

Ricerche climatiche e paleoclimatiche in Antartide: un tuffo nel passato presente e futuro del clima globale

F. Giglio, L. Capotondi, M. Frignani, L. Langone, M. Ravaioli

Istituto di Scienze Marine, CNR, Bologna, Italia

federico.giglio@ismar.cnr.it

SOMMARIO: L'Istituto di Scienze Marine (ISMAR)-Sede di Bologna coordina da oltre 15 anni progetti multidisciplinari in Antartide, con l'obiettivo di valutare meccanismi ed effetti delle principali variazioni climatiche attraverso lo studio dei cicli biogeochimici dei maggiori elementi presenti nelle acque marine. I progetti sono basati sul fatto che comprendere i processi biogeochimici attuali sia la chiave per interpretare i processi del passato e che questa conoscenza sia utile per valutare le evoluzioni future. L'Antartide è un'area preferenziale dove svolgere questa attività essendo molto sensibile alle variazioni climatiche che rimangono registrate nei sedimenti marini in maniera particolarmente marcata. Tuttavia, parecchie incertezze rimangono in particolare riguardo i modelli ecologici e la comprensione del comportamento della calotta glaciale Antartica durante il Quaternario, a causa della mancanza di inequivocabili dati geologici e di accurato controllo cronologico degli eventi. Queste incertezze influenzano la nostra capacità di predire la futura dinamica climatica dell'Antartide e quindi anche del clima globale. Le ricerche sono state condotte in collaborazione con altre sedi di ISMAR, Università e altri Enti di Ricerca.

1 ANTARTIDE E CLIMA

1.1 Importanza dell'Antartide nel clima globale

Oramai è appurato che l'uomo ha la capacità di modificare l'ambiente a scala planetaria. Problemi come l'aumento dell'effetto serra o la possibile risalita del livello marino sono diventati oramai di attualità. Per contrastare adeguatamente le variazioni climatiche indotte dall'attività antropica, diventa fondamentale comprendere al meglio i processi che ne controllano i cambiamenti.

Il ruolo critico che l'Antartide gioca nella regolazione del sistema ambientale terrestre è fuori discussione, e sebbene sia difficile valutare il suo reale significato climatologico, la sua importanza è ormai assodata nel contesto globale. Infatti quest'area svolge un ruolo di primo piano nella regolazione del clima in quanto l'oceano che la circonda è considerato essere uno dei motori della circolazione oceanica terrestre, che trasporta e ridistribuisce calore, nutrienti ed ossigeno all'intero Pianeta,

interagendo anche sulla circolazione atmosferica e sulla fusione e formazione dei ghiacci. Per questi ed altri motivi il continente Antartico è considerato una delle aree preferenziali dove effettuare studi climatici e paleoclimatici.

1.2 Antartide biblioteca del clima

L'Antartide fornisce due formidabili "archivi" da cui attingere informazioni climatiche: i ghiacci continentali e i sedimenti marini.

La calotta glaciale aumenta stagionalmente il suo spessore in virtù delle precipitazioni che si verificano sul continente. La composizione geochimica della neve rispecchia le caratteristiche dell'atmosfera, che mantiene inalterate anche sotto forma di ghiaccio. Quindi in esso è contenuta la storia dettagliata del clima e dell'atmosfera nell'emisfero meridionale.

I sedimenti marini in Antartide si possono dividere per la tipologia d'apporto in 2 categorie: detritici e organici. I primi provengono dal processo di ablazione del continente ad opera del ghiaccio che li ingloba nel suo lento scor-

rere verso il mare. Una quantità modesta deriva da apporto eolico essendo più del 98% della superficie del continente antartico coperta dal ghiaccio. I sedimenti sono composti per buona parte da materiale derivante dalla produzione biologica che avviene negli strati più superficiali del mare dove la luce solare riesce a penetrare consentendo i processi di fotosintesi e quindi la vita. Alghe, pesci, crostacei ed una varietà di micro-organismi completano il loro ciclo vitale nei primi metri della colonna d'acqua, al termine della quale precipitano sul fondo. È evidente che la composizione del materiale che compone i sedimenti dipende dalle condizioni chimico-fisiche dell'acqua di mare, che risentono delle caratteristiche della sovrastante atmosfera e quindi, delle condizioni climatiche. Pertanto come per le sequenze di ghiaccio, anche nei sedimenti sono registrate le informazioni sulle variazioni climatiche. Sebbene rispetto alle carote di ghiaccio lo studio dei sedimenti comporti una minore risoluzione temporale, essi consentono però di studiare periodi di tempo molto più lunghi (diversi milioni di anni), ed inoltre consentono di eseguire correlazioni con campioni provenienti da tutte le latitudini.

2 L'EVOLUZIONE PROGETTUALE

2.1 L'approccio scientifico

L'ISMAR di Bologna da circa 15 anni coordina progetti, con l'obiettivo di analizzare i processi sedimentari attuali e passati in Antartide. I progetti sono nati dal presupposto che clima e condizioni ambientali del nostro pianeta influenzano e sono a loro volta influenzate dal sistema marino nel suo complesso. Pertanto, anche gli elementi biologicamente importanti negli oceani, come carbonio, silicio, azoto e fosforo, sono coinvolti nei processi climatici.

Nel tempo, i progetti hanno subito una evoluzione per ciò che concerne gli obiettivi e lo sviluppo tecnologico-scientifico. Il primo tra questi: "RossMize" (1993-1996), caratterizzato da un'impostazione prettamente applicativa, era rivolto all'acquisizione di un consistente

numero di campioni al fine di caratterizzare il contesto ambientale. Successivamente durante Bioseso I (1996-1999), sono stati configurati nella versione attuale i due ancoraggi fissi (A e B) nella piattaforma continentale del Mare di Ross e, per la prima volta al mondo, è stato posizionato un ancoraggio oceanico di lunghezza superiore a 3000 metri.

Nel corso del progetto Bioseso II (2000-2003), sono state introdotte due sostanziali novità: le misure da telerilevamento e la modellistica. In tal modo è stato possibile ottenere informazioni sui mari Antartici servendosi unicamente di immagini satellitari, ottenendo a costi notevolmente inferiori osservazioni per l'intero anno. Uno degli obiettivi del progetto è stata proprio la taratura dei dati telerilevati attraverso la calibrazione con misure prese in situ. Oltre a questo, è stato applicato un modello ecologico, per parametrizzare la risposta dell'ecosistema Antartico alle variazioni ambientali. Il progetto attualmente attivo: "Abioclear" (2005-2008), si propone di valutare l'impatto del Mare di Ross sulla circolazione globale attraverso la stima di bilanci di massa in un'area discreta della piattaforma continentale.

2.2 Il patrimonio acquisito

Tanti anni di attività in Antartide hanno prodotto un consistente patrimonio di dati e campioni che potranno essere utilizzati per ricerche future. Di particolare rilevanza sono le lunghe serie temporali di dati acquisiti nei siti di ancoraggio fissi (mooring). Questi sono catene strumentate (Fig. 1) che permettono di effettuare studi quali-quantitativi dei flussi verso il fondo del materiale particellato e delle correnti oceaniche.

I dati sono acquisiti, nel corso di un intero anno, a diversi intervalli temporali: 10/15 giorni per il campionamento del particellato marino, fino all'acquisizione ½ ora per i parametri oceanografici,

Nella camera fredda dell'ISMAR di Bologna sono archiviate e disponibili per studi futuri, ca. 150 campioni di sedimento (carote, box cores e benne) provenienti dalla piana abissa-

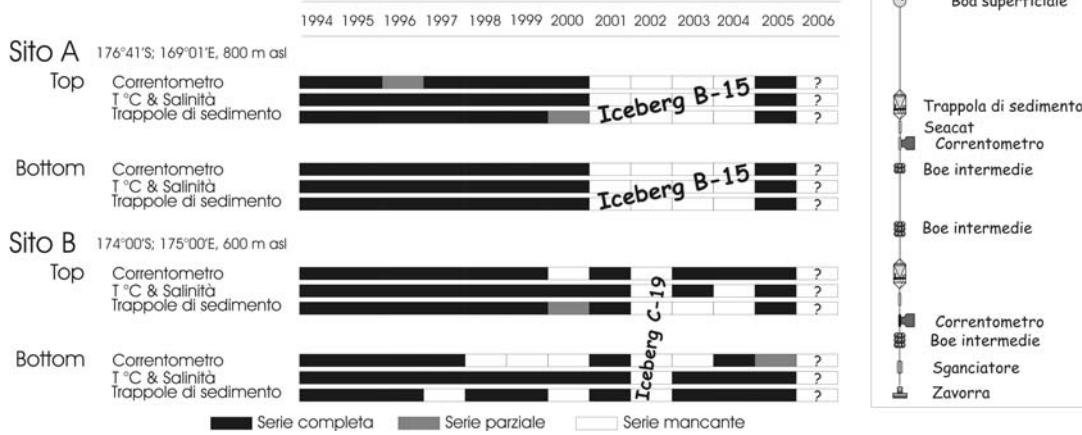


Figura 1: Elenco dei metadati acquisiti tra il 1994 ed il 2006 nei mooring A e B. Sulla destra esempio di configurazione di un mooring.

le compresa tra la Nuova Zelanda e l'Antartide e dalla piattaforma continentale del Mare di Ross.

2.3 I risultati principali

La mole di dati e campioni acquisita ha portato alla pubblicazione di numerosi lavori scientifici su riviste internazionali.

La Fig 2 mostra un esempio di caratterizzazione del flusso verticale del particolato calcolato in un mooring nel Mare di Ross.

È stato possibile stabilire la diretta relazione tra flussi di particolato e le diverse specie fitoplanctoniche che caratterizzano le acque più superficiali. Inoltre è stata valutata l'importanza degli apporti laterali dovuti essenzialmente

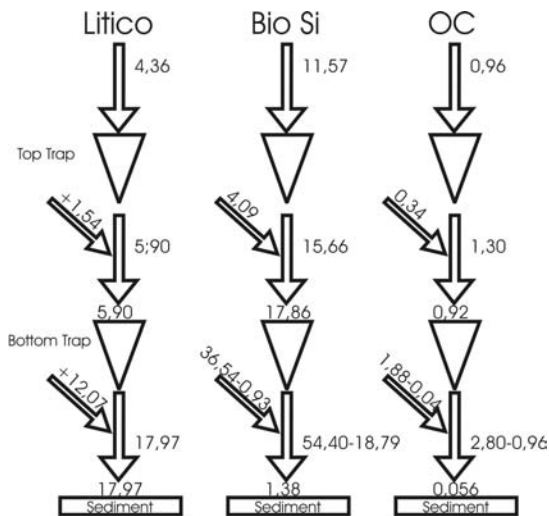


Figura 2: Flussi nella colonna d'acqua e tassi di accumulo ($gm^{-2} a^{-1}$) nel sedimento per la componente litica, silice biogenica e carbonio organico in un mooring del Mare di Ross (Frignani *et al.*, 2003).

a flussi non verticali ed a fenomeni di risospensione. Si è osservato che sebbene il Mare di Ross possa essere considerato un'area ad elevata produttività, solo una piccola parte di quanto prodotto raggiunge il sedimento sottostante, e che l'efficienza d'esportazione dipende dai processi di dissoluzione e degradazione che, a loro volta, sono legati dalle caratteristiche chimico/fisiche dell'acqua e dalla velocità di caduta (Frignani *et al.*, 2003).

La comprensione delle dinamiche del particolato, e del loro legame con l'ambiente, ha permesso di ricostruire l'evoluzione climatica

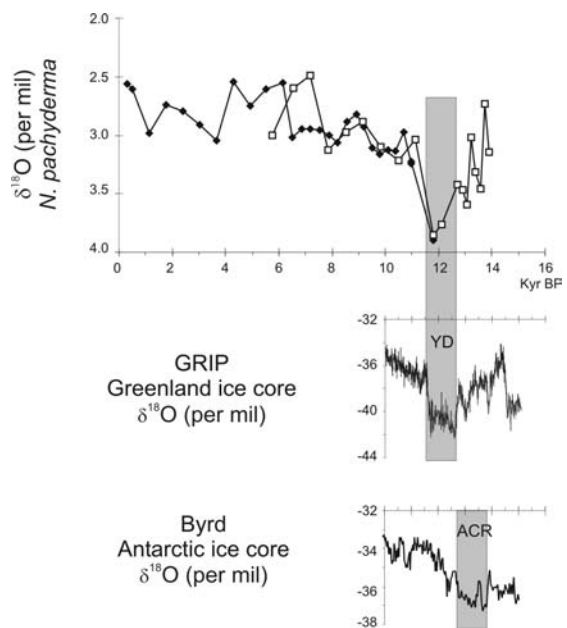


Figura 3: Profilo di $d^{18}O$ di 2 carote del settore Pacifico dell'Oceano meridionale comparate con uguali profili di carote di ghiaccio dell'emisfero settentrionale (GRIP) e meridionale (Byrd). (Morigi *et al.*, 2003).

registrata nei sedimenti degli ultimi 10 cicli glaciali (ca. 800.000 anni BP; Giuliani *et al.*, submitted).

Ad esempio lo studio microfaunistico e degli isotopi stabili di carote di sedimento provenienti dal settore Pacifico dell'Oceano Meridionale ha consentito di identificare la presenza dello *Younger Dryas*, evento freddo, avvenuto ca 14.000 anni BP, documentato nell'emisfero settentrionale (Morigi *et al.*, 2003; Fig. 3).

In questo modo è stato possibile rimettere in discussione il concetto di disaccoppiamento climatico tra emisfero meridionale e settentrionale che si riteneva avvenire all'altezza dell'equatore.

Inoltre sono state studiate le sequenze di sedimento provenienti dalla piattaforma continentale del Mare di Ross al fine di contribuire alla comprensione delle dinamiche della calotta glaciale Antartica durante il Quaternario. Studi interdisciplinari concernenti la cronologia dei sedimenti, la morfologia dei fondali e l'intensità delle correnti oceaniche hanno permesso di individuare le zone a più alto accumulo (velocità di sedimentazione 1,4 - 38 cm ka^{-1} ; Frignani *et al.*, 1998; Orsini *et al.*, 2003; Finocchiaro *et al.*, 2005), dove è possibile effettuare indagini paleoclimatiche ad alta risoluzione dell'ultimo ciclo glaciale interglaciale. Questo ha permesso di ricostruire le principali fasi di contrazione ed espansione della calotta glaciale.

3 RICERCHE FUTURE

A tutt'oggi risultano ancora molto incomplete le informazioni sulle variazioni climatiche a breve scala a causa della mancanza di inequivocabili dati geologici e di accurato controllo cronologico degli eventi. Queste incertezze influenzano naturalmente anche le nostre capacità di sviluppare modelli previsionali sulle evoluzioni climatiche a scala globale. Per questo nel futuro le ricerche saranno rivolte all'acquisizione di lunghe serie temporali di dati necessari a testare i modelli ecologici. I nostri sforzi sono indirizzati verso studi

ad alta ed altissima risoluzione al fine di studiare i cicli climatici a breve e brevissima scala, delle vere e proprie finestre degli scenari climatici futuri. A tal fine si stanno testando nuovi metodi per migliorare il controllo cronologico degli eventi lavorando su specifiche matrici organiche.

4 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Finocchiaro F., Langone L., Colizza E., Fontolan G., Giglio F., Tuzzi E., 2005. Record of the Early Holocene warming in a laminated sediment core from Cape Hallett bay (Northern Victoria Land, Antarctica). *Glob. & Plan. Chan.*, 45: 193-206.
- Frignani M., Giglio F., Accornero A., Langone L., Ravaioli M., 2003. Sediment characteristics at selected sites of the Ross Sea continental shelf: does the sedimentary record reflect water column fluxes? *Antar. Sci.*, 15(1): 133-139.
- Giglio F., Giuliani S., Langone L., Frignani M., Capotondi L., Ravaioli M., Shemesh A., 2007. Late pleistocene-Holocene High resolution Paleoclimatic Inferences in northern Joides Basin Ross Sea (Antarctica), submitted.
- Giuliani S., Shemesh A., Yam R., Giglio F., Capotondi L., Frignani M., Ravaioli M., Langone L., 2007. The isotope composition of diatom-bound organic matter in the Pacific sector of the Southern Ocean (Antarctica) during the late Quaternary. *Palaeog., Palaeoclim, Palaeoec.*, submitted.
- Morigi C., Capotondi L., Giglio F., Langone L., Brilli M., Turi B., Ravaioli M., 2003. A possible record of the Younger Dryas event in Deep-Sea sediments of the Southern Ocean (Pacific Sector). *Palaeog., Palaeoclim, Palaeoec.*, 198: 265-278.
- Orsini G., Giglio F., Langone L., Ravaioli M., 2003. Paleoenvironmental Inferences from core Anta95-1 (Granite Harbor, Sw Ross Sea – Antarctica). *Terra Antarctica rep.*, 8: 133-138.