 1185: 012055. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012055>
- Ferrigno, Federica, Giovanni Gigli, Riccardo Fanti, Emanuele Intriery y Nicola Casagli. 2017. GB-InSAR monitoring and observational method for landslide emergency management: the Montaguto earthflow (AV, Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 17: 845-860. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-845-2017>
- Garrido, Alberto Carlos. 2013. Características geológico-sedimentarias de la avenida aluvial de los arroyos Huaraco y Huinganco. Cordillera del Viento. Provincia del Neuquén. Evento sucedido el 8 de febrero de 2013. Informe. Argentina: Dirección Provincial de Minería de la provincia del Neuquén.
- González Díaz, Emilio Fernando. 2009. Deslizamientos al norte de la población de Tricao Malal, noroeste del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65: 545-550.
- González Díaz, Emilio Fernando y Andrés Folguera. 2011. Análisis geomorfológico del tramo medio e inferior de la cuenca de drenaje del río Curri Leuvú, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68 (1): 17-32.
- Graf, Christoph y Brian W. McArdell. 2011. Debris-flow monitoring and debris-flow runout modelling before and after construction of mitigation measures: an example from an instable zone in the Southern Swiss Alps. En *La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte*. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie, editores C. Lambiel, E. Reynard y C. Scapozza, 243-58. Suiza: Université de Lausanne.

- Groch, Damián. 2019. El accionar político frente a los flujos de detritos del norte neuquino. Entrevista a la Dra. Ana M. Pechen. *Revista Universitaria de Geografía* 28 (2): 155-160.
- Groch, Damián, Marisa Gloria Cogliati, Michel Jaboyedoff y Verónica Gil. 2023a. A semi-quantitative risk assessment of debris flow in northernmost Patagonia, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 80 (1): 1-20.
- Groch, Damián, Verónica Gil, Marisa Gloria Cogliati, Micaela Virginia Medina, y Michel Jaboyedoff. 2023b. Irrigación de largo plazo como desencadenante de flujos de tierra en Chenque Malal, Norpatagonia Argentina. *Andean Geology* 50 (3): 372-386. <http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV50n3-3640>
- Guerra, José Luis, Gustavo F. Asenjo, Joaquin Rodríguez, Natalia Salazar, Guillermo Serafin, Roberto Fiad e Ivana Genovesi. 2019. Plan de ordenamiento territorial Las Ovejas. Provincia del Neuquén. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Haque, Ubydul, Paula F. da Silva, Graziella Devoli, Jürgen Pilz, Bingxin Zhao, Asmaa Khaloua, Wahyu Wilopo, Peter Andersen, Ping Lu, Juneseok Lee, Taro Yamamoto, David Keellings, Jian-Hong Wu y Gregory E. Glass. 2019. The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995-2014). *Science of the Total Environment* 682: 673-84. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.415>
- Hermanns, Reginald L., Andrés Folguera, Ivanna M. Penna, Luis Fauqué y Samuel Niedermann. 2011. Landslide Dams in the Central Andes of Argentina (Northern Patagonia and the Argentine Northwest). In *Natural and Artificial Rockslide Dams, Lecture Notes in Earth Sciences* 133, editors, Stephen G. Evans, Reginald L. Hermanns, Alexander Strom y Gabriele Scarascia-Mugnozza, 147-76. Germany: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04764-0>
- Hostettler, Silvia, Anton Jöhr, Carlos Montes y Antonio D'Acunzi. 2019. Community-based landslide risk reduction: a review of a Red Cross soil bioengineering for resilience program in Honduras. *Landslides* 16: 1779-91.
- Hungr, Oldrich, Serge Leroueil y Luciano Picarelli. 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* 11: 167-94. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Hurley, María, Bruno Colavitto, Ana Astort, Lucía Sagripanti, Eduardo A. Rosselot y Andrés Folguera. 2020. Mass wasting deposits in the Domuyo Volcanic Center, northern Neuquén Andes (Argentina): An analysis of the controlling factors. *Journal of South American Earth Sciences* 103: 102760. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102760>
- Husna, I.H. y A. Fauzi. 2019. Analysis of the initial capabilities of students to landslide disasters. *Journal of Physics: Conference Series* 1185: 012083. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012083>
- Iglesias, Gustavo, Anahí Pérez, Eduardo Ramilo y Juan Salguero. 1999. Plan general de manejo del Parque Provincial Tromen. Provincia de Neuquén. Argentina: Sociedad Naturalista Andino Patagónica.
- Intrieri, Emanuele, Giovanni Gigli, Francesco Mugnai, Riccardo Fanti y Nicola Casagli. 2012. Design and implementation of a landslide early warning system. *Engineering Geology* 147-148: 124-136. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.07.017>
- IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge and New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Ju, Neng-pan, Jian Huang, Run-qiu Huang, Chao-yang He y Yan-rong Li. 2015. A Real-time monitoring and early warning system for landslides in Southwest China. *Journal of Mountain Science* 12: 1219-28. <https://doi.org/10.1007/s11629-014-3307-7>
- Lardies, Sergio, Jorge Tolosa, Daniel Fernández, Marcelo Yunes, Silvana Bercovich, María Teresa Prade y María Beatriz Hefpner. 2004. Plan de ordenamiento territorial ambiental intermunicipal. Andacollo, Huinganco, Las Ovejas y Villa Nahueve. Provincia del Neuquén. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.

- Lardies, Sergio, Jorge Tolosa, Daniel Fernández, Marcelo Yunes, Silvana Bercovich, María Teresa Prade y María Beatriz Hefpner. 2005. Plan de ordenamiento territorial ambiental intermunicipal. Andacollo, Huínganco, Las Ovejas y Villa Nahueve. Provincia del Neuquén. Segunda etapa. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Lateh, Habibah y Vijaya Govindasamy. 2012. Teachers and Awareness: A case study of landslide hazard in Penang Island. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3 (3) (marzo): 1-6.
- Lateltin, Olivier, Christoph Haemmig, Hugo Raetzo y Christophe Bonnard. 2005. Landslide risk management in Switzerland. *Landslides* 2: 313-20. <https://doi.org/10.1007/s10346-005-0018-8>
- Lonac, Alicia, Eduardo Aisen, Adriana Bermúdez, Pablo Bestard, Oiga Capua, Marisa Cogliati, Elisa Gallego, Ricardo Gandullo, Elsie Jurio, Susana Marioni, Lía Domínguez de Nakayama, Daniel Pérez, María Josefa Rassetto, Patricia Schmid y Gabriela Torre. 2005. Plan de Manejo del Área Natural Protegida Sistema Domuyo. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Massey, J.B., S.H. Mak y K.P. Yim. 2001. Community based approach to landslide risk reduction. En *Proceedings of the Fourteenth Southeast Asian Geotechnical Conference - Geotechnical Engineering Meeting Society's Needs*, editores K.K.S. Ho y K.S. Li, 141-47. Hong Kong: Southeast Asian Geotechnical Society.
- Mikkan, Raúl, Facundo Martínez, Inés Rodríguez, Oscar Di Masi, Cristina Bravo, Maximiliano Martín y Julieta Martínez. 2012. Plan estratégico de desarrollo integral y sustentable de la cuenca del Curi Leuvú. Provincia del Neuquén. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Misanya, Doreen y Arne Olav Øyhus. 2014. How communities' perceptions of disasters influence disaster response: managing landslides on Mount Elgon, Uganda. *Disasters* 39 (2): 389-405. <https://doi.org/10.1111/disa.12099>
- Moncada, Rigoberto y Hiromitsu Yamagishi. 2016. Educational Methodologies Implemented in Latin America for Landslide Inventory and Analysis. Conferencia presentada en "Second Central American and Caribbean Landslide Congress", 18 al 20 de julio, en Tegucigalpa, Honduras.
- Moreiras, Stella Maris. 2006. Frequency of debris flows and rockfall along the Mendoza river valley (Central Andes), Argentina: Associated risk and future scenario. *Quaternary International* 158 (1): 110-21. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.028>
- Moreiras, Stella Maris y Andrea Coronato. 2009. Landslide Processes in Argentina. In *Developments in Earth Surface Processes*, editor, Edgardo M. Latrubesse, 301-332, Elsevier 13. [https://doi.org/10.1016/S0928-2025\(08\)10015-3](https://doi.org/10.1016/S0928-2025(08)10015-3)
- Páramo, Fernando José, Norma Beatriz Andrade, Claudia Inés Josefina Fernández, María Gabriela Garrido, María Alejandra Güichal, Daniel Horacio Rodríguez Camiña y Pablo Gerardo Vettori. 2006. Planificación, ordenamiento territorial y ambiental para Los Miches, El Cholar y Los Guañacos. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Páramo, Fernando José, Daniel Horacio Rodríguez Camiña, María Verónica Güichal, Matías Nicolás Forsetti, Carlos Manuel Menna, Pablo Vettori, María Paloma Martínez, Norma Beatriz Andrade, Patricia Komacek y María Alejandra Güichal. 2009. Plan de ordenamiento territorial para las localidades de El Cholar, Los Miches, Los Guañacos y Villa Nahueve y elaboración de propuestas de desarrollo. Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Parkash, Surya. 2011. Education, Training and Capacity Development for Mainstreaming Landslides Risk Management. Conferencia presentada en "Second World Landslide Forum", 3 al 7 de octubre, en Roma, Italia.
- Penna, Ivanna M., Reginald L. Hermanns y Andrés Folguera. 2008. Remoción en masa y colapso catastrófico de diques naturales generados en el frente orogénico andino (36°-38°S): los casos Navarrete y río Barrancas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 172-80.
- Penna, Ivanna M., Reginald L. Hermanns y María Paz González. 2012. Endicamientos naturales en las nacientes del arroyo Lileo (Provincia del Neuquén, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69: 372-81.
- Prenger-Berninghoff, K., V. J. Cortes, T. Sprague, Z. C. Aye, S. Greiving, W. Glowacki y S. Sterlacchini. 2014. The

- connection between long-term and short-term risk management strategies for flood and landslide hazards: examples from land-use planning and emergency management in four European case studies. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14: 3261-78. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-3261-2014>
- Rivas, Irma. 2010. Andacollo y Huinanco: Mapa del uso actual del suelo, detalle urbano y periurbano. Escala 1:15000 Argentina: SEGEMAR.
- Ruiz-Cortés, Noemi S. e Irasema Alcántara-Ayala. 2020. Landslide exposure awareness: a community-based approach towards the engagement of children. *Landslides* 17: 1501-14. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01391-w>
- Safriani, Safriani y Yunus Aris Wibowo. 2022. Preparedness and adaptive capacity of students for landslide disasters in Karangobar, Central Java, Indonesia. Conferencia presentada en “2021 Annual Conference of Indonesian Association for Public Administration, KnE Social Sciences”, 27 de octubre de 2021, en Surakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i5.10536>
- Schuster, Robert L. 1996. Socioeconomic significance of landslides. En *Landslides: Investigation and Mitigation*, 12-35. Estados Unidos.
- Schuster, Robert L. y Lynn M. Highland. 2007. The Third Hans Cloos Lecture. Urban landslides: socioeconomic impacts and overview of mitigative strategies. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 66: 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0080-z>
- Selamat, Siti Norsakinah, Nuriah Abd Majid, Aizat Mohd Taib, Mohd Raihan Taha y Ashraf Osman. 2023. The spatial relationship between landslide and land use activities in Langat River Basin: A case study. *Physics and Chemistry of the Earth* 129: 103289. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103289>
- Servicio Geológico Minero Argentino. 2011. Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial: Andacollo y Huinanco. Provincia del Neuquén. Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino.
- Suharini, Erni y Moh. Nasrul Baharsyah. 2020. Learning About Landslide Disaster Mitigation Based on a Role Playing Method Assisted by the Disaster Education Pocket Book. *Review of International Geographical Education* 10 (4): 618-38. <https://doi.org/10.33403/rigeo.767474>
- Takahashi, Tamotsu, Hajime Nakagawa, Yoshifumi Satofuka y Kenji Kawaike. 2001. Flood and Sediment Disasters Triggered by 1999 Rainfall in Venezuela; A River Restoration Plan for an Alluvial Fan. *Journal of Natural Disaster Science* 23 (2): 65-82.
- Tchilinguirián, Pablo. 2011. Mapa geomorfológico: Andacollo y Huinanco, escala 1:35.000. En *Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial: Andacollo y Huinanco, provincia del Neuquén, República Argentina*. Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino.
- Tejedo, Alejandra y Ernesto Gomá. 2016. Flujo de detritos en las cuencas de los arroyos Huaraco y Huinanco. Provincia de Neuquén-Argentina, Serie Contribuciones Técnicas, Peligrosidad Geológica 19. Argentina: Servicio Geológico Minero Argentino.
- Tuladhar, Gangalal, Ryuichi Yatabe, Ranjan Kumar Dahal y Netra Prakash Bhandary. 2014. Knowledge of disaster risk reduction among school students in Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 5 (3): 190-207. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.809556>
- Vagnon, Federico. 2020. Design of active debris flow mitigation measures: a comprehensive analysis of existing impact models. *Landslides* 17: 313-33. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01278-5>
- Winter, Mike G. 2016. A Strategic Approach to Debris Flow Risk Reduction on the Road Network, *Procedia Engineering* 143: 759-68. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.121>
- Zhou, Guanyu, Liqun Lyu, Mengzhen Xu, Chao Ma, Yunqi Wang, Yujie Wang, Zhaoyin Wang y Markus Stoffel. 2023. Assessment of check dams and afforestation in mitigating debris flows based on dendrogeomorphic

reconstructions, field surveys and semi-empirical models. *Catena* 232 (noviembre): 107434.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107434>