



## GLACIARISMO Y PERIGLACIARISMO CUATERNARIO EN EL CERRO NAHUEL PAN, SECTOR EXTRAANDINO DEL CHUBUT, ARGENTINA

Agustina REATO<sup>1</sup>, Oscar A. MARTÍNEZ<sup>2</sup>, David SERRAT<sup>3</sup>, Daniel M. CANO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CIEMEP (CONICET – UNPSJB) Roca 780, CP: 9200, Esquel (Chubut). Email: agustinareato@comahue-conicet.gob.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional de la Patagonia San Juan. Bosco, Sede Esquel.

<sup>3</sup>Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà. Universitat de Barcelona, (E).

<sup>4</sup>U.N.S, Departamento de Geología (CONICET).

### RESUMEN

Alrededor de treinta unidades de origen glacial y periglacial, deposicionales y erosivas, fueron identificadas y estudiadas en uno de los valles orientales del Cerro Nahuel Pan, en el noroeste de la provincia del Chubut. Se corresponden, esencialmente, con morenas marginales, circos y pavimentos glaciales, Protalus rampart, glaciares de escombros, lóbulos y terrazas de soliflucción y suelos ordenados, e incluyen tanto formas activas como inactivas. A partir del análisis integral de esta secuencia se propone un esquema estratigráfico y paleoclimático local para un lapso que se extiende entre el Máximo de la Última Glaciación y el presente. Se confirma que, durante el Pleistoceno tardío, glaciares de valle ocuparon parte de la vertiente oriental del Cerro Nahuel Pan, constituyendo los englazamientos, de esa edad, más orientales en estas latitudes.

**Palabras clave:** glaciación local, glaciares de roca, nivación, Pleistoceno tardío.

### ABSTRACT

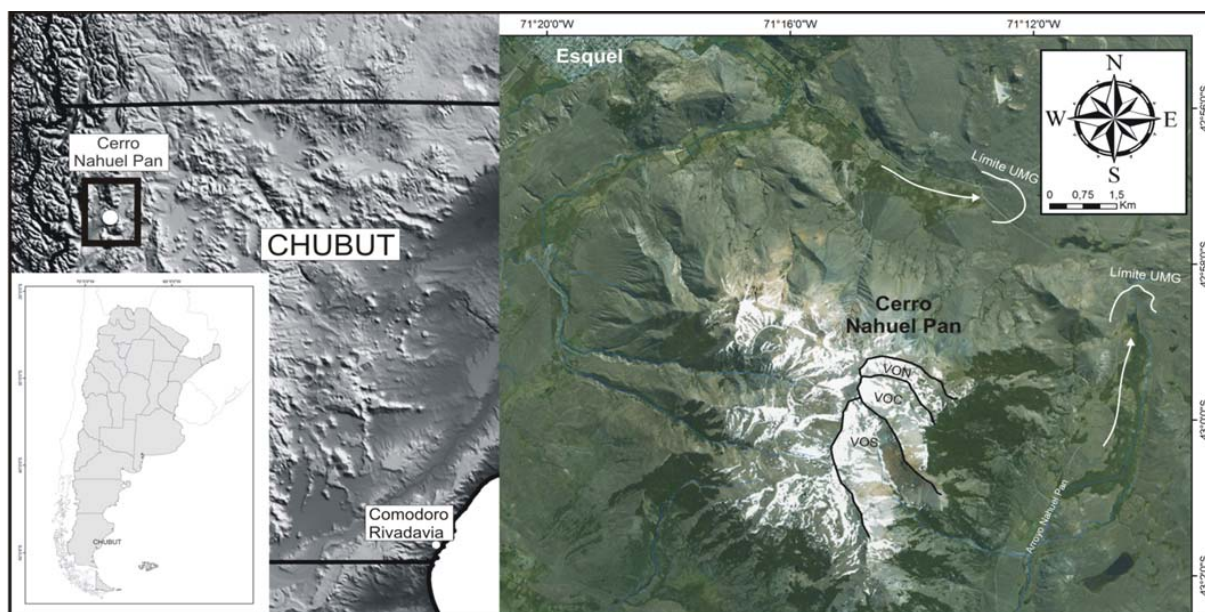
*Quaternary glacialism and periglacialism in the Cerro Nahuel Pan, extraandine sector of Chubut, Argentina.* About thirty units of glacial and periglacial origin, depositional and erosive, were identified and studied in one of the eastern valleys of Cerro Nahuel Pan, in the northwest of the Chubut Province. They correspond essentially to marginal moraines, cirque and glacial pavements, protalus rampart, rock glaciers, lobes and terraces of solifluction and ordered soils, and include both active and inactive forms. From the integral analysis of this sequence a local stratigraphic and paleoclimatic scheme is proposed for a period that extends between the Maximum of the Last Glaciation and the present one. It is confirmed that during the late Pleistocene, valley glaciers occupied part of the eastern slope of Cerro Nahuel Pan, which constitute the glaciations, of that age, more oriental in these latitudes.

**Keywords:** local glaciation, rock glaciers, nivation, late Pleistocene.

### INTRODUCCIÓN

El Cerro Nahuel Pan (CNP) está ubicado en el sector noroccidental de la provincia del Chubut (coordenadas centrales: 42°59'21.10"S y 71°14'59.30"O), en las inmediaciones de la ciudad de Esquel (Fig. 1). Tiene una altura máxima de 2153 m snm constituyendo uno de los picos más elevados de la franja extra andina en estas latitudes. Desde el punto de vista geológico se ubica en el límite oriental de la Cordillera Patagónica Septentrional. Las litologías dominantes se corresponden con riolitas y otras vulcanitas y tobas mesosilíceas del Grupo Lago La Plata (Lizuaín y Viera 2010). La posición extra andina

de esta unidad orográfica, emplazada a escasos kilómetros de la Cordillera Nord patagónica, sumado a su altitud, similar a la de los picos cordilleranos más altos de la región, habrían determinado que, en los sectores más elevados de su vertiente oriental, se desarrollara un conjunto de formas deposicionales vinculadas a las fluctuaciones climáticas del Cuaternario y cuyo estudio forma parte del plan de tesis doctoral de uno de los autores (A. Reato). Si bien existen contribuciones que definen, aunque con diferencias, esquemas glaci-estratigráficos regionales para el área de estudio (Caldenius 1932, Flint y Fidalgo 1969, Martínez 2005) y otras que caracterizan formas y eventos glaciales y periglaciales en las inme-



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio. Se muestran los límites de los valles orientales que descienden desde la cima del Cerro Nahuel Pan; Valle Oriental Norte (VON), Valle Oriental Central (VOC) y Valle Oriental Sur (VOS). Se incluyen los límites más orientales de los lóbulos de descarga del Manto de Hielo de Montaña para el Máximo de la Última Glaciación según Martínez (2002, 2005).

diaciones (Martínez *et al.* 2005, Ruiz y Trombotto 2012, Ruiz 2013) no existen, a la fecha, referencias de la secuencia de formas consideradas en el presente trabajo.

La vertiente oriental del CNP está surcada por tres valles subparalelos informalmente denominados Valle Oriental Norte (VON), Valle Oriental Centro (VOC) y Valle Oriental Sur (VOS). En esta contribución se presentan los resultados de las observaciones realizadas sobre la secuencia de formas del VON (Fig. 1).

### LAS UNIDADES GLACIALES Y PERIGLACIALES

Mediante el análisis de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación, fotografías aéreas y controles de campo, se logró identificar, en el fondo y sobre los laterales del VON, un conjunto de unidades morfosedimentarias y erosivas que se relacionan espacial y genéticamente, las cuales han sido indicadas en la Tabla 1 y en la figura 2.

El VON nace en la cima del CNP, en un circo glacial (G10 en la Tabla 1 y Fig. 2), y se extiende aguas abajo unos 2,4 km con una pendiente promedio de 13° hasta vincularse como valle colgante con el valle mayor del Arroyo Nahuel Pan, el que corre en sentido meridional (Fig. 1). Una de las características morfológicas distintivas del VON, inclusive con relación a los valles aledaños (el VOC y el VOS), es que conserva su perfil trans-

versal en forma de catenaria o “U”, similar a la de la mayoría de los valles cordilleranos englazados durante el Cuaternario en estas latitudes. Otro rasgo que confirma la influencia de la morfogénesis glacial, en el sitio, es la presencia de morenas marginales, entre las que se destaca una morena lateral que limita el valle por el noreste (G1 en Tabla 1, Fig. 2). Dicha cresta, que posee una morfología muy bien conservada, tiene más de 1 km de extensión (entre los 1880 y los 1640 m snm), un ancho aproximado de 200 m y una altura promedio de 20 m, está compuesta de un till sin desarrollo de suelo, exhibiendo en superficie numerosos bloques de vulcanitas de más de un metro de diámetro, muy angulosos, escasamente enterrados (Fig. 3 A, B y C). El desarrollo de lobulaciones y escalonamientos en el extremo distal de esta morena (Pe27 en la Tabla 1 y Fig. 2) indica la ocurrencia de procesos geocriogénicos postglaciales. Restos de dos morenas frontolaterales de menores dimensiones, y, posiblemente, una tercera pobremente conservada, aparecen en una posición más interna, hacia el centro del valle, a una altitud de 1760 m s.n.m. (G2A y G2B, G3 y G4 en la Tabla 1 y Fig. 2).

Las formas periglaciales identificadas se corresponden con glaciares de escombros, lóbulos y terrazas de solifluxión y Protalus rampart. Los primeros ocupan el centro del valle y presentan, en los sectores distales, límites escarpados y forma lobulada (Fig. 3 A y C). Tres de ellos culminan coincidentemente a los 1710 m s.n.m.,

y son referidos en la figura 2 como Pe7, Pe8A y Pe8B. No se descarta, sin embargo, que Pe8A y Pe8B se correspondan con desprendimientos de un mismo cuerpo sedimentario que nace en el umbral del circo, a los 1960 m s.n.m. La longitud máxima de estas unidades es de 900 metros, tienen una pendiente que promedia los 13° y se presentan ensanchados en sus segmentos distales (entre 70 m y 100 m) lo que les confiere forma de espátula. La superficie de estas geofomas se caracteriza por la presencia de bloques angulosos cuyo diámetro no suele superar 1 m, distribuidos saltuariamente y parcialmente enterrados en una matriz de bloques con tamaños que varían entre 0,10 m y 0,40 m, en general muy lajosos. Otro rasgo superficial notable de estas formas son las lobulaciones (cordones y surcos) arqueadas en el sentido del movimiento de los materiales, aunque este rasgo suele estar enmascarado por los fenómenos de soliflucción más modernos. La vegetación es escasa y no se ha desarrollado un verdadero sistema de suelo-vegetación. Aguas abajo del límite inferior de estas tres unidades se destaca una morfología lobulada compleja que incluye las unida-

des Pe5A, Pe5B y Pe6 en la figura 2. Se extienden entre los 1515 m s.n.m. y los 1710 m s.n.m., tienen una longitud cercana a los 700 m, un ancho que promedia los 150 m y una pendiente promedio de 14°. Presenta características similares a los glaciares de escombros ubicados más arriba aunque su morfología y aspecto superficial aparecen notoriamente más alterados. Los lóbulos y terrazas de soliflucción son abundantes. Existen de diversos tamaños y todos presentan un diseño linguoide y cordones de deformación superficiales perpendiculares al movimiento. Su espesor es muy inferior al de los glaciares de escombros (no superan los 2 m) y se caracterizan por tener un frente marcadamente menos abrupto que éstos (Fig. 3B). Los materiales que componen estas formas, fragmentos de vulcanitas y piroclastitas, poseen una granulometría más fina que la de los componentes en los glaciares de escombros. Como ya se ha mencionado, se han desarrollado lóbulos y terrazas de soliflucción sobre la superficie de formas glaciares y periglaciales más antiguas, lo que enmascara y dificulta establecer el grado de actividad de estas últimas (Pe5C y Pe5D en la Fig. 2).

**Tabla 1:** Se incluye en la tabla el tipo, génesis, edades propuestas (únicamente para las unidades deposicionales) y grado de actividad supuesto para las formas reconocidas en el área de estudio.

Unidad	Tipo de morfología	Génesis	Evento	Edad grado de actividad	Grado de actividad	
G1	Morena lateral	Sedimentación glacial	A	Pleistoceno / Máximo Última Glaciación	Inactivos	
G2A, G2B y G3			B	Holoceno / Tardiglacial		
G4						Morena fronto-lateral
Pe5A, Pe5B	Glaciares de escombros	Reptación de permafrost	C	Holoceno / Neoglaciación		
Pe6	Lóbulo de soliflucción	Soliflucción				
Pe7, Pe8A, Pe8B	Glaciares de escombros	Reptación de permafrost	D	Holoceno / Neoglaciación		
Pe9, Pe19	Lóbulos de soliflucción	Soliflucción				
Pe11, Pe18	Protalusrampart	Nivación				
Pa13, Pa14, Pa15, Pa16, Pa17	Flujos de detritos	Remoción en masa	E	Holoceno / Neoglaciación		activos?
Pe23, Pe24, Pe27	Terrazas de soliflucción	Soliflucción				
Pe25	Guirnalda de soliflucción					
Pe26	Suelos ordenados					
Pe5C, Pe5D	Lóbulos de soliflucción					
G0, G20, G21, G22	Pavimento glacial	Erosión glacial	(Unidades Erosivas)			
G10	Circo					
Pe12	Nicho de nivación					Nivación

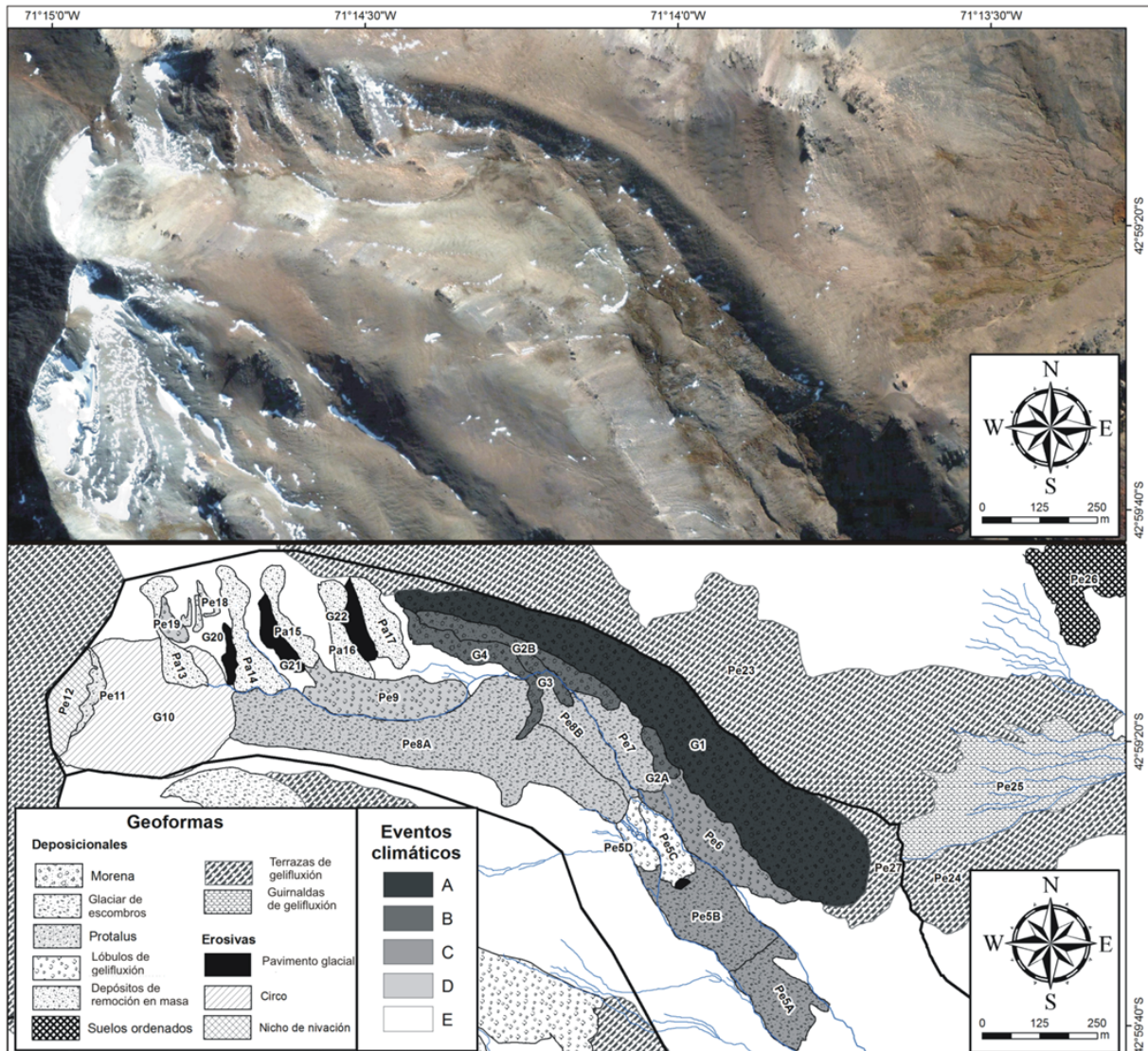


Figura 2: A: Imagen satelital Astrium (cortesía de Google Earth) del VON. B: Mapa geomorfológico del VON. (Ver tabla 1 para referencias).

En la parte más alta del circo glacial, prácticamente en la cima de la serranía, ha evolucionado, en tiempos recientes, un nicho de nivación (Pe12 en la Fig. 2 y Fig. 3) que suele conservar nieve hasta bien avanzado el verano, en cuyo límite inferior aparece una cresta de detritos muy angulosos y frescos (Protalus rampart, Pe11 en la Fig. 2 y Fig. 3). Ambas formas son consideradas activas. En los sectores más altos de la ladera norte del valle se han identificado otras unidades con evidencias de actividad como algunos flujos de detritos y pequeños conos de deyección (usualmente con hoyos en superficie, que podrían ser el producto de Termokarts). Estas formas no-glaciales, de menores dimensiones, se atribuyen a

ajustes morfodinámicos en tiempos postglaciales (procesos paraglaciales en el sentido de Church y Ryder 1972).

Independientemente del origen primario de la totalidad de las formas reconocidas dentro del VON, gran parte de la superficie de las mismas y especialmente la de los afloramientos del sustrato rocoso, muestran una cubierta de fragmentos de tamaños relativamente homogéneos, muy angulosos y frescos generados por crioclastismo reciente y actual. En estos sectores es frecuente encontrar suelos ordenados vinculados a otros fenómenos geocriogénicos. Fig 2, 3 . Tabla 1.



**Figura 3.** A: Vista hacia el este desde unidad Pe9. Al fondo el valle del Arroyo Nahuel Pan. B: En primer plano un pavimento glacial (G0), labrado por glaciares del Pleistoceno tardío, parcialmente cubierto por un lóbulo de gelifluxión (Pe5C). C: Frente de glaciar de escombros (Pe8A) modificado superficialmente por gelifluxión más moderna. D: Cima del Cerro Nahuel Pan donde se aprecian las formas de nivación activas en el presente.

## DISCUSIÓN

La secuencia glaciogénica en el VON está constituida por tres crestas morénicas (con dudas una cuarta) correspondiéndose la más externa y voluminosa con una morena lateral (G1) que representa la estabilización de un glaciar que ocupó todo el valle y cuya paleolínea de equilibrio se ubicó a una altitud mínima de 1880 m s.n.m. (límite superior de la cresta). Los relictos de las otras morenas menores e internas (G2, G3 y G4) pueden interpretarse como posiciones recesionales del mismo glaciar en el contexto de un evento climático determinado aunque parece más probable que representen englazamientos más modernos marcadamente menos voluminosos. La paleolínea de equilibrio glacial para este posterior englazamiento de valle debería ubicarse, tentativamente y como máximo, a los 1955 m s.n.m. que es la altitud del umbral del circo que se destaca en las nacientes del valle. Considerando (a) las dimensiones de la morena G1, comparables a aquellas construidas por los lóbulos de descarga del Manto de Hielo de Montaña que ocuparon los grandes valles de las inmediaciones durante el Cuaternario; (b) el muy buen estado de conservación morfo-

lógica de dicha cresta morénica; (c) el escaso grado de enterramiento y de meteorización superficial de la mayoría de los bloques distribuidos sobre su superficie y (d) el número y complejidad de formas glaciales y periglaciales que yacen en una posición interna, dentro del valle, hacen que sea pertinente correlacionar dicha unidad glaciogénica con el último gran avance glacial en la región, es decir con el Máximo de la Última Glaciación (Estadio de Isótopos de Oxígeno Marino 2). De esta manera, las estabilizaciones glaciales de las morenas G2, G3 y G4 se corresponderían con glaciaciones del Tardiglacial.

Los glaciares de escombros que yacen en el fondo y a lo largo del valle, son considerados inactivos, ya que cuentan con un incipiente desarrollo del sistema suelo-vegetación y presencia de otras formas de origen periglacial activas en superficie. Poseen una complejidad morfológica y, por lo tanto, genética mayor de la que se desprende de la figura 2. Las mismas pueden agruparse en dos grupos principales. Por un lado, aquellos depósitos lobulados ubicados a menor altitud, mencionados como Pe5 y, por otro, aquellas geoformas que yacen en el tramo superior del valle a partir de los 1710 m s.n.m. La ubicación espacial del primer grupo con respecto al resto

de las unidades reconocidas, asociada a su mayor deterioro morfológico, sugiere que su momento de formación se habría correspondido con un lapso de clima más frío que el actual, en tiempos inmediatamente posteriores al último evento glacial, correlacionable a la construcción de la morena G4. El segundo grupo de glaciares de escombros, ubicado a mayor altitud, que cuenta con un mayor grado de conservación morfológica es considerado, por lo tanto, más joven que el primer grupo. Reúne al menos dos unidades (Pe7 y Pe8) aparentemente también inactivas en base a los criterios ya mencionados, correlacionadas con otro lapso en el cual se instalaron, al menos localmente, condiciones periglaciales.

### CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Se confirma que al menos uno de los valles orientales del Cerro Nahuel Pan es una geofoma erosiva de origen glacial que habría sido ocupada en reiteradas oportunidades por glaciares de valle durante el Cuaternario. Preliminarmente y hasta tanto no se cuente con edades absolutas u otros elementos que aporten más certeza sobre la edad de estas formas del paisaje, se interpreta que el VON fue englazado durante el Pleistoceno tardío, específicamente en el Máximo de la Última Glaciación y en el Tardiglacial. Estos englazamientos locales son los más orientales de que se tenga registro en Patagonia, en estas latitudes, para esa época. Los glaciares de escombros que yacen en el fondo del mencionado valle se habrían generado durante, al menos, dos de los eventos fríos principales reconocidos para el Holoceno (las Neoglaciaciones) y se los considera, preliminarmente, como formas inactivas. Las unidades activas reconocidas (lóbulos de soliflucción, suelos ordenados, flujos de detrito, conos de deyección y nichos de nivación/Protalus ramparts, entre otros), algunas de las cuales suelen afectar la superficie de las morenas y de los glaciares de escombros, representan tanto condiciones periglaciales focalizadas en determinados sectores del valle como procesos de ajuste

paraglaciales.

### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Caldenius, C.G. 1932. Las glaciaciones Cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geografiska Annaler Serie 14 A*: 1-164.
- Church, M., y Ryder, J. M. 1972. Paraglacial sedimentation: a consideration of fluvial processes conditioned by glaciation. *Geological Society of America Bulletin* 83: 3059-3072.
- Flint, R. y Fidalgo, F. 1969. Glacial Drift in the Eastern Argentine Andes between Latitude 41°10'S and Latitude 43°10' S. *Geological Society of America Bulletin* 80: 1043-1082.
- Lizuaín, A. y Viera, R. 2010. Hoja Geológica 4372 I y II, Esquel, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 369, 72 p., Buenos Aires.
- Martínez, O. 2002. Geomorfología y geología de los depósitos glaciares y periglaciares de la región comprendida entre los 43° y 44° lat. Sur y 70°30' y 72° long. Oeste, Chubut, República Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (inédita), 216 p., Comodoro Rivadavia.
- Martínez, O. 2005. Geomorfología y geología de los depósitos glaciares y periglaciares de la región comprendida entre los 43° y 44° lat. sur y 70°30' y 72° long. oeste, Chubut, República Argentina. *Resumen. Naturalia Patagónica* 2(1): 108-112.
- Martínez, O., Argel, F. y Humai, A. 2005. Taludes estratificados relictivos en las márgenes del Arroyo Esquel. Su significado paleoambiental. 16° Congreso Geológico Argentino *Actas* 4: 109-114, La Plata.
- Ruiz, L. y Trombotto Liaudat, D. 2012. Glaciares de escombros fósiles en el Cordón Leleque, Noroeste del Chubut: Significado paleoclimático y paleogeográfico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69 (3): 418-435.
- Ruiz, L. 2013. Análisis geomorfológico, sedimentológico y cronoestratigráfico, de depósitos glaciares, periglaciares y glaciogénicos, en la Cordillera de los Andes y zonas adyacentes entre el paralelo 42° y el 43° LS, desde la última glaciación. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires 293 p., Buenos Aires.