

Il ghiaccio sulla Terra

Dove si trova

I ghiacciai possono esistere solo a due condizioni: la prima, abbastanza ovvia, è che le **temperature annue siano al di sotto dello zero** per un certo periodo dell'anno, in modo che il ghiaccio possa conservarsi, la seconda, meno intuitiva, ma altrettanto indispensabile, è che cada **un quantitativo di neve sufficiente** alla formazione di una certa massa di ghiaccio. Infatti, così come un calore eccessivo non permette la conservazione di un ghiacciaio, così la scarsità di precipitazioni impedisce che un ghiacciaio possa nascere, anche dove le temperature siano abbondantemente sotto lo zero: per questo motivo, nelle aree desertiche polari non si formano ghiacciai.

I ghiacciai sono quindi degli ottimi **indicatori dei due più importanti parametri climatici**: la temperatura e le precipitazioni.

A seconda della localizzazione geografica, variano le temperature all'interno e alla base del ghiacciaio, a contatto con il substrato roccioso. Per questo si distinguono **ghiacciai freddi**, o polari, con temperature costantemente e interamente al di sotto dello zero, e **ghiacciai temperati**, che possono presentare, in superficie e/o alla base, temperature più elevate, con fenomeni di fusione: la presenza o meno di acqua allo stato liquido fa sì che il comportamento dei ghiacciai e la risposta alle variazioni climatiche siano molto diversi nei due casi. I primi si trovano alle alte latitudini, i secondi a basse latitudini, ma in zone di alta quota, dove il raffreddamento dell'aria dovuto all'altitudine compensa il calore dovuto alla bassa latitudine: ghiacciai temperati sono i nostri ghiacciai delle Alpi, ma anche ghiacciai particolari, come quelli che si trovano in zone tropicali o equatoriali, come, per esempio, i ghiacciai del Kilimangiaro o del M. Kenya, in Africa, o quelli delle Ande Peruviane e Boliviane.

Il ghiaccio sulla Terra

Un'importante distinzione viene fatta tra il **ghiaccio che copre terre emerse e il ghiaccio marino**, che galleggia sulla superficie dei mari polari. Per parlare di ghiacciai è necessario che il ghiaccio sia in movimento sotto la spinta del suo stesso peso: il ghiaccio marino o gli iceberg, quindi, pur essendo talvolta in movimento, non costituiscono un ghiacciaio, poichè i movimenti sono passivi, generati da correnti marine, moto ondoso o venti.

Pur essendo costituiti dal medesimo materiale, i **ghiacciai terrestri** sono molto diversi tra loro, per estensione, spessore del ghiaccio, posizione geografica e regime climatico, situazione topografica, forma, tutti fattori che determinano, oltre che un aspetto assai differente, anche un comportamento molto diverso e una diversa risposta alle variazioni climatiche. I ricercatori che si occupano di ghiacciai utilizzano molte e diverse classificazioni, alcune assai complesse, in funzione anche del tipo di studio che si vuole intraprendere. Una prima importante distinzione può essere fatta tra **ghiaccio di congelamento**, che comprende il ghiaccio marino e il permafrost, e il **ghiaccio di ghiacciaio**, che comprende calotte, piattaforme e ghiacciai montani.

Quanto ghiaccio

La maggior parte del ghiaccio terrestre che possiamo osservare si trova in grandi masse di ghiaccio "quasi" puro (con le debite considerazioni fatte più sopra): le **calotte glaciali** e i **ghiacciai**, nelle loro diverse tipologie, le **piattaforme di ghiaccio** e le **banchise di ghiaccio marino**. È abbastanza facile stabilire la superficie delle aree coperte da ghiaccio: si calcola che questo copra circa 15 milioni di km², pari a un decimo della superficie delle terre emerse. E' più difficile, invece, calcolare il volume del ghiaccio stesso, perchè occorre conoscerne lo spessore su tutta l'area coperta: speciali tecniche permettono di misurare lo spessore del ghiaccio in diversi punti di un ghiacciaio e di fare quindi una stima del volume. Per esempio, lo spessore medio della calotta antartica è di 2.100 m, con punte di 4.800 m nella Terra di Wilkes, nel settore orientale: con una superficie di poco meno di 13.600.000 km², il volume totale del ghiaccio antartico è di 30 milioni di km³. Qualcuno si è divertito a calcolare che questo equivale a 9 x10¹⁶ cubetti di ghiaccio!

Freddi mari polari

Il ghiaccio marino ha un'origine completamente diversa da quello dei ghiacciai. Si forma, infatti, per **congelamento diretto dell'acqua di mare**, quando la temperatura dell'aria rimane al di sotto di -1.8°C per qualche giorno.

La sua **formazione**, stagionale, è spettacolare: dapprima si formano aghi e lamelle di ghiaccio, che, galleggiando, danno alla superficie marina un particolare aspetto "oleoso", il cosiddetto *grease ice*, il ghiaccio "grasso". I cristalli si aggregano, originando lastre sempre più spesse che, a causa delle continue collisioni provocate dal moto ondoso, prendono una forma circolare con i bordi rialzati, somigliando a grosse frittelle bianche, da cui il nome di *pancake ice*. Con il mantenersi di temperature basse, le lastre si saldano tra loro a dare una copertura continua, la **banchisa, o pack**. Lo spessore varia da 1 a 5-7 metri, e si accresce continuamente per congelamento di acqua marina alla base e per apporti di neve sulla superficie. Le correnti, i venti, le tempeste mantengono la banchisa in continuo movimento, causando rotture di lastroni, accavallamenti, collisioni, creando un paesaggio tormentato fatto di creste sporgenti dal ghiaccio e grandi fratture, che rendono molto difficile l'esplorazione. E' una zona molto pericolosa per la navigazione: navi anche di grande tonnellaggio sono rimaste intrappolate tra i lastroni alla deriva e molte sono finite letteralmente stritolate tra i ghiacci. La storia delle esplorazioni polari è costellata di avventure e tragedie legate ai pericoli della banchisa.

A differenza dell'Antartide, che è un continente, nell'**Artico** le poche terre emerse sono costituite da arcipelaghi di isole. Non vi si trovano, quindi, grandi ghiacciai o grandi calotte, ma soltanto un'enorme estensione di ghiaccio marino galleggiante sul Mar Glaciale Artico. Un'estesa fascia di ghiaccio marino circonda però anche l'Antartide, raggiungendo la massima estensione in settembre, con una larghezza di 2.000 km. A differenza dei ghiacciai e delle calotte, che mantengono più o meno inalterate le loro dimensioni nel corso dell'anno, il ghiaccio marino subisce spettacolari variazioni di estensione, particolarmente apprezzabili se osservate da satellite, su aree che coprono 15-20 milioni di km^2 dei mari polari. Le variazioni sono particolarmente evidenti intorno all'Antartide, dove le correnti marine tendono ad allontanare i frammenti di banchisa, disperdendoli, mentre sono di minore entità nel Mar Glaciale Artico, dove le correnti tendono, invece, a concentrare intorno al Polo Nord i **lastroni alla deriva**, il cui allontanamento è ostacolato anche dalla presenza delle circostanti terre emerse. A differenza del ghiaccio dei ghiacciai, che può essere antico di diverse migliaia di anni, l'età del ghiaccio marino raramente supera l'anno. Lastroni di età pluriennale si trovano soltanto nel Mar Glaciale Artico.

Il permafrost

Quando le temperature medie annue dell'aria sono sotto lo zero per periodi lunghi, l'acqua che si trova nel terreno è sempre allo stato solido, e il **terreno risulta permanentemente gelato**. In questo stato, prende il nome di permafrost (cioè, ghiaccio permanente). Il terreno, indurito e privo di acqua liquida, è costituito da particelle minerali (particelle di terreno, granuli e detriti rocciosi di varie dimensioni) cementate tra loro da ghiaccio. La profondità a cui giunge il ghiaccio dipende dalla rigidità del clima, ma può essere di parecchie decine di metri (in alcune zone della Siberia e dell'Alaska, con temperature medie annue dell'aria comprese tra -7 e -16°C , si è trovato permafrost a profondità di 300-600 m, con un massimo di 1.500 m in una località della Siberia settentrionale).

Durante l'estate, un sottile strato superficiale, il cosiddetto **strato attivo**, viene riscaldato dal sole e il ghiaccio può fondere: poichè il sottostante permafrost è impermeabile, l'acqua di fusione non può essere allontanata e il terreno sgelato diviene molle e intriso di acqua, si formano spesso paludi e acquitrini e si possono creare gravi problemi di stabilità agli edifici che vi sono costruiti sopra.

Per costruire in queste aree occorrono **tecniche edilizie particolari**, con gli edifici che poggiano su pali infissi nel terreno fino a raggiungere lo strato permanentemente gelato: una sorta di "palafitte" sul morbido e cedevole strato attivo. Il permafrost interessa piccole aree in alta montagna (anche sulle nostre Alpi) ma, soprattutto, vastissime aree alle alte latitudini: circa un quinto delle terre emerse è interessato da questo fenomeno (metà del territorio della ex-Unione Sovietica, metà del territorio canadese, tre quarti dell'Alaska, la quasi totalità della Groenlandia e dell'Antartide)

I ghiacci continentali

Le **calotte glaciali**, o *ice sheet* (dall'inglese "coltri di ghiaccio"), chiamate anche, con un termine norvegese, *inlandsis*,

ghiacci continentali, sono estensioni di ghiaccio con una superficie superiore a 50.000 km², dove il ghiaccio seppellisce e maschera il rilievo sottostante, che non ne influenza l'andamento.

La superficie è in genere blandamente convessa, come una sorta di cupola molto piatta, da cui possono emergere le cime più elevate del rilievo sottostante, che prendono il nome di **nunatak**, termine Inuit che significa "montagna isolata".

Il settore centrale, più rilevato, di una calotta prende il nome di duomo, o, in inglese, dome.

Simili alle calotte, ma di dimensioni minori sono gli **ice cap**, "cappelli di ghiaccio".

Dalle calotte si dipartono **colate di ghiaccio** che fluiscono radialmente in varie direzioni e prendono il nome di ghiacciai di sbocco. Questi sono veri e propri fiumi di ghiaccio, a volte con dimensioni immense: il più grande della Terra è il **Ghiacciaio Lambert**, che si stacca dalla calotta antartica, lungo 400 km, con una larghezza che supera i 50 km.

La maggior parte dei ghiacciai di sbocco raggiunge il mare dove origina **lingue di ghiaccio** che si estendono galleggiando sulla superficie marina anche per chilometri: con un processo chiamato **calving**, è qui che si produce la maggior parte degli iceberg. Il Ghiacciaio Lambert, per esempio confluisce nella **piattaforma di Amery** e scorre formando una lingua galleggiante che si estende 300 km con un fronte largo 200 km.

Circa **l'85,7% del ghiaccio** sulla superficie terrestre si trova nelle grandi calotte dell'Antartide, mentre nella calotta della Groenlandia si trova circa il 10,9%: queste due aree insieme costituiscono la quasi totalità (96,6%) del ghiaccio sulla superficie terrestre.

Calotte e ice cap di dimensioni molto minori si trovano in Alaska, sulle isole dell'arcipelago canadese (Baffin, Ellesmere, Heiberg, Vittoria) e in Islanda, sugli arcipelaghi di Jan Mayen, delle Svalbard, della Terra di Francesco Giuseppe e sulla penisola scandinava (dove il ghiacciaio più esteso è lo Jostedalubre, dove *bre* significa ghiacciaio, il più grande d'Europa, esclusa l'Islanda). Nell'emisfero australe, vaste estensioni di ghiacci simili a calotte si trovano sulle Ande patagoniche, a formare lo *Hielo Continental* (*hielo* significa gelo, o ghiaccio in spagnolo), con una superficie di 17.000 km² e ben 50 ghiacciai di sbocco che se ne dipartono: alcuni di questi terminano in grandi laghi di contatto glaciale, come il lago Vidma e il lago Argentino.

Le piattaforme

Quando un ghiacciaio raggiunge il mare, si allunga in una lingua galleggiante. La confluenza di diverse lingue galleggianti origina la formazione di una **piattaforma glaciale**: una sorta di tabulato pianeggiante che galleggia sul mare ancorandosi alla terraferma tramite le lingue che lo alimentano. La più estesa piattaforma glaciale è la **Piattaforma di Ross**, in Antartide, con uno spessore medio di 300 m e una superficie di 530.000 km², pari a quella della Francia, delimitata verso il mare da pareti di ghiaccio alte fino a 200 m. Le diverse lingue glaciali che alimentano le piattaforme si muovono con velocità differenti, e questo, insieme alle correnti marine e al moto ondoso, determina una grande instabilità dei margini. Vi si formano infatti enormi fratture, dette **chasm**, come per esempio quella osservata in Antartide, sulla Barriera di Filchner, lunga 100 km e larga da 400 m a 5 km. Queste impressionanti fratture sono il preludio al distacco di enormi porzioni di piattaforma, che formano giganteschi iceberg tabulari, che si allontanano andando alla deriva. Basi di ricerca scientifica costruite sulla piattaforma sono state coinvolte nella formazione di questi enormi iceberg e trascinate alla deriva, come è accaduto a due basi americane e a una sovietica.

Gli iceberg

Gli iceberg (da *ice*, ghiaccio e *berg*, montagna, montagne di ghiaccio) si formano in due condizioni:

- quando ghiacciai terrestri scendono fino al mare o a un lago, la parte finale della lingua di ghiaccio, a contatto con l'acqua, inizia a galleggiare. Con un fenomeno detto **calving**, si formano grandi fratture nella massa di ghiaccio, con conseguente distacco di porzioni più o meno grandi. La forma di questo tipo di iceberg è in genere irregolare, con una superficie frastagliata e tormentata.
- i movimenti di correnti e maree nell'acqua sottostante, insieme alla costante spinta esercitata dai ghiacciai che alimentano le piattaforme, causano la fratturazione e la frammentazione delle piattaforme stesse. Ogni anno in

Antartide, per esempio, si perdono in questo modo tra i 1.450 e i 2.000 km³ di ghiaccio (un volume equivalente a circa la metà dell'acqua potabile consumata in un anno nel mondo).

Gli iceberg di questo ultimo tipo hanno in genere la forma di piatti tavolati dalla superficie relativamente liscia e regolare. Sono tipici della zona antartica, mentre gli iceberg del primo tipo si formano più facilmente nei mari artici, dove le terre emerse non sono circondate da piattaforme di ghiaccio galleggiante e i numerosi ghiacciai terrestri possono perciò sfociare direttamente in mare. Iceberg di piccole dimensioni si possono formare anche per crolli di blocchi di ghiaccio dalle fronti, senza che necessariamente queste galleggino sul mare o su un lago.

Essendo il ghiaccio meno denso dell'acqua, **gli iceberg galleggiano** sulla superficie marina: la parte immersa è quindi circa 7- 10 volte (a seconda della differenza di densità tra acqua e ghiaccio) più alta di quella emersa. Se si considera che alcuni iceberg possono essere alti, rispetto alla superficie del mare, parecchie decine di metri, si comprende bene come l'appellativo di "montagne di ghiaccio" sia particolarmente indicato: un iceberg che mostra una parete di 30 metri, continua, per esempio, sotto il livello del mare, fino a una profondità di più di 200 metri!.

L'iceberg più grande mai avvistato è un iceberg antartico, osservato nel 1956, che misurava 335 x 97 km, con una superficie di 31.000 km², pari a quella del Belgio. Dopo la frammentazione dell'iceberg B-15, grande come l'Abruzzo, attualmente il primato spetta a C-19A, vasto come la Liguria.

Una volta staccatisi dal ghiacciaio o dalla piattaforma, gli iceberg vengono sospinti alla deriva dai venti, dalle correnti e dalle maree. L'erosione operata dal vento e dalle onde e la progressiva fusione a cui vanno incontro spostandosi verso latitudini più calde ne riducono le dimensioni, insieme a frammentazioni causate da violente tempeste o collisioni tra loro o con la terraferma. Il destino degli iceberg è quindi quello di ridursi di dimensioni fino a scomparire, ma la loro vita può essere anche di parecchi anni.

I ghiacci montani

Si tratta, per definizione, di corpi di ghiaccio che si trovano in ambiente di montagna. Possono essere classificati in molti modi, tenendo conto della posizione geografica, della forma, della temperatura. Le dimensioni non sono un criterio distintivo: si possono avere piccolissimi ghiacciai, come quello appenninico del Calderone, sul Gran Sasso d'Italia, poco più di un sottile lembo di neve vecchia (attualmente considerato praticamente "estinto"), oppure giganteschi "fiumi" di ghiaccio, lunghi diverse decine, persino centinaia di km, con spessori di ghiaccio di oltre 1000 m, come i grandi ghiacciai dell'Alaska, di cui il più esteso è il Ghiacciaio Bering, seguito dal Ghiacciaio Malaspina, che al suo sbocco in pianura si espande con il lobo pedemontano più grande del mondo.