

Asentamientos de *Argopecten purpuratus*, sobre vestigios de alga *Rhodymenia* sp., que resistió efectos del ENOS 97-98, en la Reserva Marina La Rinconada, Antofagasta, Chile

Argopecten purpuratus settlement, on vestiges of algae *Rhodymenia* sp., which withstood the effects of ENSO 97-98 in La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile

Miguel Avendaño¹ * y Marcela Cantillán¹ 

¹Departamento de Ciencias Acuáticas y Ambientales, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, Antofagasta, Chile

*Autor correspondiente: miguel.avendano@uantof.cl

Abstract. The presence of *Rhodymenia* sp., under the thermocline after El Niño (ENSO) allowed massive settlements of two cohorts of *Argopecten purpuratus* in March 1999, reaching 1,152 ind. m⁻², with size of 7.0 and 4.4 mm. In the mid of June, the spat moved towards shallow waters, with an average density of 19.1 ind. m⁻², that was reduced to 14.0 ind. m⁻² in March 2000 reaching two cohorts of 75.1 and 67.9 mm. It is concluded that algae that resist warming of ENSO would act as settlement zones for the pediveliger, diminishing the effect of wear in the post ENSO recruitment registered by *A. purpuratus* population in Chile.

Key words: *Argopecten purpuratus*, settlements, pediveliger, *Rhodymenia*, El Niño, ENSO

INTRODUCCIÓN

La presencia permanente de bancos de pectínidos en un mismo lugar, es producto de la capacidad de autocolonizarse, donde los patrones de asentamiento de su semilla dependerán de la presencia de áreas que cuenten con un sustrato de fijación primario sobre el cual asentarse, permitiendo a las post-larvas permanecer fijas durante un cierto período de tiempo (Mason 1983, Brand 1991). Es así, como una serie de superficies orgánicas (algas rojas filamentosas, hidroides) o inorgánicas (grava, guijarros, conchas de moluscos), específicas de las especies que conforman este grupo de moluscos, actúan como sustrato primario de fijación, facilitando su asentamiento y proporcionando refugio a las post larvas (Thouzeau & Lehay 1988, Orensanz *et al.* 1991).

La ausencia de estos sustratos naturales de asentamiento ha sido señalada como uno de los factores causantes de las fluctuaciones interanuales observadas en la abundancia del pre-reclutamiento natural de estos organismos. La remoción de estos sustratos afecta seriamente su reclutamiento posterior, mientras que la falta de ellos es un factor limitante del tamaño de las poblaciones (Orensanz *et al.* 1991). Su ausencia también ha sido utilizada para explicar la poca relación que existe entre la disponibilidad de larvas presentes con su asentamiento posterior en la naturaleza (Wolff 1988, Orensanz *et al.* 1991).

En el caso de *Pecten maximus*, la ausencia de sustratos de fijación para las post-larvas ocasiona altas mortalidades de las pediveliger, debido a que éstas no pueden prolongar su fase pelágica frente a la ausencia de *Lithothamnion corallioides*, alga a la cual se fijan (Thouzeau & Lehay 1988, Boucher & Dao 1990). En contraste, bancos relativamente estables de *Zostera marina* han mostrado asentamientos larvales exitosos de *Argopecten gibbus* y *Argopecten irradians*, pectínidos con los cuales esta planta actúa como áreas de “nursery” (Fonseca *et al.* 1984, Wolff 1988).

En Chile, el alga roja *Rhodymenia* sp., ha sido señalada habitualmente como sustrato de fijación de las pediveliger de *A. purpuratus*, reconociéndose su efectividad como sustrato natural en su pre-reclutamiento (Hogg 1977, Padilla 1979, Navarro *et al.* 1991, Cantillán 2000, Cantillán-Silva *et al.* 2007, Avendaño & Cantillán 2008). Sin embargo, eventos como El Niño (ENOS) generan un efecto negativo sobre su disponibilidad en el bentos, en la medida que este fenómeno se desarrolla. Esto ha sido demostrado en la pradera presente en la Reserva Marina La Rinconada luego de ocurrido el ENOS 97-98, provocando una reducción continua en su disponibilidad en las áreas habituales de fijación de *A. purpuratus* (Cantillán 2000, Avendaño *et al.* 2019).



La Reserva Marina de La Rinconada, ubicada en la Bahía de Antofagasta, a 20 km al norte de la ciudad de Antofagasta (Chile), posee uno de los ecosistemas marinos litorales de mayor importancia ecológica para el país, puesto que se distribuye uno de los principales bancos del ostión *A. purpuratus*. En el bentos de esta reserva domina el alga roja *Rhodomenia* sp., conformando praderas que ofrecen relevantes funciones estructurales hacia *A. purpuratus*, entre ellas la de constituir el principal sustrato natural en el que se asientan las pediveliger (Avendaño & Cantillán 2005). Una de las características del área de la Reserva Marina es su alta capacidad de retención de material particulado, dados los tiempos de residencia y la baja probabilidad de ocurrencia de alejamiento del sector, que favorece la mantención de organismos que requieran un tiempo mínimo de permanencia en la columna de agua previo a su asentamiento (Avendaño & Cantillán 2008). El carácter de pulso que presentan la intensidad y dirección de los flujos de aguas influidos por los vientos dominantes en el sector, y la presencia de giros de la corriente centrados en el lugar inducidos por la topografía del fondo y la morfología de la costa, indican que la afluencia de aguas y sus contenidos pueden ocurrir tanto desde la dirección sur y suroeste (desde el exterior a la bahía), como de la dirección norte y noreste de esta reserva. Los estudios oceanográficos realizados en la Reserva de la Rinconada han indicado que los módulos promedios resultantes de todas las mediciones de corrientes, y sus velocidades asociadas en la capa de 0-20 m, sugieren un área de retención central permanente de material particulado, entre ellos, estadios larvales (Escribano & Hidalgo 2001, Avendaño & Cantillán 2008). Dentro de esta área, se distribuye una superficie aproximada de 70 ha, en veriles de 8 a 17 m de profundidad, donde habitualmente ocurren las mayores fijaciones de semillas de *A. purpuratus* sobre *Rhodomenia* sp., presentando en su parte central coberturas de entre 80 y 100% de ésta alga, por lo que se le ha identificado como “zona semillero” (Cantillán & Avendaño 1994¹, Cantillán 2000, Avendaño *et al.* 2019).

Los resultados obtenidos por Avendaño *et al.* (2019), muestran una reducción en la cobertura de esta alga en el área de mayor asentamiento de la reserva de ~1.300 a ~7 g m⁻² entre junio de 1996 a enero de 2000, ocurriendo el período más intenso de esta disminución a partir de enero de 1998, donde alcanzó 133 g m⁻². En este mismo período el asentamiento de post-larvas disminuyó desde más de 400 semillas m⁻² que ocurrieron hasta febrero de 1997, a densidades medias que

variaron entre 0 y 101 ind. m⁻² entre enero de 1998 y enero de 2000, a pesar de la abundancia larval que registró esta reserva en 1999, alcanzando el rango de 17.667-21.767 ind. m⁻³ entre noviembre-diciembre de 1999. Durante 1999, una parte de ellas fueron fijadas sobre colectores, logrando promedios por sobre las 1.500 post-larvas por colector, y alcanzando el valor más alto de 5.908 ind. col.⁻¹ a fines de 1999 (Avendaño *et al.* 2019, Avendaño-Cantillán 2022).

En el presente trabajo, se describe por primera vez la existencia a mayores profundidades de áreas remanentes de *Rhodomenia* sp., las cuales permiten importantes asentamientos de larvas pediveliger, que contribuirían a mantener el reclutamiento anual de *A. purpuratus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En marzo de 1999, luego de la ocurrencia del ENOS 97-98, se realizó la primera evaluación directa del banco de *A. purpuratus* en la reserva, muestreando mediante buceo 104 estaciones de 70 x 70 m sobre una superficie de 271 ha, dentro del área de reparto de este recurso, distribuidas en profundidades de entre 6 y 29 m, a lo largo de 2 km de costa. En cada una de estas estaciones se muestrearon al azar 10 cuadratas de 1 m² cada una, siguiendo para ello la metodología de Avendaño & Cantillán (2005). A través de este muestreo, se detectó una zona remanente de *Rhodomenia* sp. en la estación A (23°28'38,2''S; 70°30'15,9''O) localizada en un veril de 26 m de profundidad (Fig. 1), con una cobertura que variaba entre el 50 y 70% por m². Esta pradera se extendió a lo largo de toda la fuerte pendiente que caracterizaba el sector, donde con solo desplazarse 300 a 400 m en ascenso, se alcanza rápidamente el veril de los 12 m de profundidad (Fig. 1).

Un desplazamiento lento de observación por buceo sobre esta alga, permitió comprobar un abundante asentamiento de post-larvas de *A. purpuratus*, por lo que, en tres puntos equidistantes entre sí por 25 m de longitud, a lo largo de una transecta, y manteniendo el veril de los 26 m, se procedió a extraer tres muestras de *Rhodomenia* sp. contenida en una cuadrata de 0,25 m², cada una depositada en bolsas de red plásticas de 1 mm de abertura de malla (bolsas colectoras). Las muestras a bordo de la embarcación fueron rotuladas con la indicación de profundidad y estación, para luego ser llevadas y analizadas en el Laboratorio de Manejo y Cultivo de Moluscos de la Universidad de Antofagasta.

¹Cantillán M & M Avendaño. 1994. Situación actual del recurso Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*, Lamarck, 1819), en el banco de La Rinconada, II Región-Chile. Informe Final. Proyecto. F.N.D.R. II Región, Antofagasta, 58 pp.

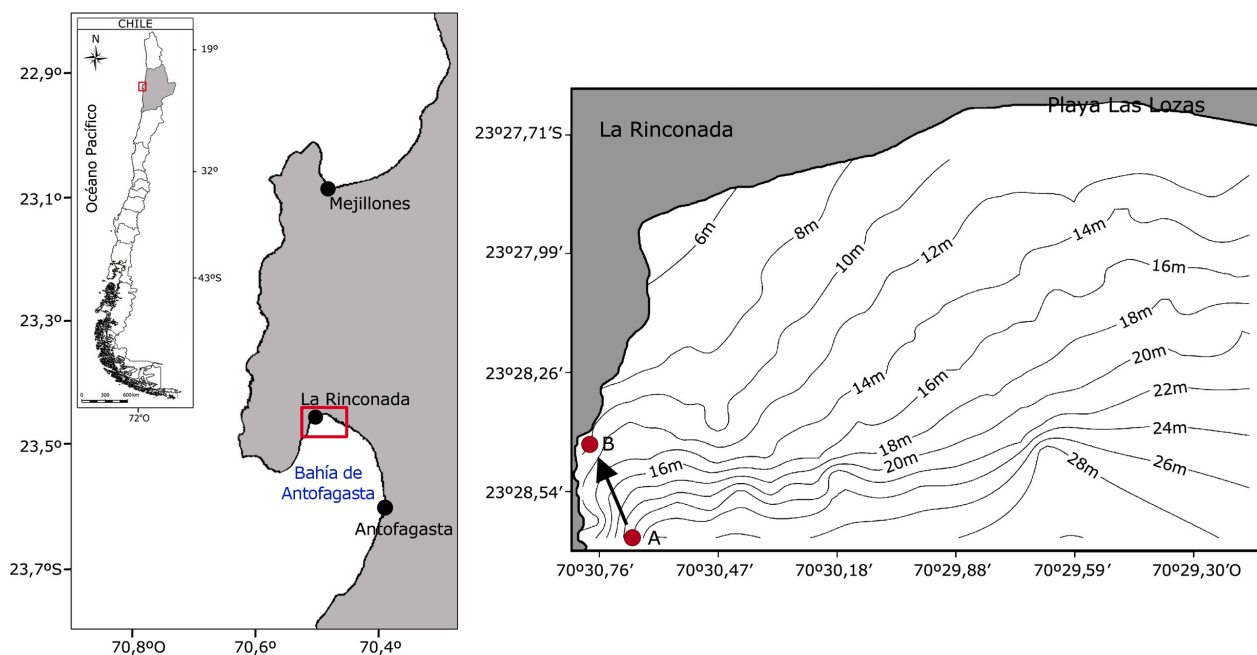


Figura 1. Ubicación de la Reserva Marina La Rinconada y sitios de muestreo con su perfil batimétrico. Estación A= área de asentamiento de pediveliger; Estación B= área de desplazamiento de la semilla y muestreos posteriores de pre-reclutas y reclutas de *Argopecten purpuratus* / La Rinconada Marine Reserve location and sampling sites with bathymetric profile. Station A= pediveliger settlement area; Station B= area of seed movement and subsequent sampling of pre-recruits and recruits of *Argopecten purpuratus*

En el laboratorio las algas contenidas en cada bolsa fueron extraídas y lavadas con agua corriente, dentro de un tamiz de 180 μm para recuperar todas las post-larvas fijadas. Las bolsas en que cada alga fue transportada también fueron lavadas sobre el tamiz para recuperar potenciales post-larvas sueltas del sustrato. El concentrado del tamiz fue vertido dentro de un frasco rotulado y preservado en alcohol de 70°. Posteriormente, las semillas fueron depositadas y homogeneizadas dentro de un muestreador de plancton de 10 divisiones, utilizando dos de estas submuestras, para contar y medir las semillas de cada muestra, siguiendo el protocolo de Avendaño *et al.* (2007). Para la medición se utilizó un Estereomicroscopio Leica® DC 100 MZ7_s, con ocular graduado. El número de semillas por m^2 fijadas en el sector se obtuvo promediando la cantidad encontrada en las tres muestras, multiplicándolas por 4. Una vez obtenida la estructura demográfica que presentaron las semillas, se realizó un análisis de cohortes a través del programa MIX 3.1a (MacDonald & Pitcher 1979), con el objeto de identificar el número de micro-cohortes que componían este asentamiento, y su talla media. Los histogramas de frecuencia de talla fueron descompuestos según una distribución normal (nivel de significancia $\alpha = 0,05$).

A fines de junio de 1999 se bucea en el lugar donde fueron encontradas las post-larvas fijadas para evaluar el estado de las semillas, sin embargo, se comprobó por observación directa que éstas se desplazaban nadando hacia aguas más someras por sobre los 18 m, en dirección a la orilla del sector rocoso de la reserva. Su desplazamiento continuó hasta concluir la primera semana de julio, estableciéndose en forma definitiva a lo largo de un área localizada en profundidades de 10 a 12 m (Fig. 1), distribuida en forma paralela a la costa rocosa del sector, sobre un sustrato de arena gruesa. Concluido su desplazamiento se fijó una estación denominada B, cuyas coordenadas geográficas fueron 23°28'26,5"S; 70°30'47,5"O (Fig. 1), y en la cual se realizaron 10 muestreos de densidad al azar con una cuadrata de 1 m^2 , dentro de un área de desplazamiento por buceo de 70 x 70 m, siguiendo así, el modelo establecido para la evaluación del banco de *A. purpuratus* de Avendaño & Cantillánez (2005). Se registró el número de ejemplares por m^2 , y se recogieron ejemplares contenidos en 5 de estas cuadratas para determinar su estructura de talla, midiendo su longitud máxima (antero-posterior) con un calibrador digital Mitutoyo® de 0,01 mm de precisión, y así realizar el análisis de cohortes a través de MIX 3.1.a (MacDonald & Pitcher 1979). Este muestreo, se repitió en octubre de 1999 y marzo de 2000.

Para recopilar antecedentes de la temperatura en la Reserva Marina, quincenalmente se realizó un perfil de temperatura de la columna de agua, con ayuda de un CTD Sea Bird Electron. Estas lecturas fueron promediadas para un mismo mes, con el objeto de detectar el nivel promedio mensual de la profundidad de la termoclina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En marzo de 1999 se encontraron fijados sobre las frondas remanentes del alga *Rhodomyenia* sp. un promedio de 1.152 ind. m⁻² (d.e.= 238,4), detectándose a través de MIX la existencia de dos cohortes (Fig. 2). La cohorte 1 con una talla promedio de 7,0 mm representó el 34% de las semillas fijadas, mientras que la cohorte 2 presentó una talla media de 4,4 mm y alcanzó el 66% del asentamiento.

La estructura de talla de cada cohorte, para cada fecha muestreada posteriormente en ambas estaciones (Fig. 2), así como la densidad y los resultados del análisis de cohortes (Tabla 1), indicaron que entre julio 1999 y marzo 2000 la densidad media en el área donde emigraron las semillas (estación B) disminuyó de 19,1 ind. m⁻² a 14 ind. m⁻², mientras que las dos cohortes, incrementaron sus tallas, la cohorte 1 de 29,9 mm a 75,1 mm, y la cohorte 2 de 21,6 mm a 67,9 mm.

Los resultados de seguimiento de la evolución de tallas de las cohortes desplazadas a profundidades someras presentan crecimientos que se ajustan a la ecuación de crecimiento para esta población (Avenidaño & Cantillánez 2005), arrojando edades de 12 meses para la cohorte 1 y 11 meses para la cohorte 2, según las tallas medias registradas en marzo de 2000.

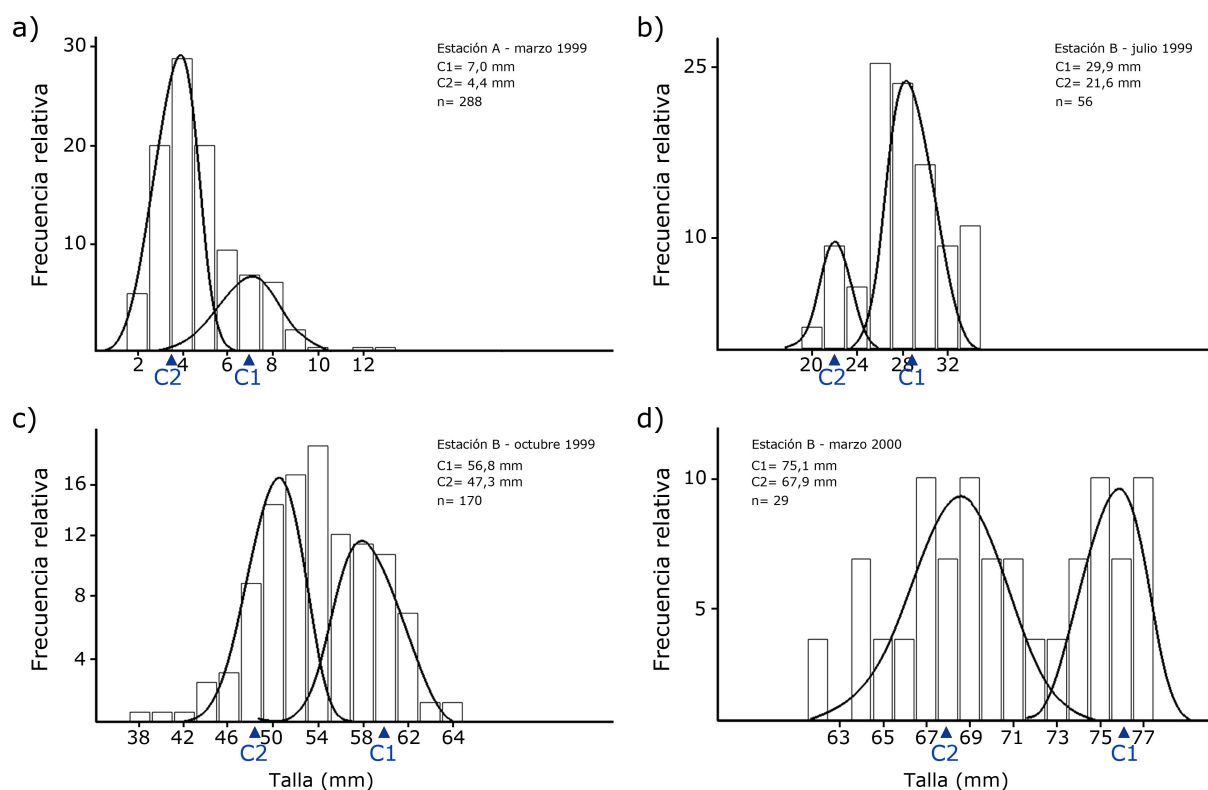


Figura 2. Análisis de cohortes 1 y 2 (C1, C2) de ejemplares de *Argopecten purpuratus* encontrados en las Estaciones (a; A) (b-d; B) de la Reserva Marina La Rinconada, entre marzo 1999 y marzo 2000. Las curvas representan el ajuste a las distribuciones normales estimadas mediante MIX 3.1.a / Analysis of cohorts 1 and 2 (C1, C2) of *Argopecten purpuratus* specimens found at Stations (a; A) (b-d; B) of La Rinconada Marine Reserve, between March 1999 and March 2000. The curves represent the fit to the normal distribution estimated by MIX 3.1.a

Tabla 1. Caracterización de los ejemplares de *Argopecten purpuratus* muestreados en el periodo marzo 1999-marzo 2000, en los sitios de asentamiento (Estación A) y de desplazamiento posterior (Estación B). Se muestra densidad (ind. m⁻²), talla media (mm ± d.e.) de las cohortes 1 y 2 y su proporción en la muestra (%). Los valores de probabilidad de ajuste de las distribuciones normales (P) se estimaron por MIX 3.1.a, con α= 0,05 / Characterization of *Argopecten purpuratus* specimens sampled in the period March 1999-March 2000, at settlement sites (Station A) and later displacement (Station B). Density (ind. m⁻²), mean length (mm + s.d.) of cohorts 1 and 2 and their proportion in the sample (%) are displayed. Probability value normal distribution fits (P) were estimated by MIX 3.1a, with α= 0.05

Estación (nombre / prof.)	Fecha	Densidad (ind. m ⁻²)	Cohorte 1		Cohorte 2		P
			Talla media (mm ± d.e.)	Proporción (%)	Talla media (mm ± d.e.)	Proporción (%)	
A / 26 m	Marzo 1999	1.152,0	7,0 ± 1,8	34	4,4 ± 0,9	66	0,08
B / 12-10 m	Julio 1999	19,1	29,9 ± 3,8	93	21,6 ± 1,2	7	0,11
	Octubre 1999	18,0	56,8 ± 4,0	46	47,3 ± 4,0	54	0,21
	Marzo 2000	14,0	75,1 ± 1,1	32	67,9 ± 3,1	68	0,92

En relación a lo observado con la fijación y la posterior migración de las semillas, se puede señalar que en otros bancos chilenos de *A. purpuratus*, como los de Mejillones y Bahía Herradura de Coquimbo, se han registrado asentamientos de semillas sobre *Rhodomyenia* sp., a partir de los 8 m de profundidad, como también ocurre en la Reserva Marina, bajo condiciones normales (sin ENOS, que afecte el sustrato), permaneciendo allí unidos por su biso, hasta que alcanzan tallas entre 8 a 10 mm de largo, para luego desaparecer del área en una o dos semanas (Hogg 1977, Navarro *et al.* 1991). Se postula que ello se debe a la presencia de muchos depredadores, principalmente crustáceos y peces, como también ocurre con otros pectínidos (Dijkstra & Nolan 2011), los cuales para disminuir el riesgo de depredación migran a mayores profundidades (Maeda-Martínez *et al.* 1992², 1993; Arsenault *et al.* 1997). Con *A. purpuratus*, migraciones ontogénicas de semilla hacia mayores profundidades han sido señaladas por Maraharens (1995)³, mientras que en Mejillones después de abandonar las algas de fijación en la zona somera, se las ha encontrado en profundidades de entre 17 y 28 m, donde permanecen hasta alcanzar 35 a 55 mm de largo, tallas con las que migran nuevamente a menores profundidades integrándose como reclutas a la población adulta (Navarro *et al.* 1991).

Lo observado en el presente trabajo demostró una situación inversa; *Rhodomyenia* sp., sustrato habitual de asentamiento de larvas pediveliger de *A. purpuratus*, que les permite eludir la interfase agua sedimento en las zonas normales de fijación, desapareció como consecuencia del calentamiento provocado por el ENOS 97-98 (Avenidaño *et al.* 2019). Sin embargo, en sectores de profundidades pronunciadas, como ocurre en el sector Sur/Oeste de esta Reserva Marina (Fig. 1), se encontraron zonas con la presencia de esta alga que no fue afectada por el ENOS, posiblemente debido a las temperaturas que fueron aptas para su sobrevivencia, como se demostró en los perfiles de temperatura mensual ocurridos en 1999 registrados a través de CTD (Fig. 3), en los cuales se observó que durante todo ese año el hábitat a 26 m donde se encontró el alga con las semillas asentadas estuvo afectada por temperaturas bajas que variaron entre 13 y 15 °C. Estas temperaturas serían normales en aguas someras en años sin ENOS, permitiendo la sobrevivencia y desarrollo de esta alga (Avenidaño *et al.* 2017, 2019; Cantillán-Silva *et al.* 2007). En consecuencia, estas áreas remanentes de *Rhodomyenia* sp. a mayor profundidad, brindaron las condiciones ambientales para que las pediveliger se fijaran a mayores profundidades (26 m) de lo que lo hacen habitualmente (entre 8 y 17 m) (Cantillán 2000, Avenidaño *et al.* 2019), demostrando su capacidad adaptativa de sobrevivir y favorecer el reclutamiento de esta población ante eventos adversos. El mal pre-reclutamiento ocurrido en 1999 en esta Reserva Marina, dada la falta de sustrato natural, se reflejó en el bajo reclutamiento del año siguiente, donde alcanzó apenas un 35% de la abundancia total del banco (Avenidaño & Cantillán 2022).

²Maeda-Martínez AN, P Ormart, V Polo, T Reynoso, P Monsalvo, S Avila & M Espinosa. 1992. The potential predator impact on bottom cultured Mexican Catarina scallops *Argopecten circularis*. pp. 151-152. In Book of Abstracts. Aquaculture '92. Orlando, Florida.

³Maraharens M. 1995. Estimating habitat specific natural mortality rates of the Chilean scallops (*Argopecten purpuratus*). In: Book of Abstracts, 10th International. Pectinid Workshop. Cork, pp. 2-3.

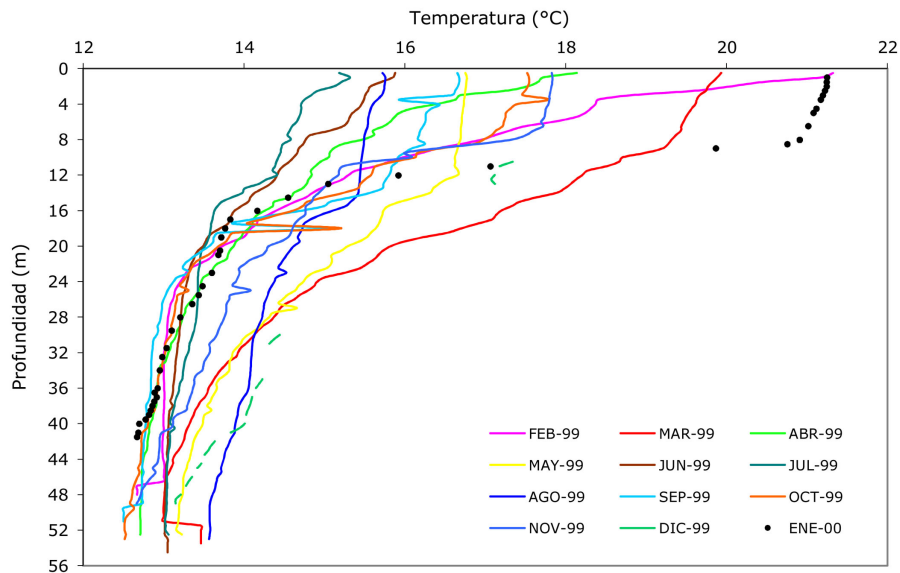


Figura 3. Perfiles mensuales de temperaturas en La Rinconada, registradas entre febrero 1999 y enero 2000 / Monthly temperature profiles in La Rinconada, registered between February 1999 and January 2000

Dado que las poblaciones de *A. purpuratus* se distribuyen en áreas con fondos sedimentarios, se concluye que su existencia estará supeditada a la presencia de algas para acceder a la fijación de sus semillas, las cuales les permitirán eludir la interfase agua sedimento que afecta su sobrevivencia en fondos descubiertos, como también ocurre con otros pectínidos (Thouzeau 1991, Gosling 2008). Estas praderas de algas se ven afectadas por eventos naturales como ENOS, perjudicando el pre-reclutamiento natural de *A. purpuratus*, lo cual explicaría en parte las depleciones ocurridas en la pesquería de esta especie con posterioridad al ENOS 82-83 en Chile. Así estas bajas en desembarque no solo serían atribuibles a la sobrepesca, sino que también a la desaparición del sustrato de asentamiento que ocasiona este evento, afectando los reclutamientos posteriores, y con ello el deterioro de los bancos naturales de esta especie en el país. La presencia de sustratos de asentamientos que persisten en profundidades con temperaturas aptas para su desarrollo actuarían como zonas de resguardo para el asentamiento de parte de las pediveliger, lo que permite su posterior desarrollo a pre-reclutas, con la talla apropiada para migrar a zonas adecuadas donde se desarrollará y contribuirá al reclutamiento.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó en el marco del proyecto FNDR, Código BIP N° 201278690.

LITERATURA CITADA

- Arsenault DJ, P Girard & JH Himmelman. 1997.** Field evaluation of the effects of refuge use and current velocity on the growth of juvenile Iceland scallops, *Chlamys islandica* (O.F. Mueller, 1776). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 217: 31-45.
- Avendaño M & M Cantillán. 2005.** Growth and population structure of *Argopecten purpuratus* at La Rinconada marine reserve, Antofagasta, Chile. *Ciencias Marinas* 31(3): 491-503.
- Avendaño M & M Cantillán. 2008.** Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en la Reserva Marina la Rinconada: contribución para su manejo. En: Lovatelli A, A Farías & I Uriarte (eds). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Regional de la FAO, Actas de Pesca de la FAO 12: 249-266. FAO, Roma.
- Avendaño M & M Cantillán. 2022.** Post-El Niño 1997-98 response of *Argopecten purpuratus* (Mollusca, Pectinidae) in La Rinconada Marine Reserve (Antofagasta, Chile). *Latin American Journal Aquatic Research* 50(2): 168-180.
- Avendaño M, M Cantillán, G Thouzeau & J Peña. 2007.** Artificial collection and early growth of spat of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), in La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile. *Scientia Marina* 71(1): 197-205.

- Avendaño M, M Cantillán & G Thouzeau. 2017.** Evidence of clandestine harvest and failure of conservation policies for *Argopecten purpuratus* in the Rinconada Marine Reserve (Chile). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 27: 588-603.
- Avendaño M, M Cantillán & JM Riascos. 2019.** The decreasing availability of settlement surfaces affects the transition from larvae to early recruitment of the scallop *Argopecten purpuratus* through El Niño and La Niña episodes. *Frontiers in Marine Science* 6: 630. <doi: 10.3389/fmars.2019.00630>
- Boucher J & JC Dao. 1990.** Repeuplement et forçage du recrutement de la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*). In: Troadec JP (ed). *L'homme et les ressources halieutiques*, pp. 313-358. Ifremer SDP Brest, Plouzané.
- Brand AR. 1991.** Scallop ecology: distributions and behaviour. In: Shumway S (ed). *Scallops: Biology, ecology and aquaculture*, pp. 517-583. Elsevier, New York.
- Cantillán M. 2000.** Reproduction, vie larvaire et pré-recrutement du Pectinidae *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dans la baie d'Antofagasta (Chili). Thèse doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 176 pp.
- Cantillán-Silva M, G Thouzeau & M Avendaño. 2007.** Improving *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) culture in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): Results from the study of larval and post-larval stages in relation to environmental forcing. *Aquaculture* 272: 423-443.
- Dijkstra J & R Nolan. 2011.** Potential of the invasive colonial ascidian, *Didemnum vexillum*, to limit escape response of the sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *Aquatic Invasions* 6(4): 451-456.
- Escribano R & P Hidalgo. 2001.** Circulación inducida por el viento en Bahía de Antofagasta, Norte de Chile (23°S). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(1): 43-60.
- Fonseca M, G Thayer & A Chester. 1984.** Impact of scallop harvesting on Eelgrass (*Zostera marina*) meadows: Implications for management. *North American Journal of Fisheries Management* 4(3): 286-293.
- Gosling E. 2008.** Bivalve molluscs: biology, ecology and culture, 456 pp. John Wiley & Sons, New York.
- Hogg D. 1977.** Natural history of the Northern Chilean scallop, 20 pp. Progress Report, Universidad del Norte, Coquimbo.
- MacDonald PDM & TJ Pitcher. 1979.** Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing Distribution Mixtures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 987-1001.
- Maeda-Martínez AN, T Reinoso-Granados, F Solís-Marín, A Leija-Tristán, D Auriolos-Gamboa, C Salinas-Zavala, D Lluch-Cota & P Ormart-Castro. 1993.** A model to explain the formation of catarina scallop, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), beds, in Magdalena Bay, México. *Aquaculture & Fisheries Management* 24: 323-339.
- Mason J. 1983.** Scallop and queen fisheries in the British Isles, 147 pp. Fishing News Books, London.
- Navarro R, L Sturla, L Cordero & M Avendaño. 1991.** Chile. In: Shumway S (ed). *Scallops: biology, ecology and aquaculture*, pp. 1001-1014. Elsevier, New York.
- Orensanz JM, A Parma O & Iribarne. 1991.** Populations dynamics and management of natural stocks. In: Shumway S (ed). *Scallops: Biology, ecology and aquaculture*, pp 765-867. Elsevier, Amsterdam.
- Padilla M. 1979.** Desarrollo larval del ostión *Chlamys (Argopecten) purpurata*, Lamarck, 1819 en condiciones de laboratorio (Mollusca Pelecypoda). *Ciencia y Tecnología del Mar* 4: 41-52.
- Thouzeau G. 1991.** Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.) en baie de Saint-Brieuc: Processus régulateurs de l'abondance, de la survie et de la croissance des post-larves et juvéniles. *Aquatic Living Resources* 4: 77-99.
- Thouzeau G & D Leahy. 1988.** Variabilité spatio-temporelle de la distribution, de la croissance et de la survie des juvéniles de *Pecten maximus* (L.) issus des pontes 1985, en baie de Saint Brieuc. *Oceanologica Acta* 11(3): 267-283.
- Wolff M. 1988.** Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Marine Ecology Progress Series* 42: 213-217.

Recibido el 7 de enero 2022
Aceptado el 24 octubre 2022