

Review

Revisión sobre aspectos biológicos y de cultivo del lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*)

Alfonso Silva¹ & Marcia Oliva¹

¹Laboratorio Cultivo de Peces, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte
Sede Coquimbo, Casilla 117, Coquimbo, Chile

RESUMEN. El lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*) es una especie endémica de la costa chilena, que ha sido objeto de diversos estudios tendientes a analizar las posibilidades que presenta para diversificar la acuicultura marina. El presente trabajo hace una revisión de los diversos resultados obtenidos en el estudio de su biología y técnicas de cultivo, observándose que existe el conocimiento zootécnico necesario para desarrollar su ciclo biológico completo en cautividad y producir individuos de tamaño comercial en condiciones de cultivo. Sin embargo, este conocimiento se encuentra disperso y aún muestra comparativamente con otras especies cultivables, una moderada replicabilidad de los resultados, lo que implica la necesidad de persistir en la optimización de algunos aspectos de su cultivo, para impulsar definitivamente su desarrollo.

Palabras claves: desarrollo, lenguado, *Paralichthys*, acuicultura, Chile.

Review of the biology and cultivation of Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*)

ABSTRACT. Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*) are endemic to the Chilean coast and have been the subject of several studies on the possible diversification of marine aquaculture. This paper reviews the diverse results obtained from studies of this species' biology and cultivation techniques. The biological and technical knowledge available is sufficient for developing the entire life cycle of this species, producing commercial-sized individuals, in captivity. However, this knowledge is dispersed and the results, as compared with those for other harvested species, still show moderately reproducible results, implying the need to continue efforts to optimize some aspects of Chilean flounder cultivation, thereby promoting the species' development definitely.

Keywords: development, flatfish, *Paralichthys*, aquaculture, Chile.

Corresponding author: Alfonso Silva (asilva@ucn.cl)

INTRODUCCIÓN

La producción de peces marinos mediante su cultivo, ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años tanto en Europa como en Asia (FAO, 2009). Chile se incorporó a este proceso, adaptando tecnología para el cultivo del turbot (*Psetta maximus*) y el hirame (*Paralichthys olivaceus*) y desarrollando investigaciones tecnológicas para el cultivo de las especies de lenguado de aguas chilenas (*Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus*). Hoy, después de más de 10 años de esfuerzos en la adaptación de tecnologías para el manejo de peces planos, es posible

afirmar que estamos ante los inicios de una industria con importantes proyecciones para la acuicultura nacional. Actualmente, el cultivo de turbot se encuentra en etapa comercial y desde 1998 se han producido y comercializado entre 268 y 426 ton anualmente. Respecto al lenguado nacional y gracias a los estudios realizados, ya se cuenta con la tecnología para realizar su cultivo a nivel piloto, paso previo para iniciar su cultivo comercial. Conjuntamente con ello, se ha introducido para efectos de analizar su factibilidad de cultivo el halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), proyecto que se lleva a cabo en el extremo austral del país. A continuación se describe

sucintamente el estado actual del cultivo de lenguado chileno (*P. adspersus*) y la tecnología base para su cultivo (Alvial & Manríquez, 1999; Silva & Vélez, 1998).

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Taxonomía

Es un recurso endémico de la costa de Chile del orden Pleuronectiformes en la cual se encuentran presentes las familias *Bothidae* y *Paralichthyidae* (Zúñiga, 1988). De esta última, el género *Paralichthys* está compuesto por 17 especies distribuidas en ambas costas de América (Ginsburg, 1952), del cual se han descrito ocho especies para Chile, siendo las de mayor relevancia económica: *Paralichthys adspersus* o también denominado lenguado de tres manchas o lenguado chileno y *Paralichthys microps* o lenguado de ojos chicos (Bahamonde & Pequeño, 1975).

La separación taxonómica entre *P. adspersus* y *P. microps*, aunque difícil por su similitud morfológica, se puede basar en tres elementos: a) origen de la aleta dorsal; en *P. microps* su origen se ubica sobre la mitad anterior del ojo y en *P. adspersus* sobre o posterior al margen anterior del ojo (Ginsburg, 1952), b) número de branquiespinas; en *P. adspersus* la rama superior del primer arco branquial con 6 ó 7 difiere de *P. microps* que tiene 9 ó 10 (Chirichigno, 1974), y c) tamaño relativo de la narina excurrente; la de *P. microps* es visiblemente de mayor diámetro que la de *P. adspersus* (Zúñiga, 1988).

Distribución geográfica

El lenguado *Paralichthys adspersus* se distribuye desde la localidad de Paita (norte de Perú) hasta el golfo de Arauco (Chile), incluyendo el archipiélago de Juan Fernández (Pequeño, 1989; Siefeld *et al.*, 2003). Su hábitat común corresponde a golfos y bahías someras, con fondos blandos de arena, al igual que otras especies de lenguados como *P. dentatus* y *P. californicus*, básicamente buscando protección frente a la depredación, temperaturas más adecuadas y abundancia de alimento (Able *et al.*, 1990; Kramer, 1991; Acuña & Cid, 1995).

Pesquería

En Chile, aproximadamente el 99% de los desembarques de lenguado es efectuado por pescadores artesanales para consumo local y eventualmente exportación, y está registrado indistintamente para ambas especies (*P. microps* y *P. adspersus*). Las capturas muestran un decrecimiento importante durante la última década, pasando de 821 ton en 1990 a sólo 55 ton en 2008. Actualmente, la mayor parte de

los desembarques se encuentran concentrados en el centro (32°02'-33°57'S) y centro-sur (36°00'-38°30'S) del país (SERNAPESCA, 2008).

Reproducción

Las hembras de *P. adspersus* presentan ovarios de gran tamaño, que ocupan hasta la región caudal del cuerpo. Tiene un desove parcial o fraccionado, con presencia de oocitos en diferentes estados de desarrollo durante la mayor parte del año. Desova con mayor intensidad desde fines de invierno a inicios de primavera (Acuña & Cid, 1995), cuando las temperaturas oscilan de 10,3-16,8°C, en la zona sur de la bahía de Concepción (Ahumada & Chuecas, 1979) de 13-17°C, en la zona centro-norte de la bahía de Coquimbo (Olivares, 1989).

Se estima que la talla de primera madurez es a los 24 cm de longitud total (220 g) (Zúñiga, 1988), tamaño que de acuerdo a observaciones en cultivo, se alcanzaría a los 21 meses de edad. Las hembras predominan en las capturas en la mayor parte del año (Acuña & Cid, 1995). El tamaño de los oocitos maduros alcanza un diámetro entre 0,66 y 0,80 mm. La fecundidad total promedio se estima en 2.125.000 huevos por kg, con un promedio de 1.500 huevos por gramo de pez (Ángeles & Mendo, 2005).

No presenta dimorfismo sexual marcado, salvo durante el proceso de maduración sexual cuando la hembra muestra un vientre abultado fácilmente identificable y los machos presencia de semen al ser manipulados. Sin embargo, Ángeles & Mendo (2005) reportan la presencia de un orificio genital en hembras sobre la línea media detrás del ano, inexistente en machos, que permitiría separarlos por sexos. Además, señalan un claro dimorfismo sexual respecto al crecimiento, alcanzando las hembras un mayor tamaño que los machos.

Alimentación

Los lenguados son peces carnívoros que consumen presas activas pelágicas y bentónicas. Su alimentación está compuesta básicamente por peces, crustáceos y moluscos, difiriendo la importancia de cada ítem presa, de la localidad donde se encuentre la población y de las fluctuaciones estacionales en la abundancia de los organismos (Bahamonde, 1954; Klimova & Ivankova, 1977; Silva & Stuardo, 1985; Zúñiga, 1988; Kong *et al.*, 1995). Así, Zúñiga (1988) indica que en la zona central *P. adspersus* consume preferentemente anchoveta (*Engraulis ringens*) y mísidos (*Metamysidopsis* sp.). Señala además, una marcada diferencia en la dieta entre juveniles y adultos, desde la presencia de numerosas presas pequeñas de la epifauna en juveniles, a pocas presas pelágicas grandes en

ejemplares adultos. Por su parte, Kong *et al.*, (1995) señalan que en la zona norte consume principalmente peces de media agua (*Engraulis ringens*) y ocasionalmente, crustáceos bentónicos (*Emerita analoga*).

En cultivo, esta especie acepta y se alimenta bien indistintamente de pellet húmedo y seco de diferentes calibres, según su tamaño. Comparado con otras especies, *P. adspersus* se alimenta lentamente, tanto en la columna de agua como en el fondo, presentado diferentes patrones de alimentación dependiendo del tipo de alimento y de su movimiento en el agua. Asimismo, se ha detectado que su consumo es variable dependiendo de su tamaño y estación del año. Así el lenguado chileno muestra consumos a saciedad que van de 11% a 9% de su biomasa día⁻¹ entre los 2 y 5 g de peso, y entre 2,7 y 1,4% de su biomasa día⁻¹ a partir de los 46 g de peso (Silva *et al.*, 2001).

Cuando alcanza su primera madurez sexual, muestra un incremento en el consumo de alimento durante los meses previos al desove y un decrecimiento durante la estación reproductiva (Silva, 2001).

Crecimiento

Existen escasos antecedentes sobre el crecimiento natural y/o artificial de ambas especies. Silva & Flores (1994) proponen la siguiente ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy, para *P. adspersus*, utilizando 182 ejemplares salvajes capturados y mantenidos en cautividad en Coquimbo, durante 336 días y alimentados con pellet semi-húmedo:

$$L_t = 54,52 (1 - e^{0,2725 (t + 0,1104)})$$

Estos autores proyectan que bajo dichas condiciones, el lenguado alcanzaría los 500 g en 1030 días de cultivo, mostrando tasas instantáneas máximas de crecimiento en peso de 1,5 g día⁻¹ para peces de 5-10 g de peso en marzo y mínimas de 0,09 g día⁻¹ para peces de 15-20 cm en septiembre.

Por su parte, Ángeles & Mendo (2005) presentan las ecuaciones de crecimiento en longitud y peso de von Bertalanffy para ambos sexos, calculados a partir de 150 ejemplares capturados en los puertos de Ancón, Callao, Chorrillos y Pucusana (Perú):

Crecimiento en longitud:

$$L_t = 101,169 (1 - e^{-0,139 (t + 0,584)}) \text{ para hembras}$$

$$L_t = 60,539 (1 - e^{-0,253 (t + 0,310)}) \text{ para machos}$$

Crecimiento en peso:

$$P_t = 16412,72 (1 - e^{-0,139 (t + 0,584)})^{3,27} \text{ para hembras}$$

$$P_t = 3145,54 (1 - e^{-0,253 (t + 0,310)})^{3,27} \text{ para machos}$$

Sobre la base de esas ecuaciones, se calcularon las longitudes y pesos por edad (Tabla 1), notándose un

mayor crecimiento en hembras que en machos, así como que el tiempo en alcanzar un tamaño comercial promedio de 700 g es de tres años.

Chong & González (1995) reportan para lenguados capturados frente a Concepción la existencia de tasas de crecimiento en peso exponenciales, señalando además que alcanzaría su tamaño comercial de 1 kg a menores tamaños que sus congéneres, lo que implicaría ventajas en su eventual cultivo respecto a las otras especies de lenguados.

ASPECTOS SOBRE EL CULTIVO

Abastecimiento de reproductores

Los reproductores de lenguado chileno pueden venir de dos fuentes: captura de ejemplares juveniles o adultos mediante el uso de embarcaciones artesanales con artes de arrastre o de enmalle, o bien de laboratorios de cultivo dedicados a la investigación de esta especie. En el caso de embarcaciones artesanales, se debe utilizar estrategias de pesca diferentes, recomendándose tiempos de arrastre o de reposo de los artes sensiblemente más cortos que los utilizados por los pescadores en sus faenas habituales. Una vez capturados, los peces a trasladar deben ser seleccionados entre los que muestran menor daño aparente, y manipulados lo menos posible antes de proceder a colocarlos en los tanques de traslado. Estos deben estar cubiertos, implementados con oxigenación directa para mantener el agua sobre los 7 mg L⁻¹ de oxígeno, con bolsas de hielo para mantener bajas temperaturas y a densidades de traslado inferiores a 30 kg m⁻³. Estos sencillos cuidados durante el traslado permiten asegurar supervivencias entre 60 y 80% y minimizar su mortalidad por stress (Silva, 2001).

Diseño y requerimientos de sistemas de mantención

En laboratorio, los peces son colocados en estanques de cuarentena mayores de 3 m³, semi-cubiertos con agua circulante y aireación constante. En ellos, los peces son sometidos a tratamientos antiparasitarios (formaldehído 50 a 100 ppm) y de ser necesario, antibacterianos para evitar infecciones. Su alimentación comienza a los 4 a 5 días posteriores a su llegada, dado que los primeros días no consumen alimento y su manejo (muestreo, sexado, marcaje), se recomienda postergarlo hasta 30-40 días, tiempo en que los peces ya se encuentran recuperados.

Después del periodo de cuarentena, los peces pueden ser transferidos a los estanques de reproducción definitivos, caracterizados por su forma circular y volumen de 10 m³ o más, con circulación continua de agua de mar filtrada a 50 μ y mantenidos con aireación constante. Los peces se mantienen en

Tabla 1. Longitud y peso por edad de *Paralichthys adspersus* según la ecuación von Bertalanffy. Angeles & Mendo (2005). LT: longitud total, PT: peso total.

Table 1. Length and weight per age of *Paralichthys adspersus* according to von Bertalanffy equation (Angeles & Mendo 2005). LT: total length, PT: total weight.

Edad (años)	Hembra		Macho	
	LT (cm)	PT (g)	LT (cm)	PT (g)
1	20,08	81,76	17,10	50,18
2	30,65	326,30	26,82	218,82
3	39,85	770,08	34,37	492,45
4	47,84	1401,56	40,23	824,20
5	54,79	2186,16	44,77	1170,20
6	60,84	3080,91	48,30	1500,18
7	66,09	4043,20	51,04	1797,22
8	70,67	5035,34	53,17	2054,30
9	74,64	6026,42	54,82	2270,74
10	78,10	6992,64	56,10	2449,34

proporción de dos machos por cada hembra, a una densidad máxima recomendada de 2 kg m^{-3} , para lograr su reproducción espontánea. Durante el primer año de cautiverio, los ejemplares salvajes normalmente no desovan, aún cuando es posible detectar hembras y machos con signos de maduración, debiendo normalmente transcurrir dos años efectivos de cautiverio, antes de obtener el primer desove espontáneo (Silva, 2001).

Alimentación y nutrición

La alimentación de mantención puede consistir alternadamente en pescado congelado trozado (*Trachurus murphyi*, *Sardinops sagax*), pellet semi-húmedo, constituido por una mezcla de pescado fresco, harina de pescado, aceite y vitaminas, o bien pellet seco, cuidando de mantener niveles nutricionales mínimos recomendados para reproductores por sobre un 45% de proteínas y 10% de lípidos (Pavlov *et al.*, 2004). El alimento se provee en proporción de 1 a 2% de la biomasa, con una frecuencia diaria, o bien cuatro veces a la semana, según variación de consumo estacional. Cuatro meses antes de su desove y a fin de asegurar y/o mejorar su acondicionamiento reproductivo, su alimentación es reforzada con una pre-mezcla de vitaminas del grupo C, B₁ y E, y una fuente adicional de ácidos grasos, compuesta normalmente por productos comerciales que poseen dichas características (Silva, 2001).

Recientemente y en el tema de optimización de dietas, se realizó un experimento para determinar los

niveles más adecuados de proteínas para el cultivo de juveniles de lenguado utilizando ejemplares de 100 g, cultivados en estanques semicirculares con circuito abierto de agua de mar en densidades de 5 kg m^{-2} y utilizando cuatro niveles de proteínas (44, 50, 53 y 55%). Los resultados indican que el rango ideal de proteínas para el cultivo de juveniles, utilizando la harina de pescado como fuente principal de proteínas, está entre 54 y 57% (Piaget, 2009).

Desove

Respecto al control de la reproducción, se han desarrollado experimentos para medir el rendimiento reproductivo de hembras sometidas a inducción hormonal con GnRHa, en diferentes estados de maduración a concentraciones de 10 ng kg^{-1} . Los resultados indican que este procedimiento es efectivo para inducir el desove en hembras en estado de maduración temprana con diámetro promedio de ovocitos entre 320 y 500 μ . En estados mayores de desarrollo, el procedimiento no muestra buenos resultados (Manterola, 2006). Actualmente, la maduración natural y desove espontáneo de los reproductores se practica rutinariamente con buenos rendimientos. Se utilizan reproductores de 3 a 4 años de edad (700 a 1.500 g), mantenidos bajo condiciones naturales de luz y temperatura en estanques de 6 a 10 m^3 , con circuito abierto de agua de mar y aireación constante, en proporción de dos machos por hembra y densidades de $1-2 \text{ kg m}^{-2}$ (Silva, 1996).

Previo a los desoves (12 a 24 h), las hembras maduras muestran un abdomen abultado (Fig. 1) y se encuentran permanentemente acompañadas de uno o dos machos en sus desplazamientos en los estanques. No obstante que los desoves espontáneos se producen tanto en la mañana como en la tarde, es más frecuente encontrar ovas en sus primeros estados de división en las primeras horas de la mañana.

Períodos de 24 a 48 h alternados con períodos más largos de cuatro a siete días, separan más frecuentemente las diferentes puestas espontáneas sucesivas que se producen en una temporada normal de reproducción del lenguado en cautiverio. El período normal de desove se inicia a mediados de agosto (fines de invierno) y se prolonga por aproximadamente cinco meses, hasta diciembre, produciéndose un período de latencia entre enero y julio cuando los desoves cesan o son más intermitentes. Sin embargo, durante los años de control, la máxima producción y viabilidad de las ovas se mantiene estable entre septiembre y octubre (primavera), cuando las temperaturas fluctúan entre 14 y 15,5°C, tendiendo a bajar, tanto la producción como la viabilidad de las ovas, en los desoves producidos fuera de dicho rango. Al mismo tiempo, los valores mínimos y

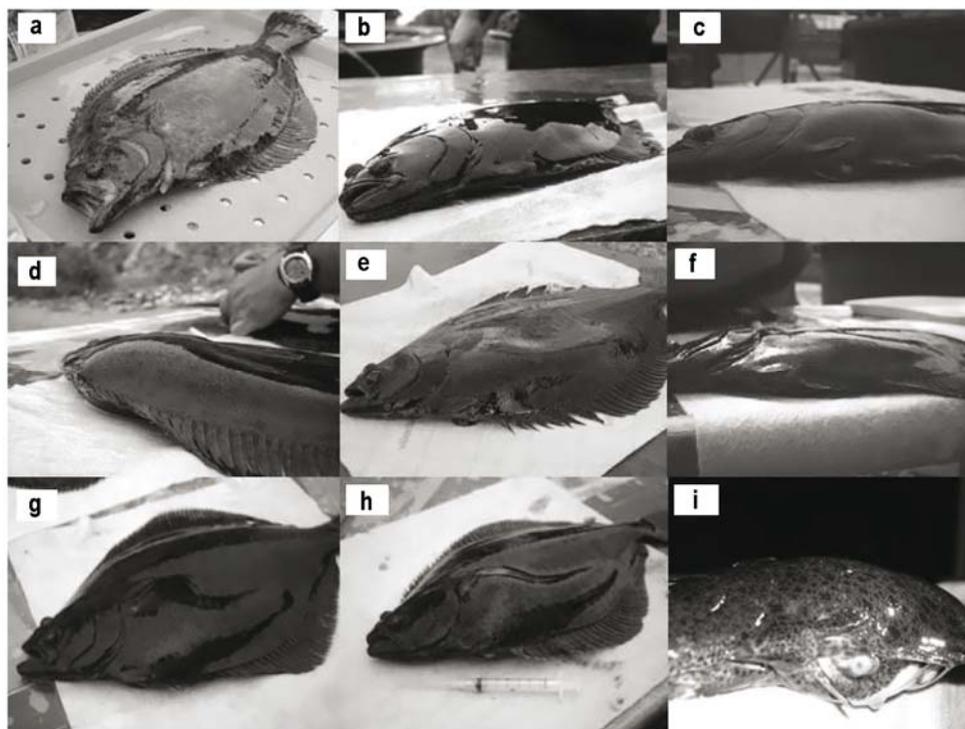


Figura 1. Diferentes estados de maduración (abultamiento vientre) de hembras de *P. adspersus*. a) sin abultamiento, b) c) abultamiento leve, d) e) f) abultamiento bien definido, g) h) abultamiento marcado, i) abultamiento máximo, poro genital dilatado (extraído de Manterola, 2006).

Figure 1. Different maturation states (enlarge abdomen) of *P. adspersus* male. a) without enlarge, b) c) light enlarge, d) e) f) very defined enlarge, g) h) marked enlarge, i) maximum enlarge, extensive genital pore (Redrawn From Manterola, 2006).

máximos de temperatura entre los cuales ocurre el desove es de 12,7°C la mínima y 19,7°C la máxima (Silva, 1996).

Los registros ocurridos en el Laboratorio indican que una hembra puede producir anualmente un promedio de 2×10^6 de huevos kg^{-1} de peso, de los cuales entre el 30 y 50% son viables (flotantes), con porcentajes de fecundación que fluctúan entre 0 y 100% por desove. Aunque el período de desove puede ser extenso, el mayor porcentaje de huevos viables se detecta en un período restringido de dos meses a temperatura entre 14 y 15°C. Las ovas inviables generalmente tienen apariencia opaca, con diámetro y superficie irregular, distribución anormal del vitelo y en ocasiones con 2 a 3 gotas lipídicas. Estas se registran durante toda el período de desove, pero su número tiende a aumentar fuera de los meses de máxima producción de ovas y cuando la temperatura supera los 16°C.

Colecta de huevos e incubación

La obtención de huevos se puede realizar de dos formas. Mediante desove artificial de hembras

ovuladas, en cuyo caso los huevos obtenidos mediante masaje abdominal, deben ser posteriormente fertilizados con espermatozoides de dos machos; o bien, mediante colecta de huevos fecundados provenientes de un desove espontáneo, en cuyo caso los huevos se colectan en la salida de agua exterior de los estanques de reproducción, mediante un colector de malla fina (500-600 μ). En ambos casos, una vez obtenidos, se recomienda que los huevos sean lavados con agua tratada con luz ultravioleta y desinfectados cuidadosamente con una solución de glutaraldehído (100 ppm). Los huevos flotan, son transparentes, tienen una gota oleosa y alcanzan un diámetro promedio de 0,8 mm. Luego se colocan en un estanque cónico transparente de 100-200 L para realizar la separación de huevos viables de los no viables, los cuales precipitan. Después de su separación y registro (conteo, determinación de desarrollo, calidad) se ponen a incubar. Los estanques de incubación tienen un volumen de 500 a 1000 L y se llenan con agua de mar microfiltrada (1 μ) y esterilizada (UV). Las densidades de incubación varían de 500 a 1000 huevos L^{-1} con una renovación del 50 a 100% de agua

diariamente (Silva *et al.*, 1994; Silva & Vélez, 1998). La duración del período de incubación depende directamente de la temperatura utilizada. Experiencias de incubación conducidas a 13°C, muestran porcentajes de eclosión superiores al 50% a las 80 h a 16°C y demoran 60 h, si se utiliza agua a 18°C la eclosión demora solamente 45 h (Silva, 2001) (Fig. 2).

Los porcentajes de eclosión obtenidos son variables (30-90%) y dependen fundamentalmente de la calidad del desove, que depende a su vez del acondicionamiento nutricional de los reproductores y de una buena separación de huevos viables e inviables antes de la incubación.

Cultivo larval

Durante la eclosión las larvas con saco miden entre 1,7 y 2,0 mm de longitud total. Tienen características pelágicas y son muy primitivas ya que no han completado el desarrollo de los ojos ni del tracto digestivo y su supervivencia depende exclusivamente de su saco vitelino (Fig. 3). Su cultivo se realiza en estanques de 1000 L a densidades entre 30 y 100 larvas con saco/L y una renovación de agua microfiltrada y esterilizada de 25 a 50% de su volumen diario. Después de 4 a 5 días según la temperatura y con un tamaño promedio de 3,7 mm, la larva ha consumido totalmente su saco vitelino y completa el desarrollo de sus ojos y su tracto digestivo es funcional.

Durante esta primera etapa, no se producen mayores mortalidades si se mantienen las condiciones higiénicas adecuadas, obteniéndose supervivencias de 80-90% (Silva, 2001). Tampoco presenta rutinariamente problemas de deformaciones, aunque se ha observado un incidente de deformación de mandíbula

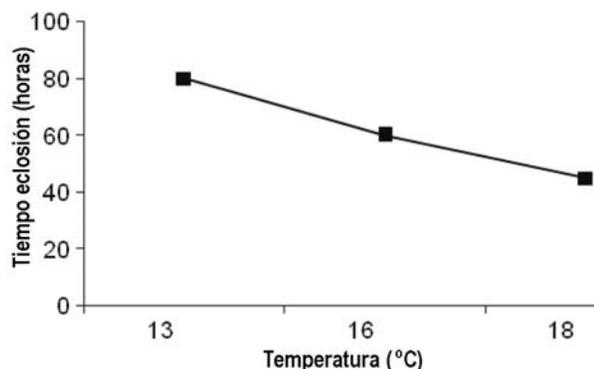


Figura 2. Tiempo de eclosión de huevos de lenguado chileno *P. adspersus* a diferentes temperaturas (Datos del Laboratorio de Cultivo de Peces de la UCN).

Figure 2. Time to hatch at different temperatures for Chilean flounder *P. adspersus* eggs (Data from Fish Culture Laboratory of UCN).



Figura 3. Larva recién eclosionada de *Paralichthys adspersus* (longitud estándar de 1,9 mm).

Figure 3. Newly hatched *Paralichthys adspersus* larva (the standard length is 1.9 mm).

de larvas asociado presuntamente a deficiencias nutricionales de la dieta de reproductores durante su acondicionamiento (Silva *et al.*, 1989).

En su segunda etapa, el cultivo larval se desarrolla en estanques circulares de 1 a 2 m³ con densidades iniciales de 20-30 larvas por L⁻¹. El intercambio diario de agua de mar microfiltrada y esterilizada es creciente de 0 a 100% entre los días 4 y 20 de cultivo. Se agregan diariamente microalgas (*Isochrysis* y *Nannochloropsis*) en concentraciones de 150.000 a 200.000 cel mL⁻¹, en caso de utilizar la técnica de "agua verde". La primera fase de alimentación (15-20 días) se realiza utilizando rotíferos (*Brachionus plicatilis*) en proporciones de 5-10 ind mL⁻¹ dos veces al día, enriquecidos con una mezcla de microalgas (80% *Isochrysis* y 20% *Nannochloris*) o bien con enriquecedores comerciales (Algamac, DHA Selco). Posteriormente, se complementa con nauplius de *Artemia* en concentración de 0,5 a 1 ind mL⁻¹ conjuntamente con los rotíferos, los cuales se reducen progresivamente hasta el día 20, momento a partir del cual se comienza a alimentar con metanauplius de *Artemia* enriquecidos a razón de 1 a 3 metanauplius mL⁻¹ y posteriormente, en forma simultánea con micropellet (100-400 nm) hasta el día 60. A esta edad, los ejemplares fluctúan entre 15 (67%) y 20 mm (33%), ya han completado su metamorfosis y alcanzado las características de juveniles bentónicos. Las supervivencias alcanzadas hasta esta etapa varían entre 10 y 25% (Fig. 4) (Silva, 2001).

Los resultados obtenidos en estas etapas indican que el crecimiento, calidad y supervivencia larval dependen principalmente de factores relacionados con la calidad nutricional del alimento, temperatura y

calidad del medio de cultivo. Silva (1999) señala que el uso de las microalgas como enriquecedores y como parte de la técnica de cultivo, incrementa significativamente el crecimiento, supervivencia, desarrollo y calidad de las larvas de lenguado durante su primera fase de cultivo, dado su efecto nutricional sobre las presas y el mejoramiento de la calidad del medio de cultivo.

No existen antecedentes precisos sobre los requerimientos nutricionales de las larvas de *P. adspersus*, sin embargo Silva (1999) obtuvo buena supervivencia larval entre 18 y 38 días de cultivo, utilizando rotíferos con una relación de ácidos grasos DHA/EPA entre 1,33 y 2,08. Esto indica la importancia de proveer adecuadas cantidades de estos ácidos grasos poliinsaturados en el alimento larval para asegurar su óptimo desarrollo. Igualmente, experimentos preliminares sobre las necesidades de ácidos grasos poliinsaturados (n-3 HUFA) para el desarrollo larval de lenguado indican que niveles de 0,7-1% en rotíferos, mejoran los resultados de crecimiento, supervivencia y calidad larval (Silva, 2001).

Otros experimentos relacionados con la determinación de la temperatura óptima para el cultivo larval en un rango entre 16 y 20°C, demuestran que las tasas de crecimiento y supervivencia son directa e inversamente proporcionales respectivamente a la temperatura, razón por la cual se recomienda su cultivo a 18°C (Orellana, 2002).

Al mismo tiempo, se han realizado experimentos para determinar el efecto de inmunoestimulantes en la etapa de desarrollo temprano de esta especie. Los resultados indican que aplicar 5 mg L⁻¹ de β-glucanos y manano-oligosacáridos (βG MOS) en el agua de cultivo, aumenta la supervivencia y crecimiento larval, mientras que 15 mg L⁻¹ de βG MOS tiene un efecto

supresor en ambos parámetros poblacionales. Este efecto aumenta si se aplica en larvas que recién han absorbido su saco vitelino. El análisis histológico del epitelio intestinal de las larvas sugiere que el βG MOS promueve la manifestación de monocitos (células precursoras de macrófagos), asociados al sistema inmune no específico de los peces (Piaget *et al.*, 2007).

Deshabitación de juveniles

El proceso de deshabitación consiste básicamente en el reemplazo progresivo y paulatino del alimento vivo (*Artemia*) por alimento inerte de diferentes tamaños (0,2-1,0 mm) en un período variable de 10 y 15 días. Este proceso se efectúa normalmente en estanques semicirculares o rectangulares de 400-1000 L, fondo plano, con una columna de agua no mayor a 50 cm de alto y densidades entre 2.000-3.000 ind m⁻², obteniéndose supervivencias de 60-70% (Silva & Vélez, 1998).

Al mismo tiempo es importante mencionar que a diferencia de otros peces planos los juveniles de *P. adspersus* necesitan evitar el contacto con el fondo del estanque durante este proceso, por lo cual se utilizan jaulas de malla flotantes al interior de los estanques normalmente hasta el término de la etapa de crianza (nursery). Esta estrategia permite mejorar la limpieza de los estanques y aumentar significativamente la supervivencia en esta etapa.

Respecto a las densidades a utilizar en la deshabitación de *P. adspersus*, Silva (2001) reporta que la densidad es inversamente proporcional a la supervivencia y concluye que la mejor densidad a utilizar desde el punto de vista de la supervivencia sería de 1000 ind m⁻².

Una vez que los peces están adaptados a una dieta inerte y se encuentran todos en el fondo de los estanques de cultivo (0,4 a 1 g) comienza la etapa de pre-engorde o nursery, cuyo objetivo principal es alcanzar un lenguado de tamaño (10-20 g) y calidad adecuados para iniciar su etapa de crecimiento o engorde hasta tamaño comercial.

En la Tabla 2 se muestra el crecimiento en longitud y peso de lenguado cultivado en estanque en la etapa de pre-engorde y de acuerdo al protocolo de cultivo utilizado en el Laboratorio de Cultivo de Peces de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo. Los peces se mantienen en estanques semicirculares y en jaulas de malla con iluminación natural, y sometidos a alimentación automática diurna y a temperaturas de cultivo entre los 15 y 18°C.

Su crecimiento en este estado y por su condición de primeras producciones de juveniles, es por cierto

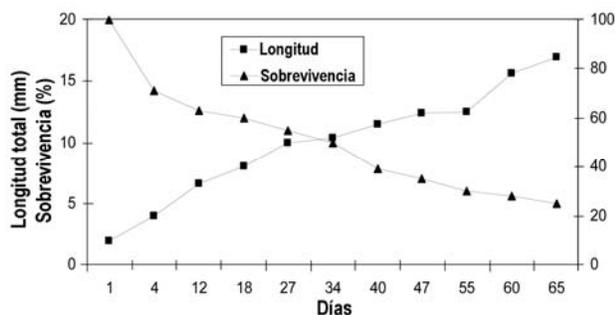


Figura 4. Growth and survival of larval *Paralichthys adspersus* during 65 days of culture (from Silva, 2001).

Figura 4. Crecimiento y supervivencia larval de *P. adspersus* durante 65 días de cultivo (extraído de Silva, 2001).

Tabla 2. Resultados de la fase de nursery de lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*) a temperaturas entre 15 y 18°C de acuerdo a protocolo de cultivo usado en el Laboratorio de Cultivo de Peces de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo. dpe: días post-eclosión.

Table 2. Results of nursery phase of Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*) between 15 and 18°C, according to the cultivation protocol used in the Laboratory of Fish Cultivation of Universidad Católica del Norte, Coquimbo. dpe: days post-eclosion.

Edad (dpe)	Longitud (cm)	Peso (g)	Tamaño partícula (mm)	Densidad (kg m ⁻²)
90	3,1	0,4	0,7 - 1,0	0,3
120	6,3	3,3	1,0 - 1,5	0,3
150	7,4	5,2	1,5 - 2,5	0,5
180	8,9	9,5	2,0 - 3,0	1,0
210	9,6	11,5	3,0 - 4,0	1,1

menor que las reportadas para otras especies de peces planos de cultivo como el turbot, que en 90-100 días es posible que alcance de 9 a 10 g de peso (Stoss *et al.*, 2004).

Crecimiento

Diversos trabajos relacionados con el crecimiento de juveniles provenientes de capturas o cultivados, demuestran que *P. adspersus* puede ser engordado en estanques o jaulas, desde juvenil a tamaño comercial, sin dificultades de crecimiento, supervivencia ni manejo (Silva & Flores, 1994; Silva *et al.*, 2001).

Silva & Flores (1994) cultivaron tres grupos de juveniles provenientes de capturas de 5-10 cm, 15-20 y 20-24 de longitud total, durante 335 días en estanques con flujo abierto. Los peces fueron alimentados a saciedad cuatro veces por semana con pellet semi-húmedo, registrando tasas de crecimiento en peso (SGR) de 0,79, 0,49, y 0,19% / diario respectivamente; con dichos antecedentes sugieren que el lenguado chileno podría alcanzar los 500 g en 1.030 días. Algunos años después, los mismos autores cultivando juveniles de menores tamaños (2-8 cm) mantenidos en similares condiciones de cultivo y alimentados con pellet seco de salmón, obtuvieron tasas de crecimiento en peso entre 1,5 y 1,7% diario.

Estudios más recientes del crecimiento de *P. adspersus* mantenidos en estanques y alimentados con pellet extruido para turbot, confirman estos últimos resultados de crecimiento y demuestran que no existirían diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre los diferentes grupos (pequeños, medianos y grandes) provenientes de un mismo desove. Al mismo tiempo se concluye que en un rango

de temperaturas de cultivo entre 14,9 y 17,3°C, el tamaño comercial de un kilo lo alcanzarían a los 3,5 años (Silva *et al.*, 2001) (Fig. 5).

CONSIDERACIONES FINALES

El lenguado chileno es una especie interesante para el cultivo en Chile, no sólo por su carácter endémico, mercado, valor o avance tecnológico obtenido, sino también por ser una especie perteneciente a un grupo interesante para el resto de Latinoamérica, que poseen similares especies, y que están evaluando el desarrollo del cultivo de peces marinos. En este escenario cabe preguntarse entonces porqué la acuicultura del lenguado no se ha desarrollado a un nivel superior al actual, atendiendo el tiempo transcurrido y el conocimiento existente. La respuesta parece estar, desde el punto de vista biológico-técnico, en que esta especie no ha alcanzado acceder aún, a las condiciones tecnológicas que permitan una replicabilidad, nivel de crecimiento y riesgo similares a las existentes, para las especies que configuran en la actualidad el mercado de la acuicultura de peces en Chile. En efecto, a nivel reproductivo, si bien es cierto se ha logrado conocer su desarrollo gonadal, generar varios planteles de reproductores y obtener desoves artificiales y espontáneos en forma regular, no existe información

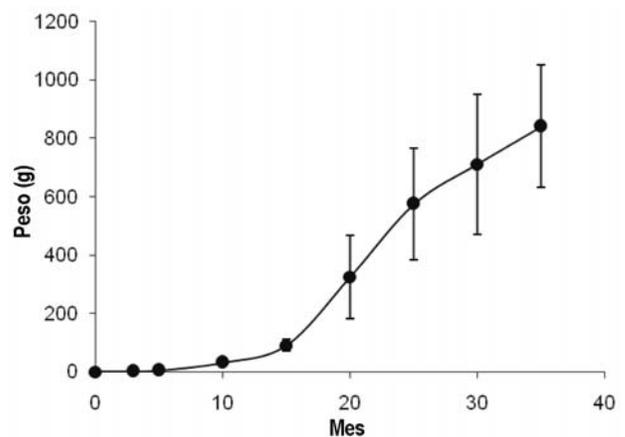


Figura 5. Crecimiento en peso de lenguado chileno *P. adspersus* entre 15 y 18°C de acuerdo al protocolo de cultivo utilizado en el Laboratorio de Cultivo de Peces de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo (2005-2007). Líneas verticales indican desviación estándar (resultados no publicados).

Figure 5. Growth in weight of Chilean flounder *P. adspersus* between 15 and 18°C, according to the cultivation protocol used in the Laboratory of Fish Cultivation of Universidad Católica del Norte, Coquimbo (2005- 2007). Vertical bars indicate standard deviation (unpublished results).

sobre el manejo reproductivo de esta especie en cualquier época del año, ni programas de selección genética que permitan obtener ejemplares mejor adaptados al cultivo. Igualmente y desde el punto de vista de la producción de juveniles, falta generar mayor información que permita optimizar la supervivencia larval, ya sea mediante la incorporación de tecnologías de recirculación y/o sobre el control de los aspectos microbiológicos del sistema. Por último y desde el punto de vista de su engorde, es necesario desarrollar mayor información sobre nutrición y alimentación, con dietas especie-específicas que favorezcan la velocidad de crecimiento y bienestar de los peces, con respeto al ambiente, así como también generar información sobre conocimiento y control de patologías, con un enfoque esencialmente preventivo. Si bien es cierto, la generación de esta información no ha sido impedimento para que el cultivo haya progresado hasta niveles piloto, si se considera fundamental a niveles comerciales, por cuanto en este nivel de desarrollo, se necesita asegurar condiciones de replicabilidad altas y riesgos bajos, en la producción de las especies objeto del cultivo.

REFERENCIAS

- Able, K., R.E. Matheson, W.W. Morse, M.P. Fahay & G. Sheperd. 1990. Pattern of summer flounder *Paralichthys dentatus* early life history in the Mid-Atlantic bight and New Jersey estuaries. *Fish. Bull.*, 88: 1-12.
- Acuña, E. & L. Cid. 1995. On the ecology of two sympatric flounder of the genus *Paralichthys* in the Bay of Coquimbo, Chile. *Neth. J. Sea Res.*, 34(1/2): 1-11.
- Ahumada, R. & L. Chuecas. 1979. Algunas características hidrográficas de la bahía de Concepción (36°40'S; 73°03'W) y áreas adyacentes, Chile. *Gayana, Misc.*, 56 pp.
- Alvial, A. & J. Manríquez. 1999. Diversification of flatfish culture in Chile. *Aquaculture*, 176: 65-73.
- Ángeles, B. & J. Mendo. 2005. Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecol. Apl.*, 4(1-2): 105-112.
- Bahamonde, N. 1954. Alimentación de los lenguados (*Paralichthys microps* Steindachner e *Hippoglossina macrops* Günther). *Invest. Zool. Chil.*, 2: 72-74.
- Bahamonde, N. & G. Pequeño. 1975. Peces de Chile. Lista sistemática. *Publ. Ocas. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*, 21: 1-20.
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar. Perú-Callao*, 44: 1-387.
- Chong, J. & P. González. 1995. Ciclo reproductivo del lenguado de ojos chicos *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) (Pleuronectiformes, *Paralichthyidae*) frente al litoral de Concepción, Chile. *Biol. Pesq.*, 24: 39-50.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2009. The state of world fisheries and aquaculture 2008 (SOFIA). FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome, 196 pp.
- Ginsburg, I. 1952. Flounders of the genus *Paralichthys* and related genera in American waters. *Fish. Wild. Serv., Fish. Bull.*, 52: 267-351.
- Klimova, V. & Z. Ivankova. 1977. The effect of changes in bottom population from Peter the Great Bay on feeding and growth rates in some flatfishes. *Oceanology*, 17: 896-900.
- Kong, I., M. Clarke & R. Escribano. 1995. Alimentación de *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) en la zona norte de Chile (Osteichthyes: *Paralichthyidae*). *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 30(1): 29-44.
- Kramer, S.H. 1991. Growth, mortality and movements of juveniles California halibut, *Paralichthys*, in shallow coastal and bay habitats on San Diego County, California. *Fish. Bull.*, 89: 195-207.
- Manterola, R. 2006. Respuesta endocrina y ovulatoria en hembras de lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*) post inducción hormonal con GnRH α . Tesis de Magister en Ciencias de la Acuicultura, Universidad de Chile, Santiago, 68 pp.
- Olivares, J. 1989. Aspectos hidrográficos de la Bahía Coquimbo. *Biol. Pesq.*, Chile, 18: 97-108.
- Orellana, Y. 2002. Efecto de la temperatura en el cultivo larval de lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner 1867). Memoria de Ingeniería en Acuicultura. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 56 pp.
- Pavlov D., E. Kjorsvik, T. Refsti & O. Andersen. 2004. Brood stock and egg production. En: E. Moksness, E. Kjorsvik & Y. Olsen (eds.). *Culture of cold-water marine fish*. Blackwell Publishing, London, pp. 129-203.
- Pequeño, G. 1989. Lista de peces de Chile. Revisada y comentada. *Rev. Biol. Mar.*, 24: 1-132.
- Piaget, N., A. Vega, A. Silva & P. Toledo. 2007. Efecto de la aplicación de β -glucanos y manano-oligosacáridos (β G MOS) en un sistema de cultivo intensivo de larvas de *Paralichthys adspersus* (*Paralichthyidae*). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 35(2): 35-43.
- Piaget, N. 2009. Determinación de nivel óptimo de proteína dietaria en juveniles del lenguado, *Paralichthys adspersus* (Pisces, Pleuronectiformes: *Paralichthyidae*). Tesis de Magister en Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 101 pp.

- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2008. Cifras preliminares de desembarco, cosechas y agentes pesqueros y de acuicultura. Año 2008. Departamento Sistemas de Información y Estadísticas Pesqueras. www.sernapesca.cl
- Siefeld, W., M. Vargas & I. Kong. 2003. Primer registro de *Etropus ectenes* Jordan, 1889, *Bothus constellatus* Jordan & Goss, 1889, *Achirus klunzingeri* (Steindachner, 1880) y *Symphurus elongatus* (Gunther, 1868) (Piscis, Pleuronectiformes) en Chile, con comentarios sobre la distribución de los lenguados chilenos. Invest. Mar. Valparaíso, 31: 51-65.
- Silva, M. & J. Stuardo. 1985. Alimentación y relaciones tróficas generales entre algunos peces demersales y el bentos de bahía de Coliumo (Provincia de Concepción, Chile). Gayana, Zool., 49(3-4): 77-102.
- Silva, A. 1996. Conditioning and spawning of the flounder, *Paralichthys microps* Gunther, 1881 in captivity. En: G. Gajardo & P. Coutteau (eds.). Improvement of the commercial production of marine aquaculture species. Proceedings of a workshop on fish and mollusc larviculture. Impresora Creces, Santiago, pp. 97-102.
- Silva, A. 1999. Effect of the microalga *Isochrysis galbana* on the early larval culture of *Paralichthys adspersus*. Cienc. Mar., 25: 267-276.
- Silva, A. 2001. Advance in the culture research of small-eye flounder, *Paralichthys microps*, and Chilean flounder *P. adspersus* in Chile. J. Appl. Aquacult., 11(1/2): 147-164.
- Silva, A. & H. Flores. 1989. Consideraciones sobre el desarrollo y crecimiento larval del lenguado (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) cultivado en laboratorio. Rev. Pac. Sur, (Número especial): 629-634.
- Silva, A. & H. Flores. 1994. Observations on the growth of the Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) in captivity. En: P. Lavens & R.A.M. Remmerswaal (eds.). Turbot culture: problems and prospects. European Aquaculture Society, Spec. Publ. 22, Gent, Belgium, pp. 323-332.
- Silva, A. & A. Vélez. 1998. Development and challenges of turbot and flounder aquaculture in Chile. World Aquacult., 29(4): 48-51.
- Silva, A., H. Flores & E. Uribe. 1989. Manejo y reproducción de lenguado (*Paralichthys microps* Gunther, 1881) en cautiverio y producción masiva de alimento en vivo para larvas de peces. Informe Técnico final. Proyecto cultivo intensivo experimental del lenguado (*Paralichthys* sp.). 3ra. etapa: producción. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 46 pp.
- Silva, A., C. Henríquez & C. Munita. 1994. Desafío del lenguado: de cultivo experimental pasar a etapa piloto. Aquanot. Int., 22: 42-51.
- Silva, A., M. Oliva & F. Castelló. 2001. Evaluación del crecimiento de juveniles de lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) cultivado en estanques. Biol. Pesq., Chile, 29: 21-30.
- Stoss, J., K. Hamre & H. Ottera. 2004. Weaning and nursery. En: E. Moksness, E. Kjorsvik & Y. Olsen (eds.). Culture of cold-water marine fish. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 337-362.
- Zúñiga, H. 1988. Comparación morfológica y dietaria de *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) y *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) en Bahía de Coquimbo. Tesis de Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 144 pp.

Received: 12 May 2009; Accepted: 17 August 2010