

*Research Article*

## Comparación del crecimiento de *Argopecten purpuratus* entre cohortes obtenidas de captación de larvas en ambiente natural y de hatchery

Eduardo P. Pérez<sup>1,2</sup> Carlos Azócar<sup>1</sup>, Andrea Araya<sup>1,3</sup>, Orlando Astudillo<sup>2</sup> & Marcel Ramos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte  
P.O. Box 117, Coquimbo, Chile

<sup>2</sup>Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), P.O. Box 599, La Serena, Chile

<sup>3</sup>Instituto de Fomento Pesquero, Av. Blanco 839, Valparaíso, Chile

**RESUMEN.** En Chile los cultivos del ostión del norte *Argopecten purpuratus* han sido desarrollados intensivamente a partir de la captación de semillas en ambiente natural y desde principios de 1980 con semillas obtenidas en hatchery. Para aportar información sobre el desempeño de semillas de ostión del norte en este estudio se comparó, mediante ANCOVA, el crecimiento en longitud entre cohortes producidas a partir de semillas de ambiente natural y de hatchery en Tongoy, Chile. Se evaluó la consistencia de esta comparación en distintos años y estaciones, comparándose parejas de cohortes producidas simultáneamente en los años 2003 (primavera), 2005 (invierno) y 2006 (verano). El análisis estadístico mostró que existen diferencias estadísticas significativas entre cohortes obtenidas en ambiente natural y aquellas obtenidas en hatchery. La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas entre CN<sub>2003</sub> y CH<sub>2003</sub> como también entre CN<sub>2005</sub> y CH<sub>2005</sub>, pero no así entre CN<sub>2006</sub> y CH<sub>2006</sub>. Estas diferencias indican que las cohortes de semillas de ambiente natural crecieron más rápido que las de hatchery. La comparación interanual evidenció diferencias estadísticas significativas. Estos resultados son discutidos a la luz de dos factores: la temperatura de cultivo y la heterocigocidad de la población de cultivo.

**Palabras clave:** ostión, semillas, ambiente natural, hatchery, crecimiento, norte de Chile.

## Comparison of growth among cohorts obtained *Argopecten purpuratus* larval recruitment in natural and hatchery

**ABSTRACT.** In Chile crops of the northern scallop *Argopecten purpuratus* have been developed intensively from seeds obtained in natural environment, and since 1980 from hatchery's seed, when this technique could be controlled and developed. In order to provide information on the performance of seeds of northern scallops in this study growth in length between cohorts produced from seeds obtained in natural environment (CN) and hatchery (CH) in Tongoy (Chile) was compared using ANCOVA. We assessed the consistency of this comparison in different years and seasons. The compared cohorts are pairs of cohorts produced simultaneously in the years 2003 (spring), 2005 (winter) and 2006 (summer). Statistical analysis showed that there are significant statistical differences between cohorts obtained from natural environment and those obtained in hatchery. The Tukey's test showed differences between CN<sub>2003</sub> and CH<sub>2003</sub> and also between CN<sub>2005</sub> and CH<sub>2005</sub>, while there were no significant differences between CN<sub>2006</sub> and CH<sub>2006</sub>. These differences indicate that the cohorts of natural environment seeds grew faster than those of hatchery. Inter annual comparison showed significant statistical differences. These results are discussed in terms of the cultivation temperature and the heterozygosity for the growing population.

**Keywords:** scallops, seeds, environment, hatchery, growth, northern Chile.

---

Corresponding author: Eduardo P. Pérez (eperez@ucn.cl)

### INTRODUCCIÓN

Los elevados niveles de sobreexplotación observados en poblaciones naturales sometidas a explotación

comercial, ha llevado a plantear la posibilidad de generar juveniles en laboratorios (hatcheries). Tal ha sido el caso, por ejemplo, de salmonideos en el hemisferio norte (*i.e.* Jonsson *et al.*, 2003; Smith,

2011) o de abalones en Australia (Chick, 2010). Dado el alto costo de esos programas ha sido imperativo evaluar el comportamiento en el ambiente natural de las semillas producidas en hatchery, en términos de supervivencia y crecimiento, como una manera de conocer el potencial impacto de tales programas de producción. Los resultados han sido variados; así en cuanto a crecimiento, la evidencia muestra que las semillas obtenidas en el ambiente suelen crecer mejor que las de hatchery, al mismo tiempo que muestran una mayor supervivencia, aunque en algunos casos los resultados entre ambos tipos de semilla han sido similares. Para superar este menor desempeño, se han propuesto mejoras a la fase de producción en laboratorio (enriched hatchery), por ejemplo, ver Tatara *et al.* (2009).

En Chile los cultivos del ostión del norte *Argopecten purpuratus* han sido desarrollados intensivamente a partir de captación de semillas en ambiente natural y desde principios de 1980 con semillas obtenidas en hatchery, cuando su técnica pudo ser controlada y desarrollada (Di Salvo *et al.*, 1984). Una de las zonas más usadas para estas prácticas ha sido la bahía de Tongoy. Para esta localidad, la situación del banco natural de ostión del norte y el desarrollo de la actividad acuícola fue descrita previamente por Stotz (2000), quien concluye que probablemente gran parte de la población natural presente en la bahía sea descendiente de ostiones de cultivo. El mismo autor señala que, dado que en cultivo los animales de mayor crecimiento son cosechados tempranamente y los de menor crecimiento permanecen más tiempo en los sistemas suspendidos, son probablemente estos últimos los que más contribuyen al reclutamiento al banco natural y al proceso de captación de semillas en bolsas colectoras Pereira (2004). Según Stotz (2000), esta situación implica el riesgo de una selección negativa, ya que esta práctica de cosechar primero a los individuos de mayor crecimiento altera la variabilidad genética de la población, favoreciendo una menor velocidad de crecimiento.

En términos económicos el crecimiento de los individuos es un evento importante para el cultivo, ya que la disponibilidad de biomasa, tanto en cantidad como en calidad, puede afectar la rentabilidad y sustentabilidad de las empresas en el tiempo (Pérez, 2010). En *A. purpuratus* el crecimiento puede ser afectado tanto por factores bióticos como abióticos (Mendo & Wolff, 2003; Tarazona *et al.*, 2007). Entre los bióticos está la disponibilidad de alimento y la composición de la dieta (Navarro *et al.*, 2000), mientras que entre los abióticos la temperatura y concentración de oxígeno disuelto han sido men-

cionado como importantes (Wolff, 1987; González *et al.*, 1999). Otro de los factores que influyen en las tasas de crecimiento son los eventos a gran escala como El Niño y La Niña. Mendo & Jurado (1993) reportan una tasa de crecimiento de  $0,53 \text{ mm mes}^{-1}$  en bancos naturales durante un evento del Niño moderado en 1987-88, mientras el crecimiento en sistemas de cultivo suspendidos presentó una tasa mayor ( $2,9 \text{ mm mes}^{-1}$ ). Por otra parte, Wolff (1981) y Yamashiro & Mendo (1988) reportaron, en periodos fríos, tasas menores de crecimiento con valores entre  $0,41$  y  $0,52 \text{ mm mes}^{-1}$ . En el caso de *A. purpuratus*, temperatura por sobre los  $20^{\circ}\text{C}$  se asocia con mayores tasas de crecimiento ( $K = 2,68 \text{ año}^{-1}$  para bahía Paracas en Perú; Wolff, 1987). En contraste, menores temperaturas muestran menores crecimientos. En este sentido, para la zona de Coquimbo en Chile, se han reportado temperaturas promedios cercanas a  $14,5^{\circ}\text{C}$  (Broitman *et al.*, 2001) se han estimado valores de  $K$  de  $0,35 \text{ año}^{-1}$  (Wolff & Garrido, 1991).

Por otra parte, en pectínidos se ha comparado el crecimiento principalmente desde el punto de vista del origen geográfico de la semilla. Las variaciones en las tasas de crecimiento que muestra entre sitios, estaciones del año y profundidad, se deberían a factores ambientales como la temperatura y disponibilidad de alimento (Bricelj & Shumway, 1991; Emerson *et al.*, 1994; Lodeiros *et al.*, 2001) que pueden determinar diferencias en el crecimiento y rendimiento en peso. Valladares (1992) cultivó bajo las mismas condiciones individuos de *Chlamys patagonica* provenientes de distintas localidades encontrando diferencias en la tasa de crecimiento, indicando que el origen de tales diferencias puede ser atribuido a aspectos genéticos. Con una metodología similar, la misma conclusión ha sido reportada para *A. purpuratus* por Jollán (1993) y Cisneros *et al.* (2008).

En *A. purpuratus*, un aspecto menos estudiado es comparar el crecimiento de semillas captadas en el medio natural *versus* aquellas producidas en hatchery. La generación de juveniles de ostión del norte en hatchery proporciona una buena posibilidad de evaluar el crecimiento de cohortes generadas en la misma localidad, pero se diferencian en el tratamiento previo dado a los parentales, dado a que han estado sometidos a condiciones ambientales diferentes. Muchas empresas productoras obtienen semillas a través de la producción en hatchery, para asegurar su abastecimiento en cualquier época del año. En relación a la captación natural, la producción en laboratorio genera una semilla de mayor costo (Vásquez, 2009), que a su vez requiere de una mayor inversión por parte de la empresa, pero se hace con la expectativa de obtener un mayor beneficio económico a través de una

producción continua. Para que esto sea viable, se debiera esperar una mayor tasa de crecimiento o de supervivencia, para reducir el periodo de cultivo, obtener mejores calibres o bien aumentar el volumen de producción. Sin embargo, la evidencia disponible no es concluyente respecto del efecto del origen de la semilla sobre el crecimiento. Cisneros *et al.* (2008) mostraron que en Perú, semillas de hatchery tuvieron una mayor tasa de crecimiento que las captadas en el medio natural. Para la bahía de Tongoy, Vásquez (2009) reportó que semillas obtenidas en hatchery crecieron a una tasa mayor que las obtenidas en ambiente natural, aunque la diferencia no fue significativa.

Con el fin de aportar información sobre el desempeño de semillas de ostión del norte en este estudio se comparó el crecimiento en longitud entre cohortes producidas a partir de semillas de ambiente natural y de hatchery. Con el fin de evaluar la consistencia de esta comparación en distintos años y distintas estaciones, se compararon parejas cohortes producidas simultáneamente en los años 2003 (primavera), 2005 (invierno) y 2006 (verano).

## MATERIALES Y METODOS

*A. purpuratus* es un bivalvo pectínido de importancia comercial, que habita en el Pacífico suroriental a lo largo de la costa de Perú y Chile (Fig. 1). Su distribución abarca desde Paita, Perú (5°S), hasta Valparaíso, Chile (33°S) y en Chile se concentra entre las zonas de Antofagasta (23°25'S) y Coquimbo (30°S) (Thebault *et al.*, 2008).

### Origen de la información

La información, fue recopilada entre noviembre de 2003 y febrero de 2007 y procede de los registros de una empresa de cultivos del ostión del norte *A. purpuratus* en bahía Tongoy (Coquimbo, Chile) (Fig. 1). La empresa colecta post-larvas (semillas) de ostión desde el ambiente natural y además posee un hatchery desde el cual complementa las necesidades de semillas para sus metas de producción.

### Obtención y cultivo de las semillas

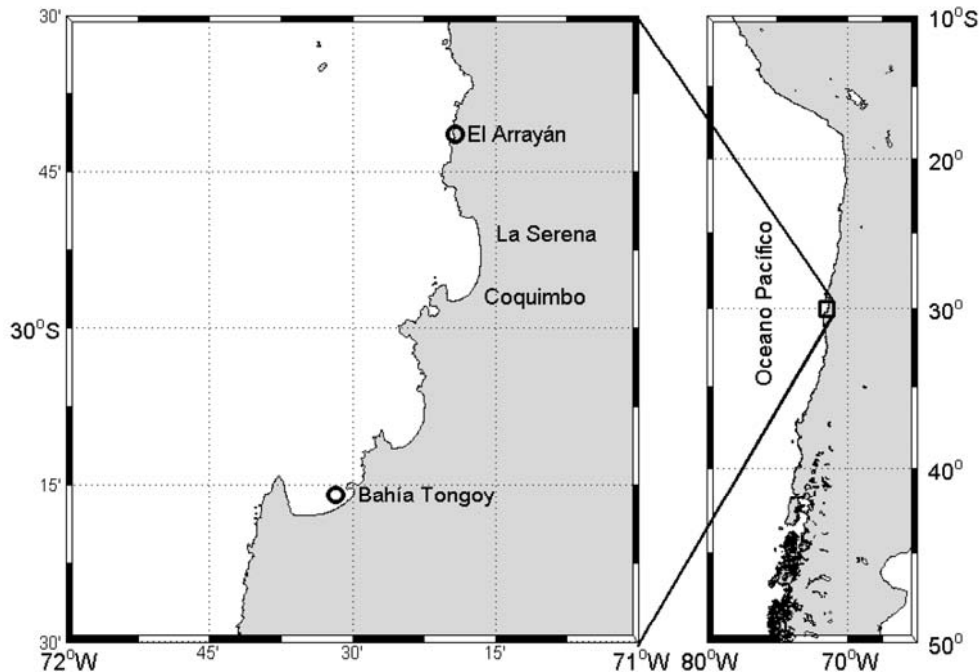
La captación de post-larvas se realiza según el procedimiento convencional (Pereira, 2004) en bolsas de netlón. Las semillas provenientes de hatchery fueron obtenidas mediante la técnica estándar de producción (Di Salvo *et al.*, 1984).

Luego de alrededor de cuatro meses en bolsas colectoras y posterior a un proceso denominado "retorno", las semillas fijadas son separadas por

tamaño cuando alcanzan los 6,5 mm en promedio. En esta fase son separadas en tres grupos de tamaño usando tamices de distinta abertura. Así los individuos mayores a 9 mm corresponden a la "selección 1" (S1), mayores de 6 y menores a 9 mm a "selección 2" (S2) y los menores a 6 mm a "selección 3" (S3). Una vez separados por tamaño son llevados a longlines de cultivo diferentes, desagregando espacialmente la cohorte. Así, un mismo longline puede contener grupos de la misma categoría de selección (S1, S2 o S3), pero de cohortes diferentes. A cada uno de estos grupos de cohortes distintas ("familias" en la terminología de la empresa) se les asigna un código, de manera tal que aunque esté espacialmente desagregada la cohorte a lo largo de su fase de cultivo, se puede realizar una trazabilidad de un grupo de individuos que son cosechados y entran al proceso de maquila a fin de terminar la familia que le dio origen al momento de la fijación, ya sea en ambiente natural o en hatchery. Astudillo & Araya (*com. pers.*) crearon los algoritmos que permiten ir reconstruyendo la cohorte desde el momento de la cosecha hasta el momento en que la "familia" fue registrada por primera vez en su fase de semilla.

Esta trazabilidad permite identificar y reagrupar todos aquellos grupos S1, S2 y S3 en cualquier tiempo, obteniendo la talla promedio ( $\bar{x}$ ) y su desviación estándar (DS). Así, siguiendo la longitud promedio en el tiempo es factible analizar las tasas instantáneas de crecimiento y el patrón general mediante una curva de crecimiento, a través de una técnica estándar (*i.e.* Pérez, 2010). Sin embargo, a partir de la fase de "retorno" se comete un error metodológico sistemático al describir las medidas de tendencia central de estos tres grupos mediante la media y la desviación estándar. Tal como muestra la Figura 2, si bien es esperable que la distribución de tamaños de una cohorte presente una distribución normal (Sparre & Venema, 1997; Galucci *et al.*, 1996), al dividirla en tres grupos, claramente cada uno de ellos no posee una distribución normal, distorsionándose artificialmente el coeficiente de variación (CV), que indica la relación entre media y desviación estándar. De un coeficiente de variación de 13,3 al dividir la cohorte en tres grupos con idéntico número de individuos la relación entre  $\bar{x}$  y DS se altera y la media calculada para cada grupo no da cuenta de la distribución en cada grupo.

Desafortunadamente, los registros de frecuencias no fueron almacenados, quedando únicamente el dato de promedio y desviación estándar de cada grupo  $S_n$ , por lo cual el proceso de trazabilidad puede únicamente ubicar en el espacio y en el tiempo las medidas de tendencia central, incorrectamente



**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio.

**Figure 1.** Geographical location of the study site.

calculadas como lo demuestra la Figura 2. Dada esta limitación, se asumió que cada media presente en la base de datos, representa la medida correcta de longitud de un mismo grupo de individuos a través del tiempo (Fig. 2).

### Fase de cultivo de juveniles

El cultivo posterior se desarrolló mediante el protocolo estándar de cultivo (Araneda, 2000) pasando de la etapa anterior en bolsas colectoras a las etapas de cultivo descritas en la Tabla 1. Tanto las semillas obtenidas en ambiente natural como en hatchery fueron cultivadas simultáneamente, por lo tanto estuvieron sometidas a idénticas condiciones ambientales de temperatura y concentración de alimento.

### Estimación de parámetros de crecimiento

Durante la fase de cultivo en bolsas colectoras no se realizan muestreos de longitud, lo que hace que para las semillas captadas desde el medio haya solo una edad aproximada que puede ser conocida a partir de la fecha de calado de las bolsas colectoras, la que coincide con la época de disponibilidad de larvas en el agua (Pereira, 2004). Sin embargo, dado que el asentamiento no se produce el mismo día del calado esta edad aproximada debe ser corregida. Esta corrección se logró utilizando la ecuación propuesta

por Estévez (1992) que relaciona la longitud de un individuo durante los primeros días post-fijación,

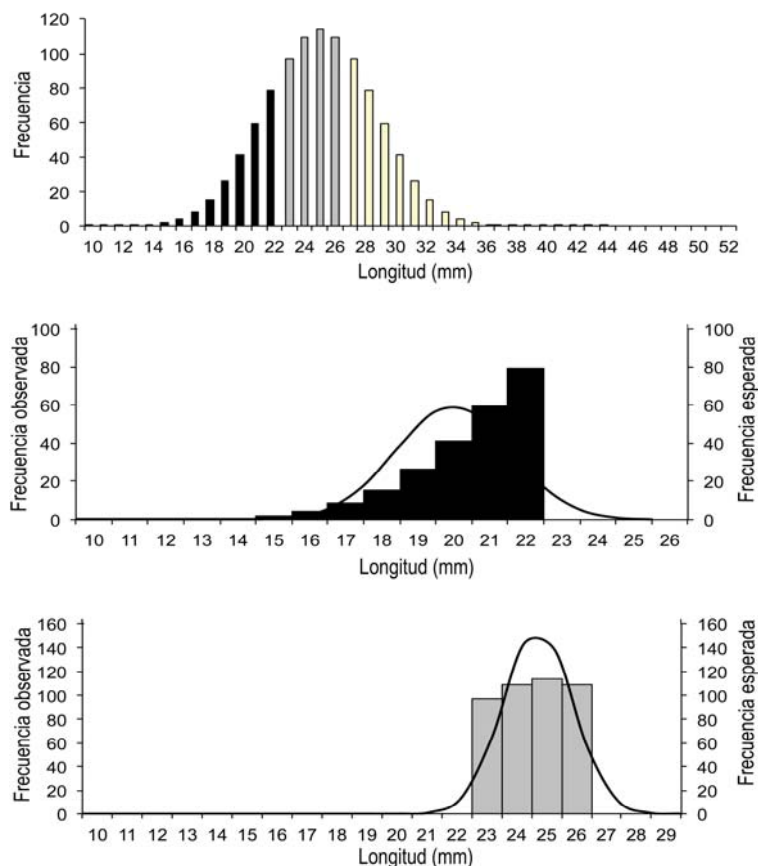
$$\log(\text{Longitud}) = 1,825 + 0,017622 \cdot \text{días} \quad (1)$$

Para el caso de las semillas obtenidas en hatchery, la edad exacta de los individuos es conocida, dado que se conoce la fecha de la fecundación y fijación. Así, se rastrearon las parejas de datos de edad-longitud a distintos tiempos para una misma cohorte.

A partir del cultivo en *pearl nets* los individuos fueron medidos regularmente (longitud de concha) en milímetros con un pie de metro de precisión 0,1. La información de edad-longitud fue procesada utilizando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Hilborn & Walters, 1991) ECVB, la cual es un buen descriptor del crecimiento en esta especie y ha sido ampliamente utilizada para describir el crecimiento de *A. purpuratus* (Wolff, 1987; Wolff & Garrido, 1991; Mendo & Jurado, 1993; Thébault *et al.*, 2008). Esta ecuación establece que la longitud a cualquier edad ( $L_t$ ) depende sólo de la edad ( $t$ ), de la longitud máxima promedio ( $L_\infty$ ), del coeficiente de Brody ( $K$ ) y de la edad teórica a la cual la longitud fue cero ( $t_0$ )

$$L_t = L_\infty \cdot \left[ 1 - \exp(-K \cdot (t - t_0)) \right] \quad (2)$$

dado que la longitud al momento de la metamorfosis es de unas 250  $\mu\text{m}$  (Estévez, 1992), el valor de  $t_0$  se ajustó a cero y sólo los parámetros  $L_\infty$  y  $K$  fueron



**Figura 2.** Representación esquemática del error descrito en el texto al momento de describir las medidas de tendencia central de los grupos seleccionados al momento del retorno. Cada grupo representa porciones de una distribución normal, pero que son descritos individualmente a través de la media y la desviación estándar generando distorsiones en el análisis (para detalles ver el texto). CV: el coeficiente de variación. (13,3 en el gráfico superior, 7,8 en el central y 4,5 en el inferior).

**Figure 2.** Schematic representation of the error described in the text at the time to describe the measures of central tendency of the groups selected at the time of the return. Each group represents portions of a normal distribution, but they are described individually through the middle and generating standard deviation distortions in the analysis (see text for details). CV: coefficient of variation. (13.3 for upper, 7.8 in middle, and 4.5 in lower graph).

estimados a través del método de los mínimos cuadrados, usando como función objetivo

$$\min \rightarrow (L_{obs} - L_{esp})^2 \quad (3)$$

en ordena evaluar las consistencias en la estimación de los parámetros para cada año de cultivo y para cada fuente de origen de la semilla se empleó el índice de crecimiento estándar  $\Phi'$  (Pauly, 1991; Sparre & Venema, 1997).

$$\phi' = \log(K) + 2 \cdot \log(L_{\infty}) \quad (4)$$

Este índice establece una relación inversa entre el parámetro  $K$  y  $L_{\infty}$  de la ecuación (2). De acuerdo a la teoría (Pauly, 1991) a mayor  $K$ ,  $L_{\infty}$  disminuye. Sin embargo, la relación entre ambos parámetros es una constante ( $\Phi'$ ). La estabilidad en el valor de  $\Phi'$  entre

las distintas estimaciones fue considerada como prueba de un ajuste consistente. Evidencia de esta relación inversa entre estos parámetros es aportada también por Menesguen & Dreves (1987) y Pérez (2010).

### Cohortes analizadas

Tres parejas de cohortes (C) obtenidas en ambiente natural (CN) y en hatchery (CH) fueron comparadas en cuanto a su crecimiento en longitud. Se obtuvieron datos de cohortes nacidas en noviembre de 2003 (CN<sub>2003</sub> y CH<sub>2003</sub>), julio de 2005 (CN<sub>2005</sub> y CH<sub>2005</sub>) y enero de 2006 (CN<sub>2006</sub> y CH<sub>2006</sub>). El periodo de cultivo para estas cohortes fue noviembre 2003-abril 2005, julio 2005-febrero 2007 y enero 2006-febrero 2007, respectivamente.

**Tabla 1.** Descripción de las fases y sistemas de cultivo del ostión del norte.**Table 1.** Description of the phases and the northern scallop's farming systems.

Etapa	Tamaño Ingreso (mm)	Tiempo aproximado de permanencia (meses)	Densidad por piso (ind)	Tipo de sistema
1	-	4	-	Bolsa colectora
2	10	3	150	Pearl net
3	25	3	100	Linterna
4	40	3	70	Linterna
5	55	3	30	Linterna
6	85	6	cosecha	Chinguillo

### Análisis estadístico

Inicialmente el propósito principal fue mostrar similitudes o diferencias entre pares de cohortes nacidas al mismo tiempo (pero que sus semillas tienen distinto origen) sometidas a las mismas condiciones de cultivo, para aislar el efecto de la componente ambiental, es decir, hacer evaluaciones intranuales y no necesariamente a escala interanual, aunque sí es posible realizar esta última comparación.

En orden a evaluar diferencias significativas entre las curvas de crecimiento se aplicaron dos métodos. El primero consistió en linearizar la ECVB.

$$-\ln\left[1 - \frac{L_t}{L_\infty}\right] = Kt_0 - Kt \quad (5)$$

Este método permitió la evaluación de posibles diferencias a través de un análisis de ANCOVA. Así, diferencias en el valor del parámetro K pueden ser detectadas. El otro método usado fue la prueba F (Chen *et al.*, 1992; Andrade & Pérez, 2004). Aunque cada punto no representa la medición de un individuo, sino de varios, que fueron agrupados y descritos incorrectamente mediante el valor de un promedio como se mencionó anteriormente, el análisis estadístico es útil ya que en el caso de no haber diferencias la certeza de que realmente son iguales es mayor, ya que cuando los individuos fueron agrupados la varianza fue reducida artificialmente (*e.g.* Fig. 2). Así, la dispersión real de los valores de longitud a la edad debe ser más grande que aquella representada en la base de datos de la empresa. Como prueba de comparación *a posteriori* se usó una prueba de Tukey (Zar, 1999).

### Información de temperatura

Se dispuso de información complementaria de temperatura del mar a 10 m de profundidad en la concesión de la empresa de cultivo para gran parte del

período comprendido en este estudio. Sin embargo, en dicha base de datos no hay información para los períodos comprendidos entre el 27/7/04-26/10/04, 22/3/05-31/7/05 y 2/12/05-5/6/06. Para suplir estos períodos sin observaciones se utilizó información proveniente de una estación de muestreo costera de la temperatura superficial del mar ubicada en El Arrayán, localizado aproximadamente a 66 km al norte de Tongoy. En el período de estudio no se dispuso de información de temperatura más cercana a Tongoy, pero resultados oceanográficos recientes, considerando otro período de medición (2009-2010), muestran una alta correlación ( $r = 0,94$ ) (M. Ramos, no publicado) entre las temperaturas registradas en El Arrayán y Guanaqueros, una localidad ubicada a sólo 10 km al norte de Tongoy. Esto indica la gran consistencia en la variabilidad dentro del gran sistema de bahías de Coquimbo, a pesar de la distancia, validando la utilización de esta información en Tongoy.

Dado que El Arrayán pudiera no representar necesariamente las condiciones locales de Tongoy, ya que las mediciones de temperatura están a diferente profundidad, se realizó una regresión para determinar la relación entre los datos de ambas localidades. La significancia de la correlación se evaluó mediante ANDEVA (Zar, 1999). A partir de la ecuación de regresión se calculó la temperatura esperada en Tongoy en los períodos de tiempo sin observaciones a partir de los valores de temperatura observados en El Arrayán para esas fechas. Una vez completada la base de datos con datos de temperatura entre noviembre de 2003 y febrero de 2007, se calculó un valor promedio para cada período de cultivo descrito en la sección Cohortes Analizadas, para tener una aproximación global a las condiciones de temperatura para cada período en particular.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican que la longitud máxima promedio ( $L_{\infty}$ ) para *A. purpuratus* cultivados en la bahía de Tongoy varían anualmente (Tabla 2), tanto para semillas provenientes de hatchery como de ambiente natural, entre valores de 108,2 y 144,7 mm de longitud valvar. El valor del coeficiente de Brody varió entre 0,43 y 0,88 año<sup>-1</sup> (Tabla 2). Los valores del índice estándar de crecimiento  $\Phi'$  indican que los distintos ajustes fueron consistentes, tanto para ambiente natural así como para hatchery así como entre años, con valores entre 3,97 y 4,01 (Tabla 3).

De acuerdo al ajuste, cualitativamente se encontró que: CH<sub>2003</sub> tuvo un crecimiento por debajo de CN<sub>2003</sub> (Fig. 3a), patrón que se repite entre CH<sub>2005</sub> y CN<sub>2005</sub> (Fig. 3b), mientras que CH<sub>2006</sub> tuvo un crecimiento por encima de CN<sub>2006</sub> (Fig. 3c). Para las poblaciones de los años 2003 y 2005, las cohortes de ambiente natural registran las mayores longitudes a las edades observadas en comparación con las provenientes de hatchery. Sin embargo, la longitud máxima promedio es mayor para semillas provenientes de hatchery (Tabla 2). Así, en algún momento las líneas de ajuste debieran cruzarse, lo que se aprecia en la Fig. 3a, donde a los 97 mm de longitud las curvas se interceptan. Para las cohortes de 2006 se produce un crecimiento inverso a lo descrito anteriormente (Fig. 3c). Aquí, la longitud máxima promedio es menor para los individuos provenientes de hatchery, los que presentaron un crecimiento más rápido que su contraparte de ambiente natural. El cruce de las curvas de crecimiento se produce alrededor de los 95 mm de longitud valvar.

El análisis estadístico mostró que existen diferencias estadísticas significativas entre cohortes obtenidas de ambiente natural y obtenidas en hatchery ( $F = 121,6$ ;  $P < 0,001$ ). La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas entre CN<sub>2003</sub> y CH<sub>2003</sub> como también entre CN<sub>2005</sub> y CH<sub>2005</sub> ( $q > 4,8$ ;  $P < 0,001$ ), mientras que entre CN<sub>2006</sub> y CH<sub>2006</sub> no hubo diferencias significativas ( $q = 1,784$ ;  $P > 0,5$ ). La comparación interanual evidenció diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,001$ ).

### Relación entre la temperatura de la estación El Arrayán y Tongoy

La correlación entre la temperatura de ambas estaciones mostró ser significativa ( $P < 0,05$ ) con un coeficiente de regresión de 0,74 ( $r^2 = 0,55$ ; Fig. 4). Con la ecuación lineal se estimó la temperatura del agua de mar en Tongoy para los periodos sin información.

En la estación de muestreo en bahía de Tongoy, la temperatura mostró un patrón bien definido, con aumento hasta alrededor de 18°C, para el periodo octubre-marzo y menores temperaturas (mínima de 12°C) entre abril-agosto (Fig. 5). La temperatura promedio de cultivo para los años analizados en el trabajo mostró una tendencia al alza. Así, para el periodo de cultivo de los grupos CN<sub>2003</sub> y CH<sub>2003</sub> la temperatura promedio fue de 15,3°C, para CN<sub>2005</sub> y CH<sub>2005</sub> fue de 15,6° y para CN<sub>2006</sub> y CH<sub>2006</sub> fue de 15,7°C (Fig. 5).

## DISCUSIÓN

Los valores del índice estándar de crecimiento  $\theta'$  indican que las estimaciones de parámetros obtenidos en este trabajo están en el margen inferior de valores reportados para la especie ya que diversos reportes están en el rango 4,12-4,49 (Tabla 3). Los valores de longitud máxima promedio estimados ( $L_{\infty}$  entre 106 a 144 mm;  $K$  entre 0,43 a 0,88 año<sup>-1</sup>) independiente de las procedencia de las semillas, son similares a los obtenidos para *A. purpuratus* tanto en Chile como en Perú (Tabla 3). Avendaño & Cantillánez (2005) reportan parámetros de crecimiento para *A. purpuratus* en La Rinconada (Antofagasta), con parámetros de 120,19 mm ( $L_{\infty}$ ) y 0,96 año<sup>-1</sup> ( $K$ ), coincidente con lo reportado por Stotz & González (1997) para individuos de Puerto Aldea (Coquimbo), con parámetros de crecimiento de 124,6 mm ( $L_{\infty}$ ) y 0,84 año<sup>-1</sup> ( $K$ ). Otro resultado para la región de Coquimbo reporta un valor de 112 mm ( $L_{\infty}$ ) y 0,52 año<sup>-1</sup> ( $K$ ) (Etchepare & Videla, 1989).

Basados en los resultados se encontró que las semillas captadas en ambiente natural tuvieron mayor crecimiento que las originadas en hatchery en dos de los tres pares de cohortes analizadas. En efecto, CN<sub>2003</sub> y CN<sub>2005</sub> tuvieron mayor crecimiento que sus contrapartes CH<sub>2003</sub> y CH<sub>2005</sub>. Sin embargo, ocurrió que no hubo diferencias en el crecimiento entre CN<sub>2006</sub>, y CH<sub>2006</sub>. Vásquez (2009), encontró que en Tongoy el crecimiento en longitud en cohortes obtenidas en enero de 2007 (en hatchery y ambiente natural) no difiere significativamente. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con lo reportado por Cisneros *et al.* (2008) quienes para una misma localidad reportaron que semillas de laboratorio presentaron una mayor tasa de crecimiento (8,3 mm mes<sup>-1</sup>) en relación a individuos generados a partir de semillas de ambiente natural (7,6 mm mes<sup>-1</sup>), aunque en este caso no se hizo una comparación estadística que permitiera dar mayor soporte al resultado. A juzgar por los resultados aportados por Cisneros *et al.* (2008) (Tabla 1) eventualmente pudieran no haber

**Tabla 2.** Ecuaciones de crecimiento obtenidas para el modelo de von Bertalanffy para cohortes generadas a partir de semillas captadas en ambiente natural y en hatchery durante un mismo período de cultivo en la bahía de Tongoy.

**Table 2.** Growth equations obtained for the von Bertalanffy model for cohorts generated from seeds captured in natural environment and hatchery for the same period of culture in Tongoy Bay.

Año de siembra	Período de cultivo	Natural	Hatchery
2003	Nov. 03 – Abr. 05	$L_t = 106,82(1 - \exp^{-0,76t})$	$L_t = 143,21(1 - \exp^{-0,43t})$
2005	Jul. 05 – Feb. 07	$L_t = 131,33(1 - \exp^{-0,64t})$	$L_t = 144,69(1 - \exp^{-0,45t})$
2006	Ene. 06 – Feb. 07	$L_t = 139,26(1 - \exp^{-0,48t})$	$L_t = 108,20(1 - \exp^{-0,88t})$

$L_\infty$ : mm;  $K$ : año<sup>-1</sup>.

**Tabla 3.** Valores de parámetros de crecimiento reportados en la literatura para *Argopecten purpuratus*.

**Table 3.** Parameter values of growth reported in the literature for *Argopecten purpuratus*.

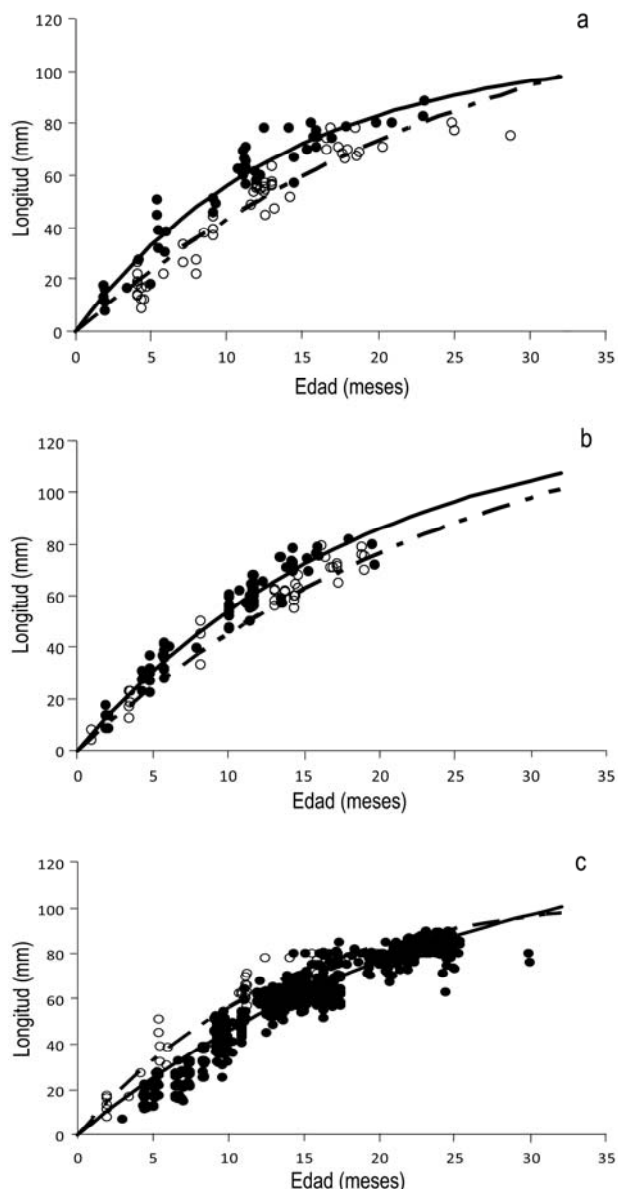
Fuente	K (año <sup>-1</sup> )	$L_\infty$ (mm)	$\Phi'$
Tarazona <i>et al.</i> (2007)	1,30	107,5	4,24
	0,50	118,7	3,85
Thébault <i>et al.</i> (2008)	2,02	95	4,26
	2,68	95	4,38
	1,99	99,2	4,29
	1,26	110	4,18
	2,1	111,5	4,42
	2,1	95,4	4,28
	2,25	94,3	4,30
	0,57	110	3,84
	0,97	120,4	4,15
	2,24	117	4,49
Cisneros <i>et al.</i> (2008)	0,35	220	4,23
	0,84	124,6	4,12
	3,43	82	4,36
	3,54	78	4,33
	3,17	81	4,31
Este trabajo	4,08	72	4,32
	0,76	106,8	3,91
	0,48	143,2	3,99
	0,60	131,3	4,01
	0,48	144,7	4,00
	0,48	139,3	3,97
	0,84	108,2	3,99

diferencias estadísticas significativas entre el crecimiento de semillas de origen natural y de hatchery.

En otros grupos taxonómicos sometidos a cultivo se han reportado resultados mixtos al comparar el crecimiento de individuos generados en hatchery o en ambiente natural. Para el cangrejo *Scylla paramamosain*, Ngoc-Ut *et al.* (2007) reportaron que animales

obtenidos en laboratorio presentaron mejores crecimientos que los de ambiente natural cuando fueron cultivados por separado, pero cuando se cultivaron en coexistencia esta diferencia fue anulada y no hubo diferencia en el crecimiento de ambos grupos. Este resultado sugiere la existencia de interferencia entre ambos grupos, de manera que el

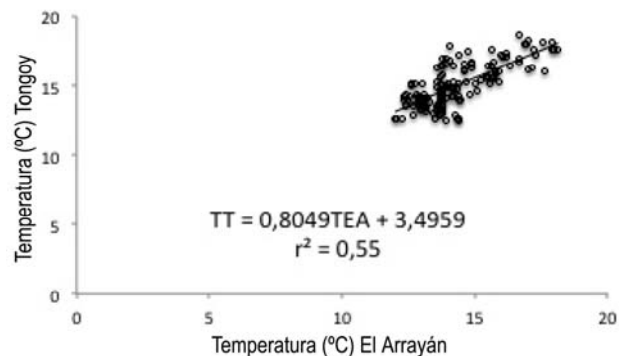




**Figura 3.** Longitudes observadas en el tiempo para individuos originados en ambiente natural (círculos negros) y en hatchery (círculos abiertos) en el año a) 2003, b) 2005 y c) 2006. Las líneas continuas y discontinuas representan los mejor ajustes de la ECVB para individuos generados de semillas captadas en ambiente natural y hatchery, respectivamente.

**Figure 3.** Lengths observed in time for individuals originating in natural environment (Black circles) and hatchery (open circles) in the year a) 2003, b) 2005 and c) 2006. Continuous and discontinuous lines represent the VBGF best settings for generated individuals from seeds in natural environment and hatchery, respectively.

mejor crecimiento de los individuos de laboratorio es inhibido en presencia de animales obtenidos en ambiente natural. Para truchas (*Oncorhynchus my-*

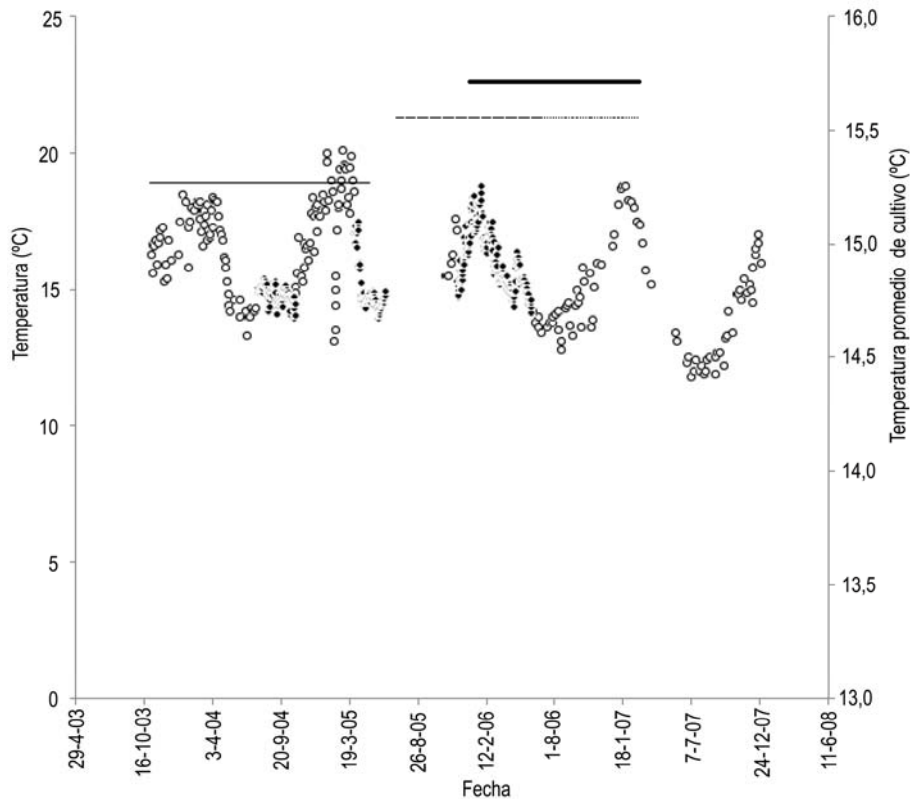


**Figura 4.** Relación funcional entre la temperatura superficial del agua de mar en El Arrayán (TEA) y la de Tongoy (TT) a 10 m de profundidad.

**Figure 4.** Functional relationship between the surface temperature of the sea water in El Arrayán (TEA) and the Tongoy (TT) to 10 m of depth.

*kiss*), Tatara *et al.* (2009) mostraron que no hubo diferencias significativas en el crecimiento entre truchas jóvenes obtenidas del medio y generadas en hatchery, mientras que Rhodes & Quinn (1999) mostraron evidencia que ejemplares de *O. kisutch* obtenidos en hatchery tuvieron mayor crecimiento que los obtenidos en el medio natural. El mismo resultado reportaron Siikavoupio *et al.* (2009) para *Salvelinus alpinus* y Bates & McKeown (2003) para *Oncorhynchus clarki clarki*. Evidencia en sentido contrario, es decir menor desempeño en animales provenientes de hatchery, es discutido por Smith (2011) quien encontró que el mejoramiento de las condiciones de cultivo en el hatchery podría mejorar el desempeño de esta variable cuando los ejemplares son llevados al ambiente natural (enriched hatchery). En moluscos la evidencia es más escasa sobre la comparación del desempeño del crecimiento de organismos obtenidos en laboratorio y en hatchery, aunque hay alguna evidencia indirecta para el gasterópodo *Haliothis rufescens* donde se ha reportado que semillas obtenidas en laboratorio tendrían un crecimiento similar a organismos nacidos en su ambiente natural (Al-Rashdi & Iwao, 2008; Chick, 2010).

En este estudio no se encontró evidencia sobre la superioridad de organismos obtenidos en hatchery por sobre aquellos provenientes del ambiente natural, al menos en términos de crecimiento y hasta ahora la evidencia apunta en sentido contrario, esto es que las del ambiente natural tienen mejor crecimiento que las generadas en hatchery. En el mejor de los casos el crecimiento pudiera ser similar. Así, dado que las parejas de cohortes comparadas estuvieron cultivadas en iguales condiciones se puede concluir que la comparación en el crecimiento refleja diferencias o



**Figura 5.** Temperatura del agua de mar en Tongoy a 10 m de profundidad (eje principal). Los círculos negros indican los datos que han sido estimados a partir de la regresión ajustada en la Fig. 4. La línea delgada representa la temperatura promedio de cultivo para las cohortes CN2003 y CH2003; la línea punteada a CN2005 y CH2005 y la gruesa a CN2006 y CH2006.

**Figure 5.** Temperature of sea water in Tongoy 10 m of depth (main axis). The black circles indicate data that have been estimated from the regression adjusted in the Fig. 4. The thin line represents the average temperature of cultivation for the cohorts CN2003 and CH2003; dotted line to CN2005 and CH2005 and the thick to CN2006 and CH2006.

similitudes atribuibles al origen de la semilla. De este modo, estos resultados difieren de lo señalado por Cisneros *et al.* (2008) y se acercan más lo reportado por Vásquez (2009), con mayor énfasis en la mayor capacidad de crecimiento de semillas del ambiente natural, aunque se reconoce que el error en el registro de las longitudes, descrito en la metodología, pudiera oscurecer un poco los resultados estadísticos.

Otro elemento importante de discutir es el efecto de la temperatura de cultivo en el crecimiento. Se ha descrito (Tarazona *et al.*, 2007) que *A. purpuratus* tiene mejor crecimiento en aguas con mayor temperatura. Así, por ejemplo, Cisneros *et al.* (2008) para Perú reportan tasas de crecimiento entre 7,4 y 8,3 mm mes<sup>-1</sup> ( $K = 4,08$  y  $3,43$  año<sup>-1</sup>, respectivamente), mientras que en este trabajo se encontraron valores mucho más bajo de  $K$  entre 0,43 y 0,88 año<sup>-1</sup> (Tabla 2). Con estos parámetros, los ostiones alcanzarían 70 mm de longitud (que corresponde al  $L_{\infty}$  más bajo de

Cisneros *et al.*, 2008) a los 7-10 meses en Perú, y de 14-18 en Tongoy. La temperatura superficial de cultivo promedio en el trabajo de Cisneros *et al.* (2008) fue de 15,4°C, que es comparable a la temperatura de cultivo en este estudio (Fig. 5). Por lo tanto, las diferencias en la velocidad de crecimiento no pueden ser atribuibles a la temperatura de cultivo. Incluso, para el caso de las cohortes en Tongoy existió una relación inversa entre la temperatura promedio de cultivo y la velocidad de crecimiento. En efecto, se pudo evidenciar un aumento de la temperatura promedio de 15,3 a 15,7°C, pero el valor del parámetro  $K$  disminuyó de 0,76 a 0,48 año<sup>-1</sup> en el cultivo de organismos originados en ambiente natural. De lo anterior se desprende que otras variables, además de la temperatura, tienen que estar influenciando estos resultados. Lamentablemente, no se dispone de otros datos de variables ambientales con los cuales correlacionar el crecimiento, aunque no

siempre éste tiene una relación evidente con parámetros tales como oxígeno, clorofila, salinidad y material particulado (Agius *et al.*, 1978).

Una explicación alternativa a esta falta de relación con la temperatura es la posible pérdida de heterocigocidad de la población de ostión del norte en Tongoy. Esto es posible ya que parte de los ostiones provienen de prácticas de obtención de semillas en hatchery, donde pocos individuos se usan para generar las cohortes que irán a cultivo y, por otra parte, permanentemente se están cosechando en primer lugar los individuos de mayor crecimiento, los que rara vez alcanzan a desovar. En cambio, los individuos de crecimiento más lento pasan más tiempo en el agua y eventualmente son los que desovan y ayudan al reclutamiento, interpretación que ha sido sugerida previamente por Stotz (2000). Así, a pesar del aumento en la temperatura promedio del agua de mar durante la fase de cultivo, esta menor capacidad de crecimiento individual podría explicar la disminución del coeficiente K de 0,06 a 0,04 mm mes<sup>-1</sup>, pero se requiere de una serie histórica más larga para evaluar apropiadamente esta posibilidad. Gaffney *et al.* (1996) sugieren aumentar el control sobre las prácticas de fecundaciones dirigidas en hatchery para aumentar la heterocigocidad en poblaciones naturales sometidas a cultivo que reciben algún tipo de subsidio vía producción en hatchery.

Finalmente, dado que las semillas provenientes de hatchery no superarían el crecimiento de las semillas obtenidas en ambiente natural, la obtención de semillas de hatchery aumentaría el costo del cultivo, pero no significaría un beneficio en términos de disminución del período de cultivo. El beneficio sería evidente en términos de obtener un suministro de semillas para el cultivo con menos niveles de incertidumbre, lo que no se obtiene en ambiente natural, dada la gran variabilidad. Faltaría ampliar la investigación que abarque una comparación en los niveles de supervivencia de ambos tipos de semilla, lo cual con los datos disponibles no pudo ser evaluado.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a Pamela Tapia por compartir sus datos con nosotros. Agradecemos también el financiamiento de CORFO a través del proyecto Innova "Sistema de Monitoreo y Pronóstico de las Condiciones Oceanográficas para la Gestión Productiva y Pública del Océano Costero: Fase I" (07CN13IXM- 150). Finalmente, al Dr. Bernardo Broitman, por facilitar la serie de temperatura superficial.

#### REFERENCIAS

- Agius, C., V. Jaccarini & D.A. Ritz. 1978. Growth trials of *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* in inshore waters of Malta (Central Mediterranean). *Aquaculture*, 15: 195-218.
- Al-Rashdi, K.M. & T.T. Iwao. 2008. Abalone, *Haliotis mariae* (Wood, 1828), hatchery and seed production trials in Oman. *Agri. Mar. Sci.*, 13: 53-63.
- Andrade, G. & E.P. Pérez. 2004. Age and growth of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* in western Venezuela. *Interciencia*, 29: 212- 218.
- Araneda, M. 2000. Modelación bioeconómica para el cultivo comercial del recurso ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en sistema suspendido. Tesis en Ingeniería en Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 98 pp.
- Avendaño, M. & M. Cantillán. 2005. Crecimiento y estructura demográfica de *Argopecten purpuratus* en la Reserva Marina La Rinconada, Antofagasta, Chile. *Cienc. Mar.*, 31: 491-503.
- Bates, D.J. & B.A. McKeown. 2003. Growth in stream-stocked juvenile hatchery-reared coastal cutthroat (*Oncorhynchus clarki clarki*) and the implications for wild populations. *Aquaculture*, 222: 215-228.
- Bricelj, V.M. & S. Shumway. 1991. Physiology: energy acquisition and utilization. In: S.E. Shumway (eds.). *Scallops: biology, ecology, and aquaculture*. Elsevier, New York, pp. 305-346.
- Broitman, B.R., S.A. Navarrete, F. Smith & S.D. Gaines. 2001. Geographic variation of southeastern Pacific intertidal communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 224: 21-34.
- Chen, Y., D.A. Jackson & H.H. Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1228-1235.
- Chick, R.C. 2010. Stock enhancement of local populations of blacklip abalone (*Haliotis rubra* Leach) in new south wales, Australia. Tesis, School of Marine and Tropical Biology, James Cook University, 233 pp.
- Cisneros, R., J. Bautista & J. Argüelles. 2008. Crecimiento comparativo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en sistemas suspendidos. *Ecol. Apl.*, 7: 81-87.
- Di Salvo, L., E. Alarcón, E. Martínez & E. Uribe. 1984. Progress in mass culture of *Chlamys* (*Argopecten*) *purpuratus* Lamarck (1819) with notes on its natural history. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 57: 35-45.
- Emerson, C.M., J. Grant, A. Mollet & C. Carver. 1994. Growth and survival of sea scallops *Placopecten*

- magellanicus*: effects of culture depth. Mar. Ecol. Prog. Ser., 108: 119-132.
- Estévez, M.B. 1992. Efectos de la autofecundación en el desarrollo temprano de *Argopecten purpuratus*. Tesis en Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 50 pp.
- Etchepare, V. & V. Videla. 1989. Estudio autoecológico de *Chlamys*, ostión del Norte, necesario para el futuro manejo de los bancos repoblados (*Argopecten purpuratus*). Comisión Permanente del Pacífico Sur, Rev. Pacífico Sur (Número Especial), pp. 615-620.
- Gaffney, P.M., V. Powell, D. Hedgecock, D.A. Powers, G. Morris & L. Hereford. 1996. Genetic effects of artificial propagation: signals from wild and hatchery populations of red abalone in California. Aquaculture, 143: 257-226.
- Galucci, V.F., B. Amjoun, J.B. Hedgpeeth & H. Lin-Lai. 1996. Size-based methods of stock assessment of small-scale fisheries. In: V.F. Gallucci, S.B. Saila, D.J. Gustafson & B.J. Rothschild (eds.). Stock assessment. Quantitative methods and applications for small-scale fisheries. CRC Press, Boca Raton, pp. 9-81.
- González, L., A. López, C. Pérez, A. Riquelme, M. Uribe & M. Le Penec. 1999. Growth of the scallop, *Argopecten purpuratus*, in southern Chile (Lamarck, 1819). Aquaculture, 175: 307-316.
- Hilborn, R. & C. Walters. 1991. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamic and uncertainty. Chapman & Hall, New York, 570 pp.
- Jollán, L. 1993. Estudio de diferencias genéticas en caracteres cuantitativos entre cuatro poblaciones alopátricas de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). Tesis en Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 89 pp.
- Jonsson, N., B. Jonsson & L.P. Hansen. 2003. The marine survival and growth of wild and hatchery-reared Atlantic salmon. J. Appl. Ecol., 40: 900-911.
- Lodeiros, C., A. Maeda-Martinez, L. Freitas, E. Uribe, D. Lluch-Cota & M. Sicard. 2001. Ecofisiología de pectínidos iberoamericanos. In: A. Maeda-Martínez (ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa, México, pp. 77-88.
- Mendo, J. & E. Jurado. 1993. Length-based growth parameter estimates of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*). Fish. Res., 15: 357-367.
- Mendo, J. & M. Wolff. 2003. El impacto del Niño sobre la producción de concha de abanico en bahía Independencia, Pisco, Perú (*Argopecten purpuratus*). Ecol. Apl., 2: 51-57.
- Menesguen, A. & L. Dreves. 1987. Sea-temperature anomalies and population dynamics variations: effects on growth and density of three bivalves. Mar. Ecol. Prog. Ser., 36: 11-21.
- Navarro, J., G. Leiva, M.G. Martínez & C. Aguilera. 2000. Interactive effects of diet and temperature on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. Exp. Mar. Biol. Ecol., 247: 67-83.
- Ngoc-Ut, V., L. Le Vay, T.T. Nghia & M. Walton. 2007. Comparative performance of hatchery-reared and wild *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) in pond culture. Aquac. Res., 38: 1593-1599.
- Pauly, D. 1991. Growth performance in fishes: rigorous description of patterns as a basis for understanding causal mechanisms. Aquabyte, 4: 3-6.
- Pereira, L. 2004. Tecnología de producción de semillas de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) en ambiente natural. In: Cultivo de moluscos comerciales. Segundo Curso Internacional. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, pp. 137-152.
- Pérez, E.P. 2010. Una modificación de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para incluir el efecto de la temperatura en el crecimiento del abalón rojo *Haliotis rufescens* para su uso en acuicultura. Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 2: 303-310.
- Rhodes, J.S. & T.P. Quinn. 1999. Comparative performance of genetically similar hatchery and naturally reared juvenile coho salmon in streams. North. Am. J. Fish. Manag., 19: 670-677.
- Siikavoupio, S.I., S. Skybakmoen & B.S. Saether. 2009. Comparative growth study of wild- and hatchery-produced Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) in a coldwater recirculation system. Aquacult. Engin., 41: 122-126.
- Smith, C.L. 2011. Assessment of altered rearing environments on survival and performance of hatchery-reared trout: implications for cutthroat trout reintroduction programs. Tesis, Montana State University. Bozeman, Montana, 87 pp.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Téc. Pesca, 306(1), 2: 1-420.
- Stotz, W. 2000. When aquaculture restores and replaces an overfished stock: Is the conservation of the species assured? The case of the scallop *Argopecten purpuratus* in Northern Chile. Aquacult. Int., 8: 237-247.
- Stotz, W. & S. Gonzalez. 1997. Abundance, growth, and production of sea scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819): Bases for sustainable exploitation

- of natural scallop beds in north- central Chile. Fish. Res., 32: 173-183.
- Tarazona, J., R. Espinoza, M. Solís & W. Arntz. 2007. Crecimiento y producción somática de la concha de abanico en Bahía Independencia, Pisco comparados entre eventos El Niño y La Niña (*Argopecten purpuratus*) (Perú). Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 42: 275-285.
- Tatara, C.P., S.C. Riley & J.A. Scheurer. 2009. Growth, survival, and habitat use of naturally reared and hatchery steelhead fry in stream: effects of an enriched hatchery rearing environment. Trans. Am. Fish. Soc., 138: 441-457.
- Thébault, J., G. Thouzeau, L. Chauvaud, M. Cantillán & M. Avendaño. 2008. Growth of *Argopecten purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) on a natural bank in northern Chile: sclerochronological record and environmental controls. Aquat. Liv. Res., 21: 45-55.
- Valladares, C. 1992. Crecimiento de *Chlamys patagonica* (Bivalvia: Pectinidae) en dos localidades de la región de Magallanes. Tesis en Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 41 pp.
- Vásquez, S. 2009. Evaluación biológica y económica del cultivo de juveniles de ostión del norte *Argopecten purpuratus* provenientes de ambiente natural y hatchery. Tesis en Ingeniería en Acuicultura. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 97 pp.
- Wolff, M. 1981. Die Nutzung von muscheln and der S dk ste Perus. Diplomarbeit IFM CA, University zu Kiel, Kiel. 110 pp.
- Wolff, M. 1987. Population dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño phenomena of 1983. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44: 1684-1691.
- Wolff, M. & J. Garrido. 1991. Comparative study of growth an survival of two color morphs of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* Lamarck in suspended culture (1819). J. Shellfish Res., 1: 47-53.
- Yamashiro, C. & J. Mendo. 1988. Crecimiento de la concha de abanico en la Bahía Independencia, Pisco, Perú (*Argopecten purpuratus*). Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extraordinario: pp. 1-382
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 718 pp.

Received: 25 April 2012; Accepted: 13 November 2012