

1 **DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL RECIENTE EN LOS ANDES HÚMEDOS DE**
2 **ARGENTINA (37.22°S).**

3 María Yanina ESPER ANGILLIERI^{1,2}

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

7 ²EICAM. Facultad de Ingeniería, UNSJ. Av. Libertador 1109 (O). Capital. San Juan, Argentina.

8

9 **RESUMEN**

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

15 Palabras clave: bloqueo total, ruta, factor antrópico, Andes Neuquinos.

16

17 **ABSTRACT**

18 **RECENT TRANSLATIONAL SLIDE IN THE WET ANDES OF ARGENTINA (37.22°S).**

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

23 Keywords: total blockage, road, anthropogenic factor, Andes Neuquinos.

24

25 **INTRODUCCIÓN**

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

31 El martes 1 de agosto de 2023 en horas del mediodía (hora local), un pequeño
32 deslizamiento traslacional, al pie del cerro de la Virgen (37°21'57.52"S - 70°16'57.00"O)
33 bloqueó totalmente la ruta provincial N°43 en las proximidades de la ciudad de Chos Malal
34 en la provincia de Neuquén, generando la interrupción total del tránsito vehicular. Hasta
35 la fecha (abril 2024), el bloqueo continúa por temor a la ocurrencia de nuevos procesos.
36 En el parte diario de vialidad (<https://w2.dpvneuquen.gov.ar/ParteDiario.pdf>) se informa
37 “*Ruta 43 a la altura del Cerro de la Virgen, intransitable. Desvío por vera del río Curí*
38 *Leuvú, sectores poceados*”. En el lugar trabajaron personal de la Policía de Neuquén,
39 Bomberos Voluntarios de Chos Malal y Defensa Civil. Sin embargo, tuvieron que detener
40 las tareas de despeje de la ruta porque el cerro se encontraba “*inestable*”, había
41 informado el jefe del cuerpo de rescatistas de Bomberos Voluntarios de Chos Malal.
42 Cuatro personas resultaron heridas y hubo pérdidas económicas considerables. Además,
43 este evento cobró relevancia por las imágenes y videos que circularon en medios de
44 comunicación y redes sociales.

45 La presente nota reporta la ocurrencia de un proceso de remoción en masa en el área de
46 la ciudad de Chos Malal, con el objeto de discutir las implicancias de sus características
47 y factores condicionantes.

48

49 **CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA**

50 La ciudad de Chos Malal está ubicada en el departamento homónimo, al norte de la
51 provincia de Neuquén (Figura 1) y al pie de la Región de los Lagos de los Andes Húmedos
52 (lat. 35–45°S) (Lliboutry et al. 1958). El clima es continental de altura, con inviernos fríos
53 (de frecuentes nevadas), ventosos y parcialmente nublados. Los veranos son calurosos
54 y secos con poca nubosidad. La temperatura anual generalmente varía de 1 °C a 30 °C
55 y rara vez baja a menos de -3 °C o sube a más de 34 °C. La temperatura máxima
56 promedio diaria es de 26 °C. El mes más cálido del año es enero, con una temperatura
57 máxima promedio de 29 °C y mínima de 12 °C. El mes más frío del año es julio, con una
58 temperatura mínima promedio de 2 °C y máxima de 11 °C. Las mayores precipitaciones
59 se registran en junio, con una media acumulada de 69 mm y con un promedio de 10.8
60 días con por lo menos 1 mm de precipitación. Las nevadas invernales son copiosas y
61 abundantes en los meses de junio y julio fundamentalmente, aunque en ocasiones se
62 pueden dar desde mayo hasta septiembre (Weather Spark 2023; Municipalidad de Chos
63 Malal 2023).

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

67 El sector pertenece a la unidad morfoestructural Cordillera Principal, particularmente a la
68 faja plegada y corrida de Chos Malal (Kozlowski et al. 1996), donde están expuestos
69 pliegues de diversas escalas y características que involucran a las secuencias
70 sedimentarias mesozoicas de la Cuenca Neuquina (Yrigoyen 1991; Howell et al. 2005).

71 En la localidad de Chos Malal afloran, específicamente en el sector del cerro de La Virgen,
72 las rocas pertenecientes al Miembro Agua de la Mula de la Formación Agrio (Weaver

73 1931) incluidas en el Grupo Mendoza (Stipanovic et al. 1968). Este Miembro evidencia
74 una importante transgresión, la cual dio lugar a la acumulación en su base de pelitas
75 negras, margas y calizas subordinadas, depositadas en un ambiente marino (Lazo 2007),
76 el cual hacia el tope evoluciona a un ambiente marino marginal con depósitos de lutitas
77 negras intercaladas con limolitas y areniscas (Fernández y Pazos 2013).

78

79 **MATERIALES Y MÉTODOS**

80 El sector de ocurrencia y sus modificaciones en el tiempo, se analizan mediante la
81 interpretación de imágenes satelitales de alta resolución (0.5 m). Se utilizaron imágenes
82 tomadas en febrero de 2004, enero de 2021 y abril de 2022, a través del portal web de
83 acceso gratuito ©Google Earth (Google, Maxar technologies) y de imágenes
84 ortorectificadas de base de ArcGis online (Esri 2023) mediante tecnología SIG (ESRI's
85 ArcGis Pro 2023). Además, para evaluar posibles agentes disparadores, se recopilaron
86 datos de precipitación mediante el servidor gratuito EarthData-Giovanni (Berrick et al.
87 2009) y sismicidad histórica del área (USGS 2023).

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

90 Se realiza un análisis geométrico del proceso estudiado (WP/WLI 1993; Cruden y Varnes
91 1996).

92

93

94

95 **CARACTERÍSTICAS DEL EVENTO Y DISCUSIONES**

96 El proceso ocurrido el 1 de agosto de 2023 puede ser clasificado, según el criterio de

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

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

111 Como lo establecen Hungr et al. (2014), los deslizamientos planares o traslacionales
112 generalmente involucran pendientes inclinadas que han sido cortadas por erosión o
113 excavación. Analizando imágenes satelitales anteriores al evento, se determina que la
114 ocurrencia de este proceso está vinculada a un fuerte factor antrópico relacionado al talud
115 excavado durante la construcción de la nueva traza de la Ruta Provincial N°43, en la
116 ladera sureste del cerro de la Virgen. En este sector, la ruta es asfaltada, según imágenes
117 satelitales, en fecha posterior a enero de 2021. Además, se puede estimar, mediante la
118 comparación de imágenes año 2004 y 2022 (Figura 1 c,d) que el talud fue excavado
119 aproximadamente 50 m hacia el macizo, desde la posición de la traza, dejando taludes
120 de corte aproximadamente del orden de los 60° de pendiente. Conjuntamente,

121 condiciones geológicas y geométricas preexistentes favorecieron el evento en sí, como
122 son las rocas pelíticas que se presentan en estratos continuos, siendo en el lugar
123 particular del proceso, la orientación (SE) y buzamiento de los estratos ($\sim 25^\circ$ - 30°),
124 prácticamente son coincidentes con la orientación (SE) y pendiente natural de la ladera
125 ($\sim 20^\circ$ - 25°), situación sumamente favorable para la ocurrencia (Figura 2 b,c).

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

131 Entendiendo que la ocurrencia de estos procesos está fuertemente vinculada a las
132 condiciones propias de los macizos y a la profundidad del evento sísmico, Keefer (1984,
133 2002), mediante una curva bien definida magnitud vs distancia, estableció magnitudes
134 mínimas aproximadas para la generación de cierto tipo de procesos de remoción en
135 masa, es así como un sismo de Ms 6.6 a 92 km de la ocurrencia del proceso, puede ser
136 considerado como un factor que haya contribuido a la inestabilidad previa del macizo. Sin
137 embargo, considerando la profundidad del mismo (186 km), es muy poco probable que
138 tenga influencia en la inestabilidad superficial.

139 Al igual que un sismo, precipitaciones de importancia pueden disparar un evento de estas
140 características, según datos climatológicos obtenidos mediante el Satélite GPM (Global
141 Precipitation Measurement) (EarthDATA NASA-Giovanni 2023), no se registraron
142 precipitaciones el 1 de agosto y la precipitación acumulada para los 7 días anteriores no
143 supera el milímetro, para los 15 días anteriores acumula menos de 9 mm y 20.6 mm para
144 todo el mes de julio. La estación maitenes (37.32°S - 70.28°O), ubicada aproximadamente

145 a 5 km hacia el norte, reporta un total de 35 mm para todo el mes de julio (AIC 2023). Si
146 se considera a un agente disparador o perturbador como aquel que actúa gatillando
147 inmediatamente o en un lapsus muy corto de tiempo (Wieczorek 1996), estos datos
148 indican que estas precipitaciones determinadas no pueden haber actuado como agente
149 disparador. Sin embargo, la humedad suele ser un factor que debe considerarse (Varnes
150 1978), por lo cual la lluvia antecedente actúa como un condicionante primordial a corto
151 plazo al infiltrarse entre los estratos rocosos, conservando la humedad hasta los meses
152 más cálidos (septiembre-octubre) y favoreciendo así el deslizamiento entre las distintas
153 capas de los estratos.

154

155 **CONSIDERACIONES FINALES**

156 El análisis preliminar del evento permite concluir que se trata de un pequeño
157 deslizamiento traslacional cuyo aspecto condicionante primordial fue el antrópico,
158 resultado de la construcción de la nueva traza de la ruta provincial N°43. Mediante análisis
159 temporal de imágenes se pudo determinar que este proceso se presenta activo o con
160 signos de deslizamientos de estratos superiores desde al menos el año 2017. No se
161 encontraron registros de precipitaciones o sismos que pueden haber desencadenado el
162 evento, sin embargo la humedad (lluvias previas durante el mes de julio) puede haber
163 actuado como condicionante. Se tiene conocimiento de la ocurrencia de un proceso de
164 remoción en masa anterior (23 de junio 2023) más pequeño y en el mismo tramo de ruta,
165 coincidente, en este caso, con lluvias persistentes el día del evento y durante los días
166 anteriores. Este último, ocurrido a 350 m al suroeste del acceso a Chos Malal, registrado
167 por medios periodísticos digitales (diario El Litoral), en esa oportunidad uno de los carriles
168 quedó totalmente bloqueado. La inestabilidad, en este sector del cerro de La Virgen

169 donde está emplazada la ruta N°43, posiblemente continúa, principalmente en aquellos
170 tramos o estrados de semejantes características al deslizado (Figura 2e), con la misma
171 inclinación, orientación y afectados de igual manera por los cortes de talud que se
172 realizaron en la construcción de la nueva traza. Sin embargo, la presencia de las mismas
173 condiciones en el macizo rocoso, per se, no implica que estos bloques se deslicen. Son
174 potencialmente inestables ante la presencia de un evento que actúe como disparador
175 como lluvias, nevadas o sismos.

176 Finalmente, este análisis permite concluir la necesidad de promover la realización de un
177 correcto estudio, que reduzca la exposición, y un análisis de ocurrencia de procesos de
178 remoción en masa en etapas de planificación de obras de infraestructura viales,
179 principalmente aquellas que modifican las laderas naturales, convirtiéndolas en
180 susceptibles a su impacto y a sus usuarios sujetos a una situación de riesgo latente. La
181 seguridad, eficiencia y menor vulnerabilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en
182 masa de un corredor vial, genera confianza en los usuarios del sistema, fortaleciendo el
183 turismo y por lo tanto el crecimiento económico de la región.

184

185 **AGRADECIMIENTOS**

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

189 **Trabajos citados en el texto**

190 AIC (Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro).
191 2023. Informe hidrometereológico, julio 2023. 44 p.

192 Berrick, S.W., Leptoukh, G., Farley, J.D., Rui, H. 2009. Giovanni: A Web Service Workflow-

193 Based Data Visualization and Analysis System. IEEE Transactions on Geoscience and
194 Remote Sensing 47: 106-113.

195 Cruden, D. y Vandine, D. 2013. Classification, Description, Causes and Indirect Effects:
196 Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides. Geological
197 Survey of Canada Open File 7359, 23 p., Canada.

198 Cruden, D.M. y Varnes, D.J. 1996. Landslide types and processes. Special Report -
199 National Research Council, Transportation Research Board 3: 36–75.

200 DIARIO RÍO NEGRO 2023. <https://www.rionegro.com.ar>

201 EL LITORAL 2023. <https://www.ellitoral.com>

202 EarthDATA NASA (Giovanni) 2023. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

203 ESRI. 2023. World Imagery. Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA,
204 USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community.
205 [basemap] 5/1/22.
206 <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. (Nov,
207 2023). www.esri.com

208 ESRI's ArcGis Pro 2023. ArcGIS Pro: Versión 3.1.3. Copyright © 2023 Esri Inc. All rights
209 reserved.

210 Fernández, D.E. y Pazos, P.J. 2013. Ichnology of Marginal marine facies of The Agrio
211 Formation (Lower Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina) at its Type Locality.
212 Ameghiniana 49: 505–524.

213 Howell, J., Schwarz, E., Spalletti, L., Veiga, G. 2005. The Neuquén Basin: An overview.
214 Geological Society London Special Publications 252: 1-14.

215 Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M.J., Hutchinson, J.N. 2001. A review of the classification
216 of landslides of the flow type. Environmental and Engineering Geoscience 7: 221-238.

217 Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L. 2014. The Varnes classification of landslide types, an
218 update. *Landslides* 11: 167-194.

219 Hutchinson, J.N. 1988. General report: morphological and geotechnical parameters of
220 landslides in relation to geology and hydrogeology. *International Journal of Rock*
221 *Mechanics and Mining Sciences \& Geomechanics Abstracts& Geomechanics Abstracts*
222 26: 3-35.

223 Keefer, D.K. 2002. Investigating Landslides Caused by Earthquakes – A Historical Review.
224 *Surveys in Geophysics* 23: 473-510.

225 Keefer, D.K. 1984. Rock avalanches caused by earthquakes: Source characteristics.
226 *Science* 223: 1288-1290.

227 Kozlowski, E.E., Cruz, C.E., Sylwan, C. 1996. Geología estructural de la zona de Chos
228 Malal, Cuenca Neuquina, Argentina.

229 Kozlowski, E.E., Cruz, C.E., Sylwan, C. 1996. Geología estructural de la zona de Chos
230 Malal, Cuenca Neuquina, Argentina. 13 Congreso Geológico Argentino y 3 Congreso de
231 Exploración de Hidrocarburos, Actas 1:15-26, Buenos Aires.

232 Lazo, D.G. 2007. Análisis de biofacies y cambios relativos del nivel del mar en el Miembro
233 Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de cuenca Neuquina, Argentina.
234 *AMEGHINIANA* 44: 73-89.

235 Lliboutry, L., González, O., Simken, J. 1958. Les glaciers du désert Chilien. *Association*
236 *International Hydrological Sciences* 46: 291-300.

237 LM NEUQUÉN 2023. <https://www.lmneuquen.com>

238 MUNICIPALIDAD DE CHOS MALAL 2023. <https://www.chosmalal.gob.ar>

239 NOTICIAS NEUQUÉN 2023. <https://www.noticiasnqn.com.ar>

240 Rodríguez, A. y Suvires, G. 2016. Análisis del peligro histórico de inundaciones en la

241 Localidad de Chos Malal, Provincia de Neuquén: Causas y lineamientos territoriales.
242 Revista de la Asociación Geológica Argentina 73: 23-36.

243 Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O.L., Martínez, C.G. 1968. Las formaciones
244 presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico. Revista de la Asociación
245 Geológica Argentina 23: 67-98.

246 USGS 2023. Catalog <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

247 Varnes, D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. En: Schuster, R. L., Krizek, R.
248 J. (eds.), Landslides, Analysis and Control. Transportation Research Board, Special
249 Report No 11-33, 176 p, National Academy of Sciences.

250 Weaver, C.E. 1931. *Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central*
251 *Argentina*. University of Washington Press, 469 p., Seattle.

252 WEATHER SPARK 2023. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chos Malal
253 <https://es.weatherspark.com>.

254 Wieczorek, G.F. 1996. Landslides: investigation and mitigation. Chapter 4-Landslide
255 triggering mechanisms. Transportation Research Board Special Report 247:76-90.

256 WP/WLI. 1993. A suggested method for describing the activity of a landslide. Bulletin of
257 the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association
258 Internationale de Géologie de l'Ingénieur 47: 53-57.

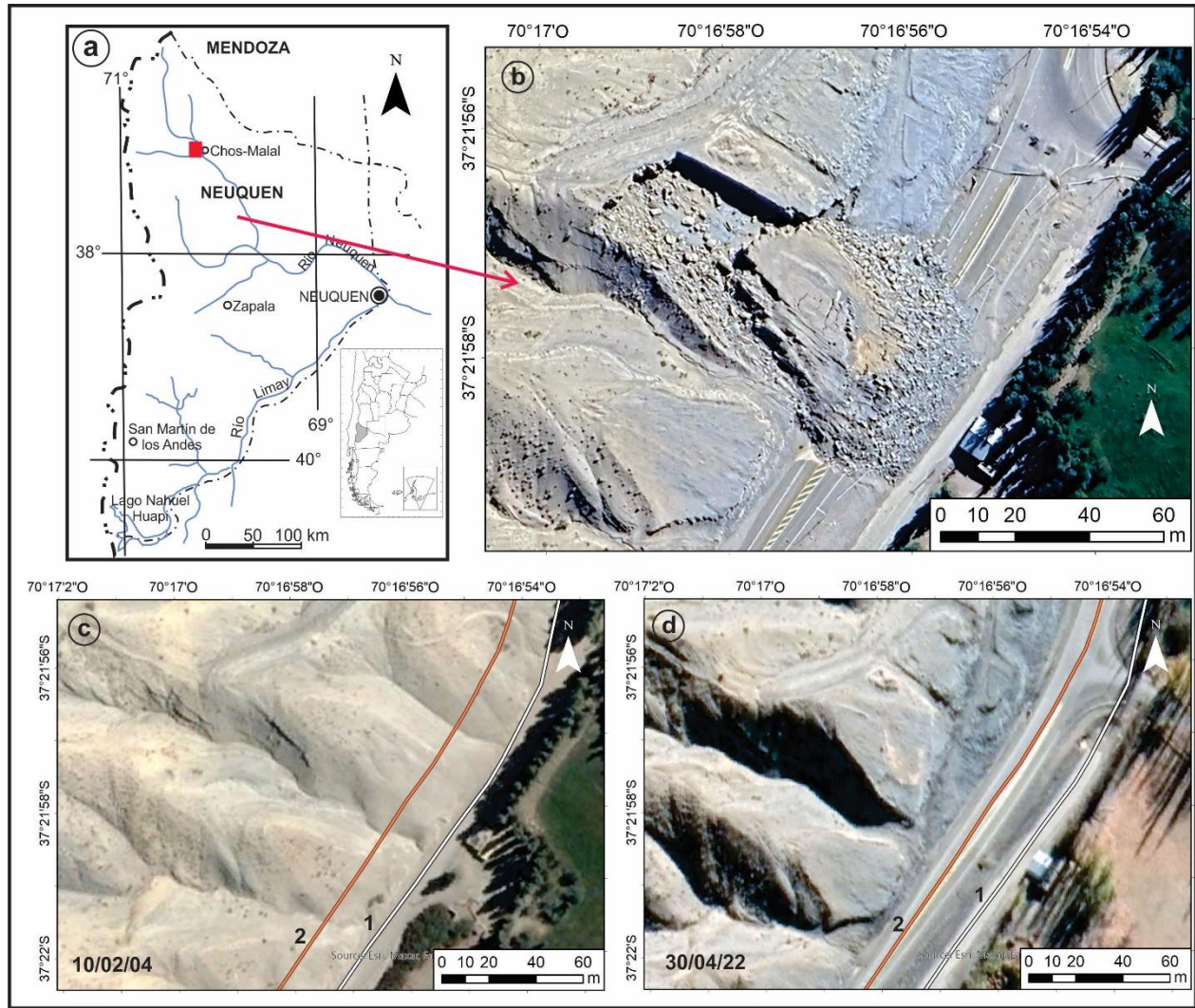
259 Yrigoyen, M.R. 1991. Hydrocarbon resources of Argentina. 13 Congreso Internacional de
260 Petroleo. Petrotecnia, Special Issue: 38-54. Buenos Aires.

261 **Epígrafes de figuras**

262 Figura 1. a) ubicación de la zona, ciudad de Chos Malal en la provincia de Neuquén y la
263 República Argentina. b) vista planta del deslizamiento, imagen satelital tomada (10/3/24),
264 Airbus 2024, Google Earth Pro. c) imagen satelital Maxar Technologies 2023, Google

265 Earth Pro anterior a la construcción de la nueva traza de la ruta N°43 (línea roja 2). d)
266 imagen satelital Maxar Technologies 2023, Google Earth Pro posterior a la construcción
267 de la nueva traza de la ruta N°43 donde se aprecia la ubicación de la traza anterior (línea
268 blanca 1) y la ubicación del bloque deslizado (recuadro rojo).

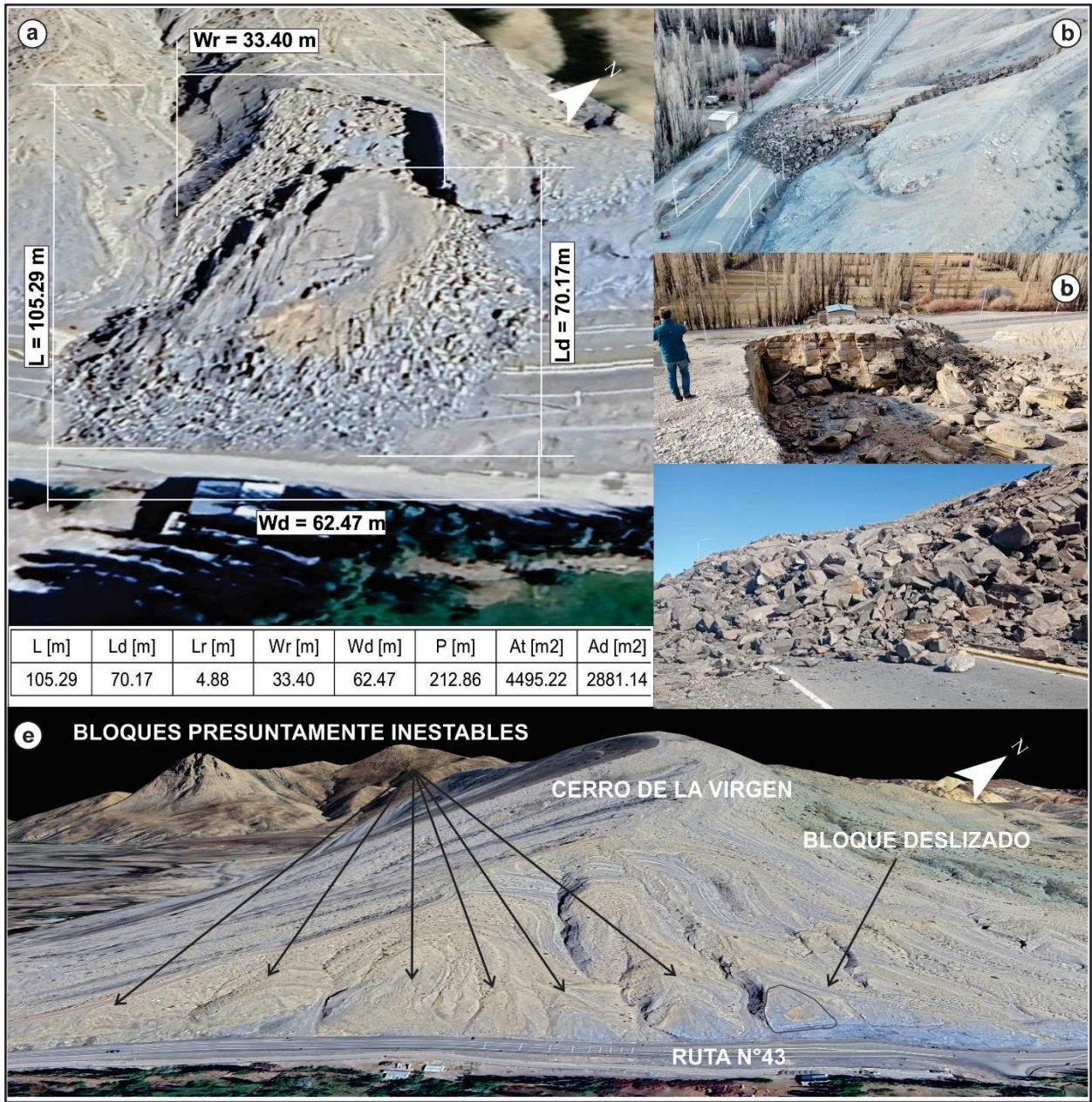
269
270 Figura 2. a) Geometría del deslizamiento (WP/WLI 1993; Cruden y Varnes 1996). longitud
271 total (L), longitud de la masa desplazada (Ld), longitud de la superficie de ruptura (Lr),
272 ancho de la superficie de ruptura (Wr), ancho de la masa desplazada (Wd), perímetro de
273 la masa desplazada (P), área total (At), área de la masa desplazada (Ad), foto
274 ortiz.martin_ph/diario Río Negro. b) vista lateral del deslizamiento, imagen satelital
275 tomada (10/3/24), Airbus 2024, Google Earth Pro. c) masa deslizada desde el sector de
276 ruptura, foto Gobierno de Neuquén/noticiasnqn.com.ar
277 ([https://www.neuqueninforma.gob.ar/piden-la-intervencion-del-segemar-por-el-](https://www.neuqueninforma.gob.ar/piden-la-intervencion-del-segemar-por-el-derrumbe-en-chos-malal/)
278 [derrumbe-en-chos-malal/](https://www.neuqueninforma.gob.ar/piden-la-intervencion-del-segemar-por-el-derrumbe-en-chos-malal/)). d) masa deslizada obstruyendo completamente la ruta, Foto
279 diario digital Imneuquen.com (Gentileza Radio Nacional CHM.
280 [https://www.imneuquen.com/neuquen/en-11-fotos-el-impresionante-desmoronamiento-](https://www.imneuquen.com/neuquen/en-11-fotos-el-impresionante-desmoronamiento-del-cerro-virgen-chos-malal-n1045497)
281 [del-cerro-virgen-chos-malal-n1045497](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
282 Virgen y del sector de ruta afectado por el deslizamiento, se señala el bloque deslizado y
283 los bloques que presuntamente continúan inestables.



284

285

Figura 1



286

287

Figura 2