

# Aspetti periglaciali del territorio di Baia Terra Nova\* (Antartide)

Carlo Baroni\*\* e Giuseppe Orombelli\*\*\*

La Baia Terra Nova è un'ampia insenatura del Mare di Ross, al margine orientale delle Montagne Transantartiche. È delimitata a N dal cono vulcanico del M. Melbourne (2732 m) e dalla penisola di Capo Washington (74°39' S), a W dai rilievi di Northern Foothills, da Inexpressible Island e dalla piattaforma di ghiaccio Nansen ed a S dalla enorme lingua di ghiaccio galleggiante Drygalski (oltre 75° S), che, generata dal ghiacciaio David, si spinge in mare per circa 60 km.

Numerose valli glaciali, sviluppate per varie decine di km, attraversano le Montagne Transantartiche; al loro interno fluiscono «fiumi di ghiaccio» che, alimentati dalla calotta (*inlandsis*) estantartica, raggiungono il mare dando origine a lingue o a piattaforme di ghiaccio galleggianti. I ghiacciai che attraversano le Montagne Transantartiche sono definiti «ghiacciai di sbocco»; tra questi, quelli che raggiungono Baia Terra Nova sono, oltre al già citato David, i ghiacciai Campbell, Priestley e Reeves. Il primo, che fluisce tra le Northern Foothills e il M. Melbourne, dà origine ad una lingua di ghiaccio galleggiante che si spinge per una dozzina di chilometri nella Baia Terra Nova. I ghiacciai Priestley e Reeves, invece, si saldano dando origine alla piattaforma di ghiaccio galleggiante Nansen, delimitata ad oriente dalle Northern Foothills e da Inexpressible Island.

Lungo i margini costieri delle Montagne Transantartiche e nelle zone comprese tra le valli occupate dai ghiacciai di sbocco (Deep Freeze Range, Eisenhower Mountains e Prince Albert Mountains), si sviluppano aree più o meno ampie, prive di ghiacci.

Le aree deglacciate possono ospitare piccoli ghiacciai locali, originati per accumulo di neve trasportata dal vento, deposta in depressioni o a ridosso di ostacoli. Le principali zone prive di copertura glaciale o nevosa sono state osservate a Inexpressible Island (q. max 390 m), sulle Northern Foothills (cima più elevata il M. Abbott, 1022 m), sulla Deep Freeze Range (M. Hewson, 3720 m), sull'Eisenhower Range (2770 m), sulle Prince Albert Mountains (M. Nansen, 2737 m) e sui versanti settentrionale e orientale del M. Melbourne, nella Baia di Wood. Aree deglacciate di minore estensione sono distribuite un po' ovunque e sono spesso costituite da *nunatak* (rilievi rocciosi isolati dai ghiacci), molto diffusi nella regione.

I rilievi posti tra i ghiacciai di sbocco presentano prevalentemente una morfologia di tipo alpino, con ghiacciai ramificati che si immettono nelle valli principali.

Le coste sono in genere alte, rocciose, intaccate da numerose insenature di varie dimensioni, con depositi litorali costituiti prevalentemente da ciottoli e blocchi arrotondati. In numerose località sono presenti depositi di spiagge emerse oloceniche, che contribuiscono a raddolcire la morfologia della fascia litorale.

I ghiacci marini si sviluppano per ampi tratti e permangono nelle insenature costiere anche in parte dei mesi estivi; a stagione inoltrata tendono però a scomparire totalmente, lasciando ad esclusiva testimonianza del loro passato sviluppo un «piede di ghiaccio» saldato alla linea di costa (fig. 1).

L'Antartide è un deserto polare. Nei tratti costieri della Terra Vittoria meridionale il clima è contraddistinto da temperature medie mensili comprese tra  $-2/-5^{\circ}\text{C}$  (gennaio) e  $-26/-30^{\circ}\text{C}$  (agosto) e da temperature medie annue prossime a  $-17/-19^{\circ}\text{C}$ .

Le precipitazioni nevose sono assai scarse ed equivalenti a 100/200 mm d'acqua.

Il territorio di Baia Terra Nova è tra le regioni più ventose dell'Antartide. Masse d'aria fredda e secca scendono dall'altipiano estantartico (venti catabatici) e si incanalano nelle principali valli aperte dai ghiacciai di sbocco. Velocità superiori a 100 chilometri orari sono frequenti.

Nelle aree deglacciate di Baia Terra Nova e dei territori costieri limitrofi i principali agenti morfogenetici sono quelli di tipo periglaciale (CALKIN & NICHOLS 1972, EMBLETON & KING 1985, WASHBURN 1979, QINGSONG 1983, DESIO 1984, SELBY 1985, OROMBELLI 1986, CAMPBELL & CLARIDGE 1987).

Le condizioni che caratterizzano l'ambiente periglaciale sono costituite dalla presenza di suolo permanentemente gelato (*permafrost*)<sup>(1)</sup> e dall'azione dei cicli di gelo/disgelo.

Come noto (EMBLETON & KING 1975, CASTIGLIONI 1979, WASHBURN 1979, OROMBELLI 1983), la temperatura del suolo è differente dalla temperatura dell'aria soprastante, ma, almeno in prima approssimazione, esiste una certa corrispondenza tra il regime termico del suolo e quello dell'atmosfera a contatto con esso. Se la temperatura media annua è inferiore di qualche grado a  $0^{\circ}\text{C}$ , anche il suolo, ad esclusione del livello superficiale più facilmente soggetto a variazioni termiche, risulta essere permanentemente gelato. La porzione superiore del terreno, soggetta a disgelo estivo, costituisce il cosiddetto «strato attivo».



Fig. 1 - Adelie Cove. I ghiacci marini che si sviluppano nelle insenature, durante la stagione estiva (dicembre - febbraio) tendono a scomparire totalmente, lasciando a testimonianza del loro passato sviluppo, un «piede di ghiaccio», visibile nella foto, saldato alla linea di costa. Foto ripresa il 28/12/86.

\* Lavoro svolto nell'ambito del «Programma Nazionale di Ricerche in Antartide», coordinato dal Ministro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica. Si ringrazia il prof. F. Dramis per la lettura critica del testo.

\*\* Museo Civico di Scienze Naturali, Brescia.

\*\*\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano e Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali - C.N.R.

(1) Il termine inglese *permafrost* è talora tradotto in italiano come «permagelo» (DESIO, 1984).

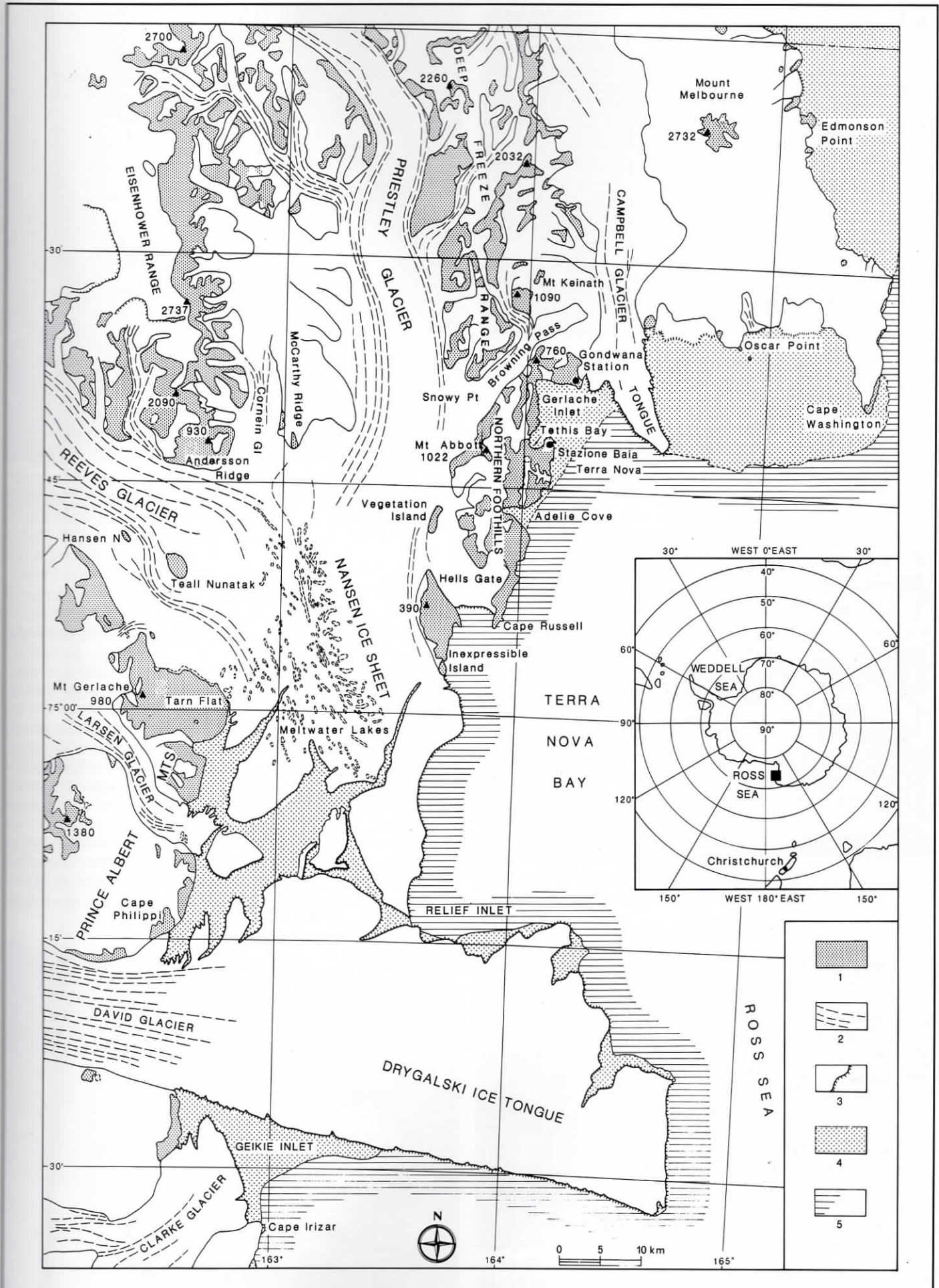


Fig. 2 - Il territorio di Baia Terra Nova (da OROMBELLI, 1986, modificato). 1: rilievi non ricoperti da ghiaccio. 2: ghiacciai. 3: lingue e piattaforme di ghiaccio galleggianti. 4: ghiaccio marino (banchisa costiera, situazione al dicembre 1963). 5: mare.

In tutto il territorio studiato si è osservata la presenza del *permafrost* e lo spessore dello strato attivo è fortemente variabile. Nei mesi più caldi dell'estate australe (dicembre e gennaio), la superficie superiore del permagelo (*permafrost table*) è stata osservata a profondità variabili da pochi centimetri, alle quote più elevate (per esempio sullo Shafer Pk., intorno a q. 3600), ad alcuni decimetri sulle Northern Foothills. In alcune zone costiere è stata raggiunta a profondità superiori al metro, risultando tra l'altro fortemente condizionata dalla granulometria e dalla litologia dei depositi superficiali (i sabbioni arkosici o i depositi di spiaggia ciottolosi, soprattutto se costituiti da rocce di colore scuro, possono presentare la *permafrost table* a profondità anche alquanto superiori al metro).

Localmente è stata osservata la presenza di acqua al di sopra del limite superiore del permagelo.

Generalmente associati al *permafrost* vi sono i cunei di ghiaccio, sviluppati a partire da fessure del suolo, verticali e variamente profonde che, in superficie, si manifestano con una rete di maglie poligonali (*ice-wedge polygons*, fig. 3). Le maglie di questa rete hanno dimensioni comprese tra alcuni metri e alcune decine di metri. I poligoni sono particolarmente sviluppati ed evidenti sui depositi glaciali del Pleistocene superiore, caratterizzati sulle Northern Foothills da una matrice limosa; sono stati però osservati anche sulle spiagge emerse oloceniche, sulle piroclastiti del M. Melbourne e sugli scisti metamorfici del substrato.



Fig. 3 - Poligoni da cunei di ghiaccio (*ice wedge polygons*) sviluppati su depositi glaciali presso Black Ridge. Foto ripresa il 15/1/87.

Suoli strutturati con forme di minori dimensioni sono caratterizzati da poligoni selezionati (*sorted polygons*), aventi diametri variabili da pochi decimetri a qualche metro. Si tratta di strutture composte da una zona centrale, rigonfia e generalmente arricchita di materiale «fine» e da una fascia perimetrale, sempre costituita da pietrisco, che, ove formato da frammenti allungati o appiattiti, è disposto anche verticalmente nel terreno (fig. 4).

Sulle spiagge sono localmente stati osservati «cerchi di pietre». Sui pendii di Northern Foothills i poligoni selezionati evolvono in suoli striati (*sorted stripes*).

L'azione crioclastica si esplica sia sulle rocce del substrato, sia sui depositi pleistocenici ed olocenici (morene e spiagge emerse). Le forme più caratteristiche connesse all'azione morfogenetica esercitata dal gelo sono costituite da coni e falde di detrito che fasciano il piede di quasi tutte le pareti rocciose della regione. Associati a questi depositi di versante sono spesso anche i *debris flow* («flussi detritici»). Si tratta di colate in massa di detriti che avvengono repentinamente e che sono evidenziate da argini naturali rilevati. Non molto diffusi sono i depositi di detriti trasportati dalle valanghe, anche se per la verità localmente



Fig. 4 - Poligono selezionato (*Sorted polygon*), costituito da una zona centrale rigonfia ed arricchita di materiale «fine» e da una fascia perimetrale costituita da pietrisco. Zona a NW di Gondwana Station, quota 100 m circa s.l.m. Foto ripresa il 19/1/87.

sono state osservate evidenze di questi fenomeni (es. ad Adelie Cove).

Le rocce metamorfiche e, più in generale, tutte le rocce che presentano piani di fratturazione preferenziali sono particolarmente sensibili all'azione del gelo. È molto comune osservare ciottoli e blocchi «fogliettati» per gelivazione, sia sui depositi di spiaggia, sia sulle morene (fig. 5).

Sui rilievi interni di Inexpressible Island sono stati osservati «terrazzi di crioplanazione» (*goletz*, in russo). Si tratta di ripiani lunghi oltre cento metri, larghi fino a una decina di metri e separati da scarpate alte qualche metro. Si ritiene siano modellati sui versanti rocciosi per azione combinata del gelo e della neve («nivazione»).

Alla sommità e lungo i versanti debolmente inclinati di alcuni rilievi di Baia Terra Nova, sono localmente presenti «campi di pietre» (*Blockfields* o *Felsenmeere*). Si tratta di aree ricoperte da blocchi di forma angolare o sub-angolare, evoluti a spese delle



Fig. 5 - Blocco di roccia scistosa, «fogliettato» per gelivazione. Boulder Clay Glacier, a N di Adelie Cove, q. 200 m circa s.l.m. Foto ripresa il 28/12/86.



Fig. 6 - Tethys Bay. Rocce granitiche arrotondate e tafonizzate per effetto della disaggregazione aloclastica. Foto ripresa il 24/12/85.

rocce del substrato per effetto del gelo, che, localmente, possono venire rimobilizzati lungo i versanti debolmente inclinati.

Per quanto concerne il disfacimento delle rocce, un ruolo molto importante viene esercitato dall'alterazione «aloclastica»: si tratta di un disfacimento di tipo meccanico (disgregazione), provocato dalla forza esercitata dai sali che cristallizzano all'interno di pori e fessure delle rocce.

Infatti nella fascia costiera sono molto diffuse le efflorescenze di sali quali, ad esempio, la Thenardite (solfato di sodio) che, localmente, costituisce dei coni aventi dimensioni di vari metri (ad esempio nella zona del Boulder Clay Glacier, a N di Adelie Cove).

Particolarmente aggredibili dalla disaggregazione aloclastica risultano le rocce granitiche della regione: diffusissime in tutta la fascia costiera sono le forme di alterazione sferoidali o irregolarmente arrotondate, sporgenti da sabbioni arkosici di alterazione. Forme caratteristiche di questo tipo sono state osservate sulla penisola di Capo Russell e nei pressi della Base italiana (fig. 6), ma anche altrove lungo la costa di Northern Foothills. Sempre lungo la fascia costiera, ma in genere ad una maggiore distanza dal mare, sono frequentissimi, sulle rocce granitiche, i «tafoni», costituiti da cavità ampie ed irregolari, cornici aggettanti sottoescavate e massi sferoidali o erratici svuotati dal basso e ridotti a sottili lastre a forma di «carapace di testuggine». An-



Fig. 7 - M. Keinath (1090 m). Le rocce granitiche di questa cima sono ossidate, intaccate da cavità del tipo dei tafoni e da forme di alterazione pseudocarsiche (scanalature tipo Pseudokarren, visibili sulla destra). Foto ripresa il 16/1/87.



Fig. 8 - Edmonson Point. Fronte di rock glacier attivo, rigonfio e con evidenti crolli di blocchi, avanzante sulla piana alluvionale sottostante. Foto ripresa il 28/1/86.

che queste forme sono spesso accompagnate da sabbioni arkosici di alterazione, originati da processi di arenizzazione aloclastica.

Forme del tipo «tafoni» sono molto diffuse sui massi granitici dei depositi glaciali più antichi e sulle rocce del substrato non interessate dall'azione erosiva dell'ultima glaciazione, risultando costantemente associate a patine di ossidazione di colore rossastro («vernice del deserto»). Localmente (per esempio sui monti Abbott - 1022 m - e Keinath - 1090 m -) associate a forme del tipo dei «tafoni» si possono osservare forme di alterazione pseudocarsiche (fig. 7), quali solchi sub-paralleli sviluppati sulle pareti granitiche secondo la linea di massima pendenza (*Pseudokarren*) e, sulle superfici sub-orizzontali, cavità a contorno circolare («vaschette» del tipo degli *Opferkessel*).

I versanti ricoperti da regolite, detriti o depositi glaciali, presentano una morfologia a «terrazzette» di geliflusso lunghe alcune decine di metri, larghe qualche metro e separate da scarpate alte da uno a pochi metri.

Fenomeni di versante più complessi ed articolati sono costituiti dai *rock glaciers*. Nel territorio di Baia Terra Nova ne sono stati osservati di vario tipo. Alcuni sono sicuramente attivi e si evolvono alla base di falde detritiche: sono costituiti da diversi lobi coalescenti, affiancati a formare un fronte ondulato, sviluppato sub-parallelamente alla parete rocciosa che alimenta le falde detritiche retrostanti. I singoli lobi hanno fronte rigonfia (fig.



Fig. 9 - Tarn Flat: ripples eolici in ghiaia. Si tratta di increspature del terreno alte fino ad alcuni decimetri, costituite da un insieme di ciottoli del diametro di qualche centimetro, trasportati, per rotolamento e saltazione, dai venti catabatici, masse d'aria fredda e densa che scendono dall'altopiano estantartico e si incanalano lungo le principali valli glaciali. Foto ripresa il 27/1/86.

8), presentano tracce di crolli recenti e localmente, come per esempio a Tethys Bay, Edmonson Point e Adelie Cove, ricoprono depositi di spiagge oloceniche.

Altri *rock glaciers* caratterizzati da una forma più larga che lunga, sono costituiti da coltri di depositi glaciali del Pleistocene sup., a nucleo di ghiaccio, rimobilizzati in epoca olocenica. Tipico è il Boulder Clay Glacier che, tra l'altro, è caratterizzato da una morfologia superficiale fortemente ondulata, con frequenti rilievi e depressioni che ospitano laghetti ghiacciati.

Molto particolari sono alcune forme, anch'esse indicate come *rock glaciers*, che si sviluppano alla fronte di ghiacciai attuali, o che sono stati in relazione con piccoli ghiacciai locali. Hanno forma lobata, talora estremamente allungata e sono costituiti da una serie di arginelli concentrici, le cui propaggini più arretrate possono passare a depositi glaciali espulsi da piani di taglio presenti nei ghiacciai (*shear moraines*). In alcuni tratti sono costituiti da depositi sopraglaciali rimobilizzati. Nel dettaglio si possono osservare suoli poligonali da cunei di ghiaccio, nonché numerosi coni e depressioni, che a luoghi sono sede di laghetti gelati (in alcuni casi si tratta di morfologie «termocarsiche», dovute a eliminazione del ghiaccio sottostante e conseguente collasso dei depositi glaciali).

Tra gli agenti morfogenetici dell'ambiente periglaciale antartico, il vento riveste un ruolo di primo piano. Come già accennato, masse d'aria fredda provenienti dalla calotta estantartica vengono incanalate lungo le principali valli glaciali, generando i «venti catabatici». Si tratta di flussi estremamente veloci (anche oltre 100 km orari) di aria molto densa, in quanto fredda e secca, che esercitano un'importante azione di deflazione (asportazione) sia della neve (determinando la formazione di irregolarità della superficie di ghiacciai e campi di neve, che con termine russo sono definite *sastrugi*), sia delle frazioni più fini dei depositi glaciali o di spiaggia. Ne consegue che nelle aree battute da questi venti sono estremamente diffusi i pavimenti eolici di deflazione, formati per asportazione selettiva dei materiali più fini. Localmente, dove la litologia è favorevole al loro modellamento, tali pavimenti sono costituiti da «ciottoli sfaccettati» (*ventifacts* o *Dreikanter*). Tra i più caratteristici vi sono i *ventifacts* dei pavimenti eolici costieri nella Baia di Wood, abrasati in rocce effusive del M. Melbourne, oppure quelli dello Shafer Pk., modellati in arenarie del «Gruppo di Beacon» (Permo-Giurassico).

Caratteristici sono anche i solchi semilunati di deflazione, che si sviluppano attorno ai massi granitici circondati da sabbioni arcosici di alterazione.

Tra le forme di accumulo di origine eolica vi sono campi di neve e ghiacciai locali, che si sviluppano in depressioni o a ridosso di ostacoli, ma anche, in condizioni molto particolari, *rip-*

*ples* eolici in ghiaia. Si tratta di increspature del terreno alte fino ad alcuni decimetri, costituite da un insieme di ciottoli del diametro di qualche centimetro, trasportati per rotolamento e salatazione dai venti catabatici opportunamente incanalati (fig. 9).

Le forme periglaciali presenti in Antartide sono, nel complesso, meno sviluppate e variegiate di quelle che si possono osservare in ambiente artico, a causa della maggior aridità del clima che caratterizza il continente antartico. In questo breve articolo è stata fornita una prima descrizione degli aspetti periglaciali del territorio di Baia Terra Nova. Nel corso della seconda spedizione (dicembre 1986 - febbraio 1987) del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, è stato eseguito il rilevamento geomorfologico in scala 1:10.000 della zona circostante la base italiana («Stazione Baia Terra Nova»), che potrà servire come supporto per studi approfonditi anche dei fenomeni periglaciali, necessari ad una maggiore conoscenza della dinamica ambientale di questo affascinante territorio.

## Bibliografia

- CALKIN P. E. & NICHOLS R. L., 1972 - Quaternary Studies in Antarctica. In: ADIE R. J. ed., «Antarctic Geology and Geophysics: Symposium on Antarctic Geology and solid Earth Geophysics. Oslo, 6-15 August 1970, Universitetsforlaget, 625-643.
- CAMPBELL I. B. & CLARIDGE G. G. C., 1987 - Antarctica: soils, weathering processes and environment, 368 pp., Elsevier, Amsterdam.
- CASTIGLIONI G. B., 1979 - Geomorfologia. UTET, 436 pp., Torino.
- CHINN T. J. & WHITEHOUSE I. E., 1985 - Glacial history and glaciology of Terra Nova Bay. Intermediate report for event K 162. 1984-85. Water and Soil Centre, Christchurch. Report n. WS 999. Ministry of Work and Development. Christchurch, New Zealand.
- DESIO A., 1984 - L'Antartide, UTET, 248 pp., Torino.
- EMBLETON C. & KING C. A., 1975 - Periglacial Geomorphology. Edward Arnold, 202 pp., London.
- OROMBELLI G., 1983 - Geomorfologia. In: «Enciclopedia delle Scienze De Agostini, Geologia-Rocce-Minerali» (1), 223-274. Ist. Geogr. De Agostini, Novara.
- OROMBELLI G., 1986 - La prima spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Osservazioni geomorfologiche. Riv. Geogr. It., XCIII (2): 129-169.
- QINGSONG Z., 1983 - Periglacial landforms in the Vestfold Hills, East Antarctica: preliminary observations and measurements. In: OLIVER R. L., JAMES P. R. & JAGO J. B. eds., «Antarctic Earth Science». Cambridge University Press, 478-481.
- SELBY M. J., 1985 - Earth's changing surface. Clarendon Press, 607 pp., Oxford.
- WASHBURN A. L., 1979 - Geocryology. A survey of periglacial processes and environments. Edward Arnold, 406 pp., London.