

Short Communication

Reestablecimiento de *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae) en el norte de Chile

Miguel Avendaño¹ & Marcela Cantillán¹

¹Laboratorio de Cultivo y Manejo de Moluscos, Departamento de Acuicultura
Universidad de Antofagasta. P.O. Box 170, Antofagasta, Chile

RESUMEN. Hasta fines del siglo pasado no existían registros de la presencia de *Choromytilus chorus* al norte de los 23°S, pese a antecedentes que señalaban su existencia en épocas pasadas. Ciertos cambios relacionados con las masas de agua costeras de esta zona, habrían generado la ausencia o escasez que presentaba el entorno costero actual. Sin embargo, hace una década atrás, su presencia en el norte de Chile, comienza a tener connotación pesquera. En el presente trabajo se confirma su reestablecimiento en las regiones de Antofagasta y Tarapacá, mediante prospecciones realizadas en seis lugares donde se registró su presencia, así como mediante la captación de semilla en colectores suspendidos. Se indica interacción con *Aulacomya ater*, a la cual ha desplazado a estratos más profundos, mientras que su reestablecimiento, iniciado en las regiones de Atacama y Antofagasta, y que se amplió posteriormente a la región de Tarapacá; permite postular la hipótesis que la dinámica de estos bancos, respondería a una estructura de metapoblación, dado el sistema de corrientes y vientos que predominan en la zona norte, permitiendo la advección larval de poblaciones existentes en la región de Coquimbo.

Palabras clave: recolonización, *Choromytilus chorus*, norte de Chile, Pacífico suroriental.

Reestablishment of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae) in northern Chile

ABSTRACT. Despite indications of its presence in past ages, until the end of the last century, no records showed *Choromytilus chorus* north of 23°S. Certain changes related to coastal water masses in the zone could be responsible for the present lack or scarcity of this species in the coastal area. However, a decade ago, this species appeared in northern Chile in the context of fisheries. This study confirms the re-establishment of *C. chorus* in the Antofagasta and Tarapaca regions through surveys at six sites where the species had been registered and spat collection using suspended collectors. This species has interacted with *Aulacomya ater*, displacing it towards deeper habitats. The re-establishment of *C. chorus* began in the Atacama and Antofagasta regions and later extended to the Tarapaca region. Thus, we hypothesize that the dynamics of these shoals correspond to a metapopulation structure that has allowed larval advection, given the current system and predominant winds in the northern zone, from populations existing in the Coquimbo region.

Keywords: recolonization, *Choromytilus chorus*, northern Chile, southeastern Pacific.

Corresponding author: Miguel Avendaño (mavendano@uantof.cl)

En el norte de Chile, a partir de 1999 se comenzó a observar, la presencia de *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) en la pesca comercial, desembarcándose ese año una tonelada tanto en la zona de Atacama (ca. 27°04'S) como de Antofagasta (ca. 23°37'S) (SERNAPESCA, 1999). Esta cifra se incrementó a 3 ton el año siguiente en Atacama, sin embargo, a partir del 2001, su pesquería se concentró tanto en la zona de Tarapacá (ca. 20°14'S) como de Antofagasta, con

cifras que han variado entre 2 y 86 ton anuales en la primera, y entre 1 y 39 ton en la segunda zona (SERNAPESCA, 2001-2008).

Para constatar y registrar la presencia de este recurso en el norte Grande de Chile, se realizó el 2009 un estudio prospectivo en las localidades de Pisagua, Chanavaya y Chipana (Región de Tarapacá), y en Caleta Punta Arenas, Michilla y Taltal (Región de Antofagasta) (Fig. 1), las cuales fueron seleccionadas

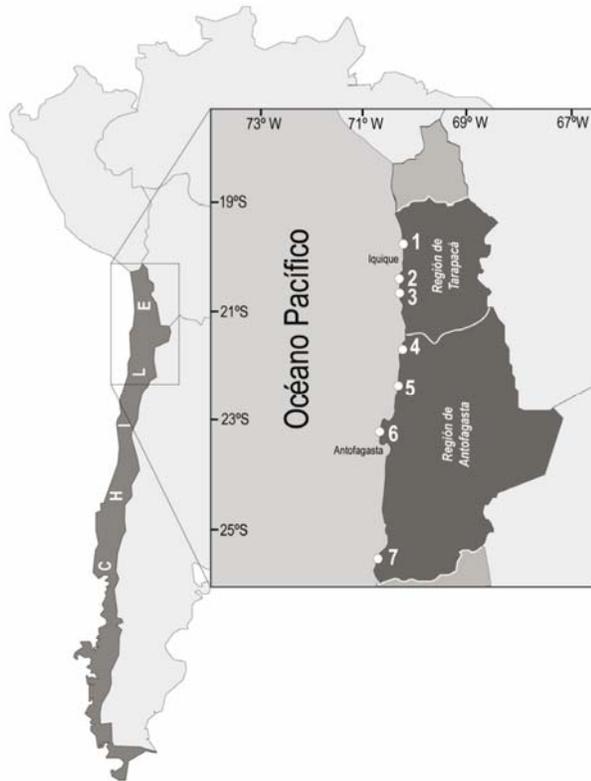


Figura 1. Localización geográfica de las áreas de estudio, en las regiones de Antofagasta y Tarapacá. 1) Pisagua, 2) Chanavaya, 3) Chipana, 4) Caleta Punta Arenas, 5) Michilla, 6) Caleta Errázuriz, 7) Taltal.

Figure 1. Geographic location of the study areas, in the regions of Tarapaca and Antofagasta. 1) Pisagua, 2) Chanavaya, 3) Chipana, 4) Caleta Punta Arenas, 5) Michilla, 6) Caleta Errázuriz, 7) Taltal.

por su accesibilidad y por contar con embarcaciones para realizar los muestreos. En cada una de ellas se definieron tres transectas de buceo separadas entre sí cada 100 m, en las cuales se realizó un recorrido submarino asistido por un ordenador de buceo Beuchat CX 2000, y un compás de buceo Cressy, de 4 a 20 m de profundidad. Tanto en caleta Punta Arenas, como Michilla, la prospección fue acompañada de muestreo extractivo y en cada transecta se extrajeron a los 13, 10, 7 y 4 m de profundidad, todos los ejemplares presentes en una superficie de 0,25 m², utilizando una cuadrata de 0,5 x 0,5 m. Los resultados obtenidos, mostraron que en los seis sitios prospectados existieron poblaciones de *Ch. chorus*, distribuidas entre 4 y 13 m de profundidad, sobre sustrato rocoso (Fig. 2a), semienterrados en fondos mixtos de arena y roca (Fig. 2b), y ocasionalmente sobre fondo de arena fina, como se constató en una de las transectas realizadas en caleta Punta Arenas (Fig. 2c), coincidiendo con lo que se señala para poblaciones de la zona austral de Chile, donde

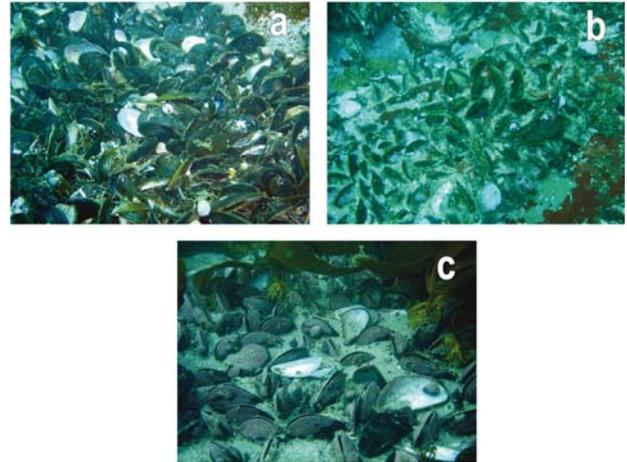


Figura 2. Poblaciones de *Ch. chorus* integradas por individuos adultos, juveniles y semilla, distribuidas sobre a) sustrato rocoso entre 4 y 13 m de profundidad, b) mixto de arena y roca, y c) ocasionalmente sobre fondo de arena.

Figure 2. Population of *C. chorus* composed of adult, young and seed on a) rocky substrate distributed between 4 and 13 m depth, b) mixed sand and rock, and c) occasionally on sandy substrate.

se les indica adheridos a sustratos duros y en bancos de arena (Gajardo *et al.*, 2007). La estructura poblacional observada en los seis sitios, mostró presencia de individuos adultos, juveniles y pre-reclutas (semilla). En caleta Punta Arenas, las tallas fluctuaron entre 8,7 y 143,6 mm, con una media de $66,88 \pm 42,55$ mm, mientras que en Michilla variaron entre 23,42 y 124,15 mm, con una talla media de $71,47 \pm 15,37$ mm.

En forma paralela a la prospección realizada, y considerando antecedentes de la ocurrencia de fijaciones de mitílidos en líneas de cultivo del pectínido *Argopecten purpuratus* (Lamarck), en un centro que operaba en caleta Errázuriz (Antofagasta), en noviembre de 2009 se procedió a instalar colectores de redes desde líneas suspendidas tanto en ese lugar como en caleta Punta Arenas. Los resultados obtenidos en estos colectores, mostraron fijaciones importantes de semilla de *Ch. chorus* en ambos sitios (Fig. 3). La aplicación del programa MIX 3.1.a (Macdonald & Pitcher, 1979), a la talla de la semilla fijada después de 80 días de mantener los colectores en el agua, permitió discriminar en caleta Punta Arenas cinco cohortes asentadas, cuyas tallas medias alcanzaron $5,29 \pm 0,77$ mm para la cohorte C₁; $3,90 \pm 0,39$ mm para la C₂; $2,74 \pm 0,36$ mm para la C₃; $1,63 \pm 0,32$ mm para la C₄, y $0,66 \pm 0,16$ mm para la C₅, que representaron el 13,6; 28,4; 21,0; 11,9 y 25,1% de la semilla fijada respectivamente, mientras que en



Figura 3. Colectores con fijación de semilla de *Ch. chorus* en caleta Errázuriz, Antofagasta.

Figure 3. *Ch. chorus* spat settled on artificial collectors used in caleta Errázuriz, Antofagasta.

caleta Errázuriz, solo se discriminaron dos cohortes, cuyas tallas medias alcanzaron a $0,89 \pm 0,16$ mm para la C_1 , y $0,45 \pm 0,08$ mm para la C_2 , en proporciones de 13 y 87% respectivamente. Los histogramas de frecuencia de talla para este análisis fueron descompuestos según una distribución normal (Avendaño *et al.*, 2006, 2007, 2008).

Mediante las prospecciones, se observó en los sustratos rocosos, que la colonización de *Ch. chorus* en el estrato (4-13 m de profundidad), estaría generando un desplazamiento de una parte importante de la población de *Aulacomya ater* (Molina), que habitualmente se distribuye a partir de los 4 m de profundidad (Gajardo *et al.*, 2007). Los resultados muestran que este recurso, actualmente se estaría distribuyendo a profundidades mayores de 15 m, generándose entre 13 y 15 m, una zona de coexistencia de ambas especies (Fig. 4a), con presencia esporádica de *Ch. chorus* en el veril más profundo de este estrato (Fig. 4b). A pesar que datos históricos para el sector estudiado en caleta Punta Arenas, indicaba la presencia de *A. ater* a partir de 8-13 m de profundidad (Avendaño *et al.*, 1998). Observaciones similares de desplazamiento de una especie nativa, a estratos más profundos, por la aparición de una especie invasora, han sido señaladas por Bownes & McQuaid (2006), respecto a la distribución vertical de *Perna perna* (Linnaeus), especie nativa de la costa sur de Sudáfrica, desplazada a zonas más profundas por *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck), especie que en las últimas dos décadas se ha convertido en un invasor, ampliando su distribución actual a zonas templadas de los

hemisferios norte y sur en gran parte del mundo (Lee & Morton, 1985; McDonald *et al.*, 1991; Anderson *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2008). Bownes & McQuaid (2006) indican además, que en esta distribución, se ha establecido un área de superposición y coexistencia de ambas especies en la zona media, que permite su convivencia a través de la segregación de hábitat parcial, similar a lo observado en el presente estudio para *Ch. chorus* y *A. ater*. Estos mismos autores indican también, la sustitución total de *A. ater*, como especie nativa de la costa oeste de Sudáfrica, por la invasora *M. galloprovincialis*.

El desplazamiento de *A. ater* por parte de *Ch. chorus*, observado en los sitios prospectados, se podría atribuir a una competencia interespecífica más efectiva de este último, considerando que se le ha observado no solo fijándose sobre sustratos filamentosos, sino también en los bisos de ejemplares adultos de su misma especie como de otros mitílidos (Moreno, 1995). La efectividad que muestra *Ch. chorus* en esta competencia, puede verse favorecida por las mayores tasas de crecimiento que presenta respecto de *A. ater*. Se han señalado crecimientos diferenciados entre *Ch. meridionales* y *A. ater*, para poblaciones de Sudáfrica, donde se constata el bajo crecimiento que experimenta *A. ater* (Barkai & Branch, 1989).

Por otro lado, debe señalarse que hasta fines del siglo pasado, no había registros de esta especie al norte de los 29°14'S (Región de Coquimbo) (Bellolio *et al.*, 1996), a pesar que numerosos antecedentes demostraban que fue abundante en el norte de Chile (Ramorino, 1974), y era importante en la dieta de las comunidades costeras pre-hispánicas (Gorriti, 1998). Su disminución o desaparición del extremo norte de su área de distribución pareciera estar relacionada con cambios en las masas de aguas costeras (Llagostera, 1979; Díaz & Ortlieb, 1992; Ortlieb & Guzmán, 1994; Ortlieb *et al.*, 1994; Guzmán *et al.*, 1998). Un evento El Niño ha sido señalado por algunos autores (Díaz & Ortlieb, 1992), como la posible causa de su "desaparición", dada su condición de especie de aguas frías. Por ello, su reaparición en esta zona, podría atribuirse al cambio climático que afecta actualmente la región, el cual habría brindando condiciones necesarias para su reestablecimiento. Los cambios climáticos, se han sucedido en el tiempo aproximadamente cada 120 mil años, desarrollándose con mayor o menor extensión temporal a lo menos cinco veces en los últimos 500 mil años (Jansen *et al.*, 2007). Una de las manifestaciones de estos cambios, se asocia a la temperatura, la cual ha mostrado variaciones muy amplias a escala geológica, con períodos glaciares e interglaciares, que han variado de 21°C hace 10 millones de años, a 7°C hace 10.000

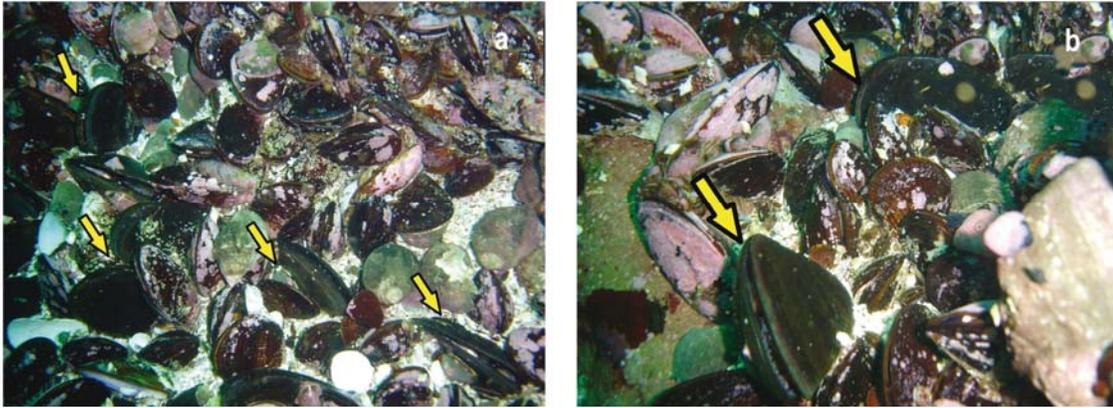


Figura 4. Zona de coexistencia de *Ch. chorus* (↓) y *A. ater*. a) Entre 13 y 15 m de profundidad, b) con presencia esporádica de *Ch. chorus* (↓) a 15 m.

Figure 4. Area coexistence of *Ch. chorus* (↓) and *A. ater*. a) Between 13 and 15 m depth, b) with occasional presence of *Ch. Chorus* (↓) at 15 m.

años; en los últimos 1.000 años su variación ha sido entre 14° y 16°C, con pronósticos muy variados (Yáñez, 2010). Debe indicarse, que a partir del siglo XX las variaciones de la temperatura media global en la superficie terrestre y oceánica, muestran entre 1880 y 1935 un período de enfriamiento importante, seguido de un período frío menos intenso entre 1945 y 1975 (Trenberth *et al.*, 2007). Actualmente, la información satelital de temperatura superficial del mar del período 1978-2004, muestra un claro enfriamiento frente a Chile, en contraposición al calentamiento generalizado de los océanos (Fuenzalida *et al.*, 2007; Yáñez, 2010). Estas condiciones de bajas temperaturas, que en el norte comenzaron a manifestarse marcadamente con posterioridad al evento de El Niño 1997-1998 (Cantillánez *et al.*, 2005; Avendaño *et al.*, 2008), son consecuentes con observaciones de fijaciones de semilla de *Ch. chorus*, ocurridas sobre colectores de ostiones instalados en la reserva marina de La Rinconada (Avendaño, *com. pers.*), y por tanto este factor sería uno de los responsables de su reestablecimiento.

Asociado al cambio de las condiciones ambientales, propicias para el asentamiento y crecimiento de *Ch. chorus* en esta zona, su reaparición podría atribuirse a un transporte larval desde las poblaciones existentes en la región de Coquimbo (Bellolio, 1996), favorecido por el agua Sub-Antártica (ASAA) que fluye hacia el norte. Su reestablecimiento, iniciado en las regiones de Atacama y Antofagasta, ampliándose posteriormente a la región de Tarapacá, y en los últimos años reapareciendo en Ilo-Perú (*ca.* 17°40'S; IMARPE, 2006), permite postular la hipótesis de que la dinámica de estos bancos, estaría respondiendo a

una estructura de metapoblación, en el concepto moderno (Hanski & Simberloff, 1997), que considera a poblaciones espacialmente estructuradas dentro de un ensamblaje de subpoblaciones reproductivamente activas, que tienen algún efecto sobre las demás poblaciones locales, incluyendo, la posibilidad de su restablecimiento después de la extinción. Es así como, para larvas de *Mytilus chilensis* (Hupe) en el sur de Chile, se ha señalado su capacidad de dispersión a grandes distancias, a lo largo de la costa chilena, permitiendo que el proceso de transporte y asentamiento, ocurra dentro de un rango de distribución de metapoblación (Toro *et al.*, 2006).

Debe indicarse que oceanográficamente, la zona norte de Chile, corresponde a un ambiente de transición subtropical. Su orientación geográfica hacia el sur y suroeste y su posición latitudinal la exponen a la confluencia de varios tipos de masas de agua. Entre ellas, la predominante durante un año normal, corresponde a la masa de agua (ASAA), la cual domina los 200 m superiores de la rama costera de la corriente fría de Humboldt que se desplaza hacia el norte. En la zona, el ASAA se mezcla con una menor proporción de aguas subtropicales, de mayor salinidad y temperatura y también periódicamente con aguas más frías que provienen de mayor profundidad, correspondientes a aguas ecuatoriales sub-superficiales, las cuales ascienden hacia la costa debido a procesos de surgencia inducida por los vientos del sur y suroeste (Escribano *et al.*, 2002; Avendaño & Cantillánez, 2008). La predominancia de vientos suroeste en la costa norte de Chile, dominando durante todo el año (Bakun & Nelson, 1991; Pizarro *et al.*, 1994), ha sido considerada la principal fuerza causante de la circulación de aguas someras (0-20 m)

en el océano costero, lo cual favorece la advección de larvas desde el sur, como ha sido señalado para *Concholepas concholepas* (Bruguière) (González *et al.*, 2005).

El transporte y posterior asentamiento larval de *Ch. chorus*, queda demostrado en las fijaciones ocurridas sobre los colectores en caleta Errázuriz (zona desprovista de poblaciones locales), mientras que las diferencias encontradas en las tallas medias, y en el número de cohortes fijadas en ese lugar, respecto a las registradas a un mismo tiempo en caleta Punta Arenas, demostraría la existencia de diferentes grupos larvales presentes a lo largo de esta costa. Ello fortalece la hipótesis planteada anteriormente, al mostrar que la disponibilidad larvaria en un sitio particular, dependerá de las interconexiones que existan entre los diferentes bancos que conforman las metapoblaciones, ligados entre sí por grados variables de dispersión larval, abiertos al reclutamiento originado en otras regiones (Narvarte, 2001). Distribuciones importantes de larvas del pectínido *Pecten maximus* (Linnaeus), en tamaño y densidad en áreas desprovistas de progenitores, han sido explicadas para el Canal de la Mancha, por un transporte horizontal que generan las mareas y vientos, desde otros sitios de desove (Boucher & Dao, 1990). Además, diversos autores (Caley *et al.*, 1996; Warner, 1997; Neubert & Caswell, 2000; Strathmann *et al.*, 2002; Palumbi, 2004; Harley *et al.*, 2006; Becker *et al.*, 2007), consideran que el conocimiento cuantitativo de conectividades larvales ha revolucionado la comprensión de una amplia gama de asuntos, incluyendo la dinámica de poblaciones marinas, los procesos de extinción local y de nuevas colonizaciones, las escalas de adaptación, el diseño de reservas marinas, la propagación de especie invasoras y la respuesta de las especies al cambio climático.

Se debe señalar finalmente, que si bien la reaparición de *Ch. chorus*, en la costa del norte de Chile, se puede entender como un efecto positivo del cambio global que se está produciendo, su sometimiento a un régimen de pesquería, bajo normativas que rigen para este recurso, basadas en antecedentes obtenidos en poblaciones de la zona austral (Decreto Supremo N°136/86), sin conocer su ciclo ontogénico en el actual sistema ecológico en que se encuentra en el norte de nuestro país, pone en serio riesgo su permanencia, considerando que su distribución vertical (4 a 13 m), favorece su extracción por parte de buzos mariscadores. Debe indicarse que la alta presión extractiva a la cual estuvieron sometidos los bancos naturales de este recurso en la zona sur, desde al menos 1938 hasta 1960, produjo su casi extinción, situación que generó la necesidad de desarrollar su cultivo, con el fin de repoblar y vigilar

sus bancos naturales; sin embargo, a la fecha, su cultivo aún no se ha desarrollado. Tampoco se tiene antecedentes claros, del efecto que su interacción está provocando sobre otros recursos “nativos actuales” de esta zona de Chile, considerando lo observado con *A. ater*, cuyo desembarque además, ha descendido hasta un 57,7% en la región de Tarapacá, y hasta un 6,4% en la de Antofagasta, luego de la aparición de *Ch. chorus* (SERNAPESCA, 1999-2008). Todo esto amerita emprender estudios de mayor profundidad, para comprender el funcionamiento de estas poblaciones que permitan establecer estrategias adecuadas de explotación sustentable con estos recursos en la zona norte de Chile.

REFERENCIAS

- Anderson, A.S., A.L. Bilodeau, M.R. Gilg & T.J. Hilbish. 2002. Routes of introduction of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) to Puget Sound and Hood Canal, J. Shellfish. Res., 21: 75-79.
- 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: A. Lovatelli, A. Farías & I. Uriarte (eds.). Taller Regional de la FAO sobre el estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Actas de Pesca de la FAO, N° 12. FAO, Roma, pp. 249-266.
- Avendaño, M., M. Cantillán & J. Peña. 2006. Effect of immersion time of cultch on spatfall of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) in the marine reserve at La Rinconada, Antofagasta, Aquacul. Int., 14: 267-283.
- Avendaño, M., M. Cantillán & G. Thouzeau. 2008. Effects of culture depth on survival and growth of *Argopecten purpuratus* spat (Lamarck, 1819) in artificial collectors in northern Chile. Aquacul. Int., 16: 377-391.
- Avendaño, M., M. Cantillán, A. Olivares & M. Oliva. 1998. Indicadores de agregación reproductiva de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) en Caleta Punta Arenas, Región de Antofagasta-Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 26: 15-20.
- 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. Sci. Mar., 71(1): 197-2005.
- Bakun, A. & C.S. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical Eastern Boundary current region. J. Phys. Oceanogr., 21: 1815-1834.

- Barkai, A. & G.M. Branch. 1989. Growth and mortality of the mussels *Choromytilus meridionalis* (Krauss) and *Aulacomya ater* (Molina) as indicators of biotic conditions. *J. Moll. Stud.*, 55: 329-342.
- Becker, B.J., L.A. Levin, J.F. Fodrie & P. McMillan. 2007. Complex larval connectivity patterns among invertebrate populations. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104(9): 3267-3272.
- Bellolio, C., P. Toledo & E. Dupré. 1996. Desarrollo larvario de *Choromytilus chorus* en condiciones de laboratorio. *Sci. Mar.*, 60(2-3): 353-360.
- Boucher, J. & J.C. Dao. 1990. Repeuplement et forçage du recrutement de la coquille Saint-Jaques (*Pecten maximus*). En: J.P. Troadec (ed.). *L'homme et les ressources halieutiques*. SDP. IFREMER, France, pp. 313-357.
- Bownes, S.J. & C.D. McQuaid. 2006. Will the invasive mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck replace the indigenous *Perna perna* L. on the south coast of South Africa? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 338: 140-151.
- Caley, M.J., M.H. Carr, M.A. Hixon, T.P. Hughes, G.P. Jones & B.A. Menge. 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 27: 477-500.
- Cantillán, M., G. Thouzeau & M. Avendaño. 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): response to environmental effects of El Niño and La Niña. *Aquaculture*, 246: 181-195.
- Díaz, A. & L. Ortlieb. 1992. El Fenómeno "El Niño" y los moluscos de la costa peruana. In: L. Ortlieb & J. Macharé (eds.). *Extended abstracts. ORSTOM-CONCYTED*, Lima, pp. 73-79.
- Escribano, R., V.H. Marín, P. Hidalgo & G. Olivares. 2002. Physical-biological interactions in the pelagic ecosystem of the nearshore zone of the northern Humboldt Current System. In: J.C. Castilla & J.L. Largier (eds.). *The Oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 145-175.
- Fuenzalida, H., P. Aceituno, M. Falvey, R. Garreaud, M. Rojas & R. Sánchez. 2007. Study on climate variability for Chile during the 21st century. In: *Technical Report of the National Environmental Committee*, Santiago, Chile. <http://www.dgf.uchile.cl/PRECIS>.
- Gajardo, G., R. Galleguillos, J. Toro & J. Gallardo. 2007. Caracterización genética de los principales recursos pesqueros de Chile. Informe Final FIP N° 2006-52: 243 pp.
- González, J., C. Tapia, A. Wilson, W. Stotz, J.M. Orensanz, A. Parma, J. Valero, M. Catrileo & J. Garrido. 2005. Bases biológicas para la evaluación y manejo de metapoblaciones de loco en la III y IV Regiones. Informe Final FIP N° 2002-16: 338 pp.
- Gorriti, M.M. 1998. Algunos alcances sobre la investigación malacológica arqueológica. *Boletín Museo Arqueología y Antropología – UNMSM, Perú*, 1(4): 4-5.
- Guzmán, N., S. Saa & L. Ortlieb. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastrópoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23°S (Chile). *Estud. Oceanol.*, 17: 17-86.
- Hanski, I. & D. Simberloff. 1997. The metapopulation approach, its history, conceptual domain and application to conservation. En: I. Hanski & M.E. Gilpin (eds.). *Metapopulation biology*. Academic Press, London, pp. 5-26.
- Harley, C.D.G., R.A. Hughes, K.M. Hultgren, B.G. Miner, C.J. Sorte, C.S. Thornber, L.F. Rodríguez, L. Tomanek & S.L. Williams. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol. Lett.*, 9: 228-241.
- Instituto del Mar del Perú (IMARPE). 2006. Bancos naturales de las regiones Moquegua y Tacna. Informe. Instituto del Mar del Perú. Laboratorio Costero de Ilo, 64 pp.
- Jansen, E., J. Overpeck, K.R. Briffa, J.C. Duplessy, F. Joos, V. Masson-Delmotte, D. Olago, B. Otto-Bliesner, W.R. Peltier, S. Rahmstorf, R. Ramesh, D. Raynaud, D. Rind, O. Solomina, R. Villalba & D. Zhang. 2007. Palaeoclimate. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.). *Climate Change 2007: The physical science basis. contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 435-497.
- Lee, S.Y. & B. Morton. 1985. The introduction of the Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis* into Hong Kong. *Malacol. Rev.*, 18: 107-109.
- Llagostera, A. 1979. Ocupación humana en la costa norte de Chile asociada a peces local-extintos y a litos geométricos: 9680±160 A.P. *Actas del VII Congreso Nacional de Arqueología de Chile*, pp. 92-113.
- MacDonald, P.D.M. & T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 36: 987-1001.
- MacDonald, J.H., R. Seed & R.K. Koehn. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern Hemispheres. *Mar. Biol.*, 3: 323-333.
- Moreno, C. 1995. Macroalgae as a refuge from predation for recruits of the mussel *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) in southern Chile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 191: 181-193.

- Narvarte, M., E. Félix-Pico & L. Ysla-Chee. 2001. Asentamiento larvario de pectínidos, en colectores artificiales. En: A.N. Maeda-Martínez (ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamerica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa, México, pp. 173-192.
- Neubert, M.G. & H. Caswell. 2000. Demography and dispersal: calculation and sensitivity analysis of invasion speeds for structured populations. *Ecology*, 8: 1613-1628.
- Ortlieb, L., N. Guzmán & M. Candia. 1994. Moluscos litorales del pleistoceno superior en el área de Antofagasta, Chile: primeras determinaciones e indicaciones paleoceanográficas. *Estud. Oceanol.*, 13: 57-63.
- Ortlieb, L. & N. Guzmán. 1994. La malacofauna pleistocena de la región de Antofagasta: variaciones en la distribución biogeográfica y potencial paleoceanográfico. *Actas VII Congreso Geológico Chileno*. Concepción, 1994, volumen I, pp. 498-502.
- Palumbi, S.R. 2004. Marine reserves and ocean neighborhoods: the spatial scale of marine populations and their management. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 29: 31-68.
- Pizarro, O., S. Hormazábal, A. González & E. Yáñez. 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 22: 85-101.
- Ramorino L. 1974. Biología de moluscos cultivados en America Latina. *Actas del Simposio sobre Acuicultura en America Latina*, Montevideo, Uruguay. *FAO Inf. Pesca*, 159(2): 130 pp.
- Ruiz, M., E. Tarifeño, A. Llanos-Rivera, C. Padget & B. Campos. 2008. Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y larval del mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 43(1): 51-61.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 1999-2008. Anuarios Estadísticos de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Chile.
- Strathmann, R.R., T.R. Hughes, A.M. Kuris, K.C. Lindeman, S.G. Morgan, J.M. Pandolfi & R.R. Warner. 2002. Evolution of local recruitment and its consequences for marine populations. *Bull. Mar. Sci.*, 70: 377-396.
- Toro, J.E., G.C. Castro, J.A. Ojeda & A.M. Vergara. 2006. Allozymic variation and differentiation in the Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis*, along its natural distribution. *Genet. Mol. Biol.*, 29(1): 174-179.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein-Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden & P. Zhai. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 237-336.
- Yáñez, E. 2010. Cambio climático y pesquerías en Chile. www.technopress.cl. Revisado: 6 mayo 2010.
- Warner, R.R. 1997. Evolutionary ecology: how to reconcile pelagic dispersal with local adaptation. *Coral Reefs*, 16: 115-120.

Received: 5 October 2010; Accepted: 23 May 2011