

L'ANTARTIDE NEL PERCORSO ESPOSITIVO DELLA MOSTRA

PRESENTAZIONE DEL CONTINENTE

L'Antartide è il quinto per superficie dei sette continenti. La sua forma quasi circolare è interrotta dal lungo braccio della Penisola Antartica che si protende verso il continente Sudamericano e da due grandi insenature, i mari di Ross e di Weddell, con le loro piattaforme di ghiaccio.

Il continente più vicino è il Sud America, che si trova a circa 1.000 km di distanza, separato da uno dei più pericolosi tratti di mare del mondo - lo stretto di Drake. L'Australia è a 2.500 km di distanza e il Sud Africa a 3.800 km.

Il continente ha una superficie di 12,1 milioni di chilometri quadrati (circa una volta e mezzo quella degli Stati Uniti e 45 volte quella dell'Italia). Le piattaforme galleggianti occupano una superficie di 1,7 chilometri quadrati. In inverno, intorno all'Antartide si forma di un'estesa fascia di ghiaccio marino che può raggiungere anche i 20 milioni di chilometri quadrati. Il vero confine dell'Antartide non è la costa del continente stesso o le isole circostanti, ma la convergenza antartica.

Geografia dell'Antartide

Il continente viene distinto in Antartide orientale, con una superficie maggiore e Antartide occidentale, meno estesa e comprendente anche la Penisola Antartica. Esse sono separate dalla catena delle Montagne Transantartiche che attraversa l'intero continente.

Oltre il 98 per cento dell'Antartide è ricoperto di ghiaccio che rappresenta circa l'80% per cento di acqua dolce del mondo. A causa della spessa copertura di ghiaccio, l'Antartide è il più elevato di tutti i continenti, con un'altitudine media di circa 2.500 m. Il punto più elevato del continente è il Massiccio di Vinson, 4.892 metri sul livello del mare; la fossa subglaciale di Bentley nell'Antartide occidentale, raggiunge una profondità di 2.538 metri sotto il livello del mare.

Se la calotta di ghiaccio scomparisse, l'Antartide apparirebbe come un continente con catene montuose, valli, pianure, bacini e mari interni ed isole; mentre l'Antartide occidentale apparirebbe come un vasto arcipelago.

La calotta antartica è sempre in movimento. I ghiacciai, enormi fiumi di ghiaccio, fluiscono dall'interno del continente e raggiungono le coste. Al termine del loro percorso, i ghiacciai si protendono in mare e formano lingue di ghiaccio che talvolta confluiscono a formare estese piattaforme di ghiaccio. La più grande è la Piattaforma di Ross che ha circa l'estensione della Francia. Quando le lingue di ghiaccio e le piattaforme queste si frantumano, ai bordi estremi, si formano grandi *iceberg* tabulari che si disperdono in mare.

Il Clima dell'Antartide

L'Antartide è il luogo più freddo della Terra, caratterizzato da bassissime temperature durante tutto l'anno. Nell'Agosto 2010 è stata rilevata da satellite sul plateau antartico la temperatura più bassa, pari a meno 93,2 gradi centigradi.

Il continente antartico è battuto da improvvise e violente tempeste di vento (vento catabatico). Spinte dalla forza di gravità le fredde e dense masse d'aria dell'altopiano antartico precipitano violentemente verso il basso lungo i crinali e penetrano nell'Oceano Antartico mantenendo la loro forza per lunghe distanze dalla costa. Presso la base francese Dumont d'Urville è stata registrata una velocità del vento di 320 km/h.

La Convergenza Antartica

La Convergenza Antartica segna il vero bordo esterno dell'Antartide. Si tratta di una fascia dell'ampiezza di alcune decine di chilometri che circonda l'Antartide fra i 40° e 60° Sud, percorsa da una intensa corrente in senso orario. La sua posizione è alquanto variabile, ma essa è un fenomeno permanente.

La differenza di temperatura e composizione chimica è sufficiente per creare una barriera fra l'Oceano Meridionale, al suo interno, e gli oceani Atlantico, Pacifico ed Indiano, all'esterno, isolando quasi completamente il continente antartico.

La convergenza antartica, esiste da circa 20 milioni di anni. Durante questo periodo ci sono stati pochi scambi di vita marina da un lato all'altro. Ciò rende l'Antartide un'area geografica unica per gli studi sulla evoluzione e l'adattamento degli organismi.

L'Italia in Antartide

L'Antartide è sede di fenomeni estremi: i venti al suolo possono arrivare a soffiare per giorni a velocità superiori a quelle di un uragano (300 Km/h); le temperature al suolo possono scendere per settimane sotto i -80 °C in inverno nel cuore del continente; la situazione meteorologica può variare in poche ore dalla calma di vento ad una pericolosa tempesta.

E' facile intuire come in un luogo così ostile qualunque attività sia tutt'altro che semplice. Ecco perché lo svolgimento di programmi scientifici in Antartide antartici ha sempre coinvolto una forte componente logistica: portare uomini e mezzi in Antartide, costruire basi di appoggio per realizzare ricerche scientifiche in mare, su terra ed in aria, allestire osservatori e campi di ricerca in zone remote e distanti dalla costa sono operazioni realizzabili in sicurezza soltanto disponendo di un efficiente sistema di supporto logistico.

Questo concetto appare chiaro nello schema dettagliato e adeguato all'impresa, redatto dall'Ing. Celio Vallone, primo responsabile dell'attuazione del Programma Antartico Italiano che il Governo si accingeva ad intraprendere.

Il percorso cronologico della mostra inizia proprio con la presentazione in originale di questi manoscritti che rappresentano una proiezione di quello che sarà l'organizzazione operativa del futuro PNRA, le necessità logistiche in Italia e sul continente, i mezzi e gli uomini per realizzare l'impresa e le relazioni internazionali da concretizzare al più presto per fornire all'impresa Italiana il più adeguato supporto internazionale.

Questo concetto è stato anche alla base di tutta l'opera dell'Ing. Mario Zucchelli per quasi un ventennio. Con lui le collaborazioni con i programmi antartici si sono intensificate notevolmente, avviando, fra l'altro, l'accordo di cooperazione con la Francia che porterà, fra il 1993 e il 2005, alla realizzazione della stazione Concordia, una delle tre basi permanenti sul plateau antartico ed ancor oggi l'unica stazione del continente compiutamente condivisa tra due nazioni.

L'intenzione del percorso cronologico espositivo è di permettere al visitatore di comprendere lo sforzo logistico che è stato necessario nei 30 anni trascorsi, per sviluppare e mantenere in efficienza una struttura logistica che include la Stazione Mario Zucchelli, quella italo-francese Concordia, i vari mezzi navali ed aerei utilizzati nelle spedizioni italiane in Antartide ed il supporto alle innumerevoli ricerche scientifiche finanziate dal PNRA svolte nelle Basi, sulle navi e nei campi remoti in Antartide.

PRIMA SEZIONE - LA GEOLOGIA DELL'ANTARTIDE

Antartide, un continente sepolto sotto i ghiacci è tuttora il meno conosciuto dal punto di vista geologico. Le Montagne Transantartiche, che affiorano ampiamente nella Terra Vittoria settentrionale, dove si trova la stazione italiana Mario Zucchelli, rappresentano una zona chiave per comprendere l'evoluzione geologica dell'intero continente Antartico. La catena delle Montagne Transantartiche divide l'Antartide in due settori: l'Antartide orientale, costituita da rocce dell'antico scudo antartico, più antiche di 3,6 miliardi di anni, e l'Antartide occidentale, costituita da rocce molto più recenti, che raccontano la storia degli ultimi 500 milioni di anni.

Le ricerche geologiche italiane si svolgono principalmente nella zona della Terra Vittoria settentrionale e, nell'ambito di accordi internazionali, in aree più remote come la Terra Adélie, lo Shackleton Range, la Terra della Regina Madre, la Penisola Antartica oltre che nelle aree marine periantartiche.

La ricerca italiana ha dato un notevole contributo alla conoscenza di queste aree avviando sin dagli inizi un vasto programma di rilievi geologici, geomorfologici, glaciologici e geofisici che hanno portato sia alla produzione di una preliminare quanto indispensabile cartografia tematica, sia alla elaborazione di modelli sull'evoluzione geologica della Terra Vittoria Settentrionale. Studi di laboratorio sulla natura, composizione, ed età delle rocce, associati alle osservazioni di terreno, hanno portato a riconoscere questa zona come il prodotto di una collisione continentale avvenuta circa 600-500 milioni di anni fa. La scoperta di eclogiti, rocce particolari che hanno registrato pressioni corrispondenti a più di 100 km di profondità, testimonia la complessa storia evolutiva di questo margine continentale.

Lungo la catena Transantartica, intrusioni e colate di magmi di circa 180-160 milioni di anni testimonia gli inizi della frammentazione del supercontinente Gondwana, al cui centro si trovava l'Antartide, e che porterà infine, circa 25 milioni di anni fa, all'isolamento dell'Antartide, all'instaurarsi di una corrente oceanica circumantartica e alla glaciazione del continente.

L'attività di ricerca è stata svolta anche nell'ambito di impegnativi programmi internazionali quali, ad esempio **GIGAMAP** (German Italian Geological Antarctic Map Program) e **GITARA** (German Italian Aeromagnetic Research in Antarctica) in collaborazione anche con ricercatori, statunitensi e neozelandesi. L'esplorazione geologica e geofisica dei margini continentali, del Mare di Ross e della Penisola Antartica (con la nave da ricerca OGS/Explora) ha portato a riconoscerne e delinearne le strutture profonde, le discontinuità e le zone di transizione.

La ricostruzione stratigrafica delle serie marine è stata la base per impegnativi programmi di perforazione. L'Italia ha partecipato ai progetti di perforazione profonde delle sequenze sedimentarie quali **Cape Roberts Project** e **ANDRILL** (Antarctic geological Drilling) che hanno fortemente contribuito alla ricostruzione della storia climatica degli ultimi 34 milioni di anni.

SECONDA SEZIONE - IL PALEOCLIMA

L'Antartide è il luogo unico per ricostruire la storia climatica recente del Pianeta attraverso lo studio dei ghiacci continentali e dei sedimenti che si sono accumulati al margine del continente. Le bolle d'aria racchiuse nel ghiaccio a diverse profondità conservano la memoria della composizione chimica dell'atmosfera del passato e possono essere prelevate ed analizzate mediante perforazioni profonde del ghiaccio.

I sedimenti marini invece sono gli unici che possono fornire indicazioni di come i cambiamenti climatici hanno influito sulla composizione (acidità) e temperatura degli oceani. Inoltre, a differenza dei ghiacci, essi possono conservarsi per milioni di anni sotto e ai bordi della calotta Antartica e ci permettono quindi di leggere la storia del nostro pianeta, andando molto indietro nel tempo.

L'Italia ha partecipato al progetto EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) che ha permesso, mediante l'analisi di carote di ghiaccio lunghe fino a 3270 m, estratte presso la stazione Concordia, la ricostruzione climatica dettagliata degli ultimi 800.000 anni mettendo in evidenza otto cicli climatici naturali della durata di circa 100.000 anni.

Per quanto riguarda le perforazioni del ghiaccio si deve anche ricordare TALDICE a Talos Dome, a guida italiana, che ha raccolto un dettagliato record stratigrafico nel ghiaccio degli ultimi 320 mila anni

Fondamentale è stato anche il contributo all'iniziativa internazionale ITASE tesa a realizzare traverse di superficie e perforazioni superficiali per la raccolta di informazioni sulle ultime centinaia d'anni del clima.

Le perforazioni profonde dei sedimenti marini, anche queste frutto di collaborazioni internazionali (progetti ANDRILL, Cape Roberts Project), hanno fornito, nel Mare di Ross indicazioni sulle cause dei cambiamenti climatici sul lungo periodo (milioni di anni) e su come questi abbiano influito sulla composizione e temperatura degli oceani negli ultimi 34 milioni di anni.

TERZA SEZIONE - BIODIVERSITA' E ADATTAMENTO

L'isolamento geografico dell'Antartide, il suo progressivo raffreddamento e la formazione della calotta glaciale hanno provocato l'estinzione di molte specie che popolavano in precedenza sia il continente che le acque marine circostanti. Solo alcuni organismi in grado di adattarsi alle nuove condizioni climatiche sono sopravvissuti, diversificandosi per dare origine alle specie che oggi troviamo negli ambienti antartici.

Le ricerche italiane hanno contribuito in modo sostanziale a indirizzare gli studi sui temi della biodiversità e dell'adattamento biologico alle condizioni estreme.

In Antartide la vegetazione è limitata a circa 350 specie di licheni per lo più muschi e alghe. In alcuni luoghi le rocce sono colonizzate da vivaci escrescenze rosse, arancio e gialle di licheni. Durante l'estate, licheni verdi che crescono sulla roccia nuda possono raggiungere l'altezza di alcuni centimetri e dare, a distanza, l'impressione di un prato scuro. In Penisola Antartica si trovano anche tre specie di piante da fiore.

Non ci sono vertebrati sul continente. Tutti i vertebrati vivono in mare o sono specie migratorie che lasciano il continente durante l'inverno. I più grandi animali terrestri antartici sono invertebrati delle dimensioni di pochi millimetri. Questi animali, come gli acari e i vermi nematodi, sopravvivono alle basse temperature invernali congelandosi sotto rocce e pietre diventando di nuovo attivi in estate quando il ghiaccio fonde nuovamente. Essi vivono in gran parte nella Penisola Antartica.

Al contrario delle aree continentali, gli oceani che circondano l'Antartide sono pieni di vita. Grandi quantità di krill, il gamberetto antartico, sostengono una abbondante fauna ittica, incluse orche e balene. In Antartide vivono e si riproducono sei specie di foche e 12 specie di uccelli.

Un elemento fondamentale per l'ecosistema antartico è il ghiaccio marino. E' il ciclo stagionale di formazione e disfaccimento della superficie ghiacciata del mare che controlla la salinità dell'acqua, la disponibilità di luce, la produzione di fitoplancton, lo

sviluppo del krill (*Euphausia superba*) e degli animali che se ne nutrono. Il ghiaccio influenza anche le fasi riproduttive e lo sviluppo di alcune specie come, ad esempio, il pesce *Pleuragramma antarctica*.

Nell'area di Baia Terra Nova, prospiciente la base italiana Mario Zucchelli, la presenza di una *polynya* (zona marina permanentemente libera dai ghiacci) ha permesso lo sviluppo di un ecosistema unico per biodiversità. I risultati delle ricerche svolte in questo trentennio dal PNRA hanno permesso di ottenere per due siti costieri di questa parte del Mare di Ross lo status di Aree Antartiche Specialmente Protette (ASPAs), importanti passi in avanti nella tutela dell'ambiente antartico.

Nel percorso vengono illustrate le ricerche condotte sull'ecosistema dei fondali marini, sugli adattamenti dei pesci e degli altri abitanti dell'oceano antartico, sul ruolo del krill, e sulle incredibili capacità di sopravvivenza di forme di vita estreme, che potrebbero avere (o aver avuto) analogo sul pianeta Marte, o, come nel caso delle forme di vita scoperte nei laghi subglaciali, sotto la superficie ghiacciata delle lune di Giove, Europa e Ganimede.

QUARTA SEZIONE - CAMBIAMENTI GLOBALI

Nel quadro del PNRA, lo studio dei Cambiamenti climatici si basa su una estesa e completa rete di osservazioni in atmosfera ed in mare che si è sviluppata ed integrata nel corso degli anni. Le misure di radiazione solare, trasparenza atmosferica, i dati meteorologici ed i sondaggi LIDAR hanno costituito il nucleo portante della ricerche atmosferiche in Antartide. In questo quadro, tecniche di campionamento d'avanguardia hanno consentito di studiare le caratteristiche di chimiche dell'atmosfera responsabili dei cambiamenti climatici. Il Network di Radar ottici (LIDAR), palloni sonda e misure a terra nelle stazioni USA Amundsen Scott e McMurdo e in quella francese Dumont d'Urville, hanno permesso di sondare l'ozono e gli aerosol atmosferici connessi al bilancio di radiazione del pianeta. Lo studio dei vari costituenti atmosferici, degli aerosol, delle loro reciproche interazioni e dei loro effetti climatici hanno apportato nuove conoscenze sul bilancio di energia solare in Antartide. Le misure dei radar acustici SODAR nello strato limite fra suolo ed atmosfera hanno permesso di valutare i meccanismi di scambio di energia e di valutarne i flussi. La straordinaria impresa dei voli nel vortice polare dell'aereo stratosferico M55-Geophysica, ha consentito di studiare *in loco* i meccanismi di distruzione e rigenerazione dell'ozono stratosferico e di verificarne l'andamento nel tempo anche in relazione all'applicazione del Protocollo di Montreal per quanto riguarda i CFC.

L'Oceano Antartico è il motore della circolazione oceanica. Ogni variazione del suo stato si riflette direttamente sulle modificazioni del clima del pianeta. Le campagne oceanografiche italiane affrontano la formazione e la dinamica delle acque antartiche e il loro impatto climatico. Rilievi effettuati ad ogni traversata fra la Nuova Zelanda e l'Antartide hanno consentito di delineare la struttura idrologica dell'oceano ed i fronti che caratterizzano il sistema antartico. E' stato studiato il ruolo delle *polynya* come fabbriche di ghiaccio e quantificato il calore ceduto dalla superficie del Mare di Ross, che viene compensato dall'apporto di calore delle correnti marine profonde. Una particolare attenzione viene dedicata allo studio delle aree costiere ai confini con il ghiaccio per la loro fondamentale importanza sulla vita marina. Fra i numerosi risultati delle campagne oceanografiche si è verificato che, contrariamente alle aspettative, l'Oceano Antartico non è solo un pozzo di CO₂ ma talvolta ne risulta una sorgente. Inoltre, le campagne oceanografiche italiane hanno confermato la preoccupazione che il riscaldamento del clima provochi un'inibizione di quel processo di formazione delle acque di fondo e richiamo di acque temperate che gioca un ruolo determinante nell'evoluzione del clima del pianeta.

QUINTA SEZIONE - LO SPAZIO VISTO DALL'ANTARTIDE

L'Antartide è un luogo privilegiato per effettuare osservazioni astronomiche e di fisica dello spazio. Le ragioni risiedono:

- nella trasparenza atmosferica nell'Infrarosso e nelle microonde;
- nella stabilità delle condizioni ambientali (ad es. la lunga notte antartica) che consente di sfruttare al meglio il tempo di osservazione;
- nella mancanza di inquinamento luminoso e disturbi a radiofrequenza, essenziali per ottenere una sensibilità elevata;
- nella possibilità di osservare una sorgente (ad esempio il Sole durante l'estate australe) o una regione di cielo continuamente per lungo tempo.

La stazione Concordia si trova in uno dei migliori siti sulla superficie terrestre per effettuare osservazioni astrofisiche. Ciò è stato comprovato da diverse campagne di misura (*site testing*) delle proprietà atmosferiche, effettuate da parte dei ricercatori prima dell'installazione dei telescopi.

Il telescopio infrarosso IRAIT da 80 cm è dedicato alla caratterizzazione del cielo sopra il plateau antartico e allo studio di: sistemi stellari negli stadi finali della loro evoluzione; regioni di formazione stellare; sistemi planetari e pianeti extrasolari.

Il telescopio COCHISE di 2.6 metri di diametro è dedicato ad osservazioni di cosmologia in banda millimetrica e sub-millimetrica.

Lo studio della Radiazione Cosmica a Microonde (CMB) fornisce informazioni sull'universo primordiale e sul Big Bang. La CMB è stata osservata anche in Antartide per studiarne le proprietà. Sono state effettuate misure di emissione assoluta in banda radio e misure di polarizzazione (ad esempio l'esperimento MiPol). BOOMERanG, osservando a bordo di un pallone stratosferico, ha realizzato le prime mappe dettagliate dell'universo primordiale.

Il Polo Sud magnetico, che si trova in Antartide, permette l'ingresso dei raggi cosmici di energia più bassa. Lo studio delle interazioni fra le particelle ionizzate provenienti dal Sole e la magnetosfera si può effettuare in modo più efficiente dall'Antartide. Apparati sensibili al campo magnetico terrestre (magnetometri) o alle condizioni della ionosfera (ad esempio radar ionosferici, sistemi GPS e reti di radar coordinate, come SuperDARN), consentono studi particolarmente dettagliati.