

Estrategias de vida al límite: LÍQUENES EN EXPERIMENTOS DE ASTROBIOLOGÍA

Leopoldo Garcia Sancho



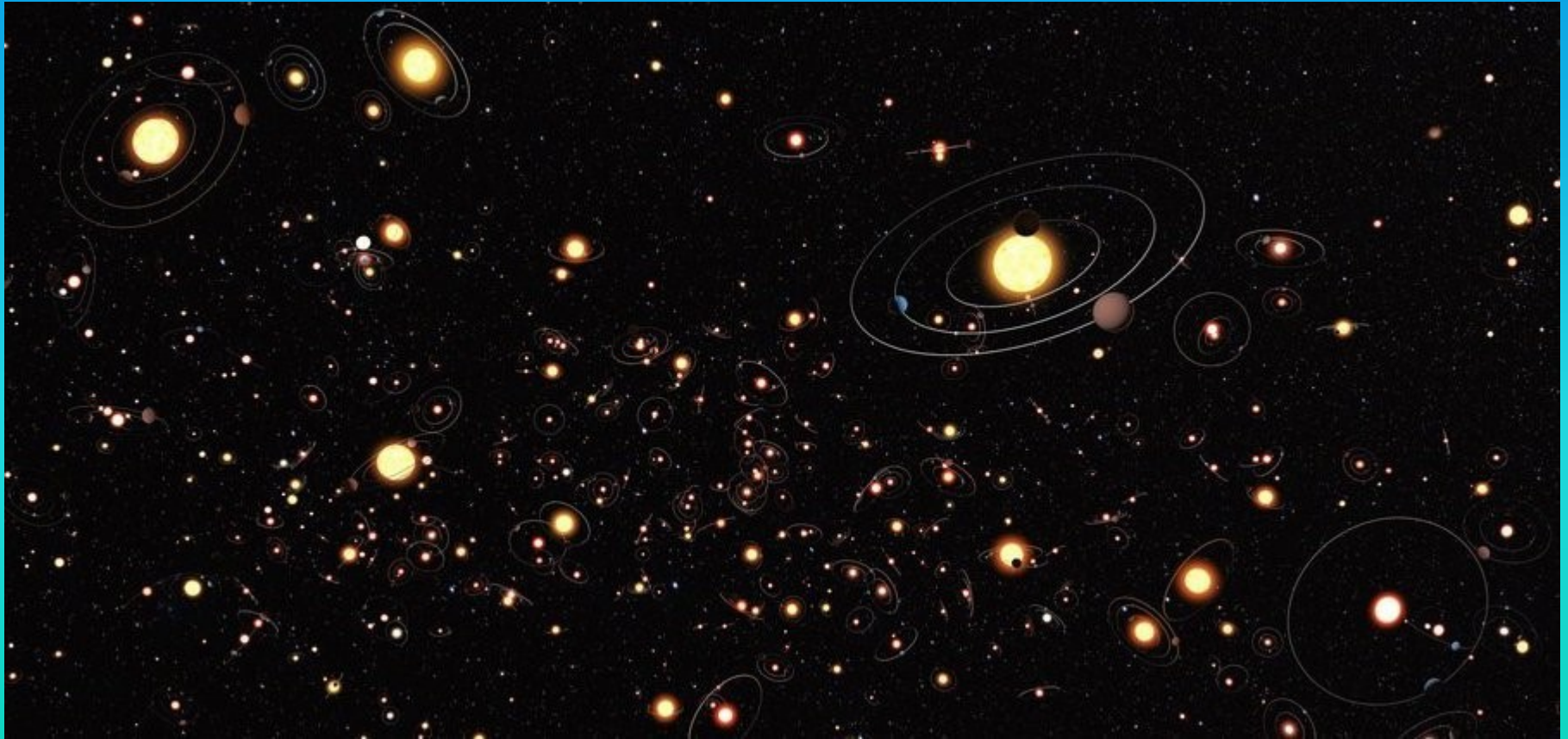
II CURSO COMPLUTENSE DE INTRODUCCIÓN A
LA EXPLORACIÓN ESPACIAL Y SU UTILIZACIÓN



Madrid, Noviembre 2024

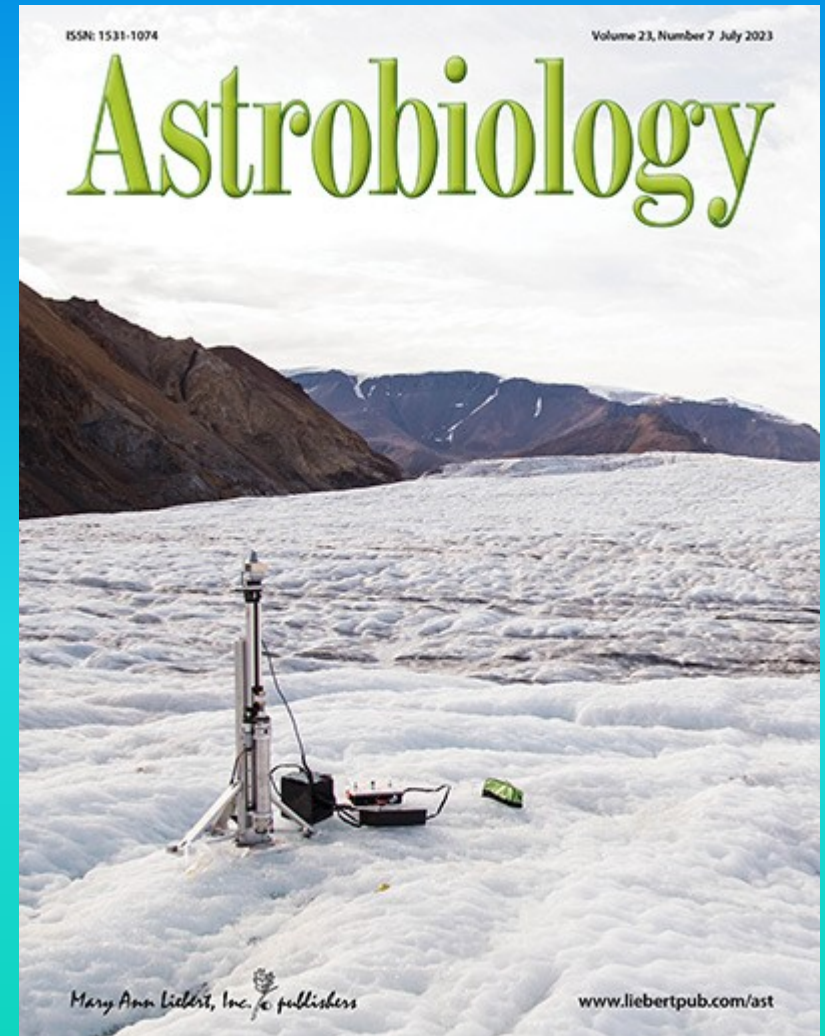
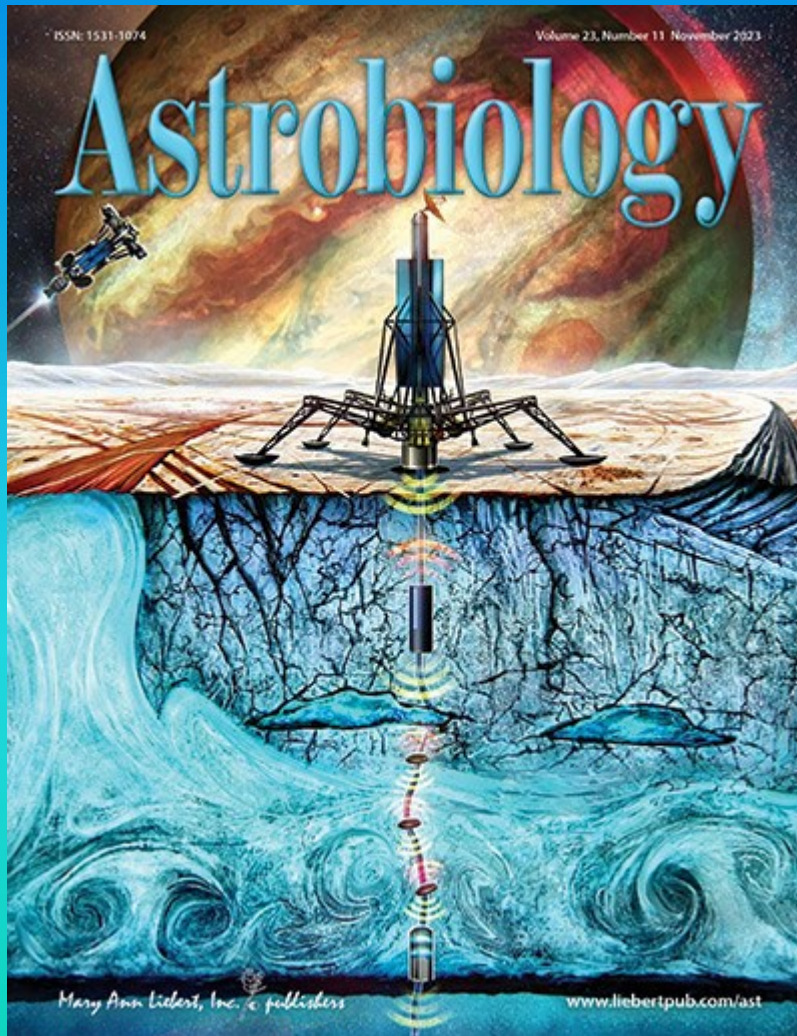
Life, Here and Beyond

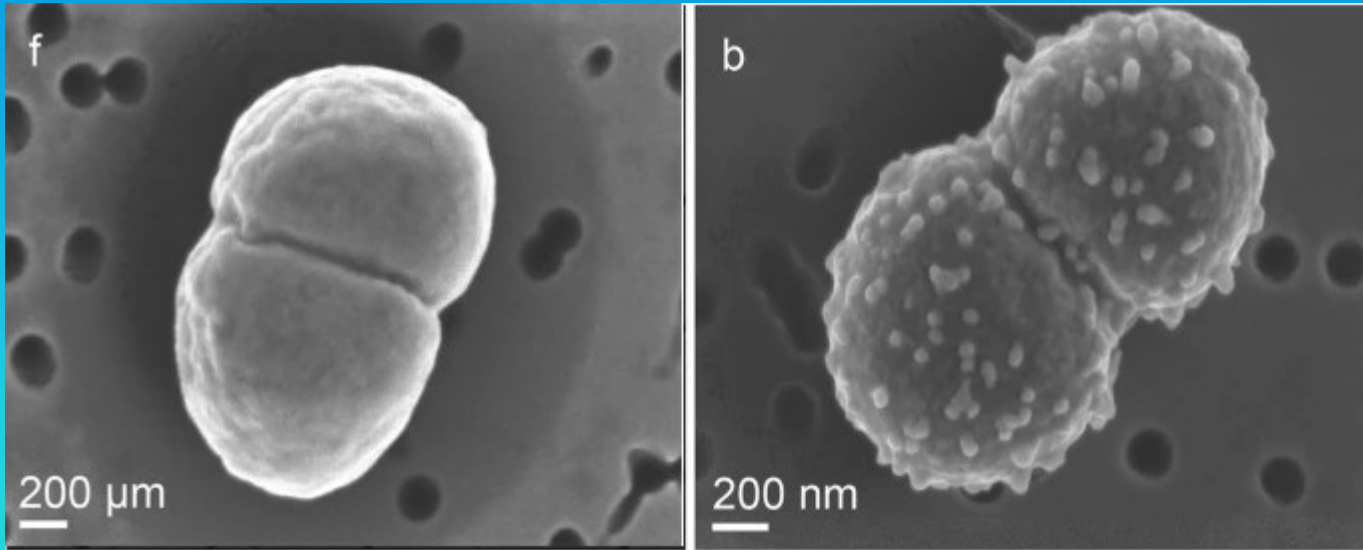
Astrobiology is the study of the origin, evolution, and distribution of life in the universe.



OBJECTIVES:

- Discovering how biological systems respond, acclimate and adapt to the space environment
- Developing integrated physiological models for biology in space
- Identifying the underlying mechanisms and networks that govern biological processes in the space environment
- Developing cutting-edge biological technologies to facilitate spaceflight research
- Enabling the transfer of knowledge and technology to the understanding of life on Earth





SEM images of *Deinococcus radiodurans* control (left), and after LEO exposure (right). (Ott et al., Microbiome, 2020)

TARDÍGRADOS



With a lack of moisture or in other unfavorable conditions, tardigrades lose up to 98 percent of their water and plunge into a state of anhydrobiosis, in which they can stay for years.

In this state, they can for a short time withstand temperatures from almost absolute zero to 100 degrees Celsius, pressures from practically zero to 600, and ionizing radiation of 5000 grays (a thousand times more than the lethal dose for most animals and humans).

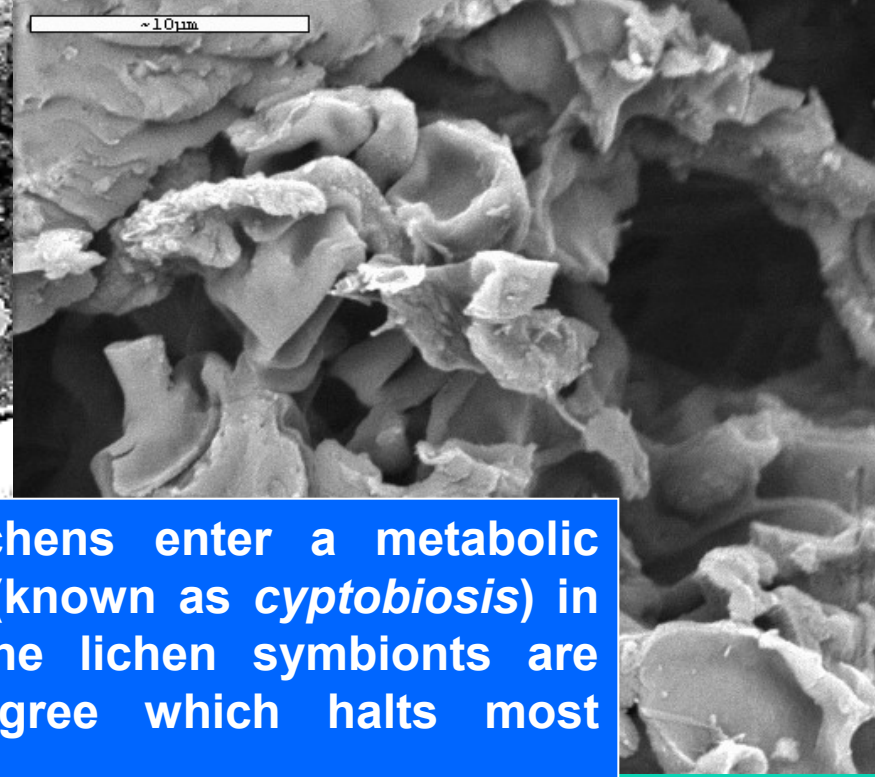
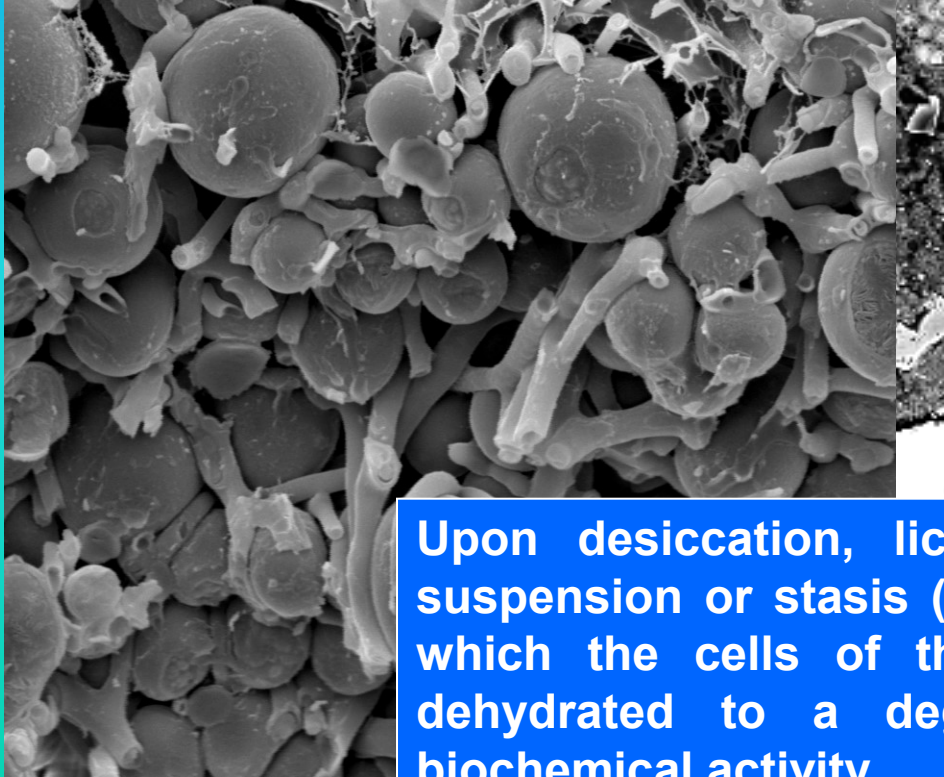
LÍQUENES



Poikilohydric way of life

SEM-BSE

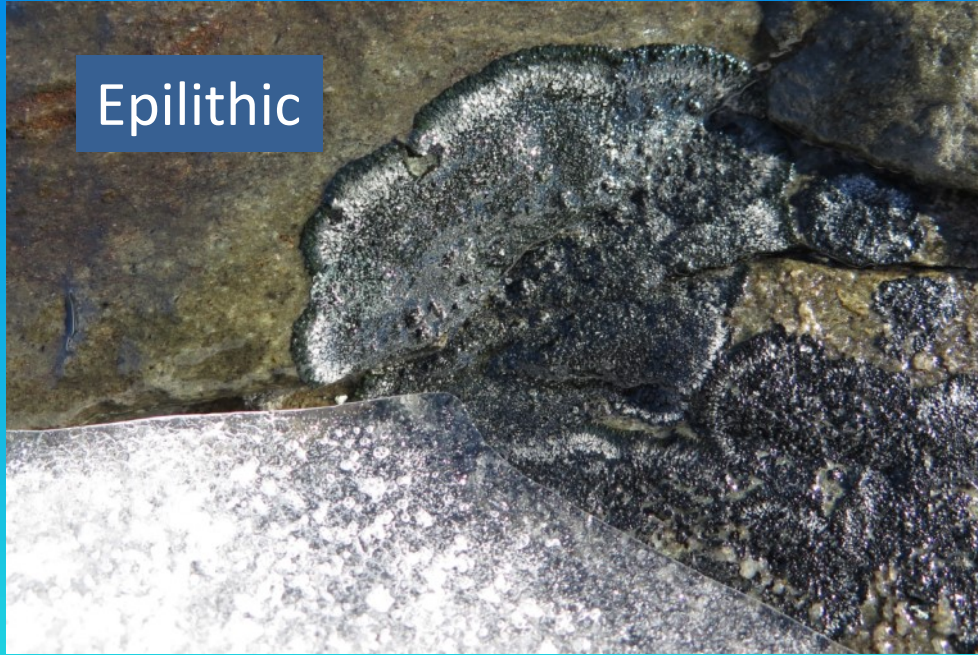
LTSEM



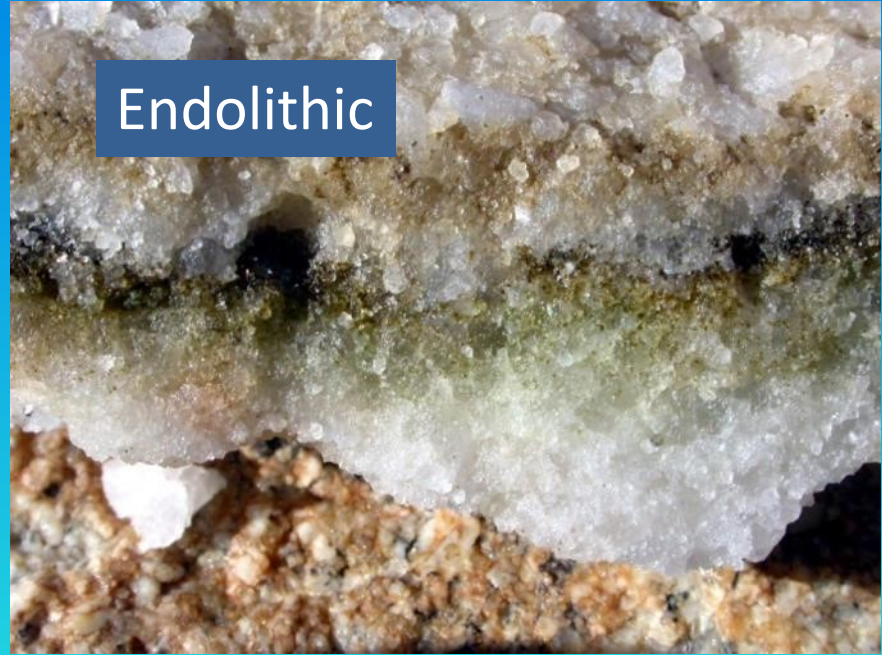
Upon desiccation, lichens enter a metabolic suspension or stasis (known as *cyptobiosis*) in which the cells of the lichen symbionts are dehydrated to a degree which halts most biochemical activity

The lithic form of life, a way to cope with the most extreme environments on Earth

Epilithic



Endolithic



Hypolithic



Chasmolithic



Epilithic



Epilithic



Hypolithic



Endolithic



Sir Joseph Dalton Hooker (1817 – 1911)

1844–1859: *Flora Antarctica: The botany of the Antarctic voyage*. 3 vols.



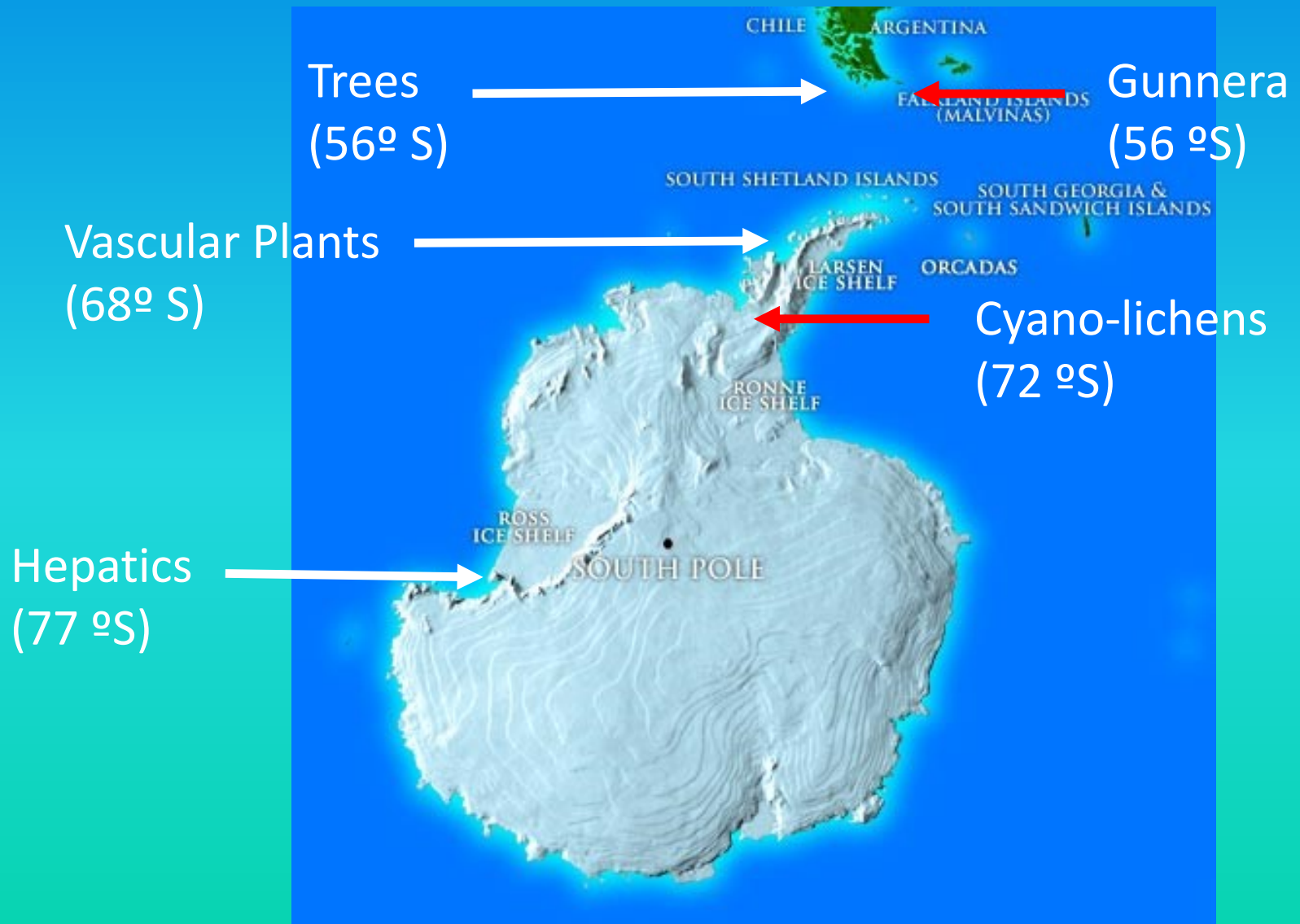
TIBET

ANTÁRTIDA

“Bipolarity”

“To find the identical plant forming the only vegetation at the two extreme limits of vegetable life is always interesting; but to find it absolutely in both instances painting landscape, so as to render its colour conspicuous in each case five miles off, is wonderful”

Natural boundaries in Subantarctic – Antarctic region



Mt Kyffin 84°S



Lichens are a major contributor to vegetation in Antarctica, There is a cover gradient (low in the south, high in the north)



Rock surface

Livingston Island 63°S

**How does diversity perform along
Antarctic latitudinal gradients?**



ACTIVIDAD Y RESISTENCIA DE LOS LIQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS

* Biodiversidad

Tierra del Fuego,
Ant. Marítima,
Ant. Continental.

* Microclima:

Definir y
comparar los
factores
abióticos.

* Crecimiento:

Características
ambientales y
productividad
anual.

* Adaptación:

Casos
concretos.

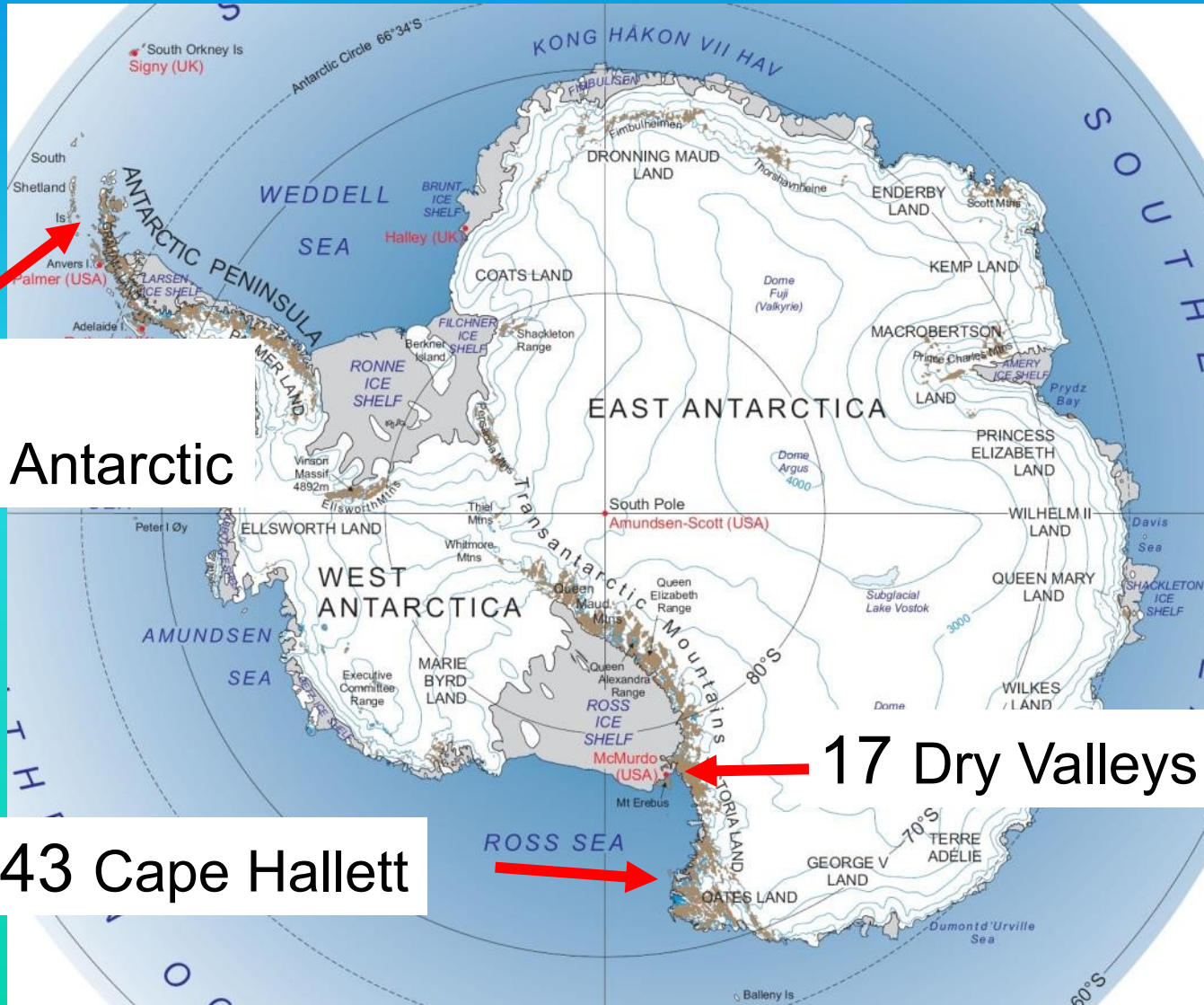
* Supervivencia:

Resistencia a
condiciones
excepcionales.

- *Gradientes climáticos / Relaciones biogeográficas*



There is a gradient in the number of lichen species, increasing from south to north.



350
Maritime Antarctic

17 Dry Valleys

43 Cape Hallett

Usnea aurantiaco-atra



Umbilicaria antarctica



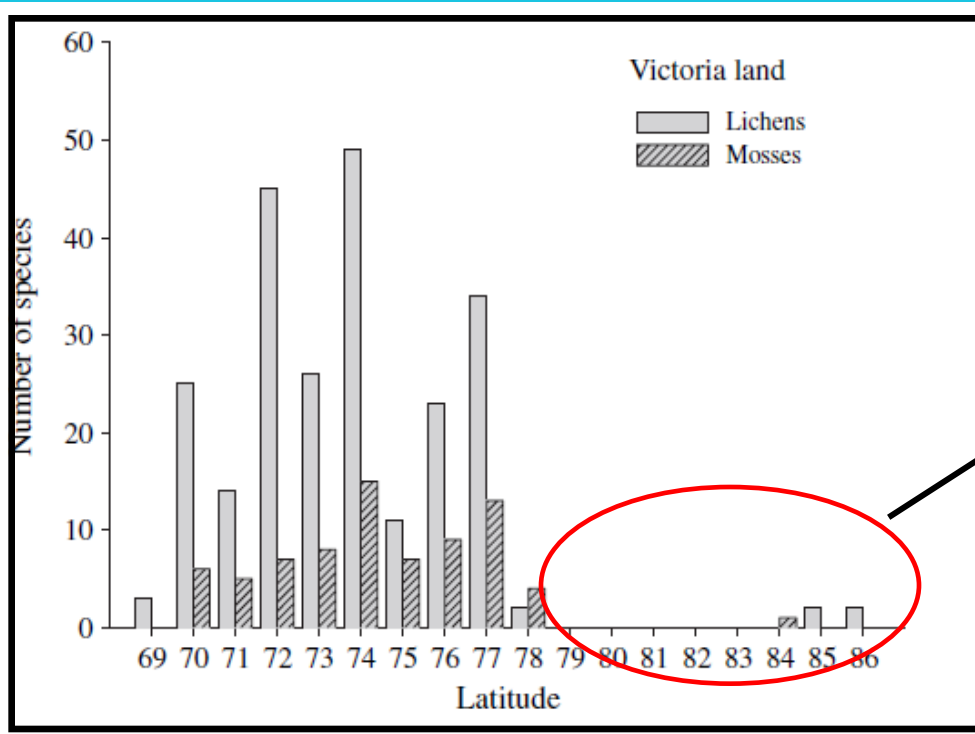
Placopsis contortuplicata



ORIGINAL
ARTICLE

Diversity and biogeography of the Antarctic flora

Helen J. Peat*, Andrew Clarke and Peter Convey



Ross Sea region

The region may still not be sufficiently surveyed for terrestrial biota.

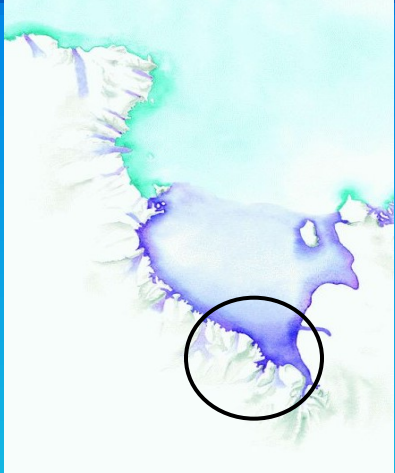
- Transantarctic Mountains (TAM)
- One of the longest mountain range on Earth (3.500 km)
 - Stretch from 72-87°S

Diversity in TAM southern of Ross Island is still poorly known and many localities potentially available for vegetation development still remain unexplored.



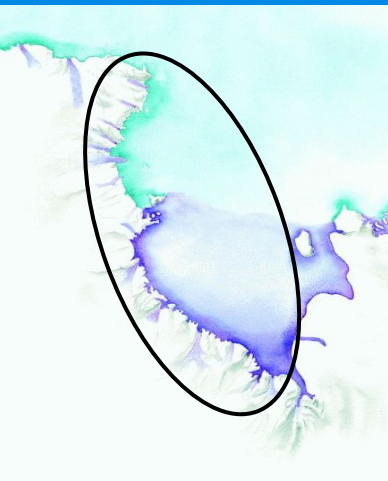
Satellite map of Antarctica Source: **NASA**

The Latitudinal Gradient Project (LGP) project focused on the latitudinal gradient along the Ross Sea coastline and used it as a proxy for a climate gradient

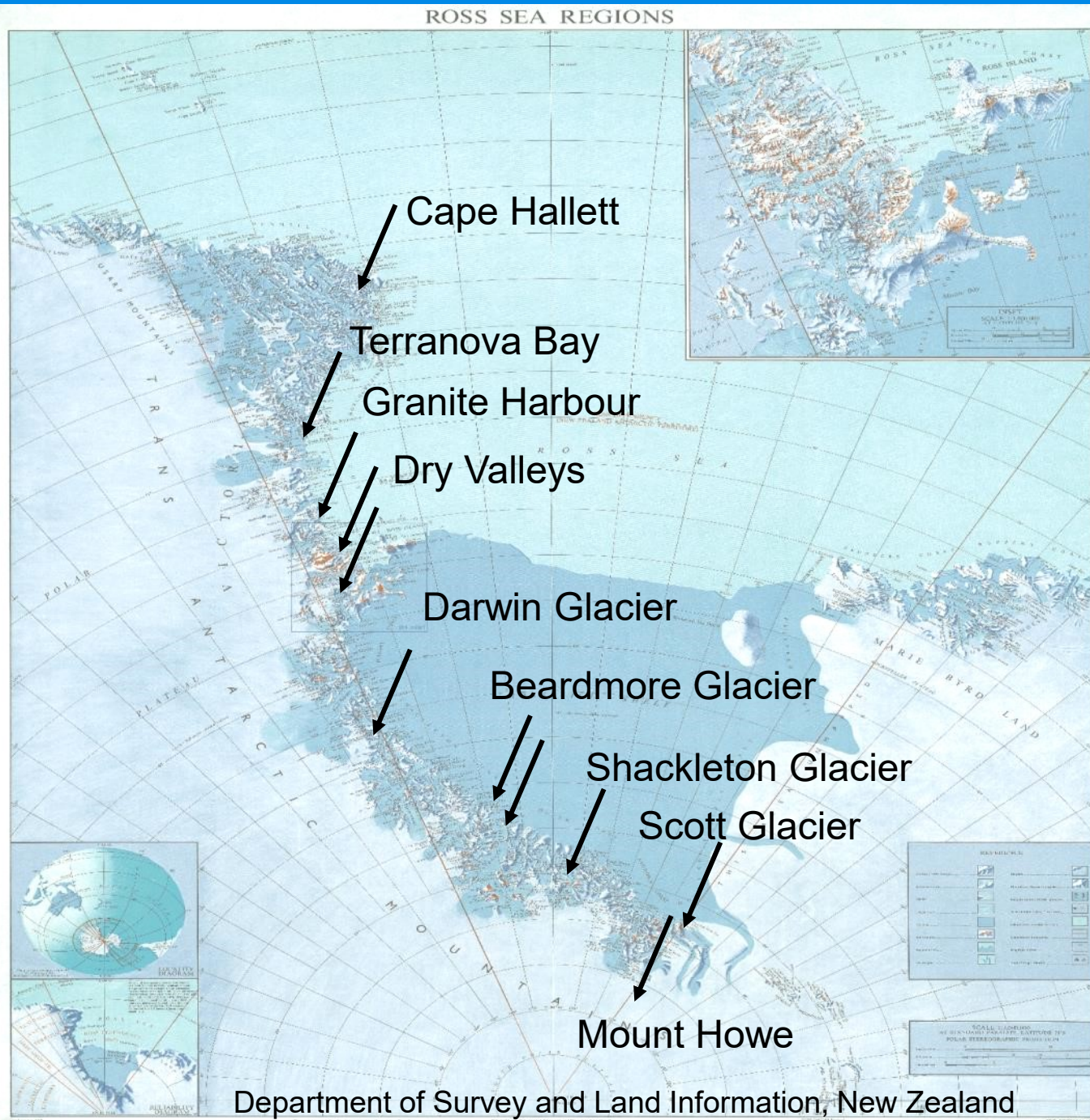


During the 2011 austral summer as part of the LGP (New Zealand) and with the assistance of the Central Transantarctic Mountain (CTAM) field camp (NSF, USA) we had the opportunity to explore the most southern parts of the Transantarctic Mountains reaching as far south as 87°S





Visited sites



Department of Survey and Land Information, New Zealand

Beardmore Glacier: Mount Hope (83°30'S)



Beardmore Glacier: Mount Kyffin - Ebony Ridge
(83°48'S)



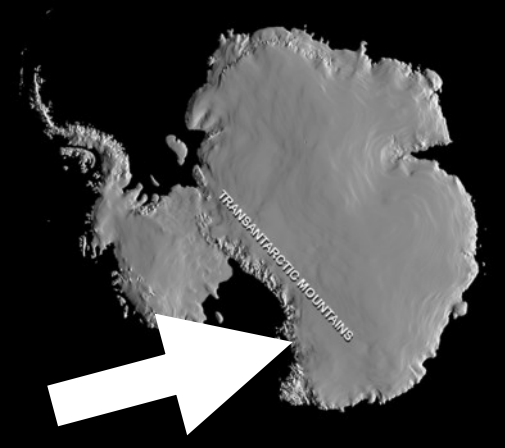
Fog over Beardmore Glacier

Mount Kyffin - Ebony Ridge (83°48'S)



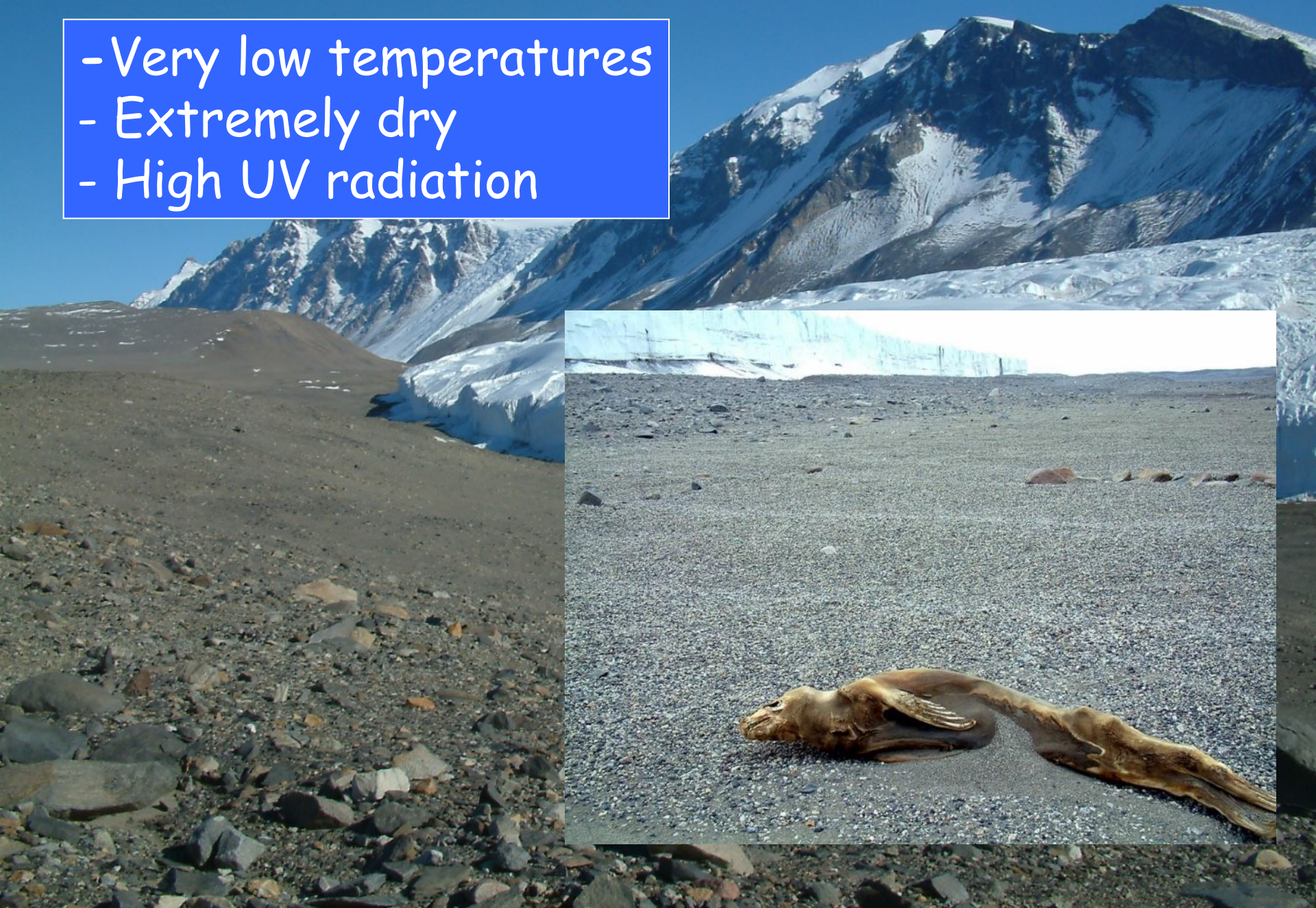
Mount Howe (87°22'S)
Around 3000m a.s.l.





Dry Valleys, 100 a.s.l.
Latitude 77° S

- Very low temperatures
- Extremely dry
- High UV radiation



Umbilicaria aprina



**Habitat:
Runoff (W)**

2 cm

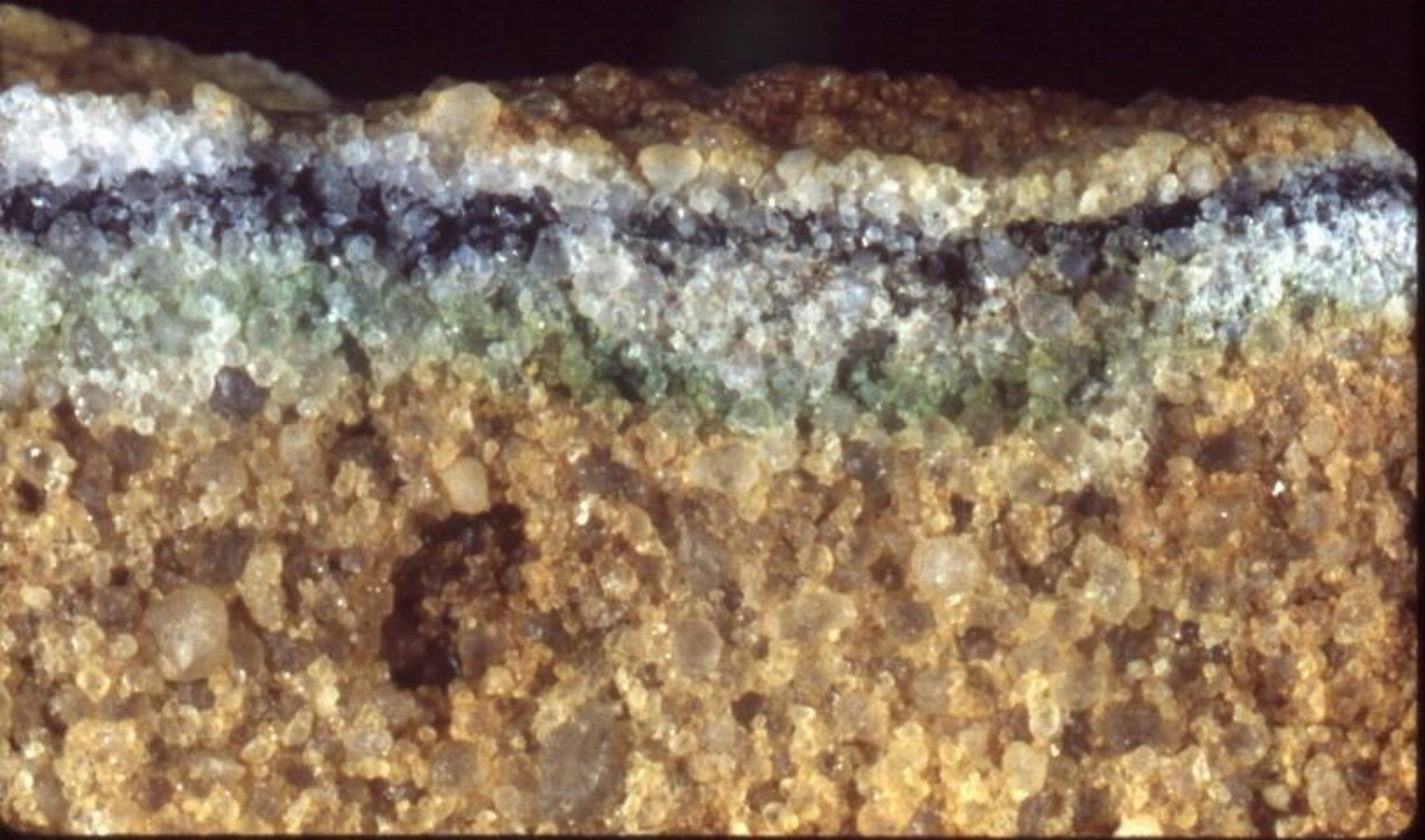
Buellia frigida

1 cm



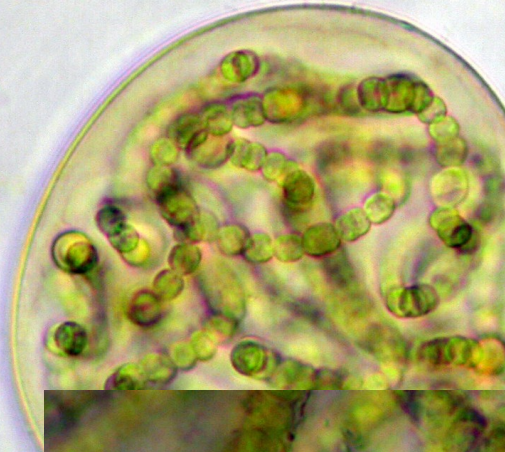
Líquenes endolíticos





Líquenes endolíticos en areniscas

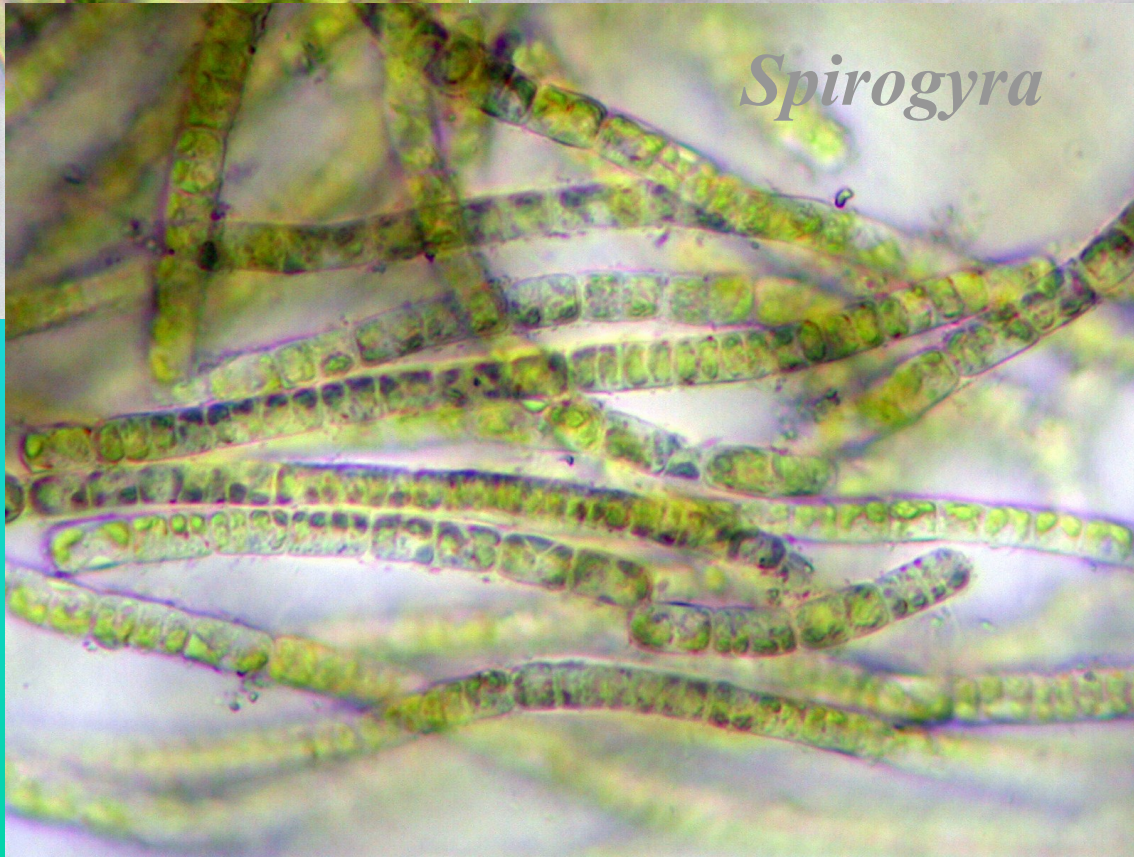
Nostoc



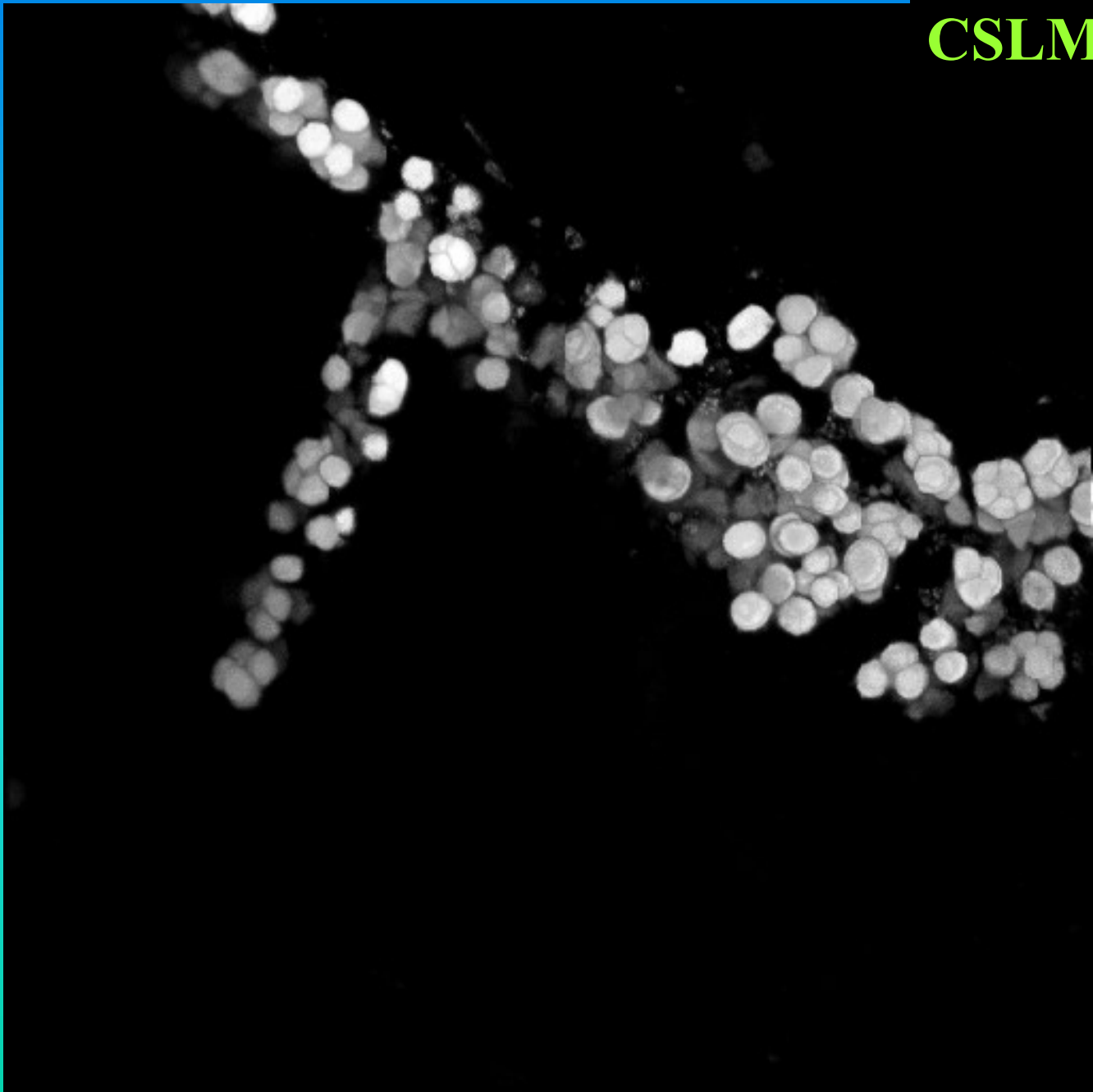
Chroococcidiopsis



Spirogyra



CSLM





Pseudephebe minuscula

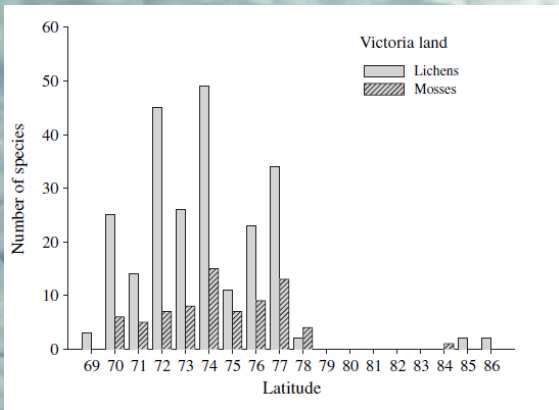
1 cm



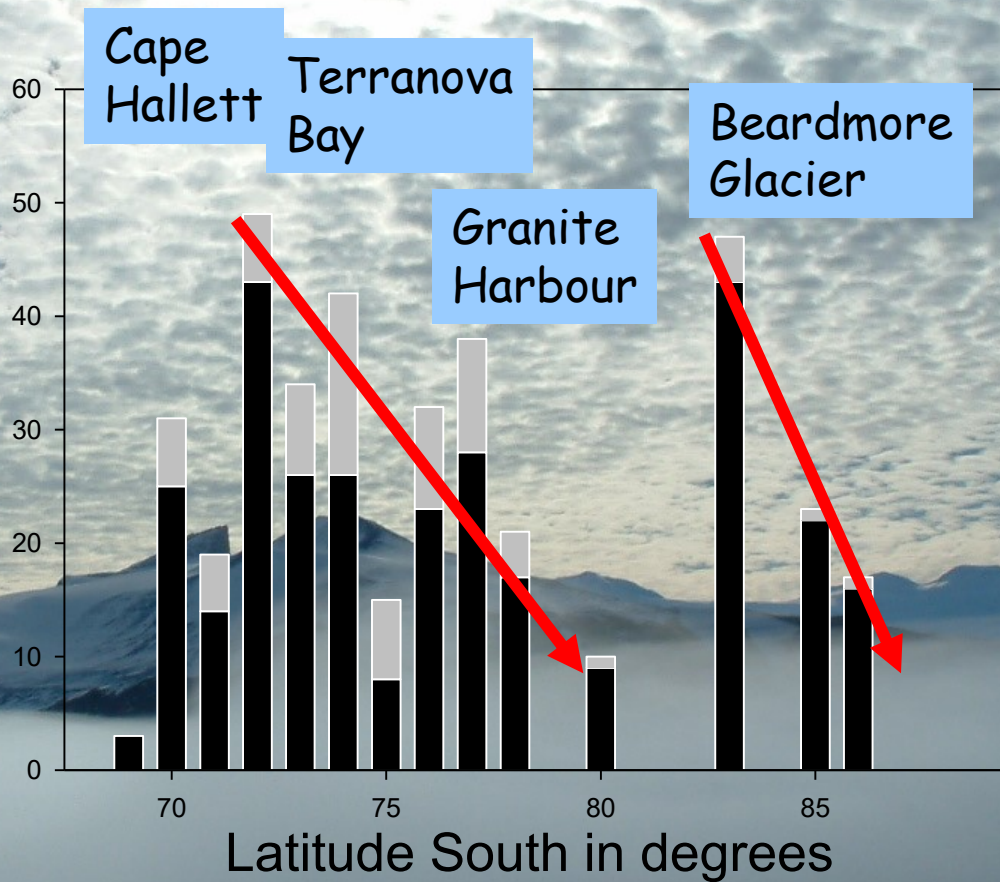
Umbilicaria decussata

1 cm



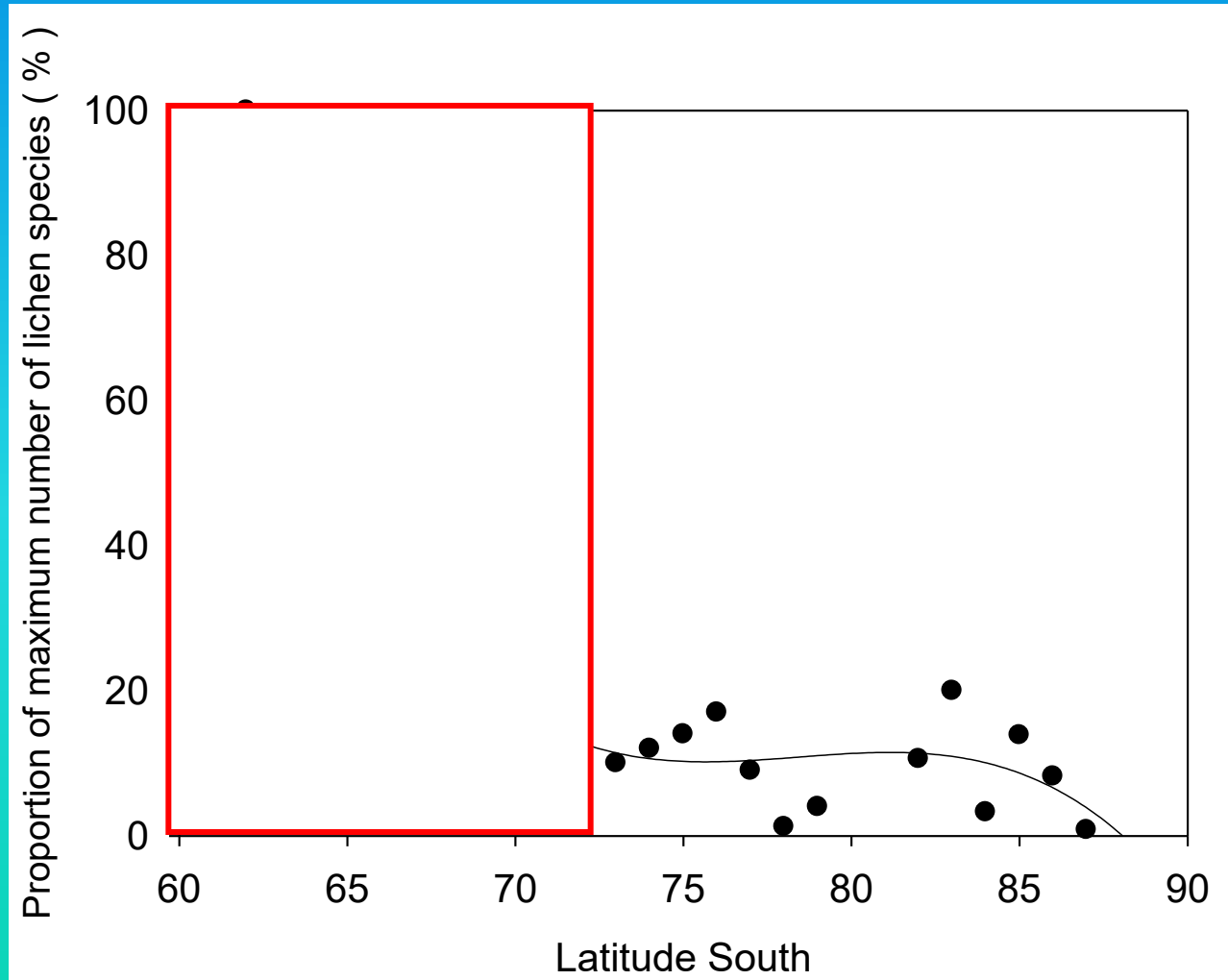


Number of Lichen (black) and Moss Species



Cape Hallett and Beardmore Glacier emerge as the richest localities of the TAM. There appear to be two latitudinal gradients.

A regression of lichen diversity in relation to latitude until 72° S approx.



MICROCLIMA

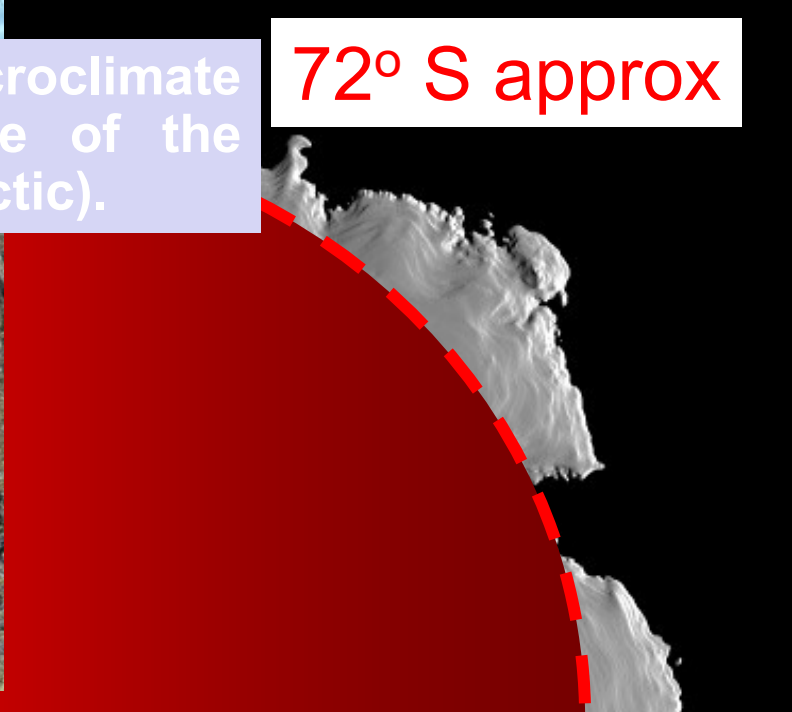
Umbilicaria aprina

**Habitat:
Runoff (W)**

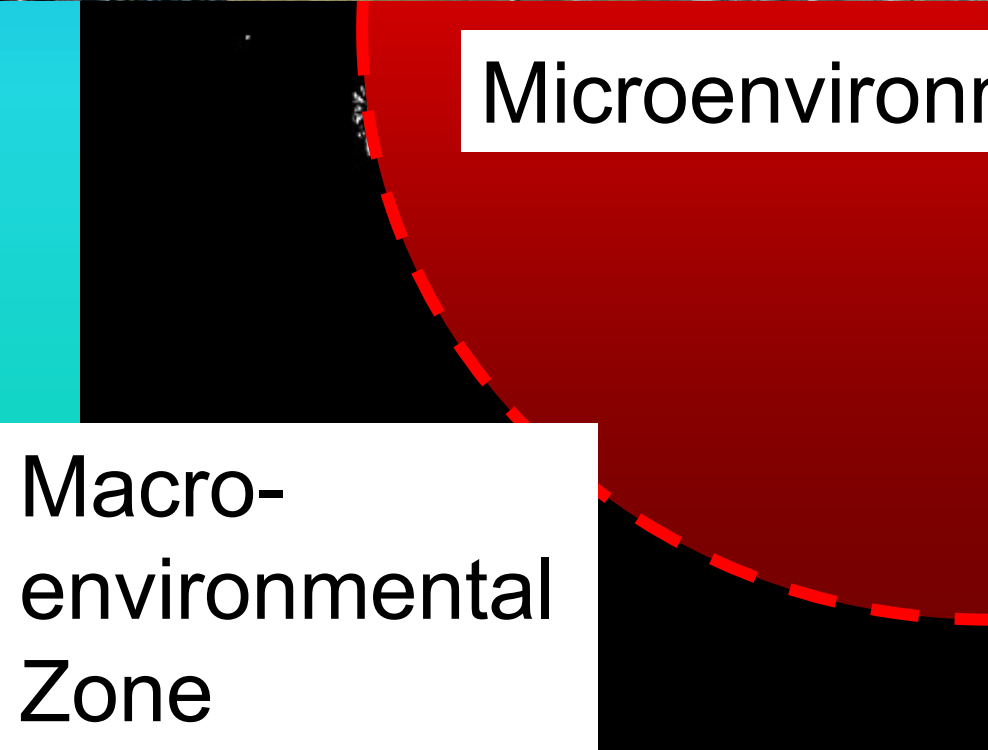


➤ The more extreme is the macroclimate the more decisive is the role of the microclimate (Continental Antarctic).

72° S approx



Microenvironmental Zone



Macro-
environmental
Zone

ACTIVIDAD Y RESISTENCIA DE LOS LIQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS

* **Biodiversidad**

Tierra del Fuego,
Ant. Marítima,
Ant. Continental

* **Microclima:**

Definir y
comparar los
factores
abióticos.

* **Crecimiento:**

Características
ambientales y
productividad
anual.

* **Adaptación:**

Casos
concretos.

* **Supervivencia:**

Resistencia a
condiciones
excepcionales.

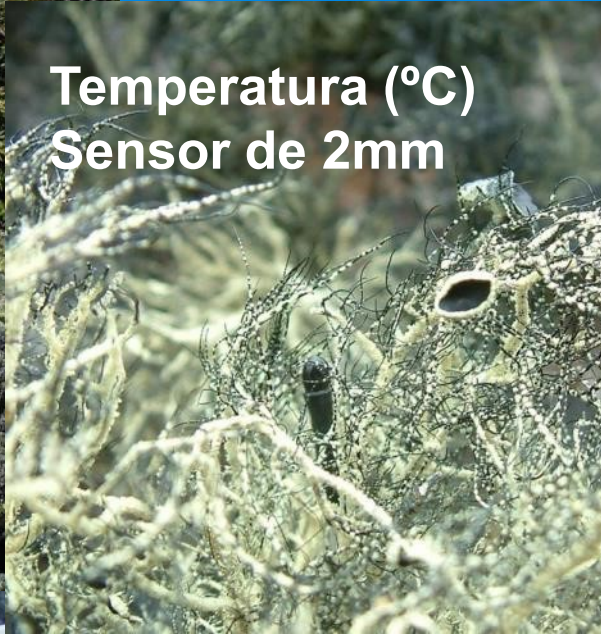
- *Microecología*



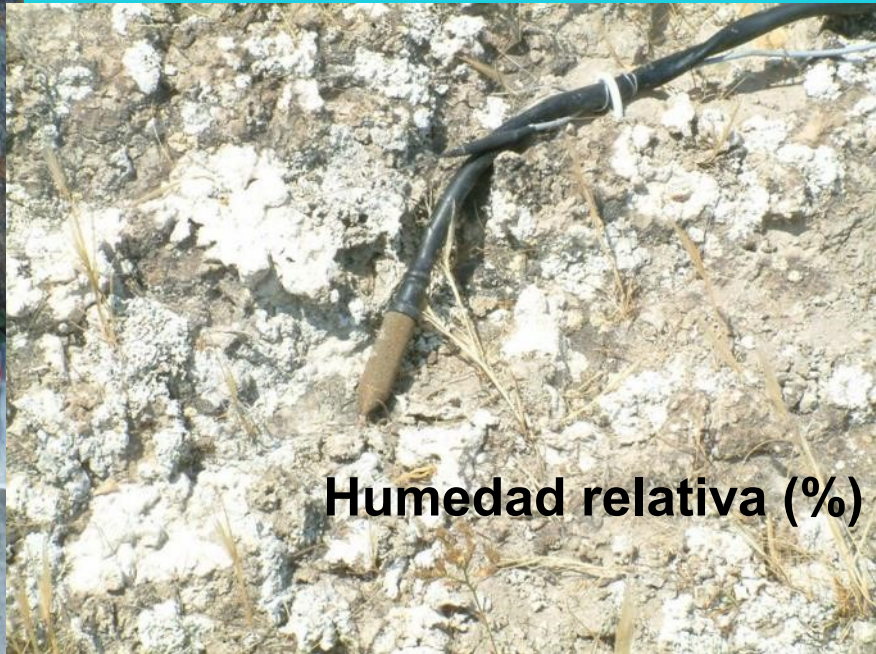
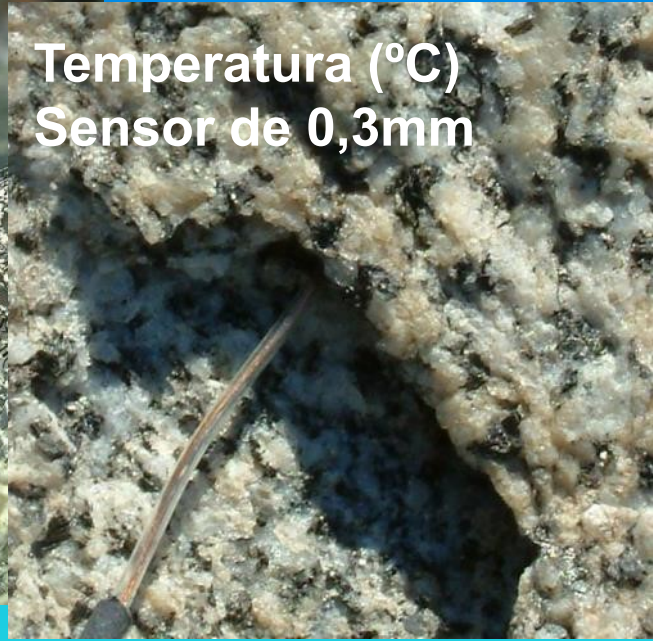
Radiación (PAR)



**Temperatura (°C)
Sensor de 2mm**

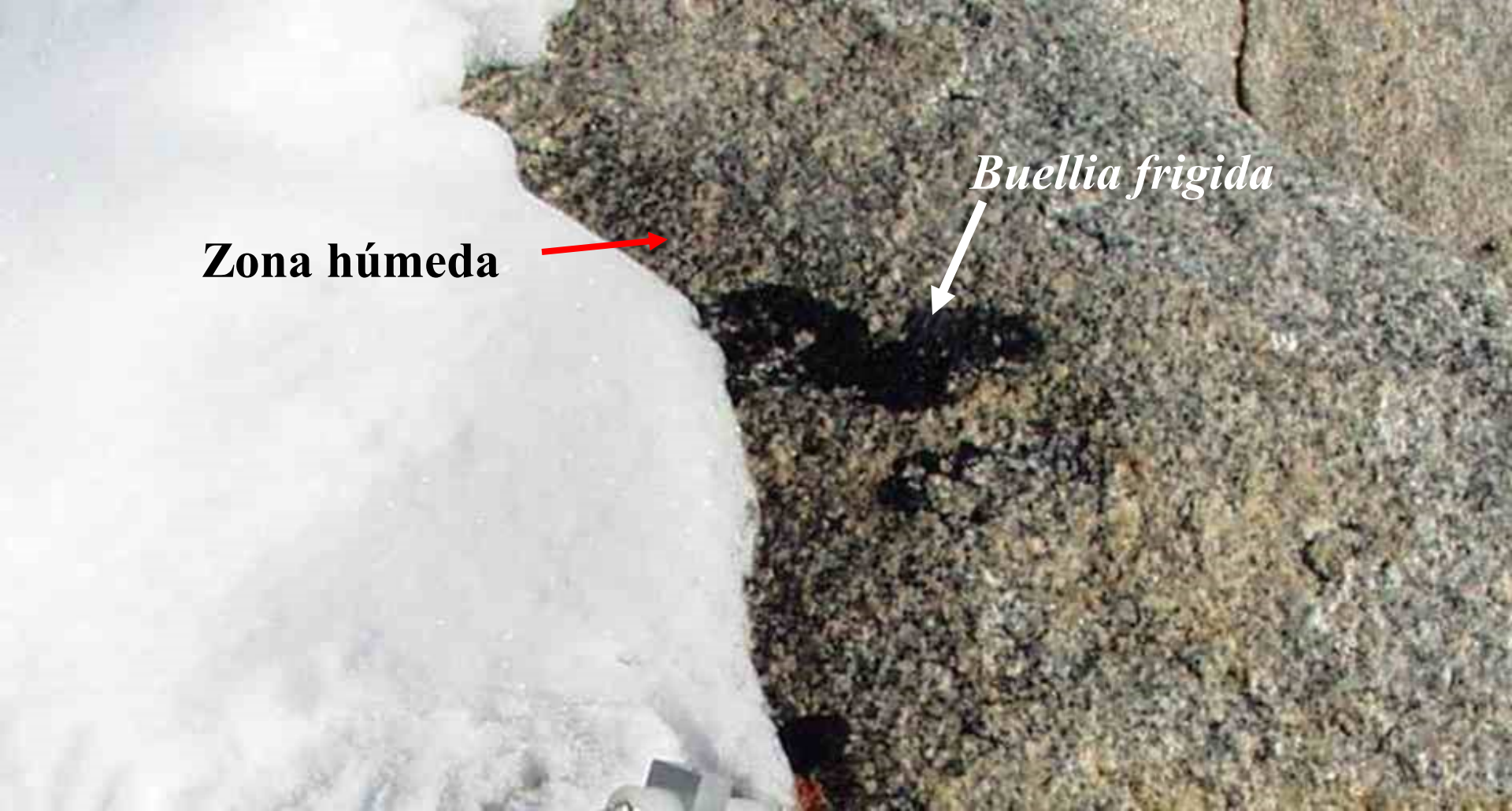


**Temperatura (°C)
Sensor de 0,3mm**



Humedad relativa (%)





Zona húmeda



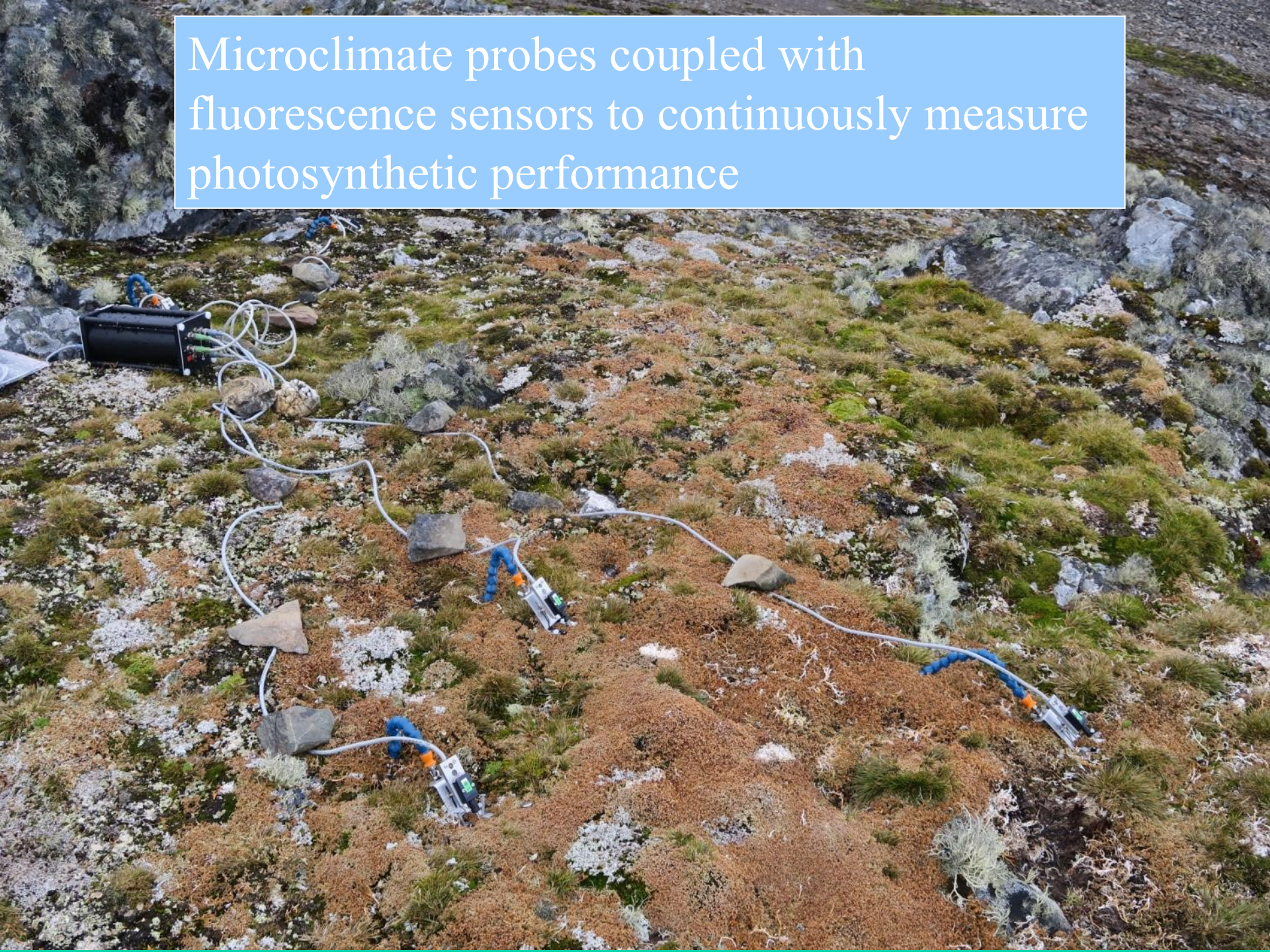
Buellia frigida



Frente en retroceso

Hidratación de los líquenes tras el retroceso nival

Microclimate probes coupled with fluorescence sensors to continuously measure photosynthetic performance



Microclimate probes coupled with fluorescence sensors to continuously measure photosynthetic performance



Fluorescence

PAR

T (°C)

Chlorophyll *a* fluorescence

- an indicator of photosynthetic performance

Fluorometer

Measuring
light



**Fluorescence
(Ft)**

Lichen

Chlorophyll *a* fluorescence

- an indicator of photosynthetic performance

Fluorometer

Saturation
pulse

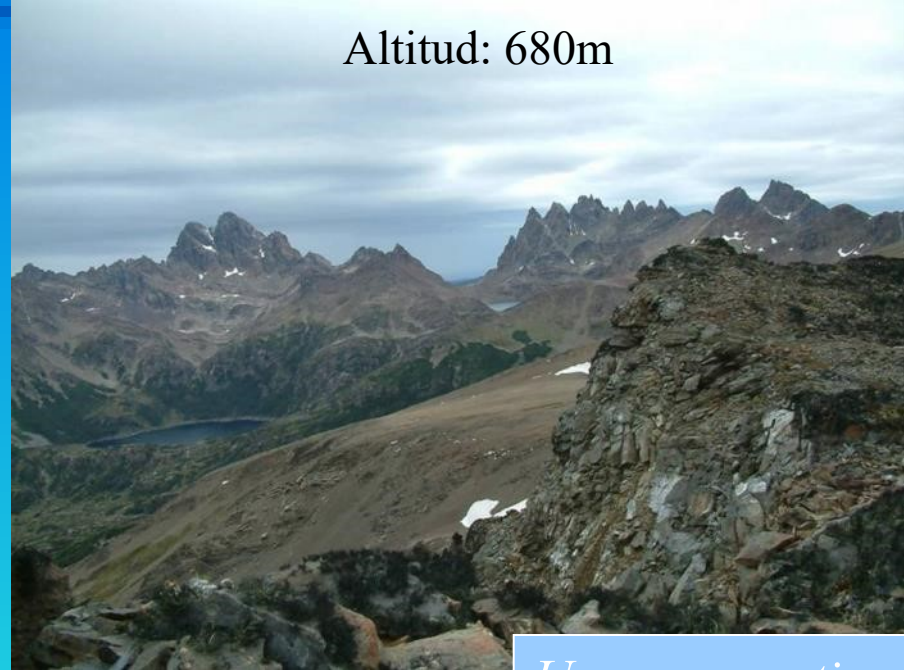
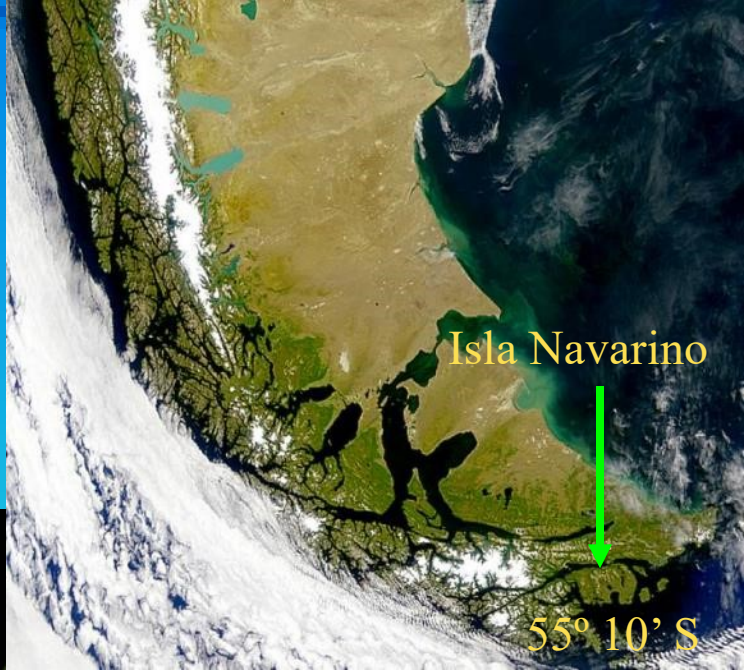


$$\Phi_{PSII} = (F_m' - F_t) / F_m'$$

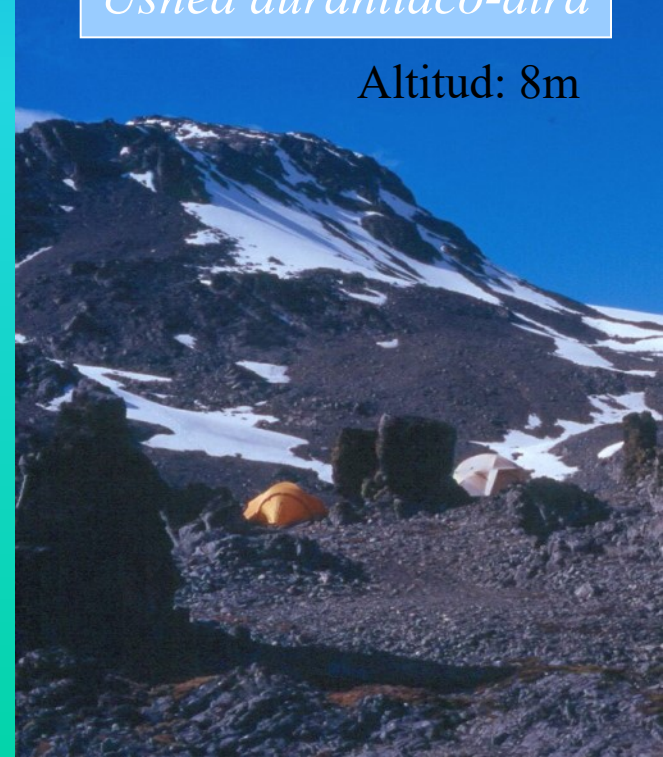
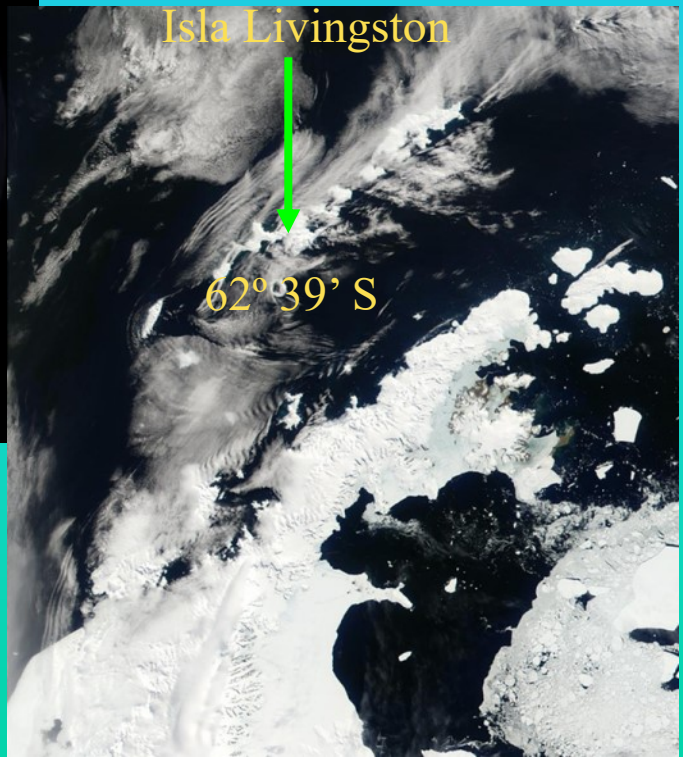
Fluorescence

$$(F_m') \quad ETR = \Phi_{PSII} * 0,5 * 0,84 * PAR$$

Lichen



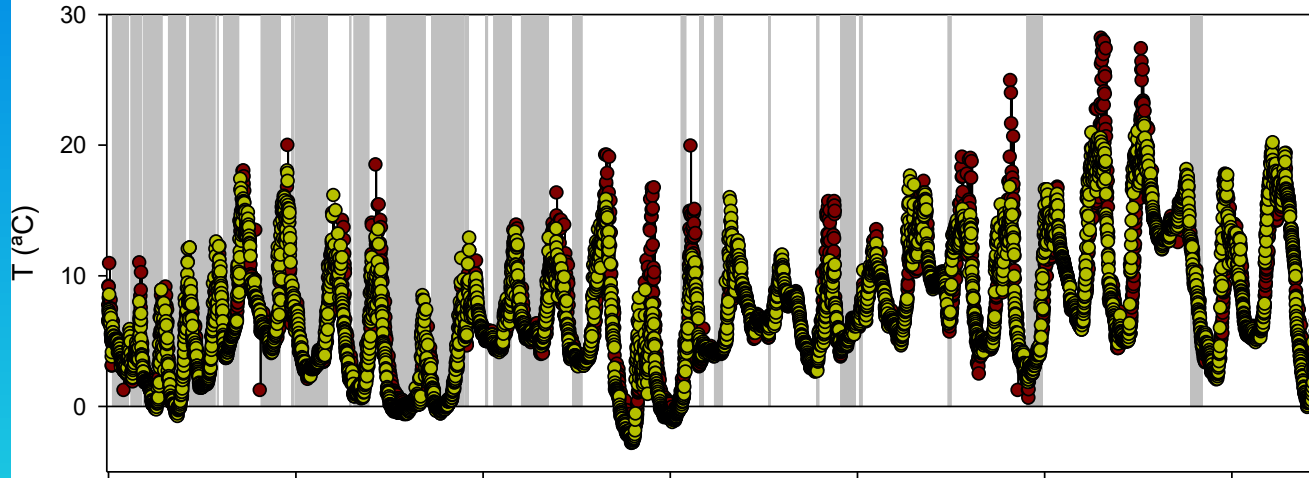
Usnea aurantiaco-atra



Medidas microclimáticas
simultáneas
Enero-Febrero 2005

Medidas a medio plazo del microclima

Isla Navarino, 680 m (55° 32'S)



MEDIAS de T (°C)

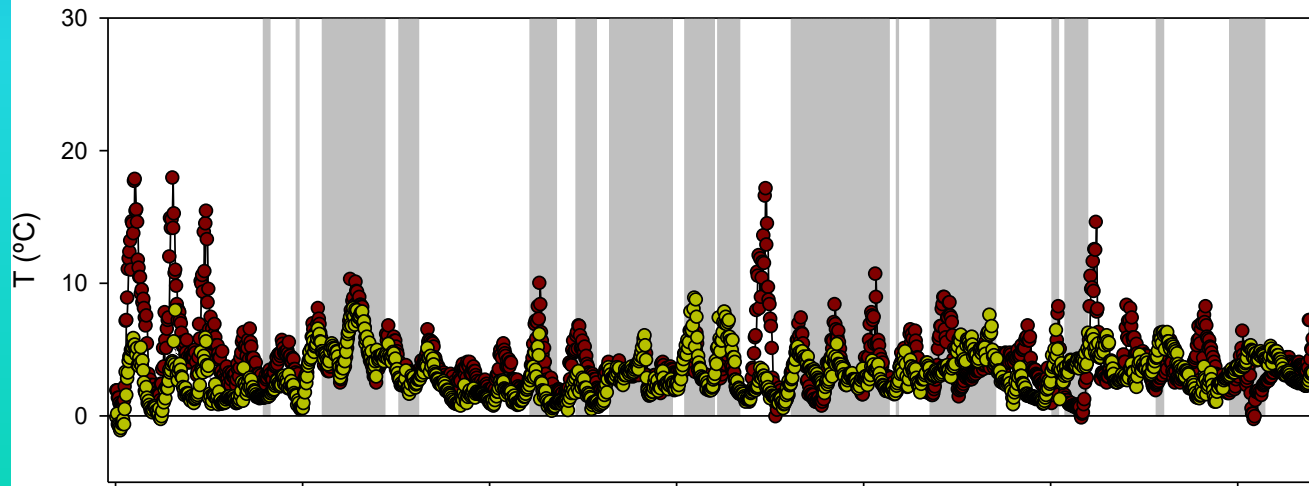
Aire: $7,1 \pm 4,8$

Talo: $7,5 \pm 4,9$

Talo act.: $3,9 \pm 2,4$

Periodo act.: 34,9%

Isla Livingston, 8 m (62° 39'S)



Aire: $2,9 \pm 1,6$

Talo: $4,0 \pm 2,47$

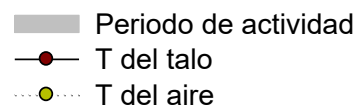
Talo act.: $3,6 \pm 1,8$

Periodo act.: 34,4%

15 de Enero

14 de Febrero de 2005

Usnea aurantiaco-atra

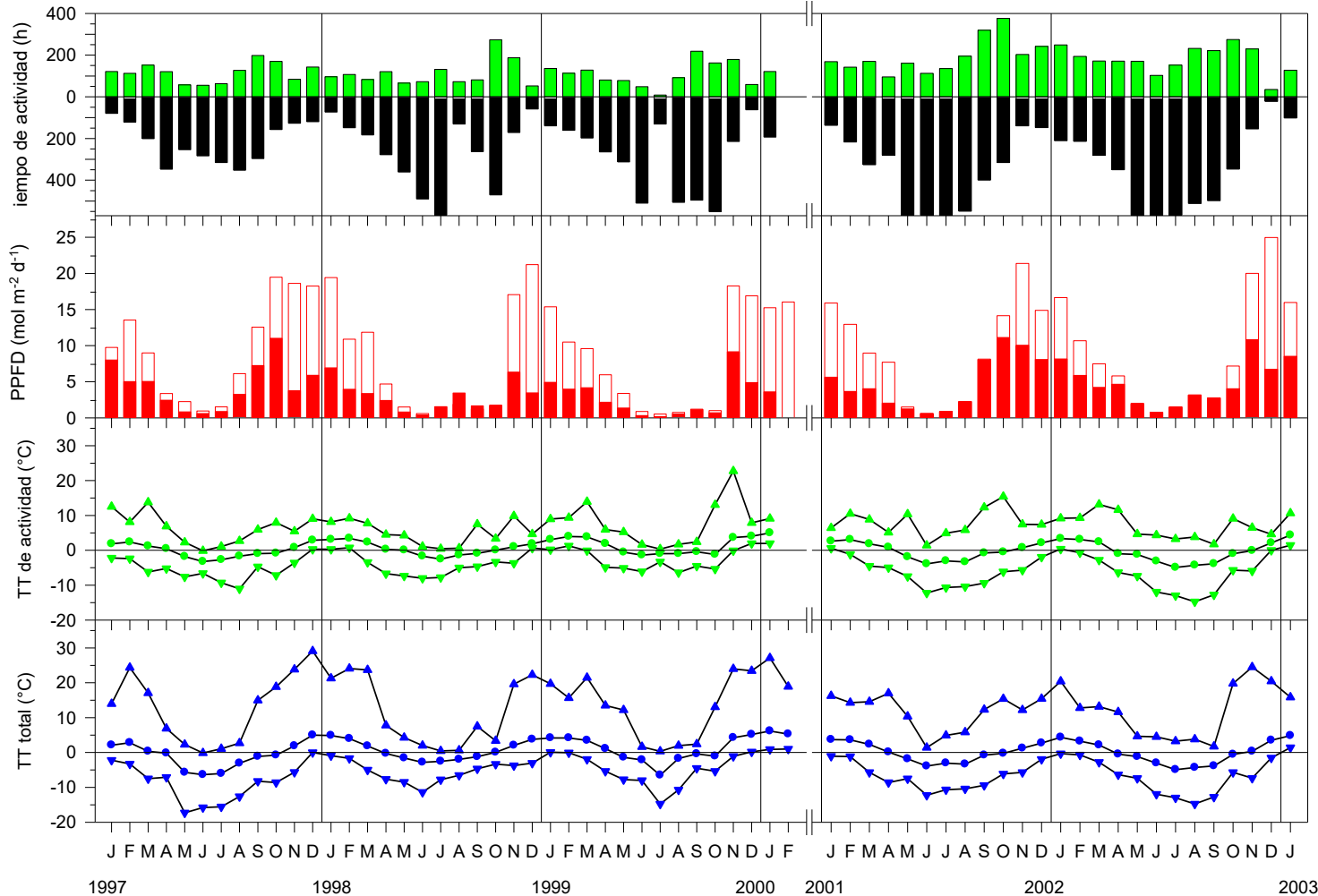


Medidas a largo plazo del microclima

Isla Livingston (62° 39')

MEDIAS ANUALES

Usnea aurantiaco-atra



38%

$3,8 \pm 2,3$

$1,1 \pm 1,3$

$-1,7 \pm 1,9$

Medidas de larga duración de microclima y fotosíntesis.

Medias de temperatura del aire y del talo

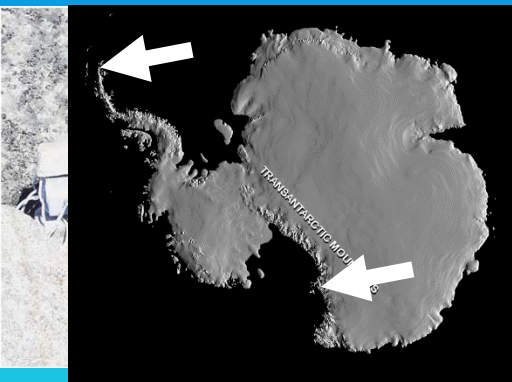
	Guadarrama Cumbre (2000m, 40° 47'N) <i>Lasallia hispanica</i> (T y t absolutas)	Guadarrama Bosque (1450m, 40° 47'N) <i>Lasallia hispanica</i> (T y t absol.)	Almería Tabernas (305m, 37° 00' N) <i>Diploschistes diacapsis</i> (T y t absol.)	Antártida Isla Livingston (10m, 62° 39' S) <i>Usnea aurantiaco- atra</i> (T y t absol.)	Antártida Granite Harbour (10m, 77° 00' S) <i>Umbilicaria aprina</i> (T y t absol.)
T media del aire (°C)	6,4 (Navacerrada)	9,3 (ElVentorrillo)	18,2 (Tabernas)	-2,3 (Rey Jorge)	-21,5 (Scott Base)
Temperatura media del talo (°C)	9,7 ± 5,8 (58,5/-10,8)	12,2 ± 5,4 (48,0/-6,2)	18,6 ± 7,6 (63,5 /-5,0)	-2,2 ± 2,3 (30,0/-18,5)	-9,74* (29/- 33,5)
Temperatura media del talo en actividad (°C)	4,5 ± 3,6 (1 año)	7,2 ± 2,9 (1 año)	8,6 ± 2,8 (1 año)	1,1 ± 2,4 (14 años)	2,9 ± 3,7 (3 años)

Medidas de larga duración de microclima y fotosíntesis.

Porcentaje de actividad

	Guadarrama Cumbre (2000m, 40° 47'N) <i>Lasallia hispanica</i>	Guadarrama Bosque (1450m, 40° 47'N) <i>Lasallia hispanica</i>	Almería Tabernas (305m, 37° 00' N) <i>Diploschistes diacapsis</i>	Antártida Isla Livingston (10m, 62° 39'S) <i>Usnea aurantiaco- atra</i>	Antártida Granite Harbour (10m, 77° 00' S) <i>Umbilicaria aprina</i>
Precipitación media anual (mm m ⁻²)	1360 (Navacerrada)	970 (El Ventorrillo)	221 (Tabernas)	750 (Rey Jorge)	130 (Scott Base)
Actividad total	12,1% (1 año)	10% (1 año)	20,4% (1 año)	38% (14 años)	3,1% (3 años)

Lichen activity monitoring at Botany Bay (77°S) and Livingston Island (62°S)



	Livingston Island	Botany Bay
Mean temperatures (°C)		
Air.....	-1.5	-17.0
Lichen when active.....	0.9	0.1
Lichen when active, November to February...	2.9	2.6

Fourteen degrees of latitude and a continent apart: comparison of lichen activity over two years at continental and maritime Antarctic sites

BURKHARD SCHROETER¹, T.G. ALLAN GREEN^{2,4*}, STEFAN PANNEWITZ³, MARK SCHLENSOG³ and LEOPOLDO G. SANCHO⁴

Lichen activity monitoring at Botany Bay (77°S) and Livingston Island (62°S)

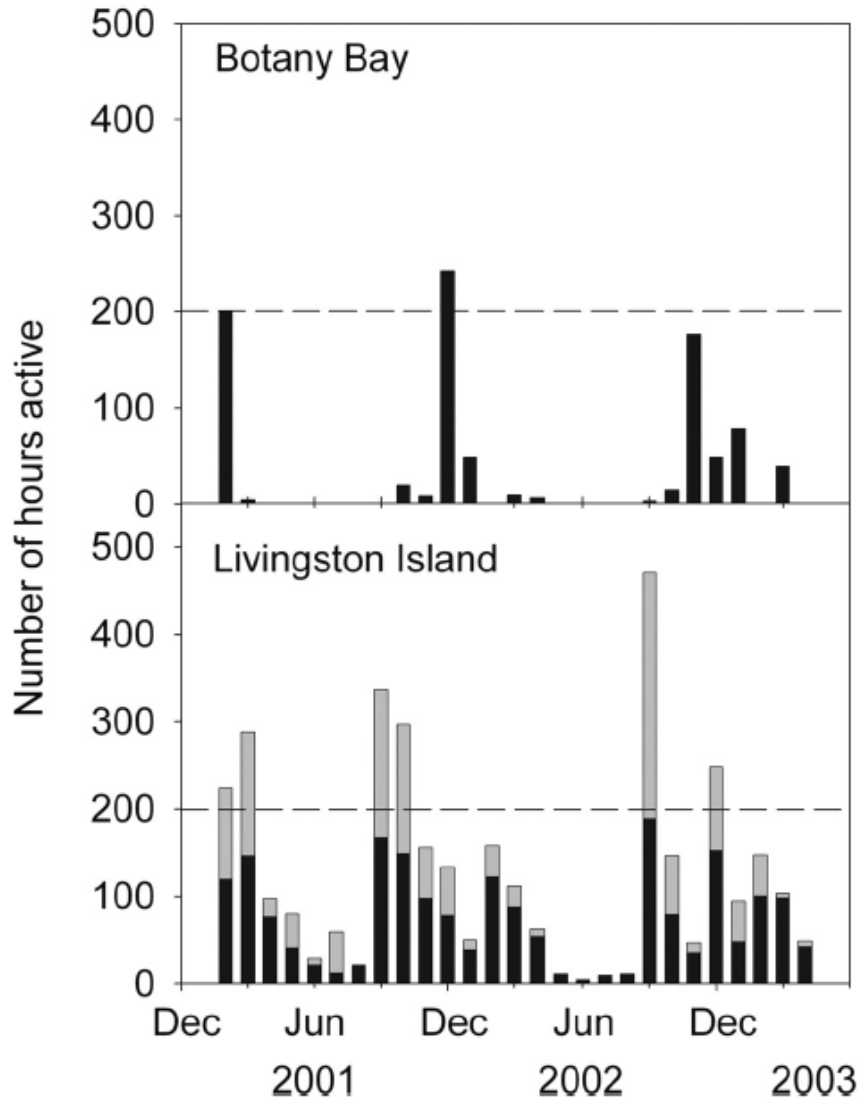
Temperatures when lichens are active are identical at these sites which are 15 degrees of latitude apart.

	Livingston Island	Botany Bay
Mean temperatures (°C)		
Air.....	-1.5	-17.0
Lichen when active.....	0.9	0.1
Lichen when active, November to February...	2.9	2.6

Fourteen degrees of latitude and a continent apart: comparison of lichen activity over two years at continental and maritime Antarctic sites

BURKHARD SCHROETER¹, T.G. ALLAN GREEN^{2,4*}, STEFAN PANNEWITZ³, MARK SCHLENSOG³ and LEOPOLDO G. SANCHO⁴

Lichen activity monitoring at Botany Bay (77°S) and Livingston Island (62°S)



What is very different is the number of hours that the lichens are active

February 2001 to April 2003

	Total active hours	(% of Time)
Botany Bay	897	(4.6%)
Livingston I.	3694	(18.6%)

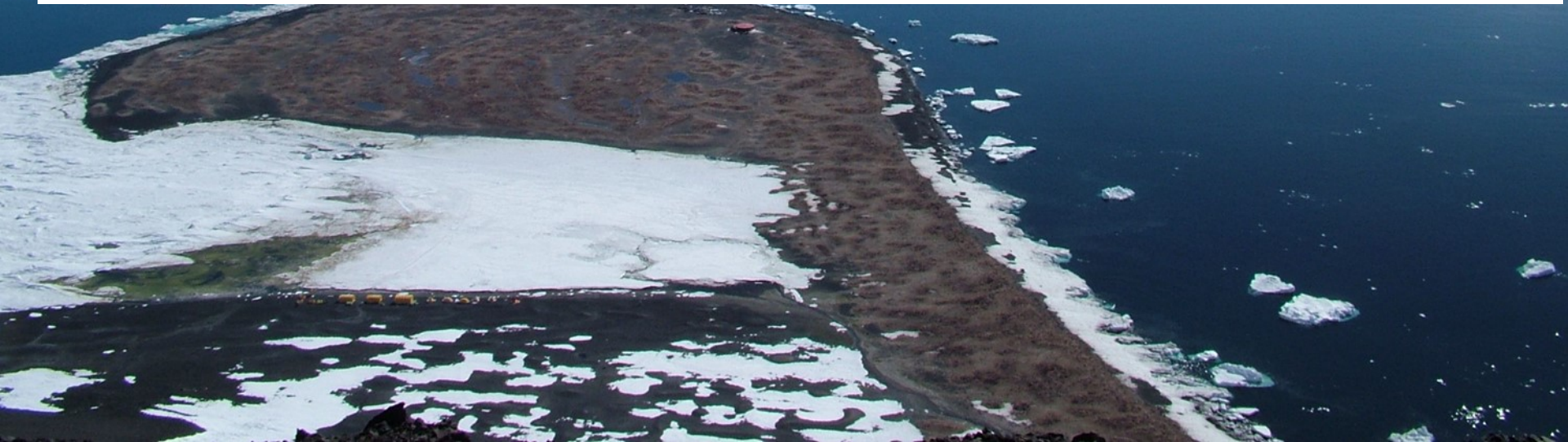
Fourteen degrees of latitude and a continent apart: comparison of lichen activity over two years at continental and maritime Antarctic sites

BURKHARD SCHROETER¹, T.G. ALLAN GREEN^{2,4*}, STEFAN PANNEWITZ³, MARK SCHLENSOG³ and LEOPOLDO G. SANCHO⁴

GENERAL THOUGHTS

Lichen growth rates increase 50 times across Antarctica – so their potential to detect climate change is confirmed

Growth rates and number of species show the same logarithmic increase with respect to precipitation and temperature



GENERAL THOUGHTS

Causes of the response

NOT due to changes in photosynthetic rates.

Carbon gain increases due to longer active periods as one moves north.

Longer activity is driven by greater water availability which is linked to temperature.

The species change their strategies from ***Slow Growers*** to ***Rapid Growers*** by changing their carbon allocation.

Predictions (increase in temperature)

Macroenvironmental zone between 72°S and about 63°S

There will be an increase in biodiversity at the rate of around 9 to 10% of present total species numbers per 1°C rise in mean annual temperature.

There will be a southward extension of the macroenvironmental zone at the approximate rate of around 1 degree latitude per 1°C increase in mean annual temperature.

There will be an increase in annual growth of 30%-50%, depending of species, per 1°C rise in mean temperature.



**How does productivity perform along
Antarctic latitudinal gradients?**



ACTIVIDAD Y RESISTENCIA DE LOS LIQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS

* **Biodiversidad**

Tierra del Fuego,
Ant. Marítima,
Ant. Continental

* **Microclima:**

Definir y
comparar los
factores
abióticos.

* **Crecimiento:**

Características
ambientales y
productividad
anual.

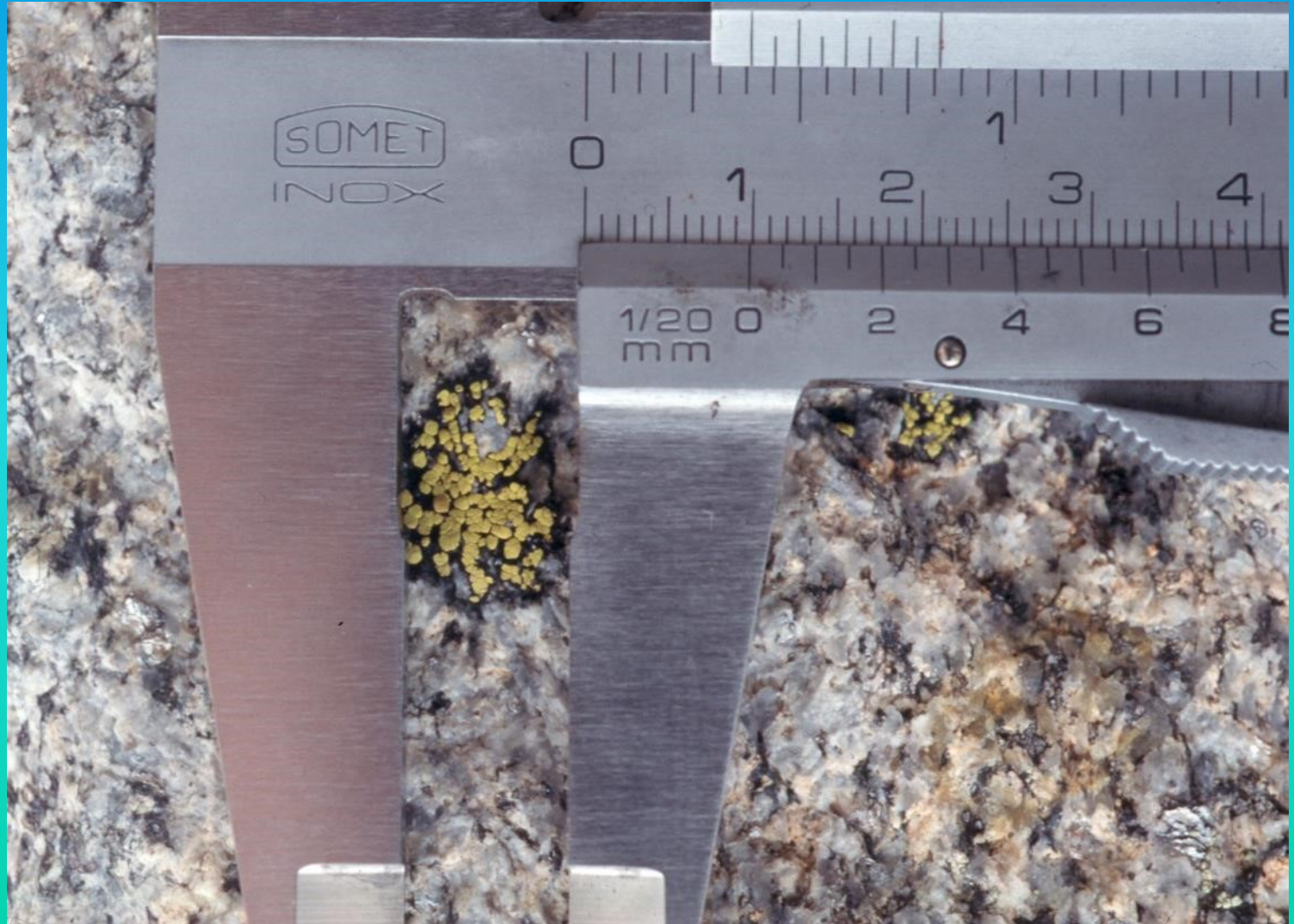
* **Adaptación:**

Casos
concretos.

* **Supervivencia:**

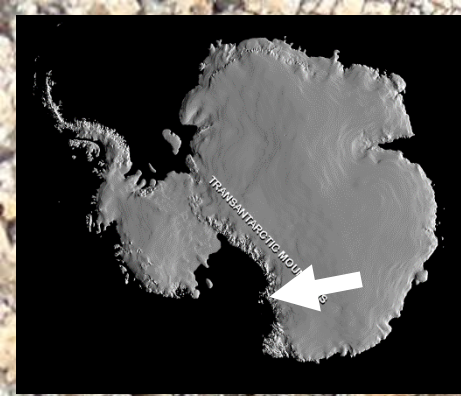
Resistencia a
condiciones
excepcionales.

- *Liquenometría*



Buellia frigida

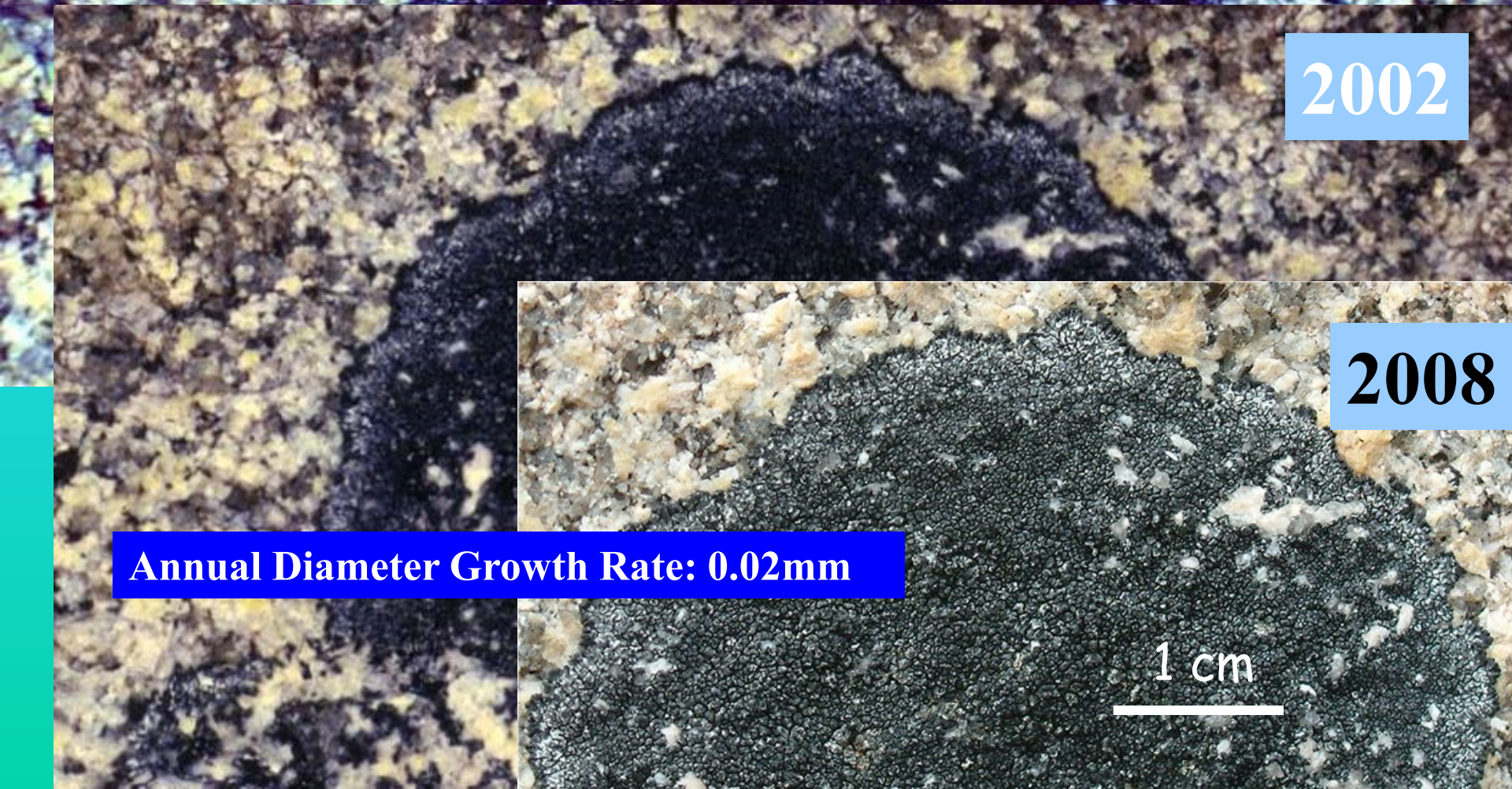
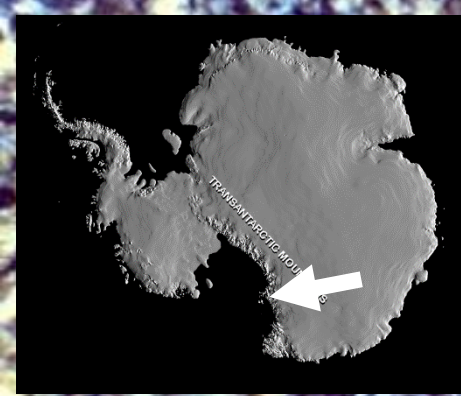
77-78° S



Buellia frigida

1985

Extremely slow



2002

2008

Annual Diameter Growth Rate: 0.02mm

1 cm

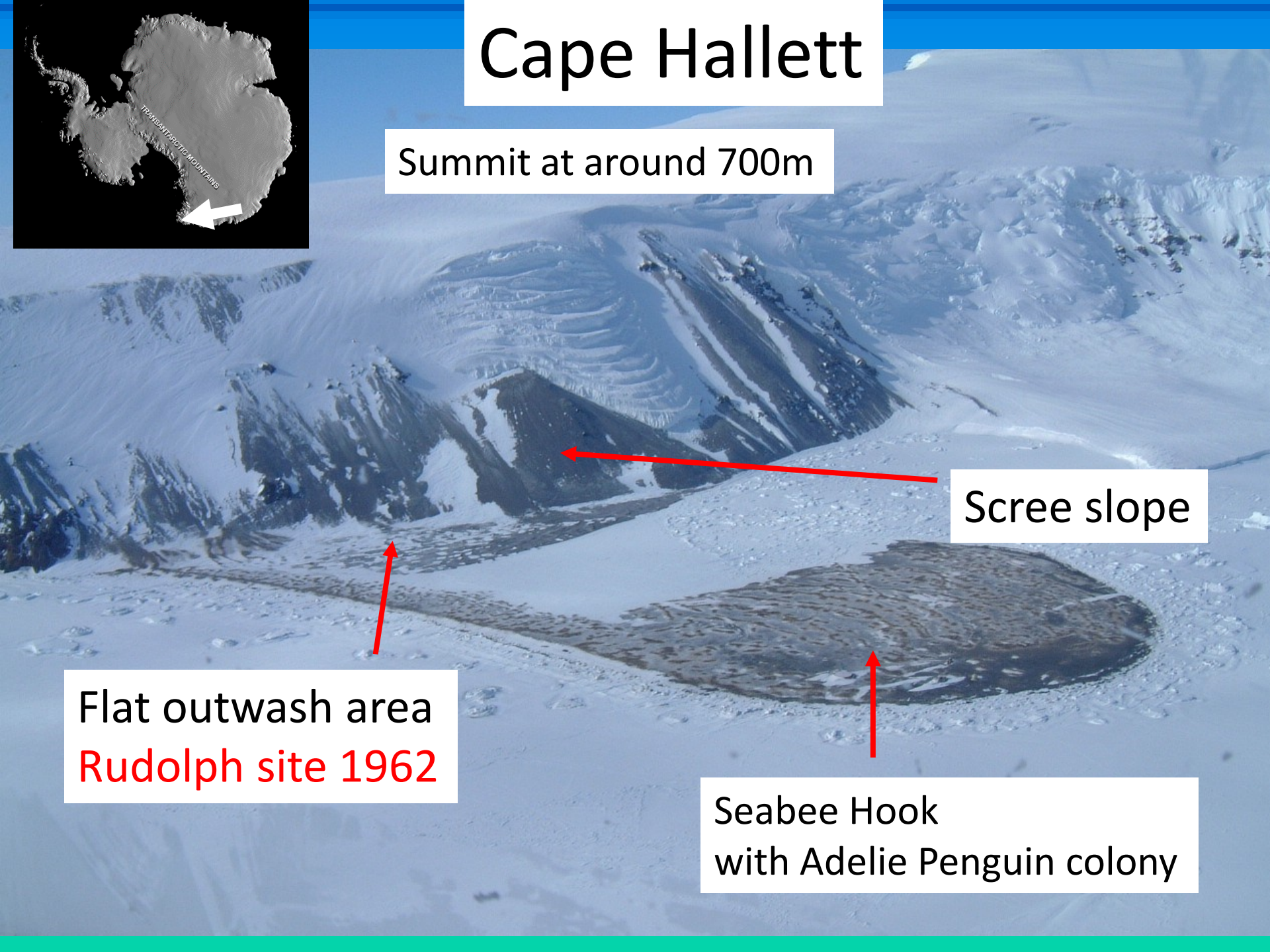
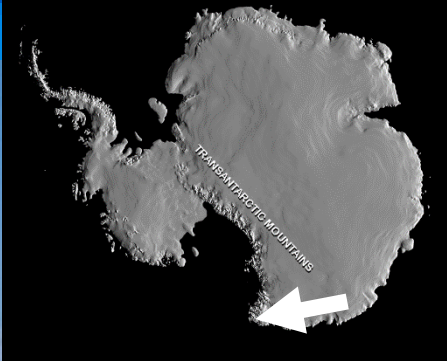
Cape Hallett

Summit at around 700m

Scree slope

Flat outwash area
Rudolph site 1962

Seabee Hook
with Adelie Penguin colony





Boulder at gas exchange research site
Gannutz and Frishman 1966 - 1967

Theodore Gannutz and Steve Frishman
Cape Hallett. October to December, 1966;
First field gas exchange measurements (O.L. Lange assisting)



Ted Gannutz, USARP, Clark University,
conducts lichen photosynthesis experiments
with the aid of a respiration chamber.



Steve Frishman at
the field laboratory

Prof. Otto Lange
1927-2017
(Würzburg, Alemania)



Única expedición a la Antártida en 1966

Cape Hallett, view of scree slope, looking south from Seabee Hook.



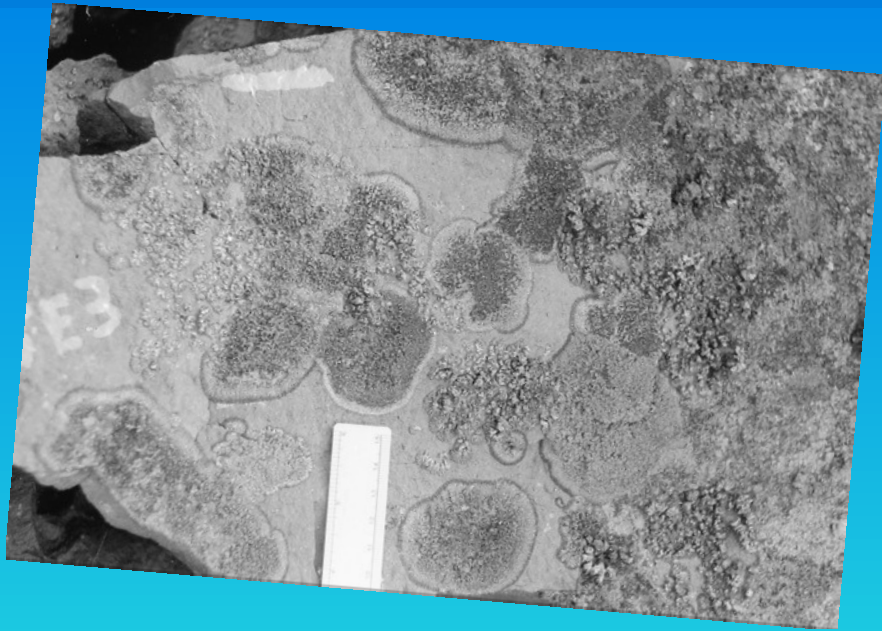
In 2017 the Waikato group found which was obviously set up to measure lichen growth in 1966.

Theodore Gannutz and Steve Frishman
Established the lichen monitoring site;
13 sites photographed - 1966.

Photographed again by Leopoldo Sancho, 2017 (51
thalli measured).

Original photographs are available from Ted Gannutz



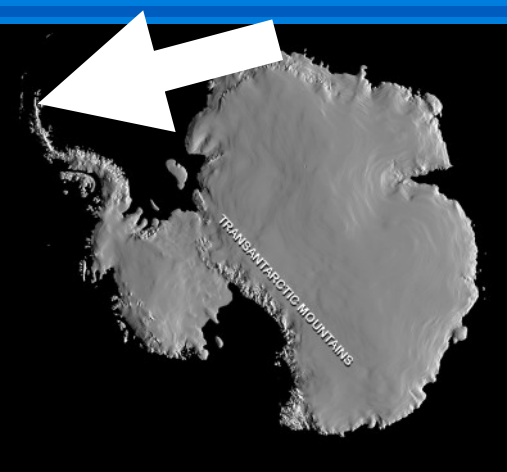


1966



2017

51
years



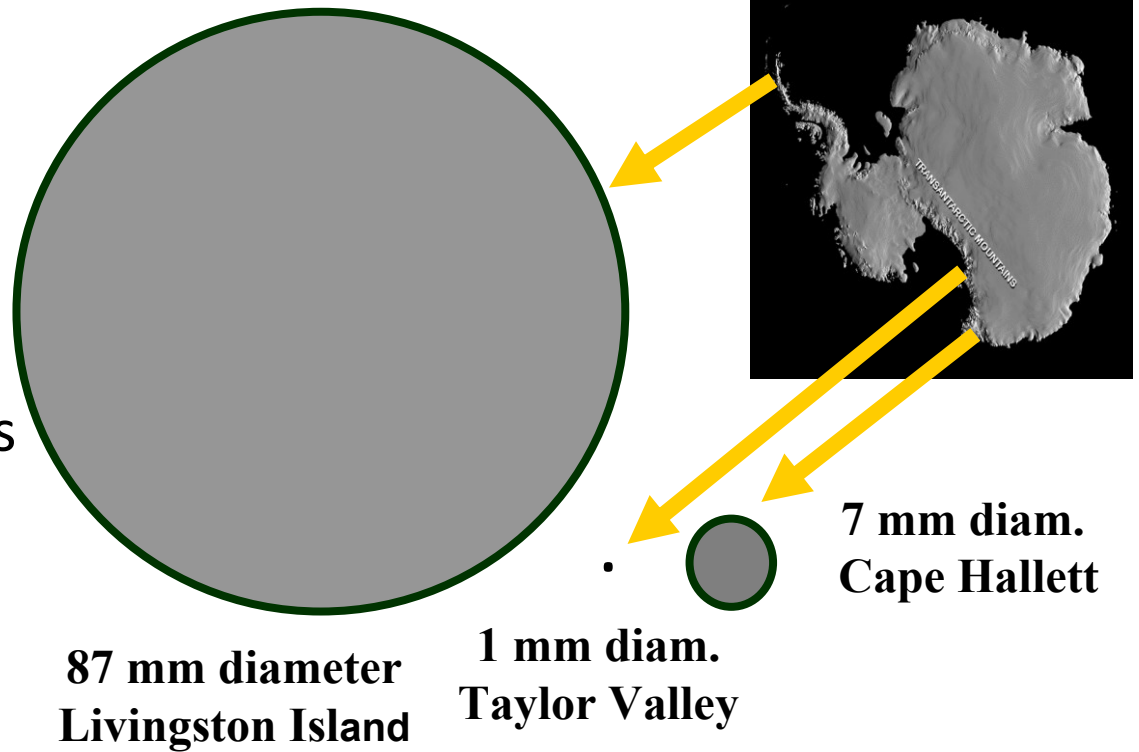
Isla Livingston
Latitud 62° S

Growth rate of *Buellia* in 100 years

What actually drives the changes in growth rates and species numbers?

- Growth rate gradient:
about 100 times for lichens
across Antarctica

- Potentially a good
indicator/monitor
for climate change

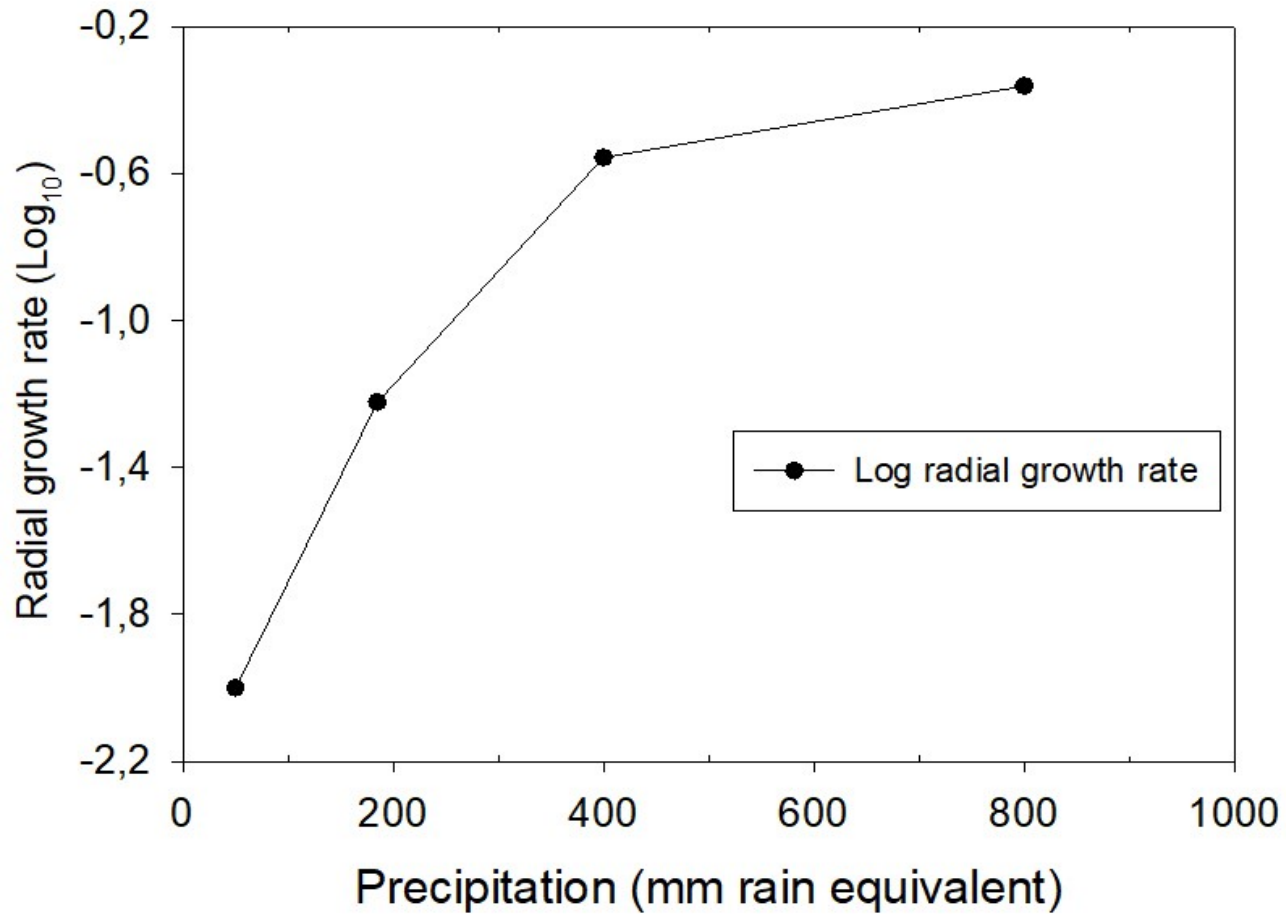


Look at the effects of the major environmental factors:

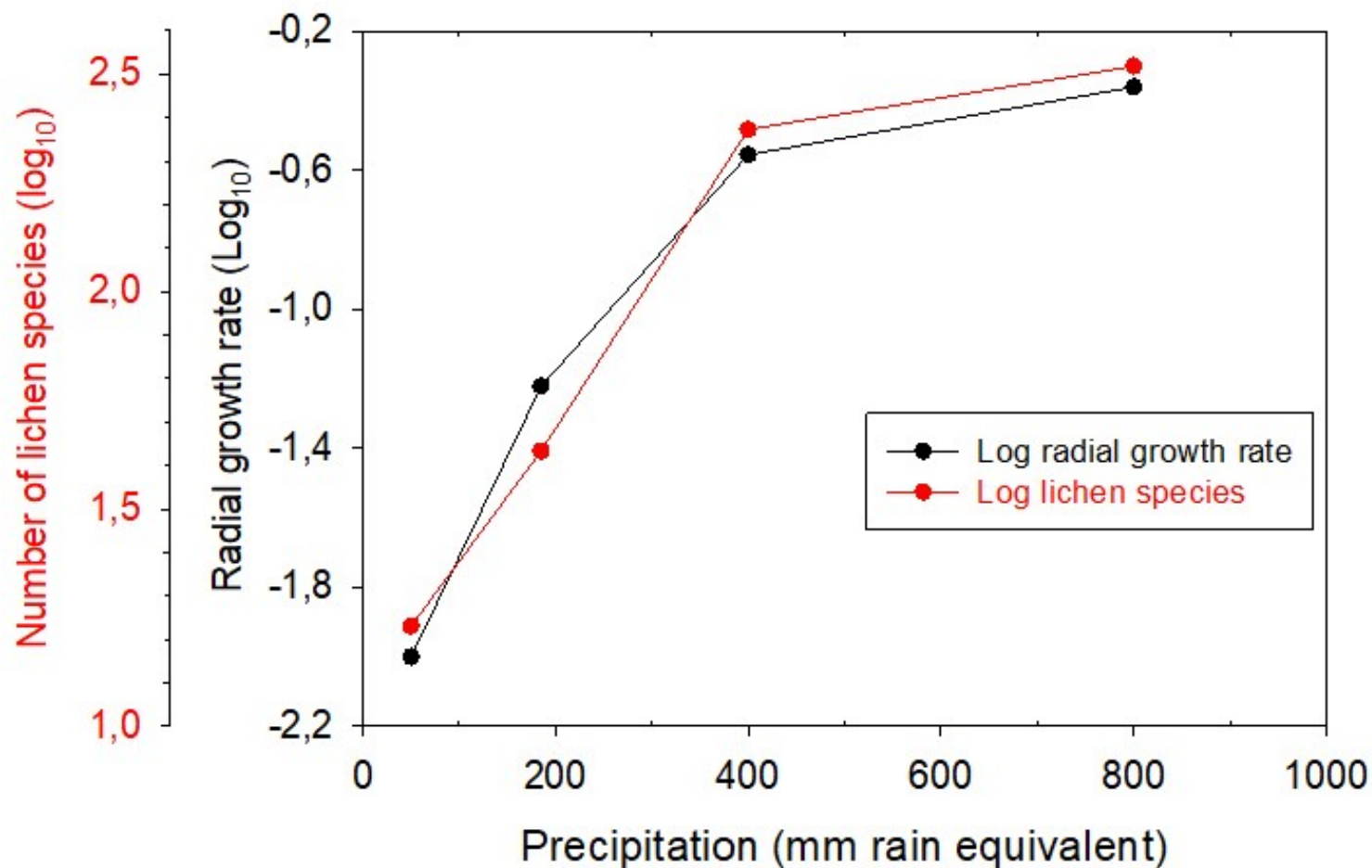
Mean temperatures					
Location	Growth rate diameter (mm y ⁻¹)	Warmest month (mean T°C)	Coldest month (mean T°C)	Annual mean T°C	Precipitation (mm rain equivalent)
Dry Valleys (*)	0.02	-4.8	-30.5	-20.0	50
Cape Hallett (*)	0.14	-1.4	-26.4	-15.0	120
Signy Island (**)	0.50	1.3	-9.0	-3.3	400
Livingston Island (**)	0.88	1.3	-7.0	-1.5	800

(**Buellia frigida*, ***Buellia latemarginata* (from Hooker 1980)

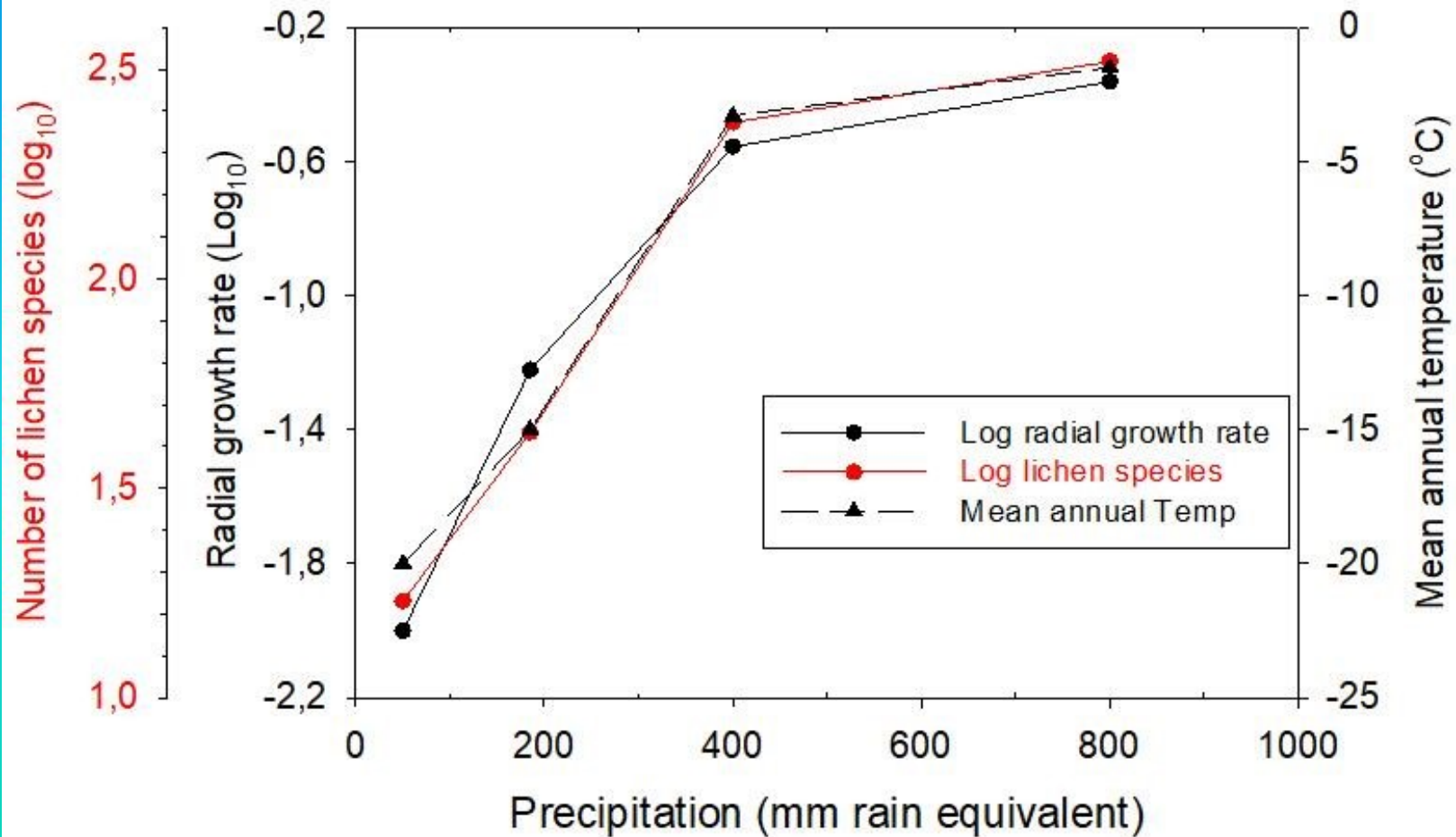
Environmental effects on growth



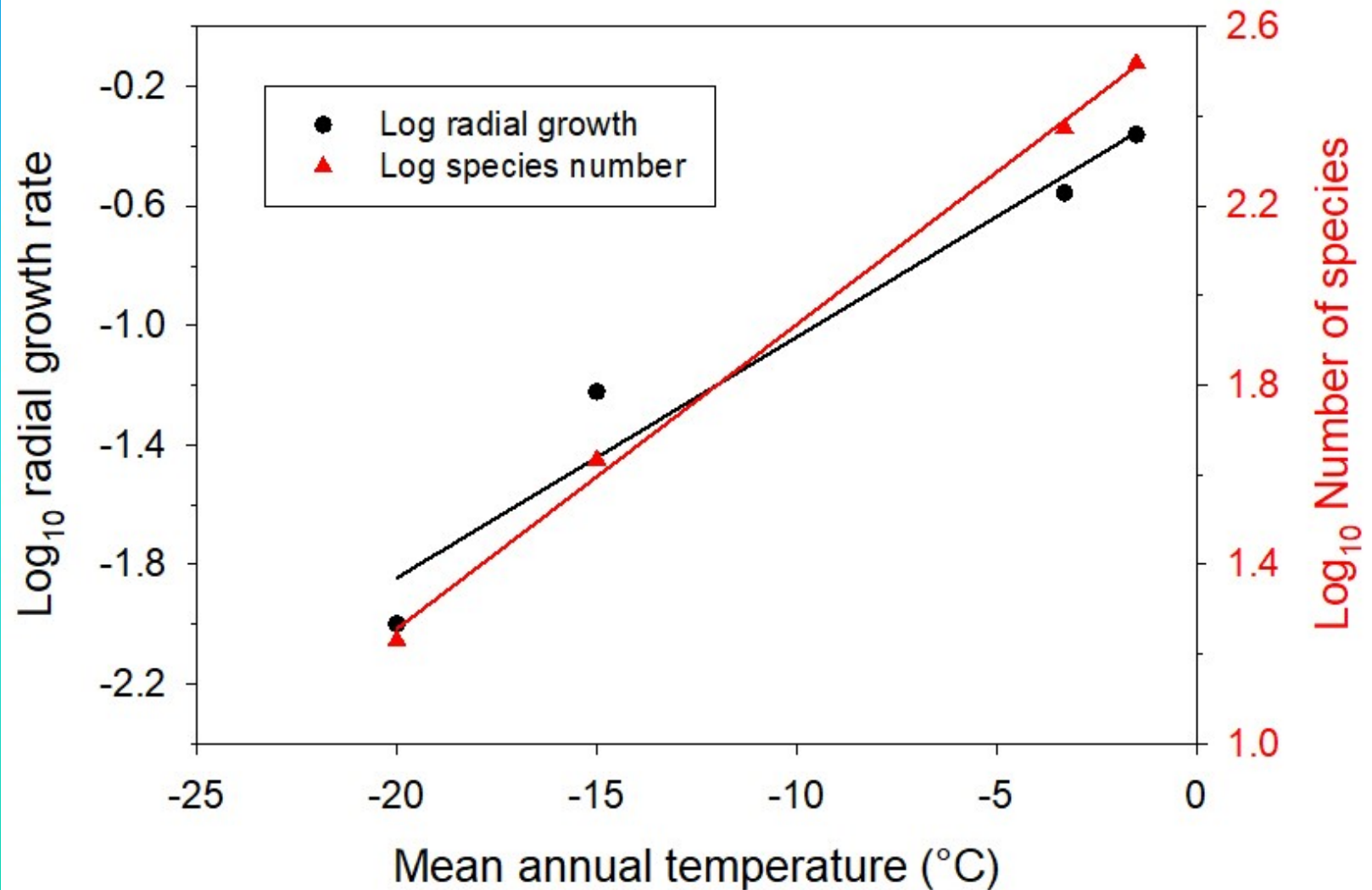
Environmental effects on growth



Environmental effects on growth



Growth and **numbers** versus mean annual temperature



Are the growth rates of each species genetically fixed or are they the result of environmental conditions?



ACTIVIDAD Y RESISTENCIA DE LOS LIQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS

- *Ecofisiología*

- * **Biodiversidad**

Tierra del Fuego,
Ant. Marítima,
Ant. Continental

- * **Microclima:**

Definir y
comparar los
factores
abióticos.

- * **Crecimiento:**

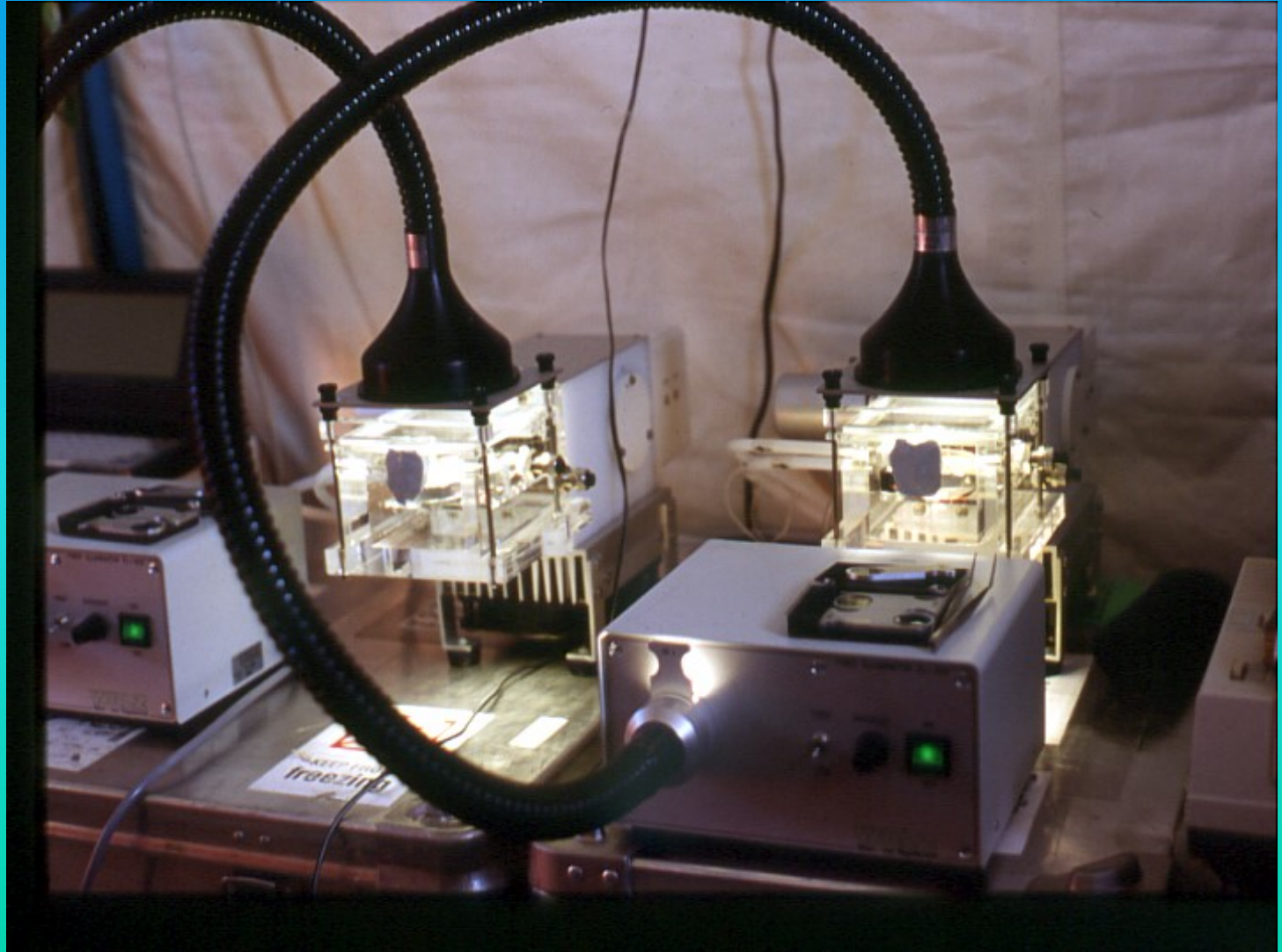
Características
ambientales y
productividad
anual.

- * **Adaptación:**

Casos
concretos.

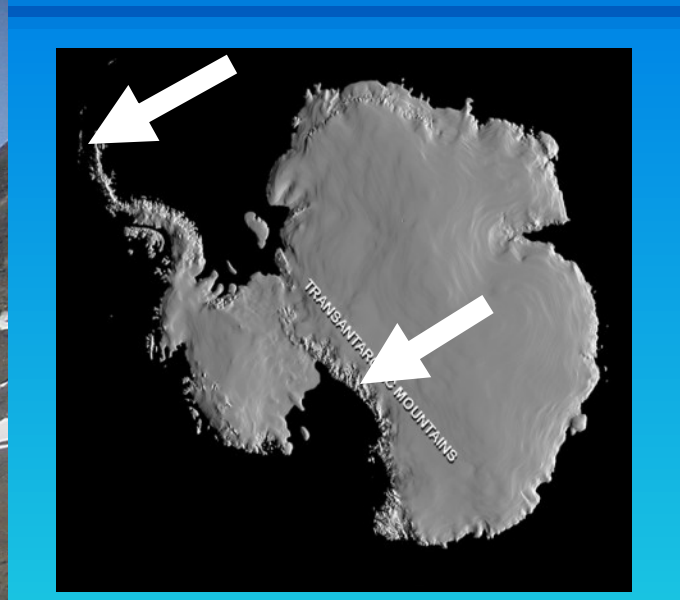
- * **Supervivencia:**

Resistencia a
condiciones
excepcionales.



Umbilicaria decussata

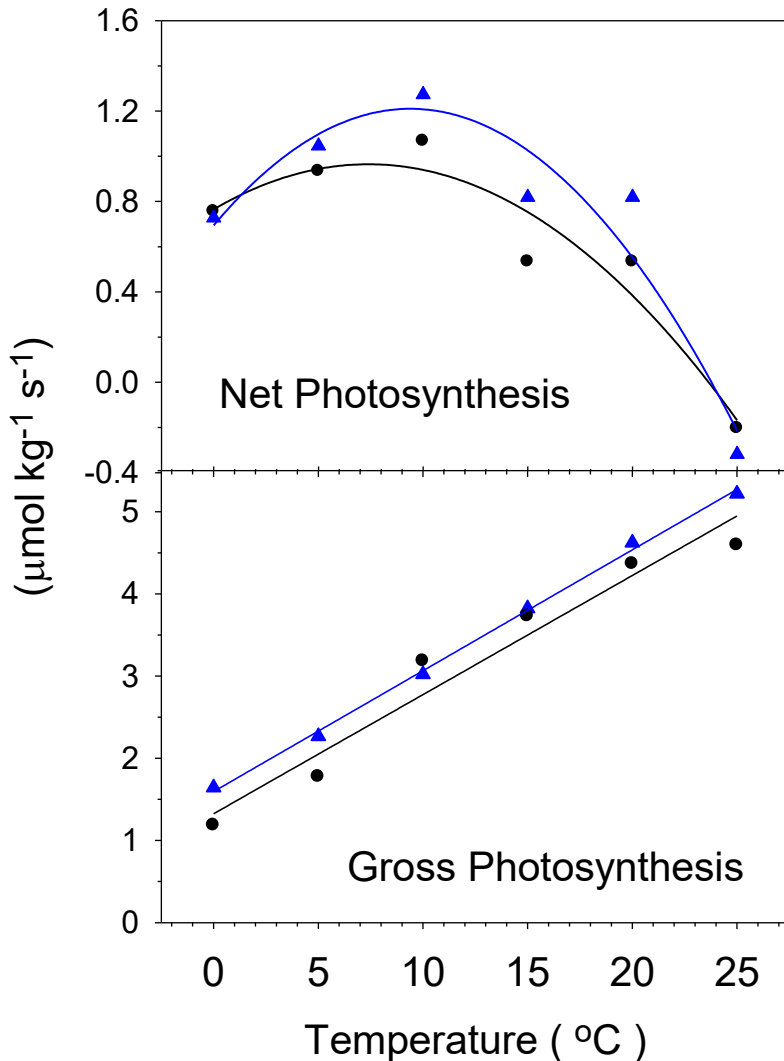
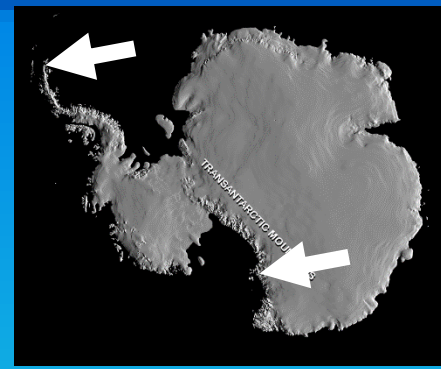
1 cm



Livingston Island
(Latitude 62°39'S)

Mount Kyffin
(Latitude 83°40'S)

Adaptation of photosynthesis of the lichen *Umbilicaria decussata* to temperature.



▲ Livingston Island – 62°S

● Mt Kyffin - 84°S

22 degrees Latitude apart

Samples collected at exactly same time.

Identical optima

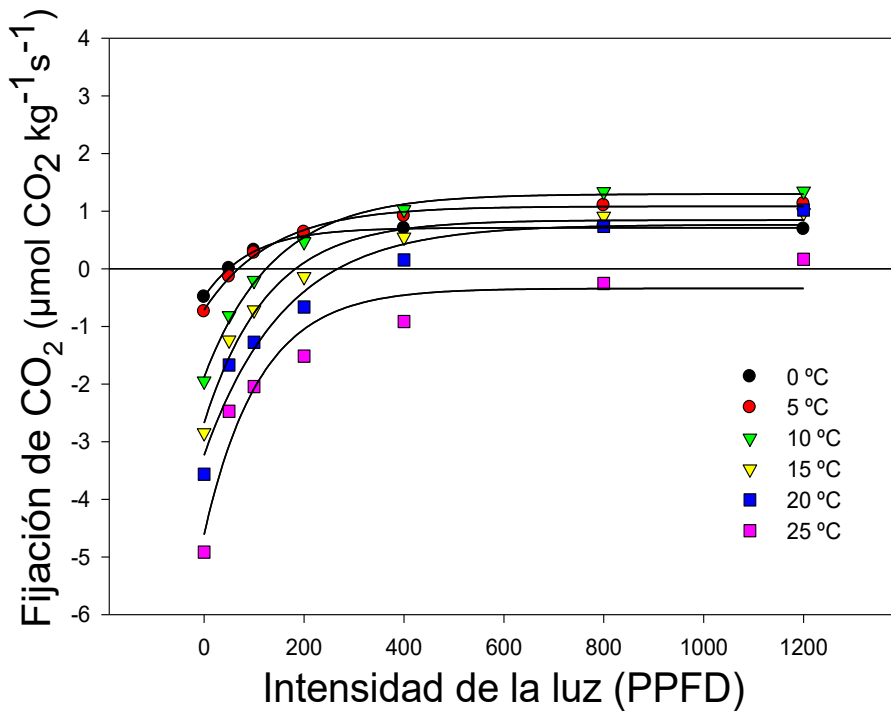
NO Adaptation

Umbilicaria decussata

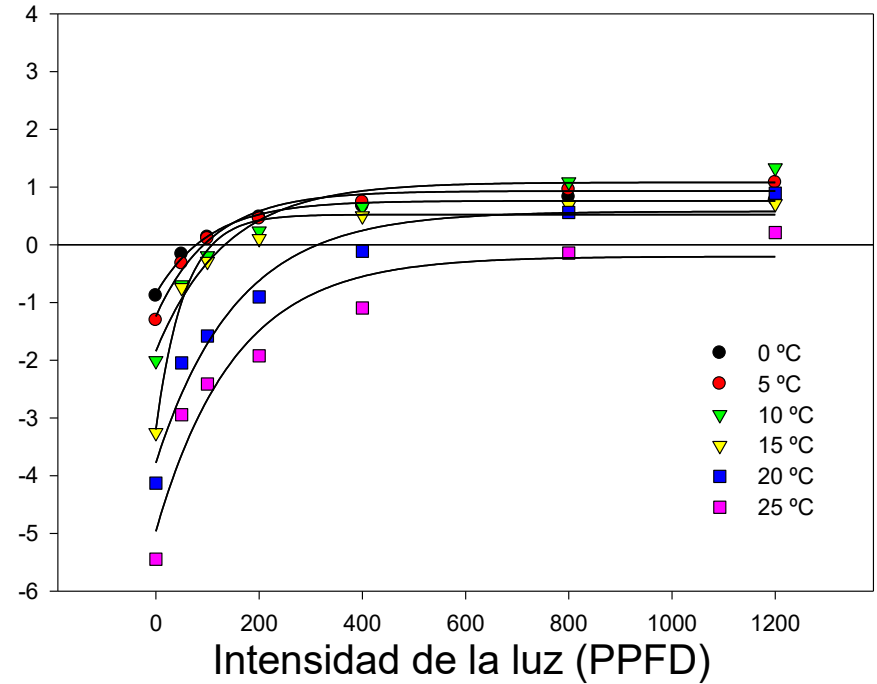
Óptimo de T para NP: 0-10°C
(Latitud 62°39'S)

Óptimo de T para NP: 0-10°C
(Latitud 83°40'S)

Livingston Island



Mount Kyffin



**Tasa máxima de asimilación ($\mu\text{molCO}_2 \text{ kg DW}^{-1}$)
de *U. decussata* de la Antártida**

Livingston Island,	62° S Latitud	1,3
Casey Station,	66° S Latitud	1,3
Mount Kyffin,	84° S Latitud	1,1

Diferencias en la velocidad de crecimiento son debidas a las condiciones externas (ambientales), no internas (genéticas)

To what extent are these bipolar lichens able to tolerate extreme conditions?



ACTIVIDAD Y RESISTENCIA DE LOS LIQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS

* Biodiversidad

Tierra del Fuego,
Ant. Marítima,
Ant. Continental

* Microclima:

Definir y
comparar los
factores
abióticos.

* Crecimiento:

Características
ambientales y
productividad
anual.

* Adaptación:

Casos
concretos.

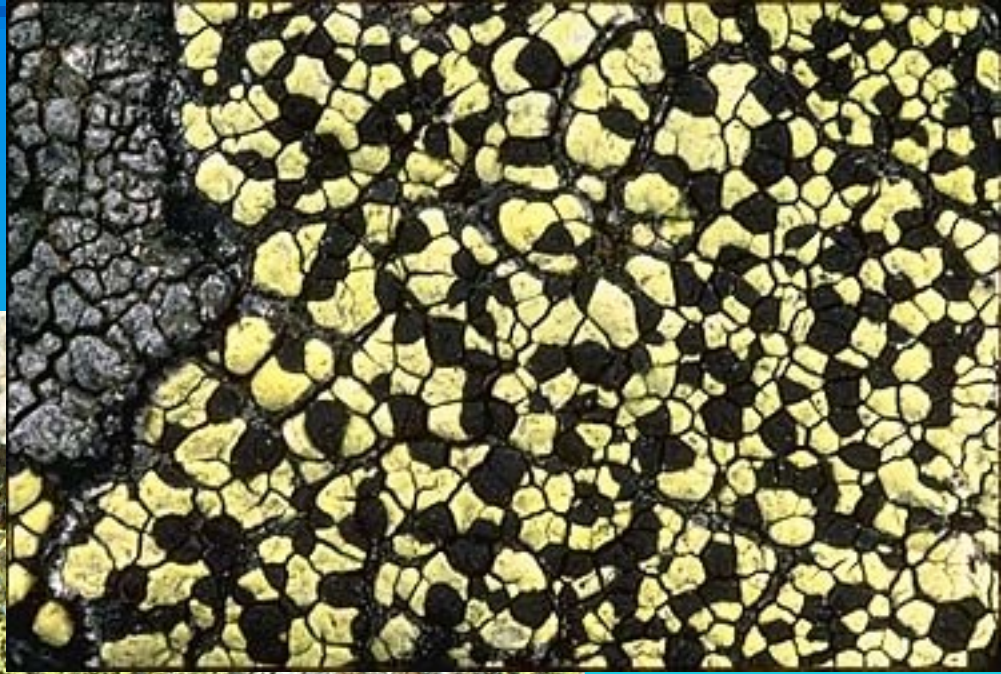
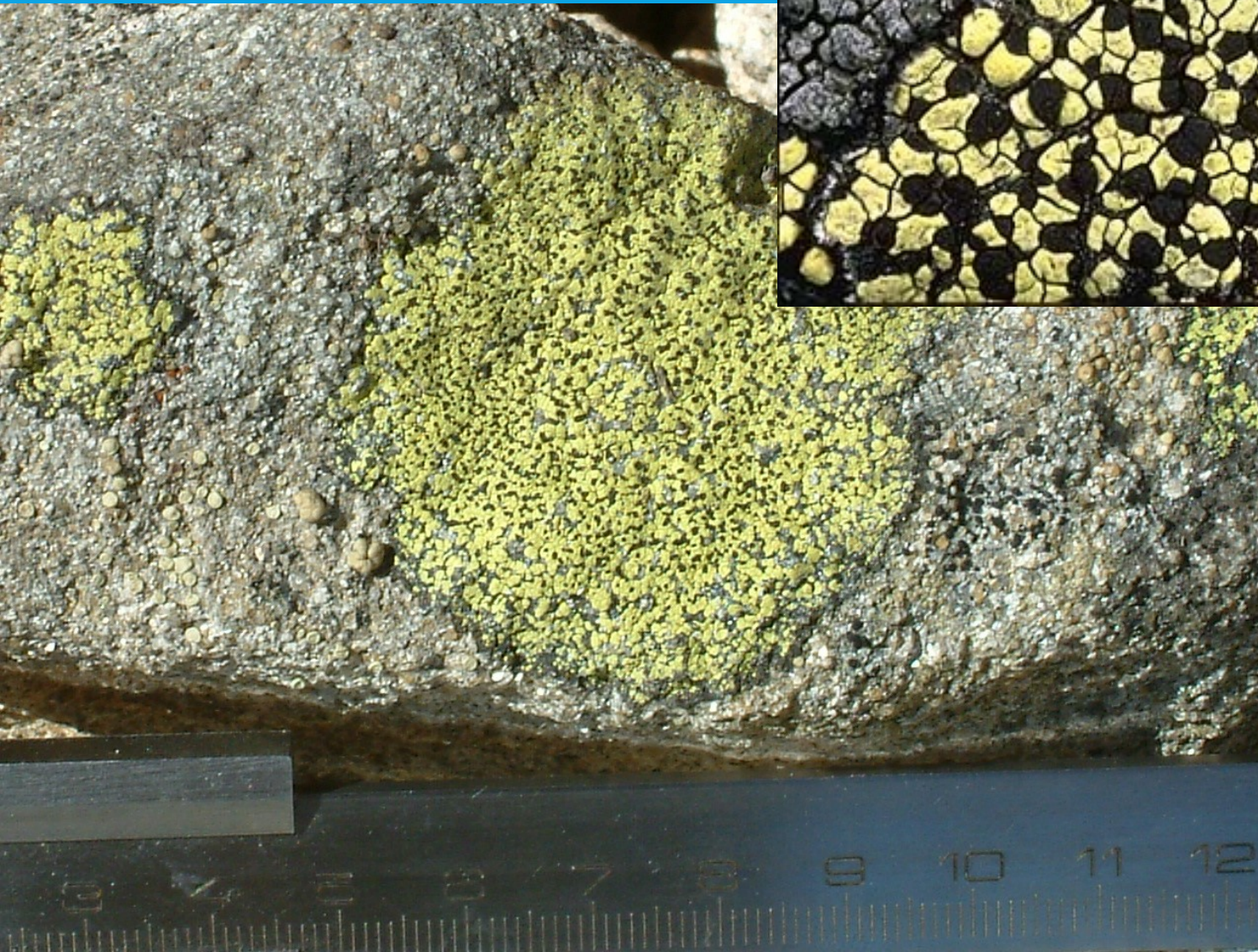
* Supervivencia:

Resistencia a
condiciones
excepcionales.

- *Astrobiología*



Rhizocarpon geographicum



Xanthoria elegans

(Escala = 1 cm)



Dry Valleys, 100 m
Latitud 77° S



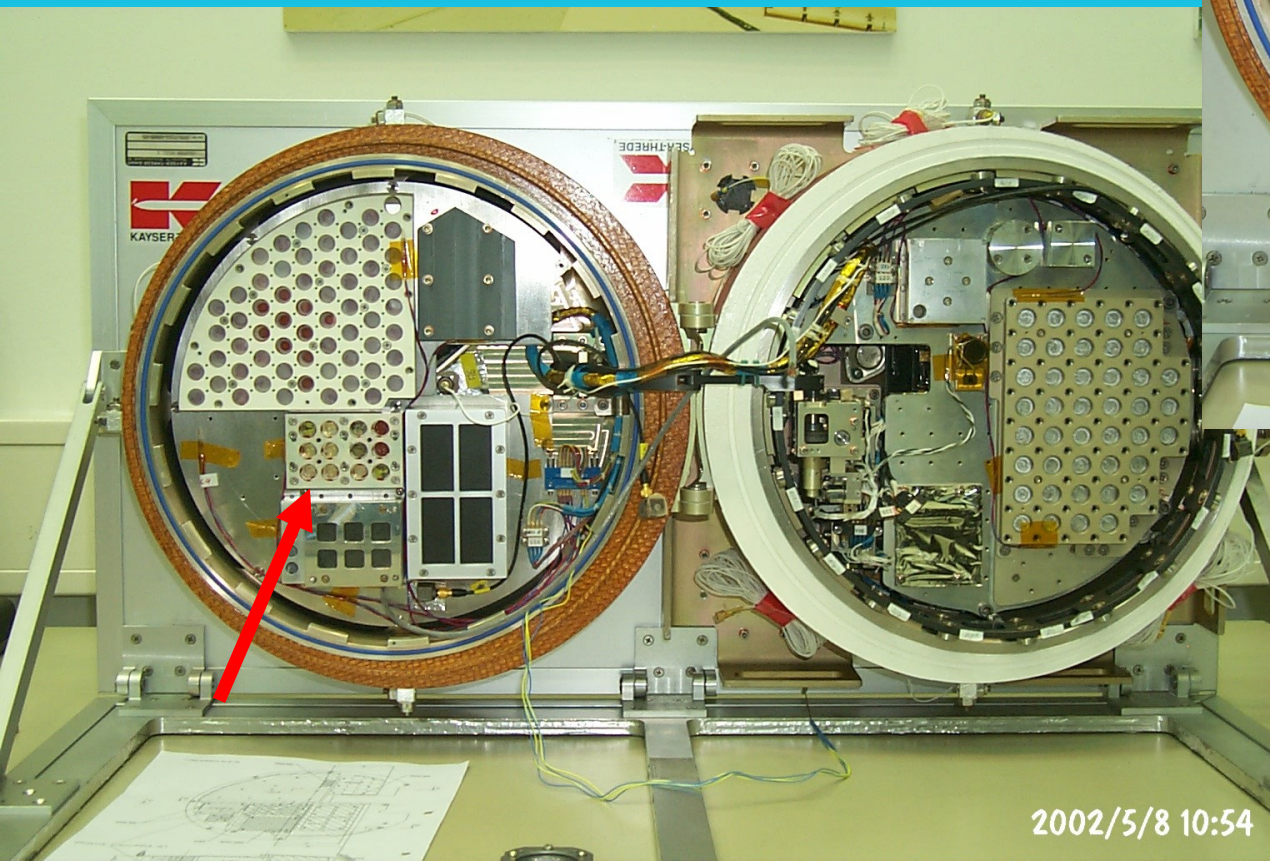
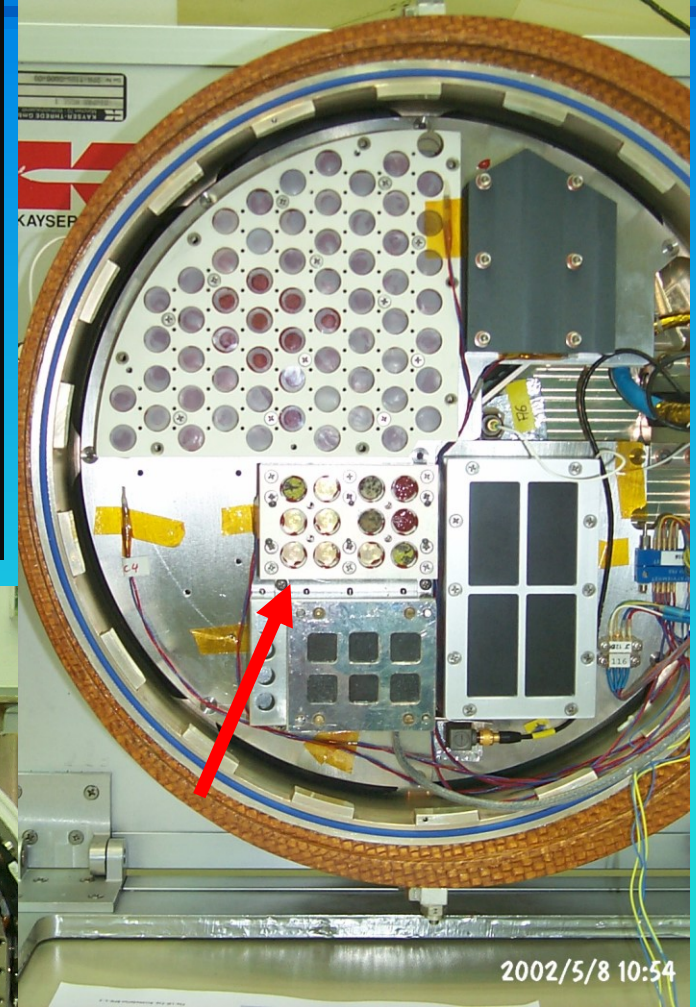
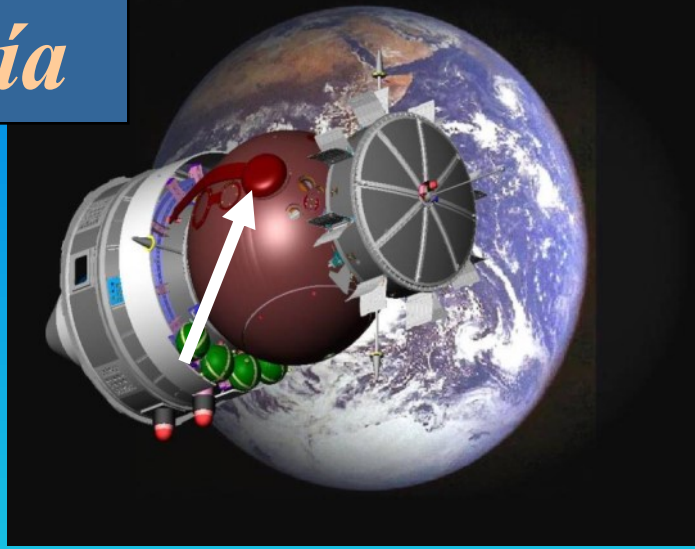


Líquenes endolíticos



Astrobiología

Experimento BIOPAN



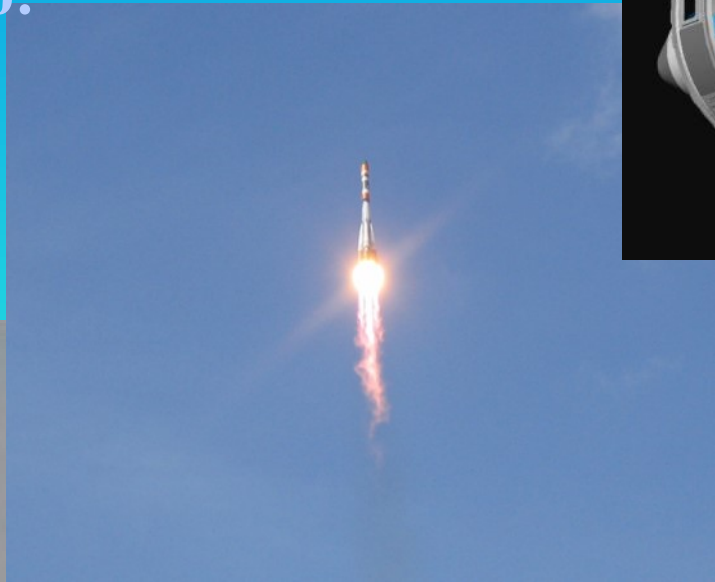
Localización del experimento en el sistema BIOPAN

2002/5/8 10:54

Astrobiología

Misión Foton M2

Lanzamiento:
31-05-05,
Baikonur,
Rusia.



Recuperación: 16-06-05,
Samara, Rusia



BIOPAN



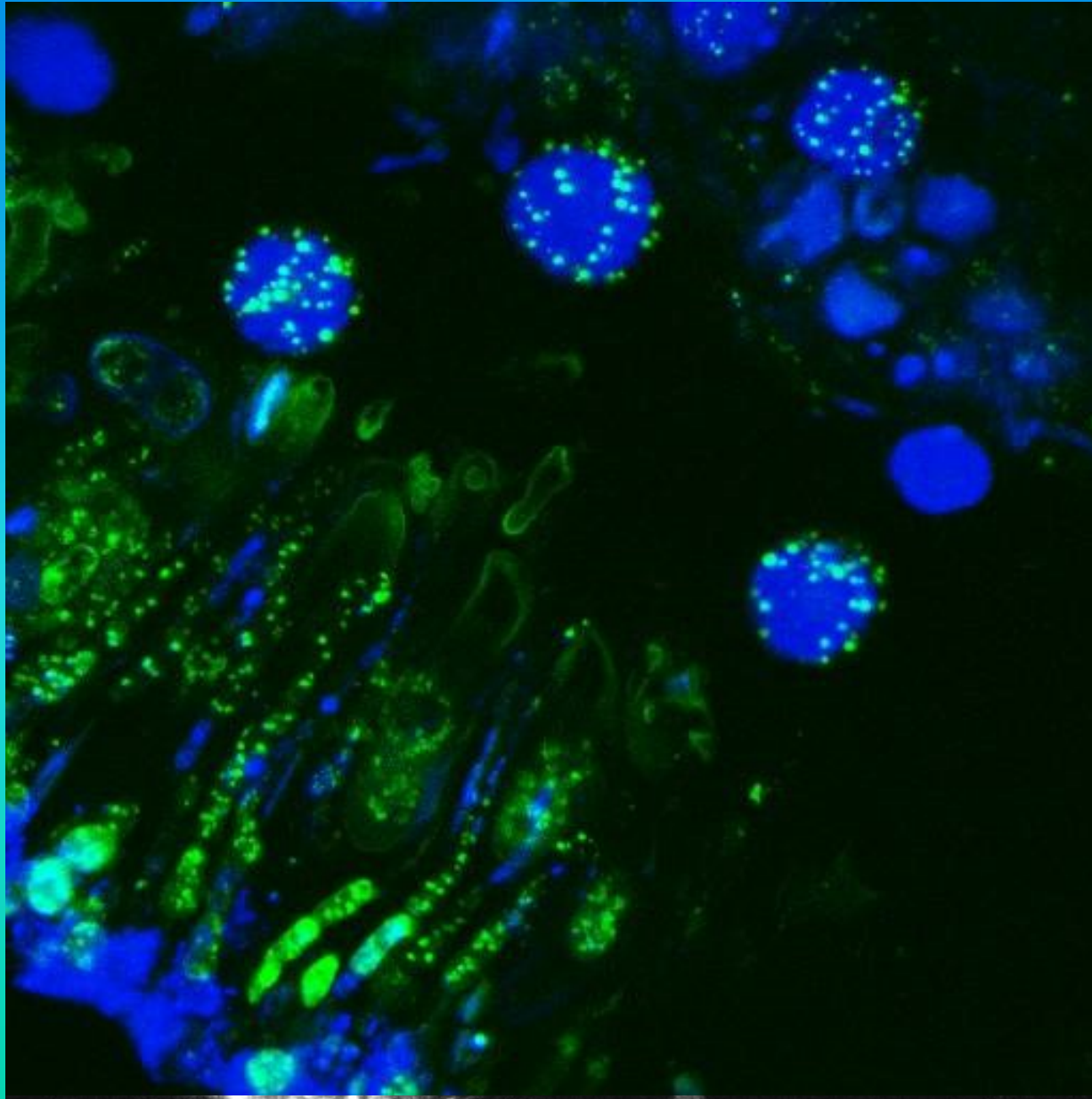
Yield activity of Photosystem II of lichens on natural rock substrates before and after exposure to space during the BIOPAN 5 mission. Measurements after flight were taken after 24h of revitalization process.

Lichen species	Lab control (before flight)	Lab control (after)	Flight-dark control (before)	Flight-dark control (after)	Flight exposed (before)	Flight exposed (after)
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	668.5 ± 20.0	671.5 ± 26.9	657.5 ± 40.7	674 ± 22.1	684	690
<i>Xanthoria elegans</i>	695.7 ± 26.1	688.7 ± 49.7	659.2 ± 22.8	663.5 ± 23.9	739	738

All exposed lichens, independent of the filters used, showed after the flight nearly the same photosynthetic activity as measured before the flight. Likewise, the photosynthetic activity of the exposed lichens was also similar to those showed by the Flight control and Earth controls

Apertura de BIOPAN en las instalaciones de ESA-ESTEC en Noordwijk (Holanda) 19 de Junio de 2005



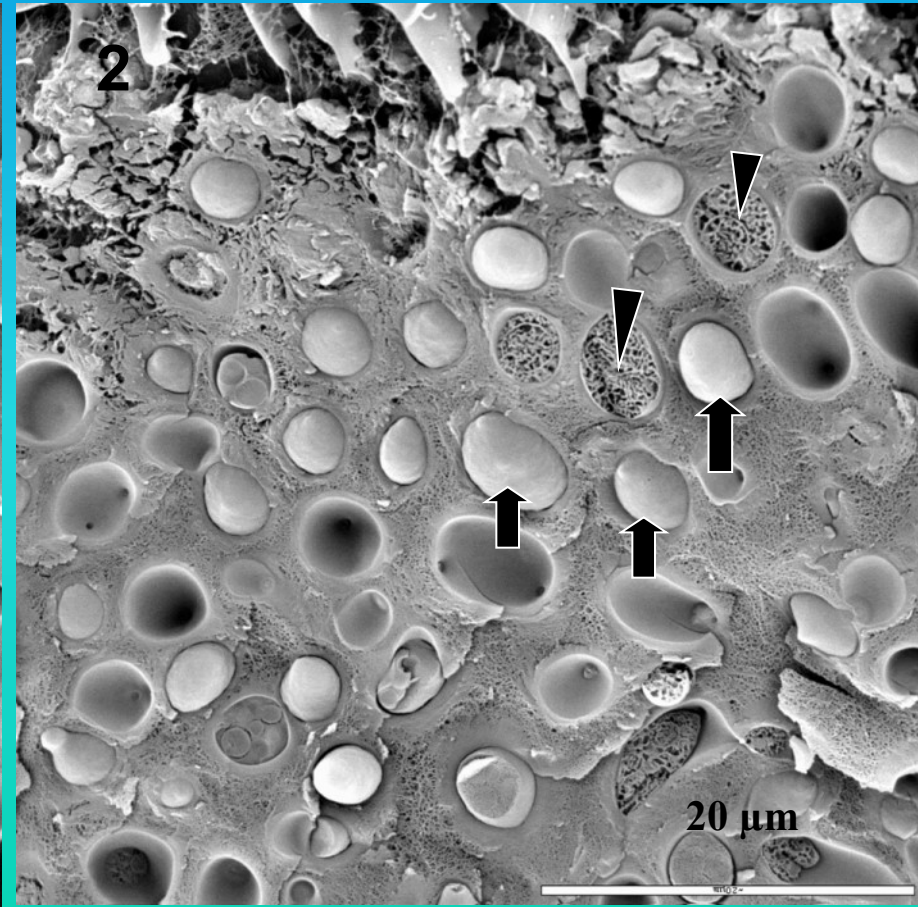
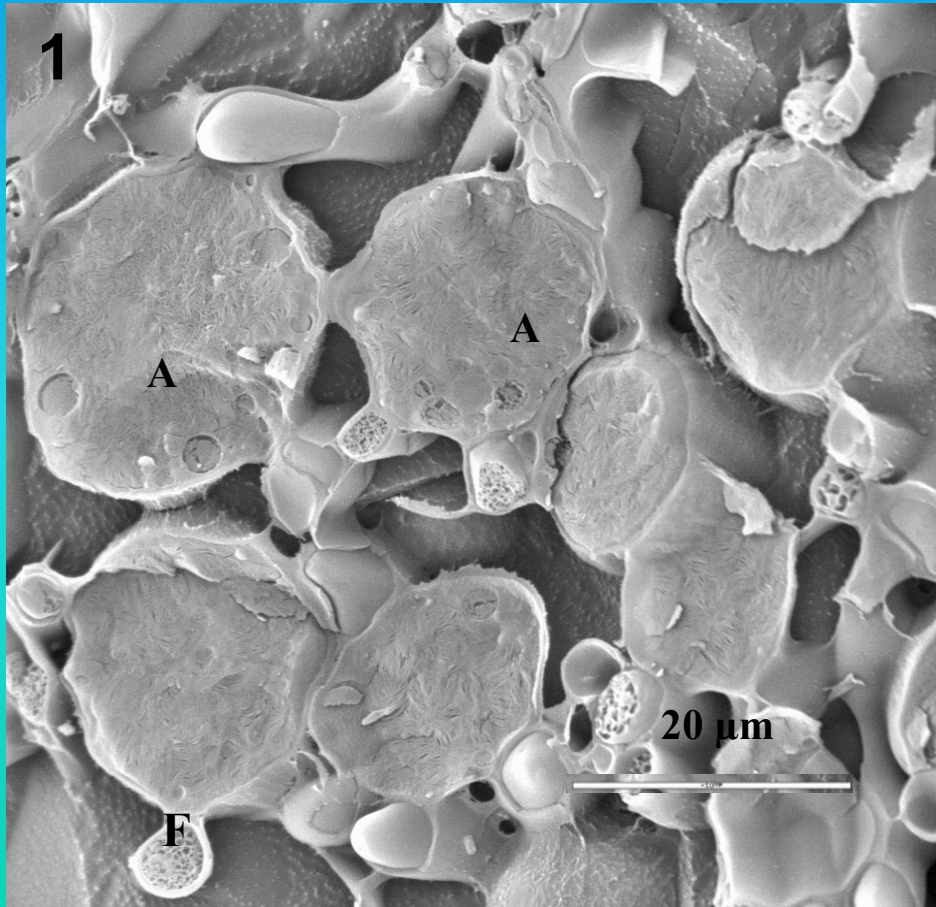


Microscopía
Laser confocal

Tinción
Diferencial de
ácidos
nucléicos

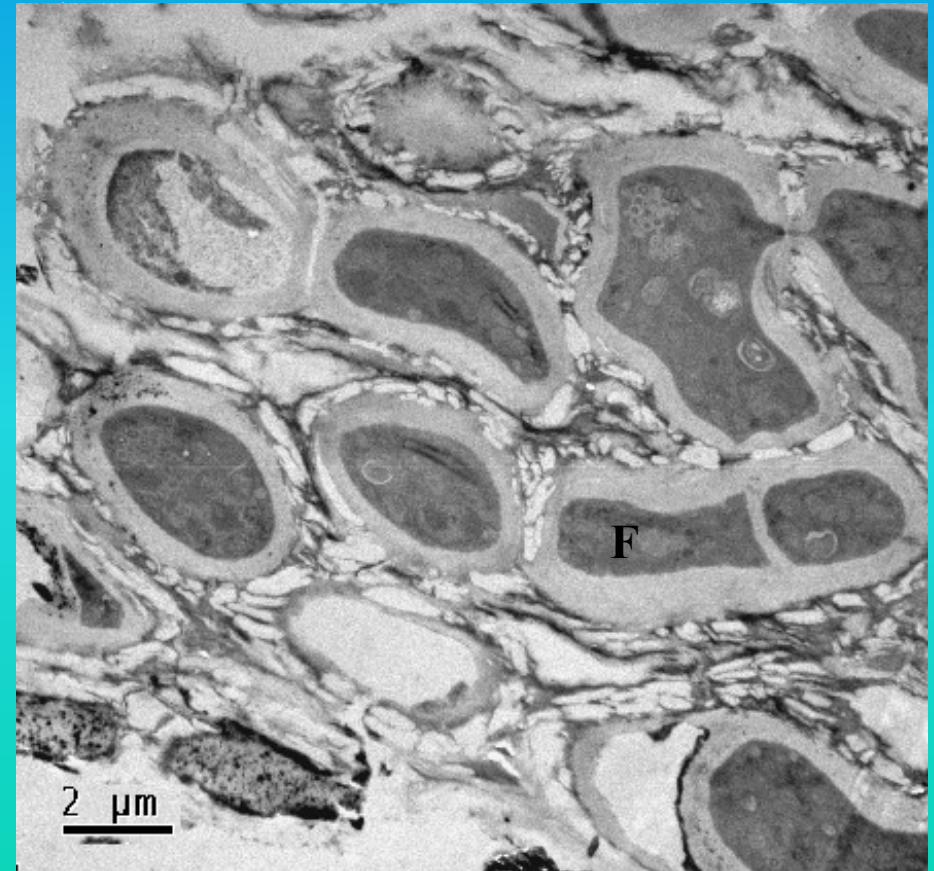
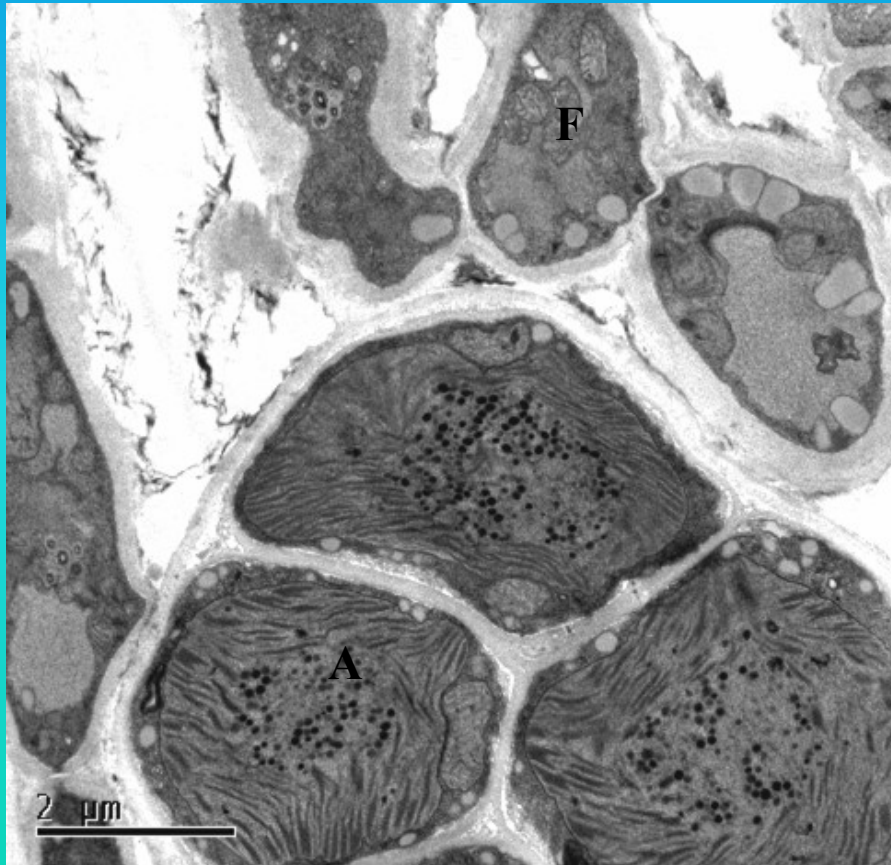
1- LTSEM image of the algal layer from *Xanthoria elegans* thallus after the flight (under neutral glass window) showing cellular integrity in algal and fungal partner.

2- LTSEM of the upper cortex from *Xanthoria elegans* thallus after the flight. Non fractured cells (arrows) show the cellular membrane integrity and fractured cells (arrowheads) permit to visualize the lack of signs of plasmolysis.



A, algal cells; F, fungal cells

1, 2- TEM images of *Rhizocarpon geographicum* thallus after the flight (under neutral glass window) showing lack of ultrastructural damage in fungal and algal cells of the algal layer and in fungal cells of the upper cortex .

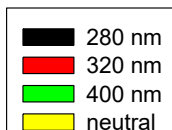
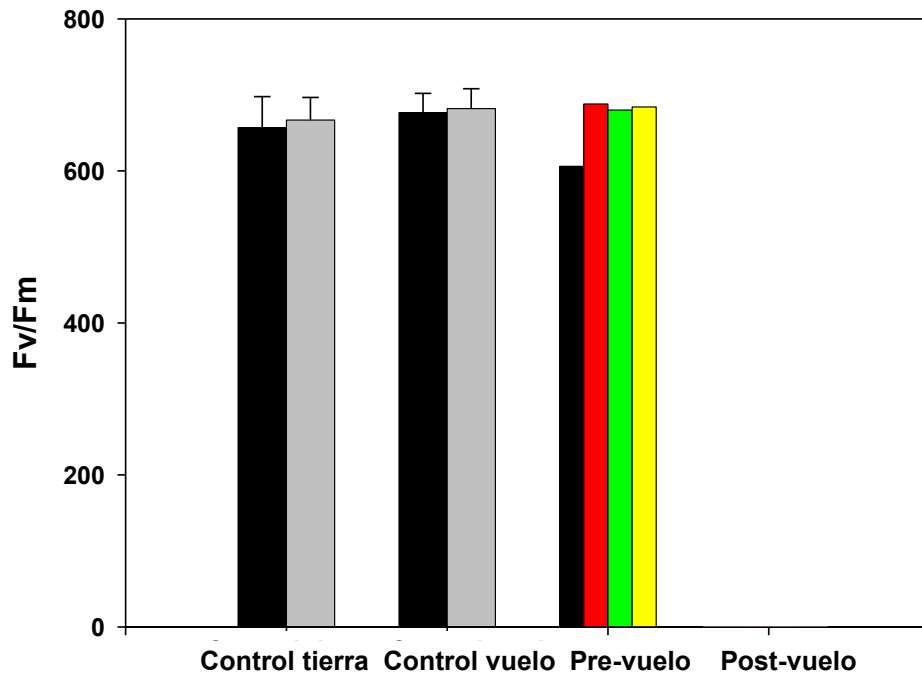


A, Algal cells; F, fungal cells

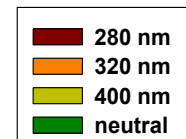
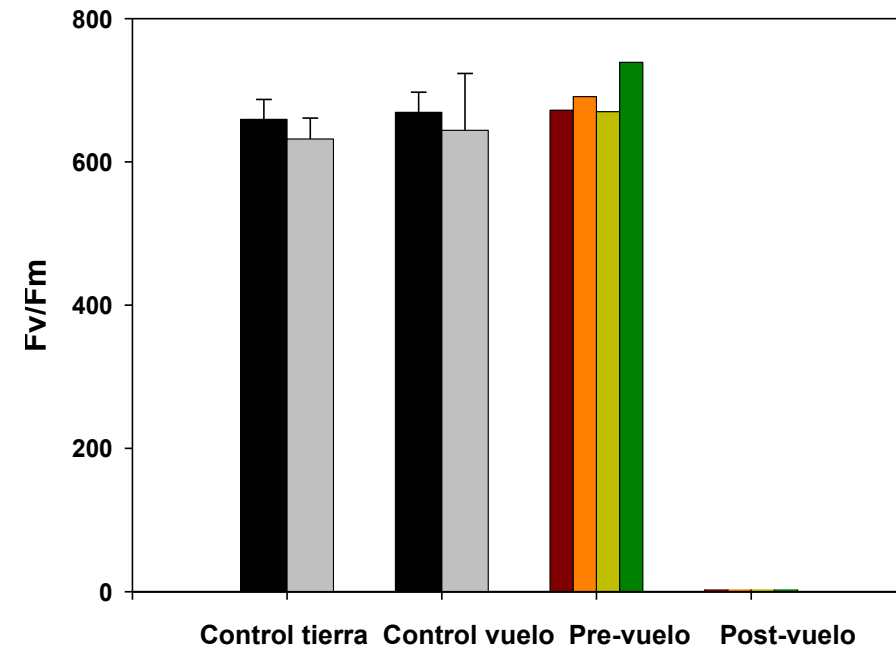
BIOPAN-5: Primeros resultados del experimento LICHENS



Rhizocarpon geographicum



Xanthoria elegans



Conclusions

- Lichens have demonstrated to be the organism with the highest capacity to resist real space conditions, specially high UV radiation
- These results suggest that complex life forms adapted to tolerate extreme conditions on a certain planet, could resist an interplanetary transfer through space

ASTROBIOLOGY
Volume 7, Number 3, 2007
© Mary Ann Liebert, Inc.
DOI: 10.1089/ast.2006.0046

Research Paper

Lichens Survive in Space: Results from the 2005 LICHENS Experiment

LEOPOLDO G. SANCHO,¹ ROSA DE LA TORRE,² GERDA HORNECK,³
CARMEN ASCASO,⁴ ASUNCIÓN DE LOS RÍOS,⁴ ANA PINTADO,¹ J. WIERZCHOS,⁵
and M. SCHUSTER⁶

International Space Station (ISS)



S131E011590

The ESA Space Experiment BIOMEX on the ISS

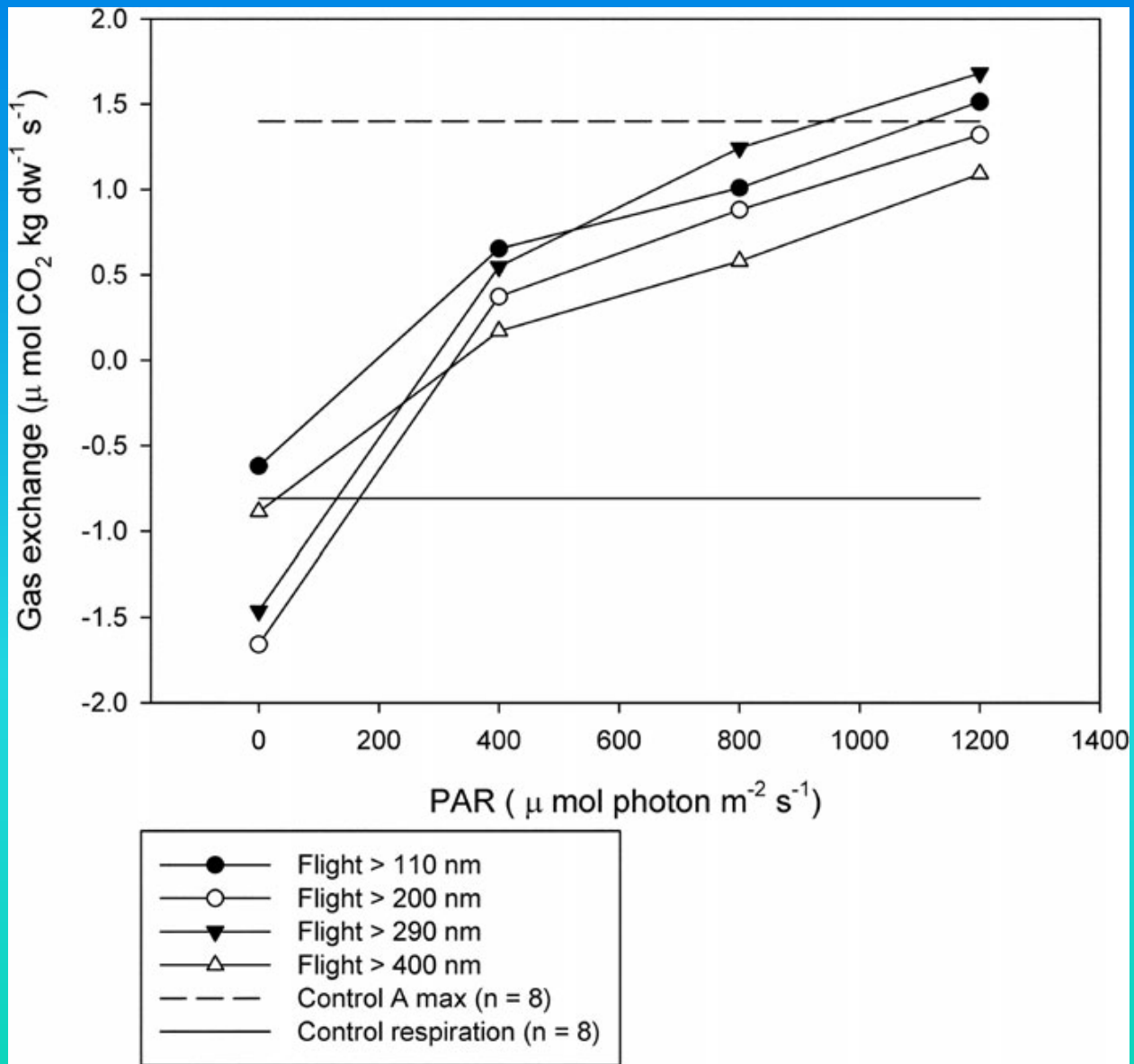


ASTROBIOLOGY
Volume 19, Number 2,
2019 Mary Ann Liebert,
Inc. DOI:
[10.1089/ast.2018.1897](https://doi.org/10.1089/ast.2018.1897)

Circinaria gyrosa



ASTROBIOLOGY
Volume 11, Number 4, 2011



Tray # 1 comp 1

1-1-t-01 Green Alga Sphaerocystis	1-1-t-02 Green Alga Sphaerocystis	1-1-t-03 Cyanobacteria Gloeocapsa	1-1-t-04 R. gygydes Grinnellia Mariantha Pinnaculata
1-1-t-05 Cyanobacteria Nostoc	1-1-t-06 Cyanobacteria Nostoc	1-1-t-07 Cyanobacteria Gloeocapsa	1-1-t-08 R. gygydes Grinnellia Mariantha Pinnaculata
1-1-t-09 Lichens Cyrtocarpus gyrota	1-1-t-10 Lichens Buellia frigida	1-1-t-11 Marine Microalgae Crymonea antarctica	1-1-t-12 Cyanobacteria Chroococcidiopsis
1-1-t-13 Lichens Cyrtocarpus gyrota	1-1-t-14 Lichens Buellia frigida	1-1-t-15 Marine Microalgae Crymonea antarctica	1-1-t-16 Cyanobacteria Chroococcidiopsis



EXPOSE-R2	BIOMEX
Sample distribution	Total Mission in open space: 24.07.2014 – 03.02.2016



Top
Bottom

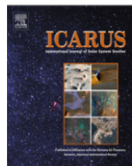
Tray # 2 comp 1:

2-1-t-01 Green Alga Sphaerocystis	2-1-t-02 Green Alga Sphaerocystis	2-1-t-03 Cyanobacteria Gloeocapsa	2-1-t-04 R. gygydes Grinnellia Mariantha Pinnaculata
2-1-t-05 Cyanobacteria Nostoc	2-1-t-06 Cyanobacteria Nostoc	2-1-t-07 Cyanobacteria Gloeocapsa	2-1-t-08 R. gygydes Grinnellia Mariantha Pinnaculata
2-1-t-09 Lichens Cyrtocarpus gyrota	2-1-t-10 Lichens Buellia frigida	2-1-t-11 Marine Microalgae Crymonea antarctica	2-1-t-12 Cyanobacteria Chroococcidiopsis
2-1-t-13 Lichens Cyrtocarpus gyrota	2-1-t-14 Lichens Buellia frigida	2-1-t-15 Marine Microalgae Crymonea antarctica	2-1-t-16 Cyanobacteria Chroococcidiopsis

Tray # 2 comp 2:

2-2-t-01 S-Mars SC1	2-2-t-02 S-Mars Ca1	2-2-t-03 S-Mars Na1	2-2-t-04 S-Mars Qu1	2-2-t-05 P-Mars SC1	2-2-t-06 P-Mars Ca1	2-2-t-07 P-Mars Na1	2-2-t-08 P-Mars Qu1	SC1 = β-Carotene
2-2-t-09 S-Mars Me1	2-2-t-10 S-Mars Pa1	2-2-t-11 S-Mars Ce1	2-2-t-12 S-Mars Ch1	2-2-t-13 P-Mars Me1	2-2-t-14 P-Mars Pa1	2-2-t-15 P-Mars Ce1	2-2-t-16 P-Mars Ch1	Ca1 = Chlorophyll a
2-2-t-17 S-Mars SC1	2-2-t-18 S-Mars Ca1	2-2-t-19 S-Mars Na1	2-2-t-20 S-Mars Qu1	2-2-t-21 P-Mars SC1	2-2-t-22 P-Mars Ca1	2-2-t-23 P-Mars Na1	2-2-t-24 P-Mars Qu1	Na1 = Naringenin
2-2-t-25 S-Mars Me1	2-2-t-26 S-Mars Pa1	2-2-t-27 S-Mars Ce1	2-2-t-28 S-Mars Ch1	2-2-t-29 P-Mars Me1	2-2-t-30 P-Mars Pa1	2-2-t-31 P-Mars Ce1	2-2-t-32 P-Mars Ch1	Qu1 = Quercetin
2-2-t-33 Ag1	2-2-t-34 quartz Ca1	2-2-t-35 quartz Na1	2-2-t-36 quartz Qu1	2-2-t-37 S-Mars Ag1	2-2-t-38 P-Mars Ag1	2-2-t-39 S-Mars	2-2-t-40 P-Mars	Me1 = Melanin
2-2-t-41 quartz Me1	2-2-t-42 quartz Pa1	2-2-t-43 quartz Ce1	2-2-t-44 quartz Ch1	2-2-t-45 S-Mars Ag1	2-2-t-46 P-Mars Ag1	2-2-t-47 quartz Ca1	2-2-t-48 quartz Ag1	Pa1 = Pteridine
2-2-t-49 S-Mars Iron bacteria Biofilm	2-2-t-50 P-Mars	2-2-t-51 lunar	2-2-t-52 lunar	2-2-t-53 S-Mars Anabaena	2-2-t-54 P-Mars Anabaena	2-2-t-55 S-Mars ct	2-2-t-56 S-Mars ct	Ce1 = Cellulose
2-2-t-57 S-Mars	2-2-t-58 P-Mars	2-2-t-59 lunar	2-2-t-60 lunar	2-2-t-61 S-Mars	2-2-t-62 P-Mars	2-2-t-63 S-Mars ct	2-2-t-64 S-Mars ct	Ch1 = Chitin
								Ag1 = Agar
								S-Mars → Control
								P-Mars → Control
								Quartz → Control





Survival of lichens and bacteria exposed to outer space conditions – Results of the *Lithopanspermia* experiments

Rosa de la Torre^{a,*}, Leopoldo G. Sancho^b, Gerda Horneck^c, Asunción de los Ríos^d,
Jacek Wierzchos^d, Karen Olsson-Francis^c, Charles S. Cockell^e, Petra Rett
Jean-Pierre P. de Veraⁱ, Sieglinde Ott^f, Jesus Martinez Frías^g, Pablo Gonz
Maria Mercedes Lucas^d, Manuel Reina^a, Ana Pintado^b, René Demets^h

ASTROBIOLOGY
Volume 11, Number 4, 2011
© Mary Ann Liebert, Inc.
DOI: 10.1089/ast.2010.0588

AST-2010-0588-Raggio_1P
Type: research-article

Research Article

International Journal of Astrobiology 13 (1): 1–18 (2014)
doi:10.1017/S147355041300027X © Cambridge University Press 2013

UV-C tolerance of symbiotic *Trebouxia* sp. in the space-tested lichen species *Rhizocarpon geographicum* and *Circinaria gyrosa*: role of the hydration state and cortex/screening substances

Francisco Javier Sánchez¹, Joachim Meeßen², M.ª del Carmen Ruiz³,
Leopoldo G.ª Sancho⁴, Sieglinde Ott², Carlos Vilchez³, Gerda Horneck⁵,
Andres Sadowsky² and Rosa de la Torre¹

Whole Lichen Thalli Survive Exposure to Space Conditions: Results of Lithopanspermia Experiment with *Aspicilia fruticulosa*

J. Raggio¹, A. Pintado¹, C. Ascaso², R. De La Torre³, A. De Los Rios², J. Wierzchos²,
G. Horneck⁴ and L.G. Sancho¹

ASTROBIOLOGY
Volume 19, Number 2, 2019
Mary Ann Liebert, Inc.
DOI: 10.1089/ast.2018.1897

Introduction

Limits of Life and the Habitability of Mars: The ESA Space Experiment BIOMEX on the ISS

Jean-Pierre de Vera¹, Mashal Alawi², Theresa Backhaus³, Mickael Baqué¹, Daniela Billi⁴, Ute Böttger⁵,
Thomas Berger⁶, Maria Bohmeier⁶, Charles Cockell⁷, René Demets⁸, Rosa de la Torre Noetzel⁹,
Howell Edwards¹⁰, Andreas Elsaesser¹¹, Claudia Fagliarone⁴, Annelie Fiedler¹², Bernard Foing⁸,
Frédéric Foucher¹³, Jörg Fritz¹⁴, Franziska Hanke⁵, Thomas Herzog¹⁵, Gerda Horneck⁶,
Heinz-Wilhelm Hübers⁵, Björn Huwe¹², Jasmin Joshi^{12,16}, Natalia Kozyrovska¹⁷, Martha Kruchten³,
Peter Lasch¹⁸, Natuschka Lee¹⁹, Stefan Leuko⁶, Thomas Leya²⁰, Andreas Lorek¹, Jesús Martínez-Frías²¹,
Joachim Meessen³, Sophie Moritz¹², Ralf Moeller⁶, Karen Olsson-Francis²², Silvano Onofri²³, Sieglinde Ott³,
Claudia Pacelli²³, Olga Podolich¹⁷, Elke Rabbow⁶, Günther Reitz⁶, Petra Rettberg⁶, Oleg Reva²⁴,
Lynn Rothschild²⁵, Leo Garcia Sancho²⁶, Dirk Schulze-Makuch²⁷, Laura Selbmann^{23,28},
Paloma Serrano^{2,29}, Ulrich Szewzyk³⁰, Cyprien Verseux⁴, Jennifer Wadsworth⁷, Dirk Wagner^{2,31},
Frances Westall¹³, David Wolter¹ and Laura Zuconì²³

iDesde la Antártida al espacio exterior!

GRACIAS POR SU ATENCIÓN





Antártida

Ciencia y aventura en los confines del mundo

LEOPOLDO GARCÍA SANCHO

Prólogo de Eduardo Martínez de Pisón



PIRÁMIDE



Leopoldo García Sancho, doctor en Biología por la Universidad Complutense de Madrid (1986), realizó estudios posdoctorales durante varios años en Alemania y en otros países europeos. Ha realizado dieciséis expediciones a diferentes regiones de la Antártida, bajo la supervisión de España, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Chile.

Fue el investigador responsable del primer experimento con líquenes en el espacio exterior (2005), coordinado y financiado por la Agencia Espacial Europea. Es representante español en el grupo de Ciencias de la Vida, dentro del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR), Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional en 2002. Ha publicado más de ciento cincuenta artículos científicos en revistas internacionales, muchos de ellos a partir de sus investigaciones en la Antártida. Actualmente es catedrático de Botánica en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense y miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias de España.



- 1 El descubrimiento y la exploración de la Antártida
- 2 Un continente para la ciencia. Sistemas de organización y gestión internacional para estudiar, preservar y divulgar la Antártida
- 3 Vientos, olas y hielo al sur del sur. El papel crucial del océano Antártico en el equilibrio climático de nuestro planeta
- 4 Ecosistemas terrestres. Cómo aprovechar el 1% libre de hielo del continente helado
- 5 Líquenes: cooperar es prosperar
- 6 Rastreado líquenes a través de las Montañas Transantárticas
- 7 Supervivencia vegetal en la Antártida. Muchas preguntas y algunas respuestas
- 8 Las amenazas del futuro. La Antártida ante el cambio global
- 9 El espíritu antártico. Vida y convivencia en la Antártida

El continente antártico y sus mares circundantes constituyen un lugar excepcional en el mundo: un inmenso espacio sin fronteras dedicado a la ciencia y a la conservación. El enorme esfuerzo de exploración e investigación iniciado hace más de un siglo está totalmente justificado por el papel crucial que la Antártida desempeña en el equilibrio ambiental de nuestro planeta. Especialmente ahora, en plena fase de calentamiento global, nuestro futuro dependerá, en gran medida, de lo que ocurra en el gran continente austral. Pero la Antártida es más que un enorme regulador climático; sus formas de vida, tanto vegetales como animales, son asombrosas y muestran la capacidad de la evolución para generar especies únicas y perfectamente adaptadas a un medio tan inhóspito.

Este es un libro de divulgación científica y que, por tanto, se propone ser objetivo. Sin embargo, inevitablemente está cargado de sentimientos y vivencias. Las dieciséis expediciones a la Antártida en las que ha participado el autor se han convertido en la médula de su vida profesional como científico y además han supuesto una intensa experiencia personal. Para el autor, ser biólogo en el Polo Sur es un privilegio y un maravilloso desafío, y en este libro trata de mostrar los principales avances científicos que se han producido en la investigación antártica en los últimos años, pero también comunicar la intensidad de la experiencia que supone trabajar en este lugar extraordinario. Aunque centrada en la biología vegetal, esta obra ofrece también una perspectiva más amplia que abarca otros campos científicos e incluso la reciente historia antártica y sus inusuales mecanismos de gestión internacional. Uno de los aspectos más notables de la Antártida, su belleza, es también el más difícil de reflejar en un libro, aunque ojalá sirva de estímulo al lector para adentrarse en la ingente cantidad de imágenes y vídeos disponibles a golpe de ratón. En un mundo que enfrenta multitud de amenazas e incertidumbres, la Antártida es un motivo de esperanza que merece la pena ser conocido y valorado.

ISBN 978-84-368-4164-0



9 788436 841640 0295038





Leopoldo García

El triunfo de una extraña amistad

Leopoldo García Sancho

El triunfo de una extraña amistad

Las simbiosis entre vegetales
y otros organismos
mueven el mundo

Prólogo:

Joaquín Araújo Ponciano



PIRÁMIDE



Leopoldo García Sancho es doctor en Biología y catedrático de Botánica en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Realizó estudios posdoctorales durante varios años en Alemania y en otros países europeos. Ha sido profesor invitado en diferentes universidades de Estados Unidos, Chile y Nueva Zelanda. Ha realizado diecisiete expediciones a la Antártida en coordinación con España, Chile, Nueva Zelanda, Corea del Sur y Estados Unidos. Fue el investigador responsable del primer experimento con líquenes en el espacio exterior (2005), seleccionado y financiado por la Agencia Espacial Europea (ESA) y actualmente sigue participando en experimentos de Astrobiología en la Estación Espacial Internacional (ISS). Es representante español en el grupo de Ciencias de la Vida del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR), premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional en 2002. Es miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias (RAC) y de la Real Academia Nacional de Farmacia (RANF) de España.

1

La célula más autosuficiente de la naturaleza.
Todos quieren bailar con ella

2

Las algas microscópicas entablan una estrecha relación
con numerosos animales acuáticos

3

Ladrillos verdes integran el mayor edificio construido
por seres vivos en nuestro planeta

4

Los hongos tejen la red que conecta a las plantas
a través de sus raíces

5

La amistad entre plantas y bacterias que da de comer
a la humanidad

6

Algas y hongos asociados consiguen llegar hasta el
infinito y más allá

7

Coevolución. Un camino sin retorno para plantas
y animales

8

Simbiosis, el canario en la mina de carbón del Cambio
Global

La evolución es mucho más que una lucha descarnada por la supervivencia. La selección natural ha favorecido también la amistad entre extraños hasta límites prodigiosos. Desde su descubrimiento en el siglo XIX la simbiosis ha atraído el interés de numerosos científicos y hoy en día constituye uno de los aspectos centrales de la investigación en biología.

Esta forma íntima de cooperación entre organismos de diferente origen evolutivo se extiende por todo tipo de ambientes, terrestres y acuáticos, y abarca todas las regiones de nuestro planeta, incluidas las más inhóspitas. Puede afirmarse que no existe un solo ser vivo que no establezca algún tipo de estrecha relación con uno o varios organismos, a menudo totalmente distintos entre sí. El grado de integración estructural y fisiológica entre estos componentes vivos es tan profundo que se convierte en una relación obligada, porque ninguno de ellos sería capaz de subsistir por separado. Cianobacterias microscópicas, integradas en el interior de vegetales o animales e imprescindibles para su nutrición, arrecifes coralinos que albergan la mayor diversidad de los océanos, hongos que conectan los árboles del bosque a través de sus raíces o líquenes que sobreviven en las condiciones más extremas, son solo algunos ejemplos de cómo las interacciones entre especies sustentan el funcionamiento de la naturaleza.

Los diferentes tipos de simbiosis están involucrados en la regulación de los grandes ciclos del carbono y del nitrógeno en la biosfera y contribuyen de forma sustancial a su diversidad y a su productividad. El balance de CO₂ en la atmósfera y, por lo tanto, la tendencia al calentamiento global, depende en gran medida de las simbiosis vegetales, objeto de este libro.

