

Estudio de los requerimientos nutricionales del ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) durante el acondicionamiento reproductivo

Nutritional study on the broodstock conditioning of the Chilean scallop, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819)

Ana Farías¹, Iker Uriarte^{1,2} y Pía Varas³

¹ Centro Tecnológico para la Acuicultura, IFOP- División de Acuicultura, Casilla 74, Castro, Chile.

² Dirección actual: Facultad de Pesquerías y Oceanografía, Universidad Austral de Chile, Casilla 1327, Puerto Montt, Chile.

³ Smolt Chile Ltda., Casilla 270, Castro, Chile.

RESUMEN

Se estudiaron los efectos de la calidad de la dieta en el acondicionamiento reproductivo y fisiología energética de ostiones *Argopecten purpuratus*. Para ello se utilizaron tres dietas microalgales de diferente nivel proteico: bajo, normal y alto (L, N y H, respectivamente) y un control que no se alimentó durante el experimento. Al final del acondicionamiento de 4 semanas se evaluaron el potencial de crecimiento (P), la eficiencia neta de reproducción (K2) y las fecundidades de los individuos. Los ostiones alimentados con dietas H y N fueron los únicos que mostraron gónadas maduras y respuesta de desove. Los valores de la tasa de filtración y la eficiencia de asimilación de los ostiones fueron mayores con la dieta alta en proteínas (H), con la que también se obtuvo el mayor valor de P y un K2 de 83,9 %. Los valores de P y K2 con la dieta N fueron más bajos que con la dieta H. Finalmente, los valores más bajos de P y K2 se obtuvieron con la dieta L y en los controles que ayunaron. Se sugiere que las respuestas observadas a los diferentes contenidos de proteína en la dieta podrían relacionarse con la razón proteína/energía del alimento.

Palabras clave: fisiología, energía, proteína, reproducción, nutrición, acondicionamiento, moluscos, Chile.

ABSTRACT

The effects of food quality on reproductive conditioning and physiological components of growth (feeding rate, absorption efficiency, metabolic rate and excretion rate) were analyzed in adult scallops (*Argopecten purpuratus*). Scallops were fasted (C) or fed one of three microalgal diets of different protein level: low, normal and high (L, N and H, respectively). After 4 weeks, scallops fed on the diet N and H presented ripe gonads and responded to spawning stimuli. The scallops fed on the diet L showed low conditioning response and could not spawn at the end of the experiment. When fed at a high protein level (H) the scallops increased their filtration rate and increased their absorption efficiency; this resulted in a positive scope for growth (P) and a net reproductive efficiency (K2) of 83.9 %. When fed on N diet, scallops decreased their K2 to 62.6 %. Finally, scallops fed on the diet L or in fasted controls presented negative values of SFG and K2. We suggest that these responses to changes in protein level of food would be predicted by the ratio protein/energy of diet.

Key words: physiology, energy, protein, reproduction, nutrition, conditioning, molluscs, Chile.

INTRODUCCION

Las microalgas constituyen un cultivo auxiliar importante para los centros semilleros de moluscos filtradores. Sin embargo, en la actualidad son un factor limitante para el fomento de la producción comercial de

juveniles debido a su alta inversión, que puede alcanzar hasta el 30 % del costo de producción de las semillas (Coutteau & Sorgeloos 1992). Todo esto ha llevado a reforzar la investigación ya existente en dietas alternativas a las microalgas (Urban & Langdon 1984; Coutteau *et al.* 1994, Kreeger

& Langdon 1994, Kreeger *et al.* 1996). Sin embargo, a diferencia de las numerosas investigaciones realizadas en nutrición de peces y crustáceos, en moluscos ha existido un desarrollo muy escaso en esta línea de trabajo, lo que ha influido en que en la actualidad no se cuente con dietas alternativas de uso rutinario en centros semilleros de bivalvos.

Por ello, mientras no se cuente con dietas formuladas para organismos filtradores, la modificación bioquímica de las cepas microalgales puede constituir una herramienta importante, tanto para investigar los requerimientos nutricionales de los filtradores, como para aumentar la eficiencia de uso de las microalgas en etapas de alto consumo, como son las del cultivo postlarval y el acondicionamiento reproductivo.

Este trabajo presenta los resultados obtenidos durante el otoño en el acondicionamiento reproductivo de adultos de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), utilizando dietas microalgales manipuladas bioquímicamente.

MATERIALES Y METODOS

Los ostiones fueron recolectados a principios de abril de 1995 desde una de las líneas de cultivo suspendido del Centro Tecnológico para la Acuicultura (IFOP-Castro), cuando la temperatura promedio del agua era de 13 °C. Estos ejemplares eran adultos de 27 meses producidos en el centro semillero experimental del Centro Tecnológico y correspondieron a individuos de segunda generación (F2) cuyo origen fueron reproductores introducidos en el estero de Castro desde la bahía de Tongoy en febrero de 1989 (Lara 1990, Uriarte *et al.* 1996).

Los ostiones fueron medidos, pesados y desovados antes de iniciar el experimento de acondicionamiento. Para desovarlos se aplicó un aumento progresivo de la tempera-

tura desde 13 hasta 18 °C, en combinación con una dosis de alimento de 200 células· μl^{-1} . Durante las cuatro semanas que duró el experimento, los ostiones se mantuvieron a una temperatura de 13 °C suspendidos en estanques individuales de 8 litros, con agua de mar filtrada a 0,5 μm y recirculada mediante aireación. Los cambios de agua y limpieza de estanques y tuberías se realizaron cada dos días.

El diseño experimental contó con cuatro tratamientos compuestos por tres dietas y un control sin alimento. El control se utilizó como base comparativa de la dieta más pobre. Se realizaron tres réplicas por cada tratamiento, las que se distribuyeron al azar en el espacio experimental. Cada dieta estuvo compuesta por una mezcla de dos especies de microalgas de una misma calidad proteica. Las especies utilizadas fueron: *Isochrysis aff. galbana* (clon *T-Isochrysis*) y *Chaetoceros gracilis* de las que se obtuvieron cepas bioquímicas en 1993, a partir de los clones normales pertenecientes al cepario del Centro Tecnológico para la Acuicultura, siguiendo la metodología de Uriarte *et al.* (1993). Dichas cepas recibieron los nombres de: GH, GL, IH e IL, para los niveles alto y bajo en proteínas de las especies *C. gracilis* e *I. galbana* (T-Iso), respectivamente (¹). Las microalgas fueron cultivadas masivamente en volúmenes de 15 litros y cosechadas diariamente en la fase exponencial de crecimiento. La mezcla de especies para cada nivel proteico fue hecha en proporción de 1:1 en base al número de células.

Las dietas microalgales se dosificaron *ad libitum* y en continuo, de modo que cada reproductor se mantuvo a una concentración constante de 21.000 células por ml durante toda la fase de acondicionamiento y de evaluación fisiológica.

¹ Farias, A. 1997. Dietary and thermal effect upon broodstock conditioning and quality of progeny in *Argopecten purpuratus* Lamarck. Informe final, International Foundation for Science, 38 p.

Durante el período de acondicionamiento se tomaron muestras de los cultivos microalgales en los días 5, 12, 19 y 26 del experimento. Las muestras, de concentración y volumen conocido, fueron filtradas y se les eliminó las sales con un baño de formato amónico al 5 %, utilizando un sistema de vacío a una presión de 130 mm Hg en filtros Whatman GF/C, previamente calcinados y pesados. Luego se secaron en estufa a 40 °C hasta un peso constante y posteriormente se congelaron a -20 °C hasta el momento de realizar el análisis de su composición bioquímica. El análisis de proteína se realizó con el método de Lowry *et al.* (1951), el análisis de lípidos se realizó de acuerdo a Barnes & Blackstock (1973) y el análisis de carbohidratos con el método de Dubois de acuerdo a Hellbust & Craigie (1978). El contenido energético de la dieta se calculó utilizando los índices de conversión de Paine (1971) de 23,54; 39,37 y 17,08 J·mg⁻¹ para proteínas, lípidos y carbohidratos, respectivamente.

Al finalizar el período de acondicionamiento, lo que se determinó por el color anaranjado brillante de las gonadas, se inició la medición fisiológica de los reproductores durante un período de 7 días, determinándose en el siguiente orden: 1) la eficiencia de absorción, medida por el método de Conover (1966) para cada individuo, en base al contenido orgánico de las heces y del alimento ingerido durante las ocho horas previas; 2) la tasa de filtración, de acuerdo a Widdows (1985), en sistema cerrado a una concentración inicial de 10 células·μl⁻¹. La tasa de ingestión fue estimada como el producto de la tasa de filtración (l·hr⁻¹) y la concentración celular (mg·l⁻¹). 3) la tasa de consumo de oxígeno, medida a 13 °C en una cámara cerrada de 1,5 litros, con electrodo polarográfico Strathkelvin siguiendo la metodología de Widdows (1985). 4) La tasa de excreción de amonio, determinada de acuerdo a Widdows (1985). El consumo de oxígeno se determinó

al día siguiente de la evaluación de filtración, ya que de acuerdo a lo observado en pectínicos del género *Chlamys*, la actividad alimenticia no produce un aumento del consumo de oxígeno como sí se ha observado en mitlidos (Mackay & Shumway 1980). El potencial de crecimiento (P) y la eficiencia neta de crecimiento (K2) fueron calculados incorporando todas las mediciones fisiológicas anteriores como describe Widdows (1985) y se les consideró como potencial reproductivo y eficiencia neta de reproducción, respectivamente. Al finalizar las mediciones fisiológicas, todos los ostiones fueron pesados e inducidos a desovar utilizando la misma metodología inicial. Luego del desove fueron sacrificados para estimar el peso seco de sus tejidos.

Las tasas fisiológicas fueron estandarizadas para el peso seco promedio de los individuos, utilizando los exponentes de las relaciones alométricas de González (1995) de 0,8; 0,55 y 0,67 para la filtración, el consumo de oxígeno y la excreción de amonio, respectivamente. El contenido proteico y energético de las microalgas utilizadas para producir las dietas fueron comparados entre especies y nivel de nitrógeno con ANDEVA factorial. Las tasas fisiológicas, los componentes energéticos y la respuesta al desove fueron comparadas estadísticamente entre tratamientos, usando ANDEVA de una vía luego de la transformación log10 de las tasas fisiológicas y arcsenica de los porcentajes, para reducir la dependencia entre la varianza de la muestra y el promedio y para normalizar la distribución de los datos (Sokal & Rohlf 1981, Navarro & Thompson 1996).

RESULTADOS

El contenido proteico fue significativamente diferente entre especies de microalgas y calidades de las cepas manipuladas (Tabla 1, $F_{pp} = 11,53$; $gl = 1, 18$; $p = 0,005$; $F_N = 30,82$; $gl = 2, 18$; $p < 0,0001$). *C. gracilis* presentó mayor contenido proteico que *I. galbana*,

mientras que las cepas presentaron contenidos proteicos en el siguiente orden decreciente: H > N > L. El contenido lipídico de las microalgas no mostró diferencias significativas entre cepas manipuladas pero sí entre especies (Tabla 1, $F_{\text{ spp-N}} = 6,44$; $gl = 1,14$; $p = 0,03$). *I. galbana* presentó mayor contenido lipídico que *C. gracilis*. El contenido de carbohidratos sólo mostró diferencias significativas entre cepas manipuladas, pero también existió una interacción marginalmente significativa entre especie y cepa debido a que GL presentó un nivel de carbohidratos muy elevado (Tabla 1, $F_N = 13,66$; $gl = 1,19$;

$p = 0,005$; $F_{\text{ spp-N}} = 3,58$; $gl = 2,19$; $p = 0,056$). Las diferentes cepas aportaron carbohidratos en el siguiente orden decreciente: H = N > L. Los contenidos energéticos no mostraron diferencias significativas entre especies, ni entre cepas bioquímicas, resultando que 1 millón de células de una mezcla 1:1 de ambas especies en cualquier calidad, aportan en promedio 0,95 Joule ($\pm 0,051$). Las proteínas aportadas por la mezcla 1:1 de ambas especies de microalgas se calcularon en base a los datos de la Tabla 1, resultando en 8,1; 5,5 y 1,8 μg de proteína $\cdot 10^6$ células para las dietas H, N y L, respectivamente.

Tabla 1. Composición bioquímica proximal de las cepas manipuladas de microalgas en cultivos masivos cosechados en abril de 1995. Valores corresponden al promedio \pm el error estándar.

Table 1. Gross biochemical composition of the manipulated species of microalgae, harvested from massive cultures on April 1995. Values are means \pm standard error.

Especie y cepa bioquímica	Composición bioquímica ($\mu\text{g} \cdot 10^6$ células)			Energía total ($\text{J} \cdot 10^6$ células)
	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos	
<i>C. gracilis</i>				
GH	10,42 ($\pm 1,32$)	13,33 ($\pm 1,14$)	1,22 ($\pm 0,23$)	0,77 ($\pm 0,02$)
GL	1,82 ($\pm 0,38$)	18,65 ($\pm 2,57$)	9,95 ($\pm 2,33$)	0,87 ($\pm 0,10$)
Normal (N)	6,72 ($\pm 0,77$)	17,07 ($\pm 3,55$)	2,43 ($\pm 0,60$)	0,99 ($\pm 0,17$)
<i>I. galbana</i> (T-Iso)				
IH	5,77 ($\pm 0,51$)	23,11 ($\pm 1,21$)	2,62 ($\pm 0,26$)	1,06 ($\pm 0,04$)
IL	1,78 ($\pm 1,14$)	27,57 ($\pm 0,27$)	5,18 ($\pm 0,26$)	1,22 ($\pm 0,04$)
Normal (N)	4,39 ($\pm 0,56$)	19,56 ($\pm 2,47$)	3,57 ($\pm 0,12$)	0,93 ($\pm 0,09$)

El peso vivo promedio de los ostiones fue de 118,4 g ($\pm 4,3$), mientras que el peso seco promedio fue de 4,06 g ($\pm 0,2$), por lo que todas las tasas fisiológicas se estandarizaron para un animal de 4 g. Las tasas de filtración mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2, $F = 10,35$; $gl = 3$, 8; $p = 0,006$), la tasa más deprimida de 0,91 $\text{L} \cdot \text{hr}^{-1}$ ($\pm 0,01$) la presentaron los controles, la mayor fue de 27,48 $\text{L} \cdot \text{hr}^{-1}$ ($\pm 6,05$) y la presentaron los ostiones alimentados en dieta

H, no hubo diferencias significativas entre las dietas N y L.

Las tasas respiratorias (Tabla 2) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, hubo una tendencia ($p = 0,07$) hacia un mayor consumo de oxígeno en la dieta L (2,52 $\text{ml O}_2 \cdot \text{hr}^{-1}$ $\pm 0,12$) y a un metabolismo mínimo en los controles (0,80 $\text{ml O}_2 \cdot \text{hr}^{-1}$ $\pm 0,40$).

Las tasas de excreción de amonio (Tabla 2) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar del mayor valor aparente observado en los controles sin alimento. La excreción promedio fue de 191,31 $\mu\text{g NH}_4\text{-N}\cdot\text{hr}^{-1}$ ($\pm 22,7$).

La eficiencia de asimilación fue significativamente diferente entre dietas (Tabla 3, $F= 45,57$; $g\text{l}= 3, 18$; $p= 0,00001$), con eficiencias entre 66,4 % ($\pm 6,7$) y 57,7 % ($\pm 2,1$); y con absorción negativa para los controles.

Tabla 2. *Argopecten purpuratus*. Tasas fisiológicas para reproductores de 4 g de peso seco acondicionados con dietas microalgales H, L y N en otoño. C corresponde al control en ayuno. Valores corresponden al promedio \pm el error estándar.

Table 2. *Argopecten purpuratus*. Physiological rates of scallop of 4 g dry flesh weight conditioned with diets H, L and N in autumn. C corresponds to control fasting during the experiment. Values are means \pm standard error.

Dieta	Tasas fisiológicas		
	Filtración ($\text{l}\cdot\text{hr}^{-1}$)	Respiración ($\text{ml O}_2\cdot\text{hr}^{-1}$)	Excreción ($\mu\text{g NH}_4\text{-N}\cdot\text{hr}^{-1}$)
C	0,91 ($\pm 0,01$)	0,80 ($\pm 0,39$)	273,41 ($\pm 40,97$)
H	27,48 ($\pm 6,05$)	2,27 ($\pm 0,14$)	181,07 ($\pm 47,26$)
L	2,31 ($\pm 0,63$)	2,52 ($\pm 0,12$)	171,59 ($\pm 40,41$)
N	6,36 ($\pm 2,08$)	1,29 ($\pm 0,30$)	166,54 ($\pm 21,74$)

En las dietas H y N el potencial reproductivo (P) resultó positivo para los reproductores, en tanto que los ostiones alimentados en dieta L y los controles mostraron valores negativos (Tabla 3, $F=9,32$; $g\text{l}= 3, 8$; $p=0,008$).

El índice O:N no presentó diferencias significativas entre dietas, pero hubo una tendencia ($p=0,06$) a un mayor valor de O:N ($20,8 \pm 3,49$) en ostiones con la dieta L y a un menor índice O:N ($3,27 \pm 1,32$) en ostiones en ayuno.

La eficiencia neta de reproducción (K2) no mostró diferencias significativas entre tratamientos, aunque se observó una tendencia a un mayor valor de K2 en las dietas H y N ($p= 0,07$). La eficiencia con la que el alimento absorbido se convirtió en nuevo tejido, fue de 62,6 % ($\pm 6,6$) en la dieta N, mientras que en la dieta H fue de 83,9 % ($\pm 2,6$). Los valores K2 en la dieta L fueron negativos y superiores a los obtenidos en los controles que ayunaron.

Durante la inducción al desove únicamente los ostiones de las dietas N y H desovaron, mientras que en la dieta L sólo se observaron emisiones de espermios. Las fecundidades promedio observadas fueron de $2,8\cdot 10^6 (\pm 1,1\cdot 10^6)$ huevos-ostión⁻¹ en la dieta N y $13\cdot 10^6 (\pm 0,5\cdot 10^6)$ huevos-hembra⁻¹ en la dieta H. El tamaño de los huevos fue de 61,3 μm ($\pm 0,4$) y no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 3. *Argopecten purpuratus*. Balance energético para reproductores de 4 g de peso seco acondicionados con dietas microalgales H, L y N en otoño. C corresponde al control en ayuno. Las componentes fisiológicas son: F= energía consumida, EA= eficiencia de asimilación, A= energía asimilada, R= energía perdida en respiración, U= energía perdida en excreción, P= potencial reproductivo, K2= eficiencia neta de reproducción, O:N= índice de estrés. Valores corresponden al promedio \pm el error estándar.

Table 3. *Argopecten purpuratus*. Energy budget of scallop of 4 g dry flesh weight conditioned with diets H, L and N in autumn. C correspond to control fasting during the experiment. F is the consumed energy, EA is the food absorption efficiency., A is absorbed energy, R is the respired energy, U is the excreted energy, P is the scope for reproduction, K2 is the net reproductive efficiency and O:N is the stress index. Values are means \pm standard error.

Dieta	C	H	L	N
F (J·hr ⁻¹)	0,75 (\pm 0,01)	547,57(\pm 120,57)	46,12 (\pm 12,47)	126,77(\pm 41,42)
EA (%)	-6,69 (\pm 2,34)	0,66 (\pm 0,07)	0,59 (\pm 0,04)	0,58 (\pm 0,02)
A (J·hr ⁻¹)	-5,02 (\pm 1,72)	350,28 (\pm 76,66)	28,70 (\pm 9,22)	71,14 (\pm 22,09)
R (J·hr ⁻¹)	16,32 (\pm 8,07)	46,16 (\pm 2,85)	51,24 (\pm 2,54)	26,27 (\pm 6,15)
U (J·hr ⁻¹)	6,81 (\pm 1,02)	4,51 (\pm 1,18)	4,27 (\pm 1,01)	4,15 (\pm 0,54)
P (J·hr ⁻¹)	-28,15 (\pm 7,36)	299,61 (\pm 72,76)	-26,81 (\pm 8,72)	62,13 (\pm 9,08)
K2	-8,66 (\pm 4,45)	0,84 (\pm 0,02)	-1,75 (\pm 0,97)	0,63 (\pm 0,07)
O:N	3,27 (\pm 1,32)	17,88 (\pm 2,85)	20,80 (\pm 3,49)	13,71 (\pm 0,99)

DISCUSION

Después de 4 semanas de acondicionamiento de los ostiones en tres niveles proteicos de microalgas (H, N y L), aquellos alimentados con dieta H (microalgas altas en proteína) mostraron el mejor potencial reproductivo (P) y la mayor eficiencia neta de reproducción (K2), seguidos por aquellos alimentados con dieta N (microalgas normales en proteína).

Finalmente, aquellos alimentados con dieta L (microalgas bajas en proteína) y los controles que se mantuvieron en ayuno presentaron valores negativos de P y K2.

Las tasas de filtración (l·hr⁻¹), energías consumidas (J·hr⁻¹) y eficiencias de asimilación (e) siguieron el mismo patrón del potencial reproductivo eficiencia de reproducción, aunque las diferencias no fueron significati-

vas entre los grupos alimentados con las dietas N y L. Sin embargo, en términos generales, tanto las tasas de filtración como las eficiencias de asimilación de alimento mostraron valores altos en ostiones alimentados con dieta H, intermedios en ostiones alimentados con dietas N y L y muy bajos en los controles sometidos a ayuno. De acuerdo con Navarro *et al.* (1994), cuando aumenta la calidad del alimento la ganancia de energía neta se maximiza a través de una combinación del mejoramiento de la tasa de filtración y un aumento de la eficiencia de absorción, esto corresponde con lo observado en este trabajo con reproductores de *A. purpuratus* alimentados con dieta H.

Las tasas respiratorias no mostraron el patrón anterior respecto al nivel proteico de las dietas, la baja tasa respiratoria observada en los ostiones alimentados en la dieta N refleja un bajo nivel de actividad de estos animales en comparación con los otros tratamientos. Shunway *et al.* (1988) encontraron que la tasa metabólica es afectada simultáneamente por el alimento, la temperatura y el estado reproductivo, y es difícil separar estos efectos sin un alto conocimiento de cómo las especies distribuyen su energía entre el crecimiento somático y el gonádico. En el presente estudio la temperatura y la cantidad de alimento fueron constantes, por lo que se desprende que el metabolismo fue afectado sólo por la calidad de la dieta y por el estado reproductivo, este último a su vez fue dependiente de la calidad de la dieta.

Las tasas de excreción no se vieron afectadas por el nivel proteico de la dieta, y no se observó la correlación positiva entre la excreción de amonio y el contenido de proteínas del alimento como se esperaba de acuerdo a Hawkins & Bayne (1991). El alto valor de la tasa de excreción de amonio en los controles, está indicando una alta condición de estrés en estos animales sometidos a ayuno prolongado, evidenciado una utilización

probable de proteínas de sus tejidos como sustrato energético (Hawkins & Bayne 1991), ello se vió ratificado por el bajo índice O:N obtenido en los controles.

La alta tasa de excreción, no esperada y observada, con la dieta L puede ser un indicador de que la falta de proteínas provocó algún grado de catabolismo de proteínas estructurales de estos ostiones aumentando la tasa de excreción. Ello no se aprecia en el índice de estrés O:N debido a que el elevado contenido de carbohidratos de las células microalgales de la dieta L produjo también una elevada tasa respiratoria en los ostiones. Esto explicaría también que los valores negativos de P y K2 no se complementen con un bajo valor de O:N para la dieta L, e indicaría que los ostiones de este tratamiento estuvieron alimentados pero presentaron un estado de desnutrición o carencia nutritiva que no fue detectado por el índice de estrés.

Las tres dietas empleadas estuvieron compuestas por las mismas especies de microalgas con la finalidad de evitar diferencias por carencias de micronutrientes. *C. gracilis* es una especie que se caracteriza por presentar elevados niveles de carbohidratos, alta concentración del ácido graso esencial 20:5(n-3) y elevadas concentraciones de riboflavina, mientras que *I. galbana* (T-Iso) se caracteriza por presentar elevada productividad de lípidos y alta concentración del ácido graso esencial 22:6(n-3) (Brown & Tarmer 1994; Dunstan *et al.* 1994; Grima *et al.* 1994). Los cultivos de cada combinación especie/calidad se cosecharon los días 4, 5 y 6 en la fase exponencial, para evitar las diferencias debidas a la variabilidad bioquímica que existe entre la fase exponencial y la estacionaria. Todos los cultivos se realizaron en condiciones idénticas de luz, temperatura y aireación, siendo la única variable entre ellos el contenido de nitrógeno del medio de cultivo.

La mayor fecundidad observada con la dieta H, se correspondió con los mayores valores de P y de K2, seguida por la fecundidad y los valores de P y K2 de la dieta N. P y K2 son valores que hacen referencia a la producción en términos de tejidos somáticos y/o reproductivos, dependiendo de la edad de los bivalvos (Vahl 1981). En este caso, por tratarse de ostiones adultos en acondicionamiento P está constituido principalmente por el crecimiento de los tejidos gonádicos, y por ello se utilizaron los términos de potencial reproductivo y eficiencia neta de reproducción para P y K2, respectivamente.

La similaridad de tamaños de los huevos entre ambos tratamientos indica que el aumento de energía disponible, al usar la dieta H respecto a la dieta N, fue gastada principalmente en la producción de mayor número de huevos, no en huevos de mayor tamaño. Lo anterior podría estar relacionado con la evidencia encontrada en *Placopecten magellanicus*, donde en ambientes más pobres se reduce la fecundidad pero no la calidad de los huevos (Thompson & MacDonald 1990, Napolitano *et al.* 1992).

En la dieta L se observó que los costos de mantenimiento fueron superiores a la energía asimilada. Ello puede significar que

esta dieta es deficiente nutritivamente, lo que podría estar relacionado con el balance proteína/energía de la mezcla microalgal, produciéndose una capacidad limitada de los ostiones para utilizar los altos niveles de azúcares disponibles en la dieta L debido al escaso aporte de proteína en estas microalgas (Hawkins & Bayne 1991).

Existen estudios previos que han demostrado la eficacia de las dietas microalgales manipuladas bioquímicamente en las fases de cultivo postlarvario de *A. purpuratus* (Uriarte & Fariás 1995). Los resultados del presente trabajo muestran que la calidad de la dieta influye significativamente en la fisiología reproductiva de los ostiones, y confirman la posibilidad de mejorar las dietas microalgales, haciendo más eficiente su uso en centros semilleros de bivalvos.

Se están haciendo nuevos estudios para determinar la interacción entre la calidad de la dieta y la temperatura sobre la fisiología reproductiva de *A. purpuratus* ya que existen claros indicios de que el costo de la reproducción es un aspecto clave en la sobrevivencia de ostiones adultos en la X Región, sur de Chile, durante la estación invernal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración en todos los aspectos técnicos de este trabajo a los señores Carlos Muñoz, Francisco Rosas y señora Juana Santana. Este trabajo formó parte del proyecto A/2074 de la International Foundation for Science (Suecia) del primer autor, y contó también con fondos CORFO del proyecto Repoblamiento de Recursos Bentónicos.

LITERATURA CITADA

- Barnes, H & J Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin methods for total lipids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 12: 103-118.
- Brown, MR & CL Terner. 1994. Riboflavin content of 6 species of microalgae used in mariculture. *Journal of Applied Phycology* 6: 61-65.
- Conover, RJ 1966. Factors affecting the assimilation of organic matter by zooplankton and the question of superfluous feeding. *Limnology and Oceanography* 11: 346-354.

- Coutteau, P & P Sorgeloos. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve molluscs: an international survey. *Journal of Shellfish Research* 11: 467-476.
- Coutteau, P, NH Hadley, JJ Manzi & P Sorgeloos. 1994. Effect of algal ration and substitution of algae by manipulated yeasts diets on the growth of juvenile *Mercenaria mercenaria*. *Aquaculture* 120: 135-150.
- Dunstan, GA, JK Volkman, SM Barret, JM Leroi & SW Jeffrey. 1994. Essential polyunsaturated fatty acids from 14 species of diatom. *Phytochemistry* 35: 155-161.
- González, CM. 1995. Efecto de la salinidad sobre la respuesta fisiológica del ostión *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). Tesis de grado, Universidad Austral, 57 p.
- Grima, EM, FG Camacho, JAS Perez & JLG Sanchez. 1994. Biochemical productivity and fatty acid profiles of *Isochrysis galbana* (Parke) and *Tetraselmis* sp as a function of incident light intensity. *Process Biochemistry* 29: 119-126.
- Hawkins, AJS & BL Bayne. 1991. Nutrition of marine mussels: factors influencing the relative utilizations of protein and energy. *Aquaculture* 94: 177-196.
- Hellebust, JA & JS Craigie. 1978. Handbook of physiological methods. Physiological and biochemical methods. Cambridge University Press, 512 p.
- Kreeger, DA & CJ Langdon. 1994. Digestion and assimilation of protein by *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mollusca) fed mixed carbohydrate/protein microcapsules. *Marine Biology* 118: 479-488.
- Kreeger, DA, AJS Hawkins & BL Bayne. 1996. Use of dual-labeled microcapsules to discern the physiological fates of assimilated carbohydrate, protein carbon and protein nitrogen in suspension-feeding organisms. *Limnology and Oceanography* 41: 208-215.
- Lara, E 1990. Investigaciones en ostión del norte, *Chlamys (Argopecten) purpurata*. En: Estudio repoblamiento de recursos bentónicos. Area piloto IV región. II etapa. Informe CORFO-IFOP, 90/1a.: 1-14.
- Lowry, OH, NJ Rosebrough, AL Farr & RJ Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry* 193: 265-275.
- Mackay, J y SE Shumway. 1980. Factors affecting oxygen consumption in the scallop *Chlamys deliculata* (Hutton). *Ophelia* 19: 19-26.
- Napolitano, GE, BA MacDonald, RJ Thompson & RG Ackman. 1992. Lipid composition of eggs and adductor muscle in giant scallops (*Placopecten magellanicus*) from different habitats. *Marine Biology* 113: 71-76.
- Navarro, E, JIP Iglesias, MM Ortega & X Larretxea. 1994. The basis for a functional response to variable food quantity and quality in cockles *Cerastoderma edule* (Bivalvia, Cardiidae). *Physiological Zoology* 67: 468-496.
- Navarro, JM & RJ Thompson. 1996. Physiological energetics of the horse mussel *Modiolus modiolus* in a cold ocean environment. *Marine Ecology Progress Series* 138: 135-148.
- Paine, R. 1971. The measurement and application of the calorie to ecological problems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 145-164.
- Shumway, SE, J Barter & J Stahlneckcr. 1988. Seasonal changes in oxygen consumption of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *Journal of Shellfish Research* 7: 77-82.
- Sokal, R & F Rohlf. 1981. *Biometry*. Freeman, Nueva York. 859 p.
- Thompson, RJ & BA MacDonald. 1990. The role of environmental conditions in the seasonal synthesis and utilization of biochemical energy reserves in the giant scallop, *Placopecten magellanicus*. *Canadian Journal of Zoology* 68: 750-756.
- Urban, ER & CJ Langdon. 1984. Reduction in costs of diets for American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin), by the use of non-algal supplements. *Aquaculture* 38: 277-291.

- Uriarte, I & A Farias. 1995. Effect of broodstock origin and postlarvae diet on postlarval growth and physiological performance of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. European Aquaculture Society Special Publication 24: 69-72.
- Uriarte, I, A Farias & C Muñoz. 1996. Cultivo en hatchery y pre-engorde del ostión del norte, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), en el sur de Chile. Revista de Biología Marina. Valparaíso 31: 81-90.
- Uriarte, I, A Farias, AJS Hawkins & BL Bayne. 1993. Cell characteristics and biochemical composition of *Dunaliella primolecta* Butcher conditioned at different concentrations of dissolved nitrogen. Journal of Applied Phycology 5: 447-453.
- Vahl, O. 1981. Energy transformations by the iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F.Müller), from 70 °N. I. The age-specific energy budget and net growth efficiency. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 53: 281-296.
- Widdows, J. 1985. Physiological procedures. En: BL Bayne, DA Brown, K Burns, DR Nixon, A Ivanovici, DR Livinstone, DM Lowe, MN Moore, ARD Stebbing and J Widdows (Editors). The effects of stress and pollution on marine animals. Praeger Scientific, Nueva York: 161-178.