

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72iS1.58868>

Distribución y patrones de desarrollo de asteroideos antárticos

Analía Fernanda Pérez^{1*};  <https://orcid.org/0000-0001-5945-7468>

Cintia Pamela Fraysse²;  <https://orcid.org/0000-0002-0254-2263>

Mariel Ojeda¹;  <https://orcid.org/0000-0001-7297-5454>

1. Centro de Ciencias Naturales, Ambientales y Antropológicas (CCNAA), Universidad Maimónides, Laboratorio de Invertebrados Marinos, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina; analiafperez1@gmail.com (*Correspondencia), marieloje@gmail.com
2. Laboratorio de Ecología, Fisiología y Evolución de Organismos Acuáticos, Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ushuaia, Tierra del Fuego AeIAS, Argentina; fraysse.cintia@gmail.com

Recibido 30-V-2023. Corregido 11-X-2023. Aceptado 21-XI-2023.

ABSTRACT

Distribution and development patterns in Antarctic asteroids

Introduction: Echinoderms are dominant in terms of abundance and diversity; particularly asteroids play an important role in Antarctic benthic communities.

Objective: The aim of the present work was to review the bathymetric distribution, specific composition, occurrence and species richness of asteroid species inhabiting South Orkney, South Shetland and Palmer Archipelago, located in the Antarctic Peninsula. Aspects of the developmental patterns of the species found are also included.

Methods: We used data acquired during the 2012 and 2013 Antarctic Summer Campaigns aboard the Oceanographic Vessel “Puerto Deseado”. Sampling stations were located in three archipelagos located in the Antarctic Peninsula: South Orkney (SO), South Shetland (SS) and Palmer Archipelago (PA). A total of 28 fishing hauls were made and 436 individuals were photographed and processed. The maximum radius (mm) of each individual, the macroscopic characteristics of the gonads and the presence of embryos were registered. A review of the taxonomic status, bathymetric and geographical distribution area of the sampled species was carried out based on bibliographic records and databases. A hierarchical grouping was used to analyze species composition among the different areas.

Results: Asteroids were obtained in all sampling stations (occurrence: 100 %) between 52.7 and 987 m depth. 21 species were recorded, the bathymetric distribution was not broadened in any of them, and the geographical distribution area of six species was expanded. Species richness was equal in SS and PA and higher than in SO, coinciding with the presence of two regional groups with a similar faunal composition. Seventy-two percent of the recorded species present pelagic development (planktotrophic larvae = 17 %, and lecithotrophic larvae = 55 %) and 28 % non-pelagic development (retained larvae = 17 %, and direct development = 11 %).

Conclusions: In the three archipelagos, the majority development pattern was pelagic with lecithotrophic nutrition. All the species found in this study are shared with the sub-Antarctic region, highlighting the importance of the Malvinas Current in the dispersal of species from Antarctica.

Key words: Asteroidea; Antarctica, specific composition; bathymetric distribution; developmental patterns.



RESUMEN

Introducción: Los equinodermos son dominantes en términos de abundancia y diversidad; particularmente los asteroideos presentan un importante rol en las comunidades bentónicas antárticas.

Objetivo: El objetivo del presente trabajo fue revisar la distribución batimétrica, composición específica, ocurrencia y riqueza de especies de asteroideos que habitan en los archipiélagos Orcadas del Sur, Shetland del Sur y Archipiélago de Palmer, ubicados en la Península Antártica. A su vez, detallar aspectos de los patrones de desarrollo de las especies halladas.

Métodos: Utilizamos la información adquirida durante Campañas Antárticas de Verano 2012 y 2013, a bordo del Buque Oceanográfico “Puerto Deseado”. Las estaciones de muestreo se ubicaron en tres archipiélagos localizados en la Península Antártica: Orcadas del Sur (OS), Shetland del Sur (SS) y Archipiélago de Palmer (AP). Se realizaron 28 lances de pesca y se fotografiaron y procesaron 436 individuos. Se determinó el radio mayor (mm) de cada individuo, las características macroscópicas de las gónadas y la presencia de embriones. Se realizó una revisión del estatus taxonómico y de la distribución batimétrica y del área de distribución geográfica de las especies muestreadas basándonos en registros bibliográficos y bases de datos. Se utilizó una agrupación jerárquica para analizar la composición de las especies entre las diferentes áreas.

Resultados: En todas las estaciones de muestreo se obtuvieron asteroideos (ocurrencia: 100 %) entre 52.7 y 987 metros de profundidad. Se registraron 21 especies, de las cuales no se modificó la distribución batimétrica de ninguna de ellas, pero se amplió el área de distribución geográfica de seis. La riqueza de especies fue igual en SS y AP, y mayor que en OS, coincidiendo con la presencia de dos grupos regionales con una composición faunística similar. El 72 % de las especies registradas presentan desarrollo pelágico (larva planctotrófica = 17 % y larva lecitotrófica = 55 %) y el 28 % desarrollo no pelágico (larva retenida = 17 % y desarrollo directo = 11 %).

Conclusiones: En los tres archipiélagos el patrón de desarrollo mayoritario fue el pelágico con nutrición lecitotrófica. La totalidad de las especies halladas en el presente trabajo son compartidas con la región subantártica, destacándose la importancia de la Corriente de Malvinas en la dispersión de las especies desde Antártida.

Palabras claves: Asteroidea; Antártida, composición específica; distribución batimétrica; patrones de desarrollo.

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos constituyen uno de los grupos animales más conspicuos de los océanos (Lawrence, 1987) y generalmente son dominantes en términos de abundancia y diversidad en las comunidades bentónicas, donde juegan un rol ecológico de gran relevancia al ocupar diversos niveles de las redes tróficas y actuar como depredadores tope (Blankley, 1984; Reyes-Bonilla et al., 2005). En particular, en aguas antárticas y en el Océano Atlántico, los asteroideos se encuentran entre los grupos taxonómicos bentónicos más abundantes (Fraysse et al., 2018, Mah & Blake, 2012; Moreau, 2019).

Las estrellas de mar presentan diferentes patrones de desarrollo que incluyen desde desarrollo indirecto a directo. El estadio larval puede ser pelágico o bentónico, con nutrición planctotrófica o lecitotrófica (Chia, 1974; McEdward & Miner, 2001; Mileikovsky, 1971). La mayoría de los asteroideos de diversos hábitats poseen

larvas pelágicas planctotróficas o lecitotróficas que se dispersan ampliamente (Chia & Walker, 1991; Hyman, 1955). Sin embargo, un número más reducido de especies poseen larvas lecitotróficas no pelágicas (bentónicas) incubadas por los progenitores (larva retenida), e incluso el estadio de larva puede encontrarse ausente y el embrión se desarrolla de forma directa.

Estas estrategias han sido ampliamente discutidas, especialmente respecto a la importancia de la incubación y el cuidado parental (Gillespie & McClintock, 2007). Por ejemplo, *Leptasterias polaris* (Müller & Troschel, 1842) según Hamel y Mercier (1995) o Himmelman et al. (1982) y *Asterina phylactica* Emson & Crump, 1979 según Strathmann et al. (1984) protegen a sus embriones debajo de su cuerpo. Por otro lado, *Leptasterias hexactis* (Stimpson, 1862) según Chia (1968), *Leptasterias ochotensis* (Brandt, 1851) según Kubo (1951), *Anasterias antarctica* (Lütken, 1857) en Fraysse et al., (2020) o en Pérez et al. (2015) y *Anasterias minuta* Perrier, 1875 en Gil y Zaixso (2007)

o en Salvat (1985) mencionan que preparan una cámara de incubación arqueando sus brazos. En *Ctenodiscus australis* Loven in Lütken, 1871 y en el género *Leptychaster* (Lieberkind, 1926; Rivadeneira et al., 2017) se observó que la incubación se realizaba entre las espinas de la cara aboral mientras que en especies de la familia Pterasteridae la incubación se lleva a cabo en la cámara nidamental aboral (Frayse et al., 2020; Hyman, 1955; McClary & Mladenov, 1989). Dentro de las especies incubadoras internas se incluyen a *Leptasterias groenlandica* (Steenstrup, 1857), que mantiene sus embriones en el estómago (Lieberkind, 1920) y un número de especies del género *Patiriella* que incuban sus crías en el espacio intragonadal (Byrne, 1996; Byrne, 2005; Dartnall et al., 2003; Komatsu et al., 1990).

El interés científico por los asteroideos antárticos, particularmente por sus patrones de desarrollo se remonta a fines del siglo XIX tras la expedición pionera del R/V Challenger (Thomson, 1876; Thomson, 1885), donde se registró una elevada incidencia de especies que presentan desarrollo no pelágico. Posteriormente, las observaciones realizadas en equinodermos y otros invertebrados bentónicos llevaron a fundar la idea de que el desarrollo no pelágico era el modo de desarrollo dominante entre de los animales marinos bentónicos de aguas frías, como estrategia adaptativa a las condiciones de los ambientes Ártico, Antártico y región subantártica (Murray, 1895), conduciendo a la formulación de la “Regla de Thorson” (Mileikovsky, 1971). Sin embargo, con la ampliación de los casos de estudio esta regla fue perdiendo sustento (Clarke, 1992; Pearse et al., 1991; Pearse et al., 2009; Pearse & Bosch, 1994) y en la actualidad es ampliamente aceptada la noción de que la mayor incidencia de especies con desarrollo no pelágico en aguas antárticas no es consecuencia de una simple adaptación a las condiciones polares (Dell, 1972) sino que se corresponde con la historia evolutiva de cada grupo, siendo consecuencia de la presión selectiva generada por el aislamiento luego de eventos vicariantes que condujeron a la proliferación específica (Pearse et al., 2009).

El objetivo del presente trabajo fue revisar la ocurrencia, distribución batimétrica, composición específica y riqueza de especies de asteroideos que habitan en los archipiélagos Orcadas del Sur, Shetland del Sur y Archipiélago de Palmer, ubicados en la Península Antártica. A su vez, detallar aspectos de los patrones de desarrollo de las especies halladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de muestreo: El presente estudio se llevó a cabo durante las Campañas Antárticas de Verano (CAV) 2012 y 2013, a bordo del Buque Oceanográfico “Puerto Deseado” (Fig. 1). La zona de estudio comprendió la Península Antártica, entre 60° 27’ 36” S & 44° 23’ 60” W y 65° 22’ 31” S & 66° 22’ 55” W. Se realizaron en total 28 lances de pesca, mediante la utilización de una red piloto, en tres archipiélagos: Orcadas del Sur (OS), Shetland del Sur (SS) y Archipiélago de Palmer (AP) (Fig. 2). Los muestreos de los individuos fueron cualitativos. Además, en cada estación se registraron los parámetros temperatura, salinidad y profundidad (Tabla 1) mediante una sonda oceanográfica CTD (conductividad eléctrica, temperatura y la presión del agua de mar).

Tratamiento de las muestras: Cada estrella de mar recolectada fue fotografiada y disecada. Se midió el radio mayor (mm), se registraron las características macroscópicas de las gónadas de cada individuo, y se examinó la presencia de embriones.

Taxonomía, distribución batimétrica y área de distribución geográfica: Las identificaciones taxonómicas fueron realizadas en base a Bernasconi (1962), Bernasconi (1970), Clark y Downey (1992), Fisher (1940), Koehler (1912), Mah (2020), Mah et al. (2014), Sladen (1889), Tablado (1982), y Verrill (1914) y posteriormente controlados con Registro de Especies Marinas Antárticas (Clarke & Johnston, 2003; De Broyer et al., 2022), y Global Biodiversity Information Facility [GBIF] (2022) para garantizar la eliminación de sinonimias o errores

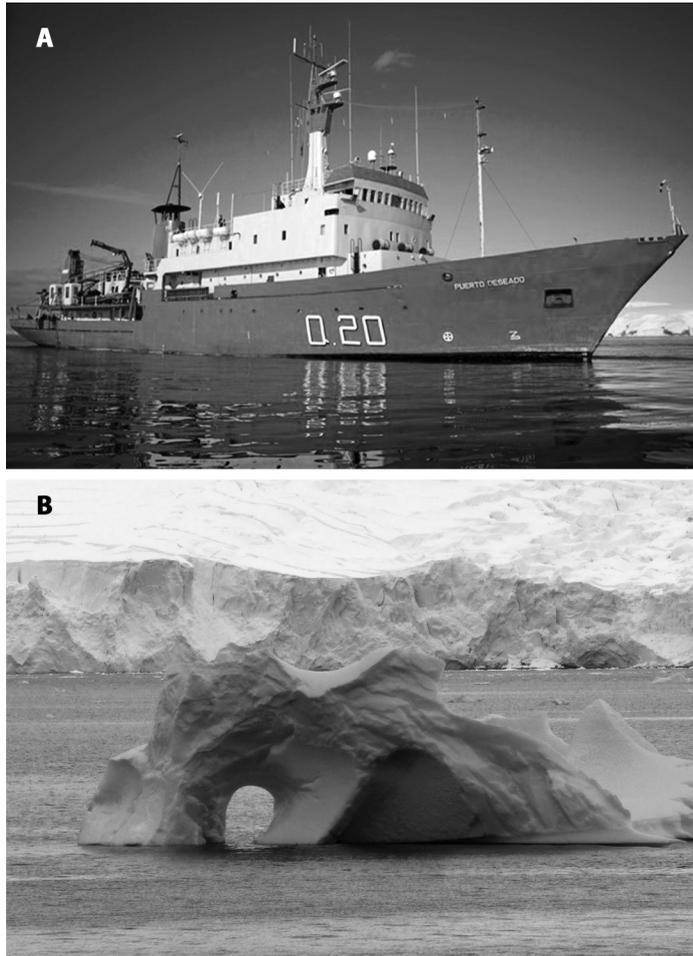


Fig. 1. Fotografías **A)** del Buque Oceanográfico “Puerto Deseado” (Foto: Manuel Soria) y **B)** de la zona de muestreo en la Península Antártica (Foto: Mariel Ojeda). / **Fig. 1.** Photographs of **A.** the oceanographic vessel ARA “Puerto Deseado” (Photo: Manuel Soria) and the **B.** sampling area of Antarctic Peninsula (Photo: Mariel Ojeda).

Tabla 1

Parámetros físicos del agua de mar (temperatura y salinidad) y profundidad máxima de los sitios de muestreo en Orcadas del Sur (OS), Shetland del Sur (SS) y Archipiélago de Palmer (AP), ubicados en la Península Antártica. **Table 1.** Physical seawater parameters (temperature and salinity) and maximum depth of the sampling sites in the South Orkney (SO), South Shetland (SS) and Palmer Archipelago (PA), located on the Antarctic Peninsula.

Archipiélago	Profundidad (m)		Temperatura (°C)		Salinidad (‰)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Orcadas del Sur	80.0	120.0	1.50	3.70	34.08	34.14
Shetland del Sur	60.2	977.0	1.57	2.42	33.90	34.15
Archipiélago de Palmer	170.0	562.0	1.56	3.13	32.90	33.98

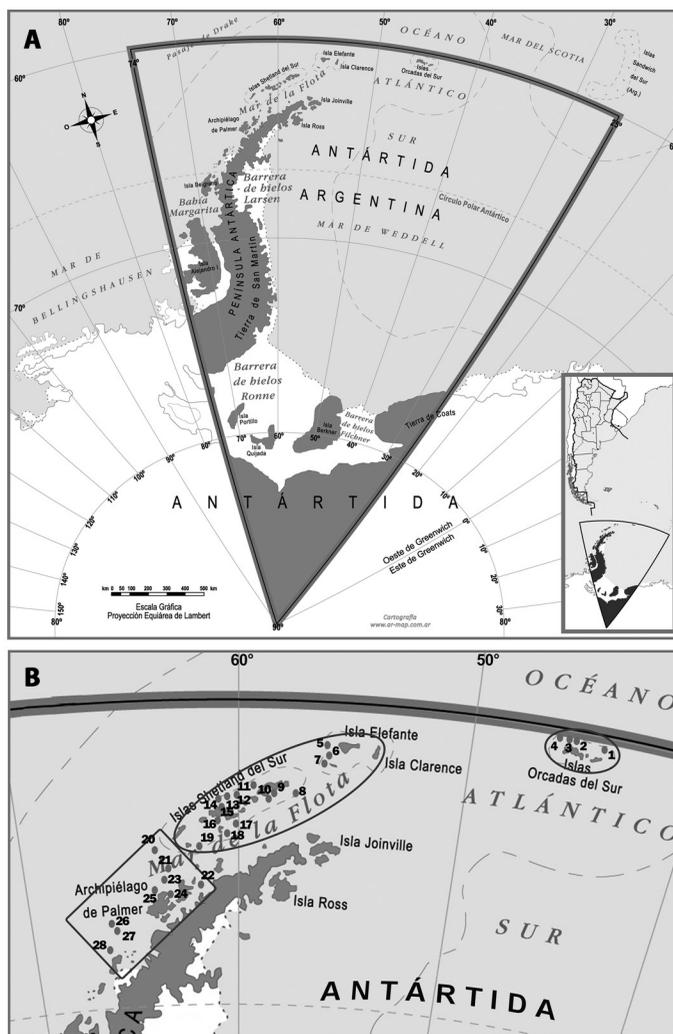


Fig. 2. Mapa de la Península Antártica, el recuadro negro indica el área de estudio. **A.** Sector Antártico Argentino. **B.** En los tres archipiélagos analizados se indican las estaciones de muestreo con puntos negros: Orcadas del Sur (1–4), Shetland del Sur (5–19) y Archipiélago de Palmer (20–28). / **Fig. 2.** Map of the Antarctic Peninsula, the black box indicates the study area. **A.** Argentine Antarctic Sector. **B.** In the three archipelagos analysed, sampling stations are indicated with black dots: South Orkney (1–4), South Shetland (5–19) and Palmer Archipelago (20–28).

ortográficos, así como para comparar el área de distribución y ocurrencia conocida con la registrada en este estudio.

Riqueza de especies, comparación entre archipiélagos: Debido a los desiguales esfuerzos de muestreo y al uso de artes heterogéneas para recolectar los individuos, elegimos datos binarios (presencia/ausencia) para construir la

matriz de similitud de las especies. Se utilizó el índice de Sørensen para construir la matriz de datos (Clarke et al., 2006). Se realizó una agrupación jerárquica para analizar las similitudes en la composición de las especies entre las diferentes áreas; se obtuvo mediante la técnica de agrupación por enlace de grupos y se representó gráficamente en un dendrograma, utilizando el software Primer V6.0 (Anderson et al., 2008).



Se eligió un valor del 60 % de similitud como umbral para agrupar las regiones.

Patrones de desarrollo: El patrón de desarrollo de cada especie recolectada fue revisado basándonos en antecedentes bibliográficos (Bernasconi, 1970; Hyman, 1955; Janies, 1995; McClary & Mladenov, 1990; Pearse & Bosch, 1994).

RESULTADOS

Parámetros ambientales: Los parámetros físicos del agua de mar (temperatura y salinidad) y la profundidad máxima y mínima de las estaciones de muestreo localizadas en los tres archipiélagos antárticos se detallan en la Tabla 1. Se observa que tanto la temperatura como la salinidad fueron similares entre los tres archipiélagos.

Taxonomía, distribución batimétrica y área de distribución geográfica: Se registraron un total de 436 asteroideos, distribuidos en 28 estaciones de muestreo (100 % de ocurrencia) ubicadas en tres archipiélagos. Se determinaron 21 especies de estrellas de mar pertenecientes a nueve familias y 16 géneros (Tabla 2). Por otro lado, algunos individuos se identificaron a nivel de género (Tabla 2) mientras que seis morfotipos no pudieron ser determinados.

Las especies identificadas fueron *Odontaster validus* Koehler, 1906 (n = 44), *Bathybiaster loripes* Sladen, 1889 (n = 39), *Odontaster meridionalis* (E. A. Smith, 1876) (n = 32), *Glabraster antarctica* (E. A. Smith, 1876) (n = 30), *Psilaster charcoti* (Koehler, 1906) (n = 29), *Solaster regularis subarcuatus* Sladen, 1889 (n = 27), *Cheiraster gerlachei* Ludwig, 1903 (n = 21), *Pteraster stellifer* Sladen, 1882 (n = 18), *Cycethra verrucosa mawsoni* A.M. Clark, 1962 (n = 17), *Cryptasterias turqueti* (Koehler, 1906) (n = 14), *Lysasterias perrieri* (Studer, 1885) (n = 10), *Bathybiaster loripes obesus* Sladen, 1889 (n = 7), *Cuenotaster involutus* (Koehler, 1912) (n = 7), *Pteraster affinis* Smith, 1876 (n = 6), *Diplasterias brucei* (Koehler, 1907) (n = 5), *Acodontaster elongatus* (Sladen, 1889) (n = 4), *Acodontaster*

conspicuus (Koehler, 1920) (n = 3), *Perknaster aurorae* (Koehler, 1920) (n = 3), *Solaster regularis* Sladen, 1889 (n = 1), *Lophaster gaini* Koehler, 1912 (n = 1) y *Macrotychaster accrescens* (Koehler, 1920) (n = 1).

La distribución batimétrica de los asteroideos fue de 6 a 987 m de profundidad, ajustándose el rango batimétrico de todas las especies encontradas con las previamente reportadas. El área de distribución geográfica conocida para las especies se obtuvo mediante GBIF (2022) para los tres archipiélagos. Las fuentes de información utilizadas fueron: “NMNH Extant Specimen Records (USNM, US); MARINE/PISCO: Intertidal: MARINE Long-Term Monitoring Surveys: Sea Stars and Katharina; The echinoderm collection (IE) of the Muséum national d’Histoire naturelle (MNHN - Paris); NOAA AFSC North Pacific Groundfish Observer; Environmental Monitoring database (MOD) DNV; Marine Nature Conservation Review (MNCR). Se extendió el área de distribución geográfica de seis especies: *Cryptasterias turqueti* en Orcadas del Sur y Shetland del Sur, *Cycethra verrucosa mawsoni* y *Perknaster aurorae* en Shetland del Sur, y *Pteraster stellifer* y *Solaster regularis subarcuatus* en el Archipiélago de Palmer.

Riqueza de especies, comparación entre archipiélagos: En relación a la riqueza de especies, los Archipiélagos de Palmer y Shetland del Sur presentaron la máxima riqueza, con 12 especies en cada sitio, mientras que en Orcadas del Sur se registró la menor riqueza, con ocho especies (Tabla 2).

El análisis de conglomerados sugirió dos grupos regionales con una composición faunística similar (Fig. 3). Uno de los clústeres estuvo compuesto por Shetland del Sur y Orcadas del Sur con una similitud de 64 %, y el segundo grupo correspondió al Archipiélago de Palmer.

Patrones de desarrollo: En cuanto al estudio de los patrones de desarrollo, el 28 % de las especies encontradas en la Península Antártica presentaron cuidado parental (17 % con larva retenida y 11 % con desarrollo directo)

Tabla 2

Lista de familias y especies de Asterozoidea y su patrón de desarrollo registrados en Orcadas del Sur (OS), Shetland del Sur (SS) y Archipiélagos de Palmer (AP), ubicados en la Península Antártica. **Table 2.** List of Asterozoidea families and species and their developmental pattern recorded in the South Orkney (SO), South Shetland (SS) and Palmer Archipelago (PA), located in the Antarctic Peninsula.

Familia	Especie	Patrón de desarrollo	OS ¹	SS ²	AP ³
Asteriidae	<i>Cryptasterias turqueti</i>	Incubación oral ⁴	X	X	
	<i>Diplasterias brucei</i>	Incubación oral ⁵		X	X
	<i>Diplasterias</i> sp.		X	X	X
	<i>Lysasterias perrieri</i>	Incubación oral ⁵	X		
	<i>Lysasterias</i> sp.				X
Asterinidae	<i>Cuenotaster involutus</i>	Larva lecitotrófica ⁵			X
	<i>Cyathra verrucosa mawsoni</i>	Desconocido	X	X	
	<i>Perknaster aurorae</i>	Larva lecitotrófica ⁵	X	X	
Astropectinidae	<i>Bathybiaster loripes</i>	Larva lecitotrófica ⁵		X	X
	<i>Bathybiaster loripes obesus</i>	Larva lecitotrófica ⁵			X
	<i>Macroptychaster accrescens</i>	Larva lecitotrófica ⁵			X
	<i>Psilaster charcoti</i>	Larva lecitotrófica ⁵	X	X	X
Benthopectinidae	<i>Cheiraster (Luidiaster) gerlachei</i>	Larva planctotrófica ⁵		X	X
Echinasteridae	<i>Henricia</i> sp.			X	
Odontasteridae	<i>Acodontaster conspicuus</i>	Larva lecitotrófica ⁵			X
	<i>Acodontaster elongatus</i>	Larva lecitotrófica ⁵		X	
	<i>Acodontaster</i> sp.			X	
	<i>Odontaster meridionalis</i>	Larva planctotrófica ⁵	X	X	
	<i>Odontaster validus</i>	Larva planctotrófica ⁵	X	X	
Poraniidae	<i>Glabraster antarctica</i>	Larva lecitotrófica ⁵	X	X	X
Pterasteridae	<i>Pteraster affinis</i>	Incubación interna ⁶			X
	<i>Pteraster stellifer</i>	Incubación interna ⁷			X
	<i>Pteraster</i> sp.				X
Solasteridae	<i>Lophaster gaini</i>	Larva lecitotrófica ⁵			X
	<i>Solaster regularis</i>	Desconocido		X	
	<i>Solaster regularis subarcuatus</i>	Desconocido		X	X

¹ Orcadas del sur (GBIF, 2022). ² Shetland del Sur (GBIF, 2022). ³ Archipiélago de Palmer (GBIF, 2022). ⁴ Hyman (1955). ⁵ Pearse y Bosch (1994). ⁶ McClary y Mladenov (1990). ⁷ Janies (1995).

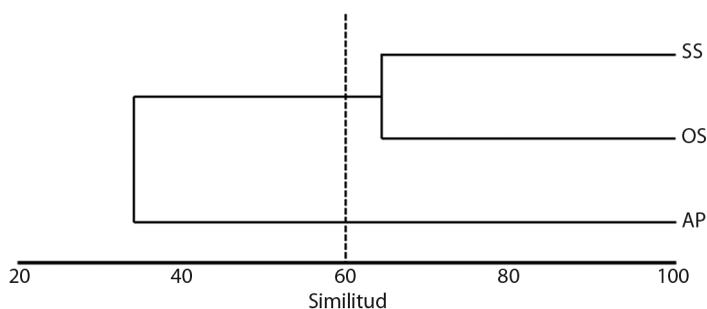


Fig. 3. Agrupación jerárquica (promedio de grupos) de la fauna de asterozoos. Se eligió un valor del 60 % de similitud (distancia de Sørensen) como umbral para agrupar las regiones. Referencias: Shetland del Sur (SS), Orcadas del Sur (OS) y Archipiélago de Palmer (AP). / **Fig. 3.** Hierarchical clustering (group average) of the Asterozoidea fauna. A value of 60 % of similarity (Sørensen distance) was chosen as a threshold to group regions. References: South Shetland (SS), South Orkney (OS) and Palmer Archipelago (PA).

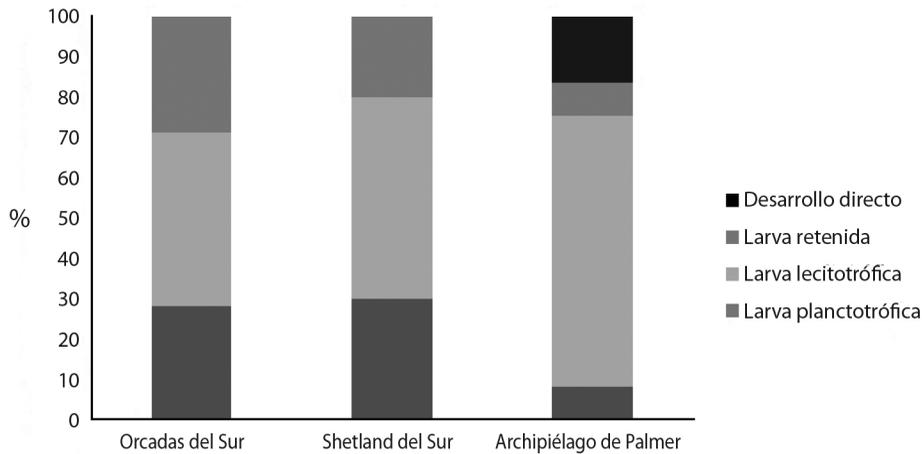


Fig. 4. Frecuencia relativa de especies con diferentes patrones de desarrollo registrados en Orcadas del Sur, Shetland del Sur y Archipiélago de Palmer, ubicados en la Península Antártica. / **Fig. 4.** Relative frequency of species with different developmental patterns recorded in South Orkney, South Shetland and Palmer Archipelago, located on the Antarctic Peninsula.

mientras que la mayoría presentaron desarrollo pelágico con valores de 55 % y 17 % para las que poseen larva pelágica lecitotrófica y larva pelágica planctotrófica, respectivamente (Tabla 2, Fig. 3). En los tres archipiélagos el patrón de desarrollo mayoritario fue el pelágico con nutrición lecitotrófica. El mayor porcentaje de especies con cuidado parental mediante retención de las larvas fue hallado en Orcadas del Sur (29 %), mientras que especies con desarrollo directo (Pterasteridae, 17 %) sólo se hallaron en el Archipiélago de Palmer (Tabla 2, Fig. 4).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo logramos fortalecer la información disponible sobre distribución batimétrica, composición específica, ocurrencia y riqueza de asteroideos hallados en tres archipiélagos Antárticos, incorporando información obtenida durante las Campañas Antárticas de Verano 2012 y 2013 a lo ya descrito para la Península Antártica. Así mismo, discutimos aspectos de los patrones de desarrollo de las especies halladas.

Taxonomía, distribución batimétrica y área de distribución geográfica: Un total de 21

especies de asteroideos pertenecientes a nueve familias fueron recolectadas en las áreas de muestreo. La familia Asteriidae fue la que registró mayor número de especies en Orcadas del Sur, mientras que en Shetland del Sur y Archipiélago de Palmer fueron las familias Odonotasteridae y Astropectinidae, respectivamente. Valiéndonos de la base de datos GBIF (2022), se amplió el área de distribución geográfica de seis especies.

Riqueza de especies y comparación entre archipiélagos: La riqueza de especies reportada en nuestro estudio para los Archipiélagos de Palmer y Shetland del Sur fue igual para ambos y mayor que en Orcadas del Sur, siendo en esta última 40 % menor. Los valores de riqueza hallados para los diferentes archipiélagos son consistentes con los resultados arrojados por el análisis de conglomerados, sugiriendo dos grupos regionales con una composición faunística similar, Shetland del Sur y Orcadas del Sur con una similitud de 64 %, y otro grupo representado por el Archipiélago de Palmer. Estos resultados podrían responder a las ecorregiones bálticas que cada uno de los archipiélagos ocupa. El Archipiélago de Palmer y Shetland del Sur se incluyen y comparten

la ecorregión bentónica Península Antártica, mientras que Orcadas del Sur pertenecen a la ecorregión bentónica Orcadas del Sur (Douglass et al., 2014). La ecorregión bentónica Península Antártica se caracteriza por presentar una plataforma poco profunda y productiva ubicada al oeste de la Península Antártica con una baja duración de la capa de hielo marino y fondos marinos “cálidos” en comparación con otras zonas de la plataforma antártica e incluye los ecosistemas insulares de las Shetland del Sur, mientras que la ecorregión Orcadas del Sur está representada por los ecosistemas insulares de las islas Orcadas del Sur y los montes submarinos y mesetas del Arco de Scotia, muchos de los cuales subyacen a la Zona Frontal de la Corriente Circumpolar Antártica Meridional (Douglass et al., 2014).

Patrones de desarrollo: Con respecto a las especies con desarrollo no pelágico halladas (larva retenida o desarrollo directo), éstas pertenecen sólo a dos familias. Esta radiación específica podría ser consecuencia del aislamiento tras eventos vicariantes, lo cual concuerda con la hipótesis de Pearse et al. (2009) sobre la selección de este tipo de patrón de desarrollo.

Nuestros resultados indican que los asteroideos con desarrollo pelágico lecitotrófico fueron mayoritarios, seguidos por los de desarrollo no pelágico. Si bien en trabajos de revisión bibliográfica recientes, se ratificó que las especies que presentan cuidado parental son mayoritarias en aguas Antárticas (Moreau, 2019), el bajo porcentaje de especies con desarrollo no pelágico aquí reportadas podría explicarse por el esfuerzo de muestreo, siendo que según Pearse et al., (2009) las especies que presentan larvas pelágicas son más abundantes en aguas antárticas. Sí bien los clados de asteroideos con desarrollo no pelágico son numerosos, la mayoría de las especies son muy poco abundantes (pocas especies muy abundantes con desarrollo pelágico; muchas especies poco abundantes con desarrollo no pelágico). Pearse et al. (1991) y Poulin et al. (2002) sugieren que esta diferencia en los patrones de abundancia se debe a factores ecológicos: las especies con desarrollo

pelágico colonizan y prosperan en zonas poco profundas perturbadas por el hielo, mientras que las de desarrollo no pelágico predominan en hábitats más estables y profundos, donde la competencia interespecífica es más intensa.

Conectividad Antártida-subantártida: Es ampliamente difundido que la capacidad de dispersión de larvas y/o embriones, contribuye a explicar sus patrones de distribución geográfica en la región antártica y subantártica (Frayse et al., 2018; Moreau, 2019). Si bien la mayor capacidad de dispersión se observa en especies con desarrollo pelágico, existe evidencia que especies con desarrollo no pelágico poseen amplia capacidad de dispersión, como es el caso de *D. brucei*, que puede ser hallada tanto en aguas antárticas como en el Arco de Scotia, Banco Burdwood e Islas Malvinas (Kim & Thurber, 2007). Todas las especies reportadas en el presente trabajo (72 % con desarrollo pelágico y 28 % con desarrollo no pelágico) han sido halladas a ambos lados de la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), el 62 % fueron registradas recientemente en la región subantártica por nuestro equipo de trabajo (Frayse, 2021; Fraysse et al., 2018), mientras que el 38 % restante también presenta registros en dicha región (GBIF, 2022). La Corriente de Malvinas, rama en dirección sur-norte de la CCA, podría facilitar la dispersión de larvas de la región antártica a la región subantártica, y particularmente para las especies no pelágicas se sugieren capacidades inusuales de dispersión, como el “rafting”.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.



AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación durante los muestreos a bordo de Lucía Epherra y Lida Pimper, y de Sergio Bogan. A los organismos oficiales de la República Argentina (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) por la organización y financiación de las campañas oceanográficas. A la Universidad Maimónides, Fundación Científica Felipe Fiorellino y PICT 2012–1270 por la financiación.

REFERENCIAS

- Anderson M. J., Gorley, R. N., & Clarke, K. R. (2008). *PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods* (6a versión). PRIMER-E Ltd.
- Bernasconi, I. (1962). Asteroideos Argentinos III. Familia Odontasteridae. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 9, 1–25.
- Bernasconi, I. (1970). Equinodermos antárticos. II. Asteroideos. 3. Asteroideos de la extremidad norte de la Península Antártica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia* 9, 211–281.
- Blankley, W. O. (1984). Ecology of the starfish *Anasterias rupicola* at Marion Island (Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series* 18, 131–137.
- Byrne, M. (1996). Viviparity and intragonadal cannibalism in the diminutive sea stars *Patriella vivipara* and *P. parvivipara* (Family Asterinidae). *Marine Biology*, 125, 551–567. <https://doi.org/10.1007/BF00353268>
- Byrne, M. (2005). Viviparity in the sea star *Cryptasterina hystera* (Asterinidae) conserved and modified features in reproduction and development. *The Biological Bulletin*, 208, 81–91.
- Chia, F. S. (1968). Some observations on the development and cyclic changes of the oocytes in a brooding starfish, *Leptasterias hexactis*. *Journal of Zoology*, 154, 453–461. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1968.tb01677.x>
- Chia, F. S. (1974). Classification and adaptive significance of developmental patterns in marine invertebrates. *Thalassia Jugoslavica*, 10, 121–130.
- Chia, F. S., & Walker, C. W. (1991). Echinodermata: Asteroidea. En A. C. Giese, J. S. Pearse, & V. B. Pearse (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates* (Vol. 4, pp. 301–331). Boxwood Press.
- Clark, A. M., & Downey, M. E. (1992) *Starfishes of the Atlantic*. Chapman & Hall.
- Clarke, A. (1992). Reproduction in the Cold: Thorson Revisited. *Invertebrate Reproduction and Development*, 22, 175–184. <https://doi.org/10.1080/07924259.1992.9672270>
- Clarke, A., & Johnston, N. M. (2003). Antarctic marine benthic diversity. En R. N. Gibson, & R. J. A. Atkinson (Eds.), *Oceanography and Marine Biology* (pp. 47–114). CRC Press.
- Clarke, K. R., Somerfield, P. J., & Chapman, M. G. (2006). On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray–Curtis coefficient for denuded assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 330, 55–80. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.12.017>
- Dartnall, A. J., Byrne, M., Collins, J., & Hart, M. W. (2003) A new viviparous species of asterinid (Echinodermata, Asteroidea, Asterinidae) and a new genus to accommodate the species of pan-tropical exiguid sea stars. *Zootaxa*, 359, 1–14.
- De Broyer, C., Clarke, A., Koubbi, P., Pakhomov, E., Scott, F., Vanden Berghe, E., & Danis, B. (2022). Register of Antarctic Marine Species (RAMS). <http://www.marinespecies.org/rams>.
- Dell, R. K. (1972). Antarctic Benthos. *Advances in Marine Biology*, 10, 1–216.
- Douglass, L. L., Turner, J., Grantham, H. S., Kaiser, S., Constable, A., Nicoll, R., Raymond, B., Post, A., Brandt, A., & Beaver, D. (2014). A hierarchical classification of benthic biodiversity and assessment of protected areas in the Southern Ocean. *PLoS ONE*, 9(7), e100551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100551>.
- Fisher, W. K. (1940). Asteroidea. *Discover Report*, 20, 69–306.
- Frayse, C. P. (2021). *Distribución, recursos energéticos y metabolismo oxidativo de Asteroideos subantárticos con diferentes estrategias reproductivas. Estudio particular de la incubación* [Tesis de Doctorado no publicada]. Universidad de Buenos Aires.
- Frayse, C. P., Boy, C. C., Becker, Y. A., Calcagno, J. A., & Pérez A. F. (2020). Brooding in the Southern Ocean: the case of the pterasterid sea star *Diplopteraster verrucosus* (Sladen, 1882). *The Biological Bulletin*, 239(1), 1–12.
- Frayse, C., Calcagno, J., & Pérez, A. F. (2018). Asteroidea of the southern tip of South America, including Namuncurá Marine Protected Area at Burdwood Bank and Tierra del Fuego Province, Argentina. *Polar Biology*, 41, 2423–2433.

- Global Biodiversity Information Facility (2022) Occurrence Download. <https://www.gbif.org/occurrence/>
- Gil, D. G., & Zaixso, H. E. (2007). The relation between feeding and reproduction in *Anasterias minuta* (Asteroidea: Forcipulata). *Marine Biology Research*, 3, 256–264. <https://doi.org/10.1080/17451000701472035>
- Gillespie, J. M., & McClintock, J. B. (2007). Brooding in echinoderms: how can modern experimental techniques add to our historical perspective?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 342, 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.10.055>
- Hamel, J. E., & Mercier, A. (1995). Prespawning behavior, spawning, and development of the brooding starfish *Leptasterias polaris*. *The Biological Bulletin*, 188, 32–45.
- Himmelman, J. H., Lavergne, Y., Cardinal, A., Martel, G., & Jalbert, P. (1982). Brooding behavior of the northern sea star *Leptasterias polaris*. *Marine Biology*, 68, 235–240. <https://doi.org/10.1007/BF00409590>
- Hyman L. H. (1955). *The invertebrates: echinodermata, the coelomate bilateria* (Vol. 4). McGraw-Hill.
- Janies D. A. (1995). *Reconstructing the evolution of morphogenesis and dispersal among velatid asteroids* [Tesis de Doctorado, University of Florida]. UF Digital Collections. <https://ufdc.ufl.edu/aa00003604/00001>
- Kim, S., & Thurber, A. (2007). Comparison of seastar (Asteroidea) fauna across Island Groups of the Scotia Arc. *Polar Biology*, 30, 415–425. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0198-2>
- Koehler, R. (1912). Échinodermes (astéries, ophiures et échinides). En J. Charcot (Ed.), *Deuxième Expédition Antarctique Française (1908–1910)* (pp. 1–270). Masson.
- Komatsu, M., Kano, Y. T., & Oguro, C. (1990). Development of a true ovoviviparous sea star, *Asterina pseudoexigua pacifica*. *The Biological Bulletin*, 179, 254–263.
- Kubo, K. (1951). Some observations of the development of the sea-star *Leptasterias ochotensis smilispinus* (Clark). *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University Series VI Zoology*, 10, 97–105.
- Lawrence, J. M. (1987). *A functional biology of echinoderms*. Croom Helm.
- Lieberkind, I. (1920). On a star-fish (*Asterias groenlandica*) which hatches its young in its stomach. *Vidensk Medd Dan Naturhist Foren*, 72, 121–126.
- Lieberkind, I. (1926). *Ctenodiscus australis* Lütken. A brood-protecting asteroid. *Vid Dan. Nat Hist Foren* 82, 184–196.
- Mah, C. L. (2020). World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org>
- Mah, C. L., & Blake, D. B. (2012). Global diversity and phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). *PLoS ONE*, 7, e35644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035644>
- Mah, C., Neill, K., Eléaume M, & Foltz, D. (2014). New species and global revision of *Hippasteria* (Hippasterinae: Goniasteridae; Asteroidea; Echinodermata): *Hippasteria* revision. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171, 422–456. <https://doi.org/10.1111/zoj.12131>
- McClary, D. J., & Mladenov, P. V. (1989). Reproductive pattern in the brooding and broadcasting sea star *Pteraster militaris*. *Marine Biology*, 103, 531–540. <https://doi.org/10.1007/BF00399585>
- McClary, D. J., & Mladenov, P. V. (1990). Brooding biology of the sea star *Pteraster militaris* (OF Müller): energetic and histological evidence for nutrient translocation to brooded juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 142, 183–199. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(90\)90090-Y](https://doi.org/10.1016/0022-0981(90)90090-Y)
- McEdward, L., & Miner, B. (2001). Larval life-cycle patterns in echinoderms. *Canadian Journal of Zoology*, 79, 1125–1170. <https://doi.org/10.1139/z00-218>
- Mileikovsky, S. A. (1971). Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance: a reevaluation. *Marine Biology*, 10, 193–213. <https://doi.org/10.1007/BF00352809>
- Moreau, C. (2019). Diversity and phylogeography of Southern Ocean sea stars (Asteroidea) (Tesis de Doctorado, Université libre de Bruxelles). HAL Thèses. <https://theses.hal.science/tel-02489002/document>
- Murray, J. (1895). General Observations on the Distribution of Marine Organisms. In *Report on Scientific Research, Voyage H.M.S. Challenger 1873–1876. A Summary of the Scientific Results* (2a parte, pp. 1431–1462). Order of Her Majesty's Government.
- Pearse, J. S., & Bosch I. (1994). Brooding in the Antarctic: Östergren Had It Nearly Right. In B. David, A. Guille, J. P. Féral, & M. Roux (Eds.), *Echinoderms through time* (pp. 111–120). Rotterdam.
- Pearse, J. S., McClintock, J. B., & Bosch, I. (1991). Reproduction of antarctic benthic marine invertebrates: tempos, modes, and timing. *American Zoologist*, 31, 65–80.
- Pearse, J. S., Mooi, R., Lockhart, S. J., & Brandt, A. (2009). Brooding and species diversity in the Southern Ocean: Selection for brooders or speciation within brooding clades? *Smithsonian at the poles: contributions to International Polar Year science* (pp. 181–196). Smithsonian Institution Scholarly Press. <https://doi.org/10.5479/si.097884601X.13>
- Pérez, A. F., Boy, C. C., Calcagno, J., & Malanga, G. (2015). Reproduction and oxidative metabolism in the brooding sea star *Anasterias antarctica* (Lütken,



- 1957). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 463, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.11.009>
- Poulin, E., Palma, A. T., & Féral, J. P. (2002). Evolutionary Versus Ecological Success in Antarctic Benthic Invertebrates. *Trends in Ecology and Evolution*, 17, 218–222. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02493-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02493-X)
- Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., & Rojas-Sierra, A. (2005). Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(S3), 233–244.
- Rivadeneira, P. R., Brogger, M. I., & Penchaszadeh, P. E. (2017). Aboral brooding in the deep water sea star *Ctenodiscus australis* Lütken, 1871 (Asteroidea) from the Southwestern Atlantic. *Deep Sea Research*, 123, 105–109. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.03.011>
- Salvat, M. B. (1985). *Biología de la reproducción de Anasterias minuta Perrier (Echinodermata, Asteroidea): Especie incubadora de las costas patagónicas* [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires]. UBAEXACTAS. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n1900_Salvat.pdf
- Sladen, W. P. (1889). Report on the Asteroidea collected by HMS Challenger. *Zoology*, 30, 893.
- Strathmann R. R., Strathmann, M. F., & Emson, R. H. (1984). Does limited brood capacity link adult size, brooding, and simultaneous hermaphroditism? A test with the starfish *Asterina phylactica*. *The American Naturalist*, 123(6), 796–818.
- Tablado A. (1982). Asteroideos Argentinos Familia Poraniidae. *Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*. *Hidrobiología*, 2, 87–106.
- Thomson, C. W. (1876). Notice of Some Peculiarities in the Mode of Propagation of Certain Echinoderms of the Southern Sea. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*, 13, 55–79.
- Thomson, C. W. (1885). Notes on the reproduction of certain echinoderms from the Southern Ocean. In *Report on Scientific Research, Voyage H.M.S. Challenger 1873–1876*. (Vol. 1, 1a parte, pp. 379–396). Order of Her Majesty's Government.
- Verril, A. E. (1914). Monograph of the Shallow-water Starfishes of the North Pacific Coast from the Arctic Ocean to California. *Science*, 40(1032), 523–525.