

Il ghiaccio

Come si forma il ghiaccio

Il ghiaccio è costituito da cristalli frammisti a numerose impurità, che vanno da sali disciolti inglobati nel reticolo cristallino del ghiaccio, a particelle di detrito, polveri atmosferiche, frammenti di roccia o di suolo intrappolati, a minuscole bolle d'aria rimaste imprigionate nelle fasi di congelamento o di trasformazione della neve in ghiaccio. Lo studio di queste impurità ci permette di ricavare importanti informazioni sui processi di formazione e sul luogo di provenienza del ghiaccio e persino sulla composizione e sulla temperatura dell'atmosfera al momento della formazione.

La neve si trasforma

La formazione del ghiaccio di un ghiacciaio inizia con la deposizione di neve. La neve, con i suoi cristalli a stella o esagonali, contiene moltissima aria, e ha una densità bassissima (per questo vi sprofondiamo così facilmente, e sempre per questo la neve ha la capacità di assorbire moltissimo i suoni, così che un paesaggio innevato ci appare anche stranamente "silente").

Non appena cade al suolo, la neve inizia una trasformazione che porta a modificare la forma e le dimensioni dei cristalli e a ridurre progressivamente il numero e le dimensioni dei vuoti, aumentando la densità. Questa trasformazione è molto nota agli sciatori, che ben conoscono la differenza tra sciare nella polverosa neve invernale o in quella primaverile, trasformata e granulosa! Il principale responsabile della trasformazione della neve è la **fusione**, che avvolge i singoli cristalli con una pellicola di acqua, fondendone le punte e dando loro una forma più arrotondata. Le variazioni di forma e la presenza di acqua negli interstizi tra i cristalli provocano una graduale riduzione dei vuoti tra i granuli, favorita anche dalla **compattazione** esercitata dal peso degli strati di neve superiori. Se si ha rigelo delle acque di fusione, le dimensioni dei pori diminuiscono ulteriormente e i cristalli più grandi si ingrandiscono a spese di quelli più piccoli, che scompaiono. Le trasformazioni sono molto rapide quando la neve subisce diversi cicli di fusione e di rigelo, più lente se le temperature rimangono basse: in quest'ultimo caso le trasformazioni avvengono per sublimazione, processo che richiede tempi più lunghi (questo è il motivo per cui abbondanti neviccate in inverno possono dare un elevato pericolo di valanghe, poiché il permanere di basse temperature non permette la trasformazione e la stabilizzazione del manto nevoso).

La neve si trasforma così in una massa poco compatta di cristalli di ghiaccio arrotondati, che prende il nome di **neve vecchia**, o, più elegantemente, di **nevato** o **Firn** (termine tedesco) se permane per più di un anno. Il Firn è caratterizzato da una densità superiore a 0,54 e una porosità inferiore al 40%.

La trasformazione di neve in Firn è tanto più rapida quanto maggiori sono i cicli di gelo e disgelo: circa 4 mesi sulle Ande, un anno sulle Alpi, 4 anni nell'Alaska meridionale, vent'anni in Groenlandia (dati da Smiraglia, 1992). Con l'età, le dimensioni dei granuli e la densità aumentano, e si riduce la porosità. Il passaggio da Firn a **ghiaccio di ghiacciaio** avviene quando i vuoti presenti non sono più intercomunicanti: il ghiaccio diviene impermeabile e l'aria presente rimane intrappolata in bolle tra i cristalli. Quando la massa di ghiaccio inizia a fluire, le bolle d'aria vengono ulteriormente compresse, e la densità del ghiaccio sale fino a circa 0.91 g/cm³ (contro 1 dell'acqua). La trasformazione del Firn in ghiaccio è ancora più lenta, e dipende sempre dalle temperature.

Proprietà fisiche

Il ghiaccio possiede una singolare proprietà, apparentemente banale, ma che ha importanti ripercussioni sulla vita dell'intero pianeta. Mentre la maggior parte delle sostanze subisce una diminuzione di volume passando dallo stato liquido a quello solido, l'acqua possiede la proprietà di essere meno densa allo stato solido che allo stato liquido: la massima densità, infatti, è raggiunta a una temperatura di 4°C.

Questo implica che il ghiaccio sia più leggero di un equivalente quantitativo di acqua liquida, per cui il ghiaccio galleggia sull'acqua: di questo è facile rendersi conto quando sorseggiamo una bibita da un bicchiere colmo di cubetti di ghiaccio, ma lo stesso fenomeno in natura si osserva negli iceberg e nella formazione di ghiaccio marino e lacustre.

Se il ghiaccio non possedesse questa proprietà, il ghiaccio formato sulla superficie di uno specchio d'acqua (un lago, o un mare) affonderebbe, accumulandosi sul fondo. Questo finirebbe per creare la formazione di spessi depositi di ghiaccio sul fondo di mari e laghi, che verrebbero ben presto trasformati in grandi masse di ghiaccio, dove il calore estivo produrrebbe soltanto un piccolo spessore di acqua liquida in prossimità della superficie. Le conseguenze di questa proprietà sulla vita del nostro pianeta sono quindi facilmente immaginabili.

La stessa proprietà fa sì che l'acqua, gelando, aumenti di volume. La cosa è facile da sperimentare quando mettiamo nel freezer una bottiglia d'acqua: la pressione esercitata dal ghiaccio può rompere la bottiglia, se questa è piena, il ghiaccio non ha spazio per espandersi e il contenitore non può deformarsi, come accade per una bottiglia di vetro. In natura, questo processo è importantissimo: la pressione esercitata dal congelamento dell'acqua all'interno di piccole fratture di una roccia può essere così grande da frantumare la roccia stessa in piccoli frammenti. Questo processo, chiamato **crioclastismo** (da *crio*: freddo e *clastismo*: rottura), è responsabile dell'alterazione delle rocce in alta montagna, e produce grandi distese di detriti spigolosi, che sono un tratto caratteristico del paesaggio montano al di sopra del limite della vegetazione arborea (quelle che gli alpinisti e gli escursionisti chiamano "ghiaioni": chi frequenta la montagna sa quanto sia faticoso camminarvi!).

Quanto pesa il ghiaccio?

In modo analogo ad un oggetto che galleggia sull'acqua, così la crosta terrestre "galleggia" in equilibrio sulle rocce viscose e plastiche del mantello sottostante. Una diminuzione del peso della crosta, dovuta, per esempio, all'asportazione di rocce per erosione, fa alleggerire le rocce, e la crosta si solleva, mentre un aumento di peso fa affondare la crosta ancora di più nel mantello "morbido" e viscoso, con un processo chiamato isostasia. La formazione di spesse coltri di ghiaccio, come è accaduto durante le glaciazioni del passato, causa un sovraccarico sulla crosta coperta dai ghiacci, con il risultato che questa affonda nel mantello, abbassandosi di parecchie centinaia di metri, in alcuni casi anche al di sotto del livello del mare. Conoscendo la densità media del ghiaccio e il suo spessore, è facile calcolarne il peso alla base. Attualmente, a causa del peso della calotta, che in alcuni punti raggiunge i 4,5 km, l'Antartide si è abbassata di oltre 900 m. Misurazioni radar effettuate in Groenlandia mostrano che un terzo della base rocciosa si trova al di sotto del livello del mare e il peso del ghiaccio accumulato ha spinto, in alcuni punti, la roccia ad abbassarsi di più di 600 m. Al ritiro delle grandi calotte dell'ultima glaciazione, i territori liberati dal peso dei ghiacci sono ritornati ad innalzarsi. La regione circostante la Baia di Hudson, per esempio, ha subito, al ritiro della calotta laurenziana, un innalzamento di più di 300 m in poco più di 10.000 anni: questo innalzamento non è ancora terminato, poiché il territorio non ha ancora raggiunto l'altezza che aveva prima dell'ultima glaciazione. Anche la penisola scandinava si sta ancora sollevando con un ritmo che raggiunge i 9 mm/annui al centro del Golfo di Botnia. Il ritardo nel rispondere alla rimozione del carico è dovuto alla viscosità del materiale che costituisce il mantello, che ha una certa inerzia.

L'innalzamento verificatosi alla fine dell'ultima glaciazione è in gran parte mascherato dall'innalzamento del livello marino conseguente alla fusione di grandi quantità di ghiacci continentali.