

SCIENZE DELLA TERRA

# L'enigma del Karakorum

A differenza di altri ghiacciai del pianeta, quelli del Karakorum sembrano stabili o addirittura in avanzata. Una spedizione del CNR ha cercato di risolvere il mistero

*di Jacopo Pasotti*

**La spessa coltre di detriti** che ricopre il fronte del Baltoro, che appartiene alla categoria dei cosiddetti ghiacciai «neri», ha un ruolo di protezione dai raggi solari. Nell'immagine, una lingua laterale del ghiacciaio.

**Jacopo Pasotti** ha un passato da geologo e un presente da comunicatore scientifico e giornalista. Ha vissuto in Australia e Israele, ora è in Svizzera, ma lavora principalmente in Italia. Nel 2011 ha vinto il premio Piero Piazzano per il giornalismo scientifico e nel 2010 il Premio Internacional de Periodismo Ambiental Casa Mediterráneo.



# È

la regione più ricca di ghiacciai di tutto il pianeta (al di fuori delle terre polari), tanto da essersi guadagnata il soprannome di «terzo polo». Ed è anche una delle meno studiate. La catena montuosa dell'Hindu Kush-Karakorum-Himalaya è aspra, in gran parte disabitata, incastonata tra alcuni dei paesi più popolosi della Terra; una catena da cui dipendono almeno 70 milioni di persone che vivono nel bacino del fiume Indo.

Le lacune sulla geografia del Karakorum, il suo clima e il suo ambiente rimangono un tormento per l'Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), che nell'ultimo rapporto del 2013 ha ammesso: «La catena asiatica contiene una gran varietà di ghiacciai le cui caratteristiche sono però ancora poco conosciute», e il cui futuro è «ricco di incertezze».

Tra tutti spicca il Baltoro: un ghiacciaio enigmatico che, diversamente dalla maggior parte dei ghiacciai non polari, non si ritira ma rimane così com'è, apparentemente stabile. Il suo fronte non arretra, è fermo dove si trova forse da 150 anni. E l'intera catena si discosta dalla tendenza globale del ghiaccio terrestre, tanto che modelli digitali del terreno e dati satellitari recenti hanno fatto pensare che i ghiacciai del Karakorum non solo siano stabili, ma stiano perfino avanzando. Il loro comportamento è così particolare che nel mondo scientifico si parla di «anomalia del Karakorum». Le spedizioni condotte dai ricercatori che collaborano con il comitato Ev-K2-CNR mostrano però un quadro più complesso. L'evoluzione del Baltoro, e forse degli altri ghiacciai del Karakorum, principale fonte idrica del Pakistan, potrebbe essere presto chiarita.

## L'anomalia del Karakorum

L'origine del sistema Hindu Kush-Karakorum-Himalaya si deve allo scontro tra due potenti masse continentali (India ed Eurasia). L'incastro tra le due placche ha prodotto una delle catene più elevate del pianeta: bastioni verticali di solida roccia ricoperti di ghiaccio e neve, tagliati da valli aride ma puntellate da oasi. Nel Karakorum, in particolare, si trovano 5 delle 14 cime più alte della Terra e centinaia di ghiacciai il cui comportamento è ancora da chiarire.

L'espressione «anomalia del Karakorum» è stata coniata nel 2005 dal glaciologo canadese Ken Hewitt, colpito dall'eccezionalità di questi ghiacciai. E mentre la comunità internazionale di glaciologi e climatologi si interroga sul significato dell'anomalia gli scettici del cambiamento climatico hanno sfruttato il caso del Karakorum per attaccare i rapporti dell'IPCC.

Considerata anche l'importanza geopolitica della regione (le aree settentrionali del Pakistan sono ancora contese con l'India e



con la Cina, mentre al confine afgano sono frequenti le incursioni talebane) scienziati e politici concordano nel dire che c'è urgenza di capire i cambiamenti ambientali che avvengono nella regione. Per svelare il meccanismo dell'anomalia del Karakorum, però, servono altri dati, nuovi studi. Bisogna capire se i ghiacciai sono stabili, se avanzano o se addirittura la stabilità è solo apparente, e in realtà si stanno ritirando. C'è urgenza insomma di spiegare l'anomalia del Karakorum, e soprattutto di chiarirne il significato da un punto di vista climatico globale.

### IN BREVE

**Malgrado la sua ricchezza** di ghiacciai, la catena del Karakorum è ancora poco studiata. **I suoi ghiacciai**, e in particolare il

Baltoro, si discostano dalla tendenza globale dei ghiacci. Recenti ricerche indicherebbero infatti che non solo sono apparentemente stabili, ma

starebbero addirittura avanzando. **Il significato di questa** anomalia non è chiaro, ma la scorsa estate una spedizione del CNR si è recata

sul Baltoro e i primi risultati smentiscono la stabilità del ghiacciaio, che starebbe perdendo massa, ma a quote elevate.

## Cent'anni nel Karakorum

È passato un secolo dall'esplorazione scientifica del Karakorum guidata da Filippo De Filippi. Il medico ed esploratore pavese ambiva a chiudere i molti capitoli aperti sulla geografia della catena montuosa. Aveva con sé esperti per lo studio della gravità, del magnetismo, della radiazione solare, della circolazione atmosferica, della geologia e della geomorfologia e per tracciare gli ultimi limiti topografici di una regione himalayana in gran parte ancora abbozzata sulle carte geografiche.

La spedizione partì nell'estate del 1913 e rimpatriò nel dicembre del 1914. Con lo scoppio della prima guerra mondiale la spedizione, i 17 volumi di studi e le 4000 fotografie vennero quasi dimenticati. Nel 1954 il geologo Ardito

Desio guidò la spedizione che si concluse con la prima ascensione del K2. Al termine della missione Desio rimase due mesi nel Karakorum per compiere studi di geologia, glaciologia, geofisica, zoologia e botanica. Valutò con metodi gravimetrici lo spessore del Baltoro: il suo risultato (830 metri) è simile a quello ottenuto nel 2013 con il georadar (circa 800 metri). I suoi studi furono il punto di partenza per ogni successiva ricerca in Karakorum.

Insieme all'alpinista Agostino Da Polenza, nel 1987 Desio fondò il Comitato Ev-K2-CNR, che ha allargato la ricerca italiana dal Karakorum al Nepal fino al Ruwenzori, in Africa. Il Ministero dell'ambiente pakistano ha incaricato il Ev-K2-CNR del piano di gestione del Parco nazionale del Karakorum.

minuzione delle temperature estive e un aumento delle precipitazioni nevose in inverno, che potrebbero spiegare una certa stabilità dei ghiacciai. Ma il team dell'Ev-K2-CNR è convinto che, visti nel dettaglio, i ghiacciai del Karakorum hanno un comportamento non troppo diverso dal resto della catena himalayana, e che la loro apparente stabilità potrebbe essere dovuta a cause climatiche e morfologiche locali. Il segreto della longevità dei ghiacciai del Karakorum potrebbe essere in quella coperta naturale di detriti che riveste le aree di fusione dei ghiacciai (il 30 per cento dei ghiacciai ha una spessa copertura di sassi, ghiaia e limo), mentre l'espansione potrebbe essere legata ai fenomeni di *surge*. Anche il Baltoro è ricoperto da uno spesso mantello di detriti; visto dall'alto sembra infatti più una colata nerastra, una sorta di frana rocciosa congelata nel tempo, che un ghiacciaio. «La densa copertura detritica ripara il ghiaccio dalla radiazione solare e ne riduce la fusione», spiega Claudio Smiraglia, glaciologo dell'Università di Milano, aggiungendo che questo maschererebbe l'effetto del clima.

Per spiegare l'anomalia del Karakorum i satelliti però non bastano, c'è bisogno invece di un monitoraggio a lungo termine del bilancio di massa compiuto sul terreno, dicono gli scienziati (e questo vale per l'intera catena, sostengono gli esperti dell'IPCC). È anche per questo che il comitato Ev-K2-CNR continua le attività di ricerca in Pakistan, concentrandosi sul ghiacciaio del Baltoro.

## Un ghiacciaio simbolo

Il Baltoro è il ghiacciaio simbolo della catena. È un colosso di 69 chilometri di lunghezza e 500 chilometri quadrati di superficie che attrae scienziati (pochi) e alpinisti (molti) da tutto il mondo. Dice Smiraglia, che da anni studia la regione: «La sua naturale funzione di via di accesso al K2 e lo straordinario paesaggio di vette e ghiacciai che lo accompagnano lo rendono uno dei ghiacciai più frequentati di tutta la catena da migliaia di escursionisti e alpinisti». Al contrario dell'Himalaya centrale e orientale, dove i ghiacciai sono in ritiro, «il Baltoro, come altri ghiacciai del Karakorum, non mostra un evidente arretramento», aggiunge Smiraglia. «Anzi, appare pressoché stabile, e alcuni suoi affluenti sono perfino in avanzata». Talvolta queste masse di acqua cristallizzata avanzano rapidamente per cause termiche o idrologiche, compiono autentiche scivolate che durano qualche anno e poi la corsa si esaurisce. Il fenomeno è detto *surge*, in certi casi è ciclico, e l'avanzata si misura in centinaia di metri all'anno (nel 1953 il ghiacciaio Kutiah avanzò di 12 chilometri in tre mesi).

Condurre missioni scientifiche in Pakistan, però, non è semplice. Dopo tutto è il tetto del mondo, e il fronte del Baltoro dista dal

## Gli studi

La stabilità (almeno apparente) del glacialismo del Karakorum è nota dal 2000, ma nel 2012 uno studio pubblicato su «Nature» è andato oltre, sostenendo che i ghiacciai sarebbero in leggera crescita. A dirlo era un team di ricercatori dell'Università di Grenoble e del CNRS di Tolosa che avevano confrontato due modelli digitali del terreno. Secondo loro il bilancio di massa dei ghiacciai del Karakorum, ovvero il rapporto annuale tra la massa di acqua accumulata e a quella persa, è positivo. Tra il 1999 e il 2008 i ghiacciai avrebbero guadagnato 11 centimetri all'anno. Gli studiosi avevano inoltre osservato un'espansione delle aree ghiacciate nel Karakorum e una riduzione della portata di alcuni fiumi. Poca cosa, forse, ma che aveva comunque un impatto sulle stime della risalita del livello marino globale.

Gli studi dei ricercatori riuniti nel comitato Ev-K2-CNR avevano osservato, sempre grazie all'impiego di dati satellitari, una di-

## Tracce di vita sul ghiacciaio



Durante la missione del 2013, le ricerche sul Baltoro non si sono limitate al clima e alla glaciologia. Roberto Ambrosini, biologo dell'Università di Milano-Bicocca, ha raccolto 63 campioni di limo per analisi microbiologiche. Dell'ecologia degli ambienti glaciali si sa poco o niente, spiega Ambrosini, e tra quelli studiati ci sono più lavori sulle zone polari che sui ghiacciai delle zone temperate, mentre mancano del tutto studi sugli ambienti dei ghiacciai coperti da detrito, che costituiscono quindi una frontiera del tutto nuova negli studi di microbiologia.

Anche se si tratta di una ricerca in divenire, Ambrosini sostiene di aver trovato attività biologica primaria (fotosintesi) anche a quote molto elevate e in condizioni atmosferiche estreme, come durante le nevicate e con il cielo molto coperto. E questo è già un risultato in sé, che ha sorpreso lo stesso Ambrosini, il quale intende ora trovare risposte a domande sulla biodiversità della vita che regna nei ghiacciai himalayani e sulla variabilità delle comunità biologiche lungo il Baltoro. «Ci potrebbero essere risvolti applicativi in queste ricerche; molti batteri estremofili producono infatti sostanze che potrebbero avere impieghi interessanti nell'industria chimica», spiega il biologo.

più vicino aeroporto otto ore di jeep, tre giorni di trekking, più altri due per raggiungere il plateau di Concordia a 4900 metri, ai piedi del K2 (e ancora due per raggiungere i campi avanzati). La regione è militarizzata. Trasportare materiale scientifico e sperare che arrivi intatto, completo, e in tempo, ha ancora oggi del miracoloso. Per rendersene conto bisogna assistere all'avvio della carovana di scienziati e portatori dall'oasi di Askole, luogo di partenza delle spedizioni al K2, al Broad Peak, e ad altre cime più o meno note.

### La spedizione scientifica del 2013

La missione del 2013 era composta da una carovana di 60 portatori (almeno) e decine tra muli e cavalli, dispersi in un saliscendi instabile di detriti spigolosi e polvere, posati su una superficie che ricorda un mare in tempesta congelato in un istante. Il Baltoro è coperto da laghetti gelidi e torbidi, torrenti scavati nel ghiaccio che si tuffano in pozzi che raggiungono la base del ghiacciaio. Qua e là, l'insidia di un crepaccio. A occuparsi dell'organizzazione e della sicurezza è stato Daniele Bernasconi, guida alpina che sul ghiacciaio è già stato più volte. Il suo compito è stato anche di tenere unito il gruppo, di cui facevano parte otto persone tra ricercatori e tecnici delle Università Bicocca e Statale di Milano, dell'Università dell'Insubria, dell'Accademia bavarese delle scienze (Germania), dell'ARPA Lombardia, e cinque scienziati pakistani.

Per produrre una base di dati climatici del bacino, l'Ev-K2-CNR ha installato tre stazioni meteorologiche nella valle del Baltoro. Le stazioni servono a generare modelli climatici regionali affidabili, ma sono strumenti complessi: raccolgono quotidianamente dati su temperatura, umidità, pressione atmosferica, insolazione, precipitazioni e altezza della neve, e necessitano di manutenzione. Durante la spedizione a occuparsene è stato Marcello Alborghetti, tecnico, che spiega: «Talvolta i nuovi sensori non arrivano a destinazione perché smarriti, o giungono danneggiati alle stazioni». La prima è ad Askole, e fin qui il materiale è arrivato in fuoristrada. La seconda è a 3900 metri di altitudine, a Urdukas, una ventina di chilometri sopra il fronte ghiacciato. Gli strumenti si sono persi lungo il tragitto e sono arrivati in ritardo alle stazioni, il ritardo che si accumulava ha complicato il piano della spedizione

e ha generato preoccupazione nel team. La terza e ultima stazione è a Concordia, sul ghiacciaio, in vista del K2. Qui il materiale è arrivato con ulteriore ritardo, a scaglioni e incompleto. Scampoli dell'equipaggiamento sono rimasti a lungo in cammino sulle spalle di portatori che, la guida garantiva, sarebbero arrivati. Prima o poi. Alla fine, comunque, superati gli ultimi ostacoli, i tecnici dell'Ev-K2-CNR hanno scaricato i dati meteorologici che sono stati poi inviati in Italia.

Una delle attività dei ricercatori è lo studio del bilancio di massa del ghiacciaio. L'Ev-K2-CNR ha installato 14 paline dal fronte della lingua glaciale fino al plateau di Concordia: la differenza tra l'altezza del ghiaccio sulla palina inserita al suo interno e l'altezza dell'anno successivo indica la massa che si è liquefatta (o accumulata). Misurando con il GPS lo spostamento verso valle della palina, inoltre, i glaciologi hanno valutato la velocità di scivolamento del ghiacciaio (lento al fronte, con circa 30 metri di avanzamento in un anno, veloce in alto, dove tocca velocità di 160 metri). Ogni anno i ricercatori ricollocano le paline praticando un foro nel ghiaccio con un perforatore portatile; durante la missione del 2013 a occuparsi di questo sono stati Umberto Minora, dell'Università di Milano-Bicocca, Christoph Meyer e Astrid Lambrecht, dell'Accademia bavarese delle scienze. «Sul fronte del ghiacciaio lo scioglimento è scarso perché i detriti proteggono il ghiaccio», riassume gli esiti della ricerca Meyer, «ma salendo, con il diminuire della copertura detritica, le cose cambiano, la fusione aumenta, e a Concordia la fusione annua è anche di 4,5 metri. La zona di accumulo è ancora più in alto, assai sopra i 5000 metri». E aggiunge: «Se non ci fossero i detriti che lo proteggono, al fronte il ghiacciaio potrebbe liquefarsi al ritmo di 12 metri all'anno, e il ritiro sarebbe molto rapido».

Il Baltoro appartiene infatti alla categoria dei ghiacciai «neri», il cui comportamento è diverso dai caratteristici ghiacciai «bianchi» dove la fusione aumenta in prossimità del fronte. «Secondo noi il Baltoro sta perdendo massa, anche se non in maniera così drammatica come sulle Alpi, ma per esserne sicuri servono nuovi dati», dice lo scienziato tedesco, secondo cui il Baltoro non è stabile e neanche in equilibrio con l'ambiente. E non è nemmeno in crescita,



**Effettuare una spedizione** nel Karakorum non è facile, per ragioni pratiche e politiche. In queste pagine, immagini della missione del CNR. Nelle pagine precedenti, la stazione meteorologica a Urduka; sullo sfondo, le Cattedrali del Baltoro e il Baltoro.



### PER APPROFONDIRE

**Slight mass gain of Karakoram glaciers in the early twenty-first century.** Gardelle J., Berthier E. e Arnaud Y., in «Nature Geoscience», n. 5, 19 marzo 2012.

**From Himalaya to Karakoram: the spreading of the project Ev-K2-CNR.** Baudo R., Schommer B., Belotti C. e Vuillermoz E., in *Mountains Witnesses of Global Change*, di R. Baudo, G. Tartari ed E. Vuillermoz (a cura), Elsevier, 2007.

**The glaciers are still shrinking – and rapidly.** Bamber J., <http://www.theguardian.com/environment/2012/apr/15/glaciers-shrinking-rapidly>.

Un'intervista dell'autore a uno dei componenti della spedizione è visibile a questa URL: <http://www.youtube.com/watch?v=6DvsB75Razc>.

ma anzi in leggero ritiro. A mascherare l'effetto del riscaldamento climatico sarebbe dunque la lunga lingua protetta dai detriti.

Che cosa accade invece più in alto, dove si accumula la neve? Per scoprirlo i ricercatori, guidati da Luigi Bonetti, nivologo dell'ARPA Lombardia, si sono spinti oltre Concordia, fino a 5900 e 6500 metri, dove hanno raccolto informazioni sulle caratteristiche fisiche e chimiche del manto nevoso e campioni di neve per misurare i tassi di accumulo mediante isotopi. Per stimare lo spessore del ghiacciaio gli scienziati hanno usato un georadar, uno strumento che emette microonde in grado di penetrare il ghiaccio e valutarne lo spessore. «Probabilmente è lo studio nivologico più elevato che sia mai stato fatto», dice Meyer. E aggiunge: «Ha nevicato tre giorni di fila, costringendoci a ridurre il campionamento».

Finora le prime osservazioni sul terreno mostrerebbero una stabilità solo apparente per il Baltoro: secondo il team dell'Ev-K2-CNR il ghiacciaio starebbe perdendo massa. La fusione però non avviene al fronte (a differenza delle altre catene montuose), ma a quote superiori, dove l'assenza di detriti lo espone al clima, alle radiazioni e dunque anche al cambiamento climatico.

E per gli altri ghiacciai del Karakorum? Stabilità, aumento, o perdita di massa? È ancora presto per dirlo, ammettono i ricercatori. Ma risolvere questo nodo sarebbe più che chiudere una controversia scientifica. Un'espansione dei ghiacciai comporterebbe infatti rivedere al ribasso il contributo della catena alla risalita del livello marino globale, mentre un ritiro significherebbe il contrario. Per il governo pakistano è invece in gioco il futuro delle risorse idriche del paese (le ricerche sono infatti in collaborazione con l'Autorità pakistana per lo sviluppo delle risorse idriche ed energetiche). Il capitolo sul Karakorum, dunque, è tutt'altro che chiuso.

### Le missioni future.

I prossimi passi saranno una perforazione ad alta quota per risalire più indietro nel tempo nella misura dell'accumulo della neve, e la misurazione dello spessore dell'intero ghiacciaio tramite un radar trasportato in elicottero. Progetti ambiziosi e di difficile realizzazione per i costi elevati, l'ottenimento dei permessi dal governo pakistano e l'organizzazione della spedizione. Ma Agostino Da Polenza, direttore dell'Ev-K2-CNR (che sul K2 ci è stato ed è specializzato in missioni scientifiche in aree remote) confida di poterci riuscire. «Ho cominciato organizzando spedizioni alpinistiche, con l'Ev-K2-CNR siamo specializzati in missioni scientifiche in aree remote e montuose, dove mancano dati e studi ambientali, ma da cui dipendono molte vite», dice. E le comunità locali hanno notevoli aspettative nei confronti della comunità scientifica italiana, che, come spiega ancora Da Polenza, è incaricata dal Pakistan della valorizzazione e della protezione del ghiacciaio, che fa parte del nuovo Parco nazionale del Karakorum, per il quale l'Ev-K2-CNR ha completato il piano di gestione nell'ambito dei progetti SEED (Social Economic Environment Development) e Karakorum Trust, finanziati dai governi di Italia e Pakistan.

Chiarire lo stato dei ghiacciai e l'evoluzione climatica del Karakorum significa colmare un vuoto nelle conoscenze del cuore del continente eurasiatico. Ma la storia del Baltoro e la comprensione dell'anomalia del Karakorum sono rilevanti anche per noi: «Il Baltoro è rappresentativo del glacialismo attuale non polare», dice Smiraglia, che vede una transizione dai classici ghiacciai «bianchi» a quelli «neri» che si stanno diffondendo sulle Alpi. Un caso per tutti è il ghiacciaio del Miage, sul Monte Bianco, il più esteso ghiacciaio nero delle Alpi. Le lezioni apprese nel Karakorum saranno dunque preziose anche nello studio della catena alpina. ■