

Dept. of Life Sciences - Università di Siena
Laboratorio di zoologia evoluzionistica



W5 – Antarctic life on the precipice

Francesco Frati



Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della
Ricerca

L'ambiente terrestre dell'Antartide

L'Ecosistema terrestre è limitato all'1% del territorio che stagionalmente è libero dai ghiacci, nelle regioni costiere e a bassa quota;

Il Biota animale è rappresentato da: Rotiferi, Tardigradi, Nematodi, Acari e Collemboli;

Collemboli ed acari sono "i pachidermi" dell'Antartide essendo i più grandi organismi realmente terrestri del Continente;

La diversità di specie è molto bassa rispetto a quella di altri Continenti ed anche nei confronti dell'Artico...

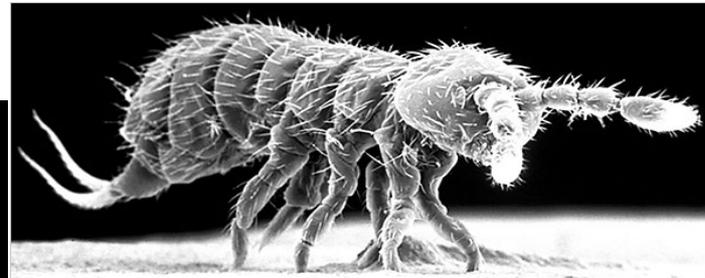


Table 1. Key geographic and environmental characteristics of the Antarctic and Arctic

	The Antarctic	The Arctic
Landscape	<p>~14 million km² of which only ca. 0.32% is seasonally ice and snow free^a</p> <p>Continental Antarctica is a polar desert with no to sparse vegetation. Some areas in maritime Antarctica more vegetated^b</p>	<p>~12 million km² of which 2.5 million km² is ice covered^b</p> <p>~3 million km² is polar desert or sparsely vegetated (< 50% vegetation cover) while the remaining ~5.1 million km² is tundra (> 50% vegetation cover)^b</p>
Vegetation	<p>Two native vascular plant species, both restricted to maritime Antarctica. Approximately 111 species of moss and 273 lichens^{c,d}</p>	<p>Some 5900 species including 1800 vascular plant species^e</p>
Soil invertebrates	<p>Some 520 terrestrial invertebrates of which about 170 are endemic^{f,g}, but likely underestimated</p>	<p>Over 2000 species of soil invertebrates incl. some 700 mites, 400 springtails, 500 nematodes and 70 oligochaetes^{h,i}</p>
Other characteristics	<p>Geographically isolated and the Southern ocean function as a large-scale dispersal barrier</p> <p>Habitable areas very fragmented within the continent</p> <p>Ozone-hole currently limits warming in interior continental Antarctica^j and high UV radiation may be damaging to flora and fauna^k</p>	<p>Less isolated but some dispersal limitation between continents and islands</p> <p>Habitable areas larger, widespread and more connected</p> <p>Climate gentler than comparable latitudes in the Antarctic^l</p>

Il ciclo vitale di questi organismi è legato prevalentemente ad una serie di fattori **abiotici**, come alla presenza di acqua dolce biodisponibile e alla composizione del suolo e **biotici**, quali lo sviluppo di comunità vegetali, rappresentate da Briofite, Licheni e da due specie di piante angiosperme e...



... dai nutrienti ricavati dalle
attività di animali vertebrati



Ma la distribuzione della fauna
terrestre è anche legata a fattori
spaziali, quali:
Latitudine, longitudine, altitudine e
distanza dalla costa.

Terrestrial and marine factors	Latitude	Altitude/depth	Distance from coast
Terrestrial physical factor			
Total solar radiation	3	1	0
Temperature	3	2	1
Humidity	2	1	2
Wind	1	1	1
Precipitation (amount)	2	1	1
Precipitation (type)	2	1	1
Ablation (amount)	2	2	2
Ablation (type)	2	2	2
Terrestrial geochemistry	1	1	1
Seasonality	3	1	0
Marine physical factor			
Polynya	2	0	1
Current	2	2	2
Salinity	1	2	2
Sea ice cover	2	0	1
Ice shelf cover	3	0	0

Notes: Key: 0, no dependence; 1, weak dependence; 2, medium dependence; 3, strong dependence. The original measurements for latitude were in degrees, for altitude/depth were per 100 m, and for distance from the coast were in kilometers.

Table 3. Akaike's weights (w_{+j}) for three species of Collembola from Victoria Land, Ross Dependency, Antarctica, relative to geographical variables.

Variable	<i>Gressittacantha terranova</i> w_{+j}	<i>Friesea grisea</i> w_{+j}	<i>Gomphiocephalus hodgsoni</i> w_{+j}	Number of models
Latitude ²	0.472	0.295	0.952	72
Longitude ²	0.868	0.681	0.148	72
Latitude	0.999	0.999	0.996	129
Longitude	0.957	0.999	0.280	129
Altitude ²	0.422	0.263	0.365	44
Distance from the sea ²	0.250	0.405	0.189	44
Altitude	0.909	0.992	0.906	129
Distance from the sea	0.603	0.849	0.983	129

The statistics presented allow comparison of the differential roles of each variable for each species.

Environmental drivers of *Gomphiocephalus hodgsoni* activity



Springtails as climate change indicators?

Gemma Collins & Ian Hogg
University of Waikato, New Zealand



Introduction

Springtails are the largest year-round animals of terrestrial Antarctica at < 1.5 mm long and are integral ecosystem components. They produce antifreeze to survive colder months and are highly sensitive to changes in the environment.

Gomphiocephalus hodgsoni is the most widespread springtail species in South Victoria Land and has considerable genetic and physiological variation.

Key Question

Does variation in the mitochondrial COI gene of *G. hodgsoni* correlate with environmental conditions during periods of activity?

Methods

To assess any relationship between *G. hodgsoni* activity and environmental conditions, we sequenced 151 individuals collected from Spaulding Pond, Taylor Valley for variation in the COI gene. We then correlated genetic variation with environmental parameters measured during collections.



Active springtails collected two-hourly in 12 pitfall traps, Taylor Valley, January 2014

COI Sequencing

Phylogenetic tree construction (MEGA) for assessing overall diversity (number of haplotypes)

Haplotype occurrence correlated with environmental conditions (Primer)

Results

Two haplotype groups with 1.6% divergence

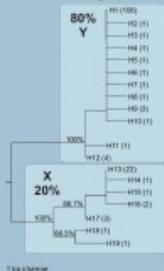


Fig. 1 NJ tree for 19 COI haplotypes

Environmental conditions influence haplotype capture in pitfall traps

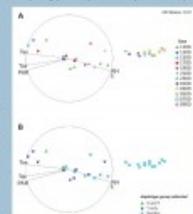
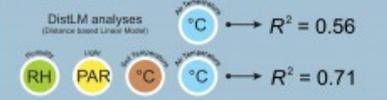


Fig. 2 MDS of environmental data (labelled by A) time; and B) haplotype grouping

Fig. 1 NJ tree for 19 COI haplotypes



Conclusions

The activity of COI haplotypes correlate with environmental parameters, particularly air temperature.

Some *G. hodgsoni* COI haplotypes may have a selective advantage by having greater activity in a warmer climate.

Future work

Monitor activity in response to temperature changes.
Temporal and spatial monitoring of the proportions of different haplotypes.
Investigate variation in alternative genes (mitochondrial or nuclear) or transcriptomics.

Environmental drivers

Alcuni parametri ambientali, comunemente identificati come “Environmental drivers” possono influenzare l’attività e la sopravvivenza di alcune specie terrestri del Continente.

Tra queste:

- Il fotoperiodo;
- Il periodo giornaliero con $t > 0^{\circ}\text{C}$;
- La copertura di ghiaccio/neve;
- Il periodo stagionale con acqua dolce biodisponibile.



L’80% degli esemplari campionati a $t > 0^{\circ}\text{C}$ appartiene al gruppo Y di aplotipi nella specie *Gomphiocephalus hodgsoni*

Acknowledgements

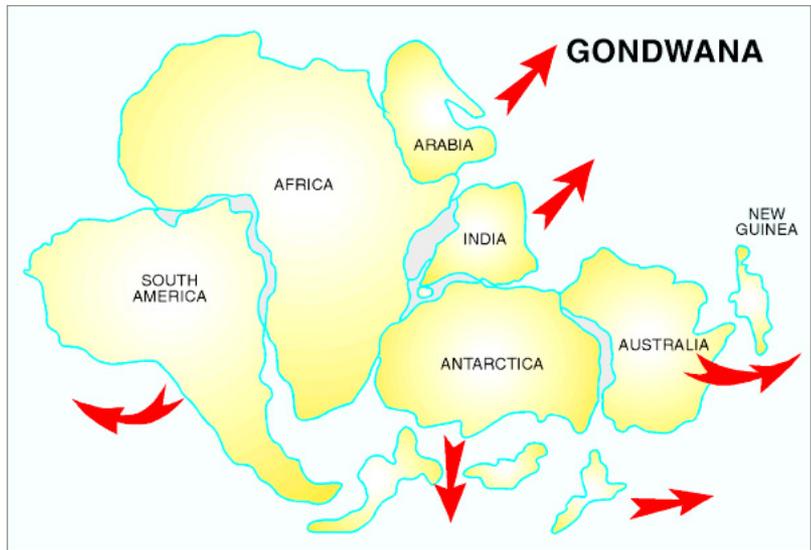


Diversamente da ciò che avviene nell'Artico, gli Ecosistemi terrestri (e marini) dell'Antartide sono in gran parte isolati;

Nessuna continuità con comunità animali e vegetali poste a latitudini inferiori;

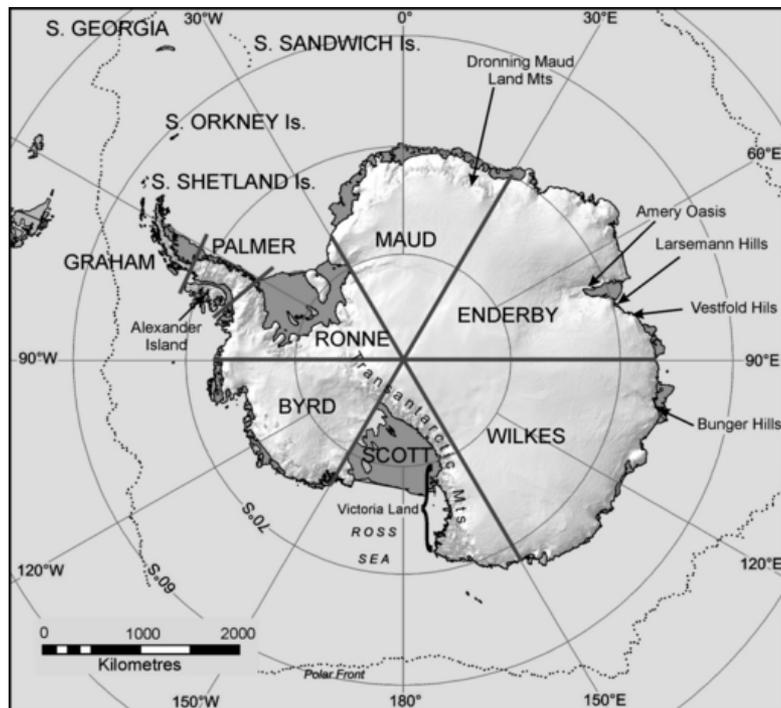
Questo isolamento è iniziato durante la frammentazione del Gondwana e si è perfezionato con la formazione del Passaggio di Drake e della ACC;

La maggior parte dei taxa ha origine pre-LGM.



Le comunità terrestri sono spesso isolate tra di loro con molte specie che hanno una distribuzione regionale;
 60/76 delle specie endemiche di invertebrati sono confinate in un solo settore biogeografico;
 16 di queste sono condivise tra due o più settori;

Solo 9 specie hanno una distribuzione "pan-Antartica".



Regional diversity of Antarctic non-marine Nematoda, Rotifera, Tardigrada, Acarina, Crustacea, Collembola and Insecta

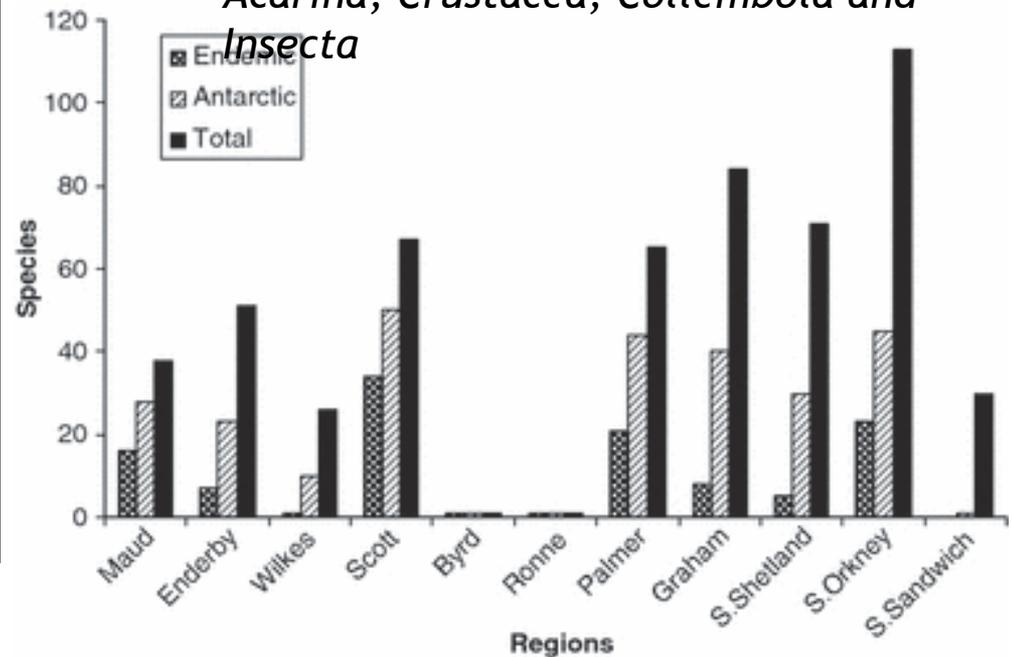


Table 1. Broader distribution of the verified native free-living Antarctic fauna.

Biogeographical region	No. species	Percentage of total	
Endemic – continental Antarctica	76	25.2	58.0
Endemic – maritime Antarctica	90	29.8	
Endemic – pan-Antarctic	9	3.0	
+Sub-Antarctic islands	43	14.2	42.0
+Gondwana/cosmopolitan	84	27.8	
Total	302		

Table 2. Regional distribution of endemic taxa (bold) within families and genera of Antarctic invertebrates.

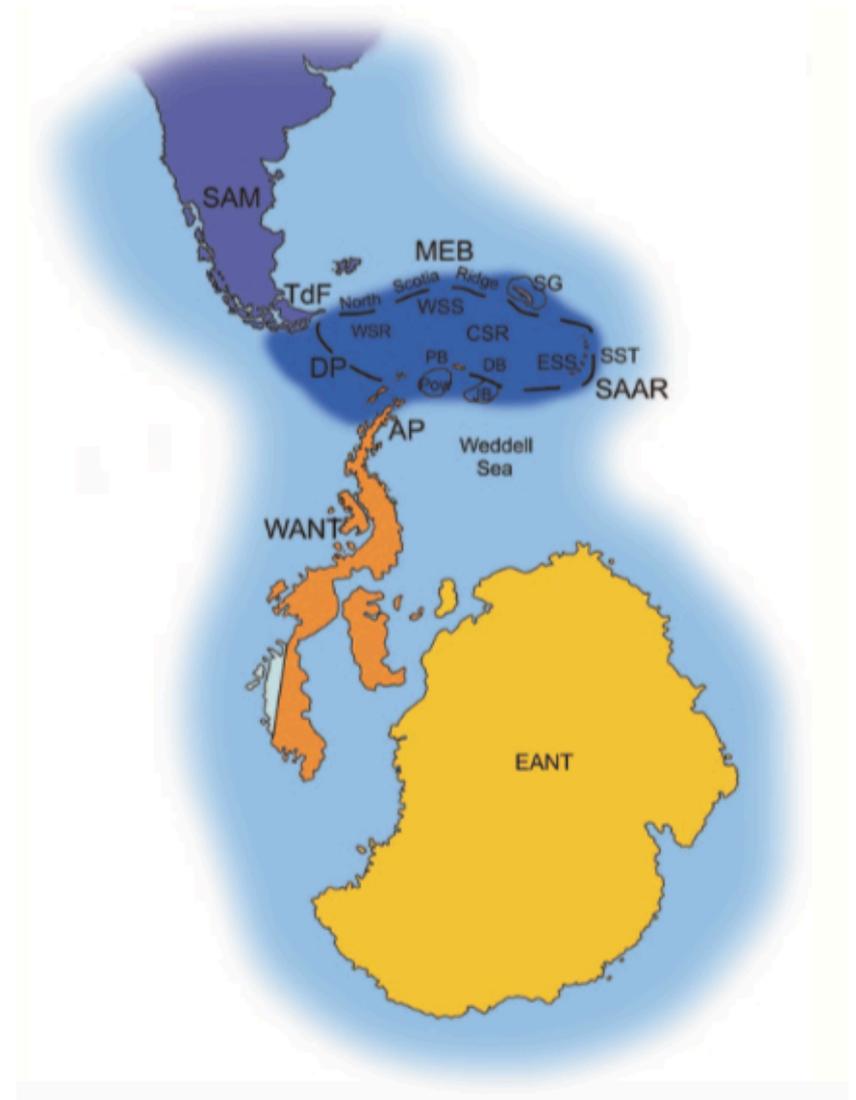
Phylum/class	Order	Family	Genus	Maud	Enderby	Wilkes	Scott	Byrd	Ronne
Nematoda	Araeolaimida	Plectidae	<i>Chiloplacoides</i>	1					
	Rhabditida	Cephalobidae	<i>Scottinema</i>				1		
	Tylenchida	Tylenchidae	<i>Antarctenchus</i>						
Arthropoda/Acarina	Prostigmata	Tydeidae	<i>Apotriophtydeus</i>						
			<i>Paratiophtydeus</i>						
			<i>Paratydaeolus</i>						
	Cryptostigmata	Ameronothridae	<i>Antarcticola*</i>		1				
		Maudheimiidae	<i>Maudheimia</i>	1			1		
	Astigmata	Hyadesiidae	<i>Neohyadesia</i>						
Arthropoda/Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae	<i>Antarcticinella</i>				1		
			<i>Biscoia</i>				1		
			<i>Gomphiocephalus</i>				1		
	Entomobryomorpha	Isotomidae	<i>Antarctophorus</i>				1		
			<i>Gressittacantha</i>				1		
			<i>Neocryptopygus</i>				1		
Arthropoda/Hexapoda	Diptera	Chironomidae	<i>Belgica</i>						

*Congener also reported from sub-Antarctic South Georgia.

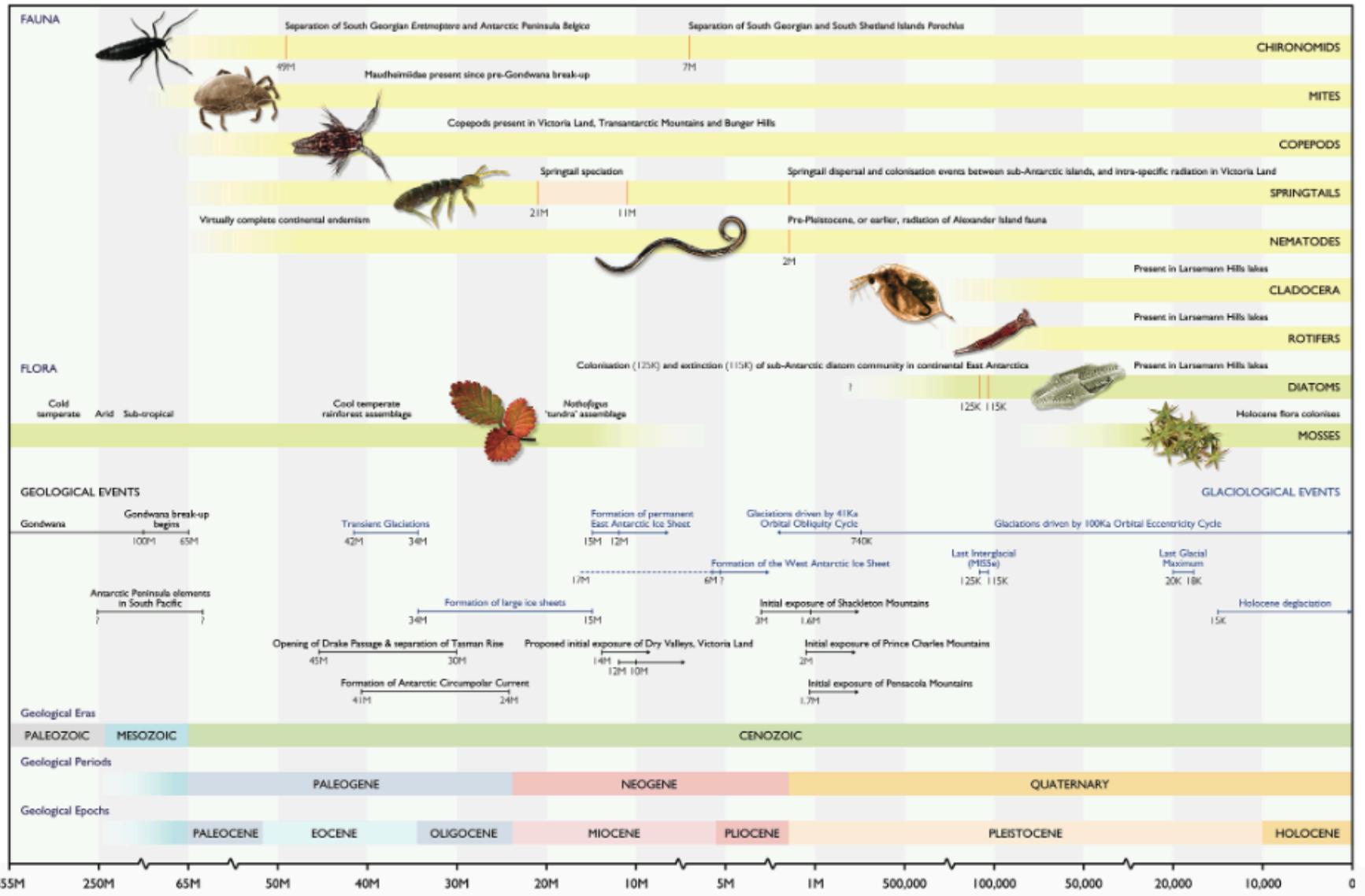
Cambriano - Carbonifero



41 Ma Apertura del Passaggio di Drake



BIOLOGICAL COLONISATIONS AND EXTINCTIONS IN ANTARCTICA (Inferred Biogeographic Molecular Phylogenetic and Fossil Evidence)



21 specie di collemboli

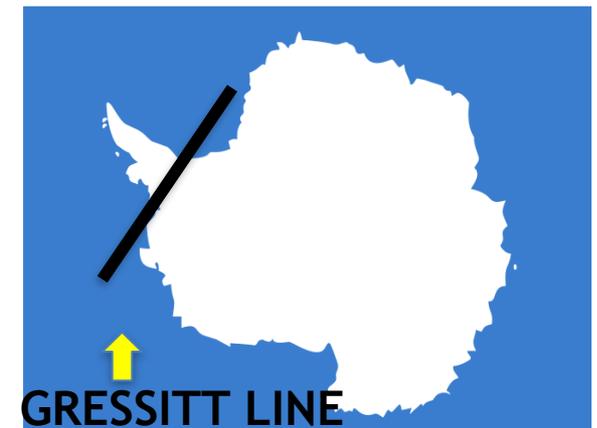
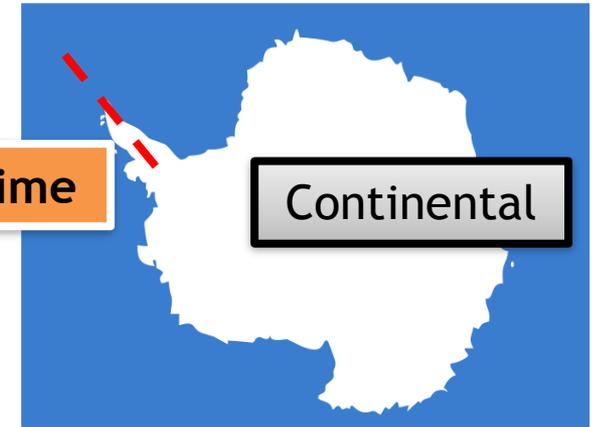
Divise pressochè equamente tra le due maggiori regioni biogeografiche del Continente:

L'Antartide Marittimo e quello Continentale.



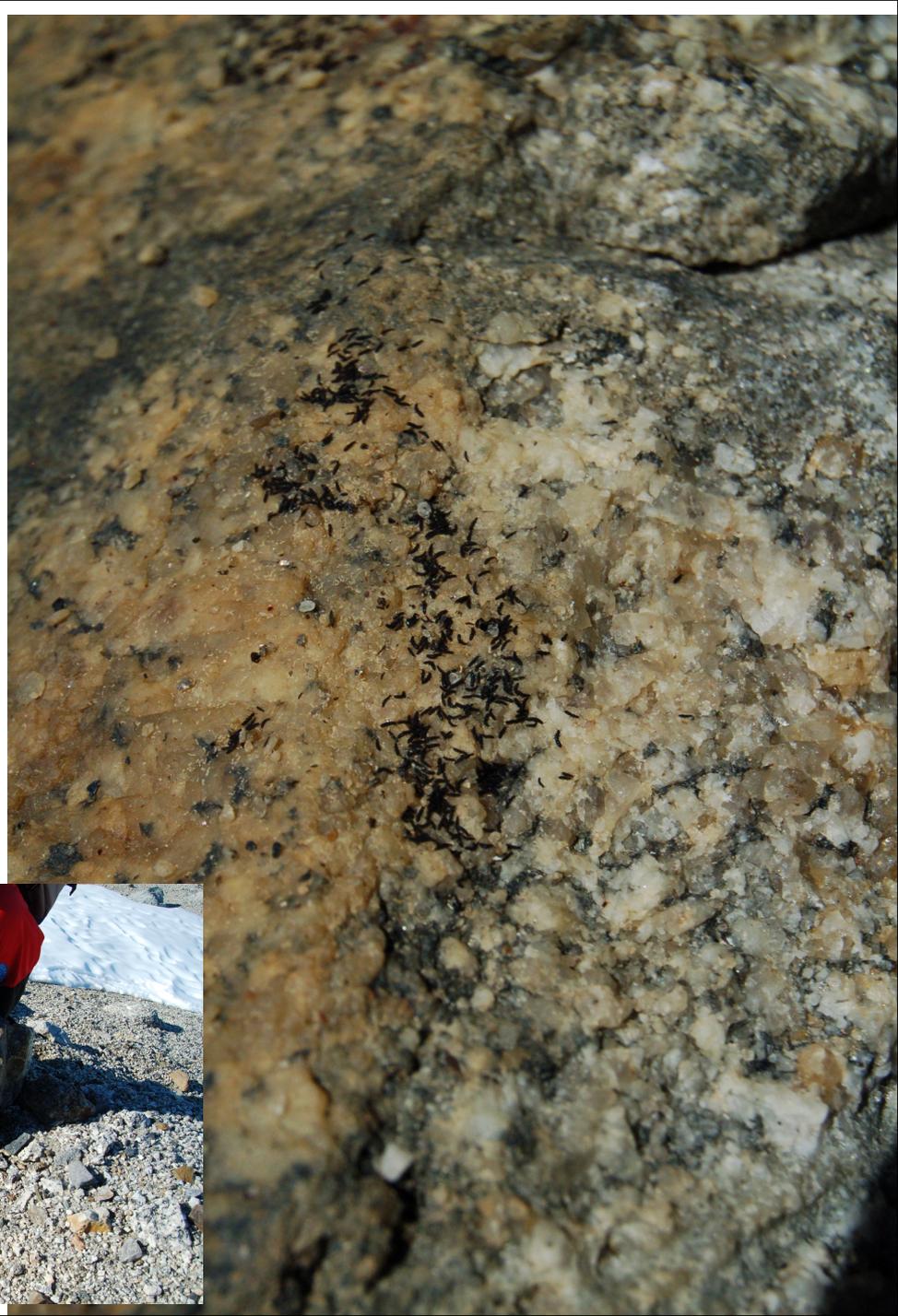
Maritime

Continental

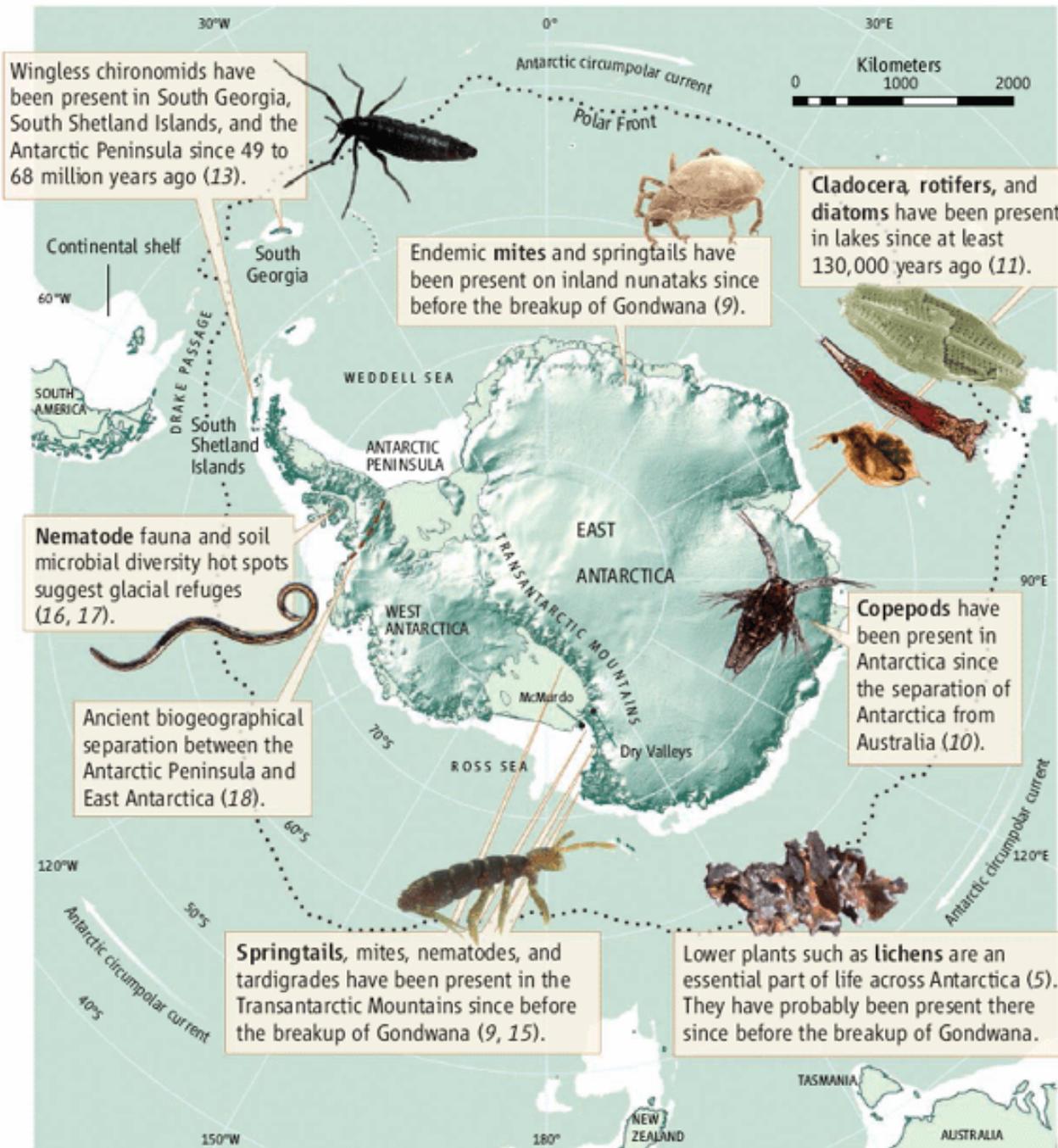


IMMIGRAZIONI RECENTI O SPECIE RELITTE PRE-GLACIALI?

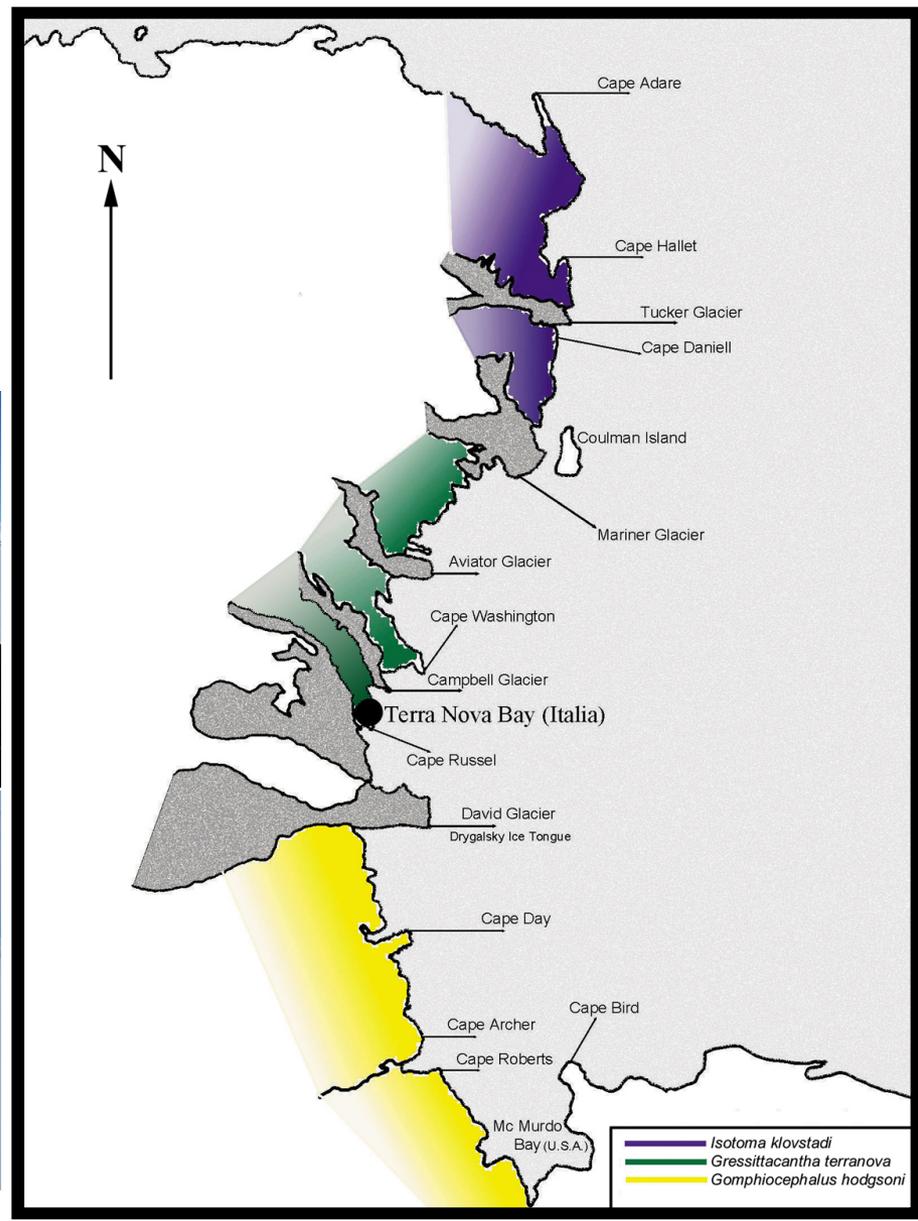
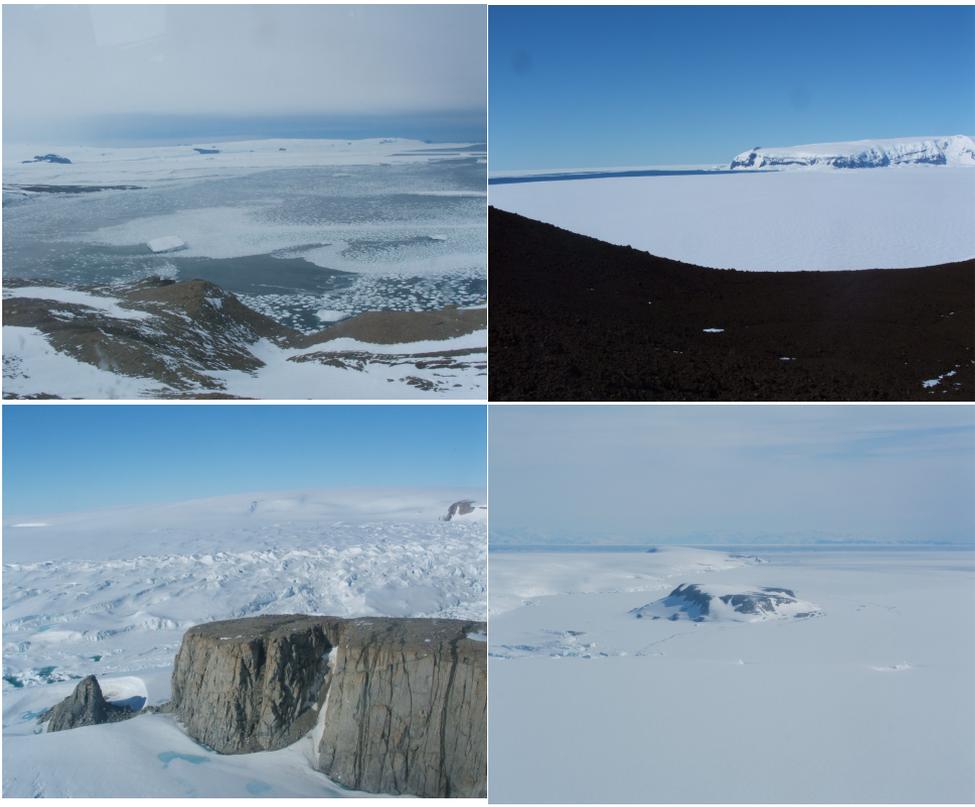
Gli adattamenti fisiologici necessari per impedire la disidratazione ed il congelamento potrebbero aver permesso alle specie del Gondwana, che già li possedevano, di sopravvivere ai mutamenti ambientali causati dalla deriva verso sud del Continente.



Evidenze da dati genetici (Convey & Stevens 2007)



L'isolamento, anche su scala locale, ha un notevole impatto sul pool genico delle popolazioni di organismi atteri e non capaci di sopravvivere a lunghi spostamenti



Il biota terrestre dell'Antartide è formato da specie adattate a climi rigidi, in possesso di complessi meccanismi fisiologici in grado di controllare gli stress ambientali (es: disseccamento e basse temperature):

- abbassamento dell'SCP (Supercooling point);
- rimozione dei cristalli di ghiaccio (Ice nucleators);
- eliminazione dei liquidi corporei attraverso disseccamento e muta.

Le specie possono essere classificate in:

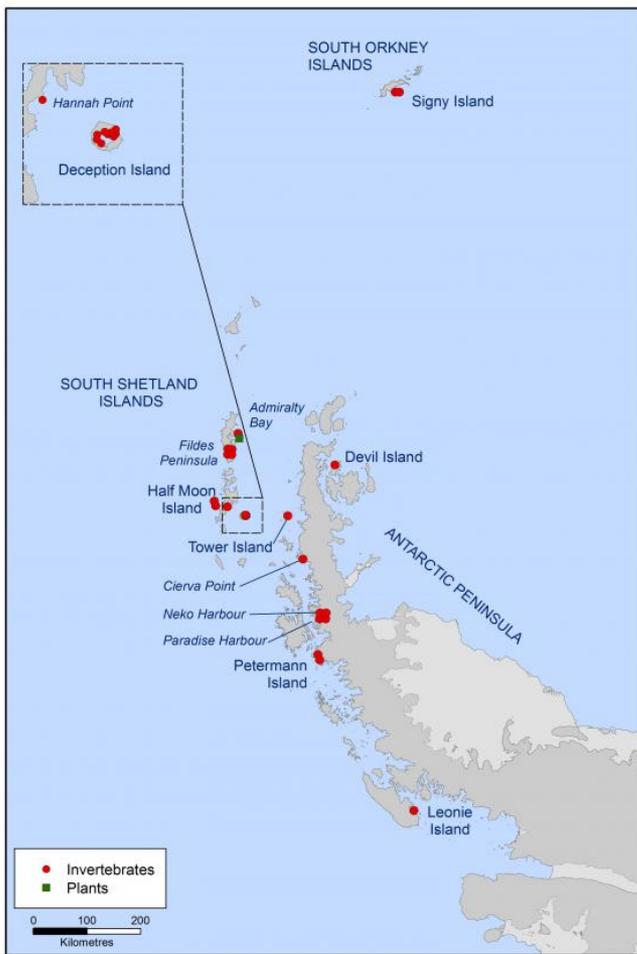
Freeze-tolerant  sopravvivono al congelamento di liquidi corporei

Freeze avoiding  prevengono il congelamento abbassando il SCP



Cryptopygus antarcticus





L'innalzamento della temperatura media del Pianeta costituisce una minaccia per specie stenoterme adattate a climi rigidi.

Il conseguente aumento delle precipitazioni potrebbe permettere l'insediamento di specie aliene (provenienti da regioni limitrofe, come la Terra di Fuoco).

Alcune specie di collemboli sono già state introdotte accidentalmente dall'uomo, in siti con condizioni ambientali atipiche (per l'Antartide).



L'Isola di Deception fa parte dell'Arcipelago delle South Shetlands (Antartide Marittimo). È formata dalla parte superiore della caldera di un vulcano ancora parzialmente attivo. E' accessibile a barche da crociera. Le acque "termali" attraggono turisti e visitatori occasionali, potenziali veicoli di specie aliene



Table 1. List of Collembola species currently recorded from Deception Island, with source references. Total listed = 13 (6 exotics, 7 confirmed native). One possible additional native, single specimen only found.

Family	Species	First record from Deception I.	Distribution
Hypogastruridae	1. <i>Hypogastrura viatica</i> (Tullberg)	Hack 1949	Cosmopolitan
Tullbergiidae	2. <i>Tullbergia mixta</i> Wahlgren	Tilbrook 1967	Endemic to South Shetland on current records
	3. <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek	This work, new record	Cosmopolitan
Onychiuridae	4. <i>Deuteraphorura cebennaria</i> Gisin*	This work, new record	Cosmopolitan
	5. <i>Protaphorura fimata</i>	Greenslade and Wise 1984 (as <i>Onychiurus</i> sp.)	Cosmopolitan
Neanuridae	6. <i>Friesea cf. grisea</i>	Tilbrook 1967	Antarctic Peninsula; continental Antarctic. This species name encompasses considerable genetic variation (Torricelli et al. 2010a,b)
	7. <i>Friesea woyciechowskii</i> Weiner	This work, new record	South Shetland Is, South Orkney Is
Isotomidae	8. <i>Mucrosomia caeca</i> (Wahlgren)	Wise 1967, Tilbrook 1967	South Shetland Is, South Sandwich Is, subantarctic Is., New Zealand, Australia
	9. <i>Cryptopygus antarcticus antarcticus</i> Willem	Wise 1967, Tilbrook 1967	Antarctic Peninsula, South Shetland Is, subantarctic Is. (molecular evidence supports valid differentiation at subspecies level (Stevens et al. 2005))
	10. <i>Cryptopygus badasa</i> Greenslade	This work, new record	South Georgia, South Shetlands, Alexander Island, Adelaide Island
	11. <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg)	This work, new record	Cosmopolitan
	12. <i>Folsomotoma octooculata</i> (Willem)	Tilbrook 1967	Antarctic Peninsula, South Shetland Is
	13. <i>Folsomia candida</i> Willem	Greenslade and Wise 1984	Cosmopolitan
	14. <i>Archisotoma brucei</i>	Tilbrook 1967	Antarctic Peninsula, South Shetland Is, subantarctic Islands

* new record for Deception Island obtained in the current study



Global Collembola on Deception Island

Penelope Greenslade^{1a*}, Mikhail Potapov^{2b}, David Russell^{3c}, Peter Convey^{4d}

¹Environmental Management, School of Science and Engineering, University of Ballarat, PO Box 663, Mt Helen, Victoria, Australia 3350

²Department of Zoology and Ecology, Moscow State Pedagogical University, Kibalchich str., 6, korp. 5, Moscow 129164, Russia

³Dept. Soil Zoology; Section Mesofauna, Senckenberg Museum of Natural History Görlitz, Postfach 30015, 02806 Görlitz, Germany

⁴British Antarctic Survey, High Cross, Madingley Road, Cambridge CB3 0ET, UK

14 specie totali di collemboli:

8 indigene

6 introdotte

LESS EXTREME ENVIRONMENT

of adopting and applying effective biosecurity measures to protect the unique and vulnerable ecosystems of this region. Also documented are the impacts on the soil fauna of the island from human trampling, which drastically reduced densities of both native and non-indigenous species to 1% of the abundance typical of non-trampled sites.

Un esempio di specie invasiva "freeze-tolerant"

Il chironomide *Eretmoptera murphyi* fu introdotta accidentalmente dall'Isola sub-Antartica di South Georgia (55°S 37°W) a quella di Signy (60°S 45°W) (Antartide Marittimo);

Nonostante le differenze ambientali tra le due isole (es: la temperatura media annuale in South Georgia è di +1.8°C, con minima di -2°C; rispetto a -2.7°C di media e -10°C di minima in Signy) la specie si è adattata perfettamente al nuovo territorio.

La capacità di adattarsi alle nuove condizioni climatiche è dovuta ad un meccanismo inducibile chiamato Rapid cold hardening (RCH) che si espleta attraverso:

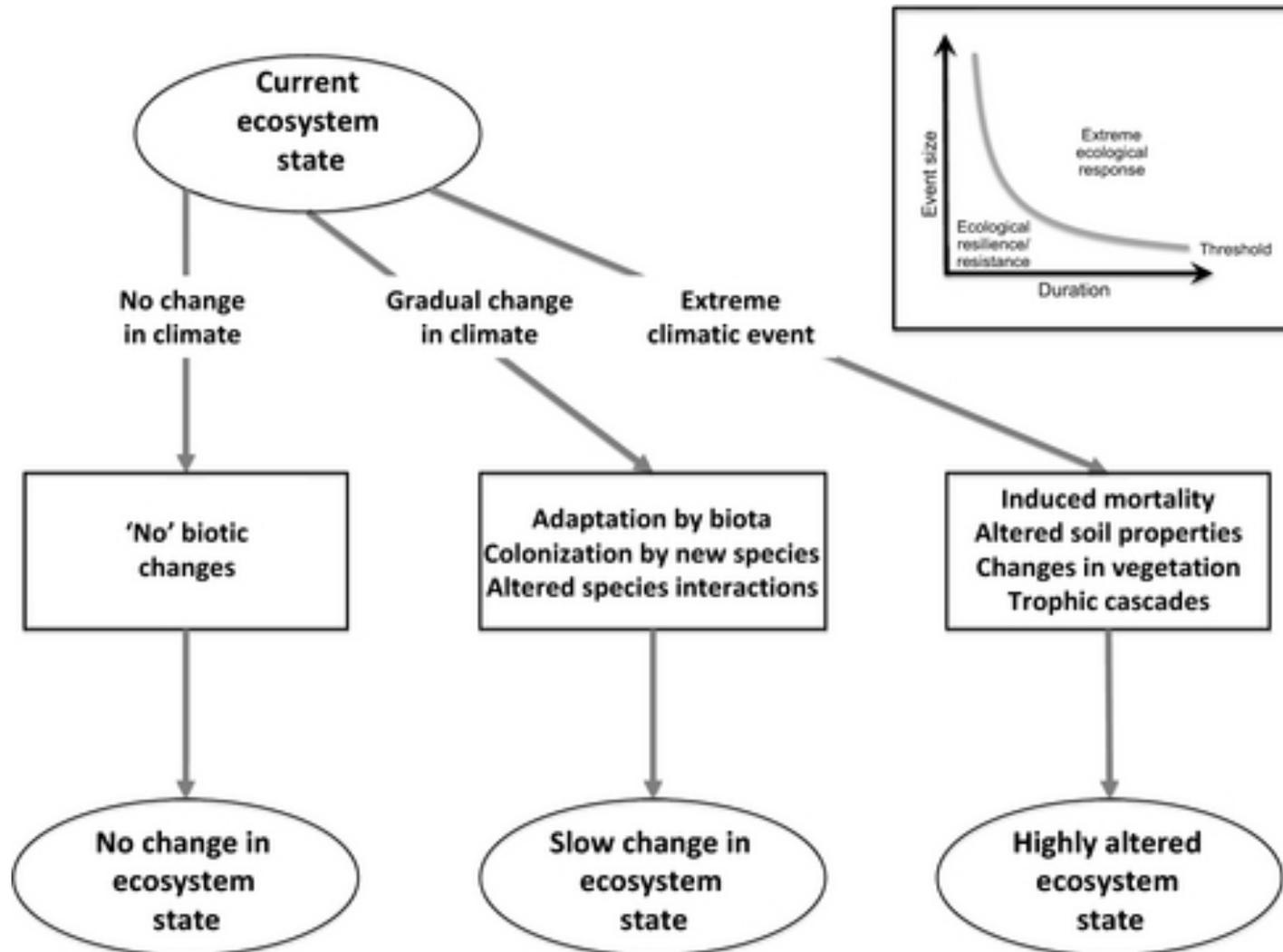
- l'inibizione dei processi apoptotici indotti dal freddo;
- mantenimento della fluidità di membrana delle cellule a basse temperature.



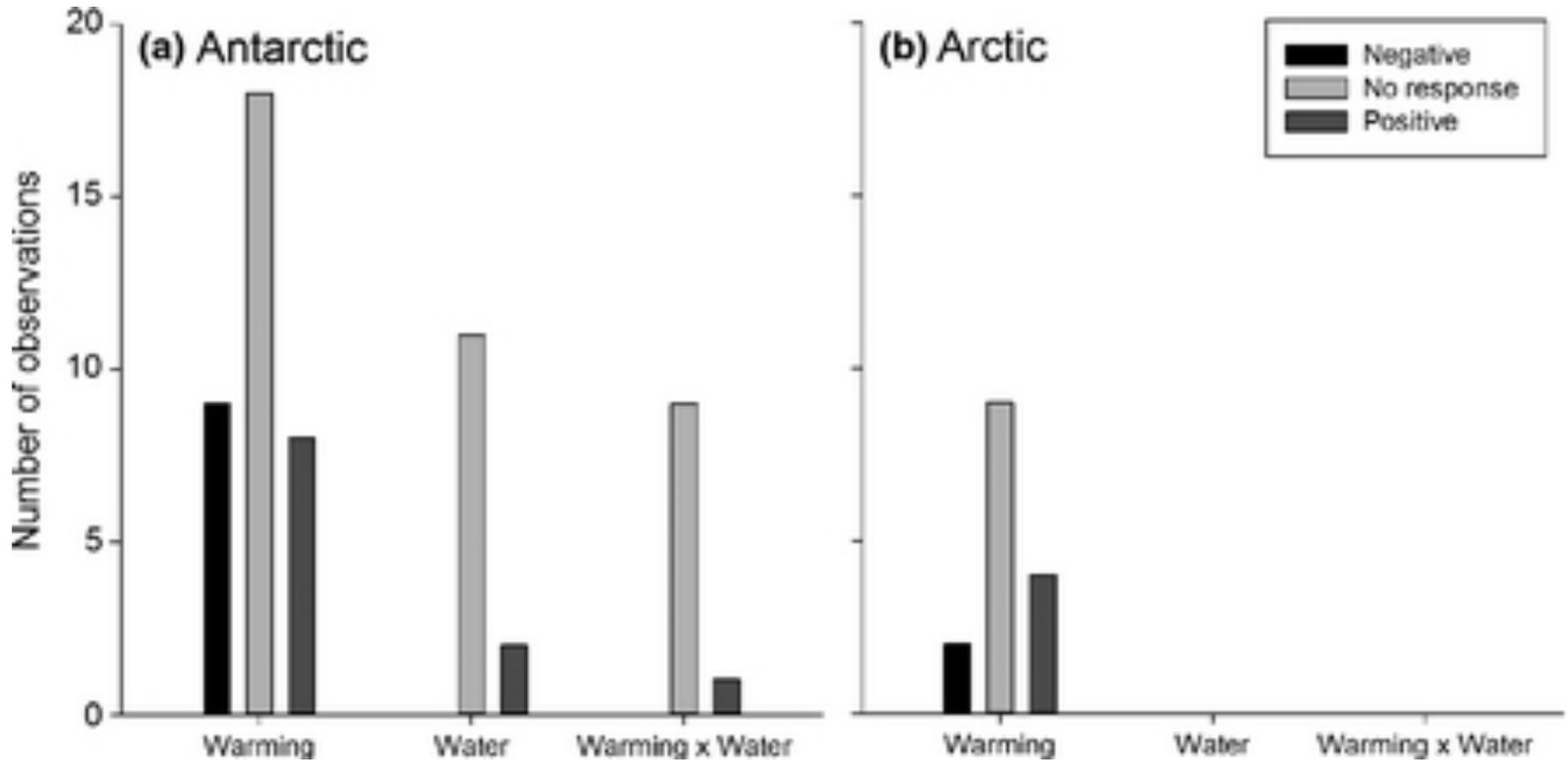
Eretmoptera murphyi



The future of soil invertebrate communities in polar regions: different climate change responses in the Arctic and Antarctic?



The future of soil invertebrate communities in polar regions: different climate change responses in the Arctic and Antarctic?



- Dati sperimentali dimostrano come l'innalzamento delle temperature ha effetti negativi sulle specie di collemboli, particolarmente sensibili alla diminuzione dell'umidità del suolo, ma d'altra parte questo fenomeno potrebbe essere controbilanciato dall'aumento delle precipitazioni e dal scioglimento dei ghiacciai;
- Inoltre, alcune specie, tra le attuali già presenti in Antartide, potrebbero aumentare sensibilmente in densità in presenza di suoli più umidi, come dimostrato per il nematode *Scottinema lindsayae*



The future of soil invertebrate communities in polar regions: different climate change responses in the Arctic and Antarctic?

