

ARTÍCULO

Comportamiento reproductivo y desarrollo de los estadios tempranos del bagre marino *Aphos porosus*, de la bahía de Valparaíso, Chile

Breeding behavior and development of early stages of the toadfish *Aphos porosus* from Valparaíso Bay, Chile

Fernando Balbontín^{1*}, Claudia A. Bustos¹ y Mauricio F. Landaeta¹

¹Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Avenida Borgoño 16344, Reñaca, Viña del Mar, Chile. *fernando.balbontin@uv.cl

Abstract.- In order to study the breeding behaviour and to describe eggs and larvae of the toadfish *Aphos porosus* (Pisces: Batrachoididae), observations throughout 6 spawning seasons in intertidal rocky pools of Montemar, Valparaíso Bay, central Chile were performed. Adults were kept in laboratory conditions, and egg and larval development was monitored. The external fertilization was also carried out. Adult males arrived to the intertidal pools as early as October, followed by the females in November and December of each year. In the field, the eggs were attached to the vertical walls of crevices in tidal pools and in the laboratory, eggs were deposited in the vertical walls of aquaria or under stones. The eggs diameter was 5.3 ± 0.3 mm. Hatching took place after 18 d at 18.6°C or after 21 d at 16.3°C . Mean total length (TL) of newly hatched larvae was 4.8 ± 0.4 mm (range 4.3 to 5.1 mm TL) and remain attached to the substrate by the yolk sac. Before the complete absorption of the yolk, the larvae already display the pigment pattern and body shape alike to juveniles. At the end of the yolk depletion, larvae measured 20.5 to 24.0 mm TL, and became free-swimming larvae at 60 to 65 days-old. This contribution provides new insights about undescribed aspects of the breeding behaviour and ontogeny of *A. porosus*, among the coastal fish species of the Chilean coast.

Key words: Fish eggs, sessile fish larvae, embryonic development, larval development, parental care

Resumen.- Con el objetivo de estudiar el comportamiento reproductivo y describir los huevos y larvas del bagre *Aphos porosus* (Pisces: Batrachoididae), se realizaron observaciones durante 6 temporadas de desove en la zona intermareal rocosa de Montemar, bahía de Valparaíso, Chile. Se mantuvieron peces adultos en el laboratorio y se controló el desarrollo de huevos y larvas. También se realizó la fertilización artificial de huevos en el laboratorio. Se observó la llegada de los machos a la costa a partir de octubre, seguidos de las hembras en noviembre y diciembre de cada año. Los huevos fueron adheridos a las paredes verticales o inferiores de las piedras y grietas de las pozas del intermareal de Montemar y en las paredes de los estanques. Su diámetro fue de $5,3 \pm 0,3$ mm. La eclosión se produjo a los 18 d a $18,6^\circ\text{C}$ y a los 21 d a $16,3^\circ\text{C}$. Las larvas recién eclosionadas midieron en promedio 4,8 mm de longitud total (LT) (rango entre 4,3 a 5,1 mm LT) y realizaron parte de su desarrollo adheridas al sustrato por el saco vitelino. Antes de consumir completamente el vitelo, las larvas ya presentaban el patrón de pigmentación y la forma del cuerpo similar a la de los juveniles. Al terminar de absorber el vitelo, las larvas midieron 20,5 a 24,0 mm LT y se liberaron del sustrato entre los 60 y 65 d de edad. Este trabajo constituye un aporte sobre aspectos no descritos del comportamiento reproductivo y la ontogenia de *A. porosus*, dentro del conjunto de especies de peces de la costa de Chile.

Palabras clave: Huevos de peces, larvas de peces sésiles, desarrollo embrional, desarrollo larval, cuidado parental

INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Batrachoididae se caracterizan por estar asociadas al fondo marino. Poseen órganos luminiscentes sobre el cuerpo, excepto el género monotípico *Aphos*, con la especie *A. porosus* (Valenciennes, 1837) (Nelson 2006). Su distribución geográfica comprende desde Puerto Pizarro, Perú hasta

el Estrecho de Magallanes en Chile (Mann 1957, Chirichigno 1974, Nakamura 1986). Entre los escasos antecedentes sobre las primeras etapas de su vida, se ha descrito un desove primaveral, época en que se acercan a la costa a desovar, colocando sus huevos en las grietas de los roqueríos intermareales (Yáñez 1953, Varas & Ojeda 1990).

Muchas de las especies de peces litorales tienen cuidado parental de los huevos, en particular aquellas especies con huevos y larvas adheridos al sustrato (Cowen & Sponaugle 1997). En Chile, se ha descrito el cuidado por un pez adulto de la puesta de huevos en *Sicyases sanguineus*, los que se ubican en las paredes verticales de la zona intermareal (Pérez 1981); en *Hypsoblennius sordidus*, la hembra deposita los huevos en el interior de las conchas vacías de *Austromegabalanus psittacus*, permaneciendo uno de los adultos al cuidado y aireación de estos (Balbontín & Pérez 1979); en *Chromis crusma*, es el macho el encargado de proteger el nido (Navarrete-Fernández *et al.* 2014). Hasta la fecha, no se ha descrito el cuidado parental en *Aphos porosus*.

Considerando que no hay descripciones de la historia de vida temprana del bagre *Aphos porosus*, el presente trabajo describe el comportamiento reproductivo de los adultos y las etapas del desarrollo, de acuerdo a observaciones de las puestas de huevos en la zona intermareal y del desarrollo de huevos y larvas en condiciones controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de observación y recolección de material correspondió a la zona rocosa del litoral de Montemar (32°57'S, 71°33'W), Valparaíso, Chile. La amplitud máxima de mareas en Valparaíso es de 1,9 m en pleamar y 0,1 m en bajamar (<www.shoa.cl>). Los huevos provenientes del ambiente natural fueron recolectados en las pozas litorales extrayendo las rocas en que estos estaban adheridos, para su crianza en estanques ubicados en la sala de cultivos. Una vez ubicados los lugares de puesta de bagres en el intermareal, se realizaron observaciones esporádicas del nivel de la marea en esos lugares, de la temperatura del mar y de la permanencia de los peces adultos encargados del cuidado de la puesta. Además, se logró el desove espontáneo de ejemplares adultos sexualmente maduros que eran mantenidos en cautiverio o bien, por fertilización artificial de los gametos. Estos peces se capturaron mediante un gancho de punta roma entre los roqueríos de la zona intermareal de Montemar, un área protegida de la intervención humana, que rodea las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso. Esta labor fue realizada por dos pescadores artesanales que formaban parte del personal contratado por la universidad y que en el cumplimiento de sus funciones recorrían con

una frecuencia al menos quincenal el área, dependiendo de las tareas que se les asignaban y del estado del mar. Por lo tanto, la información sobre los primeros adultos en llegar a la zona litoral dependió de la observación de los pescadores. Los peces empleados en los experimentos fueron capturados semanalmente durante la primavera. Las hembras adultas midieron en promedio $17,2 \pm 1,3$ cm LT (n= 14), mientras que los machos midieron $24,6 \pm 2,7$ cm LT (n= 17).

El sexo se determinó mediante la observación macroscópica de las gónadas. La descripción del comportamiento de los adultos y del desarrollo de huevos y larvas se basó en observaciones sin publicar realizadas entre 1963 y 1987, algunas de ellas orientadas a estudiar el comportamiento de los peces o para la obtención de material utilizado en la elaboración de los dibujos y mediciones de huevos y larvas. Otros controles se realizaron en forma periódica, cada 2 h sólo en las etapas iniciales del desarrollo embrionario o diariamente en el caso de las larvas, que permitieron determinar crecimiento o la duración de las distintas etapas larvales. En los controles se extrajeron entre 2 y 5 huevos o larvas, tratando de no dañar los ejemplares para así mantener un stock cuyo número asegurara la sobrevivencia hasta completar el desarrollo larval.

Los estanques interiores de laboratorio utilizados para la mantención de ejemplares adultos con presencia de huevos y larvas fueron de 150 a 400 L de capacidad. Adicionalmente, se emplearon estanques de 12 y 20 L para huevos y larvas. Los estanques de mayor capacidad se mantuvieron con agua de mar circulante y en los estanques más pequeños el cambio de agua fue parcial. La temperatura fue medida diariamente en ellos y en una poza litoral (Tabla 1).

Las observaciones sobre el comportamiento sexual de los peces adultos se realizaron esporádicamente en pozas litorales durante marea baja y en estanques de laboratorio de forma rectangular, contruidos de acrílico o recubiertos con azulejos de color blanco, en los que se colocaron piedras de gran tamaño (10 a 20 kg) de material basáltico y de granito. En cada estanque se colocaron entre 2 y 6 adultos, los que no fueron alimentados. En uno de los experimentos de cultivo, a las larvas en avanzado estado de desarrollo se les suministró *Tigriopus* sp. como alimento. Adicionalmente, se hicieron observaciones de la anatomía interna de peces capturados en el mar y de los que morían en el laboratorio.

Tabla 1. Temperatura promedio del agua (\pm desviación estándar) para cada periodo de experimentación en estanques interiores de laboratorio y en pozas litorales de la caleta Montemar, bahía de Valparaíso, con huevos y larvas de *Aphos porosus* / Mean water temperature (\pm standard deviation) for each experimental period in indoors tanks in the laboratory and in littoral ponds of the cave of Montemar, Valparaíso Bay, with eggs and larvae of *Aphos porosus*

	Estanque 1		Estanque 2		Poza	
	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
Diciembre 1963	17,0	1,0	16,5	0,8		
Enero 1964	18,3	0,6	17,7	0,4		
Diciembre 1977	18,3	0,7	18,4	0,6	19,1	2,1
Enero 1978	18,5	0,2	18,9	0,5	-	-
Diciembre 1986	19,6	0,8	16,6	2,0	15,7	2,1
Enero 1987	19,6	0,7	14,9	1,7	14,9	1,7

Las observaciones de las etapas del desarrollo y circulación sanguínea se efectuaron en material vivo y anestesiado con mesilato de triclaína (MS 222) y adicionalmente en material fijado en formalina 5%. Para la realización de los dibujos de los huevos y larvas de bagres se utilizó un microscopio estereoscópico Leitz® con ocular milimetrado y aumento de 10X, provisto de una *camera lucida*. La terminología utilizada en medidas corporales de las larvas correspondió a la de Moser (1996). En la secuencia de la osificación de las larvas se utilizó tinción de Alizarina Roja S de acuerdo a la técnica modificada de Hollister (1934).

RESULTADOS

ARRIBO DE LOS PECES A LA ZONA LITORAL Y LUGARES DE PUESTA

En las observaciones realizadas en las pozas de marea en 3 períodos de puesta anuales, se detectó que los primeros bagres adultos en llegar a la zona litoral fueron los machos, a partir de octubre de cada año y hasta diciembre (Tabla 2). Las hembras llegaron a la costa desde mediados de noviembre hasta diciembre. En la Tabla 2 se incluyeron solamente los meses en que se obtuvieron registros de los bagres adultos y que en la mayoría de los casos fueron devueltos al mar. Las puestas de huevos en el mar se observaron en noviembre y diciembre. Los lugares elegidos fueron las grietas de las pozas protegidas de la zona intermareal y las paredes verticales o caras inferiores de las piedras de granito de gran tamaño ubicadas en esas pozas y que estaban desprovistas de organismos sésiles, quedando siempre los huevos cubiertos por el agua, con niveles de agua de 10 a 30 cm. Sólo en las bajas mareas de sicigia, se observó que los huevos quedaban

expuestos al aire por algunos segundos. La hora del desove no mostró una tendencia clara; se observó el inicio del desove a las 17:00 h, a las 21:00 h y desove que comenzó de noche y continuó temprano en la mañana. Los valores extremos de la temperatura del agua de mar en las pozas con huevos fueron de $19,1 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ en diciembre 1977 y $14,9 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ en enero 1987, en este último caso, una poza con escasa renovación de agua.

Tabla 2. Fecha de arribo de *Aphos porosus* adultos a las caletas de Montemar y Concón, bahía de Valparaíso, Chile / Date of arrival of adult *Aphos porosus* to the caves of Montemar and Concón, Valparaíso Bay, Chile

Fecha	Localidad	Machos	Hembras
07-10-1975	Montemar	5	0
27-10-1964	Montemar	6	0
28-10-1975	Montemar	5	0
29-10-1964	Concón	6	0
10-11-1975	Montemar	11	0
14-11-1975	Montemar	11	0
20-11-1975	Montemar	2	3
22-11-1963	Montemar	12	5
26-11-1963	Montemar	1	0
29-11-1963	Montemar	9	5
30-11-1963	Montemar	0	1
01-12-1975	Montemar	3	3
05-12-1963	Montemar	1	17
14-12-1975	Montemar	17	7
15-12-1975	Montemar	19	6

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LOS PECES EN EL LABORATORIO

Los ejemplares adultos colocados en estanques en el laboratorio iniciaron el proceso de desove después de 5 h y hasta 10 d después de su captura. Algunas horas antes del comienzo del desove, se observaron tanto a los machos como a las hembras recorrer el estanque. Las áreas preferidas para depositar los huevos fueron las caras inclinadas de las piedras de granito hacia abajo o verticales, en ningún caso en la cara superior de las piedras. Tampoco se observaron puestas en las rocas de basalto. Secundariamente, los huevos fueron puestos en las esquinas de los estanques recubiertos con azulejos o fabricados de asbesto-cemento, protegidos de la luz por piedras, fijados al sustrato por una sustancia adhesiva aparentemente producida por los machos. No se observaron huevos adheridos a las paredes de estanques fabricados con acrílico.

El proceso de puesta de huevos fue acompañado de rápidos movimientos laterales de la región caudal del cuerpo de las hembras. Durante esa actividad, siempre hubo algún macho nadando en el área elegida por la hembra. En dos oportunidades se observó a un macho ayudando activamente a una hembra a desovar. Esa acción comenzó con la sujeción de la hembra por la región media del cuerpo, utilizando el hocico, mientras la hembra agitaba el cuerpo de un lado a otro. En una de esas situaciones, el macho agarró a la hembra por la región caudal y posteriormente la sujetó por la cabeza, junto con contracciones musculares continuadas de esta.

Finalmente, las hembras colocaron el vientre pegado a una pared del estanque para depositar los huevos. Los huevos fueron colocados en una sola capa casi continua. Se contabilizó el total de huevos de dos posturas, variando entre 103 y 167 huevos. En uno de los casos, la hembra murió en el mismo día.

En las pozas con posturas de huevos había hembras y machos. Al acercarse algún objeto a la puesta de huevos o hacia el macho, este se acercaba en forma agresiva, sin morder el objeto pero emitiendo sonidos semejantes a gruñidos. Este comportamiento no se observó en las hembras. En las pozas litorales se encontraron frecuentemente hembras muertas después del proceso de desove. En los estanques en que se produjo desove espontáneo, no se llevó un registro de mortalidad ya que la mayoría de los machos y hembras fueron devueltos al mar una vez que se observaron puestas de huevos en los estanques. En aquellos casos en que los adultos se mantuvieron uno o dos meses en los estanques, no hubo sobrevivientes más allá de ese lapso de tiempo.

DESARROLLO DE LOS ESTADIOS TEMPRANOS DE *A. porosus*

En la Tabla 3 se resume la cronología de las principales etapas del desarrollo embrionario y larval de *A. porosus*.

DESARROLLO EMBRIONARIO

Los huevos poseen una forma casi esférica, con su parte superior y la base aplanadas. Pueden presentar bordes irregulares debido a la presión de los huevos adyacentes.

Tabla 3. Duración de las etapas destacadas durante el desarrollo embrionario y larval del bagre *Aphos porosus* en condiciones de laboratorio / Time extension of main stages during the embryonic and larval development of the toadfish *Aphos porosus* in laboratory conditions

Duración	Etapas
11 h	Disco germinativo
22 h	8 células
25 h	32 células
5 d	8 miómeros; cápsulas ópticas primarias formadas
10 d	Cierre del blastoporo
11 d	Desprendimiento del extremo caudal del embrión
15 d	Esbozo de aletas pectorales; inicio de la pigmentación del ojo
18 d	Eclósión a 18,6°C
21 d	Eclósión a 16,3°C
22 d	Esbozo de la apertura de la boca en larva eclosionada; formación de radios branquiostegos
23 d	Inicio de la pigmentación negro y amarillo-anaranjado sobre el cuerpo
30 d	Distribución del pigmento en 5 parches anaranjados sobre la larva
37 d	Radios de las aletas formados
51 d	Larvas consumen <i>Tigriopus</i> sp. como alimento
60-65 d	Larva libre nadadora

h: hora; d: días

El diámetro presentó un rango de 4,8 a 6,0 mm, con un promedio de $5,3 \pm 0,3$ mm y altura de 3,8 a 5,1 mm, con un promedio de $4,6 \pm 0,4$ mm. Su coloración fue amarillo-anaranjado. La membrana del huevo es gruesa, con estriaciones en su superficie. A través de la membrana del huevo se observaron numerosos glóbulos de aceite en el vitelo, de diferentes tamaños, las más grandes de 0,13 a 0,24 mm de diámetro, pero sin constituir una verdadera gota oleosa (Figs. 1A y 1B).

A las 11 h de edad ($14,1^{\circ}\text{C}$), se formó el disco germinativo y a las 22 h, las primeras 7 células, formándose una octava (Fig. 1A). En las siguientes 3 h, el número de células alcanzó a 32. El proceso de envoltura del vitelo por el blastodermo se observó en forma de un área más clara que avanzaba hasta el ecuador del huevo. A los 5 d se

contaron 8 miómeros (Fig. 1B). En esta etapa del desarrollo, comenzó a definirse la región cefálica del embrión; se distinguieron las cápsulas ópticas primarias. La longitud del embrión abarcó un tercio de la circunferencia del vitelo. A corta distancia del extremo caudal del embrión, se observó el blastoporo aún sin cerrarse. A los 10 d de edad a $16,3^{\circ}\text{C}$, el blastoporo ya se ha cerrado con un aumento en el número de miómeros y un mayor desarrollo de las cápsulas ópticas en comparación al desarrollo a $14,1^{\circ}\text{C}$, observándose el esbozo de las aletas pectorales y un ensanchamiento del extremo caudal del embrión. A los 11 d y a $16,3^{\circ}\text{C}$ se ha desprendido el extremo caudal del embrión y a los 15 d, se hizo evidente el esbozo de las aletas pectorales en forma de 2 estructuras semicirculares a los costados del embrión (Fig. 1C). La eclosión se produjo a los 18 d a $18,6^{\circ}\text{C}$ y a los 21 d a $16,3^{\circ}\text{C}$.

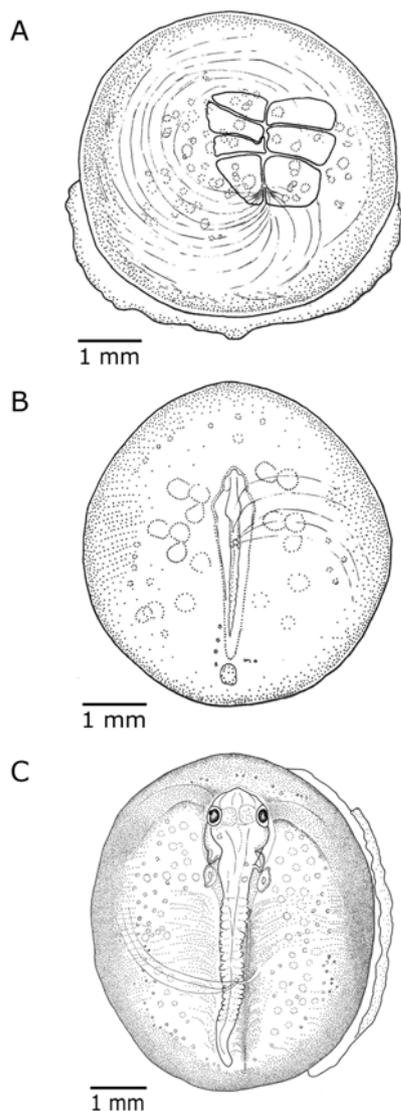


Figura 1. Estadios del desarrollo embrionario de *Aphos porosus*. A, formación de las primeras células a las 22 h de edad; B, formación de los primeros miómeros a los 5 d de edad; C, embrión con la cola separada del vitelo, de 15 d de edad / Stages of the embryonic development of *Aphos porosus*. A, formation of the first cells at 22 h of age; B, formation of the first miomeres at 5 d of age; C, embryo with the tail separated from the yolk, 15 d of age

DESARROLLO LARVAL

MORFOLOGÍA Y CRECIMIENTO

Las larvas recién eclosionadas midieron entre 4,3 y 5,1 mm LT (promedio $4,8 \pm 0,4$ mm). Presentaron una cabeza de gran tamaño, equivalente al 32,3% de la LT de la larva, porcentaje que disminuyó a 25,6% en la larva de 25,9 cm LT (Tabla 4). A los 5,8 mm LT, se observó la formación de la boca como una pequeña fisura; durante esta etapa del desarrollo, las larvas permanecieron unidas al sustrato por el saco vitelino. En el ojo se distinguió la fisura coroídea; todavía no fue posible observar movimientos operculares (Fig. 2A).

A medida que avanza el desarrollo larval, se observó un alargamiento del saco vitelino, lo que también se manifiesta en una reducción de su diámetro (Tabla 4). En

la larva de 7,9 mm LT la boca está bien desarrollada y con movimientos operculares. A los 14,3 mm LT y 30 d de edad, la larva ya presentó las características generales de un juvenil, particularmente en lo que respecta al desarrollo de las aletas y al comienzo del patrón pigmentario del cuerpo (Fig. 2B). Entre los 60 y 65 d de edad, la larva se ha liberado del sustrato, alcanzando entre los 20,5 a los 24,0 mm LT (Fig. 2C). Uno de los cambios más notorios en la morfometría de las larvas durante su desarrollo, fue el acortamiento de la distancia preanal, desde 73,9% de la LT en la larva recién eclosionada, a 34,8% de la LT en la larva libre. Del mismo modo, la relación porcentual de la longitud de la cabeza con la LT disminuyó de 32,3 a 25,6% en iguales estadios de desarrollo, indicando un crecimiento alométrico (Tabla 4). Durante el período en que las larvas permanecían adheridas a las rocas en la zona intermareal, se distribuyeron muy cercanas entre sí,

Tabla 4. Datos morfométricos (mm) expresados en porcentaje de la longitud total (LT) o de la longitud de la cabeza (LC) de estadios tempranos del desarrollo de *Aphos porosus* / Morphometric data (mm) expressed as percentage of total length (LT) or head length (LC) of early stages of development of *Aphos porosus*

Longitud total (mm)	Longitud estándar (% LT)	Longitud cabeza (% LT)	Diámetro ojo (% LC)	Distancia preanal (% LT)	Diámetro saco vitelino (% LT)
4,3	-	32,3	18,6	73,9	113,9
5,0	-	30,3	28,3	62,9	102,0
5,6	-	27,8	32,1	52,7	77,0
6,7	-	27,5	34,2	46,6	59,7
7,7	94,0	27,6	36,6	46,3	31,6
8,9	95,4	29,6	32,7	44,3	41,3
9,7	93,3	31,5	29,9	42,9	28,6
10,6	94,2	29,1	30,6	42,7	47,1
11,6	92,0	30,8	25,8	41,1	42,2
13,0	89,4	28,9	27,4	42,5	36,4
14,1	88,8	29,4	28,0	39,9	25,2
15,0	87,5	27,5	29,1	40,0	23,3
16,3	88,5	27,9	29,6	40,0	22,4
17,3	86,9	27,9	28,8	38,6	15,7
18,1	86,5	28,8	28,4	37,5	13,7
18,8	86,9	28,3	27,4	37,7	15,7
19,9	85,6	26,6	31,3	39,6	12,1
20,5	85,6	26,5	28,4	35,1	9,6
21,6	86,5	26,3	27,1	39,3	4,1
23,5	85,8	24,2	29,3	37,0	-
24,5	85,7	25,2	27,9	35,6	-
25,9	86,3	25,6	27,5	34,8	-

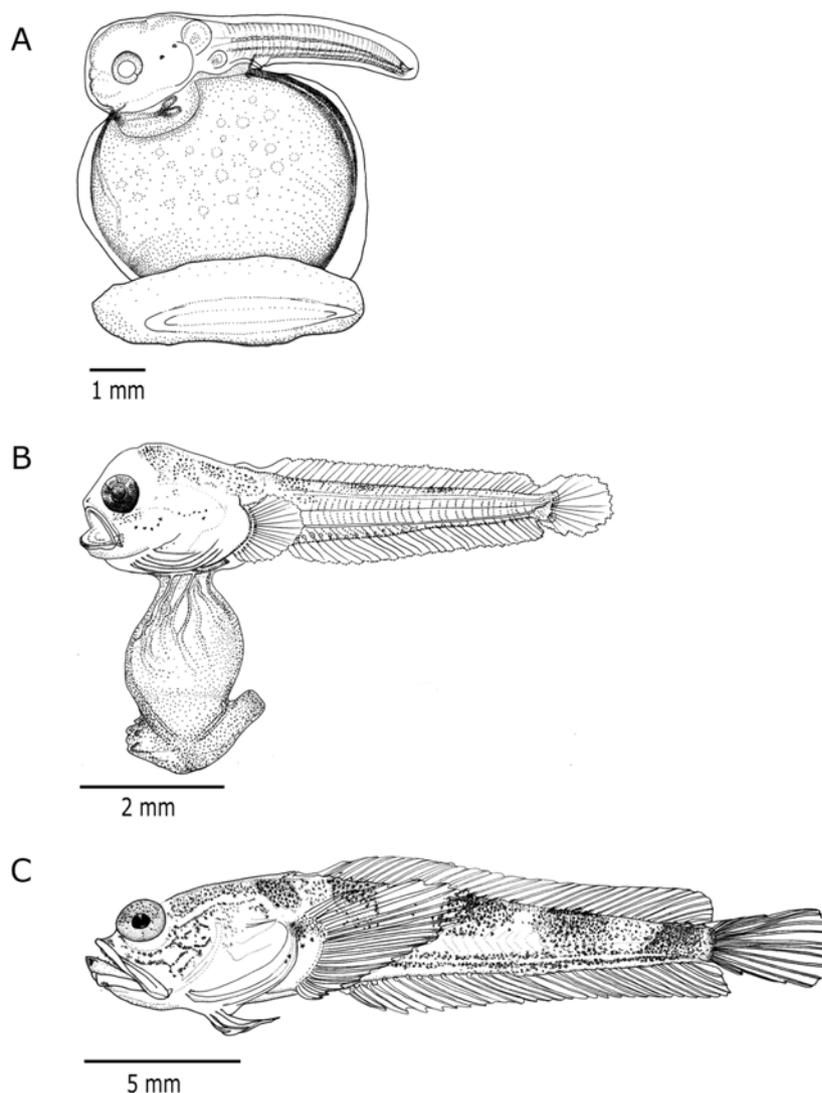


Figura 2. Estadios larvales de *Aphos porosus*. A, larva eclosionada de 5,8 mm LT; B, larva de 14,3 mm LT; C, larva libre y nadadora de 24,0 mm LT / Larval stages of *Aphos porosus*. A, hatched larva of 5.8 mm TL; B, larva of 14.3 mm TL; C, free swimming larva of 24.0 mm TL

con suaves movimientos de un lado a otro del saco vitelino, por efecto de la circulación del agua (Fig. 3). La tasa de crecimiento en larvas con saco vitelino y hasta el término de este, en un período de 33 d a una temperatura promedio de 18,3°C, fue de 0,38 mm d⁻¹. Cuatro larvas entre los 21,8 y 23,9 mm LT, todavía adheridas al sustrato, ingirieron como alimento vivo *Tigriopus* sp., cuando se les suministró cerca de la boca, lo que sería indicativo que esta ya era funcional. No fue posible determinar si existían restos de vitelo en las larvas aún adheridas al sustrato.

PIGMENTACIÓN

Antes de la eclosión, se observó el comienzo de la pigmentación del ojo en el embrión de 6,7 mm LT y 15 d de edad (18,9°C). No se observaron otros pigmentos en esta etapa del desarrollo (Fig. 2A). En la larva de 10,2 mm LT de 23 d de edad, se distinguió pigmentación incipiente negra y amarillo-anaranjado sobre la cabeza y región dorsal y ventral del tronco. A los 13,6 mm LT se desarrolló pigmento amarillo-anaranjado sobre las mejillas. El pigmento en el cuerpo se hizo más conspicuo, formando 3 parches de pigmento dorsal: sobre la cabeza, ubicado a

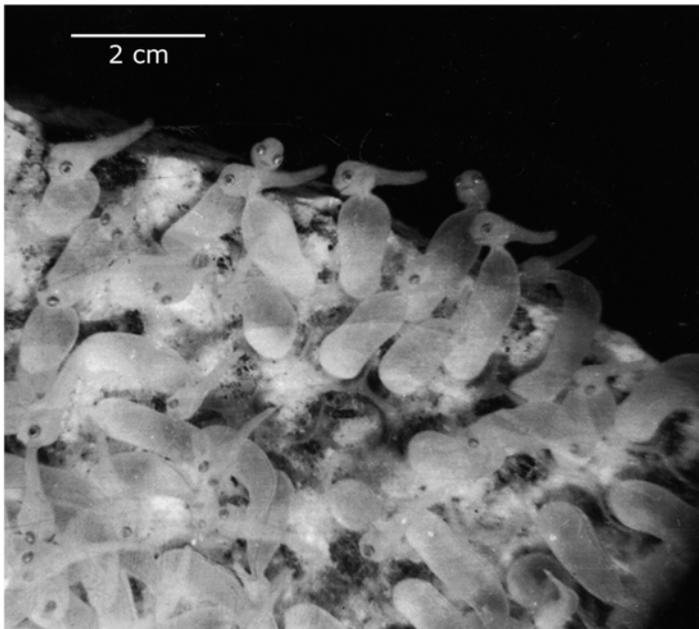


Figura 3. Fotografía de larvas de *Aphos porosus* adheridas al sustrato por el saco vitelino / Photograph of larvae of *Aphos porosus* attached to the substrate by the yolk-sac

nivel del borde posterior del ojo; a nivel del borde posterior del opérculo y el tercero a nivel del extremo del intestino. Este patrón pigmentario se mantuvo en la larva de 14,3 mm LT (Fig. 2B). A los 15,0 mm LT y 30 d de edad, la distribución de las agregaciones pigmentarias comenzaron a agruparse en 5 parches de pigmento anaranjado.

En la larva de 16,3 mm LT hay 6 agregaciones pigmentarias bien definidas en el dorso del cuerpo, quedando la primera y parte de la segunda, sobre la cabeza. La posición de la tercera agregación coincide con el inicio de la segunda aleta dorsal. De este parche y de los 3 primeros, la pigmentación café oscura se extiende hacia esta aleta. Entre los parches de pigmento, hay pigmento igualmente después del último parche hasta el inicio de la aleta caudal. Hay manchas pigmentarias café dispersas en el costado del cuerpo, bajo la línea media; sobre la base de la aleta pectoral y entre los radios de la aleta caudal y sobre el extremo del dentario.

En la larva de 18,1 mm LT, se observó en el mentón una fila de manchas pigmentarias de color café, que seguían la forma redondeada de la mandíbula. El pigmento ubicado por detrás de las 6 agrupaciones pigmentarias, llegó hasta la línea medio lateral del cuerpo, esbozándose como un séptimo parche. La distribución del pigmento en la larva de 17,0 mm LT termina por definirse una vez que se completó la absorción del vitelo. A los 18,6 mm LT (37 d de edad) se observó la región ventral del tronco de un

suave color amarillo-anaranjado uniforme. Bajo la línea media lateral se distribuyen corridas longitudinales de pigmento negro, desde detrás del ano hasta confundirse con la última banda transversal de pigmento ubicada justo antes de la aleta caudal. En la larva de 24,0 mm LT liberada del sustrato, se consolidó el patrón pigmentario característico del juvenil (Fig. 2C).

ESQUELETO Y CARACTERES MERÍSTICOS

En la larva de 5,8 mm LT, la calcificación se inicia en la región cefálica, destacando la formación de los radios branquiostegos; se observó el inicio de la formación de algunos elementos de las aletas pectorales y pélvicas. Por detrás del nivel de las aletas pectorales, comienza la osificación de las espinas neurales de las vértebras y secundariamente, las espinas hemales (Fig. 4A). En la larva de 10,7 mm LT, todavía con saco vitelino adherido al sustrato, se distinguieron 6 radios branquiostegos. El proceso de calcificación avanzó, incluyendo los esbozos de los radios de las aletas dorsal, anal y caudal; la mayor parte de los cuerpos vertebrales se observaron osificados, incluyendo las espinas neurales y hemales (Fig. 4B).

En la larva libre, de 25,0 mm LT, se observaron en la región cefálica los huesos que forman la maxila y premaxila, destacándose el desarrollo de la espina opercular. En las larvas con saco vitelino, las aletas pélvicas que estaban ubicadas a nivel de las aletas pectorales, se distinguen bajo la cabeza, a nivel de los 6 radios branquiostegos. En

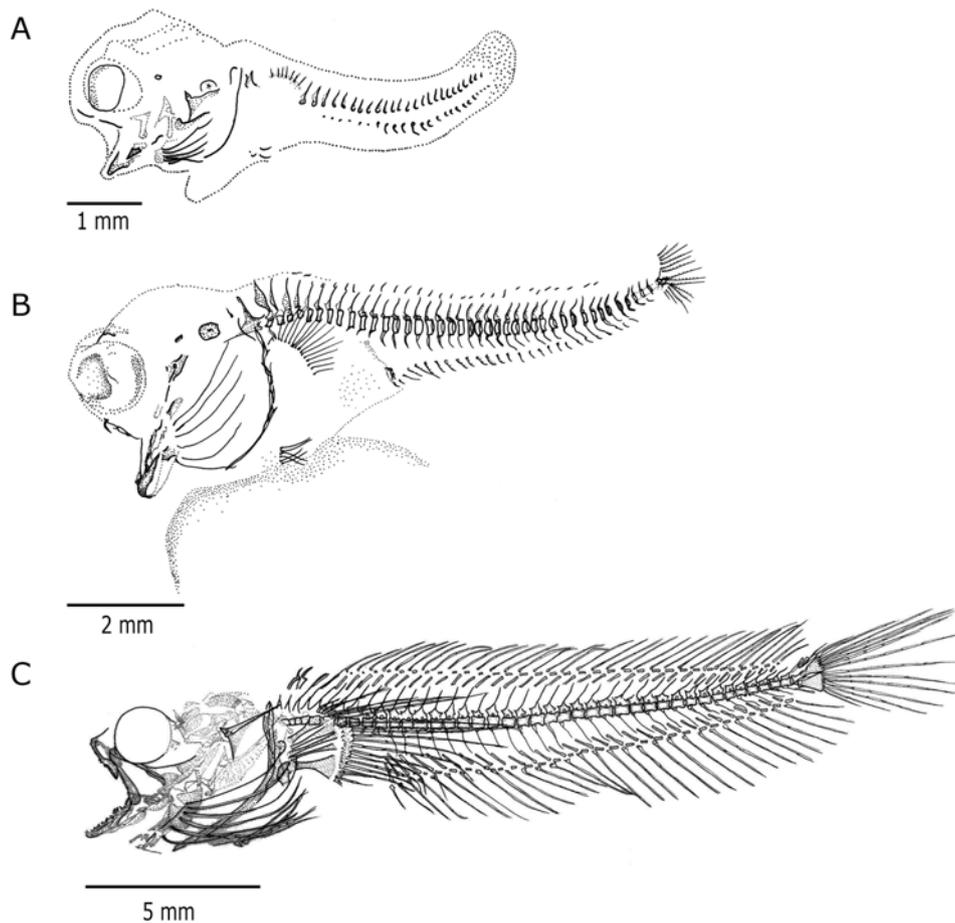


Figura 4. Patrón de osificación del esqueleto axial de larvas de *Aphos porosus*. A, larva eclosionada de 5,8 mm LT; B, larva de 10,7 mm LT adherida al substrato; C, larva libre y nadadora de 25,0 mm LT / Pattern of ossification of the axial skeleton of larval *Aphos porosus*. A, hatched larva of 5.8 mm TL; B, larva of 10.7 mm TL attached to the substrate; C, free swimming larva of 25.0 mm TL

las pélvicas se distinguieron 3 elementos a cada lado del cuerpo, que deberían corresponder a 1 espina y 2 radios. Por detrás de la cabeza, se contaron 19 radios en la aleta pectoral. En la dorsal, se contaron 2 espinas y 34 radios; aleta anal con 31 radios. En estas dos aletas, se distinguieron los pterigióforos que articulan con los radios. Se observó la formación de algunos elementos del complejo hipural (Fig. 4C).

CIRCULACIÓN SANGUÍNEA

Al desprenderse el extremo caudal del embrión, se hicieron evidentes los latidos del corazón (42 a 43 por min), observándose la circulación embrionaria por la superficie del vitelo, en forma de ramificaciones que confluían hacia la región cefálica ventral del embrión y posteriormente

hacia la futura ubicación del ano. Aquí se observó un canal que sigue el sentido del eje del embrión y que continuaba hacia atrás hasta el extremo caudal, o bien se presentaba una divergencia después de la región anal, confluyendo en un pequeño espacio alrededor del embrión. La sangre presentaba un color rojo-anaranjado. En el embrión de 12 d y a 18,9°C se contaron entre 49 y 52 latidos por min.

En la larva de 7,9 mm LT se observó la circulación sanguínea desde la mitad inferior del cuerpo hacia la parte posterior de la zona en que la larva está unida al saco vitelino y continúa hasta la base del saco vitelino, donde se encuentra el disco adhesivo. Por la parte anterior media del saco, se observó un flujo disperso que en la zona de unión con la larva, formaba una comunicación con el

corazón de la larva. También se observó otra comunicación en forma de un canal que unía la parte posterior del cerebro medio y el corazón. En la larva de 20,5 mm LT se observó una activa circulación entre los radios de las aletas.

DISCUSIÓN

Las descripciones de los huevos y larvas de otras especies de la familia Batrachoididae son coincidentes en cuanto a su comportamiento reproductivo y a la producción de larvas que permanecen unidas al sustrato durante un extenso período de su desarrollo, como es el caso de *Porichthys notatus* de la costa de California frente al océano Pacífico (Arora 1948) y *Opsanus tau* del Atlántico occidental (Dovel 1960).

La fecha de llegada de las hembras desovantes a la bahía de Valparaíso ocurrió en noviembre y diciembre y la liberación de las larvas del sustrato tuvo lugar desde fines de noviembre hasta fines de enero. En bahías cercanas a Valparaíso, se han observado puestas de huevos y larvas eclosionadas en enero y febrero (Varas & Ojeda 1990). En cambio, en la bahía de Coliumo, situada al sur de Valparaíso, se registró la presencia de hembras con gónadas hidratadas en enero, uno o dos meses con posterioridad a lo observado en Valparaíso (Hernández-Miranda *et al.* 2012). La discrepancia temporal se puede atribuir a la diferencia latitudinal en la ubicación de las 2 localidades. Un caso similar se observó en la merluza común *Merluccius gayi gayi*, en la que se han detectado diferencias latitudinales en el mes de inicio de la época principal de desove, comenzando este en el área más septentrional (Coquimbo), para luego iniciarse el desove, uno o dos meses más tarde, en las áreas ubicadas más al sur (San Antonio y San Vicente) (Balbontín & Fischer 1981).

En la parte posterior de la cavidad abdominal se observó en los machos una glándula que podría estar relacionada con la sustancia que permite la adhesión de los huevos al sustrato. En *Opsanus tau* se ha descrito una glándula similar que alcanza su máximo desarrollo justo antes de la época de desove. Según el autor, el estudio histológico de esta glándula no permitió definir si su función tenía relación con la motilidad de los espermatozoides o con la adhesión de los huevos al sustrato (Hoffman 1963). Una vez producido el desove, los ovarios presentaron paredes flácidas, con unos pocos ovocitos maduros en su interior. No se observó una nueva moda de ovocitos en desarrollo que permitiera suponer una nueva puesta en la misma temporada, es decir, el bagre sería un desovante total.

La emisión de sonidos es común en los adultos de varias especies de Batrachoididae. En *Halobatrachus dydactylus* de las costas de Portugal, el macho emite 3 tipos de sonidos (Amorim *et al.* 2006), a diferencia de *Porichthys porosissimus* (Moore 1970) y *A. porosus* en que solo se han detectado gruñidos. En esta última especie la emisión de sonidos estaría asociada a la protección de la puesta de huevos; en otras especies de Batrachoididae, estos se relacionan al cortejo o al desove (Beltrán-León & Ríos 2000).

El gran tamaño de los huevos y sus características morfológicas permiten diferenciarlos claramente de los huevos demersales de otras especies de peces de la costa de Chile, tales como el pejesapo *Sicyases sanguineus* (Pérez 1981); cachudito *Hypsoblennius sordidus* (Balbontín & Pérez 1979) o la castañeta *Chromis crusma* (Navarrete-Fernández *et al.* 2014). Las larvas eclosionadas de *A. porosus* realizan su desarrollo adheridas a las rocas y continúan asociadas al fondo del mar una vez liberadas, como larvas nadadoras. A diferencia de otras especies de peces que desarrollan una pigmentación y estructuras larvarias muy diferentes a las de la etapa juvenil, las larvas de *A. porosus*, antes de consumir por completo el vitelo, presentan la pigmentación, forma del cuerpo y las aletas semejantes a las de los juveniles.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Luis Rodríguez en la mantención de los huevos y larvas en el laboratorio. Expresamos nuestro reconocimiento a Marta Garretón por la confección de los dibujos de los huevos y larvas. Este trabajo lo dedicamos a la memoria de nuestro amigo y colega Roberto Meléndez.

LITERATURA CITADA

- Amorim PCP, RO Vasconcelos, JF Marques & F Almada. 2006. Seasonal variation of sound production in the Lusitanian toadfish *Halobatrachus didactylus*. Journal of Fish Biology 69: 1892-1899.
- Arora HL. 1948. Observations on the habits and early life history of the batrachoid fish, *Porichthys notatus* Girard. Copeia (2): 89-93.
- Balbontín F & R Pérez. 1979. Modalidad de postura, huevos y estados larvales de *Hypsoblennius sordidus* (Bennett) en la bahía de Valparaíso (Blenniidae: Perciformes). Revista de Biología Marina 16: 311-318.
- Beltrán-León BS & R Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano, 727 pp. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Buenaventura.

- Chirichigno NF. 1974.** Clave para identificar los peces marinos del Perú. Informe Instituto del Mar del Perú 44: 1-387.
- Cowen RK & S Sponaugle. 1997.** Relationships between early life history traits and recruitment among coral reef fishes. In: Chambers RC & EA Trippel (eds). Early life history and recruitment in fish populations. Chapter 15: 423-449. Chapman & Hall, London.
- Dovel W. 1960.** Larval development of the oyster toadfish *Opsanus tau*. Chesapeake Science 1: 187-195.
- Hernández-Miranda E, RA Quiñones, G Aedo, E Díaz-Cabrera & J Cisterna. 2012.** The impact of strong natural hypoxic event on the toadfish *Aphos porosus* in Coliumo Bay, south-central Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47: 475-487.
- Hoffman RA. 1963.** Accessory glands and their ducts in the reproductive system of the male toadfish, *Opsanus tau*. Chesapeake Science 4: 30-37.
- Hollister G. 1934.** Clearing and dyeing fish for bony study. Zoologica 12(10): 89-101.
- Mann G. 1954.** La vida de los peces en aguas chilenas, 342 pp. Ministerio de Agricultura, Santiago.
- Moore RH. 1970.** Observations on the nest guarding activities of the male Atlantic midshipman *Porichthys porosissimus*. Copeia (1): 196-197.
- Moser HG. 1996.** Introduction. In: Moser HG (ed). The early stages of fishes in the California Current region, CalCOFI Atlas 33: 1-72, Allen Press, Kansas.
- Nakamura I. 1986.** Batrachoididae. In: Nakamura I (ed). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 154-155. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo.
- Navarrete-Fernández T, MF Landaeta, CA Bustos & A Pérez-Matus. 2014.** Nest building and description of parental care behavior in a temperate reef fish, *Chromis crusma* (Pisces: Pomacentridae). Revista Chilena de Historia Natural 87: 30-38.
- Nelson JS. 2006.** Fishes of the world, 601 pp. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Pérez R. 1981.** Desarrollo embrionario y larval de los pejesapos *Sicyases sanguineus* y *Gobiesox marmoratus* en la bahía de Valparaíso, Chile, con notas sobre su reproducción (Gobiesocidae: Pisces). Investigaciones Marinas, Valparaíso 9: 1-23.
- Varas E & FP Ojeda. 1990.** Intertidal fish assemblages of the central Chilean coast: diversity, abundance and trophic patterns. Revista de Biología Marina 25: 59-70.
- Yáñez P. 1953.** VIII. Peces útiles de la costa chilena. Revista de Biología Marina 6: 29-81.

Recibido el 26 de enero de 2018 y aceptado el 30 de mayo de 2018

Colaborador editor: Dr. René Funes R.