



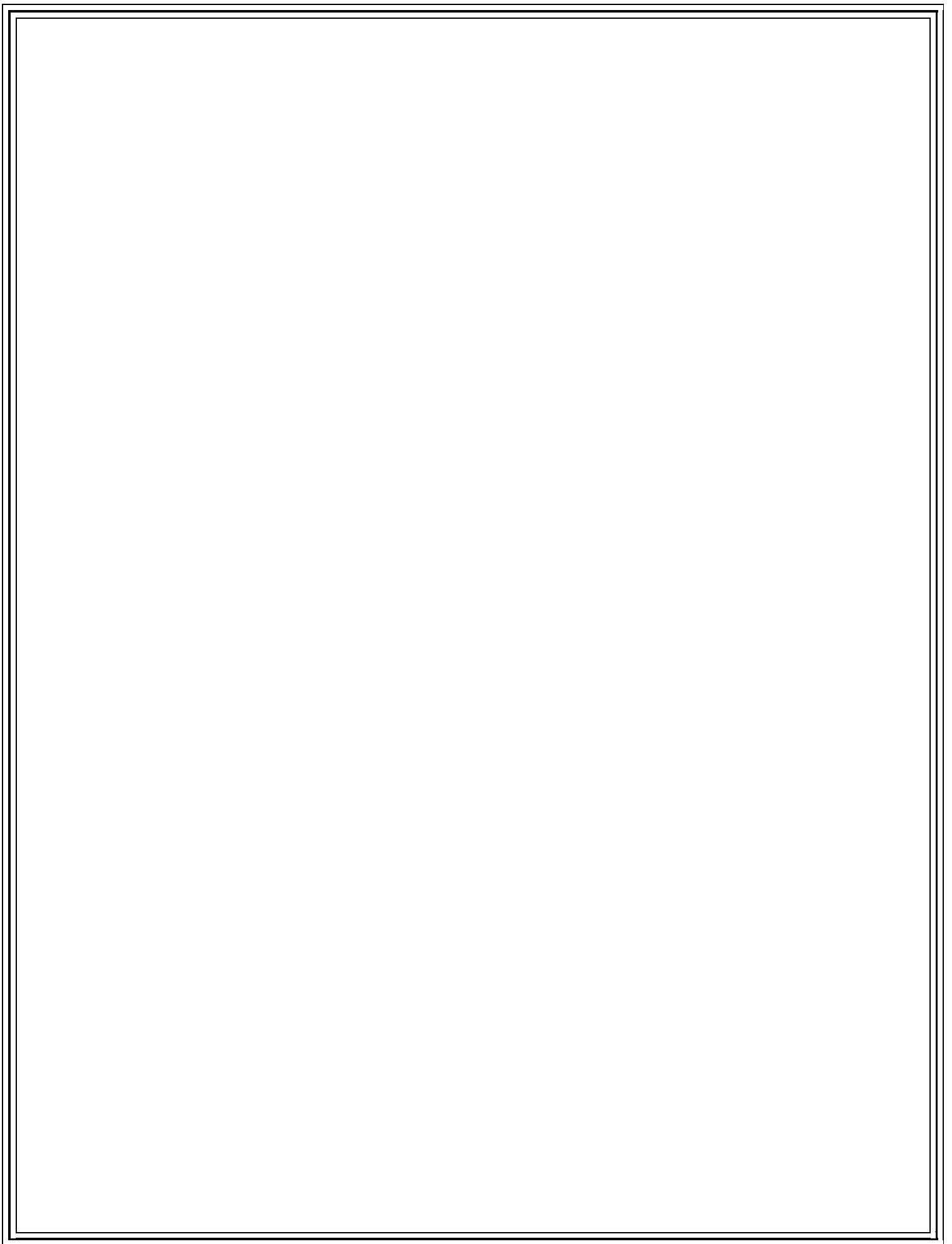
¿POR QUÉ EXISTE GIGANTISMO EN LA ANTÁRTICA?



Tamara A. Valle Lleger

Octubre, 2014





INTRODUCCION

El tamaño destaca junto con la forma, el color y el movimiento, entre los atributos que un ser eminentemente visual como nuestra especie utiliza para interpretar su entorno. Un rango de tamaño y determinadas proporciones son inherentes a la mayor parte de los seres vivos, por lo que la observación de que distintos individuos o especies difieren por su tamaño podría pasar por trivial. Sin embargo, el tamaño del cuerpo de un animal condiciona muchas de sus otras características y posibilidades, por ello, ha recibido considerable atención por parte de ecólogos y evolucionistas (García, 1999).

La corriente Circumpolar que circula constantemente alrededor de la Antártica desde hace unos 30 millones de años (Figura 1), ha aislado la fauna dejando una gran parte de los organismos “encerrados” en este mar, siendo estas especies endémicas en un 90 % de los casos (Otero, 2012).

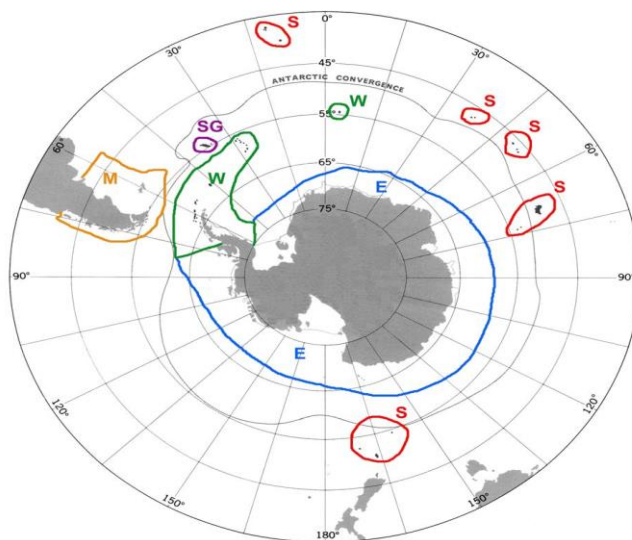


Fig. 1 Océano Austral: desde el norte hacia el sur, S = islas subantárticas; M = región magallánica; SG = Georgias del Sur; W = Antártica Occidental; E = Antártica Oriental.

En este océano se encuentran gradientes de latitud y altitud (profundidad) que superan a los continentes, detectándose en el medio marino tendencias relacionadas con la temperatura u otros factores macroclimáticos. Una primera variable interesante es la profundidad, ya que de grandes profundidades se han obtenido especies de crustáceos gigantes, en relación con sus parientes de aguas someras, como el isópodo *Glyptonotus antarcticus*, de 12

centímetros (Figura 2). El gigantismo ha sido relacionado con efectos de la alta presión sobre el metabolismo, la tasa de crecimiento reducida, la maduración tardía o la mayor longevidad. Éstas podrían ser favorecidas por la combinación de escasez de alimento y baja temperatura.

La estabilidad térmica, mayor a grandes profundidades, puede constituir una causa adicional. Sin embargo, el denominado gigantismo es un fenómeno puntual, circunscrito a determinadas especies y grupos. Sorprendentemente, la tendencia dominante en gran parte de la fauna de invertebrados es la opuesta, es decir, hacia tamaños corporales pequeños. Los crustáceos demuestran cómo una combinación de circunstancias

ambientales promueve soluciones diametralmente opuestas para un carácter concreto, el tamaño, en organismos taxonómicamente cercanos. En este caso, se trata de las estrategias biológicas que enfrentan la relativa escasez y la concentración de los recursos alimenticios, junto con condiciones que no permiten un rápido crecimiento.

La latitud podría ser responsable de un fenómeno análogo. Se conocen especies antárticas o subantárticas desproporcionadamente grandes de algunos grupos de crustáceos.

Considerados los crustáceos en conjunto, sin embargo, no es fácil detectar un patrón

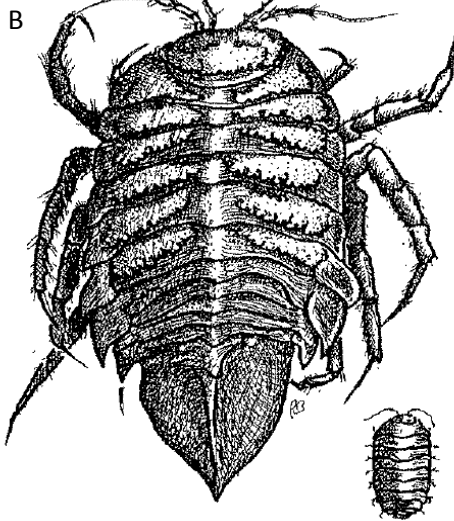


Fig. 2 A) *Glyptonotus antarcticus* es la especie de isópodo antártico de mayor tamaño (llega a superar los 12 cm de longitud). B) *Glyptonotus antarcticus*, representado junto con un isópodo terrestre común, *Armadillidium*, a igual escala.

coherente: los mares tropicales albergan grandes decápodos a profundidades no excesivas, y sus parientes de zonas templadas o frías no llaman la atención por sus medidas. Latitud y profundidad combinan sus efectos, probablemente en reacción con la temperatura, al determinar el hábitat de ciertos crustáceos. Algunos de éstos se encuentran a gran profundidad en bajas latitudes, y en aguas poco profundas cerca de las regiones árticas. El paso del mar a las aguas continentales parece relacionarse, cuando menos en los isópodos, con un aumento de tamaño (Poulin, 1995). Aparentemente, océanos y continentes propician soluciones biológicas divergentes para el tamaño, en relación con el clima y la latitud. Ciertas características del medio marino, como la disponibilidad del alimento, características físicas del agua, ausencia del riesgo de depredación, etc., podrían en parte explicarlo (Strathmann, 1990).

A continuación se plantean diferentes explicaciones, del por qué existiría el gigantismo en la Antártica.

Palabras claves: Antártica, Océano Austral, Gigantismo Polar, Aislamiento Térmico, Carbonato de calcio, Sílice, Ectotermos,

¿POR QUÉ EXISTE GIGANTISMO EN LA ANTÁRTICA?

Por más de un siglo, los zoólogos y exploradores de los polos han observado que los organismos pueden alcanzar grandes tamaños. Los primeros exploradores de la Antártica, como Laserson de la expedición australiana, escribieron en su revista de viaje sobre los animales gigantes obtenidos de estos muestreos.

Bajo esta perspectiva biológica, el gigantismo polar es fascinante porque es bizarro y es una herramienta poderosa para entender los principios físicos, ecológicos y evolutivos que modelan la evolución del tamaño corporal. El tamaño corporal es una clave determinante de como los organismos interactúan con otros ambientes, y el entendimiento de la evolución del tamaño del cuerpo ha sido el foco central de la biología evolutiva.

El ambiente antártico posee el océano con las aguas más frías del planeta, con temperaturas que alcanzan los $-1,8^{\circ}\text{C}$. Es en este ambiente, donde los ectotermos poseen adaptaciones metabólicas, bioquímicas, historia de vida y fisiológicas que les ayudan a funcionar bien a estas temperaturas. En el ambiente antártico tiene otra característica, este es su ciclo anual de la duración del día (entre 0 y 24 horas), esto maneja drásticamente el ciclo de productividad primaria y de este modo la disponibilidad de alimento para los filtradores y filtradores suspensívoros. Este ciclo de escasez y abundancia a estado unido a una inusual tasa lenta de crecimiento, mejorando la resistencia a la inanición y reduciendo la competencia ecológica. El agua de mar del océano austral también es rica en O_2 y sílice, y la construcción de valvas y otras estructuras de carbonato de calcio son más difíciles requiriéndose un gasto energético mayor en estas frías aguas.

Estos organismos de la Antártica han evolucionado de forma aislada bajo estas condiciones por millones de años, haciendo a la Antártica un laboratorio natural para hacer frente a los cuestionamientos fundamentales. A continuación se trata de explorar las relaciones entre el ambiente antártico (biológico, químico, físico) y la evolución del gigantismo.

El gigantismo antártico se ha reportado en muchos taxones de organismo marinos, incluyendo los copépodos (Hop et al., 2006), terópodos (Weslawski et al., 2009), cefalópodos (Rosa y Siebel, 2010), ctenoforos (Barnes, 2005), quenognatos (MacLaren, 1966) foraminíferos (Mikhalevich, 2004), anfípodos (DeBroyer, 1977), isópodos (Menzies y George, 1968), esponjas (Dayton y Robillard, 1971), poliquetos (Hartman, 1964), equinodermos (Dahm, 1996) y pignogonidos (Child, 1995)(Figura 3) incluyendo el registro

fósil, como los trilobites (Gutierrez-Marco et al., 2009). Pero primero se explicara la definición de “gigantismo” y cuan común es este fenómeno en la Antártica.

El gigantismo es relativo, este concepto debe ser comparado entre organismos de los mismos taxones. Por ejemplo, Wolff estudiando crustáceos isópodos y tanáceos notó que las especies más grandes ocurrían dentro de un mismo género de la Antártica y en el mar profundo (Wolff, 1956a; Wolff, 1956b). DeBroyer (1977) categoriza a una especie como gigante si es por lo menos dos veces más grande que la talla promedio de su género.

Aunque no hay una definición universal para el gigantismo, hay evidencia de que existe fuertemente en algunos grupos taxonómicos. Existe un ejemplo claro en anfípodos del suborden Gammaridae. Analizando su tamaño corporal, se encontró que el 31 % de las especies de la Antártica tenían longitudes corporales dos veces más grandes que la talla promedio de su género, comparado con un 28 % en el Ártico y un 21 % en el mar profundo. De este modo, aunque los gigantes ocurren en varios hábitats, ellos son más comunes en los polos. También los isópodos del genero cosmopolita *Serolis* ocurre que el tamaño corporal de sus individuos incrementa con la latitud (Luxmoore, 1982; Figura 3).

Entonces, ¿Por qué deberían ser gigantes? Una serie de teorías que involucran explicaciones biofísicas y fisiológicas se enfocan en los efectos de los niveles inusuales de factores ambientales del ambiente, como la temperatura, oxígeno y química del carbonato. Otras ideas involucran explicaciones biogeográficas y ecológicas, la cual delinea los lazos entre el océano polar y otras regiones que comparten los mismos taxones.

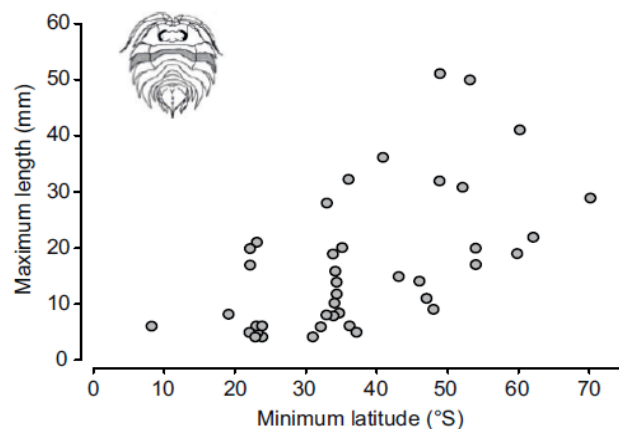


Fig. 3 Variación del tamaño relacionado con la latitud de isópodos del genero *Serolis*. Longitud maxima de machos adultos de 41 especies que se distribuyen a profundidades mayores a 200 m (modificado de: Luxmoore, 1982).

Explicaciones biofísicas y fisiológicas

La hipótesis del oxígeno propuesta por Chapelle y Peck (1999), establece que el gigantismo en regiones polares como la Antártica proviene de la alta disponibilidad de oxígeno enlazado con tasas metabólicas bajas. Los autores estudiaron el tamaño máximo corporal de una colección e anfípodos de hábitats diferentes, hallando que la talla de los “gigantes” en cada localidad (definida como el 5 % más grande de una especie de un hábitat) se correlacionaba fuertemente con la disponibilidad de oxígeno potencial derivado de la temperatura del agua. Los autores pudieron concluir que “la talla potencial

máxima está limitada por la disponibilidad del oxígeno”. Esta hipótesis ha sido soportada en algunos taxones, como los anfípodos (Chapelle & Peck, 2004).

Química del Sílice y el Carbonato en Aguas Antárticas

En los mares polares, como el Océano Austral, poseen una inusual química del sílice y el carbonato, lo que posiblemente afecta a los taxones para llegar a su tamaño “gigante”. Algunos de estos animales marinos usan el sílice en sus exoesqueletos, incluyendo las diatomeas unicelulares, radiolarios y esponjas “vidrio” multicelulares (phylum Porifera, clase Hexactinellidae). La sílice es a menudo limitante en aguas tropicales y subtropicales, pero es más abundante en el océano austral debido a la surgencia de la masa de agua profunda rica en sílice. La abundancia del sílice puede contribuir al gran tamaño de los organismos que incorporan el sílice en su cuerpo, tales como la esponja barril de vidrio *Anoxycalyx jouboni* (Fig.4). Sin embargo, la disponibilidad del sílice no conlleva al gigantismo en todos los organismos silíceos; ya que el exoesqueleto de los radiolarios antárticos están más fuertemente silificados que los cuerpos de aquellos de aguas más cálidas, y sus células no son tan grandes.



Fig. 4 Fotografía cercana a la Estación de McMurdo, Antártica de las esponjas de vidrio *Anoxycalyx jouboni*. Foto de R. Robbins.

El cuestionamiento del por qué otros grupos de organismos no alcanzan un tamaño “gigante” en ambientes polares, también podría estar determinado por la química oceánica, en especial por los niveles de carbonato de calcio (CaCO_3). La solubilidad del CO_2 aumenta con la disminución de la temperatura y por el mayor consumo del CO_2 haciendo a las aguas frías más ácidas. A su vez, las aguas frías y la acidificación mejoran la disolución del CaCO_3 , esto hace que la calcificación sea más difícil a temperaturas frías. Este problema es más agudo en el océano Austral, donde las temperaturas son menores de 0°C durante el año, el CO_2 disuelto es alto y es pequeño el aporte de carbonato desde aguas dulces. In este ambiente corrosivo, los animales con exoesqueleto a base de CaCO_3 , como los equinodermos, moluscos y corales, podrían estar limitados a un tamaño pequeño por el alto costo metabólico en la construcción y mantención de sus estructuras calcáreas. Algunos grupos, tales como los moluscos bivalvos, de hecho carecen de individuos con gigantismo y algunos otros animales antárticos con esqueleto calcáreo

menudo son delgados y frágiles si se comparan con aquellos de temperaturas más templadas. Sin embargo, otros grupos calcificados como los equinodermos tienen representantes antárticos más grandes como es el caso de las estrellas del género *Megapteraster* (Figura 5; Arnaud, 1974). Una explicación alternativa para los exoesqueletos calcáreos frágiles es la escasez de predadores durofagos en el Océano Austral.



Fig. 5 Fotografía de estrellas representantes del género *Megapteraster*.

Explicaciones Ecológicas y Biogeográficas

Los autores han notado que los taxos de los océanos polares, particularmente del Océano Austral, comparten historias evolutivas comunes con taxones del mar profundo. El conocido “gigantismo abisal” ocurre en algunos de los grupos que también están incluidos en el gigantismo antártico, incluyendo los picnogónidos, isópodos y anfípodos. Entonces, ¿el gigantismo antártico refleja la invasión del Océano Austral por animales de gran tamaño provenientes del mar profundo?, responder esta incógnita quizás por la historia evolutiva de la fauna bentónica del Océano Austral es complejo, ya que hay movimientos en ambas direcciones, desde la plataforma hacia la profundidad y viceversa. Por otra parte, tanto las aguas antárticas como las aguas abisales comparten algunas características, tales como las temperaturas frías y estables, sin embargo las fuerzas evolutivas que modelan de diferente forma el tamaño de los individuos en ambas regiones, por ejemplo, aunque el gigantismo es común entre los gasterópodos de mares profundos, no ocurre lo mismo en las regiones polares como la Antártica (Arnaud, 1974).

CONCLUSIONES

El frío constante y extremo de los ambientes marinos polares como la Antártica, ha estado implicado en muchas particularidades inusuales, incluyendo el gigantismo, la estenothermalidad extrema, la tolerancia al congelamiento y, los cambios en el transporte y capacidad de almacenamiento del oxígeno.

El fenómeno del gigantismo polar, podría ser el más complejo de desentrañar porque el tamaño corporal está muy relacionado a los procesos ecológicos y evolutivos.

Aunque hay muchos reportes sobre el gigantismo antártico, para resolver cómo derivó la distribución del tamaño corporal en la Antártica, se requieren más muestreos sistemáticos sobre el tamaño corporal en un contexto más filogenético.

Por otro lado, se necesita entender mejor los factores que delimitan el gigantismo polar antártico, como los factores químicos del agua, el aislamiento térmico, producción primaria, procesos evolutivos, etc.

Por último, sería importante estudiar las conexiones que podrían existir entre el ambiente antártico y subantártico, sobre el fenómeno del gigantismo.

LITERATURA CITADA

Arnaud, P.M. 1974. Contribution á la bionomie marine benthique des regions antarctiques et subantarctiques. *Tethys*. 6: 465-656.

Barnes, D.K.A. 2005. Changing chain: past, present and future of the Scotia Arc's and Antarctic's shallow benthic communities. *Sci.Mar.* 69: 65-89.

Chapelle, G & Peck, L.S. 1999. Polar gigantism dictated by oxygen availability. *Nature*. 399: 114-115.

Chapelle, G & Peck, L.S. 2004. Amphipod crustacean size spectra: new insights in the relationship between size and oxygen. *Oikos*. 106: 167-175.

Child, C.A. 1995. Antarctic and subantarctic pycnogonids. Nymphonidae, Colossendeidae, Rhynchothoracidae, Pycnogonidae, Endeidae and Callipallenidae. In *Biology of Antarctic Seas XXIV, Antarctic Research Series, Vol. 69: 1-165*. Washington, DC.

Dahm, C. 1996. Ökologie und populationsdynamik antarktischer ophiuroiden (Echinodermata). *Ver Polarforsch.* 194: 1-289.

Dayton, P.K & Robillard, G.A. 1971. Implications of pollution to the McMurdo Sound benthos. *Antarctic J.USA* 6: 53-56.

DeBroyer, C. 1977. Analysis of the gigantism and dwarfness of the Antarctic and Subantarctic Gammaridean Amphipoda. In *Adaptations within Antarctic Ecosystems. Proc. 3rd SCAR, 327-334*. Washington: Symp. Antarct. Biol. Smithsonian Institution.

Diaz, R. J., Rosenberg, R. 1995. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Ocea. Mar. Bio.* 33: 245-303.

García, B. E., 1999. Implicaciones ecológicas y evolutivas del tamaño en los artrópodos. *Bol. S. E. A.*, 26: 657-678.

Gutiérrez-Marco, J.C., Sá, A.A., García-Bellido, D.C., Rábano, I & Valérlo, M. 2009. Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*. 37: 443-446.

Hartman, O. 1964. Polychaeta errantia of Antarctic. Antarctic Research series 3 of the American Geophysical Union, Washington, DC.

Hop, H., Falk-Petersen, S., Svendsen, H., Kwasniewski, S., Pavlov, V., Pavlova, O & Soreide, J. E. 2006. Physical and biological characteristics of the pelagic system across Fram Strait to Kongsfjorden. *Progr.Oceanogr.* 71: 182-231

Luxmoore, R.A. 1982. Moulting and growth in Serolid isopods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 56: 63-85.

MacLaren, I.A. 1996. Adaptive significance of large size and long life of the chaetognath *sagitta elegans* in the Arctic. *Ecology*. 47: 852-855.

Menzies, R.J & George, R. Y. 1968. Investigations of isopod crustaceans of Erebus Bay, McMurdo Sound. *Antarctic: USA* 3, 129.

Mikhalevich, V.I. 2004. Major features of the distribution of Antarctic Foraminifera. *Micropaleontology*. 50: 179-194.

Otero, J. A. 2012. Vida bajo el hielo (Suplemento). Universidade de Coruña. 17-19.

Poulin, R. 1995. Evolutionary influences on body size in free-living and parasitic isopods. *Biol. J. Linn. Soc.*, 54: 231-244.

Rosa, R & Slebel, B.A. 2010. Slow pace of life of the Antarctic colossal squid. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 90: 1375-1378.

Strathmann, R. R., 1990. Why life histories evolve differently in the sea. *Amer. Zool.*, 30: 197-208.

Weslawski, J.M., Kwasniewski, S & Stempniewicz, L. 2009. Warming in the Arctic may result in the negative effects of increased biodiversity. *Polarforschung*. 78: 105-108.

Wolff, T. 1956a. Isopoda from depths exceeding 6000 meters. *Galathea Rep.* 2: 85-157.

Wolff, T. 1956b. Crustacea Tanaidacea from depths exceeding 6000 meters. *Galathea Rep.* 2: 187-241.