

Análisis de estructuras sedimentarias en los “rodados patagónicos” causadas por la presencia de Permafrost en el criomero Penfordd, Puerto Madryn, Nord Patagonia, Argentina*

Analysis of the sedimentary structures in the “rodados patagónicos” due to the presence of Permafrost at the Penfordd cryomere, Puerto Madryn, North Patagonia, Argentina*

DARIO TROMBOTTO¹ y ANA-LIA AHUMADA²

¹ Centro Nacional Patagónico (Cenpat), Boulevard Brown 3000, 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina

² Instituto de Sedimentología, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, 4000 San Miguel de Tucumán, Argentina

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian diferentes perfiles con estructuras de congelamiento y descongelamiento que afectaron los “Rodados Patagónicos” en el área de Puerto Madryn, Nordpatagonia. Los “Rodados Patagónicos” son de origen fluvial y tienen asignada una edad Plio-Pleistocena. A través de estudios de fábrica se puede apoyar la hipótesis de la sincronización de ciertos eventos fríos con algunas etapas de depositación de rodados patagónicos. Los moldes de cuñas de hielo pueden ser singenéticas y también epigenéticas, y corresponden a los glaciales que se enmarcan por ahora grupalmente como Criomero Penfordd. Para las consideraciones paleoambientales relacionadas con las estructuras mencionadas es menester de la presencia de un suelo congelado permanentemente y acorde, una temperatura media anual que como mínimo tendría que haber alcanzado -4°C . La típica heterogeneidad de los perfiles está caracterizada por un sistema de “columnas”, niveles subhorizontales y capas de impregnaciones, con una estructura tipo “nougat”, de carbonatitas, constituidas principalmente por CaCO_3 , cenizas volcánicas y cuarzo. Estas estructuras dejan observar fácilmente, con el congelamiento fluvial, tanto estructuras de escurrimiento, relacionados con pulsos más húgricos, como de congelamiento. Los estudios de fábrica y de arquitectura de los sitios nos ayudan a identificar estructuras y a explicar el paleoambiente a partir del Neógeno, en donde sobresalen pulsos fríos, fuerte actividad volcánica y un medio particularmente árido o semiárido, alternando con la depositación de los Rodados Patagónicos.

Palabras clave: criomorfología, eventos fríos, Plio-Pleistoceno

ABSTRACT

The present study analyzes different profiles with structures of freezing and thawing which affected the “Rodados Patagónicos” in the region of Puerto Madryn, northern Patagonia. The “Rodados Patagónicos” are of fluvial origin and are assigned to the Plio-Pleistocene. Fabric-studies support the hypothesis of a synchronization of certain cold events and some deposition-cycles of the “Rodados Patagónicos”. The ice wedge-casts may be of syngenetic as well as epigenetic origin and correspond to the cold episodes which belong to the Penfordd Cryomere. As far as paleoenvironment is concerned, the structures mentioned above required a permanently frozen ground, which is to say a mean annual temperature of at least -4°C , indicating a temperature increase of nearly 17°C since formation time. The characteristic heterogeneity of the profiles can be described as a system of “columns”, subhorizontal levels and layers of impregnation forming a “nougat-structure”, composed mainly of CaCO_3 , volcanic glass and quartz. The structures reveal phenomena of leakage and freezing in the fluvial conglomerate. The analyses of the clast-fabric and architecture of the sites allow to recognize structures and reconstruct the paleoenvironment from the Neogene on. An environment with cold impulses, an important volcanic activity and particularly arid or semiarid climatic conditions alternating with the deposition of the “Rodados Patagónicos” as outstanding features.

Key words: cryomorphology, cold events, Plio-Pleistocene

* Este trabajo fue presentado en el taller internacional “El Cuaternario de Chile”, Santiago, noviembre de 1993, y debió aparecer en el vol. 67, n° 4 de la Revista Chilena de Historia Natural, donde se publicaron los trabajos del taller.

INTRODUCCION

El origen de los Rodados Patagónicos fue discutido por muchos autores y en diferentes épocas. En general, se pone énfasis que en su génesis, distribución y depositación en diferentes lugares de la Patagonia, han intervenido diversos agentes exógenos. Feruglio (1950) y Auer (1956) hacen un resumen sobre hipótesis y teorías a partir de diferentes autores. Fidalgo & Riggi (1970) establecen una relación entre los Rodados Patagónicos y dos grupos de unidades geomorfológicas. Mientras un grupo estaría relacionado con formas glaciares y fluvio-glaciares, particularmente de la última glaciación y en la zona cordillerana, el otro lo estaría con pedimentos y terrazas fluviales, cuyos depósitos serían de edad más antigua. Caldenius (1940) menciona la participación de la soliflucción asociada a ciclos de denudación que interactuaron durante los criómeros en el este patagónico.

Lo cierto es, que fríos intensos, vulcanismo y condiciones de aridez parecen haber azotado a la Patagonia periódicamente desde hace millones de años. Los episodios fríos no solo provocaron glaciaciones de alcance cordillerano, sino que durante la gran glaciación (ca. 1,2 Ma Mercer 1976) los cuerpos de hielo alcanzaron el Atlántico en el sur de la Patagonia. "Glacioblastos" (Groeber 1950), o englazamientos locales, sin extensos alcances subregionales, regulados quizás por la aridez, quedan aún con interrogantes. Desde el Messiniano, y posiblemente antes, la Cordillera Austral atestigüa glaciaciones (Mercer & Sutter 1982). Las características sedimentarias del "Rionegrense", por otro lado, parecen expresar ya las condiciones frías y la aridez, mientras que la actividad volcánica no cesa de contribuir con material eruptivo. González & Trombotto (1990) supusieron que las condiciones paleoambientales que reinaron durante los criómeros antiguos, a partir del Mioceno y del levantamiento de la Cordillera de los Andes, se acompañaron de una intensificación de los vientos del W e incrementaron la aridez en las latitudes medias de Argentina

Los perfiles de "Rodados Patagónicos" (RP), con características formacionales, muestran claramente los medios sedimen-

tarios fluviales, que expresan los pulsos hídricos no solo para la Cordillera, sino para la Patagonia. Estos pulsos participaron en la distribución y acumulación de los RP a partir del Plioceno-Pleistoceno. El análisis de los depósitos de RP muestra también que fueron afectados por el congelamiento y el descongelamiento.

Perturbaciones por congelamiento y descongelamiento, moldes de cuñas de hielo y la necesidad de la existencia del permafrost asociados a los RP ya fueron descritos en Nordpatagonia por Auer (1956 y 1970), Czajka (1955) y por Liss (1969). En 1981 se publica la hoja geológica de Puerto Madryn (43 h), en donde Haller agrupa las estructuras de congelamiento, bajo el proceso de crioturbación y las ubica temporalmente antes o al comienzo 941 de la depositación de los RP. Posteriormente estas estructuras fueron consideradas desde un punto de vista paleopedológico (Del Valle y Beltramone 1987) y ubicadas como fenómenos del "Late Glacial" (Corte y Beltramone 1984; Beltramone 1989; Corte 1991). Vogt (1990) estudia precipitaciones químicas relacionadas con estas formas criogénicas.

Trombotto (1992) agrupó el conjunto de fenómenos fríos bajo el nombre de "Penfordd"; un grupo de procesos criogénicos que interactuaron durante y después de la depositación de los RP en el área de Puerto Madryn.

Los objetivos de este trabajo son a) analizar las formas criogénicas; b) definir con técnicas conocidas las estructuras de congelamiento y descongelamiento en los RP y c) tratar de reconstruir la historia paleoambiental en el marco sedimentario que corresponda.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

El área de estudio abarca los alrededores de la ciudad de Puerto Madryn a 42° 47' L.S. y 65° 59' L.W. (Fig. 1) y bordeando la denominada "Meseta Central". Esta última termina, cercana al Atlántico, en un típico paisaje reducido de "bad lands", que se desarrolla principalmente en el Patagoniano

(Mioceno marino) y en el Neógeno. A este último corresponden los sedimentos de la 941 formación "Puerto Madryn" (Haller 1981): Entrerriense y Rionegrense, que son de origen marino, de aguas someras y continentales con innumerables y representativos fósiles de invertebrados, vertebrados y flora.

La tectónica se expresa a través de lineamientos regionales NE-SW y variaciones en el perfil litológico. La costa nordpatagónica es ascendente diferencialmente (Codignotto et al 1991). Cercanas a los farallones de la meseta se observan suaves ondulaciones, los "Bryniau Penfordd" (Bryniau plural de Bryn, del galés: loma; Penfordd, del galés Penffordd: camino principal), seguramente relictos de ciclos de denudación con influencia periglacial.

La temperatura media anual (TMA) de la zona es de 13.6° C y la precipitación media anual es de 173 mm. Entre 1905 y 1950 la máxima registrada fue de 39.7° C y la mínima absoluta de -11.6° C. Los vientos

preponderantes son del oeste. De acuerdo a Troll y Paffen (1969) el clima pertenece al templado fresco, de estepa (D) y semi-desierto (III, 12a). Fitogeográficamente pertenece el área a la provincia del monte, faciación de *Larrea divaricata*, *L. nítida*, *Prosopidastrum globosum*, *Boungainvillea spinosa* y *Condalia microphylla* (Cabrera 1976).

Sobre el Neógeno se depositaron discordantemente los RP de origen fluvial y edad plio-pleistocena. Los perfiles típicos presentan comunmente un horizonte continuo, menor de un metro, con líticos no muy grandes (diámetro medio aprox. 3-5 cm), fábrica desordenada y matriz rica en Ca CO₃ (con horizontes entre 30 % y 55 %), cuarzo y vidrio volcánico, principalmente. Su espesor es variable, hasta un metro. Excepcionalmente, comprende lateralmente un paleosuelo con pedalidad poliédrica, color: 8.3 5YR / 8.4 7.5YR, rico en Ca CO₃ (24 %), bajo contenido en arcillas e importante en limos (26 %) y arenas (36 %).

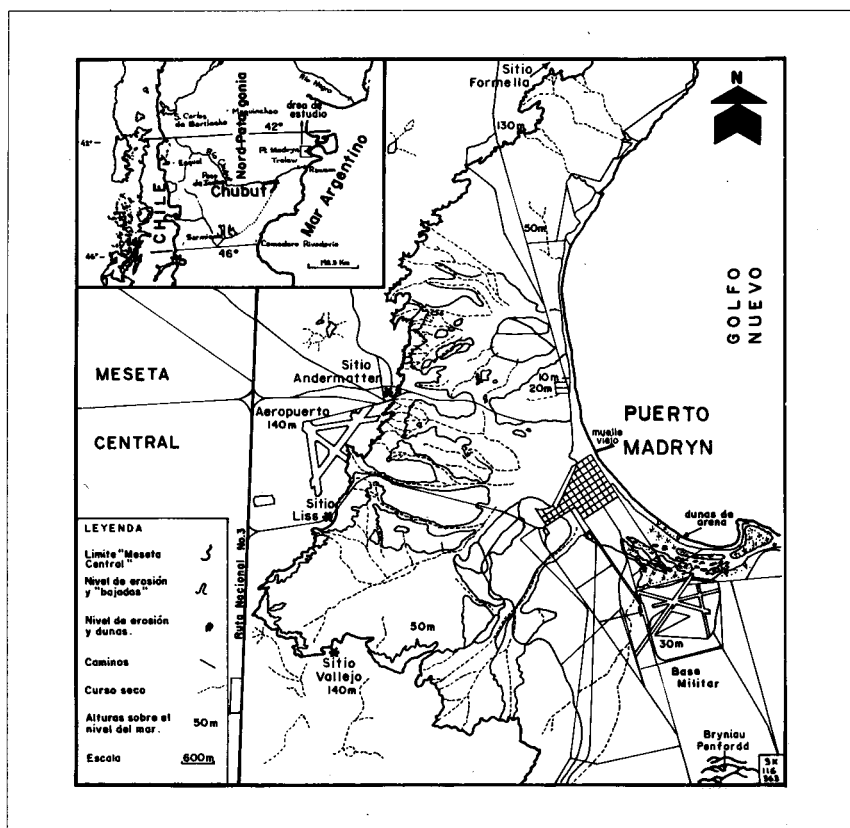


Fig. 1: Mapa de la zona de estudio basado en fotografías aéreas (1969-1971).

Map of the study zone based on aerial photographs (1969-1971)

Debajo de esta capa se observa un típico desarrollo de "columnas", niveles horizontales y subhorizontales que resultan de la impregnación de los RP con un material tipo "tosca", con una composición similar a la citada anteriormente. Estas estructuras representan un esqueleto que estuvo vinculado con la escorrentía de aguas subsuperficiales y con el sublavado de minerales. Este reticulado carbonático es mencionado porque conserva y a su vez está relacionado estrechamente con las estructuras criogénicas; aparte, ayuda a identificarlas (Fig. 2). Los espacios libres o "ventanas" constituyen lugares de gran inestabilidad (Trombotto 1992).

Los calcretes nombrados, con variada composición de Ca CO_3 , tanto horizontal como verticalmente, se presentan en una gama diversa de estructuras: desde la masiva, tipo turrón que ha sido denominada "estructura nougat" (Trombotto 1992), hasta la pulverulenta, que es habitual en las "ventanas". Los tipos de calcretes se relacionan con la concentración mineral, y muy posiblemente, con la edad. Un tipo concrecional de estructura carbonática se presenta como tipo "cebolla", en capas concéntricas y silíceas (Trombotto 1992).

Sobre los niveles de RP se observan generalmente sedimentos eólicos que son atribuidos al Holoceno y se depositaron dentro de un paleoambiente frío y de aridez. Los depósitos fueron denominados informalmente "Camwy" (Trombotto 1992). Las características granulométricas de este depósito, en el perfil Liss, expresan la media en arena muy fina (39 %) mientras el contenido en limo es de 23 % y el de arcilla 7 %. Formas criogénicas aparecen en los estratos superiores del Terciario superior, límite con los RP, en los RP y entre los RP y los depósitos holocénicos.

Los sitios mencionados en el texto y en donde se construyeron y estudiaron los principales perfiles son los siguientes: 1) Liss; 2) Andermatten y 3) Vallejo (Fig. 1).

MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo seleccionando sitios apropiados, en donde las

formas criogénicas estuvieran claras y caracterizaran los procesos a investigar. Para ello se tiene que tener en cuenta la heterogeneidad de los perfiles del ambiente periglacial y la dificultad de estudiarlos en su discontinuidad lateral. Se levantaron perfiles de acuerdo a pautas geocriológicas y se los caracterizaron con todas las técnicas posibles. Para las texturas sedimentológicas se usaron los métodos tradicionales, se tamizó en húmedo y también en seco. Para los limos y arcillas se utilizó el método de la pipeta. Los datos estadísticos fueron obtenidos de acuerdo a las fórmulas de Folk y Ward (Pettijohn et al 1987). En algunos perfiles de RP se tomaron muestras cada 15/20 cm, hasta 4 m de profundidad para determinar texturas, variaciones y relaciones con los depósitos carbonáticos. Para los análisis de fábrica y sitimetría se utilizó la metodología empleada por Ahumada y Trombotto (1984) para ambientes periglaciales actuales, en este caso se usó red de Wulff.

RESULTADOS Y DISCUSION

El estudio detallado de un perfil en Liss (Fig. 3) permite observar claramente la relación entre las granulometrías de los RP y una impregnación de tipo carbonática (Fig. 4). El carbonato se introdujo desde arriba hacia abajo por la movilización de aguas mineralizables en diferentes momentos. Este transporte está relacionado con la textura abierta original del aluvio y estuvo condicionado por las variaciones granulométricas que presentan los RP, especialmente por sedimentos finos escurridos, por ejemplo a los 80 cm y 135 cm (ver Fig. 4). Se estará insinuando a 135 cm la base de una capa activa? Las perturbaciones de fábrica por criogénesis también ayudaron a la depositación de minerales. Los calcretes resultantes, de tipo variado, se interrumpen verticalmente, vinculan capas con estructuras criogénicas, por ej. moldes de cuñas singenéticas, y se cubren con otras de RP variables en textura, estructura y matriz (Fig. 5).

Mientras el reticulado tridimensional de los perfiles expresa el movimiento de las



Fig. 2: Cuña de hielo epigenética. Sitio Liss.
Epigenetic ice wedge. Liss site.

aguas mineralizadas, siguiendo el modelo de un craquelamiento por desecación a gran escala, las "columnas" parecen indicar las zonas de debilidad y agrietamiento por donde deben haber entrado y escurrido los líquidos mineralizados. Presumimos también en estas vías la recurrencia del

sublavado y la profundización de la "tosca". En las "ventanas" las medias y medianas texturales son mayores de 2 phi y caen claramente en la granulometría de grava. Retirando el componente carbonático, que determinan las formas, los estadísticos de "ventanas" y "columnas" son muy similares. Las "columnas" y apófisis, sin embargo, muestran la presencia importante de los componentes finos, como arenas finas, que en las "ventanas" están claramente reducidas. Limos y arcillas que son prácticamente nulos en las "ventanas" oscilan entre 2 y 3 % en las "columnas" y apófisis.

Muchos de los procesos mencionados parecen haberse concretado con la presencia de permafrost y la paleo-capta activa, con espesor variable parece haber influido en la circulación y en el sublavado de minerales. Las "columnas" pueden estar asociadas a pseudomorfos de cuñas de hielo, (Fig. 6) que son reconocibles por muchas características (Trombotto 1992). Se piensa que los ciclos de congelamiento y descongelamiento bien pudieron ayudar a la precipitación de Ca CO_3 (Hallet 1976).

A través de dataciones absolutas se relacionaron los calcretes con el "Late Glacial" (Corte y Beltramone 1984; Corte 1991), sin embargo, las variaciones y conexiones verticales y horizontales de los carbonatos bien pudieron haber afectado el fechado. Estas dataciones podrían, a pesar

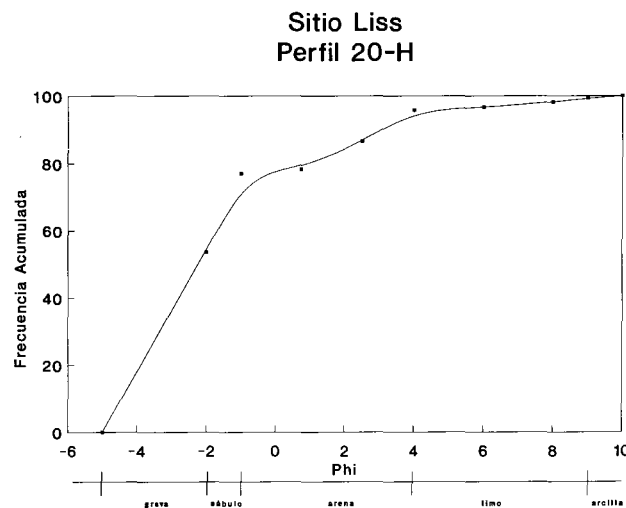


Fig. 3: Curva textural de frecuencia acumulada del relleno de un molde de cuña singenética.
Texture curve of the cumulative frequency of the fill of the syngenetic wedge-cast.

de todo, relacionarse con el último "ciclo de carbonato". La depositación de CaCO_3 debe ser posterior a la génesis de las estructuras, pero los diferentes tipos de calcretes hacen pensar en varios ciclos y en viejas edades. El análisis textural de superficies de granos de cuarzo apoya la hipótesis de una larga actividad post-deposicional. Los sedimentos finos parecen provenir de los RP y de acuerdo a las texturas superficiales de los cuarzos el material alóctono es muy difícil de reconocer por la importancia que las categorías químicas alcanzan. Estos conceptos presumen mucha antigüedad para el material de relleno de las estructuras criogénicas fósiles (Trombotto 1992).

Los ciclos de carbonatación parecen estar vinculados con episodios fríos (Nilsson 1983). Asociado a los criómeros, el estudio isotópico cuidadoso, podría ayudar en este tema. La gran extensión en que se presentan los calcretes patagónicos, desde la cordillera hasta la costa, inclina a creer que bien pudieron los vientos haber transportado el material carbonático original en forma de polvo (P.W., 1984). Material con estructura pulverulenta es común y observable en las "ventanas".

Los ciclos de carbonatación mencionados tienen que haberse alternado con desecación y con pulsos hídricos, que son los que ayudaron a que las aguas mineralizables movilizaran los minerales en un

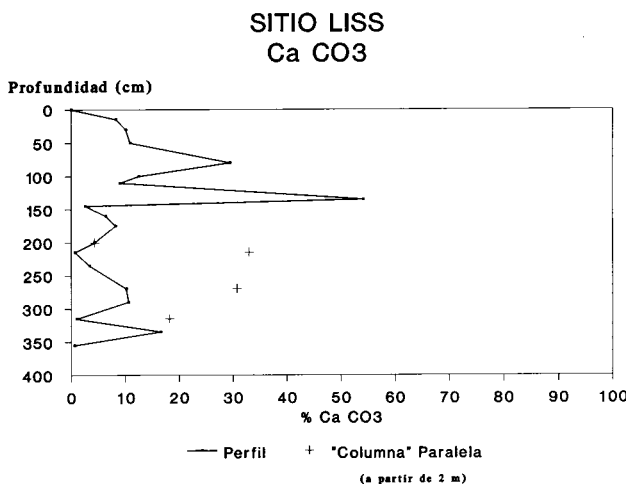
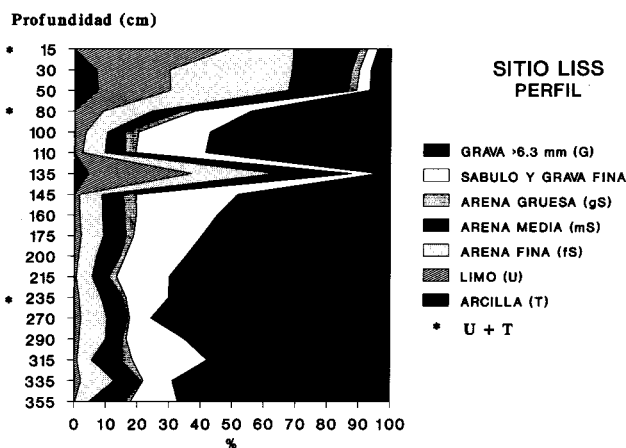


Fig. 4: Perfil de porcentajes granulométricos y de CaCO_3 , Sitio Liss.

Profile of granulometric and CaCO_3 percentages. Liss site.

ambiente de semidesierto. Podrán estar estos pulsoshígricos relacionados con la actividad volcánica? Por la textura abierta del aluvio, por vías interenlazadas, como por la cantidad de lluvia disponible, los calcretes aumentaron su desarrollo en profundidad y modificaron los depósitos ya existentes. Parece certero pensar que el régimen de temperaturas se mantuvo muy frío en muchas ocasiones, de esta manera también las aguas mineralizantes pudieron, con mayor contenido en CO_2 tener mucha más capacidad de lavado y de transporte de Ca CO_3 . La presencia de tanto material eruptivo expresaría, periódicamente, una alta actividad volcánica, muy importante, ya que los gases volcánicos

tienen un alto contenido en CO_2 y capacidad de haber alterado el paleoclima. Paleoambientes, como perturbaciones periglaciales o texturas sedimentarias de origen fluvial, pueden ser identificados a través del estudio de las fábricas siguientes:

Sitio Liss (Fig. 6)

Rumbo perpendicular a la pared: 350° Exposición: SE. El perfil presenta perturbaciones criogénicas visibles y un molde de cuña de hielo singenética cuyas características son las siguientes: a- forma de cuña con parte superior ancha e inferior estrecha, con "rarificación" en profundidad;

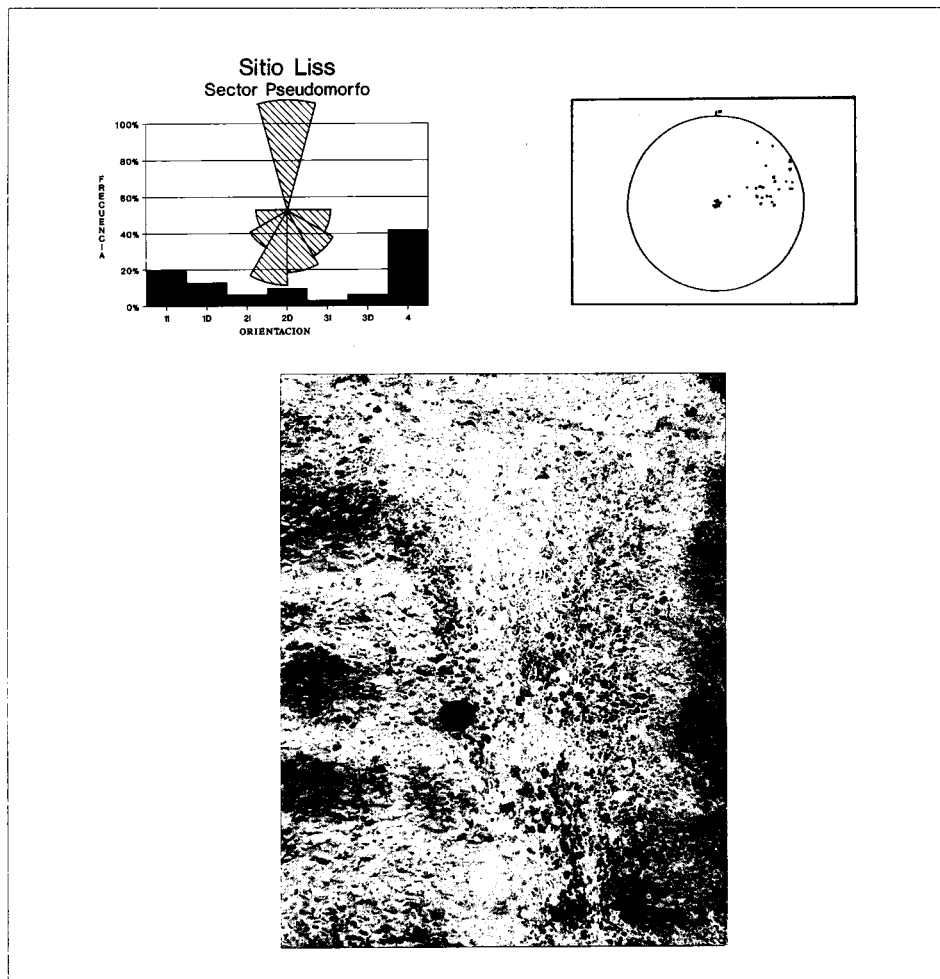


Fig. 5: Molde de cuña de hielo singenética (ver Fig. 6) en el sitio Liss. El círculo negro es una tapa de lente de 5,4 cm de diámetro. Diagramas adjuntos: sitometría y diagrama de polos.

Syngenetic ice wedge (see Fig. 6) at Liss site. Black circle is a lens cover of 5.4 cm in diameter. Adjacent diagrams: sitometrics and pole diagrams.

forma parte de una "columna"; b- deformación difusa de las zonas laterales en la "columna" y cambios visibles y deformación hacia arriba en los líticos adyacentes; c- relación visible con niveles subhorizontales de calcretes; d- fábrica vertical de los líticos que rellenan el molde; e- estratificación subvertical del relleno del molde; f- parte superior cóncava con erosión diferencial; g- ápice pequeño e irregular incrustado en la "columna" (Trombotto 1992). La Fig.4 muestra la textura del molde a través de la distribución de frecuencia acumulada. Analizando la distribución granulométrica (< de 20 mm) y los estadísticos, que caracterizan el relleno del molde de cuña de hielo, se encuentra con una curva leptocúrtica, con asimetría entre 0.2-0.3 y desviación estándar muy pobre. La media y la mediana corresponden a la fracción granulométrica de sábulo. En el material < de 2 mm el porcentaje mayor corresponde a arena fina (Trombotto 1992). Limos y arcillas juntos alcanzan 4,2 % (3,5 % de limo). En la Fig. 6 pueden observarse los siguientes focos de análisis situmétricos: 0- Sector Pseudomorfo: Máximo de 42 % en el grupo 4, caracteriza una estructura de colapso vinculada a una estructura criogénica. El diagrama de polos muestra una evidente concentración en el centro, lo cual define una tendencia marcada hacia la verticalidad de los clastos. Los demás polos se ubican en una región de orientación NE con una pseudo-verticalidad (se mueven desde el exterior del círculo hacia el interior). 1- Sector Superior "Tipo Ventana": Polimodalidad. Cierta preferencia en 3I (27 %). En el diagrama de polos se observa bimodalidad: un grupo con orientación NE y otro ENE. 2- Sector "Columna": Máximo (37 %) en 2D; mínimo (6 %) en 3D. Los restantes observan una buena repartición entre los otros grupos con cierta preponderancia en los grupos de la izquierda. En el diagrama de polos se observa una variación de la tendencia regional hacia el E. Esto se podría atribuir a la actividad de los procesos de relleno y flujos mineralizantes que están condicionados por la pendiente del momento. 3- Sector "Ventana" Izquierda: Polimodalidad. Hay una baja preponderancia en 1I (25 %).

El diagrama de polos en este sector de "ventana" presenta una disposición en sentido E-SE. 4- Sector Nougat: Polimodalidad. Cierta preferencia en 3D (23 %). En el diagrama de polos una tendencia marcada hacia el E-NE. La perturbación criogénica (soliflucción y/o crioturbação) de este nivel superior de los RP puede ser la causa de la heterogeneidad situmétrica. 5- Sector "Ventana" Derecha: Máximo en 1I de 34 %. Buena repartición de las orientaciones en los grupos restantes. El diagrama de polos de este sector presenta una disposición bien definida en sentido E-SE. 6- Sector Apófisis Derecha: Máximo en 2I de 48 %. En el diagrama de polos la orientación mayoritaria es al NE. De lo anterior se puede deducir lo siguiente:

a) Que el molde de cuña es perfectamente identificable, porque también las características de los diagramas muestran la tendencia a la verticalización de los clastos.

b) Hay una gran variación en las orientaciones de los clastos que motiva la polimodalidad. Esto puede deberse a imbricaciones originadas durante la depositación de los rodados y/o a las perturbaciones por congelamiento y descongelamiento.

c) En el sector inferior del perfil se marcan ciertas diferencias. Si se considera una dirección general de flujo hacia el NE (ver Groeber 1952; Haller 1981), se notan diferencias en las "ventanas" inferiores (Fig. 6), como en la apófisis (6), en donde las frecuencias están relacionadas con un rumbo E-SE. Esto último induce a pensar que los rodados pueden estar influenciados por otra paleosuperficie y una variación en la pendiente local, en donde al encontrarse en los niveles inferiores y de colmatación menor de un bajo de relleno de RP la variabilidad es mayor. Se estaría perfilando ya el "Bajo Grande"?

d) Se considera también, que las grietas, aperturas en la paleosuperficie y las soluciones carbonatadas, junto con su posterior mineralización, contribuyeron a variar la disposición original de los clastos.

Sitio Andermatten (Fig. 7)

Rumbo perpendicular a la pared: 90° Exposición: W1- Sector "Columna": Máximo en

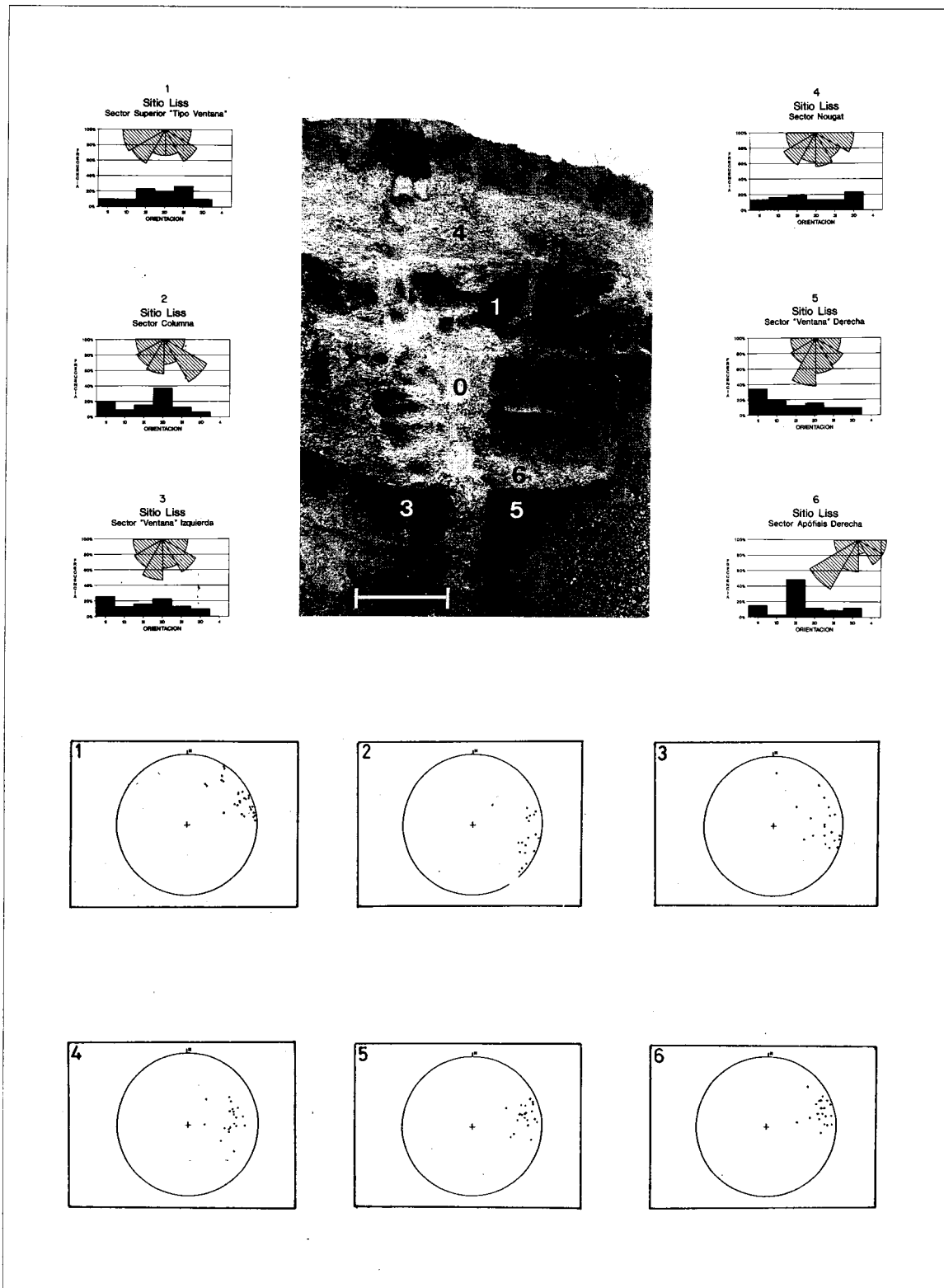


Fig. 6: Perfil Sitio Liss. Escala: 65 cm. Los números corresponden a los diagramas adjuntos. 0 corresponde a la Fig. 5.

Site Liss profile. Scale: 65 cm. Numbers correspond to adjacent diagrams. 0 corresponds to Fig. 5.

2D (42 %); mínimo en 3D (6 %). Cierta preponderancia en las orientaciones de los grupos de la izquierda. El diagrama de polos muestra una tendencia regional hacia el NNE. -Is1

2- Sector "Ventana" Izquierda:

Polimodalidad. En 3I valor .

3- Sector "Ventana" Derecha:

Polimodalidad. Cierta preferencia en 1I (30 %).

Los diagramas de polos confirman la polimodalidad en 2 y 3. No se identifican estructuras de colapso o estructuras periglaciales. A pesar de las similitudes

con el sitio anterior el perfil está expuesto hacia el W. En los tres casos y considerando un ambiente subácueo, las orientaciones indicarían una dirección del flujo hacia el NE. Mientras las "ventanas" no se modifican internamente y mantienen la estructura de depositación, la "columna" expresa una línea de debilidad o grieta acorde a la dirección de flujo y a la pendiente general.

Sitio Vallejo (Fig. 8)

Rumbo perpendicular a la pared: 190°
Exposición: NW.1- Sector Pseudomorfo:

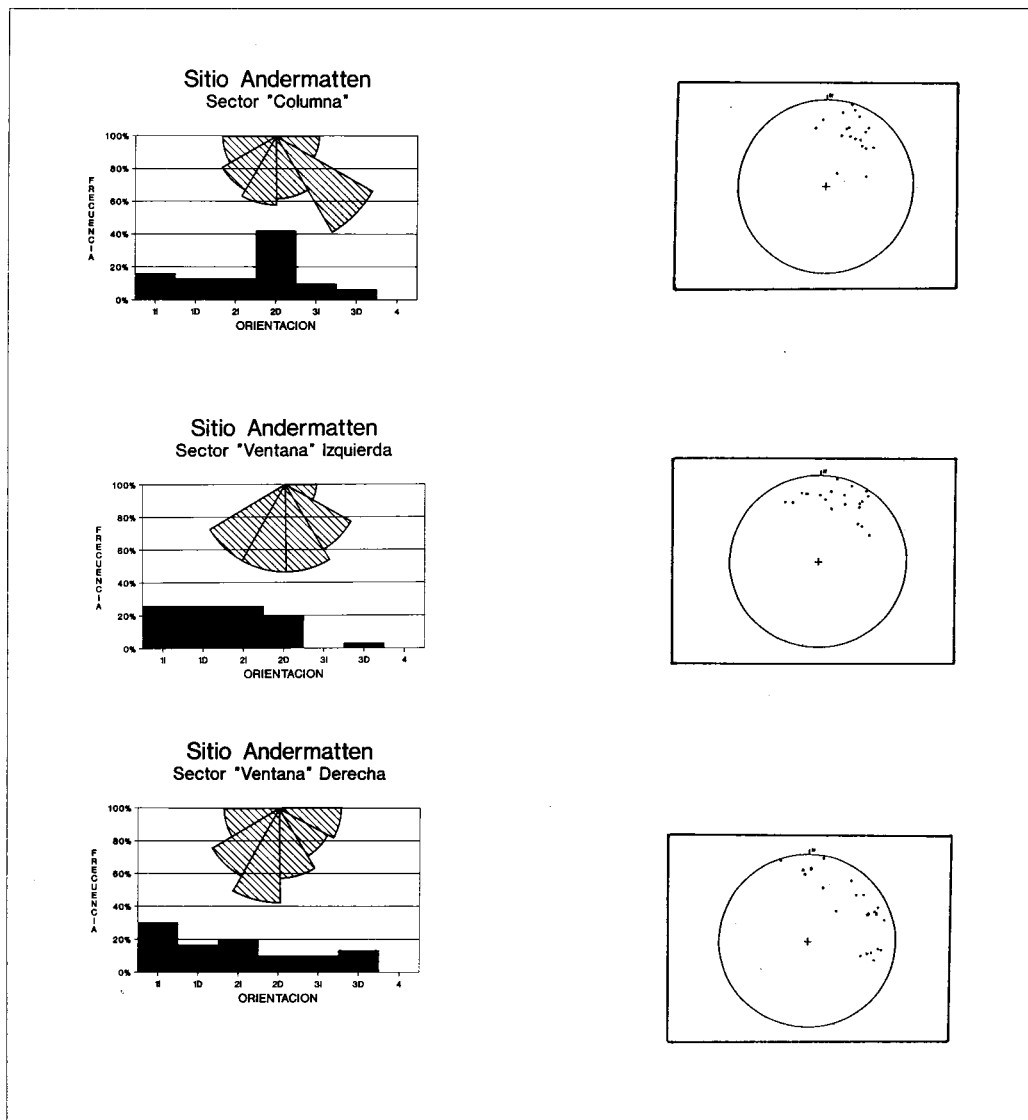


Fig. 7: Conjunto de gráficos simétricos y diagramas de polos en el sitio Andermatten.

Site-metric graphs and pole diagrams at the Andermatten site.

Máximo en 2D (27 %) y en el grupo 4 (24 %). El diagrama de polos manifiesta verticalidad de los clastos y dos grupos con tendencia a la vertical. 2- Sector Bolsillo Derecho: Máximo en 1D (27 %) y en 2D (23 %). En 3I el valor es 0. El diagrama de polos muestra un núcleo que indica verticalidad de los clastos y un grupo de orientación E-SE. 3- Sector Derecho: Máximo en 1D (31 %). En 2D y en 3D los valores son iguales y moderados (21 %); en 3I el valor es 0. El diagrama de polos se comporta idéntico al caso anterior.

A través del análisis situmétrico y los diagramas de polos se puede observar que se diferencia con cierta facilidad una estructura de colapso. El máximo en 2D, en el sector pseudomorfo, podría estar relacionado con la fábrica original. Los casos 2 y 3 son bastante similares y apoyarían la dirección de flujo regional hacia el NE.

CONCLUSIONES

- 1) Fenómenos fríos agrupados como el "Criómero Penfordd" han afectado a los "Rodados Patagónicos" durante y después de su depositación.
- 2) Los pulsos glaciales más fríos, con un ambiente de permafrost patagónico, son los causantes criogénicos de contracción térmica y moldes de cuñas singenéticas y epigenéticas en los perfiles de RP. Los pseudomorfos indicarían un incremento subregional de la TMA de alrededor de 17°C , ya que hoy en día y con condiciones litológicas similares, las cuñas de hielo existen con una TMA de $-3.5^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$.
- 3) Diferentes episodios crioméricos motivan una capa de congelamiento y descongelamiento fluctuante y con procesos de desecación. Esto permite explicar un

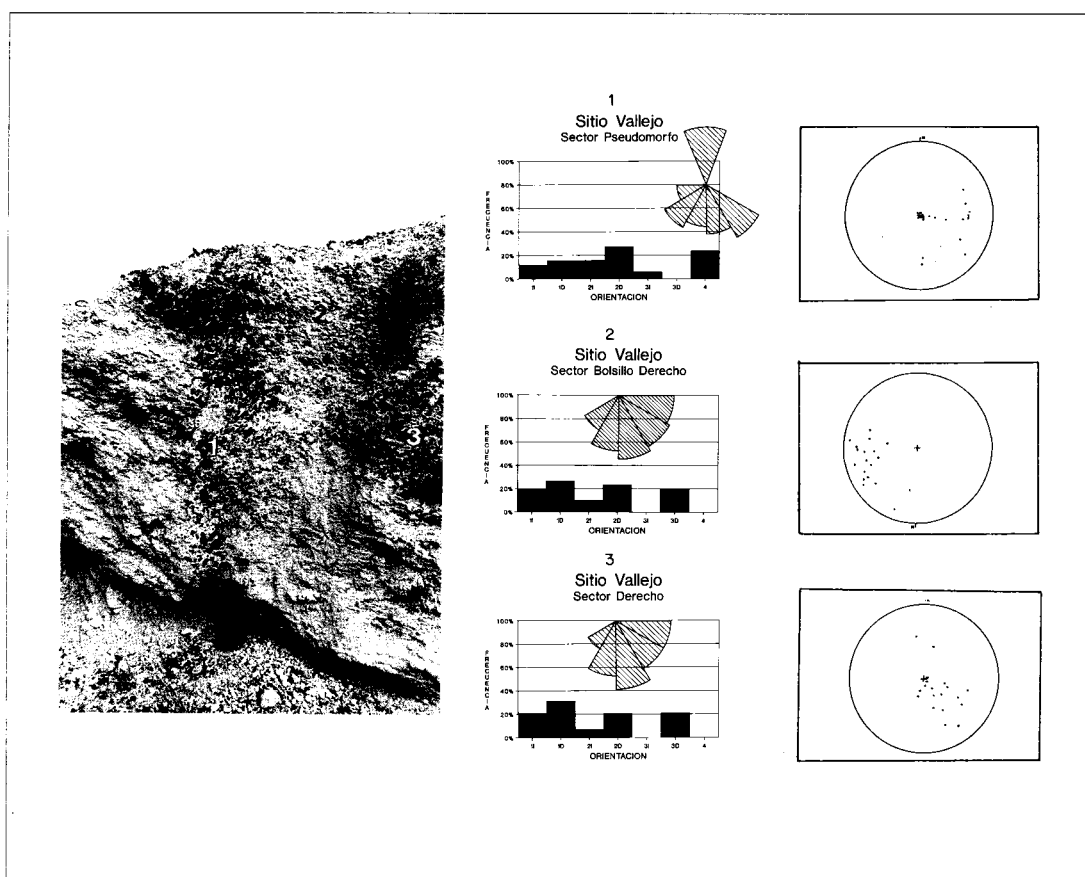


Fig. 8: Molde de cuña de hielo epigenética, Sitio Vallejo. Profundidad: 1.30 m. los números corresponden a los diagramas situmétricos y de polos adjuntos.

Epigenetic ide wedge, Vallejo site. Depth: 1.30 m. Numbers correspond to the adjacent site metric and pole diagrams.

crquelado en redes que posibilita vías de circulación de aguas mineralizantes.

4) "Columnas" y niveles subhorizontales, relacionados posteriormente con diferentes ciclos de carbonatación, expresan las vías de circulación y agrietamiento que perturban la fábrica original de los RP. La mineralización contribuye a los cambios en la orientación de los clastos. Las "ventanas", también quizás más lentas en el paleoproceso de descongelamiento, representan los espacios sin depositación carbonática importante y de tránsito.

5) Los calcretes resultantes estuvieron condicionados por episodios de aridez y están asociados a cambios texturales en los RP que ayudaron a la carbonatación.

6) En los perfiles de RP es posible diferenciar dos niveles morfológicos bien diferentes. El nivel superior presenta variaciones texturales importantes y una fábrica desordenada que puede estar asociada a fenómenos periglaciales. El nivel inferior manifiesta una tendencia de los clastos E y NE.

7) La orientación preferencial E y NE está modificada en los sectores inferiores de bajos de relleno de RP por cambios locales de pendiente.

8) El nivel inferior de RP, caracterizado por "columnas" y "ventanas", presenta variaciones en las orientaciones de los clastos que están asociadas a las redes que se desarrollaron en la paleo-capa activa o en una capa de congelamiento, descongelamiento y desecación.

9) Los moldes de cuñas de hielo muestran en los clastos la tendencia a la verticalidad y son diferenciados perfectamente en los diagramas de las técnicas usadas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó gracias al PIA 0122/90 otorgado por CONICET. Estamos muy agradecidos al Ing. Químico Héctor Alcántara y a ALUAR por su colaboración con los laboratorios y el Centro de Cómputos, al Prof. Dr. Dietrich Barsch (Universidad de Heidelberg), al Dr. Gerardo Bossi del Instituto de Sedimentología de la Universidad Nacional de Tucumán y al Sr. Fernando Jaguer (CENPAT).

LITERATURA CITADA

- AHUMADA A.-L y D TROMBOTTO 1984. Estudios Periglaciales en la Lagunita del Plata, Provincia de Mendoza. Noveno Congreso Geológico Argentino. S.C. de Bariloche, Actas IV, 22-34.
- AUER V 1956. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Part I: The Ice and Interglacial Ages. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, III. *Geologica-Geographica*, 226 pp, 1970. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Part V: Quaternary Problems of Southern South America. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, III. *Geologica-Geographica*, 194 pp.
- BELTRAMONE CA 1989. Observations of fossil ice wedges corresponding to two cryogenic periods in Puerto Madryn surrounding areas. IGCP Project Nr. 297: "Geocryology of the Americas", Abstracts and Reports, 23-23, Mendoza.
- CABRERA A 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, Tomo II, 1, 85 ps., Buenos Aires.
- CALDENIUS C1940. The Tehuelche or Patagonian Shingle-Formation. *Geografiska Annaler* 22, H. 3-4, 160-181.
- CODIGNOTTO JO, RR KOKOT & SC MARCOMINI 1991. Neotectonism and Sea-Level Changes in the Coastal Zone of Argentina. *Journal of Coastal Research*, 8 (1), 125-133.
- CORTE A 1991. Chronostratigraphic Correlations of Cryogenic Episodes in Central Andes and Patagonia. *Permafrost and Periglacial Processes*, Vol. 2, 67-70.
- CORTE A & C BELTRAMONE 1984. Edad de las Estructuras Geocriogénicas de Puerto Madryn, Chubut, Argentina. *Acta Geocriogénica* Nr. 2, 67-72, Mendoza.
- CZAJKA W 1955. Rezent und pleistozöne Verbreitung und Typen des periglazialen Denudationszyklus in Argentinien. *Acta Geographica* 14, Nr. 10, 121-140, Helsinki.
- DEL VALLE HF & CA BELTRAMONE 1987. Morfología de las Acumulaciones Calcáreas en algunos Paleosuelos de Patagonia Oriental (Chubut). *Ciencia del Suelo*, Vol. 5, Nr. 1, 77-87.
- FERUGLIO E 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. Tomo III: 431 ps, YPF, Buenos Aires.
- FIDALGO F & JC RIGGI 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, T. XXV, Nr. 4: 430-443.
- GONZALEZ M-A. & D TROMBOTTO 1990. Neogene Sand Desert Development During Global Cooling Episodes in Southern South America. *Fundación Carl C:zon Caldenius, Notas Técnicas y Científicas*, 3, 10 ps., Buenos Aires.
- GROEBER P 1950. Quartäre Vereisung Nordpatagoniens. *Sonderdruck der Zeitschrift "Südamerika"*, 6 S., Buenos Aires.
- GROEBER P 1952. Glacial, Tardío y Post-Glacial en Patagonia. *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional de Mar del Plata*, Vol. 1, 1, 79-103.
- HALLER MJ 1981. Descripción Geológica de la Hoja 43h - Puerto Madryn. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* Nr. 184, 41 ps.

- HALLET B 1976. Deposits formed by subglacial precipitation of Ca CO₃. Geological Society of America Bulletin, Vol. 87, 1003-1015.
- LISS, C.CH., 1969. Fossile Eiskeile (?) an der patagonischen Atlantikküste, Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Band 13, Heft 1, 109-114.
- MERCER JH 1976. Glacial History of Southernmost South America. Quaternary Research 6, 125-166.
- MERCER JH & JH SUTTER 1982. Late Miocene-Earliest Pliocene Glaciation in Southern Argentina: Implications for Global Ice-Sheet History. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 38, 185-206.
- NILSSON T 1983. The Pleistocene. Enke, 651 pp., Stuttgart.
- PETTIJOHN FJ, PE POTTER & R SIEVER 1987. Sand and Sandstone. Springer Verlag, 553 pp., T.L., 1984. Deposition of Windblown Dust in Central Arizona, USA. En M. Pécsi (ed), Lithology and Stratigraphy of Loess and Paleosols, Hungarian Academy of Sciences, 305-325, Budapest.
- TROLL C & KH PAFFEN 1969. Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde. Erdkunde, Band XVIII, 28 S.
- TROMBOTTO D 1992. The Cryomere Penfordd, Patagonia. International Workshop: "Permafrost and Periglacial Environments in Mountain Areas", 3rd. Meeting IGCP Project 297: "Geocryology of the Americas", 33 pp., Calgary.
- VOGT T 1990. Cryogenic Physico-chemical Precipitations: Iron, Silica, Calcium Carbonate. Vol. 1, (3 & 4), 283-293.