

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ANTÁRTIDA Y LOS OCEANOS AUSTRALES

Aspectos biológicos I

Relaciones entre la biodiversidad, el clima y
las corrientes marinas en la Antártida

Pedro Flombaum



CIMA/CONICET-UBA



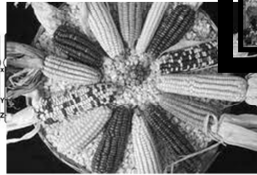
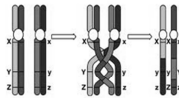
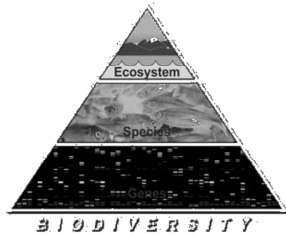
DCAO-FCEN

Biodiversidad en la Antártida

- Distribución de especies
 - Dispersión
 - Temperatura
- Adaptaciones
 - Temperatura

Biodiversidad

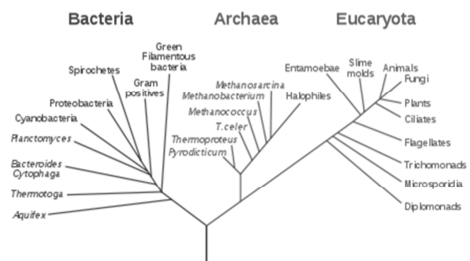
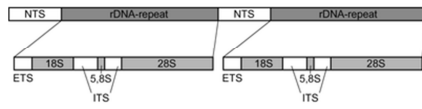
- Es el conjunto de genes, **especies** y paisajes presentes en un ecosistema



Biodiversidad y evolución

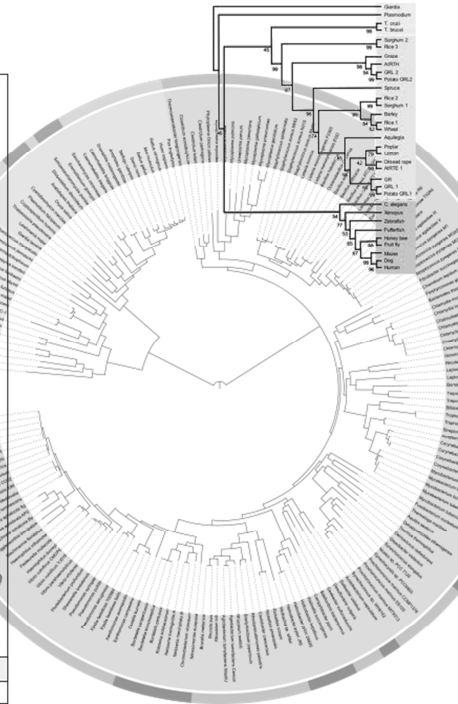
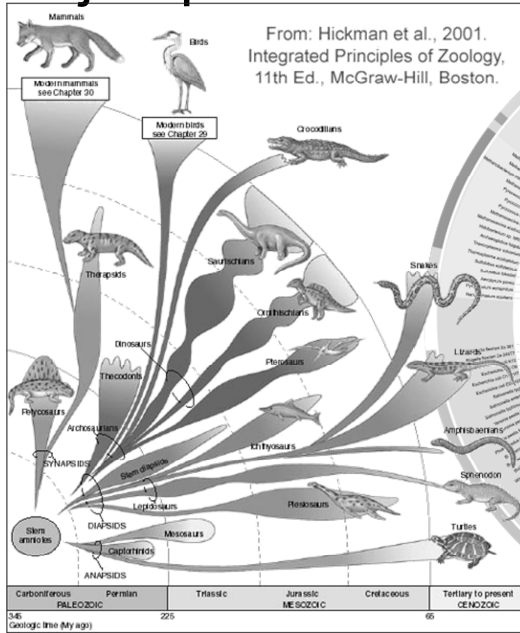
- Las especies actuales son el resultado de millones de años de evolución
 - **Árbol filogenético** es un diagrama de relaciones ancestrales entre grupos de especies
 - Se puede construir en base a registros fósiles, ADN, etc.

Zonas conservadas vs altamente variables del rDNA



Ejemplos

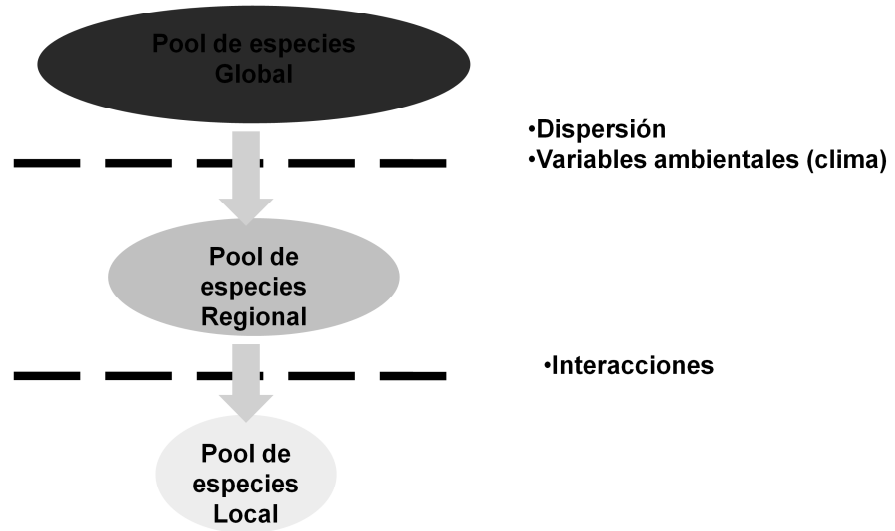
From: Hickman et al., 2001.
Integrated Principles of Zoology,
11th Ed., McGraw-Hill, Boston.



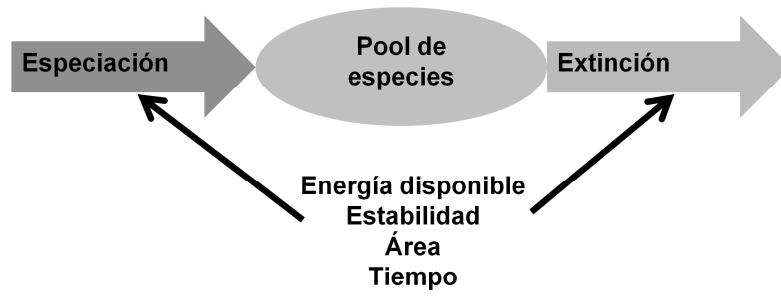
Distribución de especies

- Busca entender los patrones de distribución de especies y sus razones
- Se conoce a la disciplina como biogeografía
- Autores más relevantes
 - C. Darwin, A.R. Wallace
 - R. MacArthur & E.O. Wilson
 - *The Theory of Island Biogeography* 1967

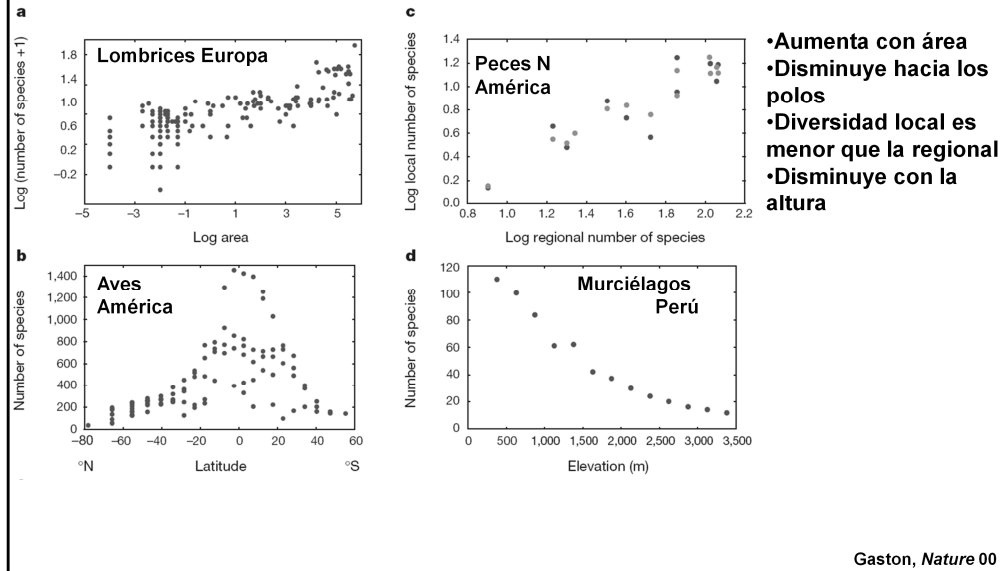
Distribución de especies



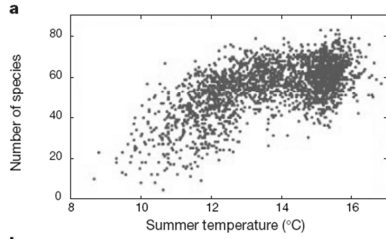
Distribución de especies



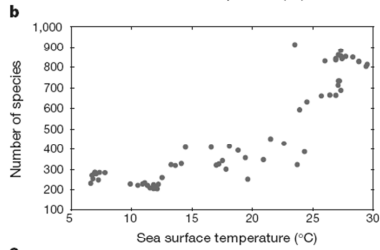
Patrones globales de biodiversidad



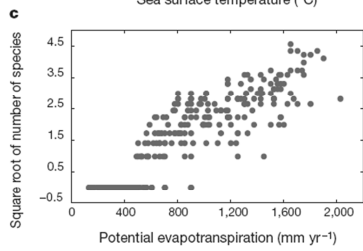
Patrones globales de biodiversidad



Aves que nidifican en GB



Gasterópodos O Pacífico



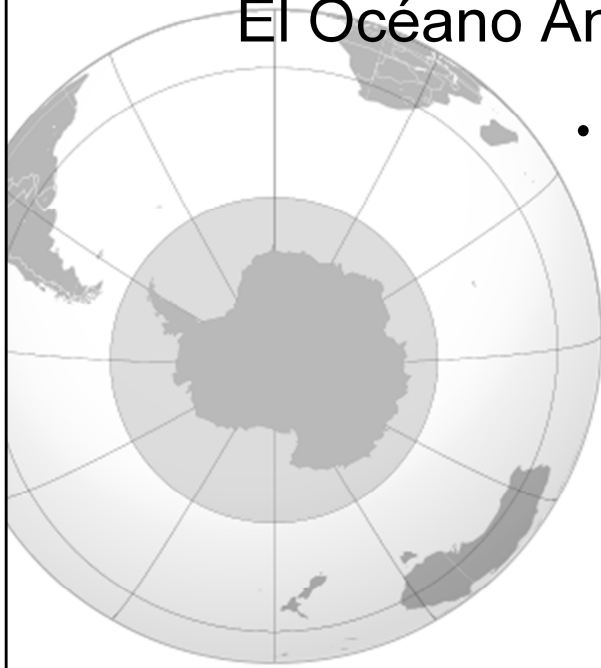
Escarabajos en N América

Aumenta con la energía disponible

Gaston, *Nature* 00

El Océano Antártico

- Área
– 20 millones Km²



Grande

Edad del mar del Sur

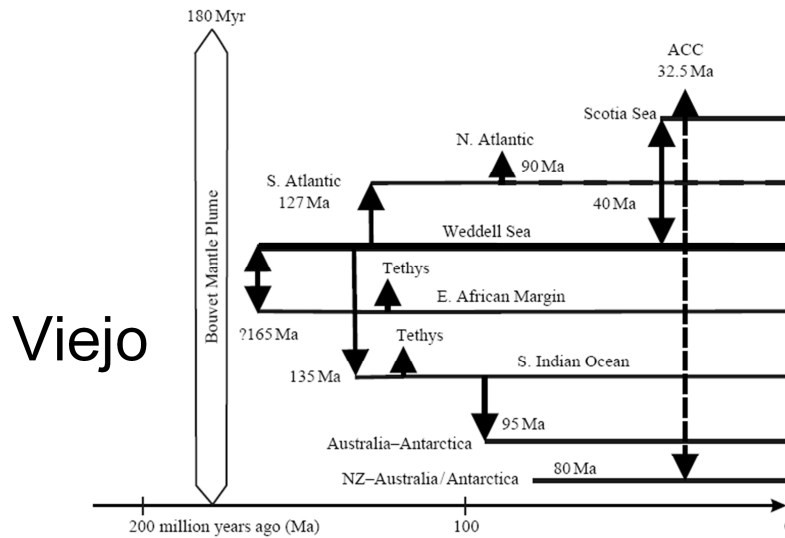
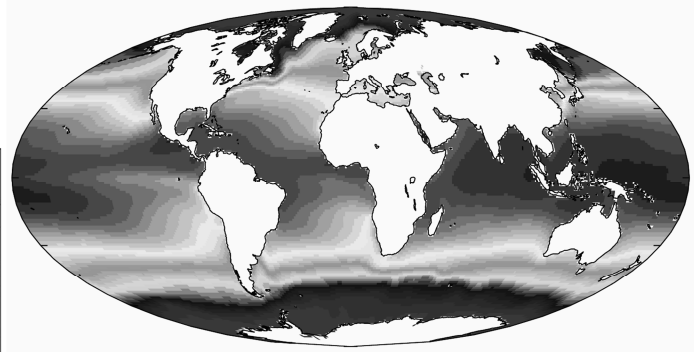
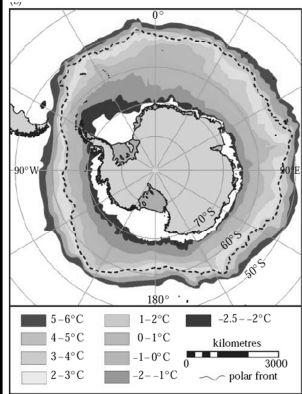


Figure 2. Diagram to show the evolution of deep-marine connections between the Weddell Sea region and the rest of the world's developing oceans as the Gondwana supercontinent broke up. Horizontal lines represent developing oceans through time, with side arrows indicating the initiation of links to other oceans and seas. The timing of events is in millions of years.

Brandt et al, RSPB 07

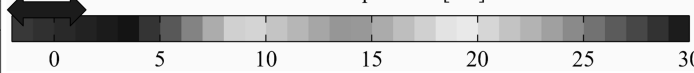
Patrones globales: temperatura

Frío



T fondo
del mar

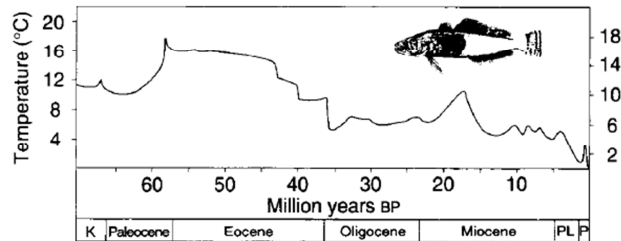
Sea-surface temperature [°C]



Patrones regionales: temperatura en el tiempo

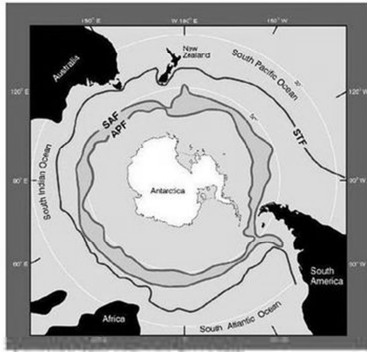
- Estabilidad en el clima
 - Bajas temperaturas hace 35 millones de años

Estable



Patrón de circulación

- En superficie el frente polar es una barrera para el intercambio de especies
- Formación de aguas profundas que se distribuyen en todos los océanos



SAF South Antarctic Front
APF Antarctic Polar Front

Aislado

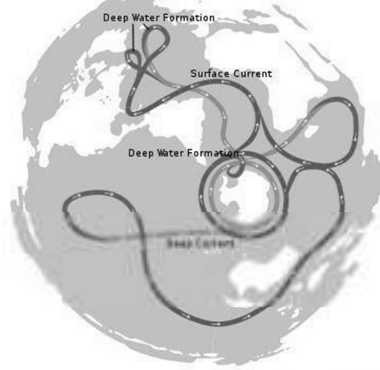
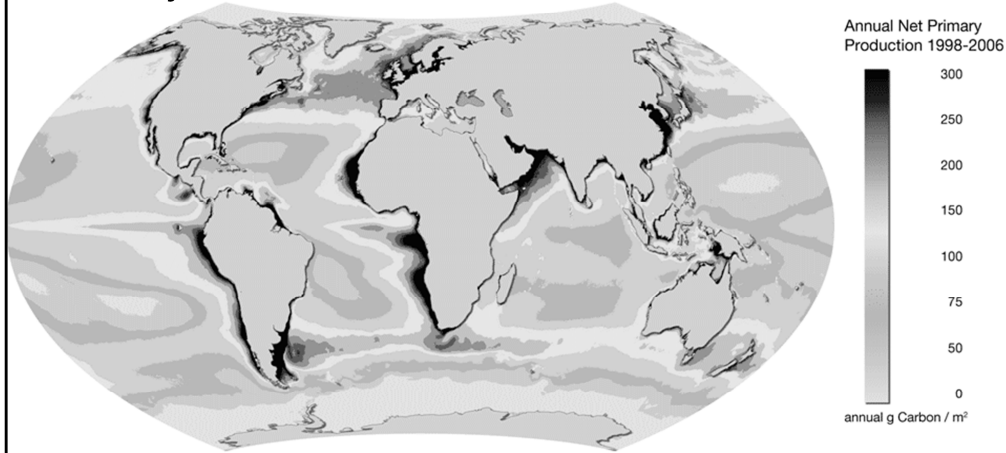


Image: Wikipedia

Patrones globales: productividad primaria

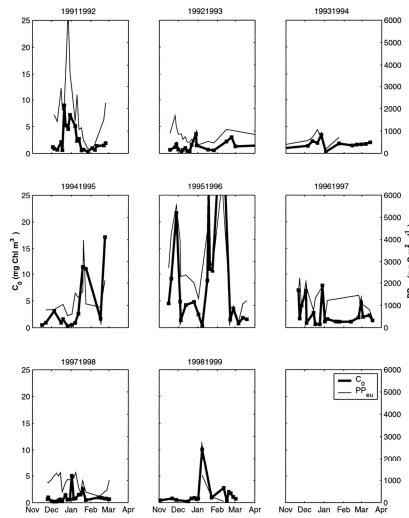
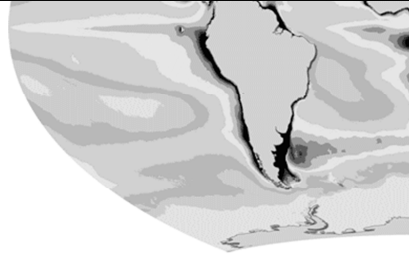
- Energía disponible
– Baja NPP

Poco productivo



Source: Oregon State University 2007

Patrones regional PPN



Estacional

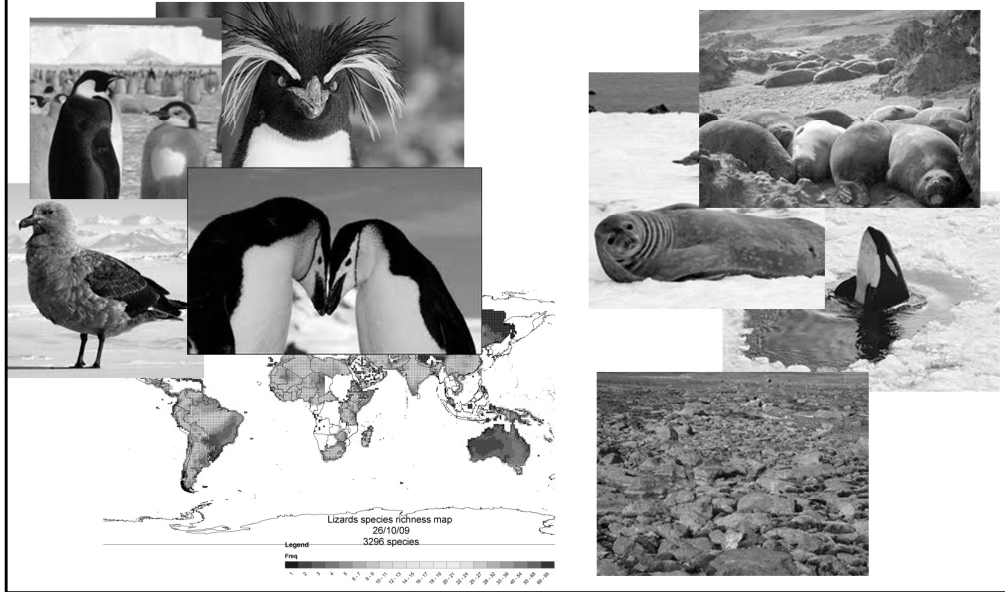
- Energía disponible
 - Estacionalidad extrema
 - Patrones muy contrastados de NPP, luz, largo del día y cobertura del hielo

Smith R C et al. *Amer. Zool.* 01

Resumen de Antártida

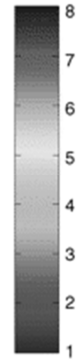
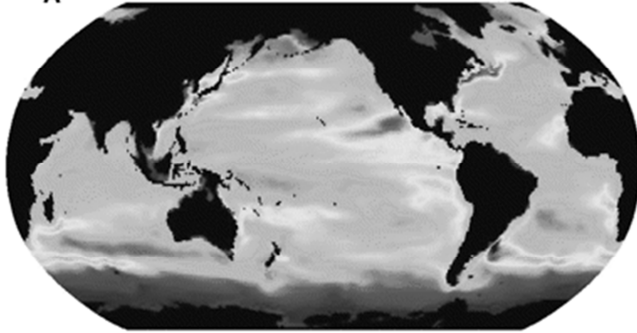
- Frío y estable + (comparable al océano profundo) 😞 😊
- Poco productivo y estacional 😞
- Grande 😊
- Viejo 😊
- Aislado biogeográficamente 😞

Biodiversidad en Antártida



Biodiversidad en la Antártida

A



Índice de diversidad

• Patrón modelado de diversidad de especies del fitoplancton marino

• La diversidad decrece del ecuador a los polos

Barton et al, *Science* 10

Biodiversidad en Antártida

- Pocas especies cruzan el FP



- Alto grado de endemismo
- Ecosistema aislado
- Evolución independiente

Table 1. Species numbers and endemism rates for selected macro- and megabenthic taxa in the SO. (All numbers are based on the current knowledge of diversity in the SO and are given to the best estimate taken from either article or personal communications. Numbers are given for the total number of species known from the SO and their percentage of endemism. The columns 'shelf (0–1000 m)' and 'deep sea (> 1000 m)' give total number of species found at these depth zones. The columns 'shelf only' and 'deep sea only' represent the number of species found only in this depth zone. As for some taxa, no information on their depth distribution of species is given in the article, the numbers presented below do not always add up.)

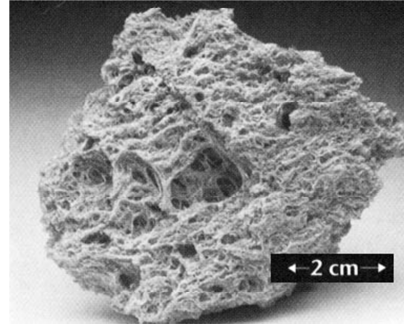
	Southern Ocean	endemics	shelf (0–1000 m)	shelf only	deep sea (> 1000 m)	deep sea only
Porifera (Janussen & Tendal 2005, personal communication)						
Hexactinellida	50	60%	27		~45	~30
Calcarea	20	60%	14		~15	~10
Demospongiae	400	60%	~350		100	~60
Cnidaria (Penco Cantero 2004)						
Hydrozoa	155		148		13	7
Mollusca						
Bivalvia (Linse et al. 2003, 2006b)	158	57%	122	76	82	36
Gastropoda						
Prosobranchia (Linse et al. 2003, 2006b)	535	80%	463	365	160	62
Polylacophora (Linse, personal communication)	8	60%	8	6	2	0
Scaphopoda (Steiner & Kabat 2004)	8	50%	3	3	6	5
Cephalopoda						
Ctenopoda (Collins & Rothhouse 2006)	36	100%	25	22	11	9
Crustacea						
Malacostraca						
Amphipoda (De Broyer 2005, personal communication)	510	85%	470	427	84	38
Tanaidacea (Guerrero-Kommritz 2005, personal communication)	127	23%	~80		~50	
Cumacea (Mühlenhardt-Siegel 2005, personal communication)	77	95%	72	68	9	5
Isopoda (Brandt 2006, personal communication)	991	87%	371	327	~650	~600
Mysidacea (Brandt et al. 1998)	37	51%	37	24	13	0
Natantia (Gorny 1999)	10		10	8	4	
Reptantia (Gorny 1999)	27		27	21	1	
Tentaculata						
Bryozoa (Barnes & De Grave 2001)						
Stenolaemata	35		35		0	
Gymnolaemata	307		~280		~30	
Brachiopoda (Foster 1974)	19	79%	13	6	13	5
Echinodermata						
Echinozoidea (David et al. 2000)						
Regularia	35	66%	31	19	16	4
Irregularia	39	75%	29	19	20	10

Endemismo en Antártida

¿El Frente Polar una barrera?

- ¡Piedra pómez cruza el FP!

- Barber, H.N. et al. (1959) Transport of driftwood from South America to Tasmania and Macquarie Island. *Nature* 184, 203–204
- Coombs, D.S. and Landis, C.A. (1996) Pumice from the South Sandwich eruption of March 1962 reaches New Zealand. *Nature* 209, 289–290



Clarke et al, *TREE* 05

¿El Frente Polar una barrera? Origen Antártida

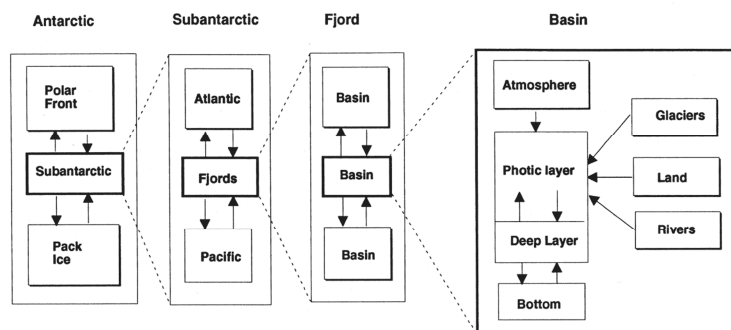
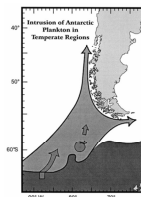


FIG. 1. – Linkages of the plankton assemblage of southern Chilean fjords: a conceptual model of progressively larger scales of interactions between the Antarctic and a single basin.



Antezana, *Sci. Mar.* 99

TABLE 1. – Antarctic zooplankters extending their distribution beyond the Polar Front.

Taxa	South Eastern Pacific	Chilean Archipelago
Siphonophora		
After Alvarino <i>et al.</i> (1990)		
<i>Diphyes antarctica</i>		
Scyphomedusae		
After Larson (1986)		
<i>Atolla chumii</i>	present	present
<i>Desmonema cornutum</i>		present
<i>Desmonema glacialis</i>	present	present
Chaetognatha		
After Alvarino <i>et al.</i> (1983), Ghirardelli <i>et al.</i> (1991)		
<i>Eukronhia hamata</i>	common	common
<i>Eukronhia bathyantartica</i>	rare	rare
<i>Sagitta marri</i>	rare	rare
<i>Sagitta gazellae</i>	common	common
<i>Sagitta planctonis</i>	common	common
Copepoda		
After Marín and Antezana (1985), Mazzocchi and Inora (1991)		
<i>Clausocalanus laticeps</i>	common	
<i>Ctenocalanus citer</i>	common	common
<i>Spinocalanus terranovae</i>		rare
<i>Euchaeta antarctica</i>	rare	rare
<i>Scolecibricella minor</i>	common	rare
<i>Candacia cheirura</i>	common	rare
<i>Oithona atlantica</i>	common	rare
<i>Oncaea curvata</i>	common	common
Euphausiacea		
After Antezana <i>et al.</i> (1976), Antezana (1978, 1981), Guglielmo <i>et al.</i> (1991)		
<i>Euphausia superba</i>		rare
<i>Euphausia triacantha</i>	common	

¿El Frente Polar una barrera? Origen Antártida

Antezana, *Sci. Mar.* 99

¿El Frente Polar una barrera? Destino Antártida

First record of anomuran and brachyuran larvae (Crustacea: Decapoda) from Antarctic waters

Abstract Two decapod crustacean larval morphotypes belonging to the Anomura and Brachyura were found for the first time in Antarctic waters. Nine specimens were obtained from qualitative plankton hauls in Maxwell Bay (Bransfield Strait) (62°14'33S; 58°43'81W) off King George Island, Antarctic Peninsula. The anomuran morphotype belonged to the Hippidae, and apparently to the genus *Emerita*, whereas the brachyuran representative was assigned to the genus *Pinnotheres* (Pinnotheridae). At present, species determination is not possible due to lack of knowledge of larval morphology in both families. Adult forms of these reptant decapods are not known from Antarctic waters; the occurrence of the present larval forms is considered as a possible intrusion of Subantarctic water masses into the Antarctic environment. This hypothesis is supported by the additional presence of the copepod genus *Acartia* in the same sample material.



Solvin Zankl



Grupos ausentes
en Antártida

Thatje & Fuentes, *Pol. Biol.* 03

¿El Frente Polar una barrera? Eddies y barcos

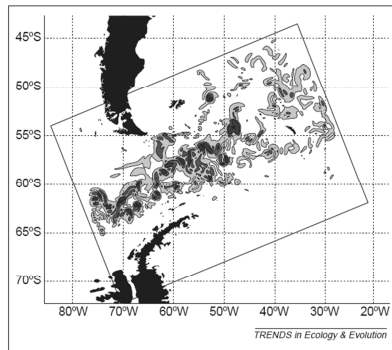


Figure 1. The meso-scale eddy field associated with the Antarctic Circumpolar Current (ACC), as revealed by the simulated eddy kinetic energy distribution obtained from an eddy-permitting numerical circulation model of the Southern Ocean. The intensity of colour (yellow-purple-black) is proportional to the energy of the eddy field. The map shows the Drake Passage between South America (at the top) and the Antarctic Peninsula (at the bottom), where the eastwardly (clockwise) flow of the ACC is particularly strong. The eddy structure is marked here as its flow is topographically constrained both vertically and horizontally as it passes through the Drake Passage. Figure modified with permission from B.A. Fach, PhD Thesis, Old Dominion University, 2003.



Clarke et al, *TREE* 05

Distribución de especies en aguas profundas

First insights into the biodiversity and biogeography of the Southern Ocean deep sea

Angelika Brandt¹, Andrew J. Gooday², Simone N. Brandão¹, Saskia Brix¹, Wiebke Brökeland¹, Tomas Cedhagen³, Madhumita Choudhury¹, Nils Cornelius², Bruno Danis⁴, Ilse De Mesel⁵, Robert J. Diaz⁶, David C. Gillan⁷, Brigitte Ebbe⁸, John A. Howe⁹, Dorte Janussen¹⁰, Stefanie Kaiser¹, Katrin Linse¹¹, Marina Maljutina¹², Jan Pawlowski¹³, Michael Raupach¹⁴ & Ann Vanreusel⁵

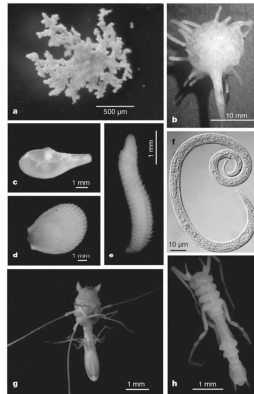
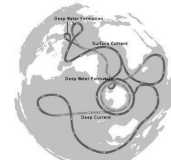
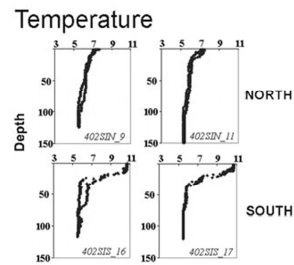


Figure 1 | Station map. Stations from ANDEEP I (2002) red circles, ANDEEP II (2002) yellow circles and ANDEEP III (2005) green circles. The blue line indicates the Polar Front.

Brandt et al, *Nature* 07

Distribución de especies en aguas profundas

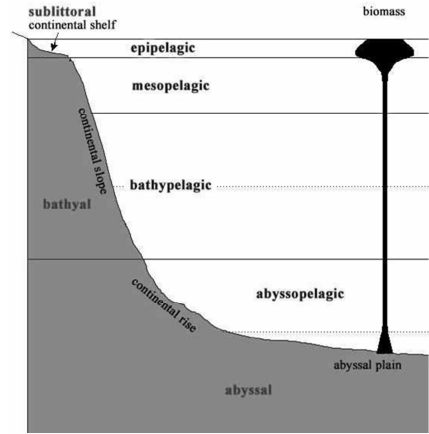
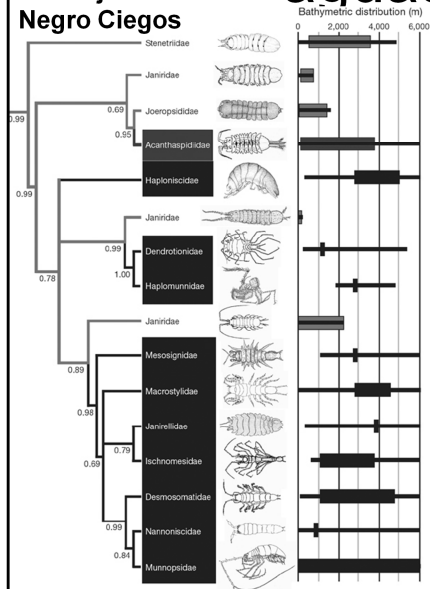
- Aguas profundas en la Antártida
 - Presentan una plataforma continental muy profunda
 - Intercambio organismos superficie y profundidad?
 - Columna de agua poco estratificada
 - Permite euribatía?
 - Fuente de agua del océano profundo
 - Conexión con otros océanos?



Brandt et al, *Nature* 07

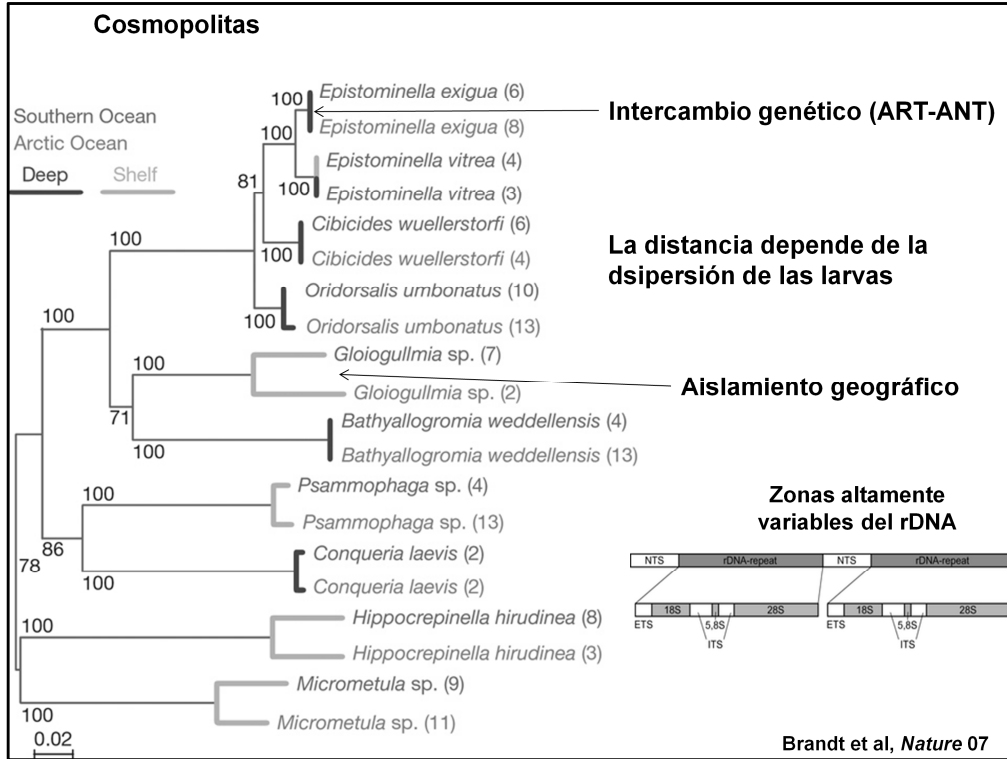
Distribución de especies en aguas profundas

Azul Ojos
Negro Ciegos



Colonización ocurrió varias veces a lo largo de la historia: Ciclos interglaciarios

Brandt et al, *Nature* 07

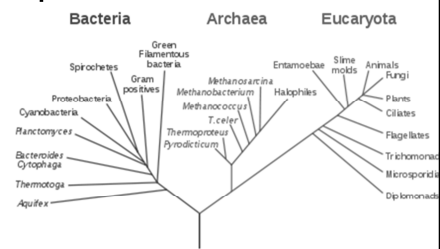


Distribución de microorganismos marinos

Arqueas

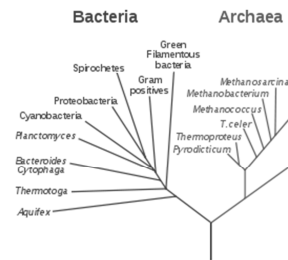
- grupo I Crenarchaeota y grupo II Euryarchaeota

- Aguas frías, aumentan en profundidad y son muy abundantes en aguas polares
- Distribución circumpolar



Murray & Grzymiski, RSPB 07

Distribución de microorganismos marinos



Bacterias

- γ -Proteobacteria
 - Grupo cosmopolita
 - Presente en Antártida, aunque especies distintas
- Flavobacteria
 - Común en ecosistemas marinos
 - “Especies” comunes a ambos polos

Murray & Grzyski, RSPB 07

Dinámica estacional de microorganismos marinos

**Cambios estacionales recurrentes en comunidades bacterianas.
Distintos años mismo patrón
Disminución de group I
Crenarchaeota con aumento de biomasa fitoplanctónica**

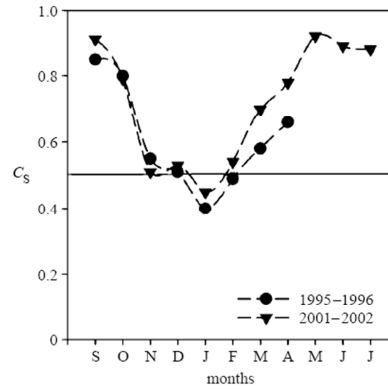


Figure 1. Seasonal variation in bacterial community structure over two annual cycles in nearshore waters off Palmer Station, Antarctica. Data are based on the presence/absence of bands in denaturing gradient electrophoresis. Pairwise similarity (Sorenson's index, C_s) calculated for all months with respect to the August profile is plotted on the y-axis and the months are plotted on the x-axis. The black line is drawn at the 50% similarity level. Data from 1996-1997 were presented previously (Murray *et al.* 1998).

Murray & Grzyski, RSPB 07

Evolución en Antártida
La temperatura como agente
de selección natural

Los nototenioidos



Evolución



Definición

- Conjunto de transformaciones o cambios a través del tiempo que ha originado la diversidad de formas de vida a partir de un antepasado común
- Teoría sintética: cambio en la frecuencia de alelos en una población a lo largo de las generaciones.

Mecanismos que explican la transformación y diversificación de las especies

- **Selección natural**
 - Cambios en la frecuencia de los alelos debido al éxito reproductivo de los individuos que los poseen en un hábitat particular. Cuando la selección natural ocurre a lo largo del tiempo los organismos se ADAPTAN a su medio
- **Deriva genética**
 - Cambios en la frecuencia de los alelos debido al azar
- **Mutación**
 - Cambios en la estructura heredable de los organismos (secuencia genómica)
- **Migración**
 - Migración de genes entre poblaciones

Wikipedia

Edad del mar del Sur

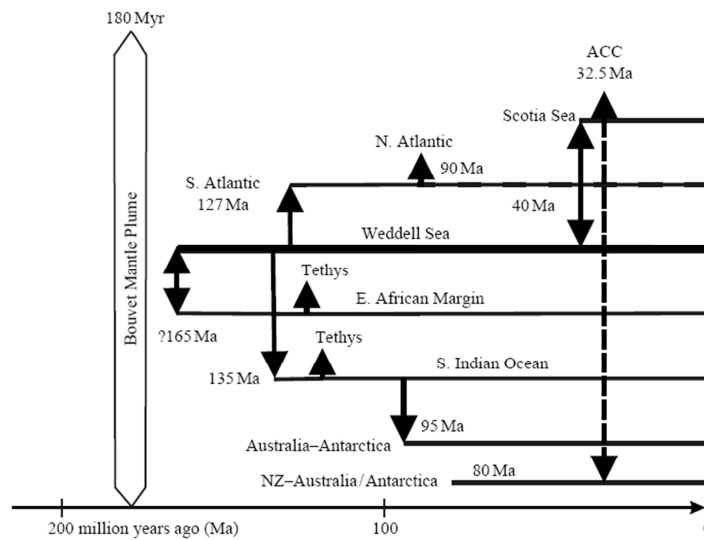
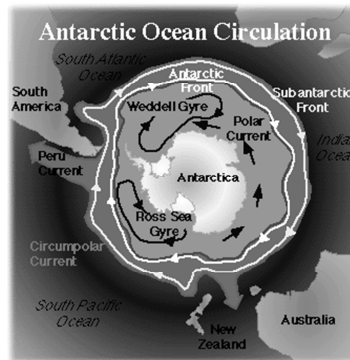


Figure 2. Diagram to show the evolution of deep-marine connections between the Weddell Sea region and the rest of the world's developing oceans as the Gondwana supercontinent broke up. Horizontal lines represent developing oceans through time, with side arrows indicating the initiation of links to other oceans and seas. The timing of events is in millions of years.

Brandt et al, RSPB 07

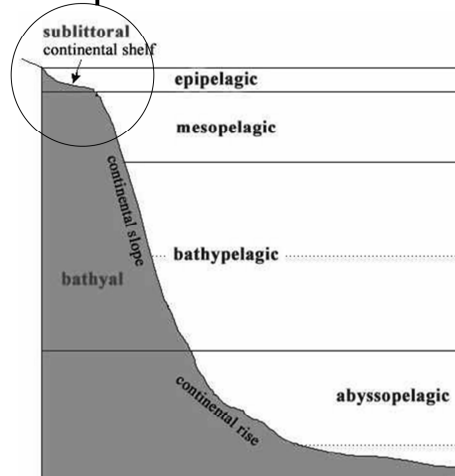
Condiciones que influyeron la diversidad de peces de Antártida

- Aislamiento geográfico



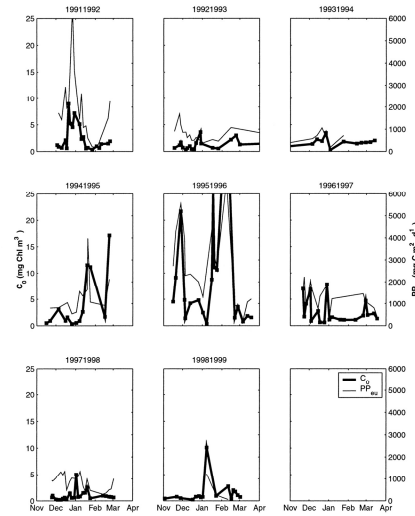
Condiciones que influyeron la diversidad de peces de Antártida

- Pérdida de hábitat productivos



Condiciones que influyeron la diversidad de peces de Antártida

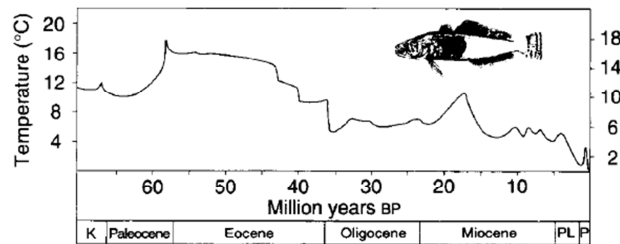
- Estacionalidad extrema
 - Patrones muy contrastados de NPP



Smith R C et al. *Amer. Zool.* 01

Condiciones que influyeron la diversidad de peces de Antártida

- **Baja Temperatura: resistencia o escape**
 - Cambios en la temperatura en los últimos 60 millones de años
 - Cambios graduales en la distribución de especies
 - Peces costeros... no tan fácil porque no tienen donde ir
 - Adaptarse o chau chau adiós



Clarke & Johnston, *TREE* 96

Diversidad de peces en Antártida



- Peces poco diversos
 - 55% de las especies corresponden a notothenioides
 - Muy abundantes! 90% de los individuos capturados
- Único ecosistema tan fuertemente dominado por un grupo taxonómico

Clarke & Johnston, *TREE* 96

Adaptaciones de los nototenioidos

- El grupo perdió la vejiga de flotación la reemplazó con otras adaptaciones para conquistar nichos no-bénticos (osificación reducida, acumulación de lípidos)

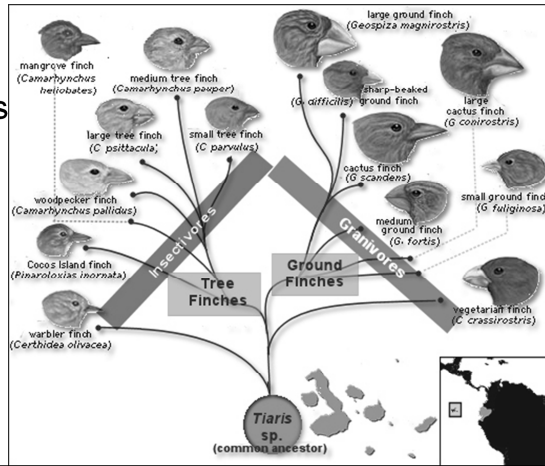


Clarke & Johnston, *TREE* 96

Adaptaciones de los nototenioidos

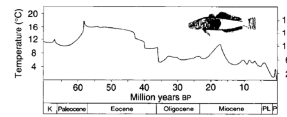
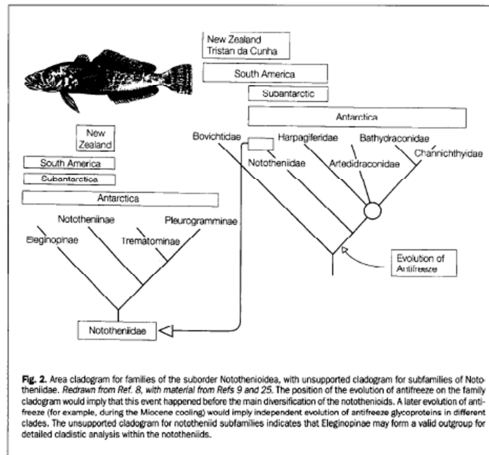
Radiación adaptativa en aguas costeras

- Grupo de especies en un área geográfica aislada que se diversifica ocupando nuevos nichos (Ejemplo de libro los pinzones de Darwin)



Adaptaciones de los nototenioidos a bajas temperaturas

- Resistencia
 - Síntesis de anticongelantes (glicoproteínas)
 - 8 variedades distintas en el grupo



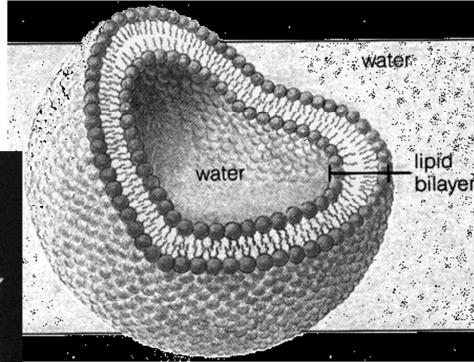
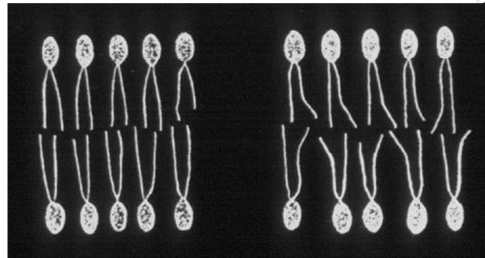
Glicoproteínas aparecieron
1. una sola vez
2. luego del Oligoceno

Clarke & Johnston, *TREE* 96

Adaptaciones de los nototenioidos a bajas temperaturas

– Mayor concentración de fosfolípidos insaturados

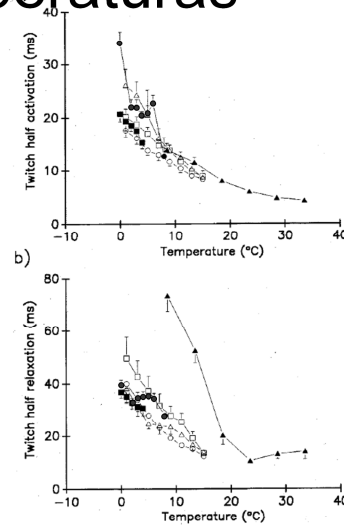
– Fluidez de membranas



Clarke & Johnston, *TREE* 96

Adaptaciones de los nototenioidos a bajas temperaturas

- Baja tasa metabólica de sistemas fisiológicos complejos
 - Consumo de O_2 con alimentación es hasta 4 veces más lenta que en peces tropicales
 - La velocidad de escape lenta
 - Pérdida de mioglobina y hemoglobina proteínas vinculadas al transporte de oxígeno



Johnston et al, *Biology of Antarctic Fish* 91

Glosario

GEN

Unidad hereditaria en organismos vivos. Los genes están codificados en el ADN y dan lugar a proteínas o RNA funcional dentro de los organismos. Los genes poseen la información necesaria para producir y mantener vivo a los organismos.

