

# I misteri sotto i ghiacci

L'oceanografia fisica studia i problemi legati alle interazioni tra oceano ed atmosfera, i processi di formazione e diffusione di acque dense, la loro variabilità stagionale a scala regionale e di bacino.

Nel 1994 sono iniziate le ricerche oceanografiche nel continente antartico dove i ricercatori, aderendo al progetto CLIMA (Climatic Long-term Interactions for the Mass balance in Antarctica), cercano di valutare l'importanza dei processi di formazione delle acque dense che avvengono in Antartide, il loro coinvolgimento nella circolazione termoalina (ossia la circolazione globale oceanica causata dalla variazione di densità delle masse d'acqua) e nella regolazione del clima a livello globale. In particolare studiano con attenzione i fenomeni che caratterizzano la variabilità di tali processi ed il loro impatto sulla circolazione oceanica profonda.

Dalle ricerche effettuate sono emersi alcune informazioni interessanti riguardanti il nostro pianeta. L'Oceano Meridionale o Antartico svolge un ruolo di primo piano nella regolazione del clima a scala globale; interagendo con la circolazione atmosferica e con le acque di scioglimento dei ghiacciai antartici, funge da motore della circolazione delle correnti oceaniche del pianeta. Esso è costituito dalla regione oceanica che circonda l'Antartide, sino all'interfaccia con le acque subtropicali.

La corrente oceanica di acqua fredda che avvolge l'Antartide funge da barriera, impedendo che l'acqua calda che si forma ai Tropici raggiunga il continente, che rimane in tal modo isolato dal punto di vista climatico. Tutto questo è iniziato circa 30-35 milioni di anni fa, quando è cominciata anche la formazione, sul continente, di ghiacciai di tipo alpino e "temperato", nel senso che avevano acqua di fusione alla base durante i periodi più caldi dell'anno.

Successivamente i ghiacciai si sono espansi fino a formare una calotta glaciale sempre più stabile.

Poi, qualche milione di anni fa, le temperature si sono ulteriormente abbassate e le acque di fusione sono praticamente scomparse.

Oggi, solo occasionalmente nella Penisola Antartica (nella parte cioè più settentrionale del continente) è possibile trovare acqua di fusione. Si deve tenere presente, però, che il quadro evolutivo appena descritto rappresenta un trend di raffreddamento generale modulato da cicli glaciali ed interglaciali che hanno comportato significative espansioni o diminuzioni delle calotte glaciali polari; in ogni caso, la circostanza che i ghiacciai in Antartide non si sciolgono comporta l'assenza, o quasi, di sedimenti sul continente.

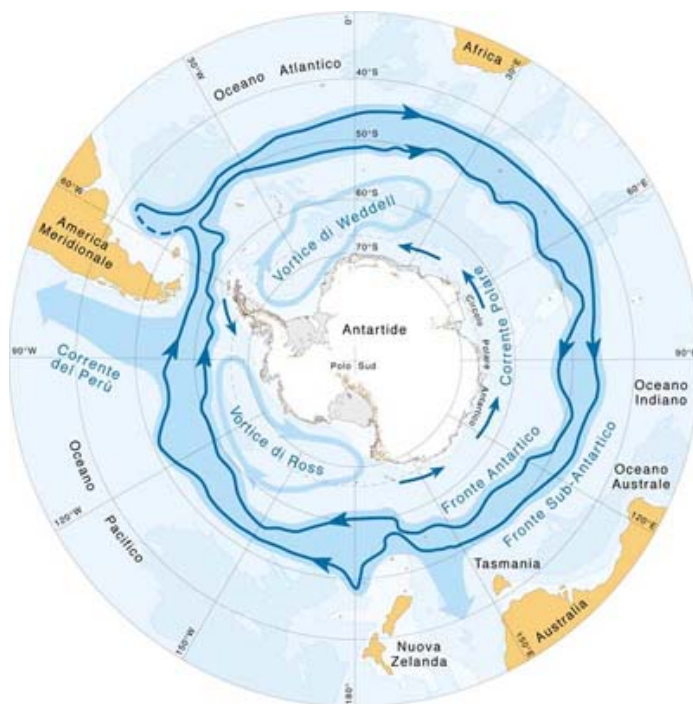
La superficie dell'Antartide, che è ricoperto per il 98% da ghiacci, offre infatti pochissimi affioramenti. Questi affioramenti sono rappresentati principalmente da rocce molto antiche, antecedenti all'epoca della formazione della calotta glaciale. Se si vogliono ottenere informazioni, dunque, si devono cercare nei sedimenti depositatesi sulla piattaforma continentale, cioè il margine dei continenti sommerso dal mare a profondità di qualche centinaio di metri. Dallo studio di questi sedimenti, effettuati con metodi diversi, si ricavano informazioni preziose anche sulla storia climatica dell'Antartide. Comprendere questa storia è fondamentale perché solo conoscendo con esattezza il passato è possibile capire quanto interferisca oggi l'uomo sul clima con le sue attività.

L'elemento più rilevante dell' ambiente Antartico è la **corrente circumpolare antartica**, la più imponente dell'intero pianeta, l'unica che fluisce intorno al globo senza incontrare terre emerse che la ostacolano, diretta da ovest verso est, è compresa fra il fronte antartico ed il fronte sub-antartico. E' guidata non solo dal regime dei potenti venti occidentali, ma anche dalla topografia del fondo marino.

In vicinanza del continente antartico, il regime dei venti orientali innesca una corrente mediamente diretta verso ovest definita **corrente polare**.

Tra la corrente circumpolare e quella polare il sistema dei venti mantiene attivi i vortici ad andamento orario che caratterizzano le regioni dei mari di Ross e di Weddell (il Ross Gyre ed il Weddell Gyre).

Tra le due correnti, che si muovono in senso opposto, si delimita una zona che prende il nome di **Divergenza Antartica** e che attiva una consistente risalita di acque profonde, più calde e più salate, con relativo trasferimento di calore negli strati superiori e, attraverso il ghiaccio marino, nell'atmosfera.



Un'altra zona dove si manifestano i fenomeni dello scambio energetico e del contenuto salino, è la **Convergenza Antartica** dove l'acqua superficiale antartica molto fredda, ma di minore salinità, incontra l'acqua superficiale sub-antartica più calda e più salata. Tale zona di convergenza regola e condiziona il trasferimento delle sostanze chimiche e delle specie biologiche, consentendo all'ecosistema antartico di mantenere le sue peculiari caratteristiche. La zona polare frontale è definita in superficie dall'isoterma di 2° C ed in profondità da un minimo di salinità.

A questo dinamismo si unisce anche l'interazione delle acque di piattaforma, ricche di ossigeno, con la corrente circumpolare attraverso delicati meccanismi di convezione, a piccola scala, che sono ancora oggetto di studio nell'ambito di progetti internazionali. L' Ice Shelf Water del Mare di Ross, alimenta le acque di fondo responsabili del trasporto del freddo verso le latitudini più basse con relative conseguenze sul clima del nostro Pianeta.

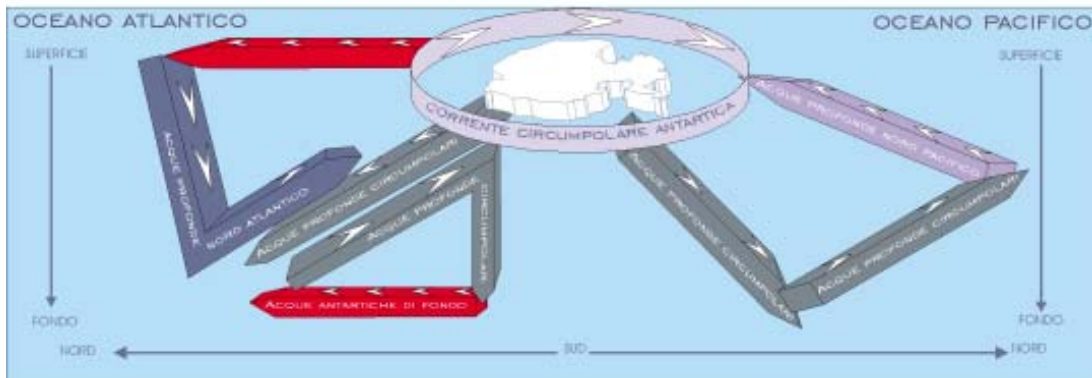
Recentemente è stato valutato in 150 km<sup>3</sup>/anno l'ammontare del ghiaccio disciolto al disotto della Ice-Shelf per effetto degli scambi di calore oceano-ghiaccio. La velocità di scioglimento della parte inferiore, e quindi la velocità del flusso uscente della Ice Shelf Water, regola lo spessore stesso dell'Ice Shelf e quindi l'avanzata o meno dei ghiacci continentali; ciò rappresenta quindi un importante indicatore diagnostico della penetrazione in mare di ghiacci continentali.

In questo contesto, la stima della distribuzione non solo dei parametri chimici tradizionali, come l'O<sub>2</sub> ed i nutrienti, ma anche di micronutrienti e di traccianti conservativi come i clorofluorocarburi CFC11 è di cruciale importanza.

Le variazioni della concentrazione di tali parametri negli strati intermedi e profondi della colonna d'acqua sono strettamente collegati con i processi di produzione e di mescolamento delle masse d'acqua. Pertanto, la concentrazione in acqua di mare è stata utilizzata per valutare il tempo di residenza delle acque di piattaforma, che oscilla tra 3 e 6 anni (prima che queste trasformino le proprie caratteristiche mescolandosi con le acque del vortice di Ross che lambiscono la scarpata continentale).

Il raffreddamento dell'acqua che avviene nell'Oceano Meridionale è il "motore" di tutte le correnti mondiali, infatti è l'unico oceano circumpolare che consente un enorme trasporto d'acqua e di calore in tutti i bacini oceanici: è quindi un elemento fondamentale per la regolazione del clima globale.

Questo meccanismo potrebbe, però, essere irrimediabilmente compromesso dal surriscaldamento globale. Un mondo più riscaldato intensifica il ciclo idrologico: l'affondamento di acque dense superficiali rallenterebbe o cesserebbe del tutto, riducendo di conseguenza il trasporto di calore attraverso la circolazione termoalina così come la ventilazione del carbonio lungo la colonna d'acqua.



Questa preoccupazione è già stata messa in evidenza nel Mare di Ross, a Baia Terra Nova. I ricercatori italiani hanno documentato una progressiva desalinizzazione di queste acque, che sembra dovuta all'effetto di una combinazione di fattori quali l'aumento delle precipitazioni e la riduzione della produzione di ghiaccio nelle persistenti polynya costiere (aree perennemente deglacciate per l'azione combinata dei venti continentali e delle correnti che allontanano il ghiaccio in formazione), della Terra Vittoria.

"Dall'analisi dei dati da noi raccolti nel corso delle campagne oceanografiche in Antartide - dice Andrea Bergamasco, ricercatore dell'Ismar-Cnr e coordinatore del progetto Polar-Dove - abbiamo notato che è in atto un 'addolcimento' delle acque dell'Oceano Pacifico Meridionale.

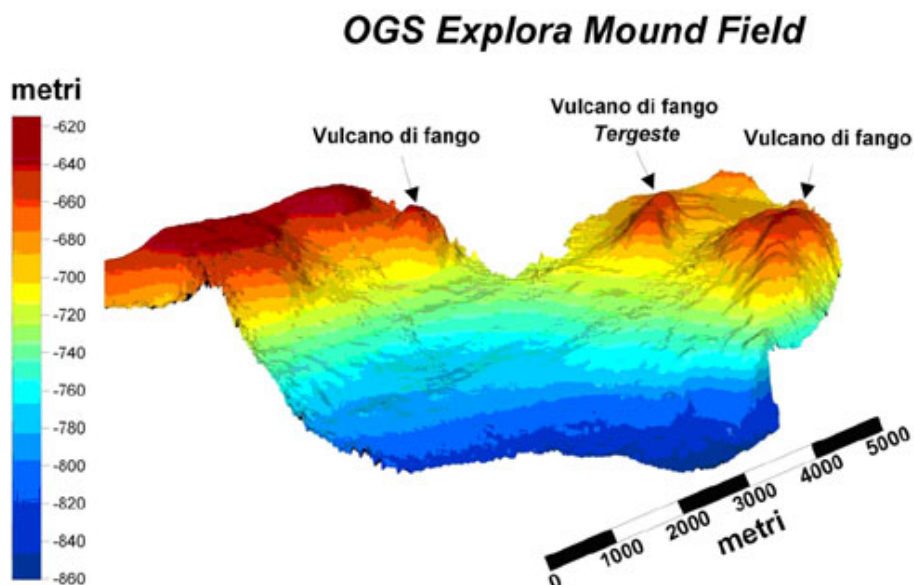
Il Pacifico è mediamente meno salato dell'Atlantico e le zone polari lo sono mediamente meno di quelle tropicali. La diminuzione nel tempo della salinità media della zona in esame, però, anche se riferita a un periodo molto breve dal punto di vista scientifico, solo 10 anni di osservazioni, fa supporre che il fenomeno sia collegato alla riduzione della formazione di nuovi ghiacciai polari, conseguenza dei cambiamenti climatici in atto".

Non solo il raffreddamento è importante, ma anche l'incremento di salinità che si ha durante la formazione di ghiacci, contribuisce a farla inabissare prima e a fluire in profondità verso l'equatore.

Il ciclo viene poi completato per continuità: l'acqua calda delle zone tropicali ed equatoriali a sua volta fluisce verso i poli per rimpiazzare quella che lì si è inabissata. "La cella termoalina, quindi - conclude Bergamasco - è importante perché sottrae calore alle zone equatoriali e tropicali per diffonderlo verso i poli conservando, in questo modo, la giusta distribuzione delle zone climatiche".

La diminuzione della salinità osservata dai ricercatori potrebbe quindi comportare una riduzione del flusso di queste correnti e un'ulteriore cambiamento del clima terrestre.

Va messo in evidenza, infine, che un ulteriore rischio per il clima, scoperto grazie alle ricerche oceanografiche, è rappresentato dai vulcani di fango, rilievi che si formano per la presenza nel sottosuolo di gas in sovrappressione che si mescolano a sedimenti e che fuoriescono da fratture sul fondo del mare. Mentre i gas si disperdono nell'acqua, i sedimenti eruttati si accumulano formando edifici conici tipici dei vulcani.



I vulcani rinvenuti nel Mare di Ross si sono formati per la presenza in sottosuolo di gas idrati, che sono composti solidi formati d' acqua e gas naturale di basso peso molecolare (generalmente metano), che si formano in ambienti caratterizzati da bassa temperatura, alta pressione e sufficiente concentrazione di gas. Queste condizioni sono comunemente presenti nel sottofondo marino, a tutte le latitudini geografiche. Ciò accresce la rilevanza ambientale della scoperta. I gas idrati, infatti, contengono metano, che è un gas ad effetto serra molto più potente, ad esempio, dell'anidride carbonica.

Siccome le condizioni di stabilità degli idrati sono legate anche alla temperatura, in caso di un suo aumento questi gas potrebbero trovarsi in condizioni non più stabili e potrebbero quindi liberarsi.

Non ultimo è il loro ruolo sulla stabilità dei pendii sottomarini: gli effetti devastanti, quali per esempio frane sottomarine, potrebbero essere innescati da una dissociazione di grandi quantità di gas idrati. È quindi molto importante riuscire ad individuare le zone dove si trovano questi gas idrati, capire la loro condizione e il loro potenziale impatto in fuoriuscita. Nonostante ciò i gas idrati sono considerati una possibile fonte di energia del futuro, oltre che un possibile mezzo di trasporto del metano in forma idrata.

#### **Bibliografia:**

- [http://www.ricercaitaliana.it/primopiano/pp\\_dettaglio-182.htm](http://www.ricercaitaliana.it/primopiano/pp_dettaglio-182.htm)
- [http://www.enel.it/attivita/ambiente/ecology/acqua08\\_hp/acqua08/Index.asp](http://www.enel.it/attivita/ambiente/ecology/acqua08_hp/acqua08/Index.asp)
- [http://www.antarctica-project.com/pagine\\_italiano/antartide\\_ita.htm](http://www.antarctica-project.com/pagine_italiano/antartide_ita.htm)
- [http://www.csna.it/Documenti/PNRA\\_20\\_anni\\_web.pdf](http://www.csna.it/Documenti/PNRA_20_anni_web.pdf)
- <http://www.scientificambitalia.org.au/pdf/f489.pdf>
- [http://www.diregiovani.it/gw/producer/dettaglio.aspx?id\\_doc=3459](http://www.diregiovani.it/gw/producer/dettaglio.aspx?id_doc=3459)
- Oceanografia fisica, G. Spezie