

O ESTUDO DOS GLACIARES NO VALE DO HORCONES INFERIORES (CERRO ACONCÁGUA, ARGENTINA). Os glaciares rochosos, cobertos e formas cataglaciares existentes na área.

Carla Mota
Universidade de Coimbra
carlaalexmota@gmail.com

Lúcio Cunha
Universidade de Coimbra
luciogeo@ci.uc.pt

EIXO TEMÁTICO: RISCOS, SOCIEDADE E FENÔMENOS DA NATUREZA

Resumo

O glaciar Horcones Inferior, um glaciar coberto, é um exemplo típico dos glaciares de montanha andinos. O seu estudo permite perceber a dinâmica destes glaciares no Holocénico, através da análise dos seus recuos e avanços, bem como das marcas geomorfológicas dessa dinâmica. A tipologia dos glaciares do vale do Horcones Inferior é bastante distinta dos glaciares mais estudados na actualidade. Predominam glaciares cobertos, rochosos e formas cataglaciares. A sua investigação pretende tirar ilações sobre a dinâmica dos glaciares na região andina, inserindo-se num conjunto de estudos que, à escala mundial, poderão ser de importância vital para a compreensão das dinâmicas glaciares actuais. A investigação efectuada até ao momento permitiu fazer uma caracterização da dinâmica do glaciar através do estudo detalhado da geomorfologia do vale.

Palavras-chave: Glaciares, Horcones Inferior, Geomorfologia Glaciar, Andes, Dinâmica glaciar.

Abstract

Glacier Horcones Inferior is a covered glacier, and a typical example of Andean mountain glaciers. Its study will allow us to understand glaciers' dynamics through the Holocenic, by analysing its movement back and forth, as well as the geomorphological marks of that movement. Glaciers in the valley of Horcones Inferior have a typology quite different from most of the well-known glaciers, with a predominance of covered and rocky glaciers, and others. Its investigation will, therefore, allow us to understand glacial dynamics in the Andes, which may help us understand glacial dynamics on a global context. So far, our characterization of the dynamics rests on a detailed geomorphological study of the valley.

Keywords: Glaciers, Horcones Inferior, Glacial Geomorphology, Andes, Glacier dynamic.

Introdução/Localização

Nos Andes Centrais, o Cerro Aconcágua, com 6962m de altitude, ostenta o título de montanha mais alta do mundo fora da cordilheira dos Himalaias (fig.1). O Aconcágua apresenta uma série de glaciares em seu redor que, pela sua espectacularidade e especificidade, atraem a atenção dos investigadores (fig.2).

A escolha do vale do Horcones Inferior como objecto de estudo prende-se com uma série de factores. O glaciar apresenta bastante interesse do ponto de vista geomorfológico, apresentando no seu vale uma morfologia bastante característica, onde processos erosivos actuais de carácter periglacial nas vertentes interagem com processos de erosão glacial no vale. As características e dinâmica do glaciar, onde se destacam episódios *surge*, constituem pontos de bastante interesse.



Fig.1: Localização geográfica do Cerro Aconcágua.

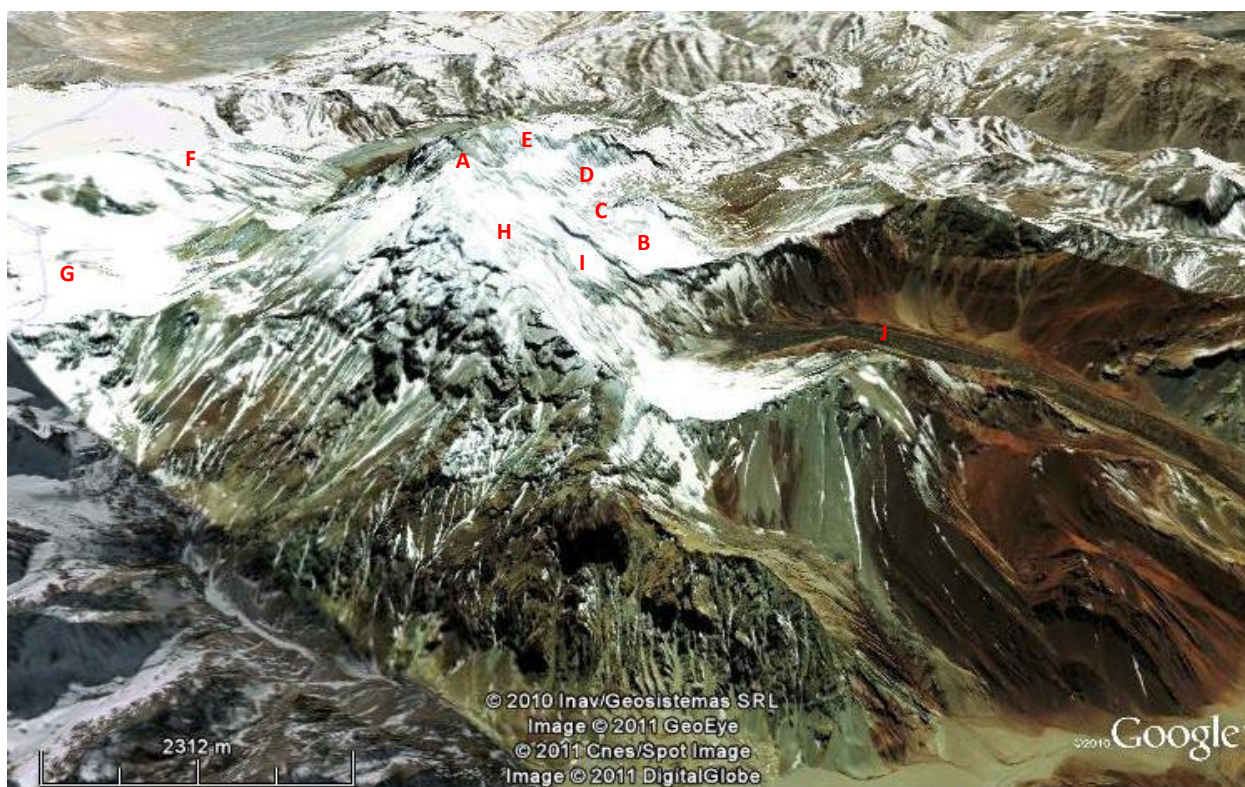


Fig.2: Glaciares do Aconcágua. A – Cerro Aconcágua; B – Glaciar dos Polacos; C – Glaciar del Este; D – Glaciar Ameghino; E – Glaciar das Vacas Sul; F - Glaciar Güssfeldt; G – Glaciar Horcones Superior; H – Glaciar Central; I – Glaciar de los Relinchos; J – Glaciar Horcones Inferior.

Um aspecto preponderante para a escolha deste vale foi a abundância de processos glaciares, flúvio-glaciares, fluviais, periglaciares e das formas e depósitos variados que estes produzem.

Localizado em Alta Montanha, o vale do Horcones Inferior estende-se desde a base da parede sul do Aconcágua, a 4400m, até à confluência com a ribeira de Horcones Superior, a aproximadamente 3347m, nas proximidades de Confluência. No entanto, face à continuidade dos processos, formas e depósitos ligados à ocupação glacial durante o plistocénico, optou-se por estender a área de estudo para jusante no vale de Horcones, até à povoação de Ponte del Inca, a 2700m. Assim, a área em estudo corresponde, na parte superior, à bacia hidrográfica do Horcones Inferior e na sua continuidade no rio de Horcones até à sua confluência com o rio de Las Cuevas, em Puente del Inca. O limite da área foi definido pela linha de cumeada, unindo os pontos mais elevados em torno dos vales.

Objectivos

O objectivo da investigação passa por proceder a um estudo geomorfológico de pormenor, de modo a identificar formas de erosão, transporte e acumulação glacial. Na análise das formas glaciares, a investigação terá como objectivo estudar processos de ablação e de remoção de rocha, tal como de fracturação da rocha-mãe sob o glaciar. Esta investigação envolve uma análise morfológica a diferentes escalas. A análise das formas actuais é determinante para a compreensão da evolução geomorfológica da paisagem actual. Sendo assim, um dos objectivos deste estudo será a elaboração de cartografia geomorfológica de pormenor da área, que permita perceber a evolução glacial holocénica e actual.

Partindo do estudo das características do glaciar seleccionado, bem como dos factores que o condicionam, tentar-se-á compreender o seu comportamento face às variações climáticas holocénicas. Esta análise poderá corroborar, ou não, teorias de degelo glacial associadas a alterações climáticas globais recentes.

Metodologias e referenciais

Em geomorfologia glacial, o trabalho de campo é a base metodológica principal e, uma vez que este será desenvolvido na cordilheira dos Andes, a sua prévia preparação é determinante. Inclui diversas tarefas: levantamento de hipóteses e a previsão, planificação da investigação, observação, descrição, medição, classificação, recolha e organização de dados, análise, interpretação, avaliação e formulação de modelos. O objectivo da investigação será a obtenção de dados e a descrição das variáveis que possam gerar e/ou validar modelos (conceptuais, numéricos ou físicos). No entanto, poderá ser necessário recorrer a condições controladas, nomeadamente através de simulações em laboratório, úteis para estudar processos que actualmente não podem ser realizados/visualizados no terreno.

Os sedimentos glaciares constituem registos fiáveis de paleoclimas e paleoambientes, e na sua análise é imprescindível empreender uma série de técnicas, nomeadamente recolha de amostras, análise e datação das amostras e análise de dados. Várias técnicas serão utilizadas neste projecto, com destaque para a cartografia das formas de relevo e processos e para a recolha e análise de amostras de sedimentos.

1. Caracterização geral do glaciar

Em toda a extensão da Cordilheira Principal existem numerosos glaciares, alguns deles ainda não inventariados, e o Horcones Inferior constitui um dos mais extensos.

Localizado no Parque Provincial do Aconcágua, o Horcones Inferior situa-se numa área com relativa acessibilidade (já que numa das suas margens existe um trilho de trekking) estendendo-se desde os 4350m, na base da face sul do Cerro Aconcágua, até aos 3460m, a montante de Confluência, numa extensão de aproximadamente de 12km. A sua largura é mais ou menos constante e ronda os 400m. Segundo Milana & Maturano (1999), o Horcones Inferior terá uma espessura entre 70 a 95m no centro e cerca de 50m nas margens. O Horcones Inferior é um dos glaciares a menor altitude na cordilheira andina e a sua permanência está fortemente relacionada com a alimentação proveniente da face sul do Aconcágua e com a cobertura detrítica.

O glaciar apresenta um corpo principal até aos 3900m (a cerca de 10 km da sua origem), local em que bifurca em duas línguas. A língua principal prolonga-se mais no vale do que a língua secundária, sendo que esta última termina aproximadamente a 3710m.

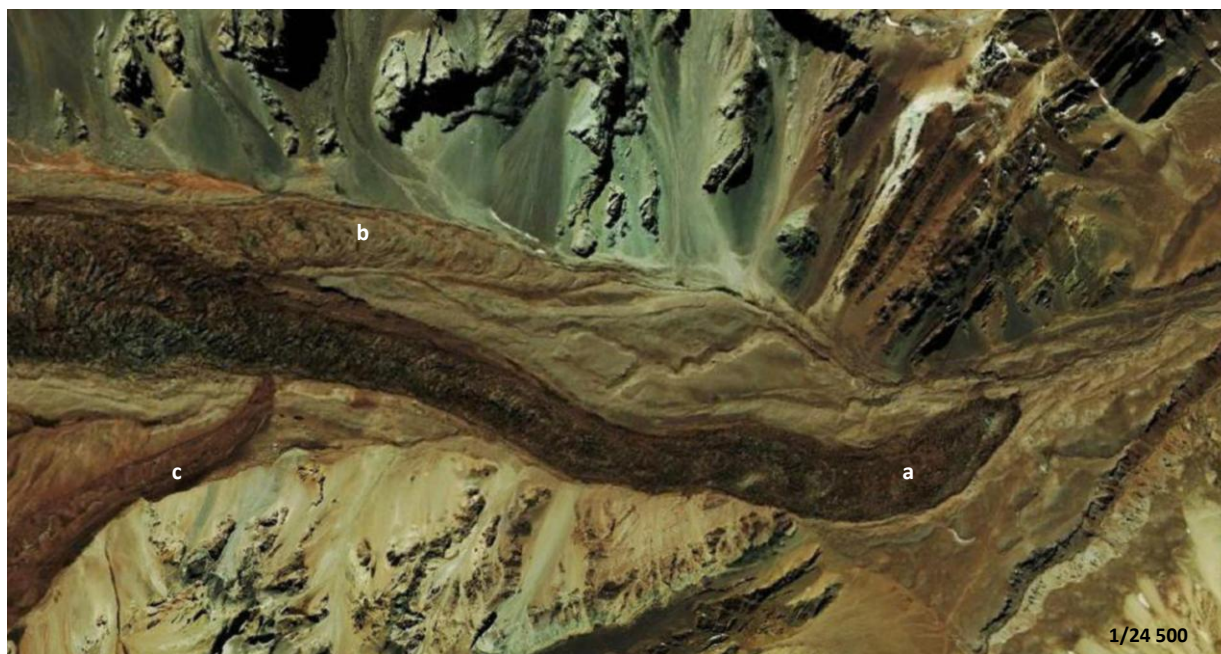




Fig.3: Parte terminal do glaciar Horcones Inferior. a) Lóbulo frontal da língua principal; b) Língua rochosa secundária; c) Glaciar rochoso do Cerro Mirador.

A língua secundária do glaciar Horcones Inferior parece ter uma carga detrítica maior do que o gelo do glaciar em si. Trata-se de uma língua de glaciar rochoso, ou seja, constituído mais por detritos do que por gelo. Aqui não existira sequer um verdadeiro núcleo de gelo no interior do glaciar. Ao que parece trata-se de uma língua detrítica permanentemente gelada e com alguns corpos lenticulares de gelo no seu interior que se movimentam no vale e com capacidade para criar moreia na área de cisalhamento. A quantidade de gelo no seu seio é muito menor do que no glaciar Horcones Inferior e, portanto, a sua capacidade de ablação é muito pequena. O ribeiro que escorre da sua base tem um caudal extremamente reduzido e, mesmo em pleno verão, o ribeiro é praticamente inexistente.

O glaciar Horcones Inferior é alimentado pela precipitação que a face sul do Cerro Aconcágua recebe, assim como pelo gelo e neve que caem das suas vertentes. Com cerca de 2500m de vertentes praticamente verticais, a face sul do Aconcágua possui muito poucos locais onde a neve o gelo consigam acumular-se e permanecer. As avalanches são bastante frequentes e, para além da fraca precipitação, são as principais responsáveis pelo fornecimento de gelo ao glaciar. São visíveis no terreno os cones de avalanche que caem directamente sobre o glaciar. Estas, no verão, são praticamente constantes.

2. A tipologia dos glaciares

Os glaciares da área em estudo revestem-se de alguma particularidade no que respeita à sua tipologia. Nesta área torna-se evidente que há três tipos de glaciares distintos: o glaciar de gelo, o glaciar coberto, o glaciar rochoso e o chamado “cataglaciário”, sendo que podem até aparecer juntos como o prolongamento do mesmo glaciar. Toda a vertente sul do Aconcágua está juncada de glaciares rochosos e cobertos e, em menor quantidade, de glaciares de gelo ou glaciares propriamente ditos, que aparecem a maior altitude. No entanto, a existência de uma grande densidade de glaciares rochosos e cobertos torna evidente que é necessário distinguir claramente estes termos.

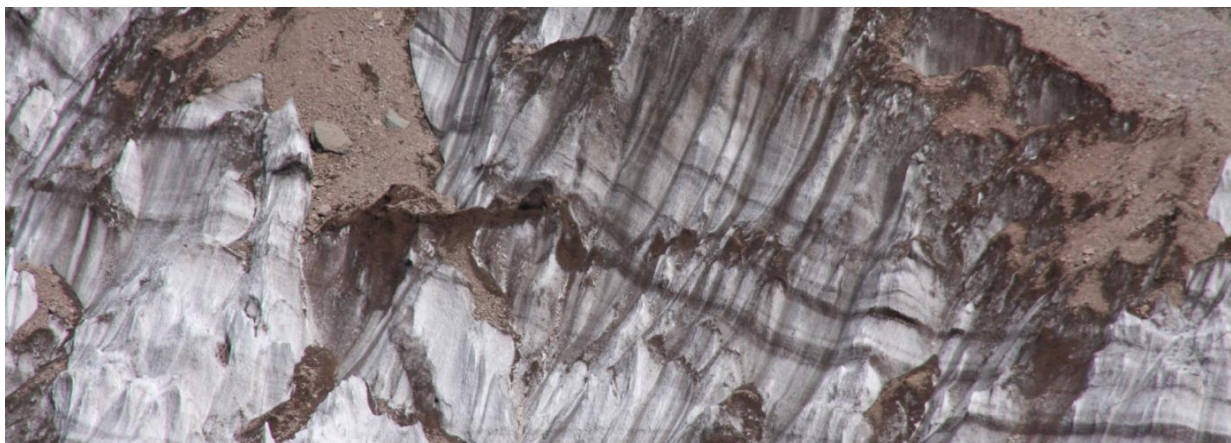


Fig.4: Glaciar Horcones Inferior. a) Pormenor do glaciar na área de ablação. Aqui é perfeitamente visível a cobertura do glaciar por uma camada de detritos. Esta camada tem aproximadamente um metro de altura; é ainda visível o gelo glaciar com detritos nos interstícios.

a) Glaciares rochosos

Caps (1910) foi o primeiro geofísico a abordar a questão dos glaciares rochosos. Para ele, estes eram o resultado da estagnação do glaciar até ao degelo e do movimento de detritos pela água da chuva e do degelo afundando-os e misturando-os com o gelo intersticial até ao nível onde a fusão é igual à congelação. O movimento é iniciado pelo degelo e recongelamento. O movimento é similar ao movimento do glaciar devido ao gelo intersticial. Para este autor, os glaciares rochosos distinguem-se pela sua génese e mecânica. Desde essa altura muitos foram os cientistas que se debruçaram sobre esta temática desde Wahrhaftig et Cox (1959), Flint (1971), Potter (1972), Bustos (1977), Barsch (1992), Benn e Evans (1998) e Costello (2000).

Os glaciares rochosos correspondem a formas de acumulação bastante comuns na área em estudo e no conjunto dos Andes Centrais, especialmente entre os 32^oS e 33^oS de latitude. Segundo Corte (1976), que estudou os glaciares rochosos na região de Mendoza, na Argentina, estes glaciares correspondem a uma massa volumosa de detritos angulares envoltos num núcleo de gelo e que fluem lentamente de acordo com o efeito da gravidade. Estes glaciares estariam sujeitos aos movimentos dos materiais livres da superfície e no meio do gelo maciço ou intersticial.

Do ponto de vista geomorfológico pode dizer-se que os glaciares rochosos, na sua generalidade, assemelham-se a pequenos glaciares com uma frente íngreme e em forma de língua glaciar. Apresentam lóbulos concêntricos e rugas. A mecânica destes glaciares está ligada ao processo de degelo e recongelamento do material que compõe o glaciar, movendo-se de forma semelhante a qualquer outro glaciar, ainda que mais lentamente. No entanto, aqui existe muita deformação interna do gelo aquando do seu fluir pela vertente abaixo. Estes glaciares aparecem na base e nos taludes das vertentes em alta montanha.



Fig.5: Glaciar Horcones Inferior, um exemplo de um glaciar coberto.

b) Glaciares Cobertos

O glaciar coberto, por sua vez, corresponderá a uma situação intermédia entre os glaciares propriamente ditos e os glaciares rochosos (Corte, 1976). Os glaciares cobertos apresentam uma cobertura detrítica contínua, de espessura variável, que os acompanha desde a sua área de acumulação até ao seu término. Estes glaciares podem apresentar, ainda que me pequenas quantidades, no seu seio, detritos de diferentes dimensões.

Os glaciares cobertos acabam por concentrar grande parte dos detritos à superfície, quer devido ao acarreio de materiais de vertente, quer devido à fusão glacial que liberta os materiais do seu interior. Sobre estes glaciares é comum desenvolver-se um conjunto de formas de fusão que constituem criocarsos ou termocarsos. Trata-se de depressões fechadas com paredes abruptas de gelo e assemelham-se a lagos circulares. A existência de uma pressão diferencial é determinada pela espessura variável da cobertura morénica de acordo com o seguinte mecanismo: quanto mais espessa é a cobertura detrítica mais baixa é a fusão. O gelo permanece assim em relevo, até que a cobertura desliza da superfície, provocando um ataque vigoroso de ablação, de onde resulta uma inversão de relevo.

c) Tentativa de síntese

Na área em estudo, e face à diversidade e abundância destes glaciares, será adoptada a terminologia expressa no esquema da figura 6. Os glaciares de gelo encontram-se fora da área em estudo. O caso mais próximo seria o glaciar d'Or, no Cerro da Tolosa, no entanto, nos dias de hoje, o glaciar praticamente desapareceu e resume-se a um *ventisqueiro* praticamente pendurado na vertente rochosa.

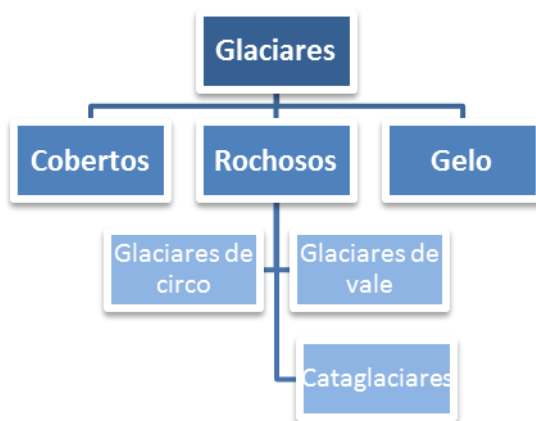


Fig.6: Esquema da tipologia dos glaciares adoptada na área em estudo.

O Horcones Inferior é um glaciar coberto e é um exemplo extraordinário desta tipologia. Exibe um núcleo de gelo em toda a sua extensão, com muitos detritos intersticiais fundidos. No entanto, a carga detrítica concentra-se essencialmente à superfície, numa espessura que ronda o 1m a 1,5m.

Apesar de alguns autores considerarem o Horcones Inferior um glaciar rochoso ou aparecer cartografado como um ventisqueiro, a realidade é bem distinta. O trabalho de campo realizado sobre o glaciar permite afirmar, com toda a segurança, que esta grande massa de gelo apresenta características distintas dos glaciares rochosos a região. A carga detrítica é muito menor, assim como a sua cobertura é nítida em todas as secções do glaciar. A alimentação directa a partir das vertentes em ambiente periglacial actual bastante dinâmico fornece uma cobertura detrítica constante sobre o glaciar.

Já os glaciares que confluem para o Horcones Inferior, nomeadamente as duas línguas do Cerro Mirador, são típicos glaciares rochosos, com lóbulos detríticos tipo língua, onde a existência de um núcleo de gelo é muito menor.

A língua secundária do glaciar Horcones Inferior tem uma forma cataglacial típica na região. Estas formas aparecem normalmente ligadas a glaciares cobertos, como é o caso do Horcones Inferior. Estas formas apresentam uma dinâmica própria. O seu movimento é mais lento do que o dos glaciares rochosos e a capacidade de ablação muito reduzida. A sua forma em língua ou lóbulo glaciar corresponde aos chamados criptoglaciares de Borde (1966).



Fig.7: Forma cataglaciár na margem esquerda do glaciár Horcones Inferior.

2. Análise da elevada concentração de glaciares rochosos e cobertos na área em estudo.

Há, no entanto, uma questão que se impõe. Porque aparecem tantos glaciares rochosos e cobertos entre os paralelos 32°S e 33°S? Porque temos na região do Aconcágua aquilo que poderá ser, segundo Corte (1976), uma das maiores regiões de glaciares rochosos e cobertos do mundo, herdados seguramente da dinâmica glaciár plistocénica?

a) Características climáticas

As características climáticas da área são determinantes para explicar a grande abundância destes glaciares. O material detrítico está envolto num núcleo de gelo, relacionado com um ambiente periglaciár muito intenso, onde a continentalidade muito acentuada e montanhas de clima frio e seco, com precipitações reduzidas e concentradas no inverno, criam condições particulares para o seu desenvolvimento. A influência do inverno é determinante porque permite temperaturas muito baixas e cria condições ideais para a gelificação e, por conseguinte, para a alimentação detrítica do glaciár. Grande parte da área apresenta temperaturas médias inferiores a 0°C durante todo o ano. No entanto, o verão desempenha também um papel essencial permitindo a fusão do gelo intersticial e criando novos dinamismos glaciares, já que a água se infiltra no material, alimentando o glaciár com gelo em áreas mais profundas. Sendo assim, criam-se condições para um zonamento de altitude na distribuição deste tipo de glaciares. Bustos (1976) marca-os entre os 3650m e os 4600m.

b) Intensa actividade periglacial

Em glaciares onde a cobertura detrítica é a característica principal, a sua existência tem que estar necessariamente ligada à alimentação do glaciário por este material. Um sistema periglacial intensíssimo parece ser a resposta a esta situação. As vertentes da área em estudo apresentam uma actividade periglacial muito grande desde a parte inicial do glaciário até ao seu término. Os detritos provenientes da macro e microgelifracção regularizam as vertentes e cobrem as moreias, as áreas de cisalhamento dos glaciares e, em muitos casos, criam cones detríticos sobre o próprio glaciário. A macro-gelifracção fornece blocos rochosos de dimensões decamétricas ao glaciário e uma posterior meteorização destes blocos, por processos de micro-gelifracção, alimenta o glaciário com clastos mais pequenos.

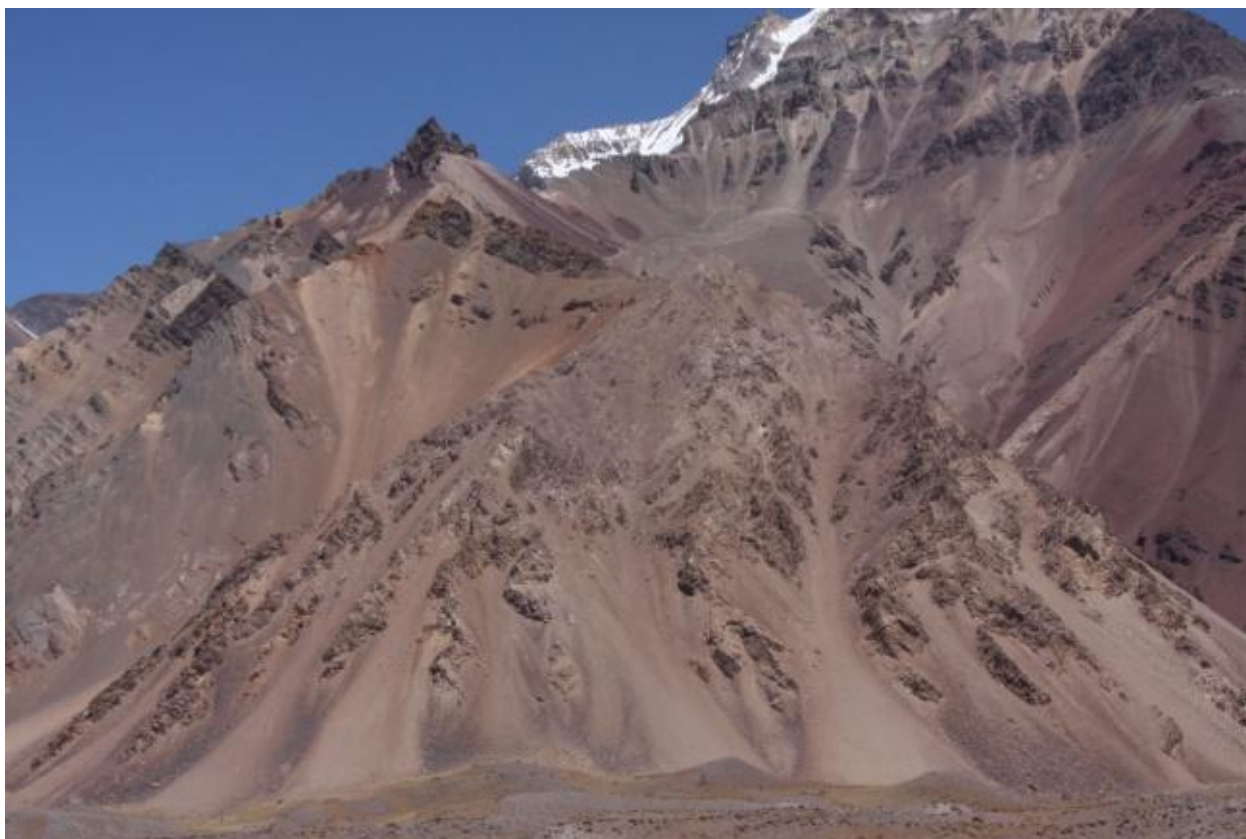


Fig.8: Intensa actividade periglacial nas vertentes do vale do Horcones Inferior.

c) Litologia e tectónica

A intensa actividade periglacial é favorecida pela litologia e ajuda a explicar a forte concentração de glaciares rochosos e cobertos nesta região. A série andesítica, com adesitos, brechas andesíticas, arenitos e conglomerados litificados, bem como calcários de diferentes tipos aflora na maioria dos cumes e nas vertentes dos circos glaciares. A existência de fissuras e diáclases na rocha favorecem a acção da actividade periglacial. Com efeito, a área apresenta-se bastante activa no que respeita à tectónica, apresentando-se fortemente recortada por falhas e fracturas, criando condições favoráveis para a infiltração de água e acção da crioclastia.

d) Exposição

A posição topográfica e a consequente exposição solar parecem ser as razões principais que explicam a sua permanência ao longo dos tempos. À semelhança do resto da área do Aconcágua, estudada por Bustos (1976), também na área em estudo todos os glaciares rochosos existentes apresentam exposição Sul ou Este. Os glaciares rochosos que existiam com outras exposições desapareceram, como é o caso do glaciar da Tolosa.

e) Topografia

A existência de paredes rochosas abruptas, fortes declives nas vertentes e grande capacidade de alimentação dos glaciares com detritos logo desde a área de acumulação também parece desempenhar um papel determinante. Quer o glaciar Horcones Inferior, quer o glaciar rochoso do Cerro Mirador ou o da Tolosa, apresentam paredes rochosas escarpadas na sua parte inicial. Esta situação permite, quer uma alimentação constante de neve e gelo proveniente das avalanches, quer a alimentação detrítica. Embora, na área em estudo, estes glaciares nunca se apresentem como glaciares de circo a verdade é que eles acabam por ocupar a base do antigo circo glaciar e aí começam a desenvolver-se para jusante.

3. Resultados do trabalho de campo e principais conclusões

Apesar da formação destes glaciares ser pouco conhecida, presume-se que, para além de serem herdados do último período frio do Quaternário, estará relacionada com a existência de uma velocidade muito reduzida de movimentação, assim como da sua associação ao *permafrost* e ao ambiente periglacial. Os detritos das escombrelas de gravidade, provenientes do destacamento por gelifracção e dos desabamentos e dos deslizamentos circundantes, recobrem e protegem o glaciar e permitem o seu crescimento em termos de material rochoso. À medida que o glaciar vai descendo no vale, o gelo glaciar vai diminuindo, devido a processos de ablação, e o material rochoso vai aumentando. Desta forma, o glaciar vai-se tornando progressivamente mais detrítico.

O Horcones Inferior parece apresentar uma carga morénica e detrítica muito grande logo depois de deixar a parede sul do Aconcágua. A sua área de acumulação em gelo parece restringir-se às primeiras centenas de metros em que o glaciar é alimentado pelas avalanches. Há uma área muito clara por volta dos 4150m que parece corresponder à linha de equilíbrio do glaciar. A partir daí o glaciar passa a ser completamente coberto por detritos e observam-se nitidamente os detritos incorporados no gelo. Sendo assim, o glaciar apresenta cerca de 2,5km de área de acumulação e os restantes 9,5km correspondem à área de ablação.

Os glaciares rochosos e cobertos apresentam características de glaciares de clima seco, com fraca alimentação em gelo, e estão associados a processos crionivais actuais. Desta forma, o frio produz fissuras de gelifracção nas quais as águas de fusão penetram e provocam pequenos desabamentos

rochosos que vão cobrindo o glaciar. As vertentes da parte montante do vale do Horcones Inferior estão cheias de cones de detritos que resultam de processos erosivos responsáveis pela alimentação do glaciar em carga detrítica. Estes movimentos laterais nas vertentes, mais ou menos complexos, fornecem essencialmente detritos, mas ocasionalmente também gelo e água, ao glaciar. Um glaciar rochoso parece ser, assim, o resultado da combinação de clima frio e seco, uma alimentação constante de material rochoso proveniente de avalanches de neve e detritos e um declive suficiente.



Fig.9: Glaciar Horcones Inferior. É bem visível nas vertentes da margem direita os cones detríticos que alimentam o glaciar.

Na margem direita do glaciar existe outro glaciar rochoso que conflui com o Horcones Inferior. Trata-se de um glaciar relativamente curto, com cerca de 1500m de comprimento, que se inicia num circo glaciar na vertente SE do Cerro Mirador. Este glaciar conflui com o Horcones Inferior através de duas línguas, sendo que a primeira é mais curta e larga e a segunda mais estreita e comprida. A primeira atinge o Horcones Inferior à cota de 4000m e a segunda a 3900m, aproximadamente. Ambas as línguas se sobrepõem ao Horcones Inferior. O glaciar rochoso do Cerro Mirador é ainda portador de mais carga detrítica do que o Horcones Inferior. Actualmente, acontecem desabamentos e deslizamentos regulares no circo glaciar, que alimentam constantemente o glaciar em detritos.

Quando se percorre o glaciar Horcones Inferior apercebemo-nos que o gelo está coberto por detritos e a sua quantidade é tal que, por vezes, é praticamente impossível ver o gelo. Os materiais, provenientes dos desabamentos e deslizamentos que alimentam o glaciar, acabam por preencher as *crevasses*, os *mullins* e todos os canais supraglaciares, misturando-se depois com o gelo e desenvolvendo-se assim o glaciar. O ritmo de alimentação do glaciar parece ser diferenciado, já que existe uma estratificação bem marcada no gelo onde alternam níveis com maiores e menores concentrações de detritos.

Na área de acumulação do glaciar ainda se conseguem identificar algumas áreas onde o gelo apresenta um aspecto límpido e com poucos detritos intersticiais, já que aqui, os detritos supraglaciares parecem descer para a zona basal. Estas situações são extremamente raras, e praticamente desaparecem depois de se passar a linha de equilíbrio. Os detritos passam a existir tanto no endoglaciar como no supraglaciar.

Na área de ablação, o glaciar torna-se mais homogéneo, com uma coloração escura em toda a sua extensão. Esta situação resulta da acumulação dos detritos na área supraglaciar devido à fusão dos gelos durante a ablação. A baixa altitude atingida pelo glaciar faz com que as taxas de ablação sejam elevadas

já que há bastante perda de água por evaporação, sublimação e, essencialmente, degelo. No entanto, a camada detrítica superficial continua a atenuar esse efeito.

A camada de detritos supraglacial é sempre bastante espessa, apresentando em média cerca de um metro. Raramente tem poucos centímetros de espessura e isso ocorre apenas perto dos termocarsos e *mullins*. Esta situação ocorre porque os detritos vão desabando e deslizando para o interior das cavidades superficiais através de canais, entrando assim numa circulação endoglacial.

Esta investigação reveste-se, assim, de especial interesse na conjuntura actual, inserindo-se no contexto da Glocalização, neologismo resultante da fusão dos termos *globalização* e *local*, permitindo a aplicação da dimensão local (estudo dos glaciares do vale do Horcones Inferior, nos Andes) na caracterização e estudo de um problema geomorfológico e ambiental global.

Bibliografia:

- Alley, R.B. 1992. **Flow-law hypotheses for ice-sheet modeling.** *J. Glaciol.*, **38**(129), 245–256.
- Benn, D. I., and Evans, D. J.A., 1998. **Glaciers and Glaciation.** Arnold and Oxford University Press, pp 257-258.
- Bennett, M.R., D. Huddart and R.I. Waller. 2000. **Glaciofluvial crevasse and conduit fills as indicators of supraglacial dewatering during a surge,** Skeidara rjókkull, Iceland. *J. Glaciol.*, **46**(152), 25–34.
- Brizuela, K. 1999. **Estudio geofísico de glaciares en el Valle del Colorado (Dpto. Calingasta) y en sector sur del Cerro Aconcagua (Mendoza).** (Licenciatura thesis, Universidad Nacional de San Juan.)
- Budd, W.F. and T.H. Jacka. 1989. **A review of ice rheology for ice sheet modelling.** *Cold Reg. Sci. Technol.*, **16**(2), 107–144.
- Capps, S.R. 1910: **Rock glaciers in Alaska.** *Journal of Geology*, **18**:359-375.
- Clarke, G.K.C., S.G. Collins and D.E. Thompson. 1984. **Flow, thermal structure, and subglacial conditions of a surge-type glacier.** *Can. J. Earth Sci.*, **21**(2), 232–240.
- Corte, A.E. 1976. **Correspondence. The hydrological significance of rock glaciers.** *J. Glaciol.*, **17**(75), 157–158.
- Corte, A.E. and L.E. Espizua. 1981. **Inventario de glaciares de la cuenca del rio Mendoza.** Mendoza, Instituto Argentino de Nivología y Glaciología.
- Costello, D.P. 2000: **Seismic and geomorphic investigations of Galena Creek Rock Glacier.** Unpublished Master of Science thesis, University of Colorado, 97 pp.
- Darros de Matos, R.M. 1993. **Geometry of the hanging wall above a system of listric normal faults; a numerical solution.** *AAPG Bull.*, **77**(11), 1839–1859.
- Dolgoushin, L.D. and G.B. Osipova. 1973. **Regime of a surging glacier between advances.** *IAHS Publ.*, 107 (Symposium at Banff 1972 – *Role of Snow and Ice in Hydrology*), 1150–1159.
- Dolgoushin, L.D. and G.B. Osipova. 1975. **Glacier surges and the problem of their forecasting.** *IAHS Publ.*, 104 (Symposium at Moscow 1971 – *Snow and Ice*), 292–304.
- Hambrey, M.J., J.A. Dowdeswell, T. Murray and P.R. Porter. 1996. Thrusting and debris entrainment in a surging glacier: Bakaninbreen, Svalbard. *Ann. Glaciol.*, **22**, 241–248.
- Holmlund, P. 1988. **Internal geometry and evolution of moulins, Storglaciären, Sweden.** *J. Glaciol.*, **34**(117), 242–248.

- Kamb, B. 1987. **Glacier surge mechanism based on linked cavity configuration of the basal water conduit system.** *J. Geophys. Res.*, **92**(B9), 9083–9100.
- Kamb, B. and 7 others. 1985. **Glacier surge mechanism: 1982–1983 surge of Variegated Glacier, Alaska.** *Science*, **227**(4686), 469–479.
- Lawson, W. 1996. **Structural evolution of Variegated Glacier, Alaska, USA, since 1948.** *J. Glaciol.*, **42**(141), 261–270.
- Lawson, W.J., M.J. Sharp and M.J. Hambrey. 1994. **The structural geology of a surge-type glacier.** *J. Struct. Geol.*, **16**(10), 1447–1462.
- Lliboutry, L. 1958. **Studies of the shrinkage after a sudden advance, blue bands and wave ogives on Glaciär Universidad (central Chilean Andes).** *J. Glaciol.*, **3**(24), 261–270.
- Milana, J.P. and A. Maturano. 1999. **Application of radio echo sounding at the arid Andes of Argentina: the Agua Negra Glacier.** *Global Planet. Change*, **22**(1–4), 179–191.
- Milana, J.P., A. Maturano and F. Croce. 1999. **Un modelo de glaciación árida basado en datos geofísicos y geomorfológicos de los Andes de Cuyo: retroceso, metamorfosis y glaciares estratificados.** *XIV Congreso Geológico Argentino (19–24 September 1999, Salta, Argentina)*, Actas 56.
- Murray, T., J.A. Dowdeswell, D.J. Drewry and I. Frearson. 1998. **Geometric evolution and ice dynamics during a surge of Bakaninbreen, Svalbard.** *J. Glaciol.*, **44**(147), 263–272.
- Paterson, W.S.B. 1994. **The physics of glaciers. Third edition.** Oxford, etc., Elsevier.
- Potter, Noel, 1972: **Ice-Cored Rock Glacier, Galena Creek, Northern Absaroka Mountains, Wyoming,** *Geological Society of America Bulletin*, **83**: 3025-3058
- Post, A.S. 1960. **The exceptional advances of the Muldrow, Black Rapids, and Susitna Glaciers.** *J. Geophys. Res.*, **65**(11), 3703–3712.
- Raymond, C.F. 1987. **How do glaciers surge? A review.** *J. Geophys. Res.*, **92**(B9), 9121–9134.
- Raymond, C., T. Jóhannesson, T. Pfeffer and M. Sharp. 1987. **Propagation of a glacier surge into stagnant ice.** *J. Geophys. Res.*, **92**(B9), 9037–9049.
- Røthlisberger, H. 1972. Water pressure in intra- and subglacial channels. *J. Glaciol.*, **11**(62), 177–203.
- Russell-Head, D.S. and W.F. Budd. 1979. **Ice-sheet flow properties derived from bore-hole shear measurements combined with icecore studies.** *J. Glaciol.*, **24**(90), 117–130.
- Sharp, M. 1988. **Surging glaciers: behaviour and mechanisms.** *Progr. Phys. Geogr.*, **12**(3), 349–370.
- Stanley, A.D. 1969. **Observations on the surge of the Steele Glacier, Yukon Territory, Canada.** *Can. J. Earth Sci.*, **6**(4, Part 2), 819–830.
- Thompson, G.A. 1960. **Problems of late Cenozoic structure of the Basin Ranges.** In Sorgenfrei, T., ed. *Structure of the Earth's crust and deformation of rocks.* (International Geological Congress Report of the 21st Session Norden, Part 18.) Copenhagen, Det Berlingske Bogtrykkeri, 62–68.
- Wahrhaftig, C. and Cox, A. 1959. **Rock glaciers in the Alaska Range.** *Geological Society of America Bulletin*, **70**:383-436.
- Walder, J.S. and A. Fowler. 1994. **Channelized subglacial drainage over a deformable bed.** *J. Glaciol.*, **40**(134), 3–15.