

N. 3 - dicembre/December 2004

KUUR

magazine
www.laventa.it



LA VENTA

www.laventa.it

Rivista semestrale / *Six-monthly magazine*

KUR

Dir. responsabile / *Editor in Chief*
Caporedattore / *Senior Editor*
Redazione / *Editorial Staff*

Tullio Bernabei
Davide Domenici
Giovanni Badino
Teresa Bellagamba
Alvise Belotti
Antonio De Vivo
Leonardo Piccini
Giuseppe Savino
Roberta Tedeschi
Gianni Todini

Grafica / *Layout*

Paolo Petrignani

Stampa / *Printing*

Grafiche Tintoretto (TV) - Italy

Traduzione / *Translation*

Antonio De Vivo
Tim Stratford
Libero Vitiello

Redazione / *Editorial Staff*

Vocabolo Collemanno snc
02046 Magliano Sabina - Italy
tel. +39 0744 919296
fax +39 0744 921507
e-mail: kur@lamenta.it

Abbonamento annuale (2 numeri)
Annual subscription rates (2 issues)

Europa € 15, resto del mondo € 20
Europe € 15, rest of the world € 20

La Venta Associazione Culturale
Esplorazioni Geografiche

Via Priamo Tron, 35/F
31100 Treviso - Italy
tel./fax +39 0422 320981
www.lamenta.it

Foto di copertina / *Cover photo*

Tyndall Glacier, Chile

Reg. Trib. Rieti 8/2003 - 11 giugno 2003

contributi & crediti *collaborations & credits*

Foto / *Photos*

Giovanni Badino: 5
Tullio Bernabei: 3, 8, 18, 19
Corrado Conca: 23
Antonio De Vivo: 15
Carlos Lazcano: 16-17
Francesco Lo Mastro: 4, 22

Paolo Petrignani: cover, 2nd cover, 6-7, 9, 11, 20, 26-27, 31,
4th cover

Leonardo Piccini: 13
Peter L. Taylor: 1, 28, 29
Chiara Silvestro: 25

LA VENTA

Soci / *Members*

Roberto Abiuso
Giovanni Badino
Teresa Bellagamba
Alvise Belotti
Alessandro Beltrame
Tullio Bernabei
Gaetano Boldrini
Andrea Bonucci
Salvatore Capasso
Giuseppe Casagrande
Corrado Conca
Francesco Dal Cin
Antonio De Vivo
Davide Domenici

Fulvio Eccardi
Martino Frova
Amalia Gianolio
Giuseppe Giovine
Italo Giulivo
Esteban Gonzalez
Elizabeth Gutiérrez F.
Carlos Lazcano S.
Enrique Lipps
Massimo Liverani
Francesco Lo Mastro
Ivan Martino
Luca Massa
Marco Mecchia

Mauricio Náfate L.
Paolo Petrignani
Jorge Paz T.
Leonardo Piccini
Enzo Procopio
Antonella Santini
Giuseppe Savino
Pasquale Suriano
Peter L. Taylor
Roberta Tedeschi
Gianni Todini
Marco Topani
Agostino Toselli
Ugo Vacca

Onorari / *Honorary members*

Paolino Cometti
Viviano Domenici
Paolo Forti
Adrian G. Hutton †
Edmund Hillary
Ernesto Piana
Tim Stratford
Thomas Lee Whiting

Sostenitori / *Subscribing members*

Gabriele Centazzo
Graziano Lazzarotto
Alfredo Graziani
Fernando Guzmán Herrera

I ghiacciai sarebbero dunque aumentati non d'improvviso ma insensibilmente; dalle montagne i ghiacci saranno scesi nella valle, premendosi l'uno sull'altro, precipitando e accumulandosi nelle gole dove vi erano gli antichi passaggi, e queste gole, colmate nel tempo, avrebbero finito per presentare una rampa di ghiaccio a chi le avesse volute percorrere. Tali sono le cause che hanno cambiato l'aspetto di questa valle e chiuso per sempre le vie che conducevano alla valle d'Aosta.
Marc Theodore Bourrit, *Nouvelle Description des Glacier de Savoye*, 1785

Due secoli fa, Bourrit descriveva in questo modo il lento avanzare dei ghiacciai. L'autore aveva raccolto la memoria tramandata dai valligiani di quando da "Chamouni" riuscivano a raggiungere Courmayeur passando dal colle del Gigante, una via che oramai era chiusa da secoli da una gran massa di ghiaccio, come ora. Si tratta della prima citazione in assoluto nella quale si nota il fatto che il paesaggio glaciale varia nei secoli; Bourrit scriveva in un'epoca in cui si preparava la loro massima espansione a culmine di un ciclo di raffreddamento iniziato qualche secolo prima.

Adesso le memorie tramandate si sono perse sotto impianti sciistici e autostrade, ma abbiamo imparato a leggere le tracce dei climi passati, disperse fra ghiacci polari, torbierre, antichi alberi. Ne è venuto fuori un quadro complesso,

Glaciers would have then increased not suddenly but imperceptibly; from the mountains they would have reached the valleys, squeezing one another, precipitating and accumulating inside the gorges once hosting the ancient environments; and these gorges, filled up in time, would have finally shown a steep ice ramp to those willing to cross them. These are the causes that changed the aspect of this valley and closed forever the way leading to Valle d'Aosta.

Marc Theodore Bourrit, *Nouvelle Description des Glacier de Savoye*, 1785

Two centuries ago, this is how Bourrit described the slow progression of the glaciers. The author collected the memories, passed down from the people living in the valley, about the time when one could reach Courmayeur starting from "Chamouni", crossing the Colle del Gigante. That route had been closed for centuries, by a large mass of ice, as it still is today.

This is the first recorded quote in which it was noted that the glacial landscape changes over the centuries. Bourrit wrote at a time in which glaciers were going through their maximum expansion, at the peak of a cooling cycle that had started some centuries before.

Now the collective memories have been lost underneath the highways and the skiing facilities, but we have learned how to read the traces of the past climates, scattered in the polar ice, peat, and ancient trees. All this yielded a complex pic-



Upsala Glacier, Argentina

in cui si vede che il clima muta in modo poco comprensibile e che con esso, in modi ancora meno comprensibili, avanzano e retrocedono i ghiacciai.

Ora quelli alpini retrocedono, e così pure gran parte di tutti gli altri, ma la lettura di certi rapporti giornalistici che drammatizzano questi eventi naturali fa sorridere. Paiono la drammatizzazione del fatto che fra cinquant'anni la Miss Italia di oggi sarà una vecchietta. È vero. Embé? I ghiacciai andranno indietro, molti di essi svaniranno come quello del Canin e quell'altro del Gran Sasso. Ma possiamo stare tranquilli: ritorneranno.

Le nevi torneranno ad accumularsi, negli anni, sul Bianco. Quello che ora chiamiamo "Miage" rinascerà e riprenderà ad avanzare e si unirà alla Brenva, mentre la Val Ferret sarà riempita dal Pré de Bar, accresciuto dai ghiacciai che scendono dalle Grand Jorasses. Le lingue si uniranno e scenderanno lente e sempre più immense verso il mare, anno dopo anno. Riprenderanno ad arare la Valle d'Aosta, come fecero altre innumerevoli volte fino ad un attimo fa, portando i resti di ciò che furono le effimere strutture che chiamammo Courmayeur e Aosta in un indistinto morenico ammasso dalle parti di dove ora è Ivrea.

E così accadrà alla valle di Susa, alle pianure del Nord America e a quelle della Patagonia. La confluenza di Po e Dora, dove adesso è Torino, sarà in un futuro prossimo una zona di steppa stentata dominata dalla linea di due immense fronti glaciali e dalla identica linea di monti che vedo ora da casa. Sottolineo: la linea sarà identica.

Tutto questo accadrà di sicuro. Avverrà lentamente per chi verrà dopo di noi, in fretta per la geologia. Quei depositi di ghiaccio che vediamo ora sono i semini da cui cresceranno immani ghiacciai che si riprenderanno immense superfici del pianeta Terra, svuotandone i mari.

I ghiacciai non ci appaiono immutabili come il resto degli agenti geologici. Essi operano con una scala di tempo secolare e dunque nell'arco di una vita possiamo apprezzarne le variazioni; sono la parte umana della geologia terrestre, profondi plasmatori del panorama geologico.

Studiarne la struttura interna, il funzionamento profondo, ha potenzialmente grande utilità per gli studi sui loro bilanci di massa, per gli studi climatici, per la minaccia rappresentata dalla liberazione dei depositi d'acqua che i ghiacci mal trattengono nelle loro profondità.

Tutto vero, tutto utile, ma noi li studiamo soprattutto perché farlo è un bellissimo privilegio.

È un vedere la geologia del pianeta in un film accelerato, apprezzare da un anno all'altro i mutamenti delle vie dell'acqua, delle forme, i reticoli di microcondotti che li drenano segretamente, scoprire il funzionamento nascosto di quelli che Agassiz definì "gli Aratri di Dio".

Con le due spedizioni del 2004 abbiamo potuto toccare con mano lo stato dei ghiacciai patagonici. Mentre il Moreno pare in piena forma e il Grey così così, l'Upsala si è mostrato in una fase di regresso intensa, che negli ultimi dieci anni gli ha fatto perdere almeno cento metri di potenza e, visto che è di 800 chilometri quadrati, probabilmente un centinaio di chilometri cubici di ghiaccio. Per confronto, la superficie totale dei ghiacciai in Italia è meno di 400 km² e il volume totale di tutto il ghiaccio, incluso quello chiuso nei frigoriferi, supera di poco i dieci chilometri cubici.

Dal punto di vista dei risultati speleologici dobbiamo quindi rimpiangere il fatto di essere arrivati sull'Upsala con circa trent'anni di ritardo, ma d'altra parte questa generale fase di fusione dei ghiacciai ci permette di capire meglio come funzionano, proprio perché possiamo vederne i processi in fasi estreme. Il fatto che si tratti di fasi transienti le rende molto più complicate da capire e molto, molto più pericolose da frequentare, ma questo periodo di generale regresso è entusiasmante perché da un anno all'altro vediamo nuove forme e nuovi processi.

Questo numero di Kur ne dà un'ampia rassegna.

ture, in which one can see how the climate changes in ways we are still trying to understand and with it, following an even less understandable pattern, the glaciers move forward and backwards.

Now the glaciers of the Alps are receding, but reading certain news reports dramatizing such natural changes makes me smile. It looks like they make a big deal of the fact that today's Miss Italy one day will be an old lady. It is true, but so what? Glaciers will recede, many of them will disappear, like the Canin's and the Gran Sasso's, but we can rest assured: they will be back.

In time, snow will pile up again on Mont Blanc. What we now call "Miage" will be born again and will start to go forward, until merging with the Brenva, while the Ferret Valley will be filled by the Pré de Bar, fed by the glaciers that descend from the Grand Jorasses. The glacial tongues will merge and will proceed, slow and increasingly immense, towards the sea, year after year. They will plough the Valle d'Aosta again, as they did countless times before until a moment ago, carrying the remains what we now call Courmayeur and Aosta in a huge shapeless moraine towards where Ivrea sits now.

The same will happen to the Susa valley, to the plains of North America and those of Patagonia. The point of confluence between the Po and Dora rivers, where Turin now sits, will in the future be an area of bare steppe, surmounted by the lines of two huge glacial fronts and by the very same line of mountains I can now see from my home. I'd like to stress the fact that the line will be identical.

All of this will happen for sure. It will happen slowly for those who will come after us, quickly in geological terms. The ice deposits we see today are the little seeds from which immense glaciers will grow, to reclaim huge areas of planet Earth, draining its seas.

Glaciers do not appear immutable like the other geological factors. They operate on a century-long scale and therefore during a lifetime we can appreciate its variations. They represent the human side of earth geology, deeply modeling the geological landscape.

Potentially, studying their inner structure, the deep mechanisms, is very useful to understand their mass balance, the climate, the threat posed by the large mass of waters they barely trap in their depths.

This is all good and true, but, above all, we study them because doing so is a beautiful privilege.

It is like watching the planet's geology in a fast-forwarded movie, appreciating from one year to the next the changes in the waterways, in the shapes, in the networks of the micro-conduits that covertly drain them, to find what Agassiz called "God's ploughs".

In the two 2004 expeditions we were able to experience first hand the state of the Patagonian glaciers. While the Moreno appears to be in good shape, the Gray is doing so-so and the Upsala turned out to be going through an intense phase of regression, which in the last 10 years led to the loss of almost 100 metres of thickness and, considering that it has a surface of 800 square kilometres, approximately one hundred cubic kilometres worth of ice. As a term of comparison, the total surface area of Italian glaciers is less than 400 square kilometres and the total volume of ice, including that present in freezers, is just above 10 cubic kilometres.

From the point of view of speleological results, we should regret the fact that we arrived to study the Upsala 30 years too late, but on the other hand this generalized phase of melting allows us to better understand how glaciers function, seeing the processes in extreme conditions. The fact that these are transient phases make them much more complicated to understand and much, much more dangerous to hang around, but such a general regression phase is thrilling because from one year to the next we get to see new shapes and new progressions.

This issue of Kur magazine provides a wide review of these phenomena.



SOMMARIO

SUMMARY

- 1** Editoriale / *Editorial*
- 4** Notizie / *News*
- 6** Buchi nell'acqua / *Holes in the water*
Giovanni Badino
- 14** Materiali e tecniche - Vestiario e attacchi / *Equipment and technics - Clothing and anchors*
Leonardo Piccini, Antonio De Vivo
- 16** Le quebradas di Durango / *The quebradas of Durango*
Carlos Lazcano Sahagún, Francesco Lo Mastro, Corrado Conca
- 24** Esploratori - Mario Bertone / *Explorers - Mario Bertone*
Chiara Silvestro
- 26** Il Capo e il Vicecapo / *The Chief and the Vice-Chief*
Antonio De Vivo, Giovanni Badino
- 32** Libri - Nuove pubblicazioni / *Books - New publications*

ALBANIA 2004

Dal 22 al 30 maggio 2004 l'Associazione La Venta, in collaborazione con la Società Didattica Scientifica Speleologica Albanese e l'Istituto Geografico di Tirana, ha effettuato la sua prima ricognizione a carattere geografico-naturalistico sul territorio albanese. In nove giorni si è percorsa una vasta area: da Valona al confine greco, da Gjirokaster a Kelcyre (destra orografica del f. Drinos), attraverso il parco de Llogaras (m.ti Cikes), verso la città di Saranda (area del Bredget) e la zona lagunare naturalistico archeologica di Butrinto. Qui, dietro invito ufficiale del CISP (Com. Internaz. per lo Sviluppo dei Popoli), vi è stato uno scambio di esperienze nell'ambito della formazione dello staff del parco, unitamente all'intento di future collaborazioni in progetti esplorativi, scientifici e divulgativi. Nell'area di Gjirokaster, una tappa alla spettacolare risorgenza detta "Occhio Blu" ha permesso di valutare la riduzione della sua portata idrica rispetto al passato. Spostandosi a destra del fiume Drinos, di notevole interesse sono state le ricognizioni sui M. Buretos (zona di Policani) e M. Lunxherise (valle chiusa di Cajupit - 1500 m). L'ultimo giorno si è risaliti il canyon di Kelcyres attraversando forse la zona carsica più interessante. Lungo il fiume Vjoses, infatti, ci si è imbattuti in numerosissime risorgenze. La zona presenta notevoli potenzialità per future esplorazioni in La Venta. Parallelamente all'attività ricognitiva, una capillare osservazione del territorio, ad opera dei naturalisti della spedizione, ha permesso la classificazione di numerose specie botaniche e d'avifauna, il tutto supportato da una preziosa e dettagliata documentazione video fotografica.

SERIE VIDEO LA VENTA DESTINATION: TO THE TIP OF THE WORLD

Assieme al nostro partner in campo documentaristico, la GA&A di Roma, abbiamo prodotto una serie di otto puntate che raccontano altrettante missioni esplorative ambientate nel continente americano, passando dal Messico al Venezuela alla Patagonia argentina e cilena.

"El Higo: archeologi nella foresta": ambientato nell'area carsica del Rio La Venta, in Chiapas, Messico, racconta le ricerche archeologiche effettuate nel sito denominato El Higo. Attraverso il paziente lavoro degli archeologi tornano alla luce le tracce dell'antica civiltà Zoque.

"El Ocote: nel cuore del verde abisso": un grande sotano nella foresta di El Ocote, sempre in Chiapas, ha affascinato per anni gli esploratori del gruppo La Venta. Il documentario narra le tappe che hanno permesso, con grandi sforzi, di raggiungerlo: dall'aria, con una calata mozzafiato dall'elicottero, e via terra, con due settimane a piedi per attraversare 6 km di foresta "impossibile".

"Cuatro Ciénegas: acque nel deserto": tre anni di ricerche

ALBANIA 2004. In 2004, from May the 22nd to May the 30th the La Venta Association has carried out its first geographical-naturalist survey in Albanian territory, in collaboration with the Albanian Scientific, Didactic Speleological Society and the Tirana Geographic Institute. During the course of nine days we covered a large area: from Valona to the Greek border, from Gjirokaster to Kelcyre (on the orographic right of the Drinos river) through the Llogaras Park (in the Cikes Mountains), towards the city of Saranda (in the Bredget area) and the Butrinto natural-archaeological lagoon area. In this latter place, following an invitation of the International Committee for the Development of Peoples, we met with the park staff to exchange impressions and experiences and plan future collaborations for explorative, scientific and popularisation projects.

In the Gjirokaster area, a stopover at the spectacular "Blue Eye" spring allowed us to assess the reduction of its present water flow compared with that of the past. On the right hand side of the Drino River, we carried out quite interesting surveys on the Buretos (Policani area) and Lunxherise (Cajupit closed valley, 1500 metres above sea level) Mountains. The last day we went upstream in the Kelcyres canyon, crossing what was perhaps the most interesting karst area. Along the Vjoses River we bumped into many springs; the area appears to have remarkable potential for future La Venta explorations. In parallel with the surveying activity, the naturalists present in our group carried out a detailed study of the territory that allowed them to classify many plants and birds. Their work was accompanied by the realisation of precious and detailed video-photographic documentation.

VIDEO SERIES LA VENTA. DESTINATION: TO THE TIP OF THE WORLD.

Together with our partner in the documentary field, the GA&A of Rome, we have produced a series of eight instalments telling of as many exploration missions taking place in the American continent, moving from Mexico to Venezuela and to Patagonia (Argentina and Chile).

"El Higo: archaeologists in the forest": set in the karst area of Rio La Venta, in Chiapas, Mexico, tells about the archaeological research carried out in the site called El Higo. Thanks to the patient work of the archaeologists the traces of the ancient Zoque civilization come back to light.

"El Ocote: into the green abyss": a great abyss in the forest of El Ocote, again in Chiapas, has fascinated the explorers of the

association La Venta for years. The documentary narrates the steps needed to reach it, by means of huge efforts: from the air, thanks to a breathtaking descent from a helicopter, and on foot, spending two weeks to cross 6 km of "impossible" forest.



per scoprire l'origine delle acque della più importante zona umida del deserto Chihuahuense, nel nord del Messico, vengono narrati attraverso le esplorazioni di pozze cristalline, grotte, canyon e profonde miniere abbandonate.

“Nel cuore di Juquila”: il documentario è diviso in due parti e descrive la prima discesa integrale del lungo canyon di Juquila, nello stato di Oaxaca, alla ricerca delle grotte e delle testimonianze archeologiche che caratterizzano questa area carsica del Messico.

“Durango: il popolo dei canyon”: le *quebradas* sono lunghe e profondissime gole inesplorate che incidono una vasta area dello stato di Durango. Lungo le pareti si aprono cavità che in un lontano passato hanno ospitato una civiltà tuttora sconosciuta.

“Tepui: alle porte del tempo”: i Tepui sono massicci quarziticci antichissimi che occupano una vasta area tra Venezuela, Brasile e Guyana. Il documentario racconta le esplorazioni dell'associazione nelle grotte di queste montagne, vere e proprie “porte” su un lontanissimo passato.

“Grotte glaciali della Patagonia”: il documentario rappresenta la spettacolare sintesi di numerose spedizioni glaciopedologiche realizzate nei ghiacciai della Patagonia, tra Cile e Argentina.

Si tratta di documentari della durata di 30' a breve disponibili su DVD.

“Cuatro Ciénegas: waters in the desert”: three years of research to discover the origin of the water of the most important wet area of the Chihuahuan desert, in northern Mexico, are narrated through the exploration of crystal-clear pools, caves, canyons and deep abandoned mines.

“Into the heart of the Juquila canyon”: the documentary is divided into two parts and describes the first complete descent of the long Juquila canyon, in the state of Oaxaca, searching for caves and archaeological evidence in this karst area of Mexico.

“Durango: the people of the canyon”: the quebradas are long and very long unexplored gorges carved through a vast area of the state of Durango. Caves and rock shelters open along their walls: in ancient times they hosted a still unknown civilization.

“Tepui: the gates of time”: the Tepui are extremely ancient quartz massifs occupying a vast area across Venezuela, Brazil and Guyana. The documentary tells about the explorations carried out by La Venta into the caves of these mountains, true “gates” into an ancient past.

“Patagonia's ice caves”: the documentary represents the spectacular synthesis of several glaciopedological expeditions carried out in the glaciers of Patagonia, both in Chile and in Argentina.

The documentaries last 30 mins each, and will soon be available on DVD.

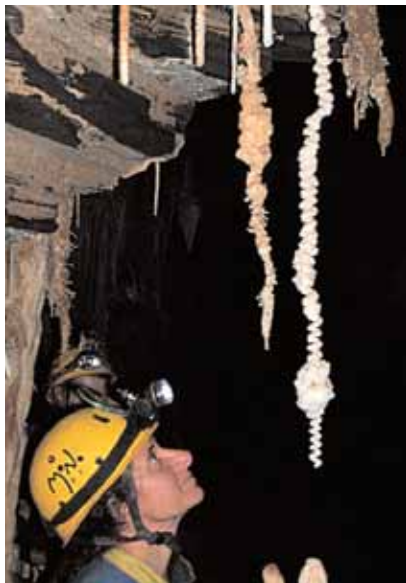
SERRA DO DIVISOR 2004

La Serra do Divisor o di Contamana è un complesso di rilievi che separa il bacino dell'Ucayali (Perù) da quello del Juruà (Brasile, Acre), nella zona di testata di quest'ultimo fiume. Si innalza sino a 500 metri sopra i pianori circostanti su una superficie di circa 8000 chilometri quadrati. La sua accessibilità è ridottissima, da Cruzeiro do Sul occorrono due-quattro giorni di navigazione per arrivare ai margini di questa zona di rocce arenitiche.

Per la sua estrema varietà biologica, la massima mondiale, è divenuta zona parco, strettamente controllato.

Abbiamo avuto segnalazione della presenza di grotte; uno di noi era in giro in Brasile per una gita cultural-speleologica, che in luglio si è concentrata nella zona della Terra Ronca, in Goyas. In agosto si è spinto sino là per verificare la situazione di questo remotissimo angolo di mondo. Il periodo era infelice, dato che le comunicazioni avvengono solo via fiume e quello era periodo di secca, con inaccettabili allungamenti dei tempi di percorrenza, ma ha potuto definire la logistica generale oltre a ottenere molte informazioni sulla geografia fisica ed umana della zona.

Risulta che ci siano forti motivi di interesse, ma occorre sviluppare ulteriormente i contatti per la estrema complessità logistica del problema. Note relative a questa ricognizione appariranno su un libro di ecologia di prossima pubblicazione che segnaleremo nel prossimo numero.



SERRA DO DIVISOR (BRAZIL) 2004. The Serra do Divisor is a group of mountain ranges that divide the Ucayali basin in Peru from the Juruà basin in Acre, Brazil, in the headwater area of the latter river. The Serra rises up to 500 metres above the surrounding plains, on a surface of approximately 8000 square kilometres. The area is very hard to reach, as it takes 2-4 days by boat from Cruzeiro do Sul to get to the border of these arenite rocks.

Thanks to its biological diversity, the highest in the world, the area has become a tightly controlled park area.

We were told about the presence of caves. In July one of us was on a cultural-speleological tour focused on the Terra Ronca area in Goyas (Brazil) and in August pushed forward all the way to this very remote spot. His timing was not good, as one can only move around in the area by navigating the rivers and this was the dry season. Because of this, traveling would have been way too slow but he was nevertheless able to figure out the general logistics and gather much information about the geography and human environment of the area.

As it turned out there are many elements of interest but because of the highly complex logistics involved we will need to further refine our contacts on site. Notes about this preliminary survey will be included in an ecology book that will be published soon (more on this in the next issue of Kur).



Tyndall Glacier, Chile



“Buchi nell’acqua”

Giovanni Badino

It is, in this respect, absolutely comparable to the water of a river, which has here its deep pools, here its constant eddy, continually changing in substance, yet ever the same in form.

James Forbes, *Occasional Papers on the Theory of Glaciers*, 1859.

Ne derivava che esse sono strutture stabili come il gorgo in un fiume, fatto di acque sempre nuove: quando il ghiaccio arriva in quel punto assume la forma di una grotta, sempre più o meno quella.

Giovanni Badino, *Il carsismo glaciale*, 1999.

La speleologia glaciale è un’attività nata pochi anni fa come espressione estrema della speleologia tecnico-esplorativa. Essa è andata formandosi in mezzo alla più totale indifferenza sia della glaciologia, che la vede come attività sportivo-estrema, sia della speleologia, che la sente come esercizio tecnico privo dello spessore attribuito invece all’esplorazione di nuovi territori.

HOLES IN THE WATER. It is, in this respect, absolutely comparable to the water of a river, which has here its deep pools, here its constant eddy, continually changing in substance, yet ever the same in form.

James Forbes, *Occasional Papers on the Theory of Glaciers*, 1859.

As a consequence, they were stable structures, like the eddy of a river, made of ever changing waters; when the ice gets to that point it takes the shape of a cave, always more or less the same.

Giovanni Badino, *Glacial karst*, 1999.

Glaciospeleology is an activity that was born a few years ago, as the extreme kind of technical-explorative speleology. It has developed amidst the utter indifference both by glaciology, which considers it as a form of extreme sport, and by speleology, which sees it as a mere technical exercise devoid of the meaningfulness that is instead attached

In effetti, il procedere delle ricerche in quegli autentici mondi ci aveva spinto ad approfondire le conoscenze nel campo, ma avevamo scoperto che le idee sui mulini glaciali erano praticamente inesistenti: il problema pareva non aver suscitato mai interesse.

Le ricerche condotte in questo ventennio mostrano invece che si tratta di argomenti interessanti e, come sappiamo da poco, anche importanti; d'altra parte esse riguardano strutture localizzate in zone specifiche ma molto evidenti. Possibile che nessuno le avesse notate? Quando siamo andati a cercarne le citazioni fatte dai naturalisti che per primi avevano descritto i ghiacciai, abbiamo avuto l'enorme sorpresa di scoprire che essi avevano fatto molte ed accurate descrizioni dei fenomeni che riguardavano i pozzi glaciali. Ma quelle note sono state poi praticamente dimenticate per un secolo, dopo che le difficoltà tecniche avevano fatto scivolare i mulini glaciali fuori dell'ambito delle cose interessanti. Sui grandi ghiacciai si formano ruscelli che, dopo percorsi di poche centinaia di metri o, raramente, chilometri, si precipitano in rombanti pozzi formati nella massa di ghiaccio. I torrenti così spariti riappaiono riuniti in uno solo, alla fronte del ghiacciaio, in genere al contatto fra il letto morenico e il ghiaccio. Sotto i bianchi e regolari pianori c'è evidentemente una struttura interna di drenaggio.

Agli inizi della glaciologia, a metà '800, furono notati. Allora non si era ancora formato un distacco fra la speleologia e la glaciologia e dunque quei buchi vennero considerati vere e proprie "grotte" quanto quelle scavate nel calcare; salvo che le tecniche dell'epoca non ne permettevano l'esplorazione e finirono per uscire dall'ambito di interesse degli speleologi.

I modellisti glaciali nei primi anni '70 tentarono di capire quel che poteva accadere all'interno delle masse di ghiaccio. Le ricerche erano però indirizzate alle condizioni di formazione di condotte sul letto roccioso, una situazione di trasporto che è quasi certamente poco interessante se non nelle ultime decine di metri prima di uscire a giorno, là dove il ghiacciaio si fa sottile. In pratica, il ghiaccio non era considerato una sostanza carsificabile nel suo insieme, ma solo sull'interfaccia rocciosa.

to the exploration of new territories.

Indeed, our continuing research in those authentic worlds prompted us to deepen the knowledge in the field, but we soon found out that the ideas about glacial moulins were pretty much non-existent, as if the topic had never aroused any interest.

Research carried out in the past 20 years proves instead that these are very intriguing and, as we recently found, relevant subjects. On the other hand, they deal with localised structures, located in very specific areas, and yet very obvious. Was it possible that no one had ever noted them? When we went searching for the descriptions made by the first naturalists who had described the glaciers we had a big surprise to find that indeed they had made many accurate descriptions of the phenomena related to glacial wells. Those notes, however, were practically completely forgotten for a century, after technical difficulties had pushed glacial moulins out of the range of interesting themes.

In large glaciers one can see the formation of water streams that after a few hundred metres, or, rarely, kilometres, plummet into rumbling wells formed into the mass of the ice. The streams that disappear in this way reappear merged together at the front of the glacier, usually at the point of contact between the ice and the moraine bed. Obviously, under the white and regular plains lies an internal draining structure.

When glaciology was born, in the mid 1800s, they were noticed. At that time, speleology and glaciology had not been separated and therefore those holes were considered as actual "caves", just as those that had formed in limestone. The techniques of the time however, did not allow their exploration and they fell out of the domain of interest of the speleologists.

At the beginning of 1970s, glacial modeling experts tried to understand what could happen inside the ice masses. Research however, was mainly addressed to the conditions surrounding the formation of conduits at the level of the rock bed, a transport situation that is almost certainly of little interest, except for the last few tens of metres before emerging, where the glacier gets thin. In practice, the gla-





Gotter Glacier, Switzerland

Alla metà degli anni '80 vari gruppi di speleologi, in giro per il mondo, iniziarono ad occuparsi di queste grotte. Quasi subito si separò il problema tettonico da quello dissolutivo: i crepacci e le grotte glaciali si escludono a vicenda, perché se un ghiacciaio è intensamente fratturato l'assorbimento d'acqua vi avviene in modo diffuso, senza concentrazioni di energia che consentano all'acqua di scavare grotte. I ghiacciai interessati dal carsismo sono dunque sub-pianeggianti e temperati.

Le esplorazioni dirette, sempre molto complicate, hanno portato a caratterizzare il fenomeno nel suo complesso, almeno nelle parti più epidermiche: le cavità, in genere, si aprono con un pozzo sui 40-60 metri di profondità, creato dalle acque in caduta in queste parti superficiali del ghiacciaio. Spesso al fondo del pozzo risulta impossibile avanzare ulteriormente perché il torrente si perde in fessure impraticabili.

A volte, invece, il primo salto dà accesso ad una serie di ambienti imponenti, sorta di forre sub-glaciali lungo le quali il torrente procede a piccoli salti e brevi tratti orizzontali sino a perdersi in una pozza d'acqua da cui viene drenato per vie subacquee. Gli ambienti sono in genere di dimensioni decrescenti e le pozze d'acqua conclusive si trovano nella maggior parte dei casi ad un centinaio di metri sotto la superficie, raramente poco oltre.

Sono stati così esplorati ghiacciai in tutto il mondo dai vari gruppi: canadesi e polacchi alle Svalbard, svizzeri sulle Alpi, francesi in Groenlandia, spagnoli in Islanda mentre gli italiani hanno realizzato un *survey* generale con esplorazioni sulle Alpi e poi nel Tien Shan, nel Karakorum, in Islanda, in Antartide e soprattutto in Patagonia, giungendo a caratterizzare la fenomenologia generale del carsismo nei ghiacciai.

Lo studio teorico dei processi di formazione del carsismo glaciale è stato prima condotto per via analitica e poi con una serie di modelli numerici.

Una prima caratteristica importante per la morfologia delle grotte glaciali è quella del comportamento plastico del ghiaccio, che a bassa pressione si comporta quasi come una

ciar was not thought to be the subject of karstification in its entirety, but just at the ice-rock interface.

In the mid 1980s, several speleologists from around the world began to be interested in these caves. Almost immediately, the aspects of tectonics and melting were dealt with separately. Crevasses and glacial caves are mutually excluding, because if a glacier is intensely fractured the water absorption happens in a diffuse way, with no energy concentrations that would allow the water to dig caves. Karst glaciers are therefore sub-flat and with a temperate climate.

Direct exploration, always very difficult to perform, led to a general characterization of the phenomenon, at least in its most epidermal parts. The caves generally begin with a 40-60 metre well, created by the falling waters in the superficial parts of the glacier. Often, having reached the bottom of the well one cannot proceed any further because the water stream is lost into impassable cracks. Sometimes however, the first drop leads to a series of awe-inspiring environments, sort of sub-glacial gorges along which the torrent advances with shallow drops until it gets lost in a water pond from which it is drained via submerged paths. The environments usually become smaller and smaller and the final ponds are generally located a few hundred metres below the surface, only occasionally any further.

Glaciers have then been explored all over the world, by different groups: Polish and Canadians in the Svalbards, Swiss in the Alps, French in Greenland, Spanish in Iceland. Italians carried out a general survey that included explorations on the Alps and then in the Tien Shan, Karakorum, Iceland, Antarctica and, above all, Patagonia, finally managing to characterize the general features of glacier karst.

The theoretical study of the formation of glacial karst has been carried out analytically at first and then with a series of numerical models.

A first important feature for the morphology of glacial caves is the plastic behavior of ice, which at low pressure

roccia, ad alta pressione quasi come un liquido. Da questo deriva che una cavità a pochi metri di profondità è come se fosse scavata nella roccia, e rimane stabile anche per anni, se il fluire a valle del ghiaccio lo permette.

Una cavità a 50 metri di profondità ha invece una vita media dell'ordine di una stagione, e dunque quella è la profondità massima alla quale possono sopravvivere strutture legate a cicli stagionali. A profondità maggiori i tempi di collasso sono più brevi e dunque si tratta di strutture che si formano e durano finché gli agenti che le scavano sono attivi, per poi sparire "rapidamente" all'interno della massa di ghiaccio fluido.

Le strutture di drenaggio nelle parti più epidermiche sono dunque piuttosto semplici: i ruscelli si formano e si ingrossano nelle zone più depresse del ghiacciaio e poi entrano nel ghiaccio in punti ove il loro flusso concentrato di energia diventa superiore al minimo per perforare la superficie: si forma un punto di assorbimento, un "mulino glaciale". Al suo interno l'energia dell'acqua in caduta viene rilasciata all'aria e nei punti dove essa batte, fonde il ghiaccio. Il pozzo si sviluppa così in modo proporzionale all'energia rilasciata in caduta dalle cascate. Nelle prime parti, sino ad una cinquantina di metri di profondità, essa non viene contrastata dal collasso plastico e quindi le cavità si ampliano nel corso di tutta la stagione. È solo alla fine della stagione calda che le pareti cominciano a collassare sulla cavità, prevalentemente alle profondità maggiori, dove le sezioni dei pozzi vengono sensibilmente ristrette durante l'inverno. A profondità maggiori la plasticità del ghiaccio prevale ed esso tende a crollare sulla cavità che così viene ad assumere caratteristiche forme sempre più ristrette, a canyon. Questo semplice modello pare giustificare la grande maggioranza delle forme interne dei mulini glaciali.

Sin dalle prime esplorazioni, però, ci apparve chiaro che le strutture in cui avanzavamo fra mille difficoltà non potevano essere che un frammento della struttura interna del ghiacciaio. Le grotte avevano sempre un andamento verticale e dunque erano tributarie del sistema di drenaggio sommerso che doveva trovarsi al di sotto dei piccoli specchi d'acqua in cui si precipitavano i torrenti in fondo alle grotte. In pratica, a differenza di quanto aveva sino ad allora ipotizzato la glaciologia, i torrenti non arrivavano sino al letto roccioso, ma andavano a caricare più falde freatiche poste sul limite del "comportamento plastico" del ghiaccio. Il modellamento numerico è stato sinora l'unico strumento per chiarire i processi che avvengono nel reticolo di drenaggio sommerso.

In condizioni sommerse i tempi di collasso delle cavità all'interno delle falde acquifere aumentano grazie al contrasto della pressione dell'acqua. Come nel caso delle parti epidermiche, lo scavo avviene per rilascio di energia nella caduta fra i punti a monte e a valle del reticolo di trasporto. Ha un ruolo chiave la perdita di carico lungo le condotte e questo rende difficile il calcolo perché si tratta di un parametro che dipende molto dalla loro forma, condizioni di trasporto e così via.

Le condotte a pieno carico sub-glaciali sono dunque strutture di equilibrio fra lo scavo dovuto alla perdita di carico dell'acqua in transito e il riempimento dovuto al ghiaccio che tende ad implodere sulla condotta.

Le dimensioni dipendono dunque dalla pressione del ghiaccio sulle pareti e dalla pendenza e forma della galleria. Il calcolo deve essere applicato a casi reali, ma diremo che il diametro al quale diventa stabile una galleria percorsa da 1000 kg/s d'acqua, a cento metri di profondità, è circa 0,9 m, e l'acqua vi corre a quasi 1,5 m/s. Se il flusso è di soli 100 kg/s il diametro di equilibrio diviene 0,3 m e l'acqua vi corre ad un metro al secondo.

Le gallerie sono di diametro uniforme, perché un qualunque restringimento, dovuto ad esempio a crolli, crea un aumento di impedenza e una concentrazione del rilascio

behaves almost like rock, while at high pressure acts almost like a fluid. This implies that a cave positioned a few metres from the surface is almost carved in rock and therefore can remain stable for years, provided that the downstream flow of the ice allows it.

The life of a 50 metre deep cave, on the other hand, lasts for one season at the most; that is therefore the maximum depth seasonal structures can survive. Further down, collapse time is even shorter and therefore there are structures that are formed, and last, just as long as the digging forces are active. Then, they "quickly" disappear inside the mass of fluid ice.

The superficial draining structures are therefore rather simple: the streams are formed and become larger in the lower part of the glacier, to then enter inside its mass in the points where the concentrated flow of energy surpasses the minimum amount required to perforate the surface. There, an absorption point is formed: a "glacial moulin". Inside it, the energy of the falling water is released in the air and in the hit points, melting the ice. The well therefore grows in a way that is proportional to the energy released by the falls. In the initial parts, up to a depth of approximately 50 metres, the latter is not counteracted by the plastic collapse and therefore the caves keep growing for the whole season. Only at the end of the warm period do the walls begin to give in towards the cavity, mostly in the deeper parts, where the diameter of the wells decreases noticeably during winter. At higher depths plasticity prevails and the ice tends to collapse on the cave, which then tends to acquire a narrower shape, like a canyon. This simple model seems to account for the great majority of the internal shape of glacial moulins.

Since the very first exploration, though, it was clear to us that the structures we were crossing, amidst great difficulties, had to be just a fragment of the glacier's internal structure. The caves were always vertical and therefore were the tributaries of the submerged draining system that had to lie underneath the small ponds into which the water streams rushed at the bottom of the caves. In practice, as opposed to what glaciology had hypothesized until then, the torrents did not reach the rock bed but rather ended up loading many water tables located at the edge of the "plastic" area of the glacier.

So far, numeric modeling has been the only tool to clarify the processes that take place in the submerged draining network.

Thanks to the contrast provided by the water pressure, in submerged conditions the time of collapse inside the aquifers is increased. As for the epidermal parts, carving is due to the energy release caused by the fall of the water from the upstream and downstream parts of the transport network. A key role is played by the flow loss due to the interaction with the conduits' walls and this makes calculations quite complicated, as this parameter is very much dependent on the shape of the conduits, the transport conditions and so on.

The sub-glacial full-load conduits are hence in equilibrium between the carving due to the load loss of the passing water and the filling due to the ice that tends to implode in the conduit itself.

Dimensions therefore depend on the ice pressure on the walls, as well as on the shape and slope of the tunnel. Calculus must be applied to actual examples but we can say that a tunnel with a flow of 1000 kg/sec of water, one hundred metres deep, becomes stable at a diameter of approximately 0.9 metres and the water flows at almost 1.5 metres per second.

Tunnels have an even diameter, because any bottleneck, due for example to collapses, leads to increased impedance and concentrated energy release, which in turn leads to the removal of the constriction. Besides, the process has got a



locale di energia sino a che la disuniformità viene rimossa. Inoltre il processo è a retroazione negativa, cioè autostabilizzante, dato che quando il flusso d'acqua si ferma, ad esempio durante notti fredde, la galleria si stringe lentamente e aumenta di impedenza. Alla ripresa del flusso il rilascio di energia sarà perciò maggiore e lo scavo avverrà più rapidamente sino a ripristinare le condizioni precedenti. In modo analogo, un temporaneo aumento del flusso dilata la condotta al di sopra della sezione di equilibrio alla quale però ritornerà appena si ridurrà il flusso.

La novità principale riguarda la struttura complessiva della rete di condotte, strettamente legata al fatto che il processo di scavo non è più né isobaro né isotermo, dato che la temperatura di equilibrio fra acqua e ghiaccio dipende dalla pressione. Essa è 0 °C a pressione atmosferica, ma diminuisce di quasi un centesimo di grado per ogni aumento di pressione di una atmosfera. Questo effetto ha un ruolo fondamentale, perché in eventuali tratti ascendenti l'acqua si muove verso pressioni minori, e risulta fredda rispetto al ghiaccio e quindi solidifica sulle pareti. Il processo dunque evolve nel senso di allargamento delle parti discendenti e chiusura delle parti ascendenti delle gallerie. È dunque contrastata la formazione di tratti a saliscendi del reticolo.

La dipendenza fra la pressione e la temperatura di equilibrio fra le due fasi ha effetto anche sulle condotte, perché l'acqua che vi scorre quando passa in basso scava, quando tocca il soffitto deposita: il risultato è che la galleria migra lentamente verso il basso.

È interessante anche la stabilità del reticolo sul lungo periodo. Abbiamo visto come rapide variazioni del flusso causino piccole fluttuazioni attorno alla struttura di equilibrio, e infatti sia il calcolo che le osservazioni mostrano che i cicli diurni non causano variazioni significative.

La situazione cambia molto all'arrivo della stagione fredda. I flussi profondi si arrestano e le condotte iniziano lentamente a crollare su sé stesse, contrastate solo dalla pressione idrostatica della falda acquifera che viene spinta verso l'alto. In inverno il reticolo glaciale viene riempito d'acqua sin nei pressi della superficie.

In primavera il flusso d'acqua esterno riprende con modalità analoghe all'anno precedente, e va scavando pozzi praticamente negli stessi punti ove si erano formati l'anno prima, dato che essi sono legati alla struttura tensiva del ghiacciaio che è a sua volta determinata dalle condizioni di vincolo della roccia.

Questo punto merita un breve approfondimento. La presenza di un pozzo glaciale riduce ovviamente gli sforzi all'interno del ghiaccio circostante, che viene a tendere a "cadere" verso di esso. Uno sforzo estensivo sul ghiaccio tende a fratturarlo perpendicolarmente alla direzione dello sforzo ma, già prima della rottura, rende più facile la circolazione dell'acqua all'interno della massa glaciale. Accade dunque che nel torrente a monte del pozzo il ghiaccio sia maggiormente penetrabile dall'acqua che inizia a formare piccole perdite nel letto che vanno a finire nel pozzo ma lungo vie sotterranee. Man mano che l'acqua circola amplia il percorso sino a che la perdita diventa così forte che a valle di essa la valletta viene prosciugata. Quella che era un'infiltrazione diventa il nuovo pozzo.

Le parti più a valle del reticolo vengono trascinate verso la fronte glaciale e macinate, mentre a monte, nelle profondità dei "nuovi" mulini glaciali, se ne riformano di nuove.

Questo processo di replica del reticolo un po' a monte avviene stagionalmente in condizioni normali, ma può ripetersi più volte per stagione in condizioni di fusione molto intensa su ghiacciai veloci, come avviene in Patagonia o non avvenire più in ghiacciai ormai fermi, come avviene ora sulle Alpi.

Si noti che in questo caso il reticolo interno va ampliandosi a dismisura, accrescendo i depositi d'acqua nelle profondità del ghiacciaio. Vediamo come si comportano.

negative retroaction, i.e., it is auto-stabilizing, as when the water flow stops, for example during cold nights, the tunnel slowly decreases in diameter and the impedance increases. When the flow starts again, there will be an increased release of energy and the carving will be more rapid, until the original conditions are restored. Similarly, a temporary increase in water flow will bring the diameter of the tunnel above the equilibrium value, which however will be restored again as soon as the flow is reduced.

The main novelty has to do with the overall structure of the conduits' network, which is tightly correlated to the fact that the carving process is neither isobaric nor isothermal, as the equilibrium temperature between water and ice depends on the pressure. It is of 0 °C at atmospheric pressure, but it decreases by almost 0.01 °C for an increase of one atmosphere. This effect plays a fundamental role, as in rising tracts the water moves towards lower pressures and therefore is colder than the ice and solidifies on the walls. The process therefore tends towards the widening of the descending parts of the tunnels and the closure of the ascending ones. The formation of ups and downs in the network is therefore impeded.

The link between the pressure and the equilibrium temperature between the two phases affects also the conduits, as the flowing waters carve the floor and deposit on the ceiling. As a result, the tunnel slowly moves downwards.

The long-term stability of the network is also interesting. We saw how quick variations in the flow led to small fluctuations around the equilibrium structure, and indeed both calculations and observations show how the daytime cycles do not cause any significant variation.

The situation changes quite a bit with the cold season. Deep flows stop and the conduits slowly start to collapse, impeded only by the pressure of the water table that gets pushed upwards.

In the winter, the glacial network is filled with water almost all the way to the surface.

In the spring, the superficial water flows start again, similarly to what it did the year before, and begin to dig wells practically in the same spots as the year before. This is because the well formation is linked to the tensile structure of the glacier, which in itself is linked to the rock constraints.

This latter aspect deserves more coverage. The presence of a glacial well obviously reduces the stress within the surrounding ice, which tends to "fall" towards it. An extensive stress on the ice tends to fracture it orthogonally to the stress direction but, even before the actual breaking, it facilitates the circulation of the water inside the ice mass.

Therefore, upstream of the well the ice is more permeable and forms small leaks in the bed of the stream; these in turn end up in the well, but through subterranean paths. As the water flows, these paths become wider, until the leak is so significant that the little valley downstream dries out and what was an infiltration has become the new well.

The downstream parts of the network are dragged towards the front of the glacier and crumbled, while upstream, in the depths of the "new" moulins, new parts are formed.

This upstream network replication process happens seasonally in normal conditions, but can happen several times in a season under conditions of intense melting in fast glaciers, as it happens in Patagonia, or it can stop altogether in still glaciers, as it happens in the Alps.

It should be noted that in the latter case the internal network is growing oversize, increasing the water deposits deep inside the glacier. Let's have a look at how they behave.

The most relevant aspect for a practical use of the studies on glacial karst is without a doubt that of the sub-glacial water reservoirs.

L'aspetto più rilevante per un utilizzo pratico degli studi di carsismo glaciale è senza dubbio quello dei depositi d'acqua subglaciali.

È infatti ben noto che periodicamente dai ghiacciai fuoriescono improvvisamente enormi quantità d'acqua che si erano venute accumulando negli anni precedenti all'interno.

La situazione di rischio va attualmente crescendo proprio perché la generale fase di ritiro delle superfici glaciali sulle Alpi è destinata a liberare le tasche d'acqua esistenti.

Le analisi teoriche mostrano che esse sono stabili negli anni e che tendono progressivamente ad approfondirsi nella massa glaciale, ampliandosi. Questo è dovuto a tre fattori, che è interessante descrivere brevemente.

Il primo è che la densità dell'acqua è maggiore di quella del ghiaccio e che quindi alla base del serbatoio la pressione tende ad allontanare il ghiaccio: un deposito d'acqua ha tendenza ad "affondare" nel ghiacciaio.

Il secondo fattore è che questi bacini risultano punti privilegiati di deposizione del flusso di energia che attraversa il ghiacciaio, causandone fusione. Infine le turbolenze che vi possono essere innestate causano, per il già citato processo legato alla diminuzione di temperatura con la pressione, scavo alla base e deposizione di ghiaccio alla sommità del bacino.

Speriamo che queste brevi osservazioni siano bastate a dimostrare come la speleologia glaciale, nata molto recentemente da una costola della speleologia sportiva, stia chiarendo molti processi che avvengono nei ghiacciai e stia delineando il mondo che questi contengono.

Indeed, it is well known that huge amounts of water, which accumulated during previous years, periodically gush out of the glaciers.

The risk is now increasing, as the generalized regression phase of glacial surfaces in the Alps is bound to release the existing water pockets.

Theoretical analyses show that they are stable during the years and tend to progressively go deeper in the ice mass while increasing in size. This is due to three factors, which is important to describe briefly.

The first one is that water is denser than ice and therefore at the base of the reservoir pressure tends to push ice away: a water deposit tends to "sink" in the glacier.

The second factor is that such basins turn out to be points of preferential deposition for the energy that flows through the glacier, leading to its melting. Finally, the turbulences that can be overlapped cause, for the already mentioned lowering of temperature with pressure, carving at the base of the basin and ice deposition at its top.

We hope that these brief observations sufficed to demonstrate how glacial speleology, recently stemmed from sportive speleology, is clarifying the many processes that take place inside the glaciers and outlining the world they contain.



Leonardo Piccini, Antonio De Vivo

VESTIARIO E ATTACCHI

Come si può facilmente intuire, andando per ghiacciai l'abbigliamento è il punto critico. La temperatura dell'aria è intorno a 0 °C e occorre quindi proteggersi dal freddo, che però non è eccessivo e quindi sotto sforzo si suda, e soprattutto dall'acqua, freddissima, che bagna le pareti e cade dai pozzi. Può anche capitare di dover attraversare tratti allagati, ma con acqua raramente più profonda di 50-70 cm.

Occorre quindi un abbigliamento stagno, traspirante, che protegga dal freddo e che lasci ampia libertà di movimento. Al momento non esiste un vestiario che soddisfi tutte queste esigenze e quindi siamo costretti a scegliere soluzioni diverse, in funzione delle caratteristiche della cavità in cui ci accingiamo a scendere.

Per l'isolamento termico è sufficiente indossare maglieria da montagna e sottotuta speleo in pile, o capi da alpinismo analoghi. In ogni caso non conviene vestirsi troppo pesantemente, visto che in genere i tempi di permanenza sono abbastanza brevi, salvo casi particolari in cui si prevedono lunghe soste (riprese video, fotografiche, ecc.).

Nelle grotte verticali e poco bagnate, sopra al vestiario in pile, si può indossare un completo giacca e sovrappantaloni in tessuti resistenti all'acqua e possibilmente traspiranti. In presenza di cascate con forte nebulizzazione dell'acqua è preferibile indossare tessuti ad alta impermeabilità, come le tute da canoa o da vela, anche se in due pezzi. Nei casi in cui occorre guadare tratti allagati, non c'è che da indossare mute stagne da immersione o da canoa.

Una buona soluzione per i piedi è quella d'indossare, sopra un paio di pesanti calze, un paio di scarpette in neoprene a gambaleto alto al posto delle scarpette interne di scarponi doppi in plastica. Utili le ghette, sia per evitare l'entrata di acqua o ghiaccio dal colletto degli scarponi, sia per proteggere la parte inferiore di sovrappantaloni o muta stagna dalle ramponate.

Per le mani si può ricorrere a varie soluzioni. In cavità asciutte vanno bene normali guanti da montagna impermeabili. In quelle umide si possono indossare guanti in gomma morbida da lavoro foderati, oppure guanti in neoprene da immersione o da canoa.

Indispensabile l'uso del casco, poiché la caduta di piccoli pezzi di ghiaccio, staccati dai compagni o dalla corda, è molto frequente.

Sopra gli scarponi vanno indossati i ramponi. Non occorre che siano particolarmente tecnici; vanno bene anche i 10 punte leggeri. Meglio se a punte anteriori e inferiori corte, per facilitare l'inserimento del piede nell'asola del pedale. È bene avere con sé un martello piccozza, possibilmente con manico non più lungo di 50 cm.

Nelle cavità verticali, si procede quasi sempre in corda. Occorre quindi essere dotati della normale attrezzatura speleologica da progressione su corda: imbracatura, discensore speleo, bloccante ventrale, maniglia con pedale e longe di sicura. Il materiale di progressione è costituito da corde, moschettoni e viti da ghiaccio. Le corde devono essere statiche di uso speleologico. Questioni di leggerezza ed ingombro consigliano l'uso di corde da 9 mm. Per gli ancoraggi interni si usano le normali viti da ghiaccio tubolari, meglio se di grande diametro; ottime quelle in titanio di fabbricazione sovietica, leggere, resistenti ed economiche. Per l'attacco esterno occorre una certa cautela, perché le viti nor-

CLOTHING AND ANCHORS. *It is fairly obvious that proper clothing is the critical aspect of traveling on glaciers. The air temperature is around 0 °C and therefore one has to protect oneself from the cold (not too extreme and therefore one can still sweat when working) and above all from the chilled water that wets the walls and drips from above. It is possible to bump into flooded patches, but the water is rarely deeper than 50-70 centimetres. Clothing must therefore be waterproof and yet breathable, warm and yet not clumsy. At present, no clothing fulfills all these requirements and therefore we are forced to choose between different solutions, depending on the features of the cave we are going to descend in.*

As far as thermal insulation goes, mountain woolens and speleological fibrepile suits (or other similar alpine clothing) are enough. In any case it is not a good idea to overdress, as normally one does not spend too much time in the caves (except in the case of particular activities, such as filming or photo shooting).

In vertical, not too-wet caves, on top of the pile jumpsuit one can wear water-resistant garments, possibly made with breathable fabric. In the presence of waterfalls causing a lot of mist it is better to opt for highly waterproof fabrics, such as canoeing or sailing suits (two-piece sets are also acceptable). When one has to cross flooded areas, however, there is no alternative to wearing a scuba or canoeing watertight wetsuit.

As for the feet, a good solution is to replace the inner shoes of a pair of double plastic ice-boots with a pair of neoprene boots, worn on top of thick socks. Gaiters are quite useful, both to prevent the entry of water or ice from the top of the boots and to protect the lower part of the pants (or of the wetsuit) from being ripped by the crampons.

Hands can be protected in several ways. When in dry caves, normal waterproof mountain gloves do just fine. When in wet environments, one can use lined, rubber work-gloves or neoprene scuba or canoeing ones.

Wearing a helmet is a must, as the fall of small fragments of ice detached by the ropes or by the other team members is quite common.

On top of the boots one must wear crampons. These do not have to be particularly sophisticated; a pair of light, 10-spikes will do fine. It is better if the anterior and the lower spikes aren't too long, so that it is easier to fit the foot into the jumar sling. It is advisable to carry a hammer/ice-axe, if possible with a handle of 50 cm or shorter.

In vertical caves, one almost invariably climbs with ropes, which means one has to be equipped with regular speleological climbing gear: harness, descender, chest ascender, handled ascender and sling, safety line. The rigging equipment needed for the walls includes ropes (static, for caving), karabiners and ice-screws. We recommend 9 mm ropes, light and not too bulky. For anchoring inside caves we use regular, tubular ice-screws (the wider the diameter, the better). The best choice is the titanium ones, made in the former Soviet Union: light, sturdy and inexpensive. Outside anchoring requires more attention, as regular screws warm up under the sun and lose their grip within a few minutes. It is therefore advisable to start the anchoring on a natural support, such as a big rock or an ice "mushroom" carved for that purpose.

Some time ago our association started to use homemade tubular screws, the first version of which was designed in 1994 for the Hielo Patagonico 95 expedition by Prof.

mali, se colpite dai raggi del sole, si scaldano e perdono di tenuta in pochi minuti. Meglio quindi, se possibile, iniziare l'armo da un attacco naturale, che può essere costituito da un grosso blocco di roccia o da un fungo di ghiaccio realizzato per l'occasione.

La nostra associazione si è dotata, da un po' di tempo, di viti tubolari autocostruite, la cui prima versione risale al 1994, quando vennero realizzate in vista della spedizione Hielo Patagonico 95. A realizzarli fu il prof. Morello dell'IPSIA E. Bernardi di Padova. In quell'occasione si decise di copiare esattamente la struttura dei normali chiodi in commercio, salvo aumentarne sensibilmente la lunghezza: la tenuta era ovviamente molto superiore a quella dei chiodi corti, ma la questione della fusione del ghiaccio attorno al chiodo non era comunque completamente risolta.

Nel 2003 venne realizzata la seconda generazione di chiodi da ghiaccio. A portarla a compimento fu sempre l'istituto Bernardi, su progetto del prof. Mengotti e grazie alla collaborazione del prof. Filippelli e di alcuni suoi alunni. Questa volta si decise di realizzarli sia in acciaio inox che in lega d'alluminio. La lunghezza è sempre di 60 cm, il diametro esterno è di 40 mm, lo spessore di 3,3 mm. Ma il cambio epocale, quello che ha creato anche i problemi maggiori a livello di produzione, è rappresentato dal filetto, profondo ben 5 mm, con passo di 12 mm e, soprattutto, sottosquadra (4-5 %): ciò significa che la fase di avvitamento è normale, mentre viene notevolmente ostacolata l'estrazione. In altre parole si ottiene una superficie di contatto col ghiaccio enorme rispetto agli standard e anche in caso di fusione la forma del filetto prolunga la tenuta. L'aumento di superficie è anche dovuto al fatto che il filetto, anziché trovarsi solo nella parte terminale del chiodo, occupa metà dello stesso. Vi è qualche difficoltà in più in fase di avvitamento, ma la tenuta ripaga di ogni sforzo. Va sottolineato che i nuovi chiodi sono stati realizzati a partire da un tondo pieno, forato e poi filettato al tornio, per l'impossibilità di reperire sul mercato un tubo di dimensioni adeguate. Per quanto riguarda le teste di attacco, quelle in alluminio sono state ricavate da un blocco, forato e amorevolmente levigato, mentre quelle in acciaio da una piastra di 1 cm di spessore, piegata in pressa e poi forata. Test di tenuta non ne abbiamo ancora fatti, ma un calcolo teorico ci fornisce dati confortanti; siamo tra i 4000 e i 5000 kg. Potremmo tranquillamente usarli per trascinare iceberg dalla Patagonia verso i caldi climi africani...




Morello, at the "Bernardi" technical high school in Padova. At the time we had decided to copy the structure of the commercially available screws, just increasing their length. Of course they had a much better grip compared to shorter pitons, but the issue of ice melting was not completely solved. In 2003 the second generation of ice-screws was designed by Prof. Mengotti, always at the "Bernardi" Institute, with the collaboration of Prof. Filippelli and some of his students. This time we decided to make them with both stainless steel and aluminum alloy. They are still 60 cm long, 3.3 mm thick with an inside diameter of 40 mm. However, the epochal change, which also created the most problems in their making, was the 5 mm deep screw thread, characterised by a 12 mm pitch and, above all, a 4-5% slant. All this means that while the screwing-in phase is normal, the extraction is more difficult. In other words, the ice-metal contact surface is huge compared to standard pitons and even in the case of melting the shape of the

thread prolongs the grip. The contact surface is also increased because the thread covers the whole distal half of the screw, rather than being just at its end. There is some problem when screwing them in, but the extra grip is well worth the extra effort. It should be noted that because we could not find a commercially available tube of the proper size, the new screws have been made starting from a solid cylinder, which was bored and threaded with a lathe. As far as the binding heads are concerned, the aluminum ones were derived from a solid block, bored and polished with loving care, whereas the steel ones were derived from a 1 cm plate, bent in a press and then bored. We haven't carried out any load tests yet, but calculations provide reassuring data: they should stand between 4000 and 5000 kilograms. We could easily use our screws to drag Patagonian icebergs to the warm African climates...



Salto de la Luma, quebrada de Piaxila, Durango, Mexico



Le quebradas di Durango

Carlos Lazcano Sahagún,
Francesco Lo Mastro, Corrado Conca

Le quebradas di Durango Carlos Lazcano Sahagún

Uno dei più spettacolari scenari paesaggistici del Messico ci è offerto dai canyon, o *barrancas*, che si concentrano in quattro regioni montuose del paese: la Sierra Madre Occidentale, la Sierra Madre Orientale, la Sierra Madre del Sud e l'Asse Neovolcanico. Una delle più impressionanti concentrazioni al mondo di canyon si trova nella Sierra Madre Occidentale, principalmente negli stati di Durango e Chihuahua, dove fenomeni tettonici hanno dato origine a un ambiente straordinario. Dal lato di Chihuahua troviamo il sistema dei Canyon del Cobre, dove risaltano le *barrancas* Sinforosa, Urique e Batopilas con profondità tra i 2000 e i 2100 metri. Il canyon più profondo di Chihuahua, che sconfina nel Sinaloa, è invece la Mohinora e raggiunge addirittura i 2500 metri di dislivello tra gli altopiani sommitali e il fondo dove scorre il fiume. È caratterizzato da abissi grandiosi e non è ancora stato esplorato. Tra il 1994 e il 2000 ho effettuato una serie di esplora-

The quebradas of Durango Carlos Lazcano Sahagún

Mexican canyons, also known as barrancas, are grouped in four regions, western Sierra Madre, eastern Sierra Madre, southern Sierra Madre, and the Neovolcanic array, and offer some of the most spectacular scenery in the country. The western Sierra Madre sports one of the most impressive groups of canyons in the whole world, mainly in the states of Durango and Chihuahua. Here tectonic phenomena have created an extraordinary environment. On the Chihuahuan side one can find the Cobre Canyon system, where the barrancas of Sinforosa, Urique, and Batopilas stand out with their depths ranging between 2000 and 2100 metres. Chihuahua's deepest canyon is the Mohinora, which encroaches on the Sinaloa and reaches a depth of 2500 metres, between the top plateaus and the riverbed at the bottom. It is characterised by magnificent abysses and it has not yet been explored. Between 1994 and 2000 I carried out a series of systematic explorations of some of these canyons, so rich in natural won-

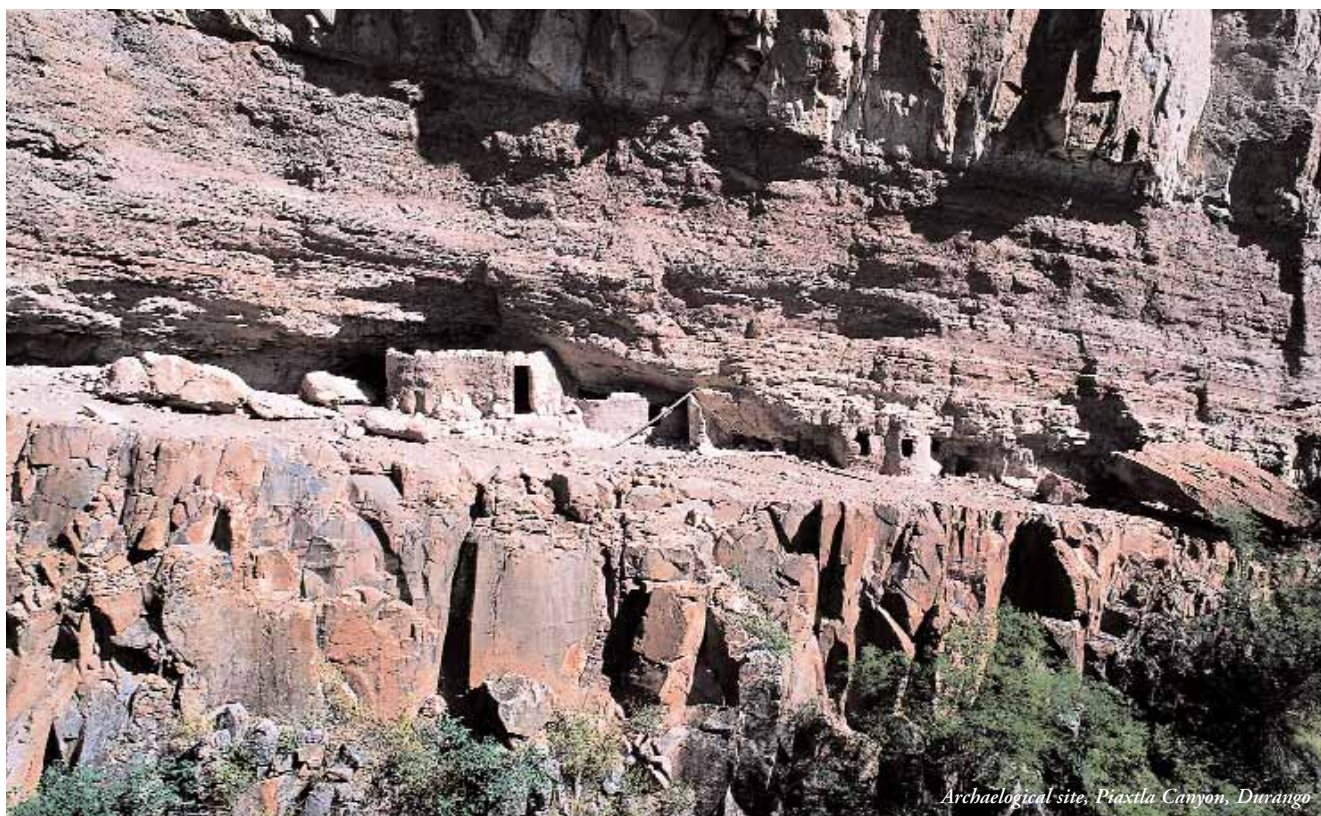


zioni sistematiche in alcuni di questi canyon ricchi di meraviglie naturali. Tra tutte spicca il Salto di Piedra Volada (Barranca Candameña), che con un'altezza di 453 metri è considerata l'undicesima cascata al mondo. Sempre a Candameña ho potuto scoprire la Peña del Gigante, un monolito di pietra con una parete verticale alta un chilometro, la maggiore conosciuta in Messico. Nella Sinforosa ho trovato e descritto diverse cascate di oltre 100 metri di altezza, mentre nella Barranca Huápoca ho scoperto quasi un centinaio di siti archeologici stranissimi: le cosiddette "case in parete". Si tratta di semplici abitazioni rivestite di fango e paglia, edificate all'interno di scavamenti e ripari rocciosi. Questi enigmatici siti archeologici risalgono a 800-1000 anni fa e appartengono a un'ampia tradizione, detta appunto "delle case in parete", diffusa nel Messico settentrionale e nel sud-ovest statunitense. In alcune grotte ho rinvenuto fino a 53 costruzioni, ma anche mummie, otri, archi, frecce, magazzini per il mais e altri oggetti della vita quotidiana di questa antica popolazione. Le esplorazioni in Chihuahua mi hanno portato naturalmente ad interessarmi delle *barrancas* di Durango. Questo stato si trova a sud del Chihuahua ed entrambi condividono la parte più scoscesa della Sierra Madre Occidentale. Non c'è dubbio che questo territorio sia il più inciso dai canyon di tutta la sierra: qui vengono chiamati *quebradas* e nell'ultimo censimento dei canyon messicani quelli di Durango giocano la parte del leone. Ve ne sono almeno 10 che superano i 2000 metri di profondità.

Il potenziale esplorativo di questi canyon mi era già noto da molto tempo, ben prima di poter cominciare davvero le ricerche sul campo. I primi tentativi risalgono al principio degli anni '80, quando Henry Moller, allora direttore della rivista "México Desconocido", sorvolò in elicottero alcune *quebradas* e in quella di Bacis avvistò numerosi complessi di case in parete, ubicati in luoghi per lo più inaccessibili. Mi chiese allora di preparare un progetto di esplorazione per quella zona e lo feci basandomi sull'idea di un avvicinamento in elicottero e la possibilità di calarsi con le corde dalla sommità degli altopiani: poco prima della partenza ci fu però un cambio politico nel governo locale, che avrebbe dovuto fornire

ders. Amongst them the most remarkable is the 453 metres high Piedra Volada Jump, in the Barranca Candameña, which is considered to be the 11th highest waterfall in the world. Still in Candameña I discovered the Peña del Gigante, a rock monolith with a vertical wall one kilometre tall, the highest known in Mexico.

In the Sinforosa I found and described several waterfalls higher than 100 metres, whereas in the Barranca Huápoca I discovered almost one hundred very peculiar archaeological sites, the so-called "houses on the wall". They are simple houses lined with mud and straw, built inside rock shelters. These enigmatic sites date back to 800-1000 years ago and belong to a spread tradition, named indeed "houses on the wall", which is common in northern Mexico and in the south-west of the United States. In some caves I found up to 53 buildings, as well as mummies, leather bags, bows, arrows, corn storage and other objects belonging to the everyday life of this ancient population. Unsurprisingly, the explorations in Chihuahua led me to become interested in the Durango's barrancas. This state is positioned south of Chihuahua and they both share the steeper part of the western Sierra Madre. There is no doubt that this territory is the most carved by canyons in the whole sierra; here canyons are called quebradas and in the latest count of Mexican canyons those of Durango play the main role. At least ten of them are deeper than 2000 metres. I was aware of the explorative potential of this area well before I could actually begin my field research. The first attempts date back to the beginning of the 1980s, when Henry Moller, then director of the magazine "México Desconocido", flew over some of the quebradas with an helicopter and in the Bacis' one spotted many complexes of houses on wall, mostly located in unreachable areas. He then asked me to prepare an exploration project for the area and I drew one up building on the idea of getting there by helicopter and then descending with ropes from the top of the plateaux. However, shortly before departure there was a change in the local government, which was supposed to provide the logistic support, and the expedition was cancelled. My wish remained, however, to be able to carry out that project at some time. A new opportunity presented itself in 1990. At the time I had just completed, for the same "México Desconocido" magazine, the crossing of the whole peninsula of Baja California on foot. They then asked me to come up with an idea for a new exploration and I again proposed the Durango's quebradas.



Archaeological site, Piaxtla Canyon, Durango

l'appoggio logistico e la spedizione fu cancellata. Da allora mi è rimasto il desiderio di realizzare, prima o poi, quell'esplorazione.

Una nuova opportunità si presentò nel 1990. Per la stessa rivista "México Desconocido" avevo appena realizzato, con successo, la traversata a piedi di tutta la penisola della Bassa California: mi chiesero allora di proporre una nuova spedizione e tornai alla carica con le *quebradas* di Durango.

Chiamai ad aiutarmi Carlos Rangel, esperto alpinista e speleologo, che durante la preparazione della missione effettuò un primo sopralluogo via terra, per capire meglio i problemi logistici. Ne trovò uno insuperabile: il narcotraffico e la coltivazione illegale di sostanze stupefacenti, soprattutto marijuana. Quelle valli isolate e poco accessibili erano evidentemente un luogo molto adatto. In quegli anni il governo messicano stava producendo il massimo sforzo di repressione attraverso un'operazione chiamata Condor, e l'esercito stesso rappresentava una grossa limitazione alla libertà di movimenti, senza contare gli altri rischi.

Così, ancora una volta, il progetto fu sospeso: ma anche il breve giro di Carlos Rangel aveva confermato sia la spettacolarità dei canyon che la presenza di numerosi e interessanti siti archeologici. Qualche anno dopo, con la situazione un po' più tranquilla, Carlos fece altre ricognizioni assieme a Manuel Casanova, appartenente al gruppo esplorativo della Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): ma la vera esplorazione non era ancora cominciata.

La terza opportunità, quella buona, arrivò tramite la conoscenza di Walter Bishop, un abitante di Durango che si dedica all'organizzazione di viaggi ecoturistici nella Sierra Tarahumara: appena conosciuti, Walter mi commentò che aveva visto molte cose nelle *quebradas* quando pilotava piccoli aerei nella regione. Andai varie volte a trovarlo e, oltre a diventare amici, riuscimmo ad effettuare una serie di voli durante i quali raccogliemmo i dati per impostare delle esplorazioni sistematiche.

Contemporaneamente, assieme al geografo della UNAM Edgardo Raúl Solano, effettuammo uno studio cartografico per determinare le profondità dei canyon: sembra strano, ma non esistevano dati in proposito. Edgardo

I called Carlos Rangel, an expert mountaineer and speleologist, for help, and during the first part of the preparation for the mission carried out an initial land survey, to better define the logistic problems. He found an unbeatable one: the cultivation and trafficking of illicit drugs, especially marijuana. Those isolated and hard to reach valleys were obviously a well-suited place for such activities. In those years the Mexican government was applying its highest pressure to eliminate the phenomenon through the so-called Condor operation and the Army itself represented a significant obstacle to free circulation, not to mention the other risks.

So, once more the project was scrapped, but even the quick tour by Carlos Rangel had confirmed the beauty of the canyon and the presence of interesting archaeological sites. A few years later, the situation being more peaceful, Carlos carried out other surveys together with Manuel Casanova, from the exploring group of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The real exploration had not yet started however.

The third opportunity, the good one, came with the acquaintance of Walter Bishop, a Durango citizen who organizes ecotourist trips in the Sierra Tarahumara. Right after meeting him, Walter told me that he had seen many things in the quebradas when he flew small planes in the region. I visited him many times and, besides becoming friends, we made a series of flights during which we were able to collect the necessary data to plan systematic explorations.

At the same time, together with the UNAM's cartographer Edgardo Raul Solano we carried out a cartographic study to determine the depths of the canyons. Strange as it might sound, there was no such data until then. Edgardo isolated and quantified a series of parameters, such as length, depth, slope, and width; the list he produced is quite impressive.

They really are huge rips on the planet's surface. Many of these canyons turned out to be amongst the largest in Mexico, and indeed the whole world. For example, the Quebrada del Mezquital is 265 kilometres long and crosses the Sierra Madre from end to end. Humaya is 214 kilometres long, Huaynamota 192, Galindo 167 and so forth. They are real giants. Despite their length most of the drop is lost within the first few tens of kilometres.

Cartographic analysis also demonstrated the existence of many "minor" canyons, with a depth of more than 1000 metres. All in all, Durango State hosts a universe of barrancas, a system



Piactla Canyon, Durango

individuo e quantificò una serie di parametri quali lunghezza, profondità, inclinazione, larghezza: la lista che ne uscì è abbastanza impressionante.

Sono veramente degli immensi squarci nella superficie terrestre: molti di questi canyon risultano tra i maggiori del Messico e dell'intero pianeta. Ad esempio la

Quebrada del Mezquital ha una lunghezza di 265 chilometri e attraversa da parte a parte la Sierra Madre. Humaya è lunga 214 chilometri, Huaynamota 192, Galindo 167 e così via: veri e propri giganti. Inoltre, nonostante la lunghezza, il grosso del dislivello si perde nelle prime decine di chilometri.

Lo studio cartografico dimostrò anche l'esistenza di moltissimi canyon "minori", profondi più di 1000 metri: insomma nello stato di Durango esiste un vero universo di *barrancas*, un sistema unico al mondo, e tutto praticamente inesplorato!

Quando con Walter, a bordo di piccoli Cessna traballanti, sorvolammo le *quebradas* di Durango, rimanemmo soggiogati dalla loro bellezza e magnificenza. Ci presentavano la visione di un mondo pieno di enormi pareti verticali, tra le quali correvano fiumi e torrenti formando cascate e rapide. Attirò la nostra attenzione soprattutto la serie impressionante di cascate del Rio Piaxtla, una delle quali superava probabilmente i 150 metri di caduta libera. Dall'alto potemmo apprezzare meglio i grandi dislivelli topografici nell'osservare le montagne più alte, come il Monte Huehuento, di oltre 3200 m, elevarsi verticali sopra i canyon: sul fondo, lontanissimi e a 500 metri sul livello del mare, correivano i fiumi.

Ma la sorpresa maggiore fu avvistare nuovi siti archeologici di "case in parete" e pitture rupestri in parti delle *quebradas* veramente di difficile accesso. Per me una delle ragioni principali alla base di un nuovo tentativo fu proprio la presenza di questo tipo di siti: ne seguivo le tracce dalle *barrancas* di Chihuahua.

La loro presenza in Durango era decisamente stimolante per gli archeologi. In primo luogo testimoniava come le popolazioni "oasiamicane" (e cioè quegli agricoltori, come gli Anasazi e i Pueblos, insediati tra sud-ovest degli Stati Uniti e Messico settentrionale) si fossero spinte sino a latitudini molto meridionali. In secondo luogo, i siti di queste *quebradas* sembravano appartenere ad un'espressione della cultura oasiamicana ancora sconosciuta nei dettagli, proprio perché nessun archeologo aveva mai raggiunto quei siti così remoti.

Fino ad oggi sono state documentate solo due esplorazioni nell'area. La Quebrada del Mezquital, la più lunga e profonda, è stata esplorata nella parte più acquatica da due kayakisti statunitensi grazie a tre settimane di durissimo impegno e alti rischi. L'esplorazione della Quebrada di Piaxtla, invece, è stata iniziata da me e Walter tra il 2000 e 2001, con l'appoggio della UNAM, e continuata nel 2003 da una spedizione mista condotta da Organización VIBO, La Venta e UNAM, della quale si racconta più dettagliatamente in queste pagine. In futuro speriamo di poter continuare ad effettuare esplorazioni sistematiche e fare in modo, anche grazie a questo, che la regione sia dichiarata Riserva della Biosfera e Patrimonio Naturale dell'Umanità.

unique on earth and virtually unexplored.

When Walter and I flew over Durango's quebradas on board a bumpy Cessna, we were captured by their beauty and magnificence. They showed us a world full of huge vertical walls, amongst which rivers and streams flowed creating waterfalls and rapids. Our attention was particularly caught by the

impressive series of waterfalls in the Rio Piaxtla, one of which had a free drop that was likely more than 150 metres high. From above, we were able to better appreciate the big topographic drops, looking at the highest mountains, like Mount Huehuento, more than 3200 metres high, standing straight above the canyons. At the bottom, far, far away, the rivers flowed 500 metres above the sea level.

The biggest surprise, however, was to spot new archaeological sites with "houses on wall" and rock paintings in parts of the quebradas that were really hard to reach. To me, the presence of these kind of

sites was one of the main reasons for a new attempt: I had been following their tracks from the barrancas in Chihuahua.

For the archaeologists, their presence in Durango was definitely stimulating. First of all it demonstrated how the "oasiamic" populations (that is, the farmers, like the Anasazi and the Pueblos, who had settled between Mexico and the south-western part of the United States) had actually arrived down deep to belong to an expression of the oasiamic culture whose details are still unknown, just because no archaeologist has ever reached those remote sites.

To this day, only two explorations of the area have been documented. The Quebrada de Mezquital, the longest and deepest, has been explored only in its water part by two American canoeists, in three weeks of hardship and high risks.

The exploration of the Quebrada de Piaxtla was initiated by Walter and myself between 2000 and 2001, with the support of UNAM, and was continued in 2003 by a mixed expedition carried out by the VIBO organization, La Venta and UNAM. A more detailed report about it is given elsewhere in this issue of the magazine. In the future we hope to be able to continue the systematic exploration and, thanks to these activities, to make the region recognized as a Biosphere Reserve and Patrimony of Mankind.

The descent of the Piaxtla

Francesco Lo Mastro

Our descent in the Piaxtla started after we parted from a group of fellow team members who were going towards the Piedra Parada canyon. In both cases we wanted to descend inside the canyons from the top, at an altitude of more than 2700 m, relying on observations gathered during a previous helicopter flight. After traveling for 20 hours on impossible roads we reached Miravalles, near the entrance of the Piaxtla. There, Elizabeth Gutiérrez, Francesco Sauro, Paolo Pettrignani, Marco De Antonis, and myself spent the night in a farmstead belonging to Don Esteban, the guide that was going to take us to the entrance of the canyon the following day.

The descent in the Piaxtla took six days, a far cry from the three days we had planned by looking at the maps.

On the first day, after 5 hours of an easy descent we decided to

Quebrada	profondità/depth
1 - El Mezquital	2700 m
2 - San Juan Camarones	2000 m
3 - Piaxtla	2350 m
4 - Los Remedios	2200 m
5 - Baluarte	2150 m
6 - Humaya	2150 m
7 - San Antonio	2150 m
8 - Galindo	2050 m
9 - San Gregorio	2000 m
10 - Presidio (El Salto)	2000 m
11 - Huaynamota	2000 m
12 - Lajas	1950 m
13 - El Valle	1900 m
14 - Topia	1850 m

La discesa del Piaxtla

Francesco Lo Mastro

La nostra discesa del canyon del Piaxtla iniziò dopo esserci separati da un gruppo di compagni che si sarebbero diretti verso il canyon Piedra Parada. In entrambi i casi volevamo discendere i canyon entrando dall'alto, a più di 2700 metri di quota, fidandoci delle osservazioni effettuate con un precedente sorvolo in elicottero. Dopo 20 ore di percorrenza su strade impossibili, giungemmo a Miravalles in prossimità dell'imbocco del canyon Piaxtla, dove io, Elizabeth Gutiérrez, Francesco Sauro, Paolo Petrignani e Marco De Antonis passammo la notte sotto zero in una cascina messaci a disposizione da Don Esteban, la guida che l'indomani ci avrebbe accompagnato all'imbocco del canyon.

La discesa del Piaxtla c'impegnò per sei giorni, smentendo di gran lunga le stime a tavolino che ne prevedevano appena tre.

Il primo giorno, infatti, già dopo cinque ore di discesa (facile) decidemmo di tagliare il corso superiore del Piaxtla per poi rientrare più a valle, evitando così la parte esplorata due anni prima dagli amici Lazcano e Bishop. Purtroppo anche le stime delle nostre guide si rivelarono inesatte, giungendo in vista del punto di rientro al canyon solo a sera inoltrata e dopo otto ore di lunga marcia, per di più senza un goccio d'acqua. L'indomani, inoltre, fummo costretti a rimandare indietro De Antonis, infortunatosi al ginocchio.

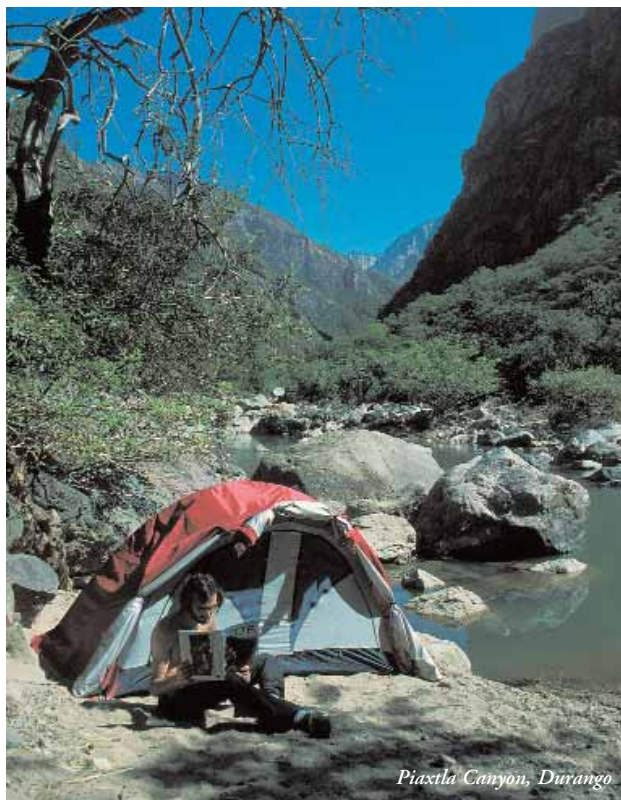
Il morale era alto, nonostante il percorso fosse molto impegnativo: grosse portate idriche, lunghe permanenze in acqua, numerosi laghi da attraversare a nuoto, freddo (il sole si affacciava raramente dall'alto delle pareti alte in media 1000-1500 m), enormi frane da aggirare con deviazioni estenuanti e due notevoli salti (uno da 90 m ed una vertiginosa cascata da 170 m da noi battezzata "salto de la luna"). Per fortuna nei pernottamenti avevamo legna in abbondanza per scaldarci al fuoco.

Tra le difficoltà tecniche incontrate hanno influito molto la perdita di un trapano Rioby, trascinato in una profonda marmitta all'inizio dell'avventura, e l'armo dei salti che non è stato di facile attuazione. Le poche corde a disposizione, infatti, andavano gestite con accortezza, poiché scendendo in corda doppia nel primo salto (quello da 90) avevamo abbandonato una corda sull'armo.

I maggiori problemi sono venuti attrezzando la cascata da 170, dove l'errata stima dell'altezza (mancanza di riferimenti e schiacciamento della prospettiva dall'alto) ed il repentino cambio delle condizioni meteo, non ci permisero di compiere la discesa in totale sicurezza. Nonostante avessi armato una trentina di metri a lato, il vento, montato all'improvviso, deviava il getto d'acqua portandolo sulla verticale della via di progressione ponendoci in piena nebulizzazione. Proprio questo problema non mi permise di effettuare un frazionamento intermedio, obbligando a giuntare nel vuoto due corde e passare il nodo in condizioni drammatiche. Per fortuna una cengia (molto scivolosa) raggiunta 120 m più in basso ci consentì di scendere tutti, recuperare in doppia una corda e proseguire la discesa fino alla base della cascata. Tutto questo bagnati, infreddoliti e con l'oscurità incombente.

Dopo questa dura esperienza il resto non c'impegnò più di tanto, se si esclude la stanchezza e la scarsità di cibo, già preventivamente razionato da un paio di giorni e che il sesto e ultimo giorno si era ridotto a due tavolette energetiche K1000.

Valutando a posteriori, la discesa del Piaxtla non è stata un'impresa facile, dove la logistica estrema, l'asprezza del territorio e le marce estenuanti hanno messo a dura prova la nostra resistenza fisica. Ancor oggi rivedendo le foto ed il filmato di quei luoghi e dei miei compagni d'avventura, ne sento la nostalgia. Come sento ancora nelle cuore il rombo del salto de la luna.



Piaxtla Canyon, Durango

cut across the upper part of the Piaxtla to enter again downstream; in this way we wanted to bypass the part that had already been explored by our friends Lazcano and Bishop. Unfortunately, our guides had it wrong too and we could reach the re-entry point only late in the evening, after an 8 hour march without any drinking water supply. Besides, the following day we had to send De Antonis back, because of a knee injury.

Moral was high, in spite of the hardships we had to endure in proceeding: large water flows, a long time spent in the water, many lakes to be crossed by swimming, cold (the sun was rarely seen, peeking from the top of the 1000-1500 metre high walls), huge landslides that forced us to take grueling detours and two remarkable drops (a 90 metre one and a giddy, 170 metre waterfall we named "moon jump"). Fortunately, during our overnight stays we had plenty of wood and were able to warm ourselves up in front of the campfire.

Amongst the technical difficulties we had to face were the loss of a Ryobi drill, which fell in a deep pothole at the beginning of our adventure, and the rigging of the drops, which proved to be hard to make. Our scarce supply of ropes had then to be wisely used, because when we descended the first drop (the 90 metre one) with a double rope we had left one rope rigged to the anchor point.

The main problems cropped up when placing the ropes on the 170 metre waterfall, as a miscalculation of its height (due to lack of reference points and the compression of the air view) and a quick change in the weather conditions did not allow us to descend in complete safety. Despite having rigged thirty metres on the side, the sudden wind pushed the water straight into our path, putting us right into the mist. Because of this I could not place an intermediate anchoring, forcing me to join two ropes on the void, passing the knot in dramatic conditions. Luckily, a very slippery ledge we found 120 metres below allowed us all to get down, recover a double rope and continue our descent. All of this while being wet, chilled and in dwindling light.

After this rough experience, the rest did not challenge us that much, except for the tiredness and the lack of food (which we had wisely started to save since a couple of days and that, on day six, our last there, was down to two 1000-Kcal energy bars. In hindsight, descending the Piaxtla had not been an easy task and the extreme logistics, roughness of the territory and the exhausting marches were very demanding on our stamina. Still

La discesa del Piedra Parada

Corrado Conca

Esplorare il canyon del Piedra Parada è stato un po' come giocare al gatto con il topo. Ovviamente il gatto era Lui. Il giorno prima della partenza per il villaggio di Tambores de Abajo, punto di inizio dell'impluvio del canyon, con Tullio sorvolammo l'area in elicottero e una prima, sommaria, valutazione ci aveva portato a ritenere la discesa meno impegnativa del previsto: vedemmo solo tre o quattro cascate e lunghi tratti camminabili vicino al greto. Rientrati a Durango preparammo il materiale e i viveri per quattro persone (io, Martino Frova e i messicani Arturo Robles e Miguel Flores; Tullio ci aspetterà con gli altri al campo base) per 5 giorni, pensando addirittura di poter effettuare la discesa in quattro giorni: del resto ci si presentavano davanti "solo" una ventina di chilometri di gola! La prima giornata dedicata all'avvicinamento e alla discesa ha consolidato in noi l'idea dell'assenza di reali difficoltà tecniche: in appena 6 ore avevamo già digerito una buona parte dei chilometri, e attrezzato un paio di facili discese. Durante la seconda e terza giornata abbiamo incontrato qualche difficoltà dovuta all'accumulo di grandi massi di frana che ci hanno costretto a lunghe ricerche del passaggio più agevole e a numerosissimi saliscendi (da superare con tre pesanti zaini a testa!) e al superamento di una prima serie di cascate tra i 10 ed i 30 metri.

La quarta giornata è stata quella in cui il canyon ha mostrato la sua vera faccia. In otto faticosissime ore abbiamo affrontato lunghi tratti allagati e numerose verticali, fino ai 60 metri di altezza, con portate decisamente considerevoli e pozze di ricezione talvolta turbolente. In una di queste la sacca stagna che conteneva il trapano decise di abbandonarci: rimanemmo così con una manciata di chiodi ad espansione ed il piantaspit, ma senza martello! Per di più, in una manovra di emergenza fummo costretti ad abbandonare 60 preziosissimi metri di corda...

La quinta giornata ci alzammo un po' bastonati, ma ormai convinti che sarebbe stata l'ultima. Iniziammo allora a correre (letteralmente) attrezzando su ancoraggi naturali quante più calate possibile, fino a quella che poi si rivelò essere l'ultima cascata di ben 90 metri. Le corde a nostra disposizione erano pressoché finite, per cui fummo costretti ad attrezzare la discesa in corda singola (impedendoci così la possibilità di recuperarla) e rischiando di trovarci senza per altre eventuali cascate. Decisamente meno allegri ci rassegnammo al tramonto cercando uno spazio per un campo che si preannunciava come un "a letto senza cena".

Quando ormai la visibilità era pressoché nulla, sorpresi, sentimmo delle voci: Gianni e Santiago ci stavano venendo incontro, preoccupati per il nostro ritardo e per le sporadiche, e poco rassicuranti, comunicazioni che eravamo riusciti a trasmettere via radio.

Il resto, la sesta giornata, è la storia di un rilassato rientro in un canyon ormai domato (si fa per dire!), fino al familiare campo base, dove ci trovammo a festeggiare un paio di compleanni...



Piedra Parada Canyon, Durango

today, when I see the photos and the footage of those places and of my adventure mates I feel nostalgic. And I also feel in my heart the rumble of the moon jump.

The descent of Piedra Parada

Corrado Conca

Exploring the Piedra Parada canyon has been a bit like playing cat and mouse. Of course, he was the cat. The day before leaving for the Tambores De Abajo village, at the beginning of the canyon's impluvium, Tullio and I flew over the area with a helicopter. An early, sketchy evaluation led us into thinking that the descent would have been less demanding than originally thought. We only saw three or four waterfalls and there were long stretches near the riverbanks where one could walk. Back in Durango, we prepared the equipment and the provisions for four persons (Martino Frova, the Mexicans Arturo Robles and Miguel Flores and myself; Tullio was going to wait for us with the others at the base camp) for five days. We even thought we would have been able to descend in just four days; after all, we "only" had 20 kilometres worth of gorge waiting for us!

The first day, spent approaching the area and beginning the descent, strengthened our idea that we were not going to face any significant technical difficulties. In just six hours we had already digested most of the kilometres and rigged a couple of easy tracts. During day two and three we encountered some difficulties however, due to the presence of large landslide rocks that forced us to search for an easier passage and of many ups and downs that had to be crossed with each of us carrying three heavy backpacks. We also had to pass a first series of waterfalls, 10 to 30 metres high. In day four, the canyon showed us its real face. During 8 grueling hours we tackled long flooded tracts and many vertical walls, up to 60 metres high, with remarkable flows and receiving ponds that were pretty rough at times. While in one of these, the waterproof sack containing the drill decided to abandon us; we were then left with a handful of expansion bolts and the hand drill, but no hammer! On top of that, during

an emergency manoeuvre we were forced to leave behind 60 precious metres of rope... on day five we woke up a little beaten but still convinced that it was going to be the last day of the trip. We then started to run, literally, rigging on natural anchors as many drops as possible, until we got to what turned out to be the last 90 metre waterfall. We had basically no ropes left. So we were forced to rig the descent with a single rope (thereby preventing us from recovering it), risking the possibility of finding other waterfalls with no rope left. Definitely less merry than before, at sunset we gave up and looked for a suitable area for what was going to be a "in bed with no dinner" camp. When visibility was almost nil, we were surprised to hearing some voices. They were Gianni's and Santiago's, worried because of our delay and our sporadic, and far from reassuring, radio communications.

The rest, day six, is the story of a relaxed trip back in a now tamed (well, kind of...) canyon to the familiar base camp, where we celebrated a couple of birthdays.

Chiara Silvestro

MARIO BERTONE

... perseguire attento e venerabondo con entusiasmo il demone che è dentro di lui e a quello attendere.

Marco Aurelio Antonino, *Ricordi*, II, 3.

Per qualche persona la vita segue una grande passione, un impulso che spinge a realizzare se stesso e diventa il filo conduttore, la traccia di un'intera esistenza. Gli eventi, gli incontri, le esperienze concorrono inesorabilmente alla cura e allo sviluppo del "demone", quasi come se fossero accaduti e materializzati proprio grazie alla sua volontà.

Forse è così per la vita di Mario Bertone, un personaggio straordinario che le esplorazioni dei ghiacci patagonici ci hanno fatto incontrare, la cui vita è fatta di episodi che paiono casuali, ma rivolti allo stesso obiettivo: l'esplorazione delle regioni sconosciute nell'universo dei ghiacciai. Bertone è una delle figure più importanti nel panorama delle esplorazioni glaciali in Patagonia, per la profonda conoscenza che ha di questi territori e l'approccio scientifico e tecnico con cui ha sempre frequentato i ghiacciai dello Hielo Continental.

Nato a Maciel nello stato di Santa Cruz (Argentina) nel 1912 da una famiglia di origine cuneese, Mario Bertone torna a Cuneo all'età di sette anni. Le belle montagne che circondano la città lo spingono, a soli quattordici anni, a compiere le prime escursioni, che si evolveranno in scalate più impegnative: Cervino, Bianco, Rosa e altre importanti vette delle Alpi. È proprio durante l'ascesa al Bianco che egli ha modo di conoscere, per la prima volta, da vicino, i ghiacciai e di restarne profondamente colpito.

All'età di 20 anni riceve la chiamata al servizio militare dall'Argentina, ma non gli viene accordato il permesso di lasciare l'Italia senza aver prestato lo stesso servizio in questo paese. Così, nel 1931-32, si trova a frequentare la scuola militare alpina di Aosta. Un altro argentino è alla stessa scuola, per apprendere le tecniche di guerra in montagna: è Juan Domingo Perón, il futuro presidente dell'Argentina. I due diventano molto amici, tanto che Perón impara a cantare e suonare alla chitarra alcune canzoni in piemontese. Questa amicizia, mai dimenticata da entrambi, sarà molto utile a Mario per realizzare i suoi studi sui ghiacciai.

Conseguita la laurea in ingegneria civile al Politecnico di Torino, Mario Bertone si trasferisce in Argentina, dove frequenta il collegio Don Bosco. Qui incontra padre Alberto Maria De Agostini, di cui aveva già sentito parlare, poiché il padre salesiano non solo è un piemontese ma anche un ottimo alpinista. Egli è infatti un pioniere delle esplorazioni sulle Ande patagoniche. De Agostini alimenta la viva passione di Bertone per l'alpinismo e lo entusiasma profondamente con i suoi racconti. È infatti il 1938 e il padre salesiano è prossimo alla pubblicazione del suo libro *Andes patagónicos. Viajes de exploración a la cordillera patagónica austral*, che verrà stampato nel 1941.

La prima occasione per avvicinarsi alle Ande viene offerta a Bertone da un lavoro nella regione di Mendoza, dove crea un gruppo di alpinisti e fonda il Club Andino Mendoza per sviluppare la cultura dell'andinismo, pur rimanendo fedele socio del CAI sezione di Cuneo, di cui quest'anno ha rinnovato il 78° bollino. Il termine andinismo, da lui stesso coniato, gli è estremamente caro perché lo ritiene coerente con un'attività svolta sulle Ande.

In questo periodo scala numerosissime vette, fino a sfida-

MARIO BERTONE

"...pursuing careful, with reverence and enthusiasm, the demon inside him and at that aiming."

Marco Aurelio Antonino, *Ricordi*, II, 3.

For some people life follows a great passion, an impulse that prompts self-realization and becomes the underlying theme, the trademark of a whole existence. The events, the encounters, the experiences inexorably concur to the care and development of the "demon", as if they had happened and materialised just thanks to its will.

Maybe this is the case for Mario Bertone, an extraordinary character we met through the explorations of the Patagonian glaciers, whose life is made of apparently random episodes that are however all aimed at the same goal: the exploration of the unknown regions in the universe of glaciers.

Bertone is one of the most important figures in the landscape of Patagonian glacial explorations, thanks to his deep knowledge of these territories and to the scientific and technical approach he always used to travel onto the Hielo Continental glaciers.

He was born in Santa Cruz state, Argentina, in 1912. His family was originally from the city of Cuneo (Italy), where he returned at the age of 7. The beautiful mountains surrounding the city encouraged him, 14 at the time, to carry out his first excursions, which will evolve into more demanding climbs: Cervino, Rosa, Blanc and other important peaks in the Alps. It is during the ascent of Mont Blanc that, for the first time, he gets to know glaciers up close and he becomes deeply impressed.

At the age of 20 he is called up by the Argentinean army but he cannot leave Italy before having served in the Italian army as well. So, in 1931-32 he attends the military alpine school in Aosta. In the same school, to learn mountain combat techniques, is another Argentinean, Juan Domingo Perón, future president of the country. The two become close friends, to the point where Perón even learns to sing and play with the guitar some Piemontese dialect songs. This never forgotten friendship was to come in very handy for Mario to carry out his study on glaciers.

Once he graduates in civil engineering at the Torino Politecnico, Bertone moves to Argentina, where he attends the Don Bosco boarding school. Here he meets father Alberto Maria De Agostini, as the Salesian father in not only from Piemonte but is also an excellent mountaineer who pioneered the explorations in the Patagonian Andes. De Agostini fuels Bertone's passion for alpinism and turns him on with his tales. It is now 1938 and the Salesian father is getting close to publishing his book "Andes Patagónicos. Viajes de exploración a la cordillera patagónica austral", which will be printed in 1941.

The first occasion Bertone has to get close to the Andes comes from a job in the Mendoza region, where he finds a mountaineering group and establishes the Mendoza Andino Group, aimed at developing the culture of the Andes. Still, he remains a faithful member of the CAI (Italian Alpine Club) in Cuneo, from which this year he got his 78th membership stamp. He cherishes the term Andinism, which he created himself, because he feels it is consistent with an activity carried out on the Andes.

In this period he climbs many peaks, until he takes on the

re la cima più alta delle Ande: l'Aconcagua. Lo fa per la prima volta dal versante est, ascesa da un lato impegnativo e non usuale. Risale nel 1944 per la via normale e nel 1953 ascende nella stagione invernale.

Ma il nome di Bertone è inevitabilmente legato allo Hielo Continental. A seguito di un incarico ricevuto dall'amico Perón, tra la fine degli anni quaranta e l'inizio dei cinquanta, egli si dedica allo studio dei grandi fiumi patagonici per la realizzazione di centrali idroelettriche, avendo modo di conoscere ed esplorare le immense distese di ghiaccio dello Hielo Continental e di restarne incantato.

In dieci anni di osservazioni e studi, Bertone raccoglie più di 35.000 immagini e realizza filmati. Questo lavoro prezioso gli rende il riconoscimento da parte di Perón, che lo sostiene mettendogli a disposizione gli aerei dell'aeronautica e della gendarmeria che gli consentono di realizzare una rete di quattordici rifugi, per attraversare lo Hielo Continental Sur da N a S e da E a W: sono a tutt'oggi gli unici punti di riferimento presenti. Progetta e costruisce anche l'imbarco di Puerto Bandera, oggi un importante approdo per le barche turistiche che partono alla volta delle fronti glaciali del Moreno o dell'Upsala.

Il lavoro di osservazione sui ghiacciai è alla base della sua prima pubblicazione, *Inventario de Los Glaciares*, l'unico documento di riferimento sullo Hielo Continental.

Probabilmente, anche per ricalcare le orme di padre De Agostini, nel 1952 compie l'impresa più importante della sua vita: attraversa per la prima volta assoluta tutto lo Hielo Continental Sur da E a W, ovvero dal lago Viedma fino al fiordo Exmouth sul Pacifico, attraverso il passo Marconi. Bertone ricorda questa impresa come la più difficile della sua vita. Egli percorre, insieme ad altri cinque compagni, 360 km con gli sci, trascinando viveri e materiali in andata e ritorno. La traversata dura 40 giorni ed è funestata da una terribile tempesta di neve, che li costringe in tenda per sei giorni.

L'onore derivatogli da questo grande successo gli rende il ruolo di coordinatore scientifico dell'Instituto Nacional del Hielo Continental, fondato appunto nel 1952 e tuttora esistente. Nel 1997 dà alle stampe un altro volume, *Aspectos glaciológicos del Hielo Continental Patagónico*.

Ancora oggi, all'età di 94 anni, Mario Bertone è un osservatore attento dei mutamenti che stanno subendo i ghiacciai a lui così ben noti. La sua consulenza è preziosa per il Governo argentino, che gli sottopone le foto satellitari dei ghiacciai per valutarne l'arretramento, ma soprattutto per gli esploratori che intendono affrontare quei deserti di ghiaccio. Nessun esploratore conosce meglio di lui le difficoltà di ciascuna di quelle masse glaciali meravigliose e terribili, che a lui si sono così tanto svelate.

challenge of the Andes' highest mountain: the Aconcagua. The first time he climbs from the east side, an unusual and demanding choice. In 1944 he climbs it again, this time following the normal route, and in 1953 he does it again during the winter season.

The name of Bertone, though, is inevitably linked to the Hielo Continental. Between the end of the 1940's and the beginning of 1950's he is given a task by his friend Perón, to study the great Patagonian rivers for the realisation of hydro power plants. He then has the chance to get to know and explore the immense ice expanse of the Hielo

Patagonico, and he becomes spellbound. During more than 10 years of studies and observations, Bertone collects more than 35000 images and shoots movie footage. This precious work earns him the recognition of Perón, who supports him by putting the aircraft of the airforce and police at his disposal. This allows him to build a network of 14 mountain refuges to cross the Hielo Continental Sur from north to south and from east to west. To this day, they are the only existing reference points. He also designs and builds the Puerto Bandera pier, which still today is an important landing for the tourist boats that leave towards the glacial fronts of the Moreno and Upsala.

The observation of glaciers is the basis of his first publication,

"Inventario de los Glaciares", the only authoritative document about the Hielo Continental.

Probably to walk in father De Agostini's steps, in 1952 he carries out the most important achievement of his life, crossing for the first time ever the Hielo Continental Sur from east to west, that is, from the Viedma lake to the Exmouth fiord on the Pacific, through the Marconi pass. Bertone considers this exploit to be the hardest of all his life. With five companions, he travels for 360 kilometres on skis, hauling provisions and materials for the return trip. The crossing takes 40 days and is plagued by a terrible snowstorm that forces them inside their tent for six days.

The honor of this great success earns him the role of scientific co-ordinator for the "Instituto Nacional del Hielo Continental", established in 1952 and still existing. In 1997 he publishes another book, "Aspectos glaciológicos del Hielo Continental Patagónico".

Today, at the age of 94, Mario Bertone is still an acute observer of the changes affecting the glaciers he knows so well. His advice is a precious asset for the Argentinean government, who show him satellite shots of the glaciers to evaluate their withdrawal, but above all for the explorers who intend to face those icy deserts. No other explorer knows better the hardships of each of those wonderful and terrible glacial masses that revealed so many of their secrets to him.



Mario Bertone



IL CAPO E IL VICECAPO

Antonio De Vivo, Giovanni Badino

Il Capo
Antonio De Vivo

Nell'immaginario comune l'idea di canyon è legata a una frattura profonda nella roccia. Una frattura ora o in passato percorsa da un corso d'acqua, che ne ha nel tempo influenzato e modificato le forme e approfondito il letto. Il canyon come segno tangibile del divenire, del passare del tempo, la progressiva trasformazione-dissoluzione della matrice delle montagne. L'acqua che scava qualcosa altro e diverso da sé.

Più difficile è invece immaginare fiumi liquidi sulla superficie, e all'interno, di un fiume solido. Si pensa a un ghiacciaio come a una massa omogenea che prima o poi si spezza in crepacci, si frantuma in seracchi, fonde infine sulla

THE CHIEF AND THE VICE-CHIEF

The Chief
Antonio De Vivo

Collective imagination sees the canyon as a deep fracture in the rock. A fracture that either now, or in the past, is or was traversed by a waterway, which in time affected and changed the canyon's shape and deepened the river bed. The canyon is a tangible sign of things to come, of the passing of time, of the progressive transformation-dissolution of the matrix of the mountains. Water that carves something else, different from itself.

What is harder to imagine are liquid rivers flowing on, or underneath, solid ones. One thinks of a glacier as a homo-



Tyndall Glacier, Chile

fronte in gelidi rii. Invece i corsi d'acqua sui ghiacciai ci sono eccome, formati sulle superfici pianeggianti dall'unione dei mille rivoli dovuti alla fusione del ghiaccio. A monte si tratta di quasi insignificanti corsi da pochi litri al secondo, ma spostandosi a valle le *bédière* possono divenire assolutamente inattraversabili, tale è la quantità e la violenza dell'acqua.

I tanti ghiacciai della Terra su cui abbiamo avuto la fortuna di poter posare scarponi e piantare ramponi ci hanno abituato a non sorprenderci più di tanto dei mille fenomeni, delle mille forme, delle tante stranezze create dall'acqua. Perlomeno questo pensavo sinceramente prima della spedizione al Tyndall (Cile). Ora sono molto più dubbioso che si riesca davvero a immaginare l'immaginabile.

Quel giorno di febbraio del 2000 stavamo battendo in tre la zona centrale del ghiacciaio, nel tentativo di attraversare verso ovest. Era il primo pomeriggio e avevamo già superato un paio di grosse *bédière* a lato della morena centrale. Il sole, alto e senza nuvole a ostacolarne l'azione, proseguiva la sua ciclopica e certosina opera demolitrice sul ghiaccio sotto i nostri piedi. Grandi dune di ghiaccio a perdita d'occhio, superate con attenta scelta dei passaggi, avevano lasciato spazio a un tratto più pianeggiante. Ma nonostante il bagliore accecante, mitigato in parte dalle scure lenti degli occhiali da ghiaccio, era possibile notare una discontinuità lungo la linea di discesa del ghiacciaio. Eravamo probabilmente vicini a uno dei canyon appena notati, in lontananza, dal picco sopra il campo base, durante il montaggio del ponte radio. Fu in silenzio che raggiungemmo il bordo, quasi consci che lo spettacolo che ci aspettava non dovesse essere in alcun modo frammentato.

Ciò che mi colpì, nel breve spazio dei pochi passi necessari a portare lo sguardo oltre l'orlo, fu il fatto che non ero riuscito a immaginare. Dimensioni, colori, suoni andavano oltre. Era davvero difficile pensare tutto questo contemporaneamente. Il vento portava a tratti mescolato e frastagliato il rumore dell'acqua, che scorreva straordinariamente azzurra in un letto candido, molti metri più in basso. Quaranta o cinquanta metri sotto di noi il fiume disegnava ampi meandri sia a monte che a valle, scomparendo poi dietro il bordo netto del ghiaccio scavato.

*geneous mass that sooner or later breaks in crevasses, becomes brittle in seracs and eventually melts at the front into chilly rivers. Yet, there are water streams on the glaciers, and very much so; they form on the flat surface from the merging of thousands of trickles originated from the melting of the ice. Upstream, they are insignificant waterways with a flow of just a few litres per second, but moving downstream the *bédière* can become so large and torrential to be completely impassable.*

The many glaciers on Earth, onto which we have been lucky enough to be able to place our boots and crampons, have taught us not to be surprised by the thousand phenomena, shapes and weirdness created by water. At least, this was what I sincerely thought before the Tyndall (Chile) expedition. Now I am not sure that one can really imagine the unimaginable.

*That day in February 2000 three of us were scouring the central area of the glacier, trying to cross westward. It was early afternoon and we had already crossed a pair of large *bédière* beside the central moraine. The sun was high and there were no clouds to obscure its effects, continuing its massive and relentless efforts in demolishing the ice under our feet. Endless, huge dunes of ice, passed by carefully choosing the right passage, had now been replaced by a flatter area. Despite the blinding glare, partially quenched by the lenses of the glacier sunglasses, one could note a discontinuity along the descent line of the ice. We were probably close to one of the canyons we had spotted in the distance, from the peak above the base camp, during the assembling of the radio link. In silence, we reached the edge, almost aware that the scene that was awaiting us had not to be fragmented in any way.*

What struck me, in the brief space of the few steps needed to look beyond the edge, was the fact that I had not been able to imagine. Dimensions, colours, sounds went beyond imagination. It was really hard to think of all this simultaneously. The wind brought, at times, mixed and jagged, the sound of water flowing many metres below, amazingly blue in a pure-white bed. Forty or fifty metres below us the river made wide loops, both upstream and downstream, to then disappear behind the clear-cut edge of the carved ice.



The Vice-Chief, Tyndall Glacier

A monte le pareti scendevano piuttosto inclinate, mentre a valle si facevano più verticali e vicine, segno di una prossima conclusione sotterranea della corsa del fiume. Scendendo lungo il bordo del canyon la morfologia superficiale diveniva via via più complessa e sofferta, un'apoteosi di karren e lame tra cui muoversi con prudenza e rispetto, una caotica corona a segnare un centro. Il placido fiume di poche anse più a monte cedeva rapidissimo alla mutata inclinazione del suo letto, divenuta parete verticale. L'azzurro si faceva spuma bianca, inghiottita dal blu del ghiaccio sempre più intenso. Uno scambio di colori tra acqua e ghiaccio, tra superficie e abisso, a segnare l'inizio di un lungo percorso sotterraneo.

Questo doveva certamente essere il maggiore di tutti i canyon e di tutti i mulini del Tyndall (io mai ne avevo visti di più imponenti), e fu così che lo chiamammo il Capo (seguito poi dal Vicecapo). Era difficile staccarsi da quel fascino quasi ancestrale, lo sguardo trasportato verso il basso dalla potenza della cascata.

Ce ne andammo che il sole iniziava già a calare, rendendo più dolci e indistinte le forme del blu profondo. Il freddo della notte avrebbe forse dato un po' di tregua alla piena del fiume. Sarebbe stato fantastico poter scendere il Capo fino al fondo.

Un brivido mi percorse gelido la schiena.

Il Vicecapo

Giovanni Badino

Oramai è notte.

Da monte arriva un gran vento che trascina pioggerella e nuvole; le guardo passare, ben al riparo nella mia nicchia. Il guaio è che con regolarità, una volta ogni mezz'ora, devo uscire, risalire il gradone che mi ripara, camminare nella valletta frustata dalla pioggia e avvicinarmi con cautela al Vicecapo che romba. Calare poi con cura una bottiglia legata ad un filo che stamane mi sembrava ridicolmente lungo e che ora sta finendo e sfilacciandosi. Oramai la bottiglia scende per oltre 90 metri prima di toccare l'acqua di un lago che dev'essere ben tumultuoso, visto che gli

Upstream, the walls were rather sloped, while downstream they were more vertical and close, signaling that the river was going to soon end its path underground. Descending along the canyon's edge, the superficial morphology became more and more complex and harsh, an apotheosis of karren and blades amongst which one has to move carefully and respectfully, a chaotic crown marking a centre. The placid river we met a few loops before quickly gave in to the changed slant of its bed, which had turned into a vertical wall. Blue turned into white foam, swallowed by the more and more intense blue of the ice. There was a colour switch between water and ice, surface and abyss, marking the beginning of a long underground journey.

This sure had to be the largest amongst all the canyons and moulins on the Tyndall (I certainly had never seen one so awesome) and so we named it "the Chief" (later followed by the Vice-Chief). It was hard to take ones eyes off that almost ancestral fascination, my sight being drawn by the power of the waterfall.

We left when the sun had already started to set, making the shapes of the deep blue more rounded and blurred. The cold of the night would have brought some rest to the river's flood. Descending the Chief all the way would have been fantastic; a chill went down my spine.

The Vice-Chief

Giovanni Badino

It is night.

A strong wind blows from upstream, dragging drizzle and clouds; I see them passing by, well sheltered in my niche. The trouble is that every half hour I have to get out, walk carefully in the small valley lashed by the rain near the roaring Vice-Chief. Then I have to carefully lower a bottle tightened to a thread that this morning looked ridiculously long and is now getting frayed and short. By now the bottle had gone 90 metres down, before touching the water of a lake that must be pretty rough, considering that two tons of water plummet into it whipping my ludicrous wire all along the jump.

piombano dentro due tonnellate di acqua ogni secondo, dopo aver frustato il mio ridicolo filo per tutto il salto.

Poi mi devo spostare con cautela, nel buio, fin sul bordo del torrente e misurarne l'altezza e la velocità senza cascarci dentro. Occorre mantenere la concentrazione, perché l'ambiente è difficile e sbagliare su questo terreno è questione di una frazione di secondo. Sarebbe il primo della mia ultima sequenza di cinque, il tempo di arrivare in fondo al Vicecapo.

Che idea ho avuto! Nei giorni scorsi eravamo arrivati sin qui per esplorare questo enorme pozzo in cui si getta uno dei due grandi torrenti che percorrono le parti terminali del ghiacciaio cileno Tyndall. Il giorno prima appariva di una profondità insondabile.

Arriviamo e, con calma, cominciamo a prepararci per scendere, quando uno di noi si sporge e lancia un urlo, incredulo. Guardiamo anche noi: dove ieri c'era un vasto pozzo nero, ora c'è uno specchio d'acqua. Tempo di discutere e rendercene conto, ed ecco che capiamo che sta salendo.

Attendiamo, prendo a scattare foto ogni 15 minuti per documentare la risalita. Dopo un paio d'ore quel che era un pozzo è diventato lago, e noi ci affrettiamo a starcene alla larga e dal lato giusto, verso il campo; non sia mai che quello smetta di assorbire e noi ci troviamo tagliati fuori dalle tende!

Il fenomeno è assolutamente incredibile e vogliamo capirne il funzionamento. Sono risalite legate al ciclo diurno delle portate? O a oscillazioni della falda? O addirittura oscillazioni dell'intera massa di ghiaccio in quest'ultima zona di stabilità prima delle distese di crepacci delle parti terminali? L'unica maniera per saperlo è seguirne un ciclo, cioè 24 ore, misurando il livello dell'acqua e la portata in ingresso.

Il materiale che ho a disposizione è poco e inadatto, ma mi arrangio. Un mattino verso la fine della spedizione arrivo lì, da solo, e mi metto a far le misure: ogni mezz'ora il livello dell'acqua, ogni ora anche la portata.

Pian piano il filo mi mostra il lago risalire dalle profondità del ghiacciaio, mentre la portata prende a calare. Risale, arriva a giorno, mi saluta (ricambio, rispettosissimo...) e ritorna giù, sempre più lontano, mentre anche il sole declina. Arriva il tempo brutto, ma non fa freddo; non sono preoccupato per la notte, ho passato i lunghi intervalli di tempo libero scavandomi nel ghiaccio vivo un nicchione e lì potrò starmene seduto al riparo. Sono proprio i ghiacciai patagonici che mi hanno insegnato a diffidare degli ambienti apparentemente tranquilli...

Il livello dell'acqua continua a sprofondare lontano dalla mia nicchia, il rombo continua incessante, ma ora anche il vento romba. Ad ogni misura il filo diventa sempre più sfilacciato, verso mezzanotte l'acqua è ormai a 105 metri (incredibile!) e decido che se voglio fare ultime misure domattina, per "chiudere" il ciclo, devo risparmiarlo. Smetto e mi piazzo a dormicchiare nella nicchia, una notte quieta e serena, solo nell'immensità del ghiacciaio, accanto ad un amico enigmatico com'è questo enorme pozzo. Torna il sole e anche il bel tempo, e io faccio ultime misure e poi me ne torno al campo, molto contento.

A conti fatti le misure hanno mostrato che è un processo legato al ciclo delle portate. L'analisi della curva di scarico ha mostrato che il drenaggio del pozzo avviene intorno a 130-140 metri di profondità, attraverso ambienti minuscoli, che non riescono a drenare quell'enorme portata se non con enormi pressioni. È la prima volta che viene dimostrato che il drenaggio di un ghiacciaio non avviene al contatto con la roccia.

Ma mi è rimasto un sogno: mi piacerebbe mettere un canotto sull'acqua del lago quando emerge a giorno, blu, e il torrente prende ad entrarci dentro quietamente, senza salto; e mi piacerebbe salirci sopra e farmi offrire dal ghiacciaio una visita guidata alle sue profondità, su questa specie di enorme ascensore.

Un viaggio di ventiquattr'ore, precise.

Un viaggio indimenticabile, penso.

Then I have to move carefully in the dark to the streamside, to measure the depth and the speed of the water without falling in. It is important to remain focused, because the environment is harsh and it only takes a split second to make a mistake. A second that would be the first of my last five: the time it would take to reach the bottom of the Vice-chief.

What an idea I had! In the previous days we arrived all the way here to explore this huge well that receives one of the two large water streams that cross the terminal parts of the Tyndall glacier. The day before it appeared to be too deep to be probed.

Once we get there, we calmly begin to get ready to descend when one of us leans over the edge and screams in bewilderment. We have a look too: where yesterday there was a large black well there's now a pond. There is just time to discuss it when we realize that it is actually rising.

We wait, and I begin to shoot a photo every 15 minutes to document the rise. In a couple of hours what used to be a well turned into a lake and we hastily keep away from it, paying attention to stay on the right side, towards the base camp. You never know if the thing stops absorbing and we find ourselves cut off from the tents!

The phenomenon is absolutely incredible and we want to understand how it works. Are these risings due to the daytime cycle of the flow? Or is it due to oscillation of the water table? Or maybe even to oscillations of the whole ice mass in this last stable area before the stretches of crevasses? The only way to know is to follow a cycle, i.e., 24 hours, measuring the water level and the inflow.

Available equipment is scarce and ill fitted, but I somehow manage. One morning towards the end of the expedition I get there, alone, and begin the measurements: every half hour the water level, every hour the inflow as well.

A bit at a time, the thread shows me that the lake is rising from the depth of the glacier, while the flow begins to decrease. It climbs up, gets to the edge, salutes me (I respectfully reciprocate) and down it goes again, farther and farther away, as the sun also sets. Then the bad weather arrives, although it is not cold. I am not worried about the night as I spent a long time digging a large niche in the ice where I would be able to sit protected. Patagonian glaciers are exactly what taught me to distrust apparently calm environments...

The water level keeps sinking far away from my niche, the roar becomes continuous, but now the wind roars too. With every measurement the thread becomes more frayed; around midnight the water has reached 105 metres (amazing!) and I decide that if I want to carry out the last measurements to "close" the cycle tomorrow morning I have to spare it. So I stop and doze off in the niche, in a quiet and serene night, alone in the immensity of the glacier, beside the huge well, my enigmatic friend. The sun comes back, and so does the good weather; I carry out the last measurements and then contentedly go back to the base camp.

Overall, the measurements showed that it is a process linked to the cycle of the flows. The analysis of the discharge curve indicated that the draining of the well takes place at a depth of approximately 130-140 metres, through tiny environments that can only drain such massive flow when in the presence of huge pressure. This is the first demonstration ever that the draining of a glacier does not happen at the point of contact with the rock.

I still have a dream, though: I would love to put an inflatable raft on the lake's water when it emerges in daytime, blue, and the stream quietly enters in it, without the jump. Then I would like to get on it, and let the glacier offer me a guided tour of its depths, on this kind of huge elevator.

A 24 hour journey, sharp.

An unforgettable one, I think.



The Vice-Chief, Tyndall Glacier

NUOVE PUBBLICAZIONI

Grotte di cielo – viaggio nel cuore dei ghiacciai

A cura di Giovanni Badino, Antonio De Vivo, Leonardo Piccini

Tintoretto Editore, Treviso 2004

22 cm x 22 cm, 156 pagg., 140 foto in bicromia

A nemmeno due mesi dall'uscita del libro sul progetto Cuatro Ciénegas è stato recentemente pubblicato l'ultimo prodotto della fruttuosa collaborazione tra la nostra associazione e l'editore Tintoretto di Treviso. Il volume "Grotte di cielo – viaggio nel cuore dei ghiacciai" è dedicato alla storia della glaciologia e della glaciospeleologia, dai lontani esordi del XIX secolo sino alle diverse esplorazioni glaciospeleologiche che ormai da anni l'Associazione La Venta conduce sui ghiacciai di tutto il mondo.

Il testo è illustrato da decine di fotografie di ghiacciai e grotte glaciali stampate in bicromia.

Può forse apparire strano pubblicare un libro in bicromia su un mondo, quello dei ghiacciai, la cui principale caratteristica è l'onnipresente colore blu. Ma proprio il privare i ghiacci del loro "profondo blu" permette di istituire una sorta di distanza emotiva e di rievocare un po' dell'atmosfera delle grandi esplorazioni del passato, di quelle esplorazioni che continuano a costituire per tutti noi un'inesauribile fonte di fascinazione.

NEW PUBLICATIONS

Caves of sky – A journey into the heart of glaciers.

Edited by Giovanni Badino, Antonio De Vivo, Leonardo Piccini

Tintoretto Edizioni Publisher, Treviso 2004

22 cm x 22 cm, 156 pages, 140 photographs in bicromia

The latest product of the fruitful collaboration between our Association and the Tintoretto publishing company has been released, barely two months after the publication of our book about Cuatro Ciénegas. The "Caves of sky – A journey into the heart of glaciers" deals with the history of glaciology and glaciospeleology, from the far beginnings in the 19th century until the numerous glaciospeleological explorations that the La Venta Association has been performing during the recent years on glaciers all around the world.

The volume also includes scores of photographs of glaciers and glacial caves printed in bicromia.

Publishing a book in bicromia about the world of glaciers, whose main feature is the omnipresent blue colour, might seem a little odd. However, depriving the ice of its "deep blue" allows us to establish a sort of emotional distance and to evoke some of the atmosphere from the great explorations of the past, which to us continues to be an endless source of fascination.



Grotte di cielo

viaggio nel cuore dei ghiacciai

libri e pubblicazioni *books and publications*



TEPUY 93
Progressione 30



**GROTTE E
STORIE
DELL'ASIA
CENTRALE**
(english, italiano)



**GLI ZOQUE
DEL CHIAPAS**



**RÍO LA VENTA
TESORO DEL
CHIAPAS**
*(english, italiano,
español, français)*



**RÍO LA VENTA
TESORO DEL
CHIAPAS**
(cd-rom)
*(english, italiano,
español, français)*



EN PATAGONIA



**MERAVIGLIE
DEL MONDO
SOTTERRANEO**
(italiano, français)



**SOTTO IL
DESERTO
IL MISTERO
DELLE ACQUE
DI CUATRO
CIÉNEGAS**
*(english, italiano,
español)*

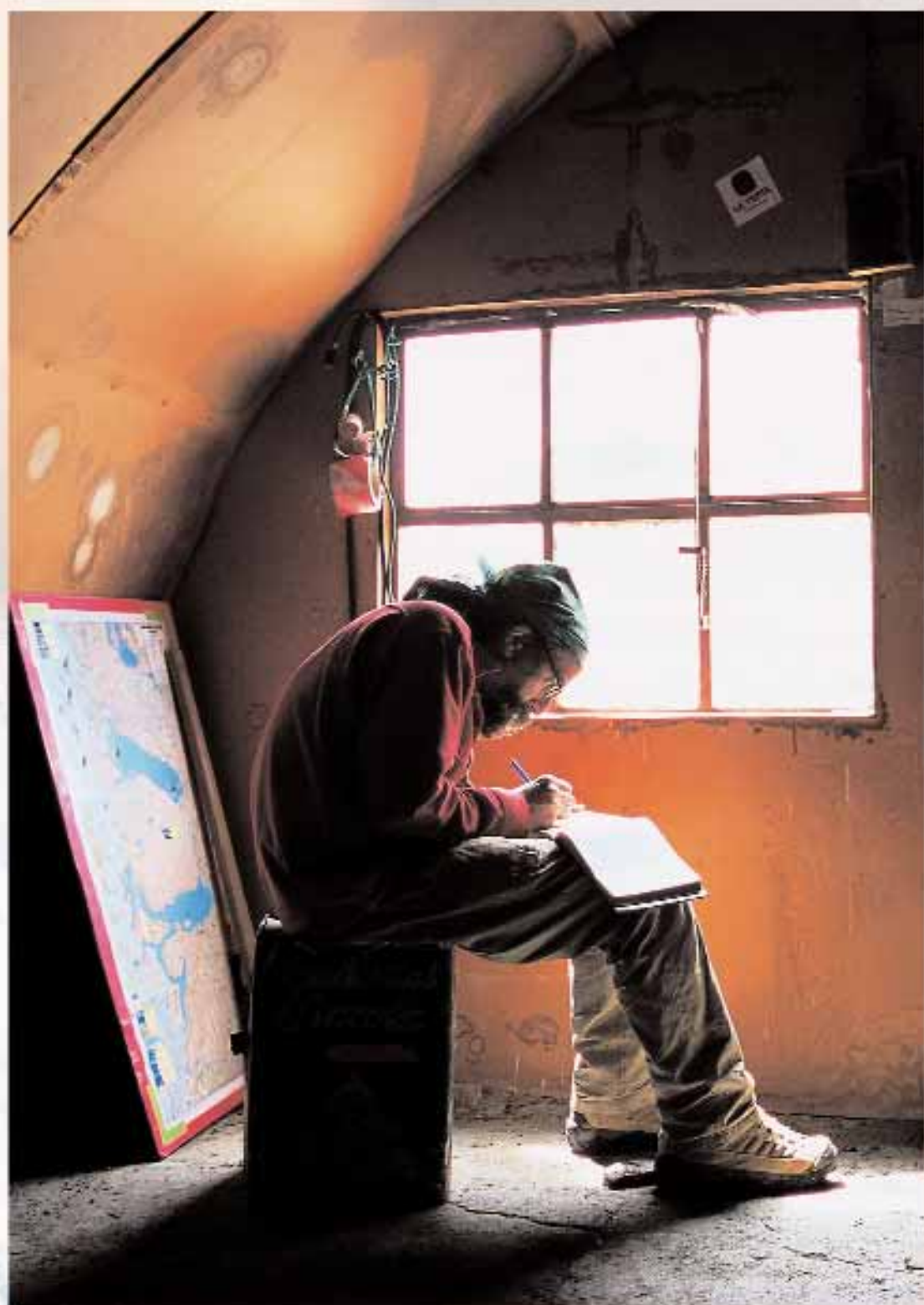


**SOTTO IL
DESERTO
IL MISTERO
DELLE ACQUE
DI CUATRO
CIÉNEGAS**
(cd-rom)
*(english, italiano,
español)*

documentari *documentaries*

- Il grande muro di Hodgià Gur Gur Atà (Uzbekistan, Canale 5, 1991)
- Tepuy 93: esplorazioni alle porte del tempo (Venezuela, Canale 5, 1993)
- Le meraviglie sommerse dello Yucatan (Mexico, Canale 5, 1993)
- Río La Venta: un canyon tra due oceani (Mexico, Etabeta/La Venta, 1994)
- Vortice blu (Argentina, Paneikon/La Venta, 1995)
- Tepuy 96 (Venezuela, RAI 3, 1996)
- La civiltà perduta del Río La Venta (Mexico, Paneikon/Gedeon/Mediaset/Nova, 1997-1998)
- Les sentinelles de la jungle (Venezuela, Gedeon/France 2, 1998)
- Il gigante di gesso (Ukraine, Paneikon/RAI 3/La Cinquieme, 1998-99)
- La fortezza sotterranea (Turkey, Paneikon/RAI 3/La Cinquieme, 1999)
- Il fiume delle rondini (Philippines, Paneikon/RAI 3/La Cinquieme, 2000)
- La serpiente y el jaguar (Mexico, Cproducciones/La Venta, 2000)
- Ice Caves (Switzerland, National Geographic TV/Engel Brothers Media/Discovery USA 2000)
- Nel cuore del Tyndall (Hielo Patagonico, Chile, La Venta/RAI 3, 2001)
- L'Ombigo del Mundo (Mexico, La Venta/RAI 3, 2001)
- Extreme Detectives (Mexico, National Geographic TV/Doc Lab, 2002-2003)
- Destination: To the tip of the world - a series of 7 documentaries (GA&A/La Venta, 2004)

KUR



LA VENTA
ESPLORAZIONI ENERGETICHE

KUR

Allegato tecnico - *Technical notes*



LA VENTA
ESPLORAZIONI GEOGRAFICHE

I FENOMENI CRIO-CARSICI NEI GHIACCIAI: SINTESI DI UN VENTENNIO DI RICERCHE CONDOTTE DALL'ASSOCIAZIONE LA VENTA

Giovanni Badino, Leonardo Piccini

Note introduttive

L'Associazione La Venta nasce ufficialmente nel 1990, ma sin dalla metà degli anni ottanta alcuni dei suoi futuri soci danno inizio, insieme con pochi altri speleologi, alle prime esplorazioni condotte da italiani in cavità glaciali, e in particolare negli inghiottitoi che assorbono le acque di ruscelamento epiglaciale, i cosiddetti mulini.

I primi tentativi, su iniziativa del bolognese Mario Vianelli, risalgono al 1983, sul ghiacciaio del Miage, nel massiccio del M. Bianco, ma è solo nell'anno seguente, sul Ghiacciaio del Gorner, nel gruppo del Monte Rosa, che vengono esplorati i primi mulini di un certo sviluppo e che, si può dire, nasce la glacio-speleologia italiana.

Il Gorner si rivela subito ricco di sorprese e, nel 1986, viene toccata la ragguardevole profondità di 135 metri in un grande mulino, tuttora la massima profondità mai raggiunta in un ghiacciaio europeo (profondità superiori, sino a 200 m, sono state raggiunte solo in Groenlandia, per merito d'esploratori francesi e anche italiani).

Nel 1987 si svolge, con la partecipazione degli scriventi, la prima spedizione extraeuropea dedicata alla ricerca di mulini. L'area scelta è quella del grande Ghiacciaio Biafo, nel Karakorum pakistano, dove vengono individuati, ma solo parzialmente scesi, alcuni grandi mulini.

Da allora è un continuo succedersi di spedizioni, molte delle quali organizzate dall'Associazione La Venta, in molti ghiacciai del mondo e in particolare in quelli della Patagonia, che si rivelano essere tra i più interessanti per lo sviluppo di fenomeni carsici.

In questa nota viene proposta una breve sintesi dei maggiori risultati ottenuti dal nostro gruppo in questi vent'anni di ricerche. Sono riportati solo i ghiacciai che sono stati oggetto di spedizioni o d'indagini dirette. Per ognuno sono forniti brevi cenni descrittivi dei principali caratteri morfologici e una breve descrizione delle maggiori cavità esplorate.

EUROPA

Ghiacciai delle Alpi

Sulle Alpi sono state realizzate diverse ricognizioni su quasi tutti i ghiacciai maggiori. I risultati più interessanti sono quelli relativi al Gorner e all'Aletsch, nel Vallese svizzero.

Cavità di modeste dimensioni sono anche state individuate sul G. del Miage e al Mer de Glace, entrambi nel gruppo del M. Bianco, sul G. d'Arolla e sul G. dell'Aar, nelle Alpi Svizzere, e nel Ghiacciaio del Mandrone, nel gruppo dell'Adamello.

Aletschgletscher (Svizzera) – È il maggiore ghiacciaio delle Alpi, avendo un'estensione complessiva di 130 km². La lingua principale scende in direzione SW per circa 26 km, alimentata da un vastissimo circo glaciale chiamato

CRYOKARST PHENOMENA IN GLACIERS: A SYNTHESIS OF TWENTY YEARS OF INVESTIGATION CARRIED OUT BY THE ASSOCIATION LA VENTA

Giovanni Badino, Leonardo Piccini

Introduction

The association La Venta was officially founded in 1990, but since the mid eighties some of its future eventual founders gave birth, together with a few other cavers, to the first explorations carried out by Italians into glacier caves; in particular, they explore the sinkholes that absorb the epiglacial streaming waters, the so-called "moulin".

The first attempts date back to 1983, and are realized by Mario Vianelli from Bologna on the Miage glacier (M. Blanc massif); but it is only in the following year, on the Gorner glacier (M. Rosa massif), that some significant moulin are explored for the first time. It is the birth of Italian glaciocaveology.

The Gorner glacier appears immediately and unexpectedly rich in surprises: in 1986 the noteworthy depth of -135 m is reached in a wide moulin, still the deepest one ever descended in a European glacier (deeper moulin, down to -200m, have only been explored in Greenland, by French and Italian cavers).

In 1987 the authors organize the first extra-European expedition dedicated to the search of glacier moulin. The chosen area is the huge Biafo glacier, in Pakistan's Karakorum, where some large moulin are spotted but only partially descended.

Since then we assist in a continuous series of expeditions, many of which organized by the association La Venta, to several glaciers of the world and in particular to those of Patagonia, that appear to be among the most interesting ones as regards the development of karst phenomena.

This note proposes a synthesis of the main results obtained by our team in the course of almost twenty years of research. Only the glaciers which are the object of direct investigation and expeditions are reported. For each one we give a short description of the main morphological features and of the main explored caves.

EUROPE

Alps glaciers

In the Alps several surveys have been carried out in all major glaciers. The most interesting results refer to the Gorner glacier and the Aletsch glacier, in the Swiss Vallese.

Small-size caves have also been identified in the Miage glacier and in the Mer de Glace, both in the Mont Blanc massif, in the Arolla and Aar glaciers, in the Swiss Alps, and in the Mandrone glacier, in the Adamello massif.

Aletschgletscher (Switzerland) – This is the widest glacier in the Alps, with a total surface area of 130 km². The main tongue flows in a SW direction for approx. 26 km, fed by a huge cirque called Konkordiaplatz, receiving the snow from a great amphitheatre of mountains reaching 4000 m in altitude, amongst which is the imposing and well-known Jungfrau

Konkordiaplatz, nel quale si riversano le nevi di un grande anfiteatro di montagne alte oltre 4000 m, tra cui spicca la celebre Jungfrau (4166 m). La fronte scende attualmente fino a 1370 m, vale a dire oltre 1200 m sotto il limite delle nevi persistenti. Nella zona d'ablazione si alternano zone crepacciate a zone relativamente compatte e pianeggianti, in cui si osserva uno scorrimento superficiale delle acque di fusione ben incanalato, ma poco organizzato. I mulini si distribuiscono lungo fasce trasversali poco a monte delle zone fratturate. Al momento si conoscono tre zone in cui si concentrano i mulini maggiori. Di queste, quella centrale, intorno a quota 2500 è quella che presenta i fenomeni più vistosi e dove si trova il maggior numero di *bédière*. Una breve ricognizione, effettuata nell'ottobre del 2004, ha permesso di esplorare una decina di mulini, con profondità massime di 60-70 m, e alcune grandi cavità di contatto.

Gornergletscher (Svizzera) – Secondo per estensione tra i ghiacciai delle Alpi, il Ghiacciaio del Gorner ha origine dalla confluenza di più lingue provenienti dalla dorsale che collega il M. Rosa al Breithorn. La caratteristica più notevole di questo ghiacciaio è la sua morfologia superficiale, praticamente unica, che lo rende uno dei più interessanti al mondo. La superficie della zona d'ablazione è, infatti, incisa da torrenti che scorrono in forre, profonde sino a 20 m e dall'andamento tortuoso, che collegano una serie di laghi epiglaciali. La morfologia è quindi molto accidentata, seppur con una pendenza complessiva molto bassa.

I corsi d'acqua si raccolgono in grossi torrenti che si riversano in una serie di ampi e profondi mulini, distribuiti principalmente nella zona centrale della lingua principale, tra quota 2600 e quota 2400. Molti mulini, oggetto di ripetute discese dal 1985, mostrano una posizione relativamente stabile e una struttura che tende a replicarsi di anno in anno con poche variazioni.

Si tratta certamente del ghiacciaio meglio studiato al mondo, per quanto riguarda i fenomeni carsici glaciali, essendo oggetto di ripetute indagini anche da parte di spe-

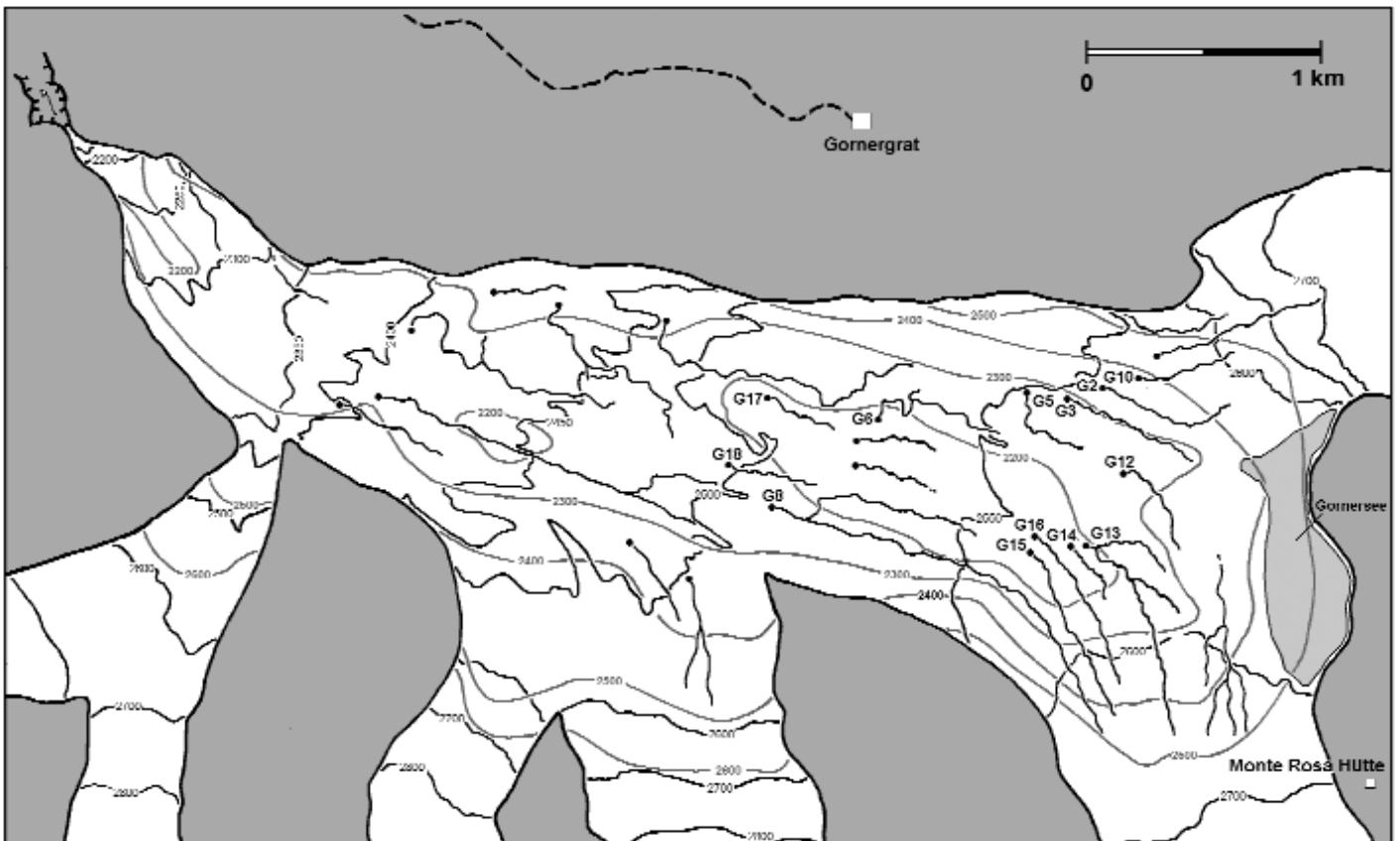
(4166 m). The glacier front actually reaches 1370 m altitude, that is 1200 m below the limit of perennial snow. In the ablation area crevassed zones alternate with fairly flat and compact ones, in which we may observe a well canalized, though badly organized, surface melt water drainage. The moulins are scattered along transversal bands a little upstream of the fractured zones. At the present time we know three areas in which the main moulins are concentrated. Amongst these, the central one, at 2500 m altitude approx., hosts the most significant phenomena and the highest number of *bédière*. A short survey, carried out in October 2004, allowed the exploration of around 10 moulins reaching a maximum depth of 60-70 m, and some wide contact caves.

Gornergletscher (Switzerland) – The second glacier of the Alps as to extension, Gorner takes its origin from the confluence of several tongues coming from the ridge connecting Mount Rosa to Breithorn. The most significant feature of this glacier is its surface morphology, practically unique, making it among the most interesting ones worldwide. The ablation area is in fact carved by streams flowing inside tortuous gorges as deep as 20 m, connecting a series of epiglacial lakes. The morphology is hence harsh, though with a very sweet general slope.

The water courses join into big streams eventually flowing into a series of wide and deep moulins, distributed for the most part in the central zone of the main tongue, between altitude 2600 m and altitude 2400 m. Many moulins, objects of repeated descents since 1985, show a relatively constant position and a structure tending to replicate itself from year to year with few variations.

It is for sure the best studied glacier worldwide, as regards the glacial karst phenomena, since it has also been investigated by other Swiss and Italian teams. Our association has carried out explorations in 1985, 1986, 1988, 1999, 2000, 2003.

Mer de Glace (France) - This is the widest glacier in the Mont Blanc massif. As far as we are concerned, it has been surveyed only once. The survey showed that the karst phenomenon is



Pianta schematica del ghiacciaio del Gorner, con la posizione dei mulini e delle *bédière* principali rilevanti negli anni 1999/2000. (da Romeo, 2001)
Schematic plan of Gorner glacier, with position of the main moulins and *bédières* explored in 1999/2000. (from Romeo, 2001)

leologi svizzeri e di altri gruppi italiani. Molte le ricognizioni compiute dalla nostra associazione, negli anni 1985, 1986, 1988, 1999, 2000, 2003.

Mer de Glace (Francia) – È il più vasto ghiacciaio nel massiccio del Monte Bianco. Da parte nostra, è stato oggetto di una ricognizione che ha mostrato come il fenomeno carsico sia limitato, in pratica, ad alcune *bédières* di alimentazione nonché al suo celebre inghiottitoio (Le Grand Moulin), il primo grande mulino sceso al mondo nell'ormai lontano 1897.

Ghiacciaio del Miage (Italia) – La lingua di questo ghiacciaio, coperta da molto detrito, scende verso SE dal M. Bianco. Molti i punti che fungono da inghiottitoi dei numerosi torrenti che scorrono a lato delle morene mediane. I mulini maggiori occupano una regione ristretta al centro della lingua e hanno ingressi di modeste dimensioni e di difficile accesso. Tra i pochi esplorati nel 1984, qualcuno è risultato profondo poche decine di metri.

Islanda

In questa isola vulcanica sono state effettuate due ricognizioni, nel corso di una spedizione nell'anno 1997, nei ghiacciai *Skeidararjökull* e *Kviarjökull*, due lingue che hanno origine dalla grande calotta del ghiacciaio *Vatna*.

Le indagini, svolte in collaborazione con ricercatori dell'Università di Madrid, avevano come scopo principale quello di verificare i fattori meccanici che controllano lo sviluppo dei condotti di drenaggio nella massa glaciale. In entrambe le lingue sono state individuate forme carsiche diffuse ma di modesta entità soprattutto nel ghiacciaio *Kviar*, data l'ampiezza limitata della lingua glaciale e soprattutto per la presenza di un livello completamente saturo

limited to a few feeding bédrière and to its famous sinkhole, Le Grand Moulin, the first big moulin ever to be descended anywhere in the world in 1897.

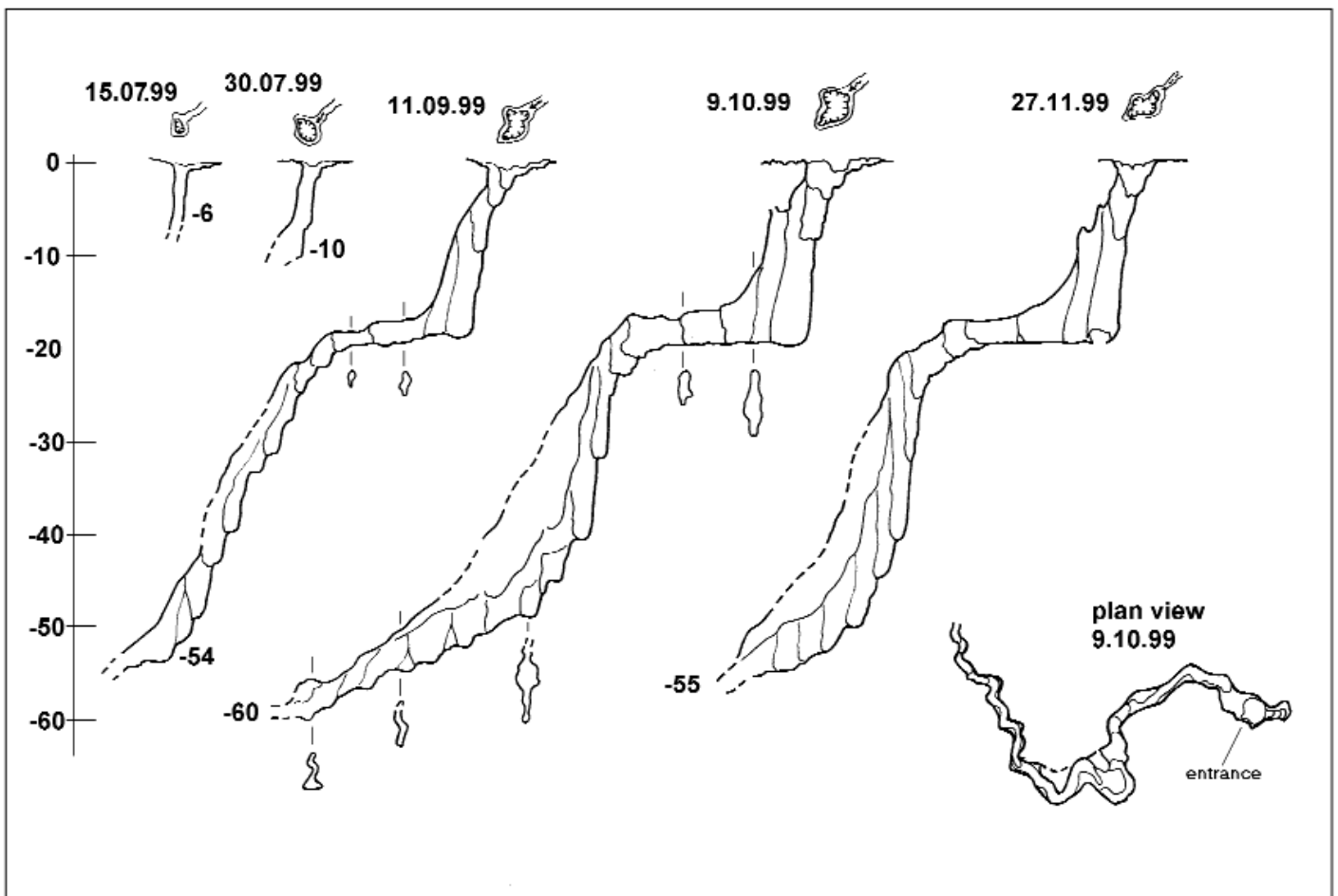
Ghiacciaio Miage (Italia) – *The tongue of this glacier, covered with much debris, flows in a SE direction from Mont Blanc. There are many points acting as sinkholes for the streams that flow on the side of the central moraines. The main moulins occupy a limited region at the centre of the tongue and present small-size entrances with difficult access. Among the few explored in 1984, some were a few tens of metres deep.*

Iceland

In this volcanic island we carried out two surveys during an expedition in 1997, to the glaciers Skeidararjökull and Kviarjökull, two tongues originating from the great ice cap of the Vatna glacier. The investigation was carried out in collaboration with researchers from the University of Madrid, and had as its main aim that of verifying the mechanical factors that control the development of the drainage conduits in the ice mass. Both tongues showed the presence of diffused karst phenomena, though of small size, in particular in the Kviar glacier, given the limited width of the tongue and the presence of a water-saturated level a few tens of metres below the surface, corresponding to the level of the lake facing the glacier front. On the Skeidarar we carried out an accurate survey searching for the traces of the huge 1996 flood; this glacier seems more interesting as far as karst phenomena are concerned.

Spitsbergen (Norway)

In 1993, on the occasion of an international congress of glaciology, a short survey on the Hansbreen glacier, in the southern part of the island, was carried out. Based upon these observations and several studies realised by Polish researchers,



Evoluzione del mulino G10 del Gorner, monitorato durante l'estate del 1999. (da Romeo, 2001)
Evolution of moulin G10 in Gorner, monitored during summer 1999. (from Romeo, 2001)

d'acqua a poche decine di metri sotto la superficie, che corrisponde al livello del lago dinanzi alla fronte del ghiacciaio. Lo Skeidarar, dove sono state compiute le ricerche più accurate in cerca di tracce residue della grande piena del 1996, sembra invece più interessante dal punto di vista dei fenomeni carsici.

Spitzbergen (Norvegia)

Nel 1993, in occasione di un convegno internazionale di glaciologia, si è svolta una veloce ricognizione nel ghiacciaio *Hansbreen*, nella zona meridionale dell'isola. Sulla base di queste osservazioni, e dei numerosi studi condotti da ricercatori polacchi, si può affermare che su questo ghiacciaio il fenomeno carsico è abbastanza diffuso con anche qualche mulino imponente nella parte terminale ma, in confronto alla vastità del ghiacciaio, abbastanza ridotto.

ASIA

Catena del Tien Shan

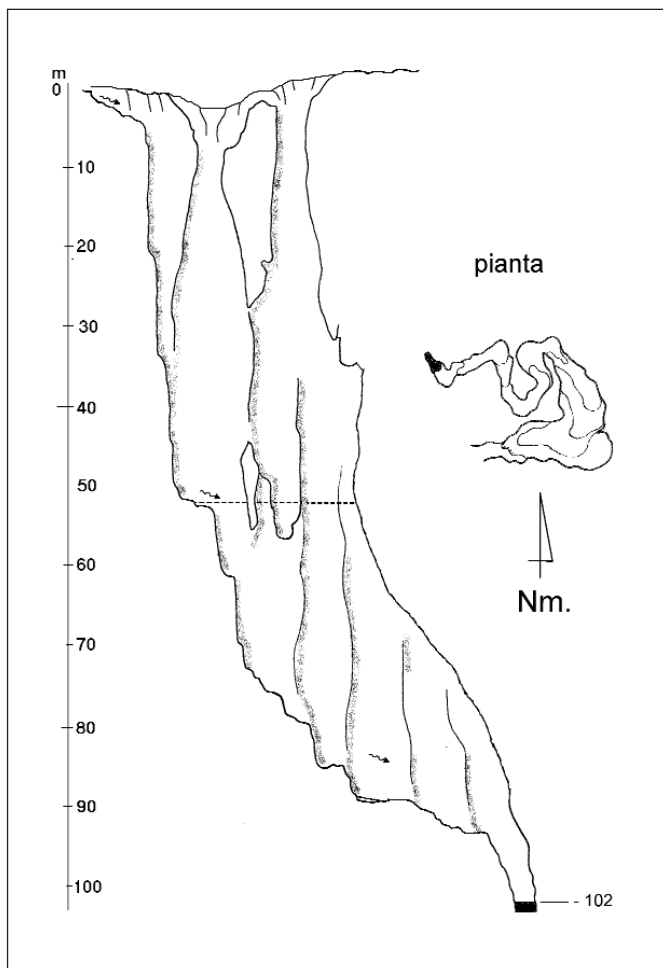
Enilchek lednik (Kyrgyzstan) - Si tratta di un ghiacciaio molto vasto e lungo, che scende in direzione ovest dalla zona più elevata della catena del Tien-Shan. La presenza di abbondante detrito superficiale non permette lo sviluppo di forme di fusione accentuate. Il ghiacciaio è noto per essere caratterizzato da una piena annuale del suo esutore, che si verifica quando il lago Merzbaker, che si forma all'inizio dell'estate 14 km a monte della fronte, si svuota attraverso condotti che si formano nel ghiacciaio o alla base di esso. Nel corso della ricognizione, svolta con l'appoggio di glaciologi sovietici, abbiamo potuto visitare solo la parte vicina al lago, l'unica dove esiste un drenaggio ben organizzato. La sola cavità degna di nota è un grande pozzo di oltre 40 m di profondità, probabilmente un vecchio inghiottitoio, che termina con piccole forre con la volta costituita da blocchi di ghiaccio saldati, che si approssimano al livello di falda del lago.

Catena del Karakorum

Biafo glacier (Pakistan) - È stato il primo ghiacciaio da noi esplorato, in senso speleologico, fuori Europa, nel settembre del 1987. Il ghiacciaio, esteso per oltre 60 km di lunghezza, scende in direzione SE, dal vasto bacino che alimenta anche il ghiacciaio Hyspar e dalle lingue provenienti dagli imponenti massicci del gruppo del Latok (7151 m). I fenomeni carsici sono diffusi e di notevole sviluppo, soprattutto nella parte centrale della lunghissima e vasta zona d'ablazione tra quota 4300 e 4600, dove le *bédière* e i mulini si formano, ad intervalli regolari, ai lati delle morene centrali, probabilmente in corrispondenza di zone depresse dovuti a scorrimenti differenziali delle lingue. In questa zona abbiamo sceso alcuni mulini, attivi e inattivi, di non grandi dimensioni, per una profondità massima di 40 metri.

Nelle parti inferiori, una decina di km a monte della fronte, due torrenti assumono dimensioni imponenti e si approfondiscono inoltrandosi oltre portali sub-orizzontali non esplorati. Si è trattato della prima evidenza osservata dell'esistenza di reticoli sub-epidermici di drenaggio.

Batura glacier (Pakistan) - È stato oggetto di una spedizione organizzata dal G. S. Piemontese nel 1993, con la collaborazione della nostra associazione. Il ghiacciaio si trova nella valle di Hunza, nel versante pakistano del Karakorum, ed è dominato dal Batura Peak. La lingua, meno estesa della precedente, presenta un fenomeno carsico ben sviluppato, numerosi mulini di piccole dimensioni, pochi imponenti in posizioni speciali, grotte di risorgenza, tracce di condotte epidermiche. Durante la spedizione sono stati scesi diversi mulini, ma in quasi tutti la troppa



Rilievo topografico del mulino G8, uno dei più profondi del Gorner. (da Romeo, 2001)
Survey of moulin G8, among the deepest ones in Gorner. (from Romeo, 2001)

we may state that here the karst phenomenon is fairly well diffused, also with some imposing moulins, but rather limited if compared to the vastness of the glacier.

ASIA

Tien Shan range

Enilchek lednik (Kyrgyzstan) - *This is a very vast and long glacier, flowing in a westerly direction from the highest area of the Tien Shan range. The presence of abundant surface debris does not allow the development of significant melting morphologies. The glacier is known due to the yearly flood of its outlet, taking place when lake Merzbaker, that forms at the beginning of the summer 14 km upstream from the glacier front, empties through endoglacial or subglacial tunnels. During the survey, carried out thanks to the support of Soviet glaciologists, we had the opportunity to visit exclusively the part close to the lake, the only one showing a well-organized drainage system. The only cave worthy of note is a big well, 40 m deep, probably an old sinkhole ending in small gorges with a vault made of welded ice blocks and getting close to the lake water table.*

Karakorum range

Biafo glacier (Pakistan) - *This is the first glacier we explored outside of Europe, in September 1987. The glacier, which stretches for more than 60 km, flows in a SE direction from the vast basin which also feeds the Hyspar glacier and the tongues coming from the imposing massif of the Latok group (7151 m). The karst phenomena are diffused and well developed, mainly in the central part of the very long and vast ablation area between the altitudes of 4600 m and 4300 m. Here the *bédière* and the moulins form, at regular intervals, on the side of the*

acqua non ha consentito di andare oltre poche decine di metri di sviluppo. I pozzi più profondi sono risultati esplorabili per 40-50 metri al massimo.

AMERICA MERIDIONALE

Ghiacciai della Patagonia

Ghiacciaio Perito Moreno (Argentina) - È stato oggetto di una ricognizione nel 1994 e di una spedizione nel 1995, durante la quale è stato anche realizzato un documentario. Ghiacciaio molto noto, deve la sua eccezionalità soprattutto al fatto di avere un vasto bacino di alimentazione, che viene drenato da una lingua relativamente piccola e corta. I pozzi glaciali sono numerosi e spesso imponenti. Il drenaggio principale si raccoglie al centro della lingua in un torrente di notevole portata che si getta in un grande pozzo, non esplorabile a causa della portata di vari metri cubi al secondo. Si tratta però di un inghiottitoio che si riforma più volte in una sola stagione, lasciando pozzi fossili a valle dell'assorbimento. Uno di questi è stato sceso per una sessantina di metri di profondità, a cui seguono imponenti gallerie per un paio di centinaia di metri.

L'assorbimento del fiume avviene proprio poco a monte della zona in estensione e fortemente crepacciata prima della fronte. Gli altri mulini tendono invece a presentarsi lungo tutta la lingua, ma solo sui lati, dove il ghiaccio scorre in modo più differenziato, cosa che crea una permeabilità maggiore.

L'aspetto nettamente più interessante è però la presenza di condotte orizzontali, epidermiche. Tra queste ne abbiamo potuto esplorare e rilevare una di 1150 metri, la grotta glaciale più lunga esistente al mondo. Una colorazione aveva mostrato che prima di tornare in superficie, il fiume percorreva ancora una distanza almeno doppia.

Ghiacciaio Viedma (Argentina) - È uno dei ghiacciai più vasti ed imponenti di tutta la regione. È stato oggetto di una ricognizione pesante nel 1997 che però ha potuto accedere solo ad un piccolo settore attorno al campo base, e anche di sorvoli nel 1995 e 2004.

Le ricognizioni hanno individuato numerosi mulini, ma lo stato della superficie è molto differenziato da luogo a luogo. La sua geometria irregolare, quasi triangolare, con enorme bacino di assorbimento e *nunatak* spezza il ghiacciaio in diversi settori, spesso separati da regioni seraccate di difficile percorribilità, che inoltre ne frantumano l'idrografia. In genere gli assorbimenti avvengono abbastanza in fretta in pozzi di dimensioni limitate. Nella zona centrale esiste un enorme fiume che presumibilmente si inabissa nella zona di pre-estensione prima della fronte. Altre zone di estremo interesse paiono essere quelle nei pressi del *nunatak* centrale. Ci sono indizi dell'esistenza di condotte epidermiche.

Ghiacciaio Upsala (Argentina) - Oggetto di sorvolo nel 1995, è stato luogo di una spedizione nel 2004.

La fase di regresso quasi catastrofico degli ultimi anni lo ha condizionato in modo decisivo. La quota del ghiaccio appare diminuita di un centinaio di metri, negli ultimi 15 anni, il che significa che il ghiacciaio ha perso decine di chilometri cubici di acqua. La letteratura scientifica indica che la crisi di bilancio di massa è stata aggravata dal fatto che, nel lento regresso, il ghiacciaio ha perso a metà anni '90 l'appoggio di due isolotti posti alla fronte, e che ne impedivano il "franamento" nel lago. Mancato quel sostegno, l'intera lingua è scivolata a valle con scorrimento estensivo che ha aperto crepacci perpendicolari al vettore di flusso sino a 12 km dalla fronte! Questo ha completamente distrutto il reticolo idrografico, sia esterno sia interno. In pratica abbiamo trovato numerose tracce di carsismo che però è frammentato in modo totale dalle zone crepacciate. Uniche

central moraines, probably in correspondence to depressed areas due to differential flow of the tongues. In this area we explored some active and fossil moulins, not very big in size, to a maximum depth of 40 metres.

In the lower part, 10 km upstream from the front, two torrents reach imposing size and deepen entering sub-horizontal entrances, yet not explored. This was the first observed evidence of sub-epidermal drainage networks.

Batura glacier (Pakistan) – *This was the object of an expedition organized by the Piemontese Caving Club in 1993, with the collaboration of our association. The glacier is situated in the Hunza valley, on the Pakistan side of the Karakorum, and is dominated by the Batura Peak. The tongue, smaller than the previous one, presents a well-developed karst phenomenon, several small-size moulins, a few huge ones in special positions, spring caves, and traces of epidermal caves. During the expedition we descended several moulins, but in almost all of them the strong presence of water kept us from getting farther than a few tens of metres. The deepest wells could be explored to a maximum of 40-50 m depth.*

SOUTH AMERICA

Patagonia glaciers

Glaciar Perito Moreno (Argentina) – *This was the object of a survey in 1994 and an expedition in 1995, during which a documentary was also produced.*

Very well known, this glacier owes its exceptional features mainly to the presence of a vast feeding basin drained by a relatively small and short tongue.

There are several glacial moulins which are often of imposing size. The main drainage gathers at the centre of the tongue into a high flow torrent that plunges into a big moulin, not explored due to the huge amount of water (several cubic metres per second). However, this moulin forms several times each season, leaving inactive wells downstream from the sinking point. One of these was descended to a depth of 60 m, where great galleries continue for a couple of hundred metres.

The river absorption takes place a little upstream from the extended, crevassed zone before reaching the front. On the contrary the other moulins tend to form along the whole tongue, but only on the sides, where the glacier flows in a differential way, creating a higher permeability.

But the most interesting aspect is no doubt the presence of epidermal horizontal galleries. Among these we explored and mapped one of 1150 m long, the longest glacial cave worldwide. A dye tracing had shown that before going back to daylight the river covered at least twice the mapped distance.

Glaciar Viedma (Argentina) – *One of the widest and most imposing glaciers of the region. It was the object of an intensive survey in 1997, which however, could only reach a small sector around the base camp. It was also the object of aerial surveys in 1995 and 2004.*

Such surveys spotted several moulins, but the surface condition is very different from place to place. Its irregular, almost triangular geometry, with a huge feeding basin and nunatak, breaks the glacier into numerous sectors, separated from one another by serac zones of difficult access that also crumble the hydrographic network. Generally speaking the absorption takes place fairly fast in small-size moulins. The central zone hosts a huge river, probably sinking in the pre-extension area before the front. Other interesting regions seem to be those near the central nunatak. Signs seem to indicate the existence of epidermal galleries.

Glaciar Upsala (Argentina) – *Aerial surveyed in 1995, the Upsala was the object of an expedition in 2004. The almost catastrophic withdrawal phase of the recent years*

zone con qualche cavità sono a monte della zona interessata dai crepacci estensivi e piccole zone sulla fronte della lingua di sinistra.

La prima è poco a monte della Laguna Azul, unica zona in cui il ghiacciaio è attraversabile. Vi sono numerosi fiumi di medie dimensioni che si gettano in pozzi non imponenti. Non essendoci pozzi inattivi, dato che lì lo scorrimento del ghiaccio è piuttosto lento, non è stato possibile fare esplorazioni significative.

Molto più interessanti sono le piccole grotte che si sono formate nella lingua di sinistra, destinata a breve vita col ritmo di fusione attuale. Si tratta di condotti abbastanza superficiali, anche imponenti, ma brevi, con ogni evidenza formati soprattutto in fondo a vecchi laghi. Sono risultate di estremo interesse perché hanno permesso di vedere le micro-strutture di drenaggio interne alla massa glaciale.

Ghiacciaio Grey (Cile) - È stato oggetto di una spedizione nel 2004. È un ghiacciaio che assomiglia moltissimo al ghiacciaio Upsala, e anche in questo caso le ricerche si sono concentrate sulla lingua in sinistra orografica. La lingua di sinistra ha una rete di drenaggio quasi a ventaglio, con fiumi di dimensioni contenute che scorrono in vallette di dimensioni imponenti, ma molto appiattite; si gettano in pozzi di buone dimensioni ma di profondità relativamente piccola. I pozzi sono soggetti a riempirsi d'acqua e del resto è frequente incontrare sulla superficie pozzi abbandonati e completamente allagati.

Vi abbiamo esplorato e rilevato 17 grotte, profonde sino a 70 metri ma con sviluppi in pianta di pochi metri.

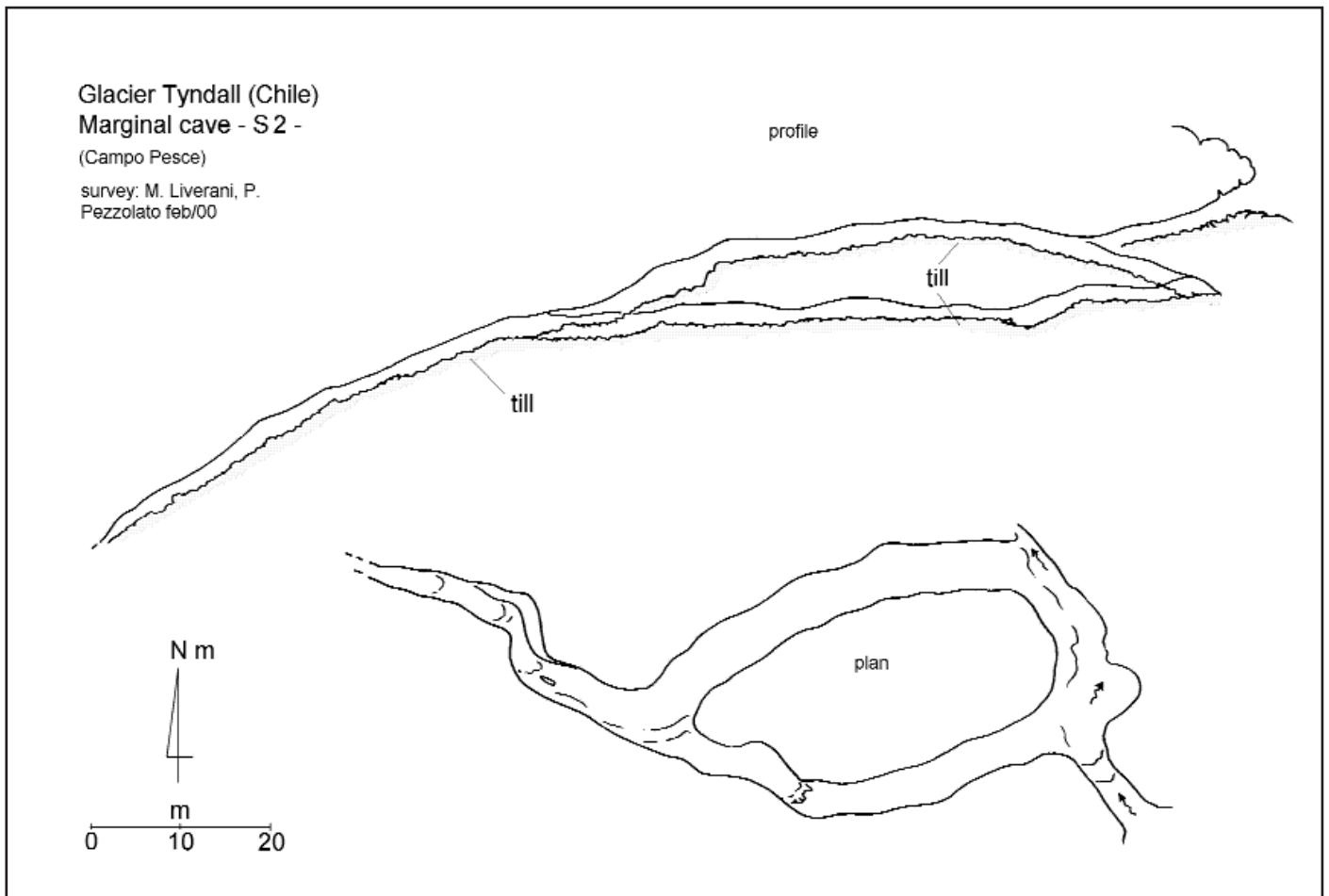
Ghiacciaio Tyndall (Cile) - È stato oggetto di una spedizione nel 2000. È un ghiacciaio dalla superficie abbastanza regolare, e tutta la zona di ablazione è attraversata da una serie di tre fiumi paralleli, un po' come avviene anche

has strongly affected it. The glacier thickness seems to have decreased by a hundred metres in the last 15 years, which means that the glacier has lost tens of cubic kilometres of water. Scientific literature indicates that the mass balance crisis has been worsened by the fact that, in its slow withdrawal, the glacier has lost, in the mid 1990s, the support of two small islands placed at the front, keeping it from sliding into the lake. Once unsupported by the islands, the whole tongue has slipped downstream with extensive flow, opening perpendicular crevasses to the flux direction up to 12 km from the front! This has completely destroyed the hydrographic network, both external and internal. What we found were several traces of karst phenomenon, though totally fragmented by crevassed zones. The only areas presenting some caves are upstream from the region affected by extensive crevasses and small zones on the left tongue front.

The former is at the height of the Laguna Azul upstream, the only place where the glacier may be crossed. There are several medium-size rivers sinking into not-imposing moulins. Being fossil moulins absent due to the slow flow of the glacier in that sector, no significant explorations could be carried out.

Much more interesting seem to be the small caves on the left tongue, doomed to short life considering the actual melting rate. They are fairly epidermal galleries, imposing though short, most probably formed at the bottom of old lakes. They seem to be of the utmost importance because they give the opportunity to see the drainage micro-structures inside the ice mass.

Glaciar Grey (Chile) – This was the object of an expedition in 2004. It resembles the Upsala glacier quite a lot, and also in this case the research pointed to the left orographic side tongue. The left tongue shows an almost fan-shaped drainage network, with limited size rivers flowing inside huge though flattened valleys. They plunge into wide but not-so-deep wells. The moulins often fill up with water, and it is not rare meet-



Grotta di contatto marginale del Ghiacciaio Tyndall.
Marginal contact cave in Tyndall glacier.

nel Perito Moreno, ma con dimensioni ben maggiori. I fiumi si gettano in pozzi di dimensioni enormi, in cui il livello dell'acqua varia in dipendenza del flusso d'acqua di alimentazione. Abbiamo potuto seguire il livello dell'acqua per un ciclo di 24 ore nel pozzo denominato Vicecapo. Il livello varia da -10 sino a -105. La curva di carico e scarico ha permesso per la prima volta di determinare in modo indiretto che la profondità del drenaggio è a 140 metri sotto la superficie, proprio dove era atteso dai modelli numerici di carsismo glaciale, e contrariamente a quanto in genere ipotizzato dalla glaciologia, che assume il drenaggio sul letto roccioso.

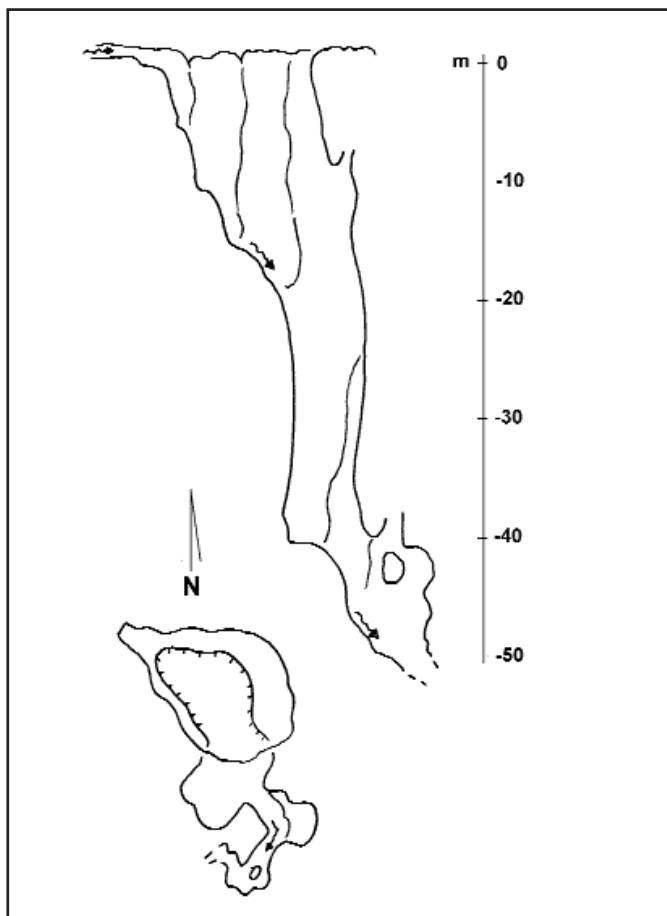
Durante la spedizione sono stati scesi un dozzina di mulini, alcuni verticali, con profondità massime di 50 m, altri a sviluppo orizzontale ed andamento a forra.

Il livello della falda endoglaciale appare essere soggetto a rapide oscillazioni, determinate dalle condizioni climatiche, che determinano l'allagamento di pozzi alcuni dei quali appaiono essere profondissimi. Nel complesso i fenomeni di carsismo glaciale appaiono essere rilevanti. Non abbiamo trovato tracce di condotte epidermiche con sviluppo rilevante.

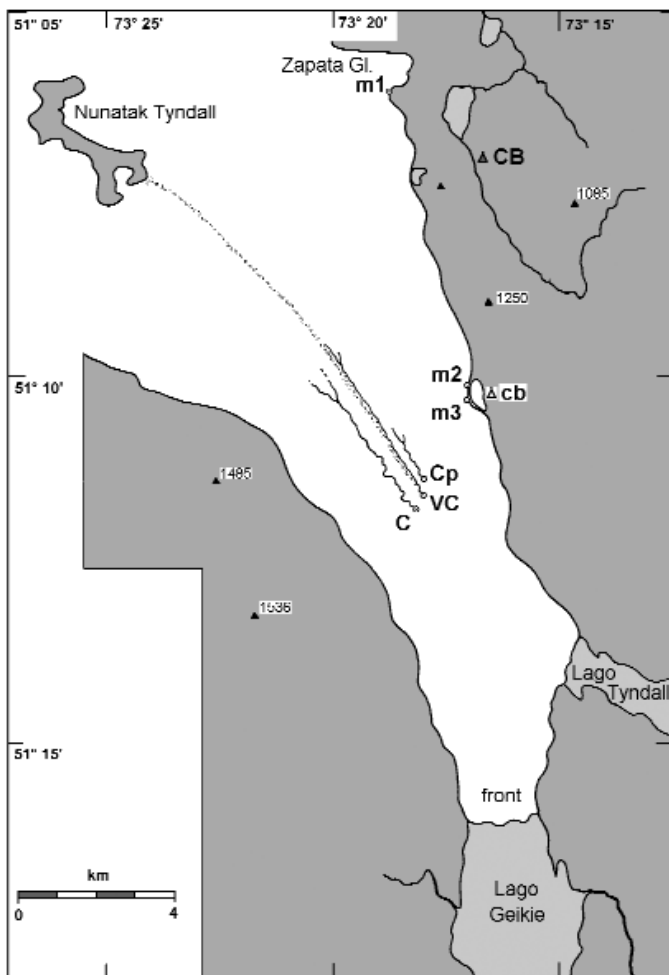
ANTARTIDE

Collins Glacier (King George - South Shetland) - In Antartide abbiamo potuto visitare solo una zona ristrettissima su un solo ghiacciaio: altre cavità che abbiamo trovato altrove nel continente non sono qui descritte perché hanno genesi totalmente diversa.

Su questo ghiacciaio, le zone di ablazione sono piccole e poco potenti (estendendosi non oltre i 100 m s.l.m.) poiché la massima parte della rimozione del ghiaccio avviene direttamente in mare tramite il distacco di grandi iceberg. In prossimità della costa, sono state rinvenute alcune cavi-



Mulino attivo, sceso durante la spedizione al Tyndall nel 2000.
Active moulin descended during the year 2000 expedition.



Pianta schematica del Ghiacciaio Tyndall, con la posizione dei tre grossi mulini centrali (C = Capo, VC = Vicecapo, e Cp = Capino) e delle cavità marginali di contatto (m1, m2, m3) (rilievi febbraio 2000).

Schematic plan of Tyndall glacier, with position of the three main central moulins (C = Chief, VC = Vice-Chief, Cp = Small Chief) and of the marginal contact caves (m1, m2, m3) (survey February 2000).

ing inactive ones completely flooded. We explored 17 caves, to a maximum depth of 70 m, but with a plan development of just a few metres.

Glaciar Tyndall (Chile) – Surveyed during an expedition in 2000. This glacier presents a fairly regular surface, and the whole ablation area is crossed by a series of three parallel rivers, similar to that in Perito Moreno, but on a larger scale. The rivers plunge into huge wells, in which the water level varies depending upon the feeding flux. We had the opportunity to follow the water level on a 24 hour cycle in the moulin called Vice-Chief. The level ranges from -10 to -105 metres. The charge and discharge curve has for the first time given the possibility to establish by an indirect way that the drainage takes place at -140 m below the surface, exactly as expected by numerical models of glacial karst phenomena. This is opposite to what is normally hypothesized by glaciology, which assumes the drainage to take place on the rock bed. During the expedition we descended a dozen moulins; some vertical ones, with a maximum depth of 50 m, others with horizontal development and gorge-like pattern.

The level of the endoglacial water table seems to undergo rapid oscillations due to climatic conditions, determining the flooding of wells, some of which appear to be deep indeed. As a whole the karst phenomena seem to be significant. We found no epidermal galleries of any significant extent.

tà, di dimensioni comunque molto contenute e profondità massime di qualche decina di metri, localizzate nelle zone laterali dei lobi glaciali che scendono dalla calotta ed entrano in mare.

Conclusioni

Le spedizioni finora effettuate hanno permesso di delineare un quadro abbastanza completo sui processi di carsismo da fusione, fenomeno noto come crio-carsismo, e sulle forme endo- e sub-glaciali ad esso associate.

Le cavità di contatto, che abbiamo avuto modo di esplorare ai margini dei ghiacciai (Aletsch, Gorner, Moreno, Tyndall,...) appaiono legate a situazioni locali in cui apporti laterali di acque di ruscellamento entrano di sotto a zone del ghiacciaio relativamente stabili, spesso in corrispondenza di zone di ghiaccio "morto", vale a dire non soggetto a movimento. Queste cavità, spesso molto spettacolari, hanno sviluppi raramente superiori a 100 m, poiché diventano impercorribili quando lo spessore di ghiaccio supera i 30-40 metri.

Per quanto riguarda la formazione dei mulini, i fattori che appaiono essere determinanti per la loro presenza sono, in linea generale, riconducibili a particolari condizioni morfologiche, strutturali e climatiche.

Per quanto riguarda le prime due non abbiamo ancora predisposto modelli quantitativi, per cui possiamo solo affermare che occorrono condizioni determinate da bassa pendenza media del ghiacciaio, solitamente inferiore a pochi gradi, e condizioni tensionali neutre, tipiche delle zone di passaggio da situazioni in compressione a situazioni in distensione.

La bassa pendenza, che si ritrova comunemente nelle porzioni centrali delle lingue di maggiori dimensioni, è indice, in genere, di movimento regolare, di elevato spessore del ghiacciaio, che quindi risente solo in minima parte della morfologia del substrato. Ciò determina una superficie regolare e consente lo sviluppo di una rete di drenaggio superficiale, che raccoglie le acque di fusione in torrenti anche di grosse dimensioni (sino a diversi m³/s nei ghiacciai patagonici e in quelli himalaiani).

Queste sono le condizioni ottimali per la formazione di grossi mulini, che si sviluppano laddove il ghiaccio inizia a risentire delle condizioni di distensione determinate, in genere, da un aumento di pendenza, e quindi di velocità.

Per quanto riguarda, invece, le condizioni climatiche, è stato messo a punto un modello quantitativo che sulla base dell'andamento stagionale delle temperature, permette di definire un indice di carsificazione potenziale (GKF, Glacier Karst Factor, Badino, 2000), che in un certo senso fornisce una misura dell'energia disponibile per i processi di fusione.

CONDIZIONI GENERALI DI FORMAZIONE DEL CARSISMO GLACIALE

Giovanni Badino

Introduzione

I venti anni di attività di ricerca, compiuta in molti dei maggiori ghiacciai del mondo, hanno permesso di caratterizzare le condizioni di formazione del carsismo glaciale e, d'altra parte, di notare come accanto a forme assiduamente ripetute ce ne siano di inusuali.

Tra i vari parametri ambientali che sembrano condizionare la presenza e lo sviluppo di forme carsiche dovute a fusione del ghiaccio, fenomeno noto con il nome di crio-carsismo, due assumono certamente una grande importanza: la temperatura e la morfologia dei ghiacciai.

Al fine di chiarire il ruolo e il peso, in termini anche quantitativi, di questi due parametri, si sono confrontate le caratteristiche dei ghiacciai che presentano i fenomeni maggiori.

ANTARCTICA

Collins glacier (King George, South Shetland) – In Antarctica we could only visit a very small area in a single glacier; other caves we explored in the continent are not described here because their genesis is completely different. On this glacier, the ablation areas are rather small and thin (they do not extend beyond 100 m a.s.l.) because ice removal takes place for the most part directly into the sea by means of icebergs. Near the coast we discovered some small-size caves with a maximum depth of a few tens of metres situated on the side regions of the glacial lobes that flow down from the ice cap and enter the sea.

Conclusions

The expeditions that we have carried out up to now allow us to outline a fairly complete picture of the karst processes from ice melting, a phenomenon known as cryo-karst, and of the endo- and sub-glacial morphologies associated to it.

Contact caves, that we explored on the glaciers' edges (Aletsch, Gorner, Moreno, Tyndall...), seem connected to local situations in which side contributions of streaming water enter beneath rather stable zones of the glacier, often times corresponding to "dead" ice, that is not undergoing any kind of movement.

These amazing caves rarely pass 100 m in development, because they cannot be walked through when the ice thickness is over 30-40 metres.

As far as the formation of moulins is concerned, the determining factors seem to be generally ascribable to particular morphological, structural and climatic conditions.

As regards the former two we have not yet defined quantitative models, hence we can only affirm that what we need is a series of conditions determined by low average slope of the glacier, usually a few degrees, and neutral tensional situations, typical for passage zones from compression to distension.

The low slope, that can commonly be found in the central portions of major tongues, is usually an index of regular movement and glacier thickness; thick glaciers in fact are less affected by the underlying rock bed morphology. This determines a regular surface and allows the development of a surface drainage network, collecting the melting waters into even huge rivers (up to several cubic metres per second in Patagonian and Himalayan glaciers).

These are the best conditions for the formation of big moulins; moulins develop where the ice starts being affected by distension conditions, generally determined by a change of slope, and therefore speed.

For what concerns climate conditions we have set a quantitative model: basing upon the temperature seasonal state, it allows definition of a karst potential index (GKF, Glacier Karst Factor, Badino, 2000), and in a way supplies a measure of the energy available for the melting processes.

GENERAL FORMATION CONDITIONS OF GLACIAL KARST

Giovanni Badino

Introduction

The twenty years of research carried out in many glaciers of the world have brought to light the formation conditions of glacial karst and, on the other hand, allows us to notice how the phenomenon does not only take place in constantly repeated patterns but also in unusual ways.

Among the environmental parameters that seem to affect the presence and the development of karst phenomena due to ice melting, known as cryokarst, two are of the utmost importance: temperature and morphology of the glacier.

To clarify the role and the importance of these two parameters, also in quantitative terms, we have compared the features of the glaciers that present the most significant phenomena.

Such features are summarized in the chart 1: geographical

Tali caratteristiche sono riassunte nella tabella 1: posizione geografica, direzione e pendenza, limiti altimetrici (molto approssimati) delle aree con presenza significativa di mulini.

La formazione delle grotte glaciali: il ruolo della temperatura

Va da sé che le grotte glaciali per formarsi hanno bisogno di ghiacciai ed essi non possono esistere in zone dove la temperatura media annuale è molto maggiore di 0 °C. D'altra parte per esistere hanno anche bisogno di ruscellamento superficiale e dunque non possono formarsi in zone dove la temperatura media annuale è molto inferiore a questo valore: questo nell'insieme, ma possiamo quantificare meglio.

Grazie alla cortesia della Società Meteorologica Italiana abbiamo potuto utilizzare i dati di alcune stazioni meteorologiche della rete mondiale per dedurre le condizioni medie alle quote limite del carsismo, concentrandoci in particolare sulle tabelle delle temperature medie mensili. Per le interpolazioni dalla posizione della stazione a quella della zona glaciale il gradiente termico con la quota è stato assunto di -6 °C/km e quello di latitudine di 0,2 °C/°Lat verso l'equatore. Solo nel caso dei ghiacciai asiatici quest'ultimo termine non è stato utilizzato perché intorno a quelle regioni la variazione della temperatura media annuale con la latitudine è trascurabile.

Ogni valutazione è stata ripetuta con tutte le stazioni circostanti ed è stata verificata la coerenza delle stime così generate. Nel caso di scostamenti sensibili fra di esse è stato utilizzato il loro valor medio.

Il risultato è mostrato in tabella 3: le temperature medie annuali si aggirano intorno a 0 °C, come ci aspettavamo, ma è pure evidente una discreta variabilità.

Il grafico seguente lo illustra in dettaglio, mostrando pure i limiti di temperatura media attorno a cui si sviluppa il fenomeno carsico glaciale. Balza all'occhio che in Europa il fenomeno è realmente concentrato intorno alla quota corrispondente alla temperatura media di 0 °C, ma è pure evidente che sia in Asia che in Sud America il fenomeno si spinge a quote ben più basse. Qui appare chiaro che si tratta di processi abbastanza differenti: l'alimentazione delle lingue glaciali del Karakorum e soprattutto di quelle patagoniche è molto più elevata di quella dei ghiacciai europei, tanto che le lingue possono spingersi sino a quote molto basse, naturalmente con ablazioni specifiche enormi.

position, direction and slope, (very approximate) altitude limits of the moulins areas.

The formation of glacial caves: the role of temperature

It is evident that glacial caves can only form in the presence of glaciers, and the latter cannot exist in areas with a yearly average temperature much higher than 0 °C. On the other hand, they also need surface streaming, hence they cannot form in areas with a yearly average temperature much lower than this

value: all this, as a whole, but we can get deeper in detail.

Thanks to the support of the Italian Meteorological Society we have been allowed to use the data of the world meteorological network in order to infer the average conditions at the karst phenomenon altitude limits, and we have worked in particular on the monthly mean temperature charts.

To interpolate the station and the glacier positions, the thermal gradient related to altitude has been assumed as -6 °C/km, whereas the latitude one as 0.2 °C/°Lat towards the equator. Only in the case of Asian glaciers has this latter specification not been considered because in these regions the variation of the yearly mean temperature with latitude is negligible.

Each evaluation has been repeated with all the surrounding stations. We have also verified if the obtained data were coherent. In case of significant differences we have considered the mean value.

The result is shown in chart 3: the yearly mean temperatures range around 0 °C, as we expected, although a certain variability is also evident.

The following chart describes this in detail, also showing the mean temperature limits around which the glacial karst phenomenon develops. What is immediately perceptible is that in Europe the phenomenon is really concentrated around the altitude corresponding to the mean temperature of 0°C, but it is also evident how both in Asia and in South America the phenomenon reaches much lower altitudes.

Clearly, these processes are quite different: the feeding of the glacial tongues in Karakorum and even more in Patagonia is much higher than in European glaciers, so that the tongues may reach very low altitudes, with huge specific ablation rates.

Furthermore, the walls of the Karakorum range mountains offer a strong shield to glaciers, and this may be important in protecting them against the heat; this fact surely enough

introduces an error in evaluating the local temperature the way we have calculated it, based upon "open" area stations: the bigger the glacier, the stronger the way it affects the local climate. Three glaciers (the two polar ones and that of central Asia) are

Tabella 1	Caratteristiche di alcune zone carsiche glaciali					
	Lat.	Long.	Dir.	Slope	Alt. Min.	Alt. Max.
	[°]	[°]	[°]	[m/km]	[m + km]	[m + km]
EUROPA						
Mer de Glace	45.7 N	4 W	340	100	2960	2200
Gomex	46 N	7.5 W	270	40	2400	2550
Misge	45.8 N	5 W	140	70	2100	2300
Hansbreen	77 N	16 W	180	30	1100	250
Skoldamr	64 N	18 W	180	40	1100	900
Kaur	64 N	18 W	100	70	50	150
ASIA						
Biato	35.7 N	76 W	100	25	3300	5700
Batum	36.3 N	75 W	110	30	3100	3600
Lirilchek	42 N	80 W	270	35	3350	3550
S. AMERICA						
Mariudli	51.5 S	69 E	0		100	500
Viedma	49.5 S	73 E	130	30	800	1100
Montau	50.5 S	73 E	90	40	390	600
Tyndall	51.2 S	74 E	170	30	300	600
Marcóni	49 S	73 E	30	80	1000	1200
ANTARTIDE						
Collins	62 S	50 E	90	180	0	80

Tabella 3	Origine dati meteorologici	
Ghiacciaio	Stazione Meteorologica	Distanza [km]
Mer de Glace	Plateau	2-15
Gomex	Zamnat	
Misge	Chammix	
Hans	Longyearbyen	140
Skoldamr	Karqubaqut	50
Kaur		
Viedma	Punta Arenas	80-330
Perito Moreno	Tapp Argentino	
Tyndall		
Marcóni		
Mariudli	Ustruya Punta Arenas	40-200
Biato	Chitral	120-160
Batum	Samayr	
Lirilchek	Naryn	340
Collins	Frey	10

Anche la protezione offerta dalle pareti delle montagne del Karakorum ai ghiacciai può avere un peso importante nel proteggerli dal caldo e introduce quasi certamente un errore nella valutazione della temperatura locale così come l'abbiamo fatta basandoci su stazioni in zone "aperte": quanto più grande è un ghiacciaio tanto più esso è in grado di influenzare il clima locale.

Tre ghiacciai (i due polari e quello dell'Asia centrale) si staccano nettamente dall'insieme degli altri. D'altra parte la lettura delle sequenze temporali della temperatura mostra che il puro dato "temperatura media annuale" ha poco senso se usato per comparare zone che si estendono da 62° S a 78° N passando per l'equatore...

Generazione del carsismo glaciale: i gradi positivi

Per migliorare la stima abbiamo dunque fatto uso di una tecnica diversa. L'energia che fluisce da una sorgente a temperatura T_S verso un sistema a temperatura T_0 è grosso modo proporzionale alla differenza fra le due temperature, $T_S - T_0$. Se il nostro sistema è un ghiacciaio temperato, quindi con temperatura T_0 molto vicina a 0 °C, esso assorbe dall'ambiente esterno, che è a T_S , una energia proporzionale proprio a T_S , energia che viene utilizzata per liquefare ghiaccio.

In pratica: in prima approssimazione se T_S è al di sotto di 0 °C non c'è ablazione, al di sopra di 0 °C la quantità di calore che riceve il ghiaccio, e dunque l'ablazione, è grosso modo proporzionale alla temperatura centigrada.

Per ogni zona considerata abbiamo quindi stimato la temperatura media mensile basandoci su quella delle stazioni meteorologiche e poi abbiamo fatto la somma dei gradi limitatamente ai mesi in cui essi erano positivi. Chiameremo questo indice GKF, *Glacier Karst Factor*. Il risultato è mostrato in tabella 4.

Il grafico lo riassume, zona carsica per zona carsica. Si vede subito come il quadro si sia differenziato da quello fornito dalle temperature medie annuali.

L'Hans e soprattutto il Collins sono finiti dove dovevano essere: al limite estremo del carsismo glaciale, l'uno a nord e l'altro a sud. Si noti, infatti, che i ghiacciai della parte centro-settentrionale delle Svalbard non mostrano segni di carsismo.

L'eccezionalità dell'Enilchek, che la stima della temperatura media annuale relegava fra i ghiacciai polari, si dimostra qui solo apparente: sono le condizioni meteorologiche dell'Asia centrale ad essere eccezionali, il ghiacciaio ha un GKF intorno a 30, come quelli alpini, e difatti ha un carsismo di tipo alpino.

La salita del GKF corrisponde strettamente a quanto abbia-

clearly distinguished from all of the others. In any case, the reading of the time sequence of the temperature shows that the pure datum of "yearly mean temperature" does not make much sense if used to compare areas stretching from 62° S to 78° N passing across the equator...

Formation of glacial karst: the positive degrees

In order to refine the evaluation we have made use of a different technique. The energy flowing from a source at temperature T_S towards a system at temperature T_0 is roughly proportional to the difference between the two temperatures, $T_S - T_0$. If our system is a temperate glacier, that is with a T_0 temperature very close to 0 °C, it absorbs from the external environment, that is at T_S temperature, an energy exactly proportional to T_S , energy that is used to melt ice.

Approximately speaking, if T_S is below 0 °C we have no ablation; above 0 °C the amount of heat the ice receives, and therefore the ablation, is roughly proportional to the centigrade temperature.

For each area we have therefore evaluated the monthly mean temperature based upon that of the meteorological stations and then summed up the degrees considering only the months during which this datum was positive. We call this index GKF, *Glacier Karst Factor*, and the result is shown in chart 4.

The following chart summarizes this, for each karst area. It is evident how the general picture is quite different compared to that supplied by the yearly mean temperatures.

The Hansbreen and the Collins have gone back to where they should be, that is, to the extreme limit of the karst phenomenon, one North and the other one South. It should in fact be noticed that the glaciers of the central-northern part of the Svalbard do not show any sign of glacial karst.

The Enilchek, placed amongst the polar glaciers by the mean temperature index, is only apparently exceptional: what is exceptional are the meteorological conditions of central Asia; the glacier has a GKF around 30, similar to the alpine ones,

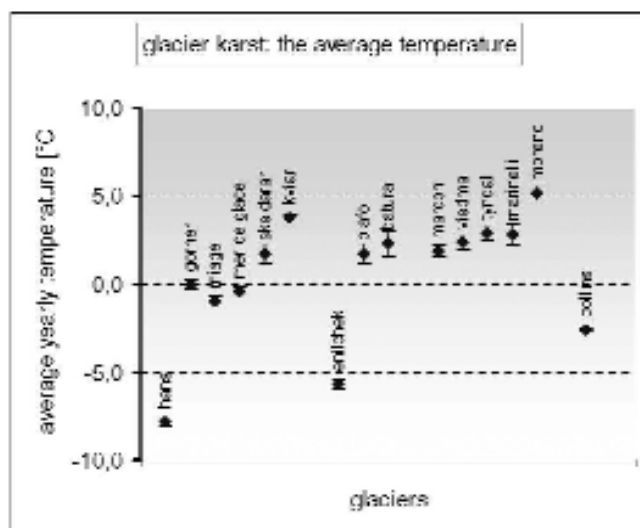
and in fact it shows alpine type karst phenomena.

The GKF increase corresponds strictly to what we saw in the field: values around 50 describe very intense glacier karsts (Kviar, Marinelli, Marconi); beyond this limit the phenomenon becomes so intense to probably deserve the title of glacial hyper-karst.

The GKF of the Pakistan glaciers indicates them as similar to Perito Moreno; even though the karst phenomenon is intense, nevertheless the comparison is excessive. Probably this is an evidence of the low reliability of the interpolation method from far meteo stations.

The GKF index then, gives us the possibility to foresee whether or not we will find a glacial karst and the kind of glacial karst we will find, if the other formation conditions are present.

	Alt. Min. [m s.l.m.]	<T> [°C]	Alt. Max. [m s.l.m.]	<T> [°C]
EUROPA				
Mier de Glac	2050	0.5	2200	0.4
Geomer	2400	0.9	2550	0.0
Miguz	2100	0.2	2300	-1.0
Hansbreen	100	6.9	250	7.8
Skardmar	100	-1.1	500	1.7
Kviar	50	-1.1	150	3.8
ASIA				
Bulo	3500	-1.1	3700	1.7
Barusa	3100	5.3	3600	2.3
Enilchek	3550	-4.3	3750	-2.7
SUD AMERICA				
Marinelli	100	5.2	500	2.8
Mochino	800	4.2	1100	3.4
Moreno	350	6.7	600	5.2
Tyndall	300	4.7	600	2.9
Marconi	1000	3.1	1300	1.9
ANTARTIDE				
Collins	0	2.2	80	2.6



mo visto sul campo: valori intorno a 50 descrivono carsismo molto intenso (Kviar, Marinelli, Marconi), al di sopra il fenomeno diventa di una tale intensità da meritare, probabilmente, il titolo di iper-carsismo glaciale.

Il GKF dei ghiacciai pakistani li indica simili al Perito Moreno; pur essendo, in effetti, carsismo intenso la valutazione è eccessiva. Probabilmente qui si fanno sentire ancora di più i limiti di affidabilità del metodo di interpolazione da stazioni meteorologiche lontane.

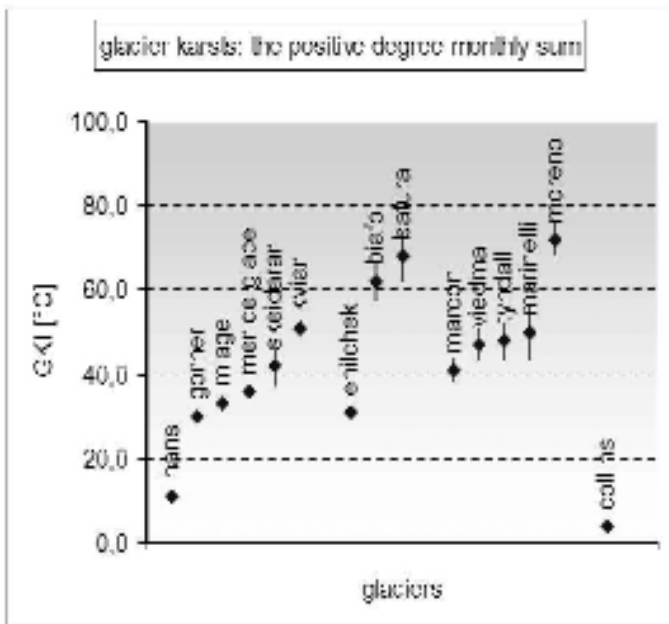
Il GKF pare quindi un indice in grado di far prevedere se e di quale tipo sia il carsismo che incontreremo su un ghiacciaio se le altre condizioni di formazione lo permetteranno.

Formazione delle grotte glaciali: il fattore topografico

Uno dei parametri più importanti per permettere la formazione di carsismo glaciale è quello della pendenza della superficie: alte pendenze corrispondono a condizioni di scorrimento troppo distensive e la superficie del ghiacciaio si riempie di crepacci, impedendo la formazione delle grotte e soprattutto delle *bédière*.

Pendenze elevate, inoltre, anche in assenza di crepacci, comportano un drenaggio superficiale organizzato in tanti piccoli rii paralleli, cioè non gerarchizzato, il che limita la possibilità che si formino torrenti di notevole portata.

Il grafico mostra la distribuzione delle pendenze delle zone



carsiche visitate. Si tratta di stime complessive abbastanza rozze (sui ghiacciai la pendenza varia parecchio) che dovranno essere perfezionate sul campo, area per area, ma rimane abbastanza chiaro che la pendenza "carsica" non deve eccedere il 5%.

Si vede pure come la principale qualità del Gorner pare proprio essere quella di una pendenza lieve, comparabile con quella dei grandi ghiacciai sudamericani.

Ci sono indizi che suggeriscono che quanto più bassa è la pendenza tanto più è favorita la formazione di sistemi di drenaggio a condotte epidermiche.

Ad ogni modo uno studio del ruolo dei parametri morfologici appare assai complicata in quanto oltre alla pendenza media della superficie dei ghiacciai vanno prese in considerazione: la morfologia del substrato, l'entità della copertura detritica, la presenza di morene mediane, i rapporti tra lingue adiacenti e più in generale le condizioni dinamiche a cui è sottoposto un ghiacciaio.

	Alt. Min. [m s.l.m.]	GKF [°C]	Alt. Max. [m s.l.m.]	GKF [°C]
EUROPA				
Mer de glace	2050	39	2200	34
Gorner	2400	32	2950	27
Mage	2100	37	2300	30
Transbreen	100	12	250	9
Skeldaraar	100	51	500	33
Kviar	50	54	150	48
ASIA				
Bi'afò	3300	71	3700	54
Batura	3100	80	3600	57
Enlichek	3350	34	3550	28
SUD AMERICA				
Marirelli	100	62	1900	37
Viedma	800	55	1100	40
Moreno	350	80	600	65
Tyndall	300	57	600	40
Mic'eno	1000	46	1200	36
ANTARCTICA				
Call'is	0	5	30	3

Formation of glacial caves: the topographic factor

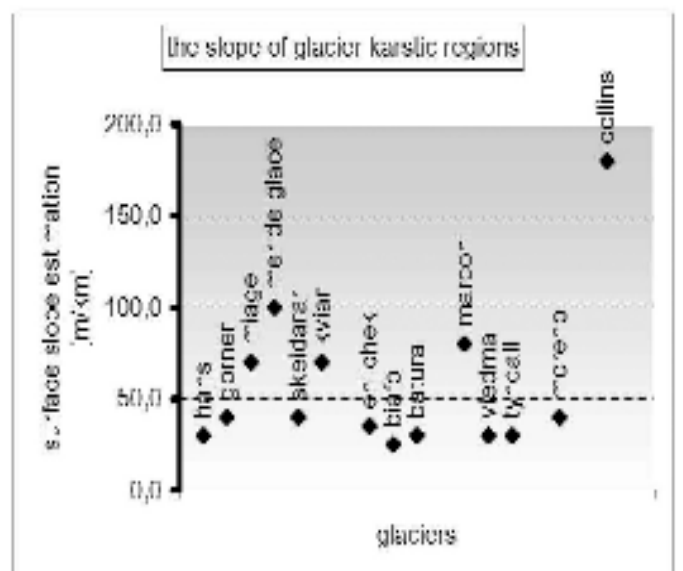
One of the most important parameters for the formation of glacial karst is the surface slope. Steep slopes correspond to too extensive flowing conditions and the glacier surface breaks up into crevasses, halting the formation of caves and *bédière* above all.

Furthermore, even in the absence of crevasses, steep slopes lead to a surface drainage organized in many small parallel streams, that is un-hierarchized, and this limits the formation of big water courses.

The chart shows the distribution of the slopes of the visited karst areas. Globally speaking, these values are rather approximate (glacier slopes vary a lot) and will have to be refined in the field, area by area, but what seems clear is that the "karst" slope should not exceed 5%.

Also, we can see that, the main quality of the Gorner seems to be a slight slope, comparable to that of the great south-American glaciers.

Some signs suggest that the lower the slope the easier the formation of drainage systems working by means of epidermal galleries. However, a study on the role played by the morphological parameters appears very complicated; besides the average slope of the glacier surface we should in fact consider the substrate morphology, the entity of the debris cover, the presence of central moraines, the relationship between adjacent tongues and more generally the dynamic conditions a glacier is exposed to.



Articoli presentati a Congressi Scientifici (in ordine cronologico) / Papers presented at scientific congresses (in chronological order)

Badino G., "Fisica dei buchi nell'acqua", *Proc. of 1st Int. Sym. Of Glacier Caves And Karst...*, Madrid, 1990.

Badino G., "Ice Shaft Genesis: A Simple Numerical Approach", *Proc. of 2nd Int. Sym. Of Glacier Caves And Karst...*, Miedzyguzurze, 1992.

Badino G., "Effects of ice plastic behaviour on the survival time of ice caves and on the deep water level increase during winter", *Workshop On Glaciological Research In Svalbard*, Hornsund, Spitsbergen, 1993.

Badino G., "Phenomenology and First Numerical Simulations of the Phreatic Drainage Network Inside Glaciers", *Proc. of 3d Int. Sym. Of Glacier Caves And Karst in Polar Regions*, Chamonix, 1994.

Eraso A., Badino G., Mecchia M., Gavilan C. e T. Bernabei, "Results of The Main Directions of Subglacial Drainage Prediction Method Applied to Perito Moreno Glacier", *Proc. of 4th Int. Sym. Of Glacier Caves And Cryokarst*, Salzburg 1998.

Badino G., De Vivo A., Pettrignani P., Suriano P., Vacca U., "Antarctica 2000", *Proc. 13th International Congress of Speleology*, Brasilia 2001.

Badino G., "Glacial Karst Phenomenology", *Proc. 13th International Congress of Speleology*, Brasilia 2001.

Badino G., De Vivo A., Piccini L., "Preliminary notes on the glacio-speleological expedition on Tyndall Glacier", *Acts Int. Congr. of Speleology*, v.1, Brasilia 2001.

Piccini L., Badino G., "Moulins and contact caves in the Gornergletscher (Switzerland): morphology and hydrology", *Acts Int. Congr. of Speleology*, v. 1, Brasilia 2001.

Badino G., Meneghel M., "Ice Caves in Terra Nova Bay (Victoria Land, Antarctica)", *Proc. of V Int. Symp. On Glacier Caves and Cryokarst 2000*, in *Nimbus* 23/24, VII, 1/2002.

Badino G., "The Glacial Karst", *Proc. of V Int. Symp. On Glacier Caves and Cryokarst, 2000* in *Nimbus* 23/24, VII, 1/2002.

Badino G., "La scoperta dei mulini glaciali", *Proc. of V Int. Symp. On Glacier Caves and Cryokarst 2000*, in *Nimbus* 23/24, VII, 1/2002.

Badino G., Piccini L., "Englacial Water Fluctuation in Moulins: an Example from Tyndall Glacier (Patagonia, Chile)", *Proc. of V Int. Symp. On Glacier Caves and Cryokarst 2000*, in *Nimbus* 23/24, VII, 1/2002.

Badino G., Piccini L., Romeo A., "Moulins and Marginal Contact Caves in the Gornergletscher, Switzerland", *Proc. of V Int. Symp. On Glacier Caves and Cryokarst 2000*, in *Nimbus*

23/24, VII, 1/2002.

Badino G., Piccini L., "The role of glacier stress fields on the moulins geometry", *Proc. VI Int. Symposium 'Glacier Caves and Karst in Polar Regions'*, Svalbard 2003.

Romeo A., "Aspetti morfologici ed evolutivi delle cavità endoglaciali sul ghiacciaio del Gorner", *Tesi di laurea, Univ. di Firenze*, 2001.

Articoli su riviste scientifiche e libri (in ordine cronologico) / Articles in scientific magazines and books (in chronological order)

Badino G., Piccini L., "Aspetti Morfologici ed Evolutivi delle Cavità Endoglaciali di Origine Criocarsica", *Geogr. Fis. Din. Quat.*, 18 (1995).

Badino G., "Il carsismo glaciale", *Le Scienze*, 372, 8, 1999.

Badino G., "La speleologia nei ghiacciai", *Geologia dell'Ambiente*, 3/2000.

Badino G., "Antarctica", in John Gunn (ed.), *Encyclopedia of Cave and Karst Science*, London, 2003.

Articoli su periodici e riviste divulgative (in ordine cronologico) / Articles in popular magazines (in chronological order)

Piccini L., Vianelli M., "Nel ventre del ghiacciaio", *Speleologia*, 16, 1987.

Badino G., "L'Estrema Thule", *Speleologia* 32, 1995.

Bernabei T., De Vivo A., "Azzurro Patagonico", *Alp*, ottobre 1995.

Rinaldi R., "Hielo Patagonico", *Aqua*, dic/gen 1995.

Carsten P., "Into the Heart of Glaciers", *National Geographic Magazine*, vol. 189, n. 2, febbraio 1996.

Antonini G., "Miraggi blu", *Speleologia*, 36, giugno 1997.

Rinaldi R., "Dentro un ghiacciaio in Patagonia", *Il Subacqueo*, dicembre 1997.

Stefani M., "Profondo bianco", *Airone*, gennaio 1999.

Badino G., Meneghel M., "Le grotte nei ghiacci dell'Antartide", *Speleologia*, 43, 2000.

Badino G., "Antarctica 2000", *Speleologia*, 43, 2000.

Mantovani R., "Il fantasma dei ghiacciai", *Alp*, dicembre 2000.

Rinaldi R., "Nel cuore del gelo", *Mondo Sommerso*, dicembre 2001.

Badino G., "Patagonia Underground", *D-La Repubblica delle Donne*, Ottobre 2003, n. 372, p. 176.

Badino G., De Vivo A., Piccini L., "La expedición Tyndall 2000", *En Patagonia, Revista de la Fundación Parques Nacionales*, 1, 2003.

Pellegrini S., "Ricerche No Limits", *Quark*, 45, Ottobre 2004.