



# Deslizamiento traslacional reciente en los Andes húmedos de Argentina (37.22°S).

**María Yanina ESPER ANGILLIERI<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>CIGEOBIO. UNSJ-CONICET. Centro de Investigaciones de la Geósfera y Biósfera, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de San Juan. E-mail: yaninaesper@gmail.com

<sup>2</sup>EICAM. Facultad de Ingeniería, UNSJ. Av. Libertador 1109 (O). Capital. San Juan, Argentina.

Editor: Ricardo A. Astini

Recibido: 07 de Noviembre de 2023

Aceptado: 10 de Abril de 2024

## RESUMEN

El 1 de agosto de 2023, la ruta provincial N°43 a la altura de la localidad de Chos Malal (Neuquén, Argentina), principal conexión con el norte neuquino, quedó completamente bloqueada por la ocurrencia de un deslizamiento traslacional. Cuatro personas resultaron heridas. La ocurrencia del proceso está principalmente relacionada a la construcción de la nueva traza de ruta.

**Palabras clave:** bloqueo total, ruta, factor antrópico, Neuquén.

## ABSTRACT

*Recent translational slide in the wet andes of argentina (37.22°S).*

On August 1, 2023, provincial route 43 near the town of Chos Malal (Neuquén, Argentina), the main connection to the north of Neuquén, was completely blocked due to a translational landslide. Four people were injured. The occurrence of the process is mainly related to the construction of the new road trace.

**Keywords:** total blockage, road, anthropogenic factor, Neuquén.

## INTRODUCCIÓN

Un deslizamiento es definido como el desplazamiento pendiente abajo relativamente rápido, de una masa de suelo o rocas a lo largo de una superficie o plano de ruptura que corresponde a menudo a una discontinuidad preexistente, y relacionado a la inestabilidad de laderas por fuertes pendientes (Varnes 1978; Hutchinson 1988; Cruden y Varnes 1996; Hungr et al. 2001, 2014).

El martes 1 de agosto de 2023 en horas del mediodía (hora local), un pequeño deslizamiento traslacional, al pie del cerro de la Virgen (37°21'57.52"S - 70°16'57.00"O) bloqueó totalmente la ruta provincial N°43 en las proximidades de la ciudad de Chos Malal en la provincia de Neuquén, generando la interrupción total del tránsito vehicular. Hasta la fecha

(octubre 2024), el bloqueo continúa por temor a la ocurrencia de nuevos procesos. En el parte diario de vialidad (<https://w2.dpvneuquen.gov.ar/ParteDiario.pdf>) se informa "Ruta 43 a la altura del Cerro de la Virgen, intransitable. Desvío por vera del río Curí Leuvú, sectores poceados". En el lugar trabajaron personal de la Policía de Neuquén, Bomberos Voluntarios de Chos Malal y Defensa Civil. Sin embargo, tuvieron que detener las tareas de despeje de la ruta porque el cerro se encontraba "inestable", había informado el jefe del cuerpo de rescatistas de Bomberos Voluntarios de Chos Malal. Cuatro personas resultaron heridas y hubo pérdidas económicas considerables. Además, este evento cobró relevancia por las imágenes y videos que circularon en medios de comunicación y redes sociales.

La presente nota reporta la ocurrencia de un proceso de

remoción en masa en el área de la ciudad de Chos Malal, con el objeto de discutir las implicancias de sus características y factores condicionantes.

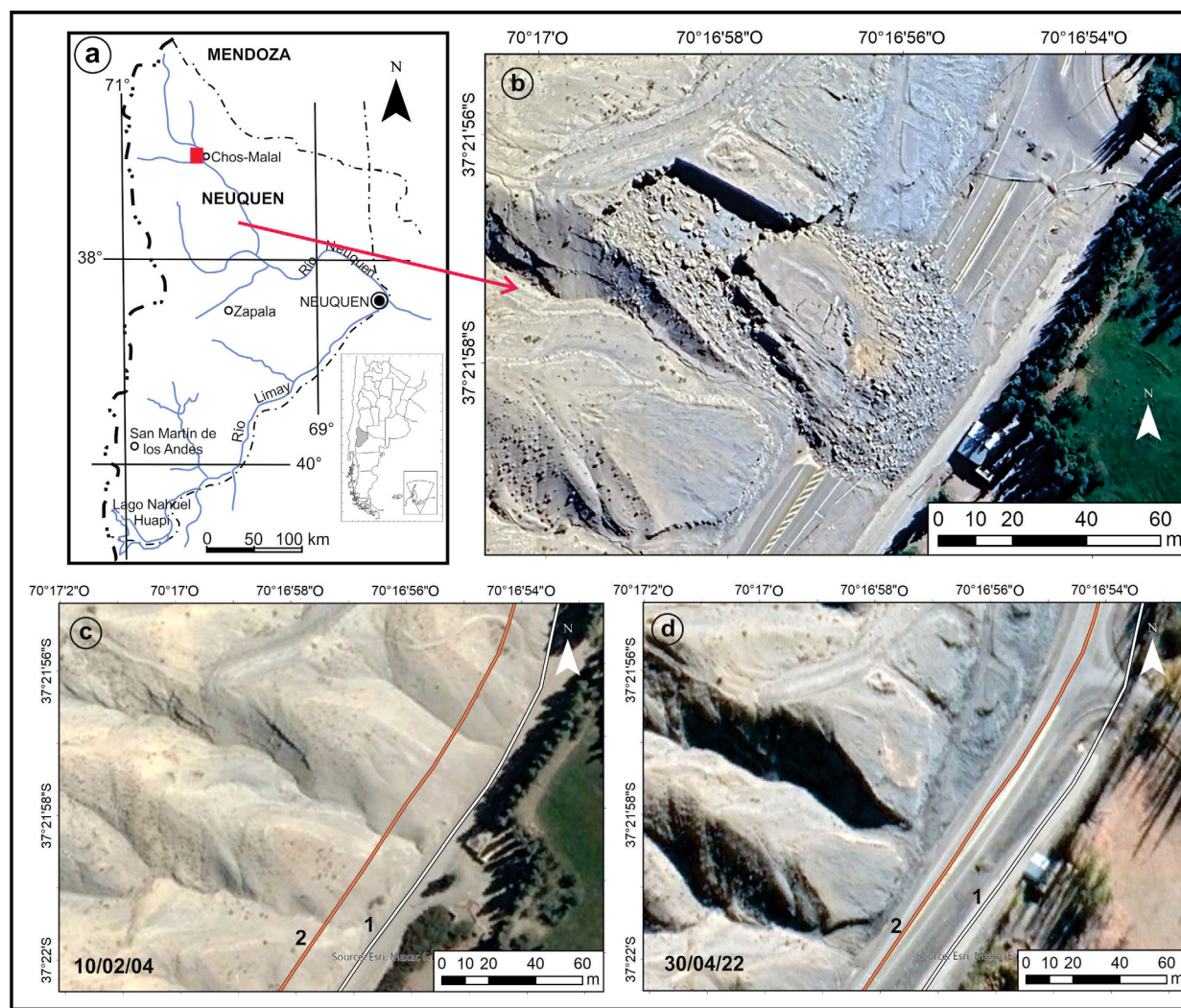
## CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

La ciudad de Chos Malal está ubicada en el departamento homónimo, al norte de la provincia de Neuquén (Figura 1) y al pie de la Región de los Lagos de los Andes Húmedos (lat. 35-45°S) (Lliboutry et al. 1958). El clima es continental de altura, con inviernos fríos (de frecuentes nevadas), ventosos y parcialmente nublados. Los veranos son calurosos y secos con poca nubosidad. La temperatura anual generalmente varía de 1 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de -3 °C o sube a más de 34 °C. La temperatura máxima promedio diaria es de 26

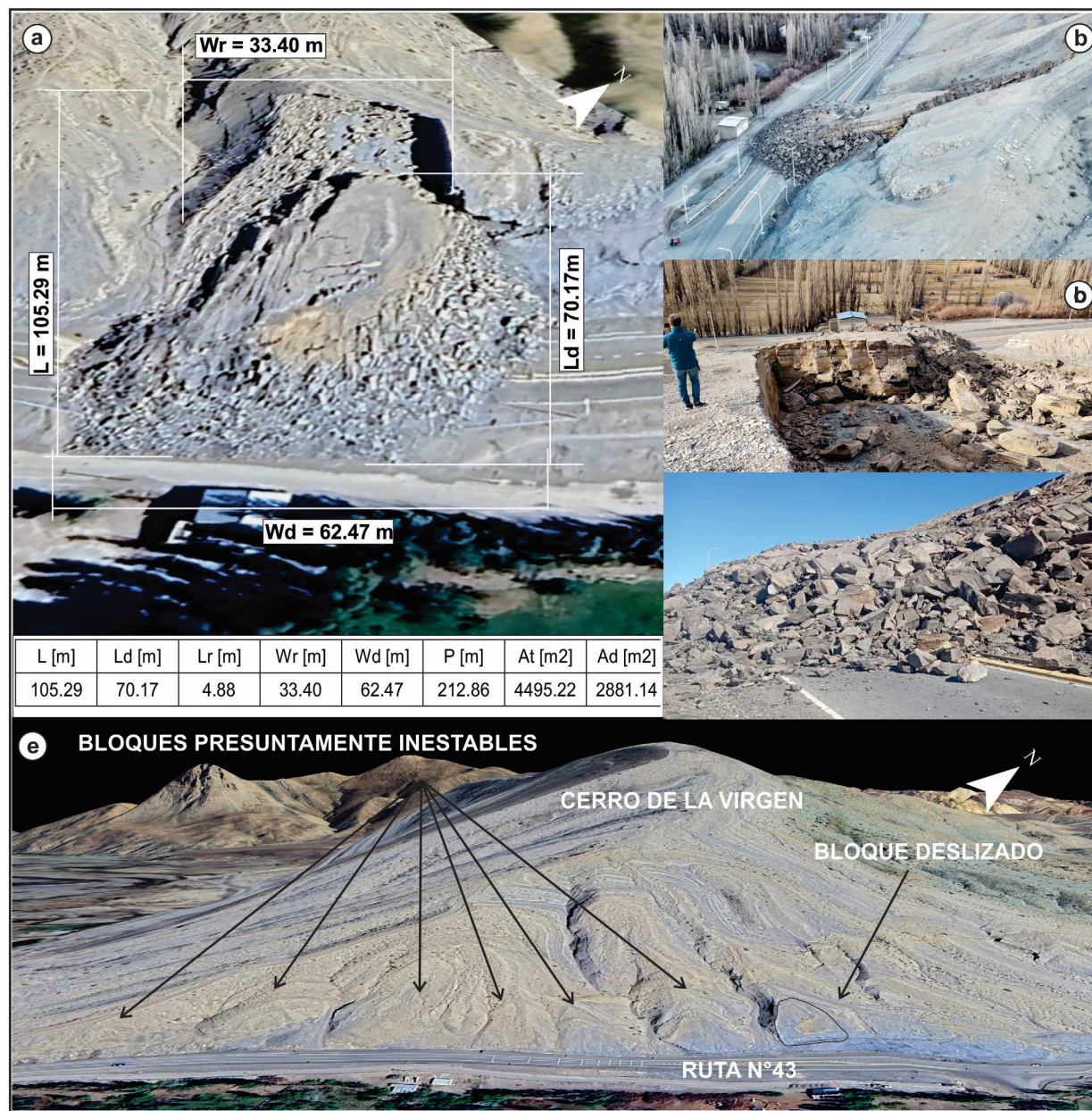
°C. El mes más cálido del año es enero, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y mínima de 12 °C. El mes más frío del año es julio, con una temperatura mínima promedio de 2 °C y máxima de 11 °C. Las mayores precipitaciones se registran en junio, con una media acumulada de 69 mm y con un promedio de 10.8 días con por lo menos 1 mm de precipitación. Las nevadas invernales son copiosas y abundantes en los meses de junio y julio fundamentalmente, aunque en ocasiones se pueden dar desde mayo hasta septiembre (Weather Spark 2023; Municipalidad de Chos Malal 2023).

Recurrentemente la ciudad de Chos Malal se ve afectada por inundaciones relacionadas a la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias (ej. en 2008 136.5 mm) que han contabilizado numerosas pérdidas materiales y humanas (Rodríguez y Suvires 2016).

El sector pertenece a la unidad morfoestructural Cordillera



**Figura 1:** a) ubicación de la zona, ciudad de Chos Malal en la provincia de Neuquén y la República Argentina. b) vista planta del deslizamiento, imagen satelital tomada (10/3/24), Airbus 2024, Google Earth Pro. c) imagen satelital Maxar Technologies 2023, Google Earth Pro anterior a la construcción de la nueva traza de la ruta N°43 (línea roja 2). d) imagen satelital Maxar Technologies 2023, Google Earth Pro posterior a la construcción de la nueva traza de la ruta N°43 donde se aprecia la ubicación de la traza anterior (línea blanca 1) y la ubicación del bloque deslizado (recuadro rojo).



**Figura 2:** a) Geometría del deslizamiento (WP/WLI 1993; Cruden y Varnes 1996). longitud total (L), longitud de la masa desplazada (Ld), longitud de la superficie de ruptura (Lr), ancho de la superficie de ruptura (Wr), ancho de la masa desplazada (Wd), perímetro de la masa desplazada (P), área total (At), área de la masa desplazada (Ad), foto ortiz.martin\_ph/diario Río Negro. b) vista lateral del deslizamiento, imagen satelital tomada (10/3/24), Airbus 2024, Google Earth Pro. c) masa desplazada desde el sector de ruptura, foto Gobierno de Neuquén/noticiasnqn.com.ar (<https://www.neuqueninforma.gob.ar/piden-la-intervencion-del-segemar-por-el-derrumbe-en-chos-malal/>). d) masa desplazada obstruyendo completamente la ruta, Foto diario digital Imneuquen.com (Gentileza Radio Nacional CHM. <https://www.imneuquen.com/neuquen/en-11-fotos-el-impresionante-desmoronamiento-del-cerro-virgen-chos-malal-n1045497>). e) vista perspectiva de la ladera del cerro de La Virgen y del sector de ruta afectado por el deslizamiento, se señala el bloque deslizado y los bloques que presuntamente continúan inestables.

Principal, particularmente a la faja plegada y corrida de Chos Malal (Kozłowski et al. 1996), donde están expuestos pliegues de diversas escalas y características que involucran a las secuencias sedimentarias mesozoicas de la Cuenca Neuquina (Yrigoyen 1991; Howell et al. 2005). En la localidad de Chos Malal afloran, específicamente en el sector del cerro de La Virgen, las rocas pertenecientes al Miembro Agua de la Mula de la Formación Agrio (Weaver 1931) incluidas en el Grupo

Mendoza (Stipanovic et al. 1968). Este Miembro evidencia una importante transgresión, la cual dio lugar a la acumulación en su base de pelitas negras, margas y calizas subordinadas, depositadas en un ambiente marino (Lazo 2007), el cual hacia el tope evoluciona a un ambiente marino marginal con depósitos de lutitas negras intercaladas con limolitas y areniscas (Fernández y Pazos 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sector de ocurrencia y sus modificaciones en el tiempo, se analizan mediante la interpretación de imágenes satelitales de alta resolución (0.5 m). Se utilizaron imágenes tomadas en febrero de 2004, enero de 2021 y abril de 2022, a través del portal web de acceso gratuito ©Google Earth (Google, Maxar technologies) y de imágenes ortorectificadas de base de ArcGis online (Esri 2023) mediante tecnología SIG (ESRI's ArcGis Pro 2023). Además, para evaluar posibles agentes disparadores, se recopilaron datos de precipitación mediante el servidor gratuito EarthData-Giovanni (Berrick et al. 2009) y sismicidad histórica del área (USGS 2023).

Para la descripción del tipo de proceso de remoción en masa se utiliza la clasificación de Cruden y Varnes (1996) y su modificación (Hungry et al. 2014).

Se realiza un análisis geométrico del proceso estudiado (WP/WLI 1993; Cruden y Varnes 1996).

## CARACTERÍSTICAS DEL EVENTO Y DISCUSIONES

El proceso ocurrido el 1 de agosto de 2023 puede ser clasificado, según el criterio de clasificación de tipos de movimientos de Cruden y Varnes (1996) y su modificación (Hungry et al. 2014), como un deslizamiento traslacional. Es decir, corresponde al movimiento pendiente abajo, por acción de la gravedad, en este caso particular de rocas pelíticas (Miembro Agua de la Mula de la Fm. Agrio), que se deslizan comúnmente a lo largo de una zona de corte plana estructural preexistente o discontinuidades geológicas como fallas, planos de estratificación, diaclasas, superficie de fisilidad, superficies de contacto. Como regla general, los deslizamientos traslacionales suelen ser superficiales y muy rápidos. Sus características geométricas son resumidas en la Figura 2a.

La transición, de un talud o ladera, de un estado estable a un estado inestable o activo pasa principalmente por dos estados intermedios: un estado preparatorio dominado por los factores condicionantes en el que las causas preparatorias hacen que el talud sea menos estable sin iniciar el movimiento y un estado marginal en el que las causas desencadenantes pueden iniciar el movimiento. Rara vez puede atribuirse un deslizamiento a una sola causa (Cruden y Vandine 2013).

Como lo establecen Hungry et al. (2014), los deslizamientos planares o traslacionales generalmente involucran pendientes inclinadas que han sido cortadas por erosión o excavación. Analizando imágenes satelitales anteriores al evento,

se determina que la ocurrencia de este proceso está vinculada a un fuerte factor antrópico relacionado al talud excavado durante la construcción de la nueva traza de la Ruta Provincial N°43, en la ladera sureste del cerro de la Virgen. En este sector, la ruta es asfaltada, según imágenes satelitales, en fecha posterior a enero de 2021. Además, se puede estimar, mediante la comparación de imágenes año 2004 y 2022 (Figura 1 c,d) que el talud fue excavado aproximadamente 50 m hacia el macizo, desde la posición de la traza, dejando taludes de corte aproximadamente del orden de los 60° de pendiente. Conjuntamente, condiciones geológicas y geométricas preexistentes favorecieron el evento en sí, como son las rocas pelíticas que se presentan en estratos continuos, siendo en el lugar particular del proceso, la orientación (SE) y buzamiento de los estratos (~25°-30°), prácticamente son coincidentes con la orientación (SE) y pendiente natural de la ladera (~20°-25°), situación sumamente favorable para la ocurrencia (Figura 2 b,c).

La sismicidad actúa como agente disparador natural de procesos de remoción en masa, sin embargo no se registraron eventos sísmicos el 1 de agosto, ni días anteriores. Existe registro de un sismo previo al evento el 17 de julio de 2023 de 6.6 de magnitud y con una profundidad de 186 km, distanciado aproximadamente a 92 km del área de estudio específica (USGS 2023).

Entendiendo que la ocurrencia de estos procesos está fuertemente vinculada a las condiciones propias de los macizos y a la profundidad del evento sísmico, Keefer (1984, 2002), mediante una curva bien definida magnitud vs distancia, estableció magnitudes mínimas aproximadas para la generación de cierto tipo de procesos de remoción en masa, es así como un sismo de Ms 6.6 a 92 km de la ocurrencia del proceso, puede ser considerado como un factor que haya contribuido a la inestabilidad previa del macizo. Sin embargo, considerando la profundidad del mismo (186 km), es muy poco probable que tenga influencia en la inestabilidad superficial.

Al igual que un sismo, precipitaciones de importancia pueden disparar un evento de estas características, según datos climatológicos obtenidos mediante el Satélite GPM (Global Precipitation Measurement) (EarthDATA NASA-Giovanni 2023), no se registraron precipitaciones el 1 de agosto y la precipitación acumulada para los 7 días anteriores no supera el milímetro, para los 15 días anteriores acumula menos de 9 mm y 20.6 mm para todo el mes de julio. La estación maitenes (37.32°S - 70.28°O), ubicada aproximadamente a 5 km hacia el norte, reporta un total de 35 mm para todo el mes de julio (AIC 2023). Si se considera a un agente disparador o perturbador como aquel que actúa gatillando inmediatamente

o en un lapsus muy corto de tiempo (Wieczorek 1996), estos datos indican que estas precipitaciones determinadas no pueden haber actuado como agente disparador. Sin embargo, la humedad suele ser un factor que debe considerarse (Varnes 1978), por lo cual la lluvia antecedente actúa como un condicionante primordial a corto plazo al infiltrarse entre los estratos rocosos, conservando la humedad hasta los meses más cálidos (septiembre-octubre) y favoreciendo así el deslizamiento entre las distintas capas de los estratos.

## CONSIDERACIONES FINALES

El análisis preliminar del evento permite concluir que se trata de un pequeño deslizamiento traslacional cuyo aspecto condicionante primordial fue el antrópico, resultado de la construcción de la nueva traza de la ruta provincial N°43. Mediante análisis temporal de imágenes se pudo determinar que este proceso se presenta activo o con signos de deslizamientos de estratos superiores desde al menos el año 2017. No se encontraron registros de precipitaciones o sismos que pueden haber desencadenado el evento, sin embargo la humedad (lluvias previas durante el mes de julio) puede haber actuado como condicionante. Se tiene conocimiento de la ocurrencia de un proceso de remoción en masa anterior (23 de junio 2023) más pequeño y en el mismo tramo de ruta, coincidente, en este caso, con lluvias persistentes el día del evento y durante los días anteriores. Este último, ocurrido a 350 m al suroeste del acceso a Chos Malal, registrado por medios periódicos digitales (diario El Litoral), en esa oportunidad uno de los carriles quedó totalmente bloqueado. La inestabilidad, en este sector del cerro de La Virgen donde está emplazada la ruta N°43, posiblemente continúa, principalmente en aquellos tramos o estrados de semejantes características al deslizado (Figura 2e), con la misma inclinación, orientación y afectados de igual manera por los cortes de talud que se realizaron en la construcción de la nueva traza. Sin embargo, la presencia de las mismas condiciones en el macizo rocoso, per se, no implica que estos bloques se deslicen. Son potencialmente inestables ante la presencia de un evento que actúe como disparador como lluvias, nevadas o sismos.

Finalmente, este análisis permite concluir la necesidad de promover la realización de un correcto estudio, que reduzca la exposición, y un análisis de ocurrencia de procesos de remoción en masa en etapas de planificación de obras de infraestructura viales, principalmente aquellas que modifican las laderas naturales, convirtiéndolas en susceptibles a su impacto y a sus usuarios sujetos a una situación de riesgo latente. La seguridad, eficiencia y menor vulnerabilidad a la ocu-

rrencia de procesos de remoción en masa de un corredor vial, genera confianza en los usuarios del sistema, fortaleciendo el turismo y, por lo tanto, el crecimiento económico de la región.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CIGEOBIO (CONICET-UNSJ) por los fondos aportados para la adquisición de la licencia del software ArcGISPro. La autora agradece a los revisores y al editor por sus invaluable comentarios que sin dudas contribuyeron a mejorar el presente trabajo.

## Trabajos citados en el texto

- AIC (Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro). 2023. Informe hidrometeorológico, julio 2023. 44 p.
- Berrick, S.W., Leptoukh, G., Farley, J.D. y Rui, H. 2009. Giovanni: A Web Service Workflow-Based Data Visualization and Analysis System. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 47: 106-113.
- Cruden, D. y Vandine, D. 2013. Classification, Description, Causes and Indirect Effects: Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides. Geological Survey of Canada Open File 7359, 23 p., Canada.
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. 1996. Landslide types and processes. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board 3: 36-75.
- DIARIO RÍO NEGRO 2023. <https://www.rionegro.com.ar>
- EL LITORAL 2023. <https://www.ellitoral.com>
- EarthDATA NASA (Giovanni) 2023. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- ESRI. 2023. World Imagery. Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community. [basemap] 5/1/22. <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. (Nov, 2023). [www.esri.com](http://www.esri.com)
- ESRI's ArcGIS Pro 2023. ArcGIS Pro: Versión 3.1.3. Copyright © 2023 Esri Inc. All rights reserved.
- Fernández, D.E. y Pazos, P.J. 2013. Ichnology of Marginal marine facies of The Agrio Formation (Lower Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina) at its Type Locality. *Ameghiniana* 49: 505-524.
- Howell, J., Schwarz, E., Spalletti, L. y Veiga, G. 2005. The Neuquén Basin: An overview. Geological Society London Special Publications 252: 1-14.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M.J. y Hutchinson, J.N. 2001. A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience* 7: 221-238.
- Hungr, O., Leroueil, S. y Picarelli, L. 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* 11: 167-194.
- Hutchinson, J.N. 1988. General report: morphological and geotechnical

- parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* & *Geomechanics Abstracts & Geomechanics Abstracts* 26: 3-35.
- Keefer, D.K. 2002. Investigating Landslides Caused by Earthquakes – A Historical Review. *Surveys in Geophysics* 23: 473-510.
- Keefer, D.K. 1984. Rock avalanches caused by earthquakes: Source characteristics. *Science* 223: 1288-1290.
- Kozłowski, E.E., Cruz, C.E. y Sylwan, C. 1996. Geología estructural de la zona de Chos Malal, Cuenca Neuquina, Argentina. 13 Congreso Geológico Argentino y 3 Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1:15-26, Buenos Aires.
- Lazo, D.G. 2007. Análisis de biofacies y cambios relativos del nivel del mar en el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de cuenca Neuquina, Argentina. *AMEGHINIANA* 44: 73-89.
- Lliboutry, L., González, O. y Simken, J. 1958. Les glaciers du désert Chilien. *Association International Hydrological Sciences* 46: 291-300.
- LM NEUQUÉN 2023. <https://www.lmneuquen.com>
- MUNICIPALIDAD DE CHOS MALAL 2023. <https://www.chosmalal.gob.ar>
- NOTICIAS NEUQUÉN 2023. <https://www.noticiasnqn.com.ar>
- Rodríguez, A. y Suvires, G. 2016. Análisis del peligro histórico de inundaciones en la Localidad de Chos Malal, Provincia de Neuquén: Causas y lineamientos territoriales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73: 23-36.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Bauliés, O.L. y Martínez, C.G. 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23: 67-98.
- USGS 2023. Catalog <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
- Varnes, D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. En: Schuster, R. L., Krizek, R. J. (eds.), *Landslides, Analysis and Control*. Transportation Research Board, Special Report No 11-33, 176 p, National Academy of Sciences.
- Weaver, C.E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina. University of Washington Press, 469 p., Seattle.
- WEATHER SPARK 2023. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chos Malal <https://es.weatherspark.com>.
- Wieczorek, G.F. 1996. Landslides: investigation and mitigation. Chapter 4-Landslide triggering mechanisms. Transportation Research Board Special Report 247:76-90.
- WP/WLI. 1993. A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur* 47: 53-57.
- Yrigoyen, M.R. 1991. Hydrocarbon resources of Argentina. 13 Congreso Internacional de Petróleo. *Petrotecnia*, Special Issue: 38-54. Buenos Aires.