

Research Article

Indicadores de condición larvaria aplicados al camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782), en condiciones de cultivo controlado

María C. Morales¹ & Jaime Meruane¹

¹Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Católica del Norte Larrondo 1281, Casilla 117, Coquimbo, Chile

RESUMEN: Se estudia el desarrollo larvario del camarón de río del norte de Chile, *Cryphiops caementarius*, desde el estado de zoea 1 hasta el primer juvenil, caracterizando y analizando criterios que verificaron la aplicación de indicadores de tipo morfológico y de comportamiento para la evaluación de la condición larvaria de la especie, en condiciones de cultivo. Las larvas, se mantuvieron en cultivo, en un tanque de 250 L con agua a 20 psu y temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, controlada con termostato y con un recambio del 100% diariamente. La alimentación consistió en microalgas (*Nannochloris* sp. e *Isochrysis* sp.), rotíferos (*Brachionus plicatilis*), nauplios de *Artemia franciscana* y alimento formulado. Se utilizaron cinco indicadores de carácter morfológico y de comportamiento aplicados a las larvas de *C. caementarius*: llenado intestinal, estado de la glándula digestiva, desarrollo branquial, comportamiento natatorio y respuesta fototáctica. Estos indicadores, permitieron determinar el estado de condición y calidad de las larvas de *C. caementarius*, logrando un efectivo seguimiento y asociación de cada uno de ellos, con cada estado de desarrollo larvario, estandarizando características deseables en las larvas y evidenciando resultados verificables, que permitan establecer un adecuado plan de seguimiento del cultivo, optimizar los protocolos de manejo y de alimentación de las larvas. Además de cada indicador, fue posible desglosar una amplia gama de potenciales estudios a realizar, basados en las relaciones que la morfología y el comportamiento larvario mantienen con las capacidades fisiológicas de las larvas en desarrollo.

Palabras claves: indicadores, desarrollo larvario, ontogenia, morfología, comportamiento, *Cryphiops caementarius*, Chile.

Larval condition indicators applied to the northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782), under condition of controlled cultivation

ABSTRACT: The larval development of the Chilean northern river shrimp *Cryphiops caementarius* was studied, from the condition of zoea 1 up to the condition of juvenile stage, analyzing and characterizing diverse criteria that allowed checking the application of morphological and behavioral indicators for the evaluation of the larval quality of the species, under conditions of culture. The larvae, were cultured, in a tank of 250 L with water at 20 psu, at a constant temperature ($25^\circ \pm 1^\circ\text{C}$), controlled with a thermostat and with 100% refill every day. The diet consisted of microalgae (*Nannochloris* sp. and *Isochrysis* sp.), rotifers (*Brachionus plicatilis*), nauplii of *Artemia franciscana* and formulated food. Five indicators were used, considering morphologic and behavior aspects: intestinal fill, midgut gland condition, gill development, swimming behavior and phototactic response. The indicators selected in the present work, were feasible of being used for the determination of the condition and quality of the larvae of *C. caementarius*, being able to make an effective follow-up and association with every condition of larval development, standardize desirable characteristics in the larvae and demonstrate verifiable results, using a protocol for culture and food supply. Moreover, it was possible to identify an extensive range of potential studies, based on the relationships that the morphology and the larval behavior support with the physiological capacities of the larvae in development.

Keywords: indicators, larval development, ontogeny, morphology, behavior, *Cryphiops caementarius*, Chile.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo larvario de *Cryphiops caementarius* en condiciones controladas de cultivo, comprende 18 estados de zoea (Morales *et al.*, 2006), alcanzando el estado de primer juvenil en aproximadamente 65 días (Meruane *et al.*, 2006b). Los estudios realizados en esta especie se sustentan originalmente en los trabajos realizados por Hartmann (1958) y Elías (1960), quienes realizaron las primeras descripciones de su ciclo de vida y comportamiento. Desde esa fecha diversos trabajos han aportado al conocimiento de su biología (Bahamonde & Vila, 1971), reproducción y las condiciones bioecológicas en que se efectúa su desarrollo larvario (Miranda & Weinborn, 1972; Tello, 1972; Sanzana, 1976; Munaylla, 1977; Norambuena, 1977; Viacava *et al.*, 1978; Baez *et al.*, 1983; Gil, 1988; Rivera & Meruane, 1994), estableciéndose que, en condiciones naturales, a la etapa larvaria, que transcurre generalmente en ambientes estuarinos e integrada al plancton marino, se suceden las etapas juvenil y adulta, las cuales se desarrollan en el curso de los ríos (Rivera *et al.*, 1983; Gil, 1988; Meruane *et al.*, 1996). La integración de los antecedentes proporcionados por estas investigaciones, ha permitido caracterizar preliminarmente el desarrollo larvario de *C. caementarius*, como de tipo prolongado, con más de diez estados de desarrollo y con capacidades eurioicas, características que se asemejan a las presentadas por otros Palaemónidos del género *Macrobrachium*, en que se establecen tres patrones de desarrollo larvario: prolongado o normal, con ocho a veinte estados de desarrollo, parcialmente abreviado con dos a tres estados de desarrollo y completamente abreviado con solo un estado de desarrollo (Jalihal *et al.*, 1993).

En el ámbito del cultivo, el conocimiento de las características morfológicas y el tiempo de duración de cada uno de los estados de desarrollo larvario de *C. caementarius*, así como la supervivencia y alimentación, han permitido establecer un patrón asociativo de dichos parámetros, aplicables en la optimización de protocolos para la alimentación y manejo diario de un cultivo larvario para alcanzar una producción significativa de juveniles (Vegas *et al.*, 1981; Rivera *et al.*, 1983, 1987; Galleguillos, 1997; Morales, 1997; Meruane *et al.*, 2006a, 2006b; Morales *et al.*, 2006). No obstante, es necesario profundizar en el conocimiento en dichos temas, considerando que en condiciones controladas de cultivo, las observaciones de las características corporales, cambios morfológicos y comportamiento, son factibles de realizar a nivel más específico, contribuyendo a la comprensión

holística del desarrollo larvario de esta y otras especies de crustáceos decápodos de interés comercial.

Estudios relacionados en el ámbito de la salud y la condición de larvas de crustáceos decápodos, particularmente en camarones y langostinos de interés comercial, han centrado la investigación en el ámbito del rendimiento productivo en juveniles (Molina *et al.*, 2002) y adultos (Djunaidah *et al.*, 2003), así como en la dieta de reproductores y su efecto en la calidad larval (Cahu, 2000; Millamena & Bangcaya, 2001; Racotta *et al.*, 2003; Arcos *et al.*, 2005). Algunos criterios utilizados para evaluar la calidad larvaria se concentran en cinco categorías: bioquímica, morfología, comportamiento, rendimiento productivo y supervivencia a pruebas de estrés (Racotta *et al.*, 2004). El establecimiento de índices de condición para la evaluación de la calidad larval, basado en criterios morfológicos y de comportamiento, se han utilizado en *Macrobrachium rosenbergii* (Tayamen & Brown, 1999), *Litopenaeus stylirostris* (Godínez *et al.*, 2005) y en *L. vannamei* (Racotta *et al.*, 2004), lo que ha permitido evaluar a nivel cuantitativo grupos de larvas en cultivo, tanto para propósitos comerciales como para investigación.

En *C. caementarius*, la orientación de los estudios en el desarrollo larval debieran considerar la definición y aplicación de criterios que permitan evaluar la condición y calidad de las larvas y su relación con las condiciones de cultivo, los estados de desarrollo y la supervivencia, con el fin de avanzar en resultados aplicables al desarrollo tecnológico de su cultivo. Los objetivos del presente trabajo corresponden a: i) Desarrollar un cultivo de larvas de camarón de río del norte, desde el estado de zoea 1 al estado de primer juvenil, ii) analizar y caracterizar criterios que permitan verificar la aplicación de indicadores de tipo morfológicos y de comportamiento para la evaluación de la condición larvaria de la especie, en condiciones de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo larvario de *Cryphiops caementarius*, se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Crustáceos de la Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo. El cultivo se inició con la captura y selección de hembras con huevos desde el río Elquí, Región de Coquimbo, considerando para ello las siguientes características, evaluadas visualmente: tamaño homogéneo de las hembras ($24,16 \pm 1,33$ g), condición saludable y sin daños externos. En cuanto a los huevos portados por las hembras, se consideró la homogeneidad de la masa de huevos, su abundancia y la clara identificación de los ojos larvales, principal característica del último

estado de desarrollo embrionario (Yavar & Dupré, 2007).

Las condiciones estándares del cultivo se basaron en la metodología desarrollada por Morales (1997), Meruane *et al.* (2006b) y Morales *et al.* (2006). Esta metodología establece como base para el inicio del cultivo larvario, la captura desde el medio natural, de hembras portadoras de huevos en el último estado de desarrollo embrionario. A partir de ello, se estableció un plan de trabajo diario, que consideró actividades de operación del cultivo y manejo de los individuos durante 65 días, el cual se basó en un recambio de 100% del agua diariamente, lo que en esta oportunidad se realizó 2 h después de la primera alimentación y la marcación del día específico del cambio de estado en el desarrollo larvario, cuando aproximadamente el 50% ó más de las larvas ha cambiado de estado.

El cultivo se desarrolló entre noviembre 2009 y enero 2010. Se utilizaron estanques de 250 L de color blanco y una densidad larval de 50 ind L⁻¹. El principal alimento correspondió a nauplios de *Artemia franciscana*, microalgas, *Nannochloris* sp. e *Isochrysis* sp., rotíferos de la especie *Brachionus plicatilis* y alimento formulado, proporcionado a partir del estado de zoea 8 (Tabla 1). La cantidad de alimento indicada, se dividió en tres raciones diarias proporcionadas a las 08:00, 14:00 y 19:00 h. La temperatura del agua de cultivo se mantuvo a 25 ± 1°C, con la utilización de calentadores con termostato (Sera®; 50 watts), la salinidad fue de 20 psu y la inducción a la metamorfosis se realizó reduciendo la salinidad gradualmente a partir del estado de zoea 16.

Se utilizaron cinco indicadores considerando aspectos morfológicos y de comportamiento aplicados a las larvas de *C. caementarius*: llenado intestinal, estado de la glándula digestiva, comportamiento natatorio, respuesta fototáctica y desarrollo branquial (Tabla 2). En la caracterización y posterior análisis de los indicadores de calidad larvaria, se estableció tres valores de ponderación para cada uno de ellos (0, 1 y 2), asociados a criterios que señalan la observación o no de la evidencia que caracteriza cada indicador. Para la observación de las larvas se utilizó una lupa (Nikon SMZ-10) y un microscopio binocular (Lieder, MC-331), con cámara fotográfica (Moti-MC Camera). Estos indicadores se verificaron diariamente durante todo el periodo de cultivo, media hora después de la primera alimentación de la mañana (08:30 h). Esta decisión se tomó debido a que el seguimiento diario de los ejemplares considera como evidencia la ingesta del alimento por parte de las larvas, mediante la observación del sistema digestivo y la condición de la glándula digestiva.

Para la observación del llenado intestinal, condición de la glándula digestiva y desarrollo branquial, se tomó diariamente una muestra representativa de 10 larvas del estanque, las cuales fueron analizadas en vista lateral (Fig. 1). Las larvas observadas fueron devueltas al estanque de cultivo, pues la manipulación a la que fueron sometidas, no afectó su integridad física ni su supervivencia. Para el caso de los indicadores referidos al comportamiento de nado y respuesta fototáctica, los ejemplares fueron evaluados en el mismo estanque, considerando la población completa de larvas. Las observaciones, se realizaron en el mismo horario considerado para los otros indicadores, iniciando el procedimiento 10 min después de haber cortado el suministro de aire por 3 a 5 min. El estímulo luminoso, considerado para evaluar la respuesta fototáctica, correspondió a la luz natural o artificial que iluminaba el estanque. No se utilizó luz directa, pues la evaluación consideró condiciones de luminosidad normales de encontrar en un cultivo.

RESULTADOS

El cultivo se inició con un número inicial de 4.340 larvas en estado de zoea 1. Los estados de desarrollo larvario se sucedieron de acuerdo a las características descritas para la especie (Morales *et al.*, 2006), obteniéndose el estado de primer juvenil en 64 días de cultivo, con una supervivencia larvaria hasta la obtención del primer juvenil de 7,41% (Tabla 3). Durante todo el periodo de cultivo, los procesos de muda se produjeron durante la noche, observándose restos de caparazones flotando en la superficie del agua a primera hora de la mañana. Esto permitió determinar *a priori* la ocurrencia de un evento de cambio en el estado de desarrollo larvario, hecho que posteriormente fue confirmado con la observación directa de las larvas. Las larvas entre los estado de zoea 1 a 7 mudaron de manera sincrónica, pudiendo fácilmente definir el día exacto en que se produjo el cambio de un estado de desarrollo a otro, siendo el tiempo promedio de duración de cada estado, de 3 ± 1 días. A partir de la zoea 8, el proceso de muda fue asincrónico, encontrándose dos estados de desarrollo larvario a la vez. A partir de este estado, el día definido en que ocurrió el paso de un estado a otro, se estableció cuando al menos el 50% de las larvas monitoreadas cambió de estado. Esta situación, se mantuvo hasta el final del cultivo, siendo el tiempo promedio de duración de cada estado, a partir de la zoea 8 de 4 ± 2 días (Tabla 3).

El indicador referido al llenado intestinal, fue fácil de verificar ya que el alimento al interior del sistema digestivo fue visible gracias a la transparencia del

Tabla 1. Protocolo de alimentación utilizado para el cultivo larvario de *Cryphiops caementarius*.**Table 1.** Protocol of food supply used for the larval culture of *Cryphiops caementarius*.

Tipo de alimento	Zoea 1 a zoea 7	Zoea 8 a zoea 15	Zoea 16 a zoea 18	Primer juvenil
Microalgas	80.000 cél mL ⁻¹	50.000 cél mL ⁻¹	-	-
Rotíferos	10 ind mL ⁻¹	-	-	-
<i>Artemia</i>	3 ind mL ⁻¹	5 ind mL ⁻¹	10 ind mL ⁻¹	-
Alimento formulado	-	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>

Tabla 2. Indicadores y criterios de ponderación considerados en la evaluación de la condición y calidad larval en *Cryphiops caementarius* (Modificado de Tayamen & Brown, 1999).**Table 2.** Indicators and criteria considered in the evaluation of the larval condition and quality index in *Cryphiops caementarius* (Modified of Tayamen & Brown, 1999).

Indicadores	Criterios de ponderación		
	0	1	2
Llenado intestinal	Intestino vacío	Intestino moderadamente lleno (40 a 60%)	Intestino lleno
Estado de la glándula digestiva	Sin gotas oleosas	Gotas oleosas en mediana cantidad (30 a 60%)	Gotas oleosas en gran cantidad (>60%)
Desarrollo branquial	Escaso desarrollo branquial	Desarrollo branquial con desfase o retardo	Desarrollo branquial normal de acuerdo al estado
Comportamiento natatorio	Nado errático y circular	Nado y escape moderado	Nado activo y característico de los estados de zoea *
Respuesta fototáctica	Respuesta negativa	Respuesta positiva leve	Respuesta positiva rápida

* Natación de cubito abdominal, con el cefalotórax ligeramente inclinado hacia abajo

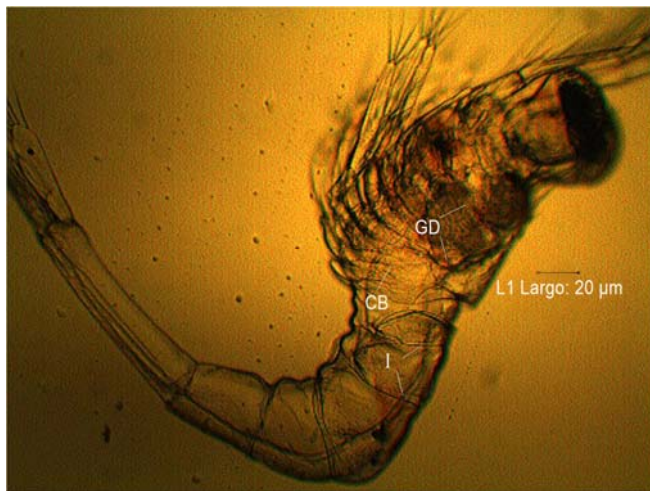


Figura 1. Vista lateral de una larva de *Cryphiops caementarius*, en estado de zoea 3 avanzada, en el sexto día de cultivo. Se observa su morfología general y además aquellos caracteres morfológicos utilizados como indicadores. GD: Glándula digestiva, CB: Cavidad branquial, I: Intestino.

Figure 1. Lateral view of a *Cryphiops caementarius* larvae in zoea 3 stage, on the sixth day of culture. General morphology and also characters used as indicators. GD: Midgut gland, CB: Brachial cavity, I: Intestine.

exoesqueleto y musculatura de las larvas. También se observaron los movimientos peristálticos y la evacuación de heces, logrando determinar aproxima-

madamente el tiempo de tránsito del alimento en el intestino. Este indicador se inició con valor 0 hasta el tercer día en que se elevó a un promedio de 0,8.

Tabla 3. Duración y supervivencia de los estados de desarrollo larvario de *Cryphiops caementarius*.**Table 3.** Duration and survival of larval developmental stages of *Cryphiops caementarius*.

Estado de desarrollo	Duración (días)	Día cambio de estado de desarrollo	Supervivencia acumulada (%)
Zoea 1	2		100
Zoea 2	3±1	3	65,5
Zoea 3	3±1	5	65,1
Zoea 4	4+1	9	63,3
Zoea 5	3±1	12	57,9
Zoea 6	3±1	15	56,4
Zoea 7	3±1	18	54,5
Zoea 8	4+2	21	54,3
Zoea 9	3±2	25	50,4
Zoea 10	4±1	28	47,4
Zoea 11	3±1	32	35,8
Zoea 12	5±2	35	23,1
Zoea 13	4±2	40	19,8
Zoea 14	4±2	44	19,5
Zoea 15	6±2	48	15,9
Zoea 16	4+2	54	15,4
Zoea 17	4±3	58	12,4
Zoea 18	2+1	61	8,8
Juvenil	1	64	7,4

Posteriormente, los valores se mantuvieron por sobre 0,6 siendo el promedio general para todo el periodo de cultivo de 1,0. Los valores más bajos se observaron entre los días 56 y 64, coincidiendo con los estados de desarrollo previos y posteriores a la metamorfosis: zoeas 17, 18 y juvenil (Fig. 2).

El día 26 de cultivo, no se realizó observación de las larvas debido a una falla en la obtención del alimento vivo, lo cual implicó alimentar sólo con alimento formulado.

El estado de la glándula digestiva, se observó con claridad, diferenciando la condición de llenado total, cuando la glándula se observaba llena de glóbulos refringentes y de color amarillo, anaranjado, café o gris, dependiendo del tipo de alimento que se esté proporcionando a las larvas, ya sea vivo o formulado. El primer día del cultivo, la ponderación de este indicador señaló para el estado de zoea 1 un valor de 2,0, que bajó hasta 1,2 en el segundo día, subiendo nuevamente a 1,4 cuando las larvas alcanzaron la zoea 2, manteniendo un promedio general, considerando todo el periodo de cultivo de 1,5. Los valores más bajos se observaron entre los 50 y 53 días de cultivo,

coincidiendo con el periodo de desarrollo de la zoea 15, que es el más largo, con una duración de 6 ± 2 días (Fig. 3, Tabla 3).

El indicador referido al desarrollo branquial, se estableció en 2,0 desde el inicio del desarrollo larvario hasta los días 12 a 13 de cultivo, en que este indicador comenzó a variar, pues en ese periodo fue factible la observación de los primordios branquiales, antes de ese periodo la zona cefalotorácica donde se ubica la cámara branquial se observó de un color claro homogéneo y sin estructuras que evidencien la formación de branquias (Fig. 4). Posteriormente, se observó el crecimiento y desarrollo de las branquias, asociadas a la base de los pereiópodos y ocupando la totalidad de la cavidad branquial. El valor promedio de este indicador, para el periodo completo de cultivo fue de 1,9, siendo el valor más bajo 1,0, el día 23 de cultivo, coincidiendo con el periodo de duración de la zoea 8 (Tabla 3).

El indicador referido al comportamiento de nado de las larvas, se inició con un valor de 2,0, desde el inicio del cultivo hasta el día 23. Durante este periodo, las larvas nadaron activamente en la columna de agua,

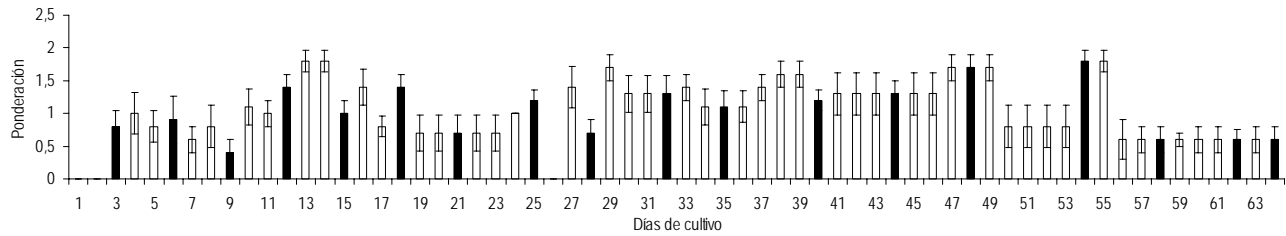


Figura 2. Ponderación diaria del indicador que evaluó el llenado intestinal en larvas de *Cryphiops caementarius*. Las barras negras indican el día en que se definió el cambio de un estado de desarrollo a otro.

Figure 2. Daily weighting of the indicator that evaluated the intestinal filling in *Cryphiops caementarius* larvae. The days that defined the change from one stage of development to another are indicated with black bars.

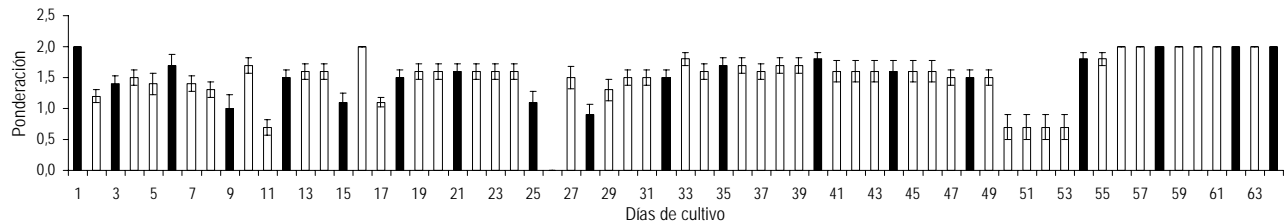


Figura 3. Ponderación diaria del indicador que evaluó el estado de la glándula digestiva en larvas de *Cryphiops caementarius*. Las barras negras indican el día en que se definió el cambio de un estado de desarrollo a otro.

Figure 3. Daily weighting of the indicator that evaluated the midgut gland in *Cryphiops caementarius* larvae. The days that defined the change from one stage of development to another are indicated with black bars.

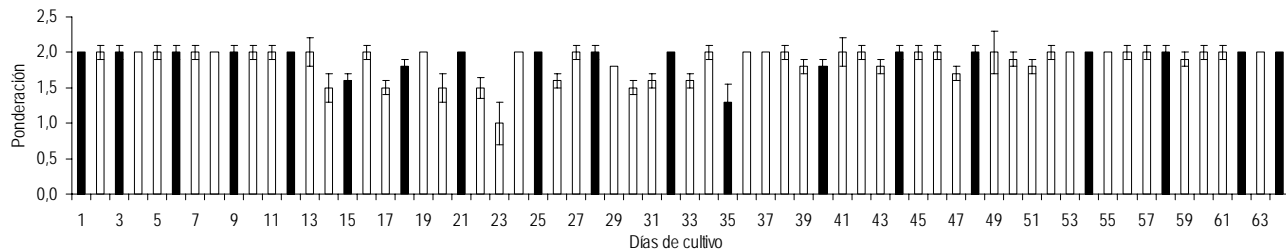


Figura 4. Ponderación diaria del indicador que evaluó el desarrollo branquial en larvas de *Cryphiops caementarius*. Las barras negras indican el día en que se definió el cambio de un estado de desarrollo a otro.

Figure 4. Daily weighting of the indicator that evaluated the development of gills in *Cryphiops caementarius* larvae. The days that defined the change from one stage of development to another are indicated with black bars.

de forma homogénea y en algunas ocasiones formando grupos, que se asociaron con la luz, natural o artificial, que llega al estanque. El valor más bajo fue de 1,5 el día 26 en que hubo problemas con la alimentación, el día 30 que coincidió con el periodo de intermuda de la zoea 10 y el periodo comprendido entre los días 50 y 64, en que se produjo el desarrollo de la zoea 15 a juvenil (Fig. 5).

El indicador que definió la respuesta fototáctica, se inició en los primeros cinco días de cultivo con un valor de 2,0, periodo en que los ejemplares fueron estimulados por la luz, ya sea artificial o natural.

Posteriormente, el valor se mantuvo en 1,0 entre los días 6 y 53, observando las larvas distribuidas en toda la columna de agua. A partir de la zoea 17, en el día 54 de cultivo, los ejemplares se mantuvieron más cercanos a la zona baja del estanque, reduciéndose los valores del indicador a 0,1, pues se mantenían en la columna de agua sólo por efecto de la aeración. Sin embargo, al momento de suspender el flujo de aire, la mayoría se ubicó cerca del fondo del estanque, manteniendo movimientos activos de natación y escape, pero no respondieron al estímulo luminoso (Fig. 6).

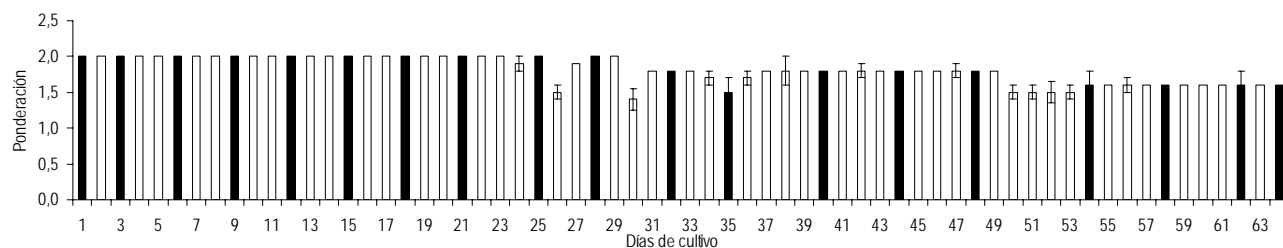


Figura 5. Ponderación diaria del indicador que evaluó el comportamiento natatorio en larvas de *Cryphiops caementarius*. Las barras negras indican el día en que se definió el cambio de un estado de desarrollo a otro.

Figure 5. Daily weighting of the indicator that evaluated the behavior swimming in *Cryphiops caementarius* larvae. The days that defined the change from one stage of development to another are indicated with black bars.

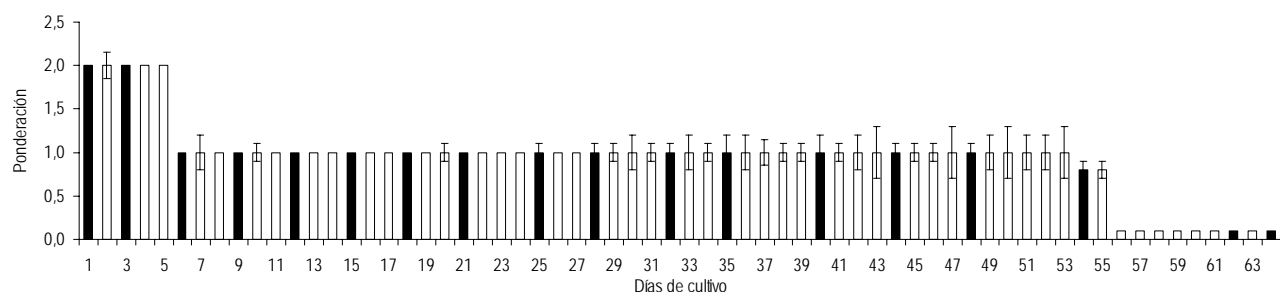


Figura 6. Ponderación diaria del indicador que evaluó la respuesta fototáctica en larvas de *Cryphiops caementarius*. Las barras negras indican el día en que se definió el cambio de un estado de desarrollo a otro.

Figure 6. Daily weighting of the indicator that evaluated the phototactical response in *Cryphiops caementarius* larvae. The days that defined the change from one stage of development to another are indicated in black bars.

DISCUSIÓN

Bajo un régimen de cultivo preestablecido en sus condiciones ambientales, la evaluación de las características morfológicas y de comportamiento de las larvas, han sido utilizadas como criterio indicador de su condición y calidad, siendo los aspectos más frecuentemente estudiados: el tamaño, peso, color, ocurrencia de deformidades, morfología del sistema digestivo y de las branquias, presencia o ausencia de bacterias, hongos y virus y las relaciones entre criterios, como la existente entre el ancho del abdomen y del intestino medio (Treece & Fox, 1993; Tayamen & Brown, 1999; Racotta *et al.*, 2003, 2004; Pattanavivat *et al.*, 2006). No obstante, el estudio o evaluación de dichos criterios, en ocasiones no muestran el panorama completo y periódico de los avances en el desarrollo larvario, más aún cuando se trabaja en un cultivo que se prolonga por más de 50 días, como es el caso de *Cryphiops caementarius*. Muchas veces, se requiere de una precisa manipulación de los ejemplares, que por su pequeño tamaño y fragilidad, involucra un tiempo importante de dedicación para la revisión de las muestras y en ocasiones el sacrificio de los ejemplares. En este

contexto, se considera relevante la factibilidad de haber realizado una evaluación diaria de las larvas en función de los criterios seleccionados, pues la metodología utilizada de observación de las larvas a nivel grupal dentro del estanque (fototactismo y natación) e individual (llenado intestinal, condición de la glándula digestiva y desarrollo branquial), no precisaron de una excesiva manipulación, permitiendo hacer uso de cada uno de los indicadores o de todos en su conjunto, llevando un registro continuo que para fines de cultivo es preponderante, determinando de manera más exacta el progreso en el desarrollo de las larvas y optimizando los protocolos de manejo y operación del cultivo.

En el presente trabajo la selección de los criterios se basó en aquéllos que permitieran evaluar con claridad y precisión la condición de las larvas en cada día de cultivo, en cada estado de desarrollo y asociarlos con los momentos durante el periodo de cultivo larvario de *C. caementarius* en que se produce la mayor mortalidad, definidos por Meruane *et al.* (2006b) y/o con cambios significativos en algún estado de desarrollo específico, caracterizados por Morales *et al.* (2006), que pudiera indicar alguna anomalía en el desarrollo del cultivo. Además, el

registro fotográfico diario de las larvas permitió evidenciar cambios morfológicos secuenciales que posibilitaron una mejor comprensión del desarrollo larval, en tiempo real, desde el estado de zoea 1 hasta la metamorfosis y el estado de primer juvenil, así como las variaciones experimentadas por las larvas, de manera directa a través de cada uno de los indicadores, durante los 65 días de cultivo, tiempo que coincide con el definido por Meruane *et al.* (2006b) para esta especie.

El indicador referido al llenado del intestino permitió, en primera instancia, la evaluación directa de la presencia o ausencia de alimento en el intestino medio y posterior, ponderando un valor general promedio de 1,0 posterior a la primera ración de alimento del día. Esta información permitió establecer que el proceso digestivo del alimento proporcionado se efectúa de forma mecánica normalmente en todos los estados de desarrollo. A partir de zoea 2, se evidencia indirectamente la aceptación de uno o más tipos de alimento por parte de las larvas, pues las partículas de alimento digeridos fueron observadas movilizándose desde el estómago hacia el intestino posterior, pudiendo además definir la velocidad de tránsito en el tracto digestivo desde que se ingiere el alimento hasta la formación de heces, así como los movimientos peristálticos, que pudieron ser evidenciados, desde el estado de zoea 1. Estudios relacionados con la evaluación del contenido de alimento en el tracto digestivo en larvas de *Macrobrachium rosenbergii* y *M. amazonicum*, señalan que varía de acuerdo al estado de desarrollo larvario, relacio-

nándose con la aceptación diferenciada del alimento proporcionado, estableciéndose, junto con el apoyo de un análisis de la actividad enzimática, de etapas de alimentación que varían de acuerdo al desarrollo larvario con características herbívoras, carnívoras u omnívoras (Pereira & Valenti, 2003; Araujo & Valenti, 2007).

El primer registro de la presencia de alimento en el intestino de las larvas tuvo lugar en el estado de zoea 2, indicando probablemente que a partir de este estado se inicia la alimentación efectiva, con la transformación de las larvas desde una condición lecitotrófica, en zoea 1, a una de tipo planctotrófica. Desde el punto de vista ontogénico del sistema digestivo de las larvas de *C. caementarius*, es posible establecer que las reservas vitelinas permitirían a los ejemplares mantenerse 2 a 3 días con reservas suficientes hasta completar el estado de primera zoea (Fig. 7) e iniciar la primera alimentación cuando las estructuras bucales y el intestino ya han formado sus estructuras básicas. Sin embargo, observaciones realizadas a larvas zoea 1 recién liberadas del huevo, mostraron a nivel digestivo débiles movimientos peristálticos y de apertura y cierre del poro anal de manera esporádica y también en algunos ejemplares, la existencia de pequeños contenidos de material probablemente de origen vitelino, a nivel del intestino medio, mostrando el movimiento de dichas reservas en proceso de digestión. Esta última observación, no se consideró en la ponderación del llenado intestinal en la zoea 1, pues no hubo evidencia concreta de alimentación exógena en este primer estado de desarrollo.

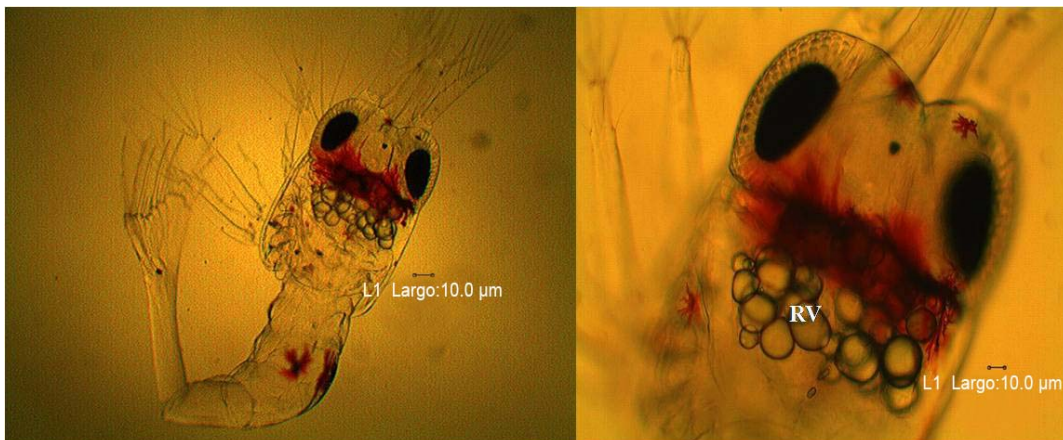


Figura 7. Reservas vitelinas en una larva de *Cryphiops caementarius* de un día de vida (zoea 1). RV: Reservas vitelinas.
Figure 7. Yolk reserves in *Cryphiops caementarius* larvae in its first day of life (zoea 1). RV: Yolk reserves.

Los antecedentes relacionados con la alimentación y actividad digestiva en larvas de decápodos comercialmente cultivados, señalan que exhiben una amplia gama de estrategias de alimentación, explotando la mayoría de los niveles tróficos encontrados dentro del ecosistema natural donde se desarrollan. Estos estudios, a nivel experimental y de cultivo, demuestran que su fisiología digestiva se relaciona con la estrategia de alimentación y desarrollo larvario, proporcionando información de base para adecuar los protocolos de alimentación en un cultivo comercial (Jones *et al.*, 1997). Un ejemplo de ello corresponde a estudios realizados en estados tempranos de larvas de crustáceos de agua dulce del género *Macrobrachium*, en que se ha determinado que los primeros estados de desarrollo larvario, dependen muy poco del alimento externo, completando el estado de zoea 1 con la utilización sólo de las reservas vitelinas, mientras que el estado de zoea 2 presenta un comportamiento lecitotrófico facultativo, siendo completamente planctotróficas sólo en estados más avanzados (Roustain *et al.*, 1999; Pereira & Valenti, 2003; Anger & Hayd, 2009). También, en estudios realizados con larvas de camarones peneidos, se ha observado que las protozoas muestran mejor respuesta enzimática digestiva cuando se adiciona microalgas en la dieta, mejorando así su crecimiento y supervivencia. Se estima que las microalgas podrían contener sustancias activadoras de la función enzimática, mejorando así la utilización de los primeros alimentos ingeridos por las larvas, pudiendo actuar también, como una fuente proteica fácilmente digerible (Le Vay *et al.*, 1993; Rodríguez *et al.*, 1994; García, 2000).

Los valores bajo la ponderación 1,0 del indicador que evaluó el llenado intestinal de las larvas, coincidieron con los días en que hubo muda, principalmente en los estados iniciales de desarrollo larvario (zoeas 2, 3 y 4), etapas en que los ejemplares inician su alimentación exógena y probablemente completan gran parte del desarrollo del sistema digestivo y partes bucales. En los siguientes días de cultivo, se observó una relación con los estados en que las larvas manifiestan un desarrollo asincrónico en el proceso de muda (zoea 8), evidenciándose valores no superiores a 0,7 durante 5 días continuos, situación que pudiera ser reflejo de cambios a nivel fisiológico digestivo en las larvas producto de variaciones en su estrategia de alimentación. Los cambios en la conducta alimentaria han sido reportados para *Macrobrachium amazonicum*, señalando cambios hacia un comportamiento con características carnívoras en estados avanzados del desarrollo larvario (Araujo & Valenti, 2007). Estudios sobre los hábitos

alimentarios de *C. caementarius* y su relación con la composición nutricional de los actuales ítemes alimentarios utilizados en el cultivo de larvas, son necesarios de realizar como aportes a la construcción de un esquema de alimentación y optimización de protocolos de cultivo. En el estado de zoea 10, cuando las larvas ya han completado la principal etapa de desarrollo, que correspondería a la formación de la mayoría de los apéndices cefalotorácicos y abdominales (Morales *et al.*, 2006), también manifestaron bajos niveles de llenado intestinal, situación que se puede relacionar con el inicio del comportamiento de nado tendiente a la dispersión y ocupación de las zonas medias y bajas del estanque de cultivo. Finalmente, la obtención de valores promedio de 0,7 de este indicador, los días previos a la metamorfosis, se debería a que el comportamiento natatorio de las larvas en este periodo, se manifiesta con un elevado grado de lentitud, ubicándose los ejemplares en la zona profunda de la columna de agua o en el fondo del estanque, donde son estimuladas a nadar principalmente por el impulso de la aeración. Las larvas en este estado, son robustas y de natación lenta, pero responden con una conducta de escape frente a un estímulo de contacto con otras larvas. Se observó que se alimentaban cuando las partículas de alimento formulado llegaban a ellas, por lo que en esta etapa se debió adecuar el protocolo de alimentación entregando sólo las raciones requeridas, verificando la ingesta de alimento por parte de las larvas, a través de la observación directa de los ejemplares en el estanque, pues cada larva se observó con una partícula de alimento en la boca. A partir del estado de zoea 17, las larvas evidenciaron el cambio de coloración corporal, de rojo a café-marrón, coincidente con las características pre-metamórficas definidas por Morales *et al.* (2006). En el estado de juvenil, si bien los ejemplares presentaron un índice bajo de llenado intestinal, su comportamiento alimenticio fue activo y frente a los ítemes alimenticios ofrecidos los atraparon activamente, apoyados por su comportamiento de nado, que en esta etapa se caracterizó por movimientos rápidos, con pequeños momentos de descanso y posicionándose en los bordes del estanque nadando en posición de cubito abdominal, buscando hermanentemente las presas de alimento. Esta situación de actividad natatoria y continuo movimiento, pudiera reflejarse en que el tránsito de alimento en el intestino sea más rápido y que probablemente la frecuencia y consumo de alimento sea mayor. Es importante señalar que si bien la metamorfosis es una etapa crítica en el desarrollo larvario de *C. caementarius*, no constituye un factor de mortalidad, esto se evidenció en el presente trabajo y concuerda con resultados

obtenidos por Meruane *et al.* (2006a), quien señala máximas mortalidades en la primera mitad de un ciclo de cultivo y no al término.

Las observaciones realizadas de la glándula digestiva o hepatopáncreas, ubicada en la región dorsolateral del estómago, permitieron determinar con claridad la presencia o ausencia, de conspicuas cantidades de glóbulos probablemente lipídicos y proteicos, así como cambios de color, tamaño, densidad y disposición de dichos contenidos glandulares. El estado de la glándula digestiva, se observó constantemente con contenidos alimenticios, a pesar de que en ocasiones el intestino estuviera ya evacuado. Este hecho permite comprobar una de las principales funciones de esta glándula, relacionadas con el almacenaje de nutrientes y reservas energéticas (Biesiot & McDowell, 1995; Hammer *et al.*, 2000, Franceschini *et al.*, 2009). Los valores promedios para este indicador (1,5), con un mínimo de 0,7 permite determinar que probablemente las larvas están permanentemente consumiendo y procesando el alimento, y a su vez manteniendo reservas por periodos prolongados de tiempo, lo cual podría sustentar momentos de ayuno fisiológico, por ejemplo en periodos de muda (Fig. 8). No obstante, el funcionamiento de la glándula digestiva también depende de la digestibilidad de los alimentos, su asimilación y actividad enzimática (Jones *et al.*, 1997). La glándula digestiva en crustáceos decápodos ha sido identificada como responsable, entre otras funciones, de la síntesis y secreción de enzimas digestivas, de la absorción de nutrientes ya digeridos en el estómago y del lugar para el almacenaje de reservas energéticas, señalando además la existencia de cambios morfológicos y funcionales de esta glándula durante el desarrollo larvario y principalmente en juveniles (Lovett & Felder, 1990; Biesiot & McDowell, 1995; Hammer *et al.*, 2000, Franceschini *et al.*, 2009).

Desde el punto de vista del manejo de la alimentación, con esta información es factible ajustar las raciones de alimento diario e incluso optimizar el plan de alimentación alternando entre raciones de alimento vivo y formulado, dependiendo del estado de desarrollo larvario.

El registro de esta información hizo posible realizar una secuencia clara de los cambios en el contenido de la glándula digestiva, tanto en el color como en el tamaño de las partículas y vincularla con el tipo de alimento ingerido.

La utilización de las branquias en la evaluación de calidad de las larvas, considerando como criterios el tamaño y la superficie total estimada de los filamentos que las componen, ha sido considerada como un buen

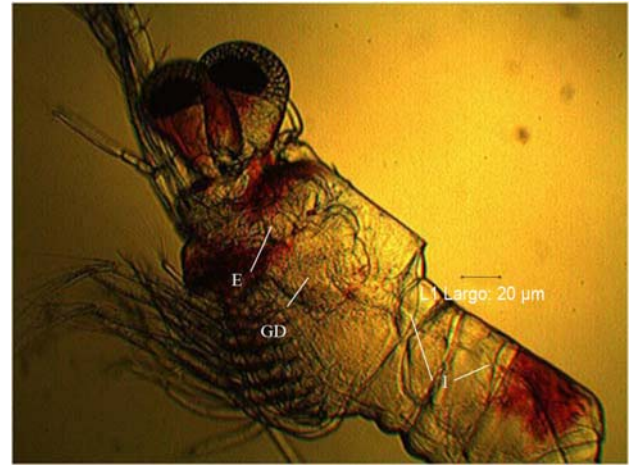


Figura 8. Larva en proceso de muda al estado de zoea 5, en el decimoprimer día de cultivo. La glándula digestiva se observa con escasas reservas de lípidos y el estómago e intestino vacíos. E: Estómago, GD: Glándula digestiva, I: Intestino.

Figure 8. Ecdysis process to the zoea 5, in the 11th day of culture. The midgut gland is observed by scanty reservations of lipids and the stomach and intestine are emptied. E: Stomach, GD: Midgut gland, I: Intestine.

indicador, al relacionar esta condición con la supervivencia al estrés de post-larvas de *Litopenaeus vannamei* (Racotta *et al.*, 2004). Durante el desarrollo larval de *C. caementarius*, la primera manifestación de las branquias ocurre entre los días 9 y 12 de cultivo, periodo en que las larvas se encuentran en estado de zoea 4 y algunas en estado de zoea 5 (Fig. 9).

En los días de cultivo posteriores a esos estadios y hasta la obtención del primer estado juvenil, se observó un crecimiento y desarrollo branquial continuo, que se vio afectado, alterando el índice de calidad larvaria, sólo cuando se observó materia orgánica adherida a las estructuras branquiales. Esta alteración fue producto del inicio de la alimentación con una dieta que incluyó alimento formulado a partir del estado de zoea 8.

Desde el punto de vista ontogénico, los estudios permitieron apreciar que existe una estrecha relación entre el desarrollo de estructuras branquiales de crustáceos decápodos y la osmorregulación (Charmantier & Charmantier, 2001), ambos relacionados con aspectos ecofisiológicos en especies como *L. vannamei* y *Carcinus maenas* (Bouaricha *et al.*, 1994, Cieluch *et al.*, 2004). En el caso de *C. caementarius*, considerando los estudios de Gil (1988), probablemente la salinidad y sus variaciones son el principal factor que afectaría el desarrollo estructural, fisiológico y osmorregulatorio de las branquias, cumpliendo un papel fundamental en la dispersión y reclutamiento de las larvas y juveniles.

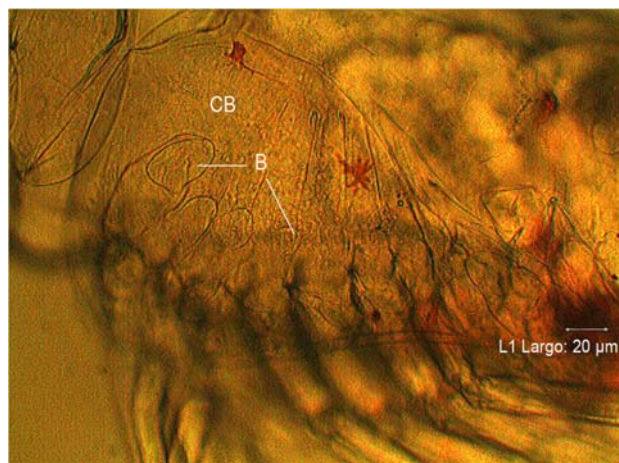


Figura 9. Primordios branquiales en larvas de *Cryphiops caementarius*, observados en el noveno día de cultivo. CB: Cavidad branquial, B: Branquias.

Figure 9. Gill outbreaks in *Cryphiops caementarius* larvae, observed in the 9th day of culture. CB: Branchial cavity, B: Gills.

En este contexto, la investigación respecto al comportamiento osmorregulatorio de larvas y juveniles proporcionaría una valiosa información para definir la existencia o ausencia de variaciones en la capacidad de regulación osmótica de los ejemplares durante su prolongado periodo de desarrollo larvario.

La respuesta fototáctica, se manifiesta claramente en los estados tempranos de desarrollo (zoeas 1, 2 y 3), lo que facilita la cosecha de las larvas recién nacidas, pudiendo descartar aquellas que se mantienen en el fondo del tanque de eclosión, como una manera de selección en el proceso de cultivo. A partir del día 54 de cultivo, las larvas comienzan a manifestar las primeras características previas a la metamorfosis, permaneciendo parte del tiempo en el fondo del estanque de cultivo, manifestando movimientos de escape frente al contacto con sus pares. La respuesta fototáctica de las larvas de *C. caementarius*, presenta relación con el régimen de alimentación con presas vivas y con alimento formulado. Bajo las condiciones de cultivo establecidas en el presente trabajo, se observó la conducta predatoria de las larvas en los primeros estados de desarrollo (zoea 3), frente a las presas vivas ofrecidas como alimento, manifestándose movimientos masivos de larvas asociadas principalmente al movimiento de la *Artemia* sp., caracterizada por un alto fototropismo positivo. Mientras que en presencia de alimento formulado, las larvas en estado de desarrollo más avanzado, capturaron el alimento en los primeros 20 cm de agua, donde la luz ambiental tiene una mayor incidencia,

probablemente debido al contraste entre el color del alimento y color del estanque.

Los indicadores seleccionados en el presente trabajo, pueden ser utilizados como referencia del estado de condición de las larvas de *C. caementarius*, pudiendo hacer un efectivo seguimiento de ellos, asociarlos a los estados de desarrollo larvario y estandarizar características deseables en las larvas que evidencien resultados verificables en un protocolo de cultivo y de alimentación. Además, cada indicador, permite evidenciar una amplia gama de posibles estudios a realizar, basados en las relaciones que la morfología y el comportamiento larvario mantienen con capacidades fisiológicas de las larvas en desarrollo.

Los resultados obtenidos han permitido realizar una importante descripción y caracterización de las larvas en cada día del cultivo, en función de los indicadores seleccionados; verificando que es posible realizar un seguimiento de cada indicador asociado a cada estado de desarrollo de las larvas, estableciendo en tiempo real, su condición en función de la ponderación de los indicadores utilizados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los evaluadores anónimos que contribuyeron con sus valiosos comentarios y sugerencias a mejorar el presente manuscrito. Esta investigación fue realizada en el marco del Programa de Doctorado en Acuicultura de la Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo. El trabajo fue financiado por el Programa de Apoyo al Capital Humano Avanzado de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile.

REFERENCIAS

- Anger, K. & L. Hayd. 2009. From lecithotrophy to planktotrophy: ontogeny of larval feeding in the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquat. Biol.*, 7: 19-30.
- Araujo, M. & W. Valenti. 2007. Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. *Aquaculture*, 265: 187-193.
- Arcos, F., E. Palacios, A. Ibarra & I. Racotta. 2005. Larval quality in relation to consecutive spawning in white shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone. *Aquacult. Res.*, 36: 890-897.
- Bahamonde, N. & I. Vila. 1971. Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biol. Pesq.*, 5: 3-60.

- Bález, P., J. Sanzana & A. Weinborn. 1983. Contribución al conocimiento de la morfología larvaria de *Cryphiops caementarius*, camarón de río del norte de Chile. Bol. Mus. Hist. Nat., 40: 153-172.
- Biesiot, P. & J. McDowell. 1995. Midgut-gland development during early life-history stages of American lobster *Homarus americanus*. J. Crust. Biol., 15(4): 679-685.
- Bouaricha, N., C. Charmantier, P. Thuet, J. Trilles & G. Charmantier. 1994. Ontogeny of osmorregulatory structures in the shrimp *Penaeus japonicus* (Crustacea: Decapoda). Biol. Bull., 186: 29-40.
- Cahu, C. 2000. Dietas para reproductores de camarón y su efecto en la calidad larvaria. In: R. Civera, C. Pérez, D. Ricque & L. Cruz (eds.). Avances en nutrición acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 15-18 Noviembre, La Paz, B.C.S., México, pp. 65-72.
- Charmantier, M. & G. Charmantier. 2001. Ontogeny of osmorregulatory in crustaceans: the embryonic phase. Am. Zool., 41: 1078-1089.
- Cieluch, U., A. Anger, F. Aujoulat, F. Buchholz, M. Charmantier & G. Charmantier. 2004. Ontogeny of osmorregulatory structures and functions in the green crab *Carcinus maenas* (Crustacea: Decapoda). J. Exp. Biol., 207: 325-336.
- Djunaidah, S., M. Willie, E. Kontara & P. Sorgeloos. 2003. Reproductive performance and offspring quality in mud crab (*Scylla paramamosain*) broodstock fed different diets. Aquacult. Int., 1: 3-15.
- Elías, J. 1960. Contribución al comportamiento del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina) Decapoda: Palaemonidae. Pesca Caza, Lima, 10: 84-106.
- Franceschini, I, K. Ribeiro, L. Papa, J. Marques, C. Vicentini & P. Valenti. 2009. Histoarchitectural features of the hepatopancreas of the Amazon River *Macrobrachium amazonicum*. Int. J. Morphol., 27 (1): 121-128.
- Galleguillos, C. 1997. Implementación de un laboratorio experimental de producción de postlarvas de camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*). Memoria de Ingeniería en Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 74 pp.
- García, T. 2000. Nutrición en larvas de camarón. In: R. Civera, C. Pérez, D. Ricque & L. Cruz (eds.). Avances en nutrición acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, La Paz, B.C.S., México, pp. 42-52.
- Gil, R. 1988. Dispersión o retención: el problema de las larvas de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) en el estuario del río Limarí, IV Región. Tesis de Biología Marina, Universidad Católica del Norte, 74 pp.
- Godínez, D., H. Armulfo & M. Gallo. 2005. Índice de desarrollo y supervivencia de larvas del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) alimentadas con diferentes concentraciones de *Chaetoceros calcitrans* (Paulsen). Rev. Col. Cienc. Pec., 18(1): 27-33.
- Hartmann, G. 1958. Apuntes sobre la biología del camarón de río, *Cryphiops caementarius* (Molina) Palaemonidae, Decapoda. Rev. Pesca Caza, 8: 15-28.
- Jalihal, D., K. Sankolli & S. Shakuntala. 1993. Evolution of larval developmental of freshwaterization in the prawns genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana, 65: 365-376.
- Jones D., M. Kumlu, L. Le Vay & D. Fletcher. 1997. The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. Aquaculture, 155: 285-295.
- Hammer, H., C. Bishop & S. Watts. 2000. Activities of three digestive enzymes during development in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda). J. Crust. Biol., 20(4): 614-620.
- Le Vay, L., A. Rodríguez, M. Kamarudin & D. Jones. 1993. Influence of live and artificial diets on issue composition and trypsin activity in *Penaeus japonicus* larvae. Aquaculture, 118: 287-297.
- Lovett, D. & D. Felder. 1990. Ontogenic changes in enzyme distribution and midgut function in developmental stages of *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Biol. Bull., 178: 160-174.
- Miranda, O. & J. Weinborn. 1972. Informe sobre programa *Cryphiops*. Div. Pesca y Caza e IFOP, 20 pp.
- Morales, M. 1997. Desarrollo larval del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina 1782) (Crustacea: Decapoda) en laboratorio. Tesis de Ingeniería en Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 112 pp.
- Morales, M., M. Rivera, J. Meruane, C. Galleguillos & H. Hosokawa. 2006. Morphological characterization of larval stages and first juvenile of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. Aquaculture, 261: 908-931.
- Meruane, J., M. Morales, C. Galleguillos, M. Rivera & H. Hosokawa. 2006a. Experiencias y resultados en investigaciones sobre el camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae): historia natural y cultivo. Gayana Zool., 70(2): 280-292.
- Meruane, J., M. Rivera, C. Morales, C. Galleguillos & H. Hosokawa. 2006b. Producción de juveniles en condiciones de laboratorio del camarón de río

- Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) en Coquimbo Chile. *Gayana Zool.*, 70(2): 228-236.
- Millamena, O. & J. Bangcaya. 2001. Reproductive performance and larval quality of ponds-raised *Scylla serrata* females fed various broodstock diets. *Asian Fish. Sci.*, 14: 153-159.
- Molina, C., V. Escobar, J. Gamboa, E. Cadena, F. Orellana & R. Piña. 2002. Estrategia de alimentación de acuerdo a la demanda fisiológica del juvenil *Litopenaeus vannamei* (Boone). In: L. Cruz, D. Ricque, M. Tapia, M. Gaxiola & N. Simones (eds.). *Avances en nutrición acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Sept. 3-6 Cancun, Quintana Roo, México.
- Munaylla, U. 1977. Desarrollo larval del "camarón de río" *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782): determinación y descripción de sus estadios larvarios. *Rev. Documenta*, 62: 12-16.
- Norambuena, R., 1977. Antecedentes biológicos de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en el estero "El Culebrón" (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Biol. Pesq., Chile*, 9: 7-19.
- Pattanavivat, S., C. Limsuwan, N. Chuchird & N. Pattarakulchai. 2006. A comparative study of different methods for larval selection on survival rate, growth and yield of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius). *Kasetsart Univ. Fish. Res. Bull.*, 30: 19-26.
- Pereira, H. & W. Valenti. 2003. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. *Aquaculture*, 216: 165-176.
- Racotta, I., E. Palacios & A. Ibarra. 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, 227: 107-130.
- Racotta, I., E. Palacios, R. Hernández, A. Bonilla, C. Pérez & J. Ramírez. 2004. Criteria for assessing larval and postlarval quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). *Aquaculture*, 233: 181-195.
- Rivera, M. & J. Meruane. 1994. Evaluación y manejo de las poblaciones de camarón de río en la IV Región. Informe Final, Proyecto Universidad Católica del Norte y CORFO-FONTEC. 45 pp.
- Rivera, M., J. Meruane & R. Gil. 1987. Effects of salinity and food larval survival and metamorphosis of *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea: Palaemonidae). *Mar. Biol. Inst. Kochi Univ.*, 9: 207-214.
- Rivera, M., P. Schmiede & J. Meruane. 1983. Desarrollo larval del camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea: Palaemonidae) en condiciones de laboratorio. Simposio Internacional de Acuicultura Coquimbo-Chile, pp. 315-334.
- Rodríguez, A., L. Le Vay, G. Mourente & D. Jones. 1994. Biochemical composition and digestive enzyme activity in larvae and postlarvae of *Penaeus japonicus* during herbivorous and carnivorous feeding. *Mar. Biol.*, 118: 45-51.
- Roustain, P., M. Kamarudin, H. Omar, C. Saad & M. Ahmad. 1999. Changes in fatty acid profile during larval development of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquacult. Res.*, 30: 815-824.
- Sanzana, J. 1976. Estadios larvarios del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina) (Decapoda, Palaemonidae). *Depto. Agricultura, Universidad del Norte, Atacama, Arica*, 4: 47-55.
- Tayamen, M. & J. Brown. 1999. A condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879). *Aquacult. Res.*, 30: 917-922.
- Tello, E. 1972. Anotaciones sobre el camarón. *Rev. Documenta*, 18: 5-9.
- Treece, G. & J. Fox. 1993. Design, operation and training manual for an intensive culture prawn hatchery, with emphasis on *Penaeus monodon* and *P. vannamei*. Texas A&M University, Sea Grant College Program, Bryan, Texas, p. 187.
- Vegas, M., L. Ruiz & S. Sánchez. 1981. El camarón *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae): desarrollo embriológico, contenido estomacal y reproducción controlada: primeros resultados. *Rev. Lat. Acuicult.*, 9: 11-28.
- Viacava, M., R. Aitken, J. Llano. 1978. Estudio del camarón de río en el Perú, 1975-1976. *Bol. Inst. Mar Perú*, 3(5): 161-232.
- Yabar, C. & E. Dupré. 2007. Desarrollo embrionario del camarón de río *Cryphiops caementarius*. (Decapoda: Palaemonidae) en condiciones de laboratorio. *Rev. Biol. Trop.*, 55: 15-24.

Received: 23 February 2011; Accepted: 20 June 2012