
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

GIUSEPPE OROMBELLI

**Le spiagge emerse oloceniche di Baia Terra Nova
(Terra Vittoria, Antartide)**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 81 (1987), n.4, p. 403–415.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1987_8_81_4_403_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Geologia. — *Le spiagge emerse oloceniche di Baia Terra Nova (Terra Vittoria, Antartide)*. Nota di GIUSEPPE OROMBELLI (*), presentata (**) dal Socio A. DESIO.

ABSTRACT. — *Holocene raised beaches of Terra Nova Bay (Victoria Land, Antarctica)*. Holocene beaches raised to about 30 m above present sea level have been studied and dated at Terra Nova Bay, Antarctica. Minimum ages have been obtained from abandoned penguin rookeries, ranging from 5770 ± 60 to 980 ± 220 uncorrected ^{14}C years B.P. A maximum uplift rate of 3.5 mm/year can be derived for the last 4500 years. The highest raised beaches at + 30 m a.s.l. could have been formed about 7000 years B.P.

KEY WORDS: Holocene; Shoreline displacement, Isostatic uplift; Antarctica.

RIASSUNTO. — Nel corso della prima spedizione del « Programma Nazionale di Ricerche in Antartide », svoltasi nell'estate australe 1985/86, l'Autore ha studiato una successione di spiagge emerse oloceniche lungo le coste della Baia Terra Nova, che salgono sino a 30 m sul livello del mare attuale. Le età minime ottenute col metodo ^{14}C (non corrette) vanno da 5.770 ± 60 a 980 ± 220 anni B.P. Per gli ultimi 4500 anni si è ricavato un valore massimo di sollevamento di 3,5 mm/anno. La spiaggia più alta, a + 30 m s.l.m., può essersi formata circa 7000 anni B.P.

PREMESSA

Nel corso della prima spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, svoltasi nell'estate australe 1985/86, ho avuto l'opportunità di studiare una successione di spiagge emerse oloceniche presenti in più punti lungo le coste di Baia Terra Nova, nella Terra Vittoria (fig. 1). Già osservate da Priestley (1923) nel corso della seconda spedizione Scott (1910-13), le spiagge emerse sono state successivamente descritte e studiate da Claridge e Campbell (1966), Denton *et al.* (1975) e Stuiver *et al.* (1981). Recentemente sono state nuovamente in parte studiate da Whitehouse *et al.* (in stampa).

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano e Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del CNR. Ricerca svolta nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, coordinato dal Ministro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica. Si ringraziano T. Chinn (Ministry of Works and Development, Christchurch) e G. Denton (University of Maine at Orono) per lo scambio di informazioni e le utili discussioni avute.

(**) Nella seduta del 19 giugno 1987.

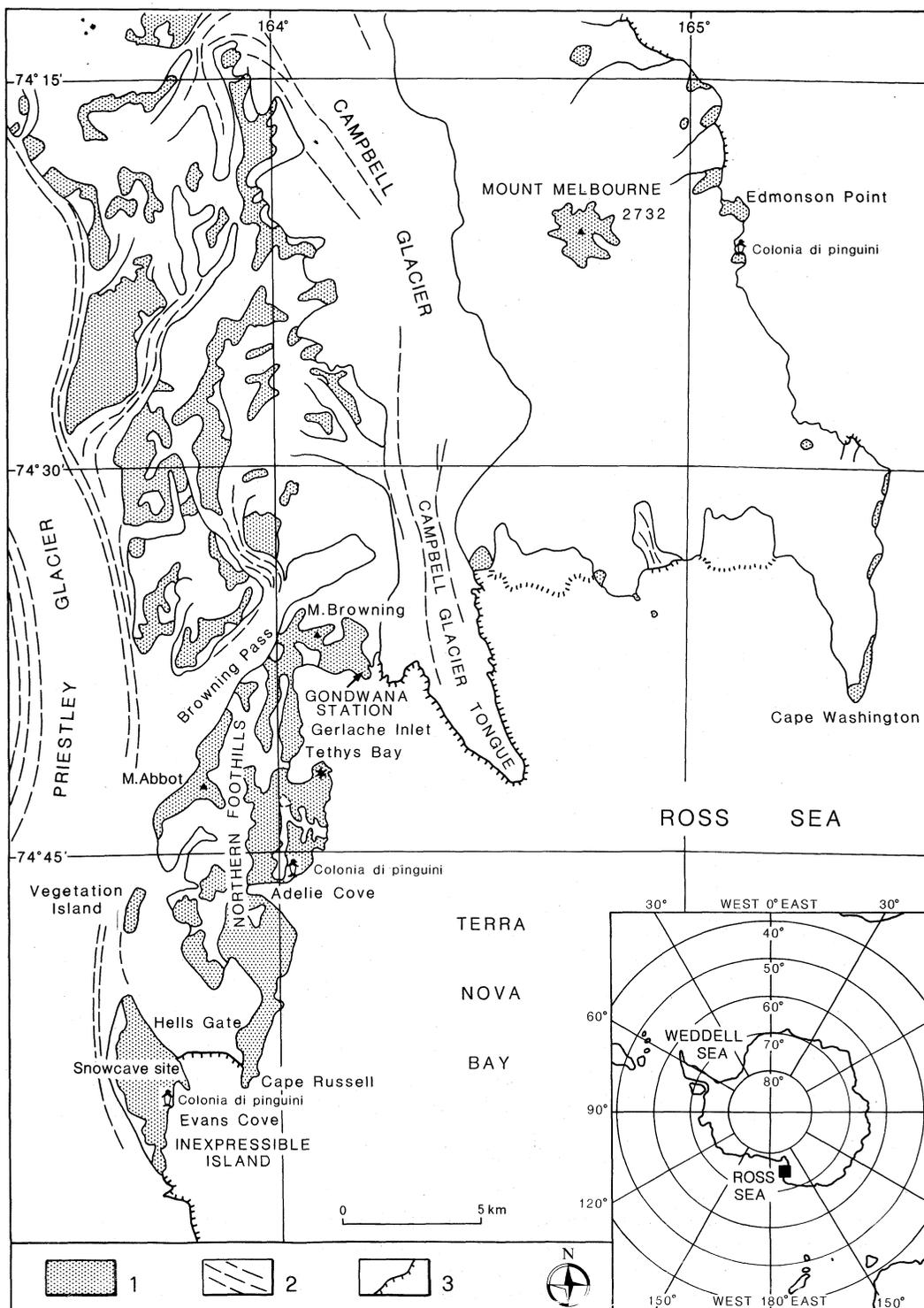


Fig. 1. - Il territorio di Baia Terra Nova nella Terra Vittoria e le località costiere in cui sono presenti spiagge emerse oloceniche: 1) rilievi non ricoperti da ghiaccio; 2) ghiacciai; 3) lingue e piattaforme di ghiaccio galleggianti. L'asterisco presso Tethys Bay indica l'ubicazione del campo base della spedizione italiana 1985/86.

Si tratta di cordoni litorali o berme generalmente costituiti da grossi blocchi arrotondati e ciottolami, più raramente da ghiaie e sabbie, che si rinven- gono al fondo delle baie più riparate, ove formano successioni in gradinata, fino ad una quota massima di circa 30 m. Le spiagge emerse sono incise e so- vrapposte ai sedimenti dell'ultima espansione glaciale o direttamente appog- giano su superfici d'erosione modellate dalla stessa. Numerosi indizi portano a ritenere che, durante l'ultima glaciazione, i rilievi che si affacciano alla Baia Terra Nova siano stati raggiunti e coperti, fino ad una quota di circa 340 m, dalla Piattaforma di ghiaccio di Ross, avanzatasi verso nord in seguito all'ab- bassamento glacioeustatico del livello del mare. La Piattaforma di Ross avreb- be in tal modo ostruito e deviato verso NE i ghiacciai di sbocco che attualmente scendono dalla calotta dell'Antartide orientale con direzione NW-SE (Stuiver *et al.*, 1981; Orombelli, 1986). La maggiore estensione della piattaforma sa- rebbe stata raggiunta tra 21 200 e 17 000 anni B.P.; il ritiro della piattafor- ma, iniziatosi già forse poco dopo 17 000 anni B.P. si sarebbe completato circa 6 000 anni fa (Stuiver *et al.*, 1981). Le spiagge emerse sono posteriori al ritiro glaciale; il loro studio e la loro datazione sono quindi di notevole interesse per la ricostruzione della deglaciazione, del ricupero glacioisostatico e della curva del livello relativo del mare nel settore del Mare di Ross. Mentre numerose in- formazioni esistono a questo proposito nel tratto più meridionale (McMurdo Sound), mancano a tutt'oggi dati sufficientemente precisi in tutto il tratto di costa più settentrionale della Terra Vittoria (Mabin, 1986). Il territorio di Baia Terra Nova offre numerose opportunità di colmare tale lacuna.

LE SPIAGGE EMERSE

Lungo le coste di Baia Terra Nova sono state osservate spiagge emerse in più punti: all'estremità settentrionale di Gerlache Inlet, presso la base te- desca Gondwana, ed all'estremità meridionale, all'interno di Tethys Bay, ad Adelie Cove e ad Inexpressible Island ⁽¹⁾.

Informazioni utili circa l'emersione olocenica di questo tratto di costa si sono ottenute anche dai numerosi siti abbandonati di colonie di pinguini, limitatamente a quelli posti a quota inferiore a 30 m, quota massima a cui si rinven- gono spiagge emerse. Infine sedimenti marini fossiliferi emersi e spiagge sollevate sono stati osservati anche più a Nord di Baia Terra Nova, lungo la costa orientale del M. Melbourne.

Presso Gondwana Station si osserva una successione di almeno 12 cordoni litorali: dalla spiaggia attuale a ghiaie e ciottolami minuti si risalgono succes- sive spiagge emerse a ciottolami grossolani e blocchi arrotondati. Si tratta di successive berme che ripetono il contorno della costa attuale o disegnano fe-

(1) La toponomastica è quella del Foglio Mount Melbourne (Antarctica, 1:250000 Reconnaissance Series, U.S. Geological Survey) con le aggiunte proposte da Chinn (1985).

stoni intorno ai rilievi rocciosi. Il cordone ciottoloso più elevato sbarra una pozza d'acqua. Immediatamente a NE della base Gondwana le spiagge emerse formano accumuli di ciottoli e blocchi, allungati per decine di metri, larghi 5-8 m e alti 1-2 m sulla topografia circostante. Hanno profilo trasversale asimmetrico, con lato meno ripido verso mare. Mentre sulla cresta dei cordoni prevalgono ciottoli e blocchi arrotondati, nelle depressioni interposte prevalgono clasti spigolosi, spesso verticalizzati.

Nella piccola insenatura a SW della base Gondwana sono state misurate, con l'altimetro Paulin (± 1 m) le seguenti quote per le successive linee di spiaggia (facendo riferimento alla cresta della berma): 2,5; 3,5; 7; 7,5; 8,5; 10,5; 14; 18; 19; 23,5; 26,5; 30. Mentre i primi cordoni fino a quota 14 sono privi di copertura lichenica, dal cordone a quota 18 in su i licheni divengono gradualmente più comuni e di diametro maggiore, così che si è osservata una relazione diretta tra diametri lichenici (diametro minimo del tallo circolare più grande) e quota sul mare della spiaggia emersa. Una curva di accrescimento in funzione della quota sul mare per licheni del genere *Buellia* è riportata in fig. 2.

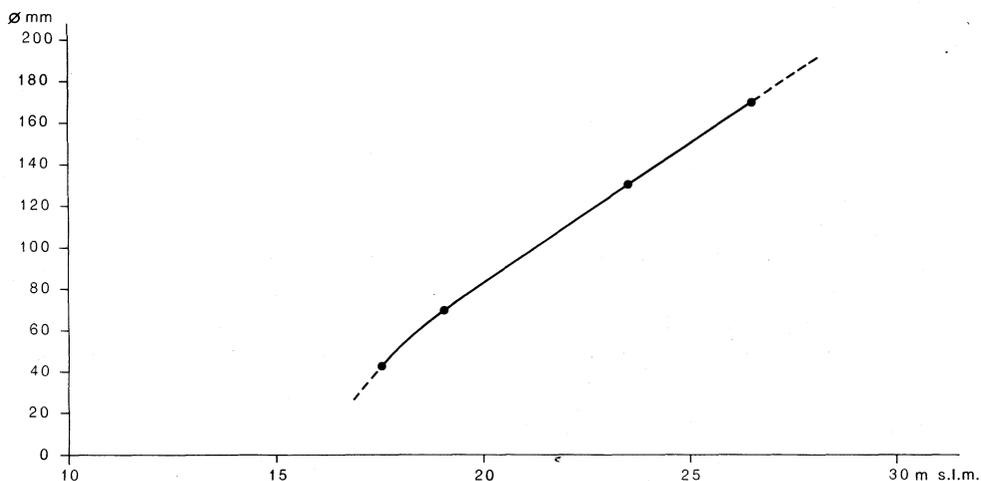


Fig. 2. - Curva di accrescimento per licheni crostosi del genere *Buellia* in funzione dell'altezza sul livello del mare delle spiagge emerse nei pressi della Stazione Gondwana. In ordinata il massimo diametro del cerchio inscritto misurato su talli circolari, in ascissa la quota sul livello del mare.

Circa 500 m a Nord della base Gondwana vi è una seconda insenatura sulle rive della quale è presente un'altra successione di spiagge emerse particolarmente ben conservate ed evidenti, anche se in parte coperte da placche di neve e di ghiaccio. Si contano almeno sette livelli rappresentati da spianate e da cordoni in leggero rilievo, costituiti da ghiaie, ciottolami e blocchi arrotondati, che ripetono il contorno dell'insenatura e del piccolo promontorio roccioso immediatamente più a Nord. Il livello di spiaggia più elevato è a circa 30 m. Lungo

il lato settentrionale della baia i cordoni ciottolosi non sono orizzontali ma mostrano una pendenza dal mare verso l'interno della insenatura, stimata circa del 3% e una concomitante diminuzione della granulometria.

Spiagge emerse sono presenti anche più a Nord, nel tratto di costa prospiciente la Campbell Glacier Tongue. Si notano almeno sei livelli di spiaggia costituiti da ciottolami e blocchi arrotondati fino ad una quota di 22 m circa, ove si osserva una spianata con grossi blocchi arrotondati dispersi tra affioramenti rocciosi montonati. Poco sopra sono presenti sedimenti dell'ultima glaciazione.

Lungo le rive di Gerlache Inlet sono localmente conservati modesti lembi di spiagge emerse. Nell'insenatura di Tethys Bay, allo sbocco della valletta nella quale è stato posto il campo principale nella spedizione italiana 1985/86, si osservano almeno due livelli di spiaggia a 5-6 m di altezza, ricoperti da depositi detritici di versante. Proseguendo lungo la costa di 500 m verso SW, a circa 15 m sul mare, si osserva un ripiano intagliato lungo il versante, attraversato da un alveo torrentizio asciutto e parzialmente ricoperto da depositi detritici. Su questo ripiano è stato rinvenuto un frammento del Lamellibranco *Adamussium colbecki* nonché una mummia di foca semisepolta dai depositi torrentizi. Un secondo frammento di *A. colbecki* è stato raccolto anche a quota più bassa, circa 4-5 m sul mare.

Poco oltre, lungo la sponda meridionale di Tethys Bay, è presente un tratto di spiaggia attuale alle cui spalle si osservano alcune spiagge emerse fino ad una quota di circa 18 m. Queste spiagge sono particolarmente interessanti per le relazioni geomorfologiche che esse mostrano con la fronte del Ghiacciaio Strandline (Chinn, 1985) che su di esse si affaccia con le sue morene oloceniche. Lateralmente le spiagge emerse sono ricoperte da rock glaciers attivi. Sulla base delle relazioni morfologiche e della copertura lichenica le spiagge più elevate (da quota 12 m) risultano essere più antiche delle morene più esterne, che su di esse parzialmente si appoggiano. Sulla morena di fondo esterna, sovrapposta alla spiaggia di 12-14 m, sono state raccolte ossa di foca.

Lungo le coste di Northern Foothills, tra Gerlache Inlet e Adelie Cove, in alcune località sono presenti siti abbandonati di colonie di pinguini di Adelia (*Pygoscelis adeliae*), riconoscibili per la presenza di uno strato superficiale di pietrisco e ciottoletti, raccolto e utilizzato dai pinguini per la costruzione dei nidi, nonché di un orizzonte organico sepolto a debole profondità, costituito da guano e da ossa, penne e frammenti di gusci d'uovo. Siti abbandonati di colonie sono stati osservati presso il campo base della spedizione italiana 1985/86, ad una quota di circa 18-19 m, e 1,5 km più a Sud, a quote comprese tra 25 e 40 m.

Spiagge emerse oloceniche sono presenti all'interno di Adelie Cove. Quelle della costa settentrionale sono state descritte e studiate da Whitehouse *et al.* (in stampa) che vi hanno riconosciuto sette principali livelli fino a una quota massima di 8,1 m sopra il livello del mare. Queste spiagge vengono ricoperte da « rock glaciers » attivi che discendono dai versanti soprastanti. In un tratto le spiagge sono sepolte da un piccolo cono di deiezione. Scavi condotti in que-

st'ultimo hanno portato gli Autori citati al ritrovamento di resti organici (ossa di pinguino) che sono stati datati con il ^{14}C . Ad una quota di 3 m è conservato uno scheletro di foca.

Spiagge emerse assai estese sono, infine, presenti in più tratti delle coste di Inexpressible Island. Nei pressi di Snow Cave Site, immediatamente a Nord della grande colonia di pinguini di Adelia, si osservano una decina di spiagge emerse in scalinata, costituite da berme di grossi blocchi arrotondati e da ciottolami, fino ad una quota di circa 30 m. Oltre la spiaggia più elevata si estendono i depositi dell'ultima espansione glaciale, con clasti di granulometria più varia, assai meno arrotondati e più alterati dei depositi di spiaggia.

Fin dalle spiagge inferiori a pochi metri sul mare sono presenti Licheni del genere *Buellia*, il cui diametro va crescendo rapidamente con la quota. Sulle spiagge emerse, a varie quote, sono presenti siti abbandonati di colonie di pinguini. I ciottoletti che costituivano i nidi dei pinguini sono ricoperti da licheni già a partire da una quota di 14 m circa.

Più a Nord di Baia Terra Nova altre spiagge emerse e sedimenti marini sollevati sono stati osservati lungo le coste orientali del M. Melbourne. Nel piccolo affioramento costiero di rocce vulcaniche, immediatamente a Sud di Edmonson Point, indicato nel foglio Mount Melbourne come « Adelia Penguin Rookery » (ma nessuna colonia di pinguini vi è presente), si osservano ciottolami di spiaggia ad una quota di circa 6 m. A Edmonson Point sono presenti spiagge emerse sino ad una quota di 4-5 m, sulle quali sono presenti numerose mummie di foca. Sedimenti di spiaggia contenenti accumuli di gusci ben conservati di *Adamussium colbecki* sono inoltre presenti in morene a nucleo di ghiaccio lungo il fianco destro di un ghiacciaio che scende dal M. Melbourne, sollevati fino ad una quota di 37 m. Anche sul fianco sinistro del medesimo ghiacciaio sono presenti morene a nucleo di ghiaccio, composte in gran parte da ciottolami di spiaggia, incorporati alla base del ghiacciaio e successivamente sollevati ed espulsi lateralmente.

I MATERIALI ORGANICI RACCOLTI E LE DATAZIONI ^{14}C OTTENUTE

Resti organici sovrapposti alle spiagge emerse sono relativamente comuni nel territorio di Baia Terra Nova e consentono di ottenere età minime per la emersione delle stesse. Si tratta di resti di pinguini e di foche. Le colonie abbandonate di pinguini di Adelia, facilmente identificabili, offrono la possibilità di rinvenire a debole profondità ossa, penne, frammenti di gusci d'uovo e orizzonti organici di guano. Mummie di foca si rinvencono alla superficie delle spiagge o, più raramente, semisepolte nelle stesse. Pertanto è stata effettuata una raccolta sistematica di questi materiali organici nelle diverse spiagge visitate, come pure sui tratti di costa privi di spiaggia ma ritenuti di recente emersione. Più raramente sono stati rinvenuti frammenti di Lamellibranchi sulle spiagge emerse; in un caso si sono trovati gusci di Lamellibranchi entro sedimenti sollevati e deformati da ghiacciai.

Poiché le acque antartiche marine, e conseguentemente tutti gli organismi che in esse vivono o da esse traggono alimento, sono impoverite di ^{14}C e danno un'età maggiorata di oltre un migliaio di anni (Harkness, 1971; Stuiver *et al.*, 1981; Omoto, 1983; Mabin, 1985; Stuiver e Braziunas, 1985), sono stati raccolti anche campioni di sostanza organica attuali (Lamellibranchi spiaggiati, resti di pinguini attuali da poco morti, nonché resti di pinguini, di foche e di elefanti marini uccisi nel 1912 dagli uomini della seconda spedizione Scott presso Snow Cave Site a Inexpressible Island).

I materiali organici raccolti sono stati datati presso i laboratori Krueger Enterprises, Inc., Geochron Laboratories Division, Cambridge, Massachusetts.

In Tabella I sono riportati i risultati ottenuti.

IL FATTORE DI CORREZIONE PER LE DATE ^{14}C

Come sopra si è detto, le date ^{14}C ottenute da organismi marini, o che si nutrono in mare, in Antartide risultano affette da un errore dovuto al «reservoir effect» (effetto serbatoio). Secondo Omoto (1983) l'impoverimento in ^{14}C delle acque marine circumantartiche è dovuto alla loro diluizione con le acque di fusione provenienti dai ghiacciai, nei quali è contenuta CO_2 che è rimasta isolata per lungo tempo dal sistema atmosferico. Un'altra possibile causa è vista nella risalita di acque marine profonde, a basso tenore di ^{14}C .

Le date ^{14}C ottenute su organismi moderni risultano comprese tra 850 e 1 550 anni B.P. (Omoto, 1983). Bisogna tuttavia tenere presente che gli organismi viventi risultano contaminati dal ^{14}C prodotto dalle esplosioni nucleari. Pertanto, per determinare la correzione da apportare, occorre datare organismi di età nota, vissuti e morti prima dell'epoca degli esperimenti nucleari. Ciò è possibile per organismi quali pinguini e foche uccisi agli inizi del secolo dagli uomini delle spedizioni dell'«epoca eroica» delle esplorazioni polari. Whitehouse *et al.* (in stampa) hanno compilato una lista delle date finora ottenute. Per animali uccisi nel 1912 le date ottenute variano da $1\,060 \pm 45$ a $1\,760 \pm 55$ e variano da specie a specie. Su sei date ottenute da resti di pinguino (pinguino imperatore e pinguino di Adelia) il valore medio è di 1 107 mentre per resti di foca (foca di Weddell o altre specie indeterminate) il valore medio è di 1 390. Aggiungendo la datazione del campione da noi raccolto, quest'ultimo valore scende a 1 363. La media di tutti i valori, ottenuti da resti di pinguini e di foche, è di 1 245. Poiché queste date si riferiscono al 1912 i fattori di correzione si ottengono sottraendo da essi $1950-1912 = 38$ anni. Ne risultano, rispettivamente i seguenti valori: per resti di pinguino 1069 anni; per resti di foca 1 325 anni; per la media di entrambi 1 207 anni.

Non si posseggono datazioni di campioni del Lamellibranco *Adamussium colbecki* di età nota e precedenti l'epoca degli esperimenti nucleari. Stuiver *et al.* (1981) riportano due date di campioni attuali, di 850 ± 50 e 990 ± 50 rispettivamente, ma ritengono tali date contaminate da ^{14}C prodotto da esplosioni nucleari. Il campione di *A. colbecki* da noi raccolto e fatto datare ha fornito

un'età di 920 ± 40 anni ^{14}C . La correzione da apportarsi, per questa specie secondo Stuiver *et al.* (1981), deve essere maggiore di circa 1 000 anni ^{14}C e compresa tra 1 000 e 1 300 anni.

Gli stessi Autori, per altri organismi quali foche e pinguini, suggeriscono una correzione compresa tra 1 200 e 1 400 anni. L'Istituto di Scienze Nucleari della Nuova Zelanda (Whitehouse *et al.*, in stampa) applica a tutte le datazioni ottenute da resti di organismi marini in Antartide una correzione di 1 091 anni.

Nell'incertezza della correzione da applicare Stuiver *et al.* (1981) e Stuiver e Braziunas (1985) riportano tutte le datazioni senza alcuna correzione, mentre Whitehouse *et al.* (in stampa) adottano il fattore di correzione proposto dall'Istituto di Scienze Nucleari della Nuova Zelanda.

In questa nota le date riportate in Tabella I non sono corrette; nella fig. 3 si propone, accanto alla scala delle date ^{14}C non corrette, una scala alla quale si

TABELLA I.

Camp. N.	Materiale	Località	Quota	Data ^{14}C B.P. (non corretta dell'effetto serbatoio)
GX-12746	muschio	« inner moraine » presso campo-base Tethys Bay	110 m ca.	moderno
GX-12743	gusci di <i>Adamusium colbecki</i> spiaggiati	Edmonson Point, spiaggia attuale	0 m ca.	920 ± 40
GX-12747	ossa di pinguino di Adelia attuale	Adelie Cove, colonia pinguini occupata su morena « ice-cored »	90 m ca.	980 ± 220
GX-12749	ossa di pinguino di Adelia attuale	Adelie Cove, colonia pinguini occupata su morena « ice-cored »	90 m ca.	$1\ 030 \pm 95$
GX-12759	ossa di foca uccisa 1912	Snow-Cave Site, Inexpressible Island	25 m ca.	$1\ 175 \pm 75$
GX-12742	ossa di foca	Tethys Bay presso Campo base	40 m ca.	$1\ 325 \pm 75$
GX-12744	ossa di foca	Edmonson Point spiaggia emersa	2,5 m	$1\ 360 \pm 130$
GX-12752	ossa di foca	Tethys Bay spiaggia emersa	15 m ca.	$1\ 435 \pm 65$
GX-12753	ossa di foca	Tethys Bay presso fronte Strandline Glacier	14 m	$1\ 485 \pm 135$

Camp. N.	Materiale	Località	Quota	Data ^{14}C B.P. (non corretta dell'effetto serbatoio)
GX-12748	ossa di pinguino di Adelia	Adelie Cove, colonia pinguini occupata	90 m ca.	1 560 \pm 290
GX-12751	ossa di foca	Adelie Cove, spiaggia	3 m	1 670 \pm 70
GX-12750	guano di pinguino	Adelie Cove, colonia di pinguini, sito abbandonato	80 m ca.	2 015 \pm 75
GX-12745	gusci di <i>Adamsium colbecki</i>	Edmonson Point, morena destra «ice-cored»	37 m	2 200 \pm 45
GX-12757	guano di pinguino	Inexpressible Island, colonia di pinguini di Adelia, sito abbandonato	14 m	4 190 \pm 80
GX-12754	guano di pinguino	Northern Foothills, campo meteo, colonia di pinguini di Adelia, sito abbandonato	40 m ca.	4 290 \pm 50
GX-12755	ossa di pinguino	Idem, sito abbandonato	25 m ca.	4 495 \pm 135
GX-12758	guano di pinguino	Inexpressible Island, colonia di pinguini di Adelia, sito abbandonato	23 m	4 930 \pm 85
GX-12756	guano di pinguino	Idem	60 m ca.	5 385 \pm 85
GX-12760	guano di pinguino	Tethys Bay, campo base colonia abbandonata di pinguini di Adelia	18 m	5 770 \pm 60

è apportata una correzione di 1 207 anni ^{14}C . Si tratta del valore medio per date su resti di pinguini e di foche che qui viene adottato, in attesa che nuove datazioni, più numerose e chiaramente distinte per le singole specie e per i diversi materiali da cui possono essere ottenute, vengano prodotte.

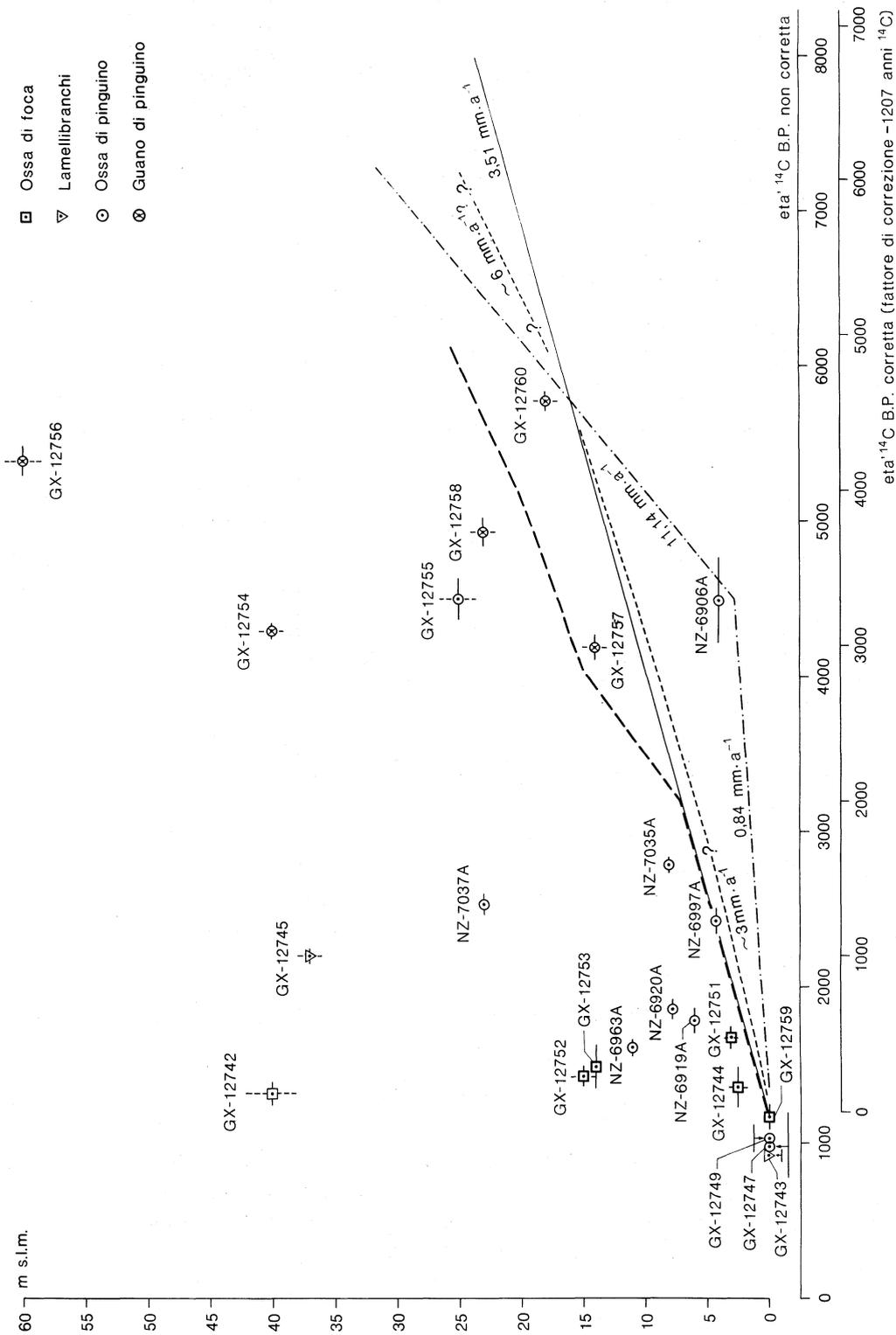


Fig. 3. - Distribuzione delle età ¹⁴C ottenute in funzione della quota di prelevamento del campione. Le sbarrette orizzontali esprimono la deviazione standard, quelle verticali l'approssimazione con la quale è stata misurata la quota. Con la sigla GX sono indicati i campioni di Tabella I, con la sigla NZ i campioni dati da Whitehouse *et al.* (in stampa). La retta continua esprime la velocità massima di sollevamento isostatico desumibile dalle datazioni ¹⁴C riportate in Tabella I. La spezzata a tratti e punti rappresenta i valori della velocità di sollevamento quando si tenga conto anche delle date di Whitehouse *et al.* (in stampa). La curva a grossi tratti è quella teorica proposta da Clark e Lingie (1979), adattata alla scala ¹⁴C corretta, qui proposta. La curva a tratti fini e brevi rappresenta una possibile interpolazione tra le diverse curve riportate. Per maggiori dettagli si veda nel testo.

VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DI SOLLEVAMENTO GLACIO-ISOSTATICO

Nel grafico di fig. 3 sono riportate le datazioni ^{14}C ottenute, in funzione della quota da cui provengono i reperti datati; i resti di organismi moderni sono stati attribuiti ad una quota 0, cioè al livello attuale del mare. Soltanto le date contenute nella fascia compresa tra 0 e 30 m (quota delle spiagge emerse più elevate) sono significative per la datazione delle spiagge emerse. Si tratta in tutti i casi di età minime, riferite cioè a resti di animali che hanno occupato la superficie delle spiagge dopo che queste erano emerse. In particolare si può ritenere che le colonie di pinguini si siano insediate quando le spiagge emerse erano state portate ad almeno + 2 m rispetto al livello del mare, a giudicare dalla distribuzione altimetrica attuale degli insediamenti nelle colonie di Edmonson Point e di Inexpressible Island. Rimane comunque imprecisato l'intervallo di tempo trascorso dall'emersione delle spiagge fino ad una quota di almeno + 2 m sul livello medio del mare e l'insediamento delle colonie.

L'età più antica ottenuta è di $5\,770 \pm 60$ anni ^{14}C non corretta, per una quota di circa 18 m. Apportando la correzione di 2 m e la correzione per l'effetto serbatoio, si può attribuire un'età minima corretta di $4\,563 \pm 60$ anni B.P. a una linea di riva a + 16 m. Ne deriva un valore massimo per il tasso di sollevamento glacio-isostatico per gli ultimi 4 500 anni di $3,51 \text{ mm} \times a^{-1}$. A risultati differenti sono giunti Whitehouse *et al.* (in stampa) i quali hanno ottenuto una data di $3\,400 \pm 280$ anni B.P. (età corretta applicando il fattore di correzione di 1 091 anni) da una quota di + 4 m s.l.m. Si tratta di ossa di pinguino di Adelia, trasportate da uccelli predatori (*Catarhacta skua*) dalla vicina colonia di Adelie Cove e abbandonate su di una spiaggia e successivamente sepolte ad opera di un piccolo cono di deiezione. Gli Autori citati valutano una velocità massima di sollevamento isostatico di $0,8 \text{ mm} \times a^{-1}$, ritenendo che la superficie della spiaggia (berma) si sia formata ad una quota di + 1,25 m sul livello medio del mare. La data utilizzata è tuttavia sensibilmente più antica di tutte le altre numerose date (16) da essi ottenute, che sono comprese (valori corretti sottraendo 1 091 anni) tra valori futuristici e un massimo di $1\,690 \pm 45$. Non si può escludere che le ossa rinvenute a + 4 m, sepolte sotto il piccolo cono di deiezione, siano rimaneggiate e provengano da livelli di spiaggia più elevati, come suggerito anche da una data di 900 ± 330 anni ^{14}C corretti per ossa raccolte in superficie, di aspetto in parte recente, in parte alterato.

Se si inseriscono le date ottenute da Whitehouse *et al.* (in stampa) nel diagramma di fig. 3, riferendole alla scala ^{14}C corretta adottata in questa nota, si può notare che tutti i valori si dispongono sopra la retta $3,51 \text{ mm} \times a^{-1}$, salvo uno che si dispone all'incirca sulla stessa retta. Unicamente la data utilizzata da Whitehouse *et al.* (in stampa) per ricavare la velocità di recupero isostatico si colloca nettamente al di sotto della retta.

Utilizzando questa data e riferendola alla scala ^{14}C corretta qui proposta, si valuta a $0,84 \text{ mm} \times a^{-1}$ il tasso di sollevamento massimo per gli ultimi 3 300 anni circa e a $11,14 \text{ mm} \times a^{-1}$ per l'intervallo compreso tra circa 4 600 e 3 300 anni ^{14}C corretti.

Poiché la velocità di recupero isostatico non è costante ma, dopo aver raggiunto rapidamente un valore massimo dopo il ritiro glaciale, decresce successivamente nel tempo (Mörner, 1981; Hebert, 1985) è possibile che una curva più aderente alla realtà si interponga tra quella tracciata da noi e quella ricavabile dalla data di Whitehouse *et al.* (in stampa).

È pertanto tracciabile una curva con un gradiente finale (ultimi 1 000-2 000 anni) prossimo a $3 \text{ mm} \times a^{-1}$ e un gradiente relativo all'intervallo di tempo compreso tra 5 000 e 7 000 anni B.P. prossimo a $6 \text{ mm} \times a^{-1}$.

Zhang Qingsong *et al.* (1983) riportano una serie di valori del tasso di sollevamento isostatico in Antartide, variabili tra 1 e $3,9 \text{ mm} \times a^{-1}$.

Hebert (1985), sulla base di alcune date ottenute da colonie di pinguini e di valutazioni teoriche ha proposto una curva del recupero isostatico per l'Antartide, per gli ultimi 10 000 anni.

La velocità iniziale è calcolata in $23 \text{ mm} \times a^{-1}$, quella terminale (ultimi 3 000 anni circa) in $8 \text{ mm} \times a^{-1}$, valori nettamente superiori a quelli sin qui discussi.

Infine se si riporta nel grafico di fig. 3 la curva teorica di variazione relativa del livello marino, proposta da Clark e Lingle (1979) per la regione di McMurdo-Terra Nova Bay, con l'avvertenza di riferirla alla scala corretta di età ^{14}C da noi adottata, si osserva un'ottima coincidenza con la retta di $3,51 \text{ mm} \times a^{-1}$ per gli ultimi 2 000 anni, mentre il tratto di curva precedente si discosta nettamente e raggiunge per tempi uguali quote molto più elevate.

Se si estrapolano le diverse curve riportate in fig. 3, si ottengono età diverse per le spiagge più elevate. Queste giungono con la sommità delle loro berme ciottolose più grossolane a circa 30 m e devono essere state generate da un livello medio del mare di almeno 1 m più basso.

Adottando una velocità di sollevamento isostatico di $3,51 \text{ mm} \times a^{-1}$ e riferendoci alla scala di età ^{14}C corretta, si ottiene per tale livello un'età di 8 250 anni B.P., mentre con una velocità di $11,14 \text{ mm} \times a^{-1}$ si ottiene un'età di 5 800 anni. Secondo la curva interpolata si può prevedere un'età compresa tra 6 000 e 7 500 anni B.P.

Le coste del Mare di Ross ricadono nella zona I di Clark e Lingle (1979), caratterizzata da curve di variazione relativa del livello del mare di sola emersione, iniziatasi subito dopo il ritiro o la riduzione di spessore dei ghiacci.

Le tappe della deglaciazione e del ritiro della Piattaforma di Ross nel settore di Terra Nova Bay non sono ancora sufficientemente note. Più a Sud il territorio di McMurdo Sound era già sgombro di ghiacci circa 6 000 anni B.P.

L'età delle faune oloceniche marine più antiche in Antartide si concentra intorno a circa 6 000-7 000 anni ^{14}C (Stuiver *et al.*, 1981; Hirakawa *et al.*, 1984; Stuiver e Braziunas, 1985; Pickard, 1985) sino a valori massimi di poco superiori a 8 000 anni (valori non corretti dell'effetto serbatoio).

Vi è pertanto una convergenza di dati ad indicare che le spiagge oloceniche più elevate possono essersi formate tra 6 000 e 7 000 anni B.P. e che la curva proposta di circa $6 \text{ mm} \times a^{-1}$ per l'intervallo intorno a 5 000-7 000 anni possa rappresentare una ragionevole approssimazione, in attesa di ulteriori datazioni ^{14}C e più accurate valutazioni delle quote delle spiagge emerse e delle rispettive linee di riva.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMSON D. e PICKARD J. (1983) - *Late Quaternary ice movement across the Vestfold Hills, East Antarctica*. In: « OLIVER R.L., JAMES P.R. e JAGO J.B. eds., *Antarctic Earth Sciences* », 465-469, Cambridge University Press, Cambridge.
- CLARIDGE G.G. e CAMPBELL I.B. (1966) - *The raised beaches at Inexpressible Island, Antarctica*. « *New Zealand Jour. Sci.* », 9, 889-900, Wellington.
- CHINN T.J. (1985) - *Glacial history and glaciology of Terra Nova Bay area - Logistic report for k 162*. « *Water and Soil Sci. Centre, Ministry of Works and Development* », Rep. n. W 998, 1-10, Christchurch.
- CLARK J.A. e LINGLE C.S. (1979) - *Predicted relative sea-level changes (18,000 years B.P. to Present) caused by Late-Glacial retreat of the Antarctic Ice Sheet*. « *Quat. Res.* », 11, 279-298, New York.
- DENTON G.H., BORNS H.W. jr., GROSSWALD M.G., STUIVER M. e NICHOLS R.L. (1975) - *Glacial history of the Ross Sea*. « *Antarct. Jour. U.S.* », 10, 160-164, Washington.
- HARKNESS D.D. (1971) - *Radiocarbon dates from Antarctica*. « *Brit. Antarct. Surv. Bull.* », 47, 43-49, Cambridge.
- HEBERT D. (1985) - *Studies on the recent uplift of Antarctic coast terraces based on ^{14}C ages*. « *Z. Geol. Wiss.* », 13, 373-379, Berlin.
- HIRAKAWA K., ONO Y., HAYASHI M., ANIYA M., IWATA S., FUJIWARA K., MORIWAKI K. e YOSHIDA Y. (1984) - *Explanatory text of Geomorphological Map of Langhovde, Antarctica*. « *Special Map Series of National Institute of Polar Research* », 1, 1-63, Tokyo.
- MABIN M.C.G. (1985) - *14 C ages for "heroic era" penguin and seal bones from Inexpressible Island, Terra Nova Bay, North Victoria Land*. « *New Zealand Antarct. Rec.* », 6 (2), 24-25, Christchurch.
- MABIN M.C.G. (1986) - *The Ross Sea section of the Antarctic ice sheet at 18 000 yr B.P.: evidence from Holocene sea-level changes along the Victoria Land coast*. « *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap* », 82, 506-508, Marshalltown.
- MÖRNER N. (1981) - *Crustal movements and geodynamics in Fennoscandia*. « *Tectonophysics* », 71, 241-251, Amsterdam.
- OMOTO K. (1983) - *The problem and significance of radiocarbon geochronology in Antarctica*. In: « OLIVER R.L., JAMES P.R. e JAGO J.B. eds., *Antarctic Earth Sciences* », 450-452, Cambridge University Press, Cambridge.
- OROMBELLI G. (1986) - *La prima spedizione del programma nazionale di ricerche in Antartide - Osservazioni geomorfologiche*. « *Riv. Geogr. It.* », 93, 129-169, Firenze.
- PICKARD J. (1985) - *The Holocene fossil marine macrofauna of the Vestfold Hills, East Antarctica*. « *Boreas* », 14, 189-202, Oslo.
- PRIESTLEY R.E. (1923) - *British (Terra Nova) Antarctic Expedition 1910-13. Physiography (Robertson Bay and Terra Nova Bay regions)*. Harrison e Sons, London.
- STUIVER M., DENTON G.H., HUGHES T.J. e FASTOOK J. (1981) - *History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation: a working hypothesis*. In « DENTON G.H. e HUGHES T.J., eds., *The last great ice sheets* », 319-436, Wiley, New York.

- STUIVER M. e BRAZIUNAS T.F. (1985) - *Compilation of isotopic dates from Antarctica*. « Radiocarbon », 27 (2 A), New Haven.
- WHITEHOUSE I.E., CHINN T.J.H. e HÖFLE H.C. (in stampa) - *Radiocarbon dates from raised beaches, Terra Nova Bay, Antarctica*. « Geologisches Jahrbuch », Hannover.
- ZHANG QINGSONG, XIE YOUYOU e LI YUANFANG (1983) - *A preliminary study of the evolution of the post Late Pleistocene Vestfold Hills environment, East Antarctica*. In: « OLIVER R.L., JAMES P.R. e JAGO J.B., eds., Antarctic Earth Sciences », 473-477, Cambridge University Press, Cambridge.