

Evaluación preliminar del índice de condición de zoea, como herramienta de control en larvicultura del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862).

Wismer A. Alvarado Espinoza.

Ecopez Compañía Anónima. Dir. Operaciones Ecopezca.

Valencia, edo. Carabobo, Venezuela.

ecopezca@hotmail.com

Fecha de recepción: 05/09/2017

Fecha de aceptación: 06/04/2018

Pág: 7 – 35

Resumen

Se presenta un método para obtener post-larvas del camarón de río *Macrobrachium amazonicum*, basado en cambios morfológicos y de comportamiento ocurridos durante las fases del desarrollo larval en condiciones de laboratorio, mediante la caracterización de criterios usados como indicadores de desarrollo y de comportamiento, que permitieron la evaluación preliminar del Índice de Condición de Zoea (ICZ) como herramienta de control en la larvicultura de esta especie. En un primer ensayo se determinó el Patrón de Desarrollo Larval (PDL), y se estableció el cálculo del Valor Promedio de Desarrollo (VPD) y el Valor Ponderado Promedio de Comportamiento (VPPC), necesarios para deducir el (ICZ). En otro ensayo, con iguales condiciones, se aplicó el (ICZ) siguiendo la metodología apoyada en el (PDL). Se identificaron 9 fases de zoea. La metamorfosis a post-larvas inició el día 31 en ambos ensayos. La sobrevivencia obtenida fue de 5,62 % y 10,10 % en el primer y segundo ensayo respectivamente. Es factible obtener post-larvas de *Macrobrachium amazonicum* aplicando el método propuesto. Los criterios seleccionados para determinar (VPD) y (VPPC), pueden utilizarse como indicadores de desarrollo y comportamiento normales en zoeas de *Macrobrachium amazonicum*. Calcular el (ICZ) es práctico, fácil, y puede aplicarse para controlar la larvicultura de la especie.

Palabras Clave: Larvicultura; Zoea; Índice.

Introducción

Los camarones son crustáceos decápodos nadadores que habitan en agua dulce y en mayor diversidad en el medio marino (Welder, E., 1998.)^[32] Los camarones marinos y dulceacuícolas cultivados a escala comercial pertenecen en su mayoría a las familias Penaeidae y Palaemonidae,

respectivamente (Roberti, D., 2011.)[24] De la familia Palaemonidae, los camarones del género *Macrobrachium*, son los que han tenido la mayor importancia comercial y han sido cultivados con éxito en diversos países del mundo, incluyendo las regiones tropicales del Caribe[24]. Según Short, J. (2004)[26] se han identificado cerca de 210 especies del género *Macrobrachium* en el mundo, de las cuales 45 están registradas en América Central y del Sur; de ellas, 14 especies tienen alto interés comercial (Meruane, J., Morales, M., Galleguillos, C., Rivera, M. A. y Hosokawa, H., 2006.)[16]. Por su parte, en Graziani, C., De Donatoy, M. y Chung, K. (1993)[7] se menciona que se han registrado unas 16 especies para Venezuela distribuidas en el Delta del Orinoco, ríos, lagunas y prístamos de los llanos venezolanos donde se reproducen exitosamente. Dentro de las especies potencialmente utilizables en carcinicultura, destaca el camarón dulceacuícola *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). Su tamaño varía de acuerdo al sexo; los machos miden aproximadamente 120 mm y las hembras entre 50 y 100 mm de longitud total (Parra, J. M., García, Y., Ferrer, A. y Severeyn, H., 2008.)[21] Es un camarón originario de la cuenca del Amazonas, particularmente en el Orinoco y Bajo Paraná, pero ha sido trasladada a una zona más amplia ya que actualmente se distribuye en variados hábitats de ríos y estuarios de Guyana, Colombia, Venezuela, Paraguay y Brasil (Vergamini, F.G., Pileggi, L.G., Mantelatto, F.L., 2011.)[31]

Muchos son los esfuerzos realizados para lograr el cultivo de *Macrobrachium amazonicum*, cabe destacar el avance alcanzado por la Universidad Estadual Paulista (UNESP) en Brasil, donde ya cuentan con la tecnología para la producción acuícola de esta especie a escala piloto.

La etapa de larvicultura, es la más problemática del ciclo productivo (Roias, N.E.T., Lobão V.L y Barros, H.P., 1990.)[25] Los métodos utilizados en la actualidad para el estudio del desarrollo larval de especies como: *Macrobrachium carcinus*, *M. acanthurus*, *M. americanus*, y *M. amazonicum*, son adaptaciones realizadas al método utilizado para llevar a cabo la producción de post-larvas de *Macrobrachium rosenbergii*, el cual requiere de un estricto control de la temperatura, calidad del agua y manejo especializado. En Morales, M.C. y Meruane, J. (2012)[18] se expone que los criterios utilizados para evaluar la calidad de las larvas de camarón y langostinos de interés comercial pertenecen a cinco categorías: bioquímica, morfología, comportamiento, rendimiento productivo y supervivencia a prueba de estrés, además menciona que se han establecido índices para determinar la condición de la calidad larval, basados en criterios morfológicos y de comportamiento, y se han utilizado en *Macrobrachium rosenbergii*, *Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*, permitiendo evaluar cuantitativamente grupos de larvas en cultivo. En el caso de *M. rosenbergii*, se conoce como Índice de Condición Larval (ICL), basado en la observación directa de la coloración del cuerpo, apariencia de las setas, comportamiento natatorio, condiciones de los músculos abdominales, entre otras características. Este índice ha sido adaptado para *M. amazonicum* (Maciel, C.R., 2007)[26], por medio del análisis de la condición del intestino, condición del hepatopáncreas, estado de cromatóforos, coloración del cuerpo, estado de rostrum y cerdas, proporción de musculatura en relación al intestino, apariencia de la musculatura del abdomen, melanización y presencia de organismos infestantes. Cada ítem evaluado recibe un valor de 0 a 2; siendo: 0= pobre; 1= satisfactorio; 2= excelente. La fórmula matemática es $ICL = \sum P/n$, siendo: P = número total de puntos asignados a cada

larva analizada. n = número de larvas analizadas. El ICL puede variar de 0 a 2. Sin embargo, la aplicación de esta fórmula requiere de la captura de larvas, lo que causa estrés en las zoeas, además es necesario el empleo de equipos costosos como el microscopio o lupa estereoscópica, y un tiempo prolongado de evaluación; los cuales, hacen de este método poco práctico.

En nuestro país se destacan importantes trabajos relacionados con la biología reproductiva de *M amazonicum* (Graziani, C., De Donatoy, M y Chung, K., 1993[7]; Parra, J. M., García, Y., Ferrer, A. y Severeyn, H., 2008[21]; Graziani, C., Moreno, C., Villarroel, E., Orta, T., Lodeiros, C. y De Donato, M., 2003[8]) y taxonomía (Pereira, G., 1982[22]; López, B. y Pereira, G., 1996[11]; López, B. y Pereira, G. 1998[12]). Por otra parte se han realizado pruebas de cultivo en lagunas piscícolas de la Estación Experimental Delta Amacuro del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), las cuales han demostrado el potencial acuícola que presentan estos camarones, debido principalmente, a la capacidad de reproducción en agua dulce y a su factibilidad de cultivo en lagunas artificiales (Urbano, T., Silva, A., Medina, L., Moreno, C., Guevara, M., Graziani, C., 2010)[29]. Sin embargo, en Venezuela no existe una tecnología específica que permita la producción controlada de este camarón, a partir del manejo de todo el ciclo productivo; esto es, reproducción, larvicultura, precría y engorde.

En el presente trabajo se ensayó un método para la producción de post-larvas del camarón de río *Macrobrachium amazonicum*, basado en la observación directa de los cambios morfológicos y de comportamiento que ocurren en las diferentes fases del desarrollo larval de la especie, con el propósito de establecer indicadores que permitieron aplicar un modelo matemático para determinar el Índice de Condición de Zoea (ICZ), el cual puede ser utilizado como herramienta para optimizar los protocolos de manejo en esta importante etapa de cultivo.

Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos: el primero, desde el 26 de julio de 2014 hasta el 28 de agosto de 2014, donde se determinó el Patrón de Desarrollo Larval (PDL), tal y como se muestra más adelante en el Cuadro 1, estableciendo el día de inicio de cada fase de desarrollo, también se seleccionaron las estructuras del cuerpo específicas, basado en Guest, W.c. (1979)[9] y en Vega, L.A. (1984)[30] y se hicieron observaciones del comportamiento, para identificar los distintos tipos de desplazamientos, estos criterios se utilizaron como indicadores que permitieron determinar el Valor Promedio de Desarrollo (VPD) y el Valor Ponderado Promedio de Comportamiento (VPPC), necesarios para calcular el Índice de Condición de Zoea (ICZ). En el segundo ensayo, desde el 31 de agosto de 2014 hasta el 02 de octubre 2014, con las mismas condiciones del primero, se aplicó el protocolo de control propuesto, empleando el (ICZ) apoyado por el (PDL). Ambos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Ecopez C.A. ubicado en Valencia Estado Carabobo. A continuación se presentan los materiales y métodos empleados en la experiencia:

1. Apareamiento e incubación: Se colocaron machos y hembras de *Macrobrachium amazonicum*, de 6,5 cm y 6,0 cm de longitud total respectivamente (Fig 1) y (Fig. 2), en una pecera para apareamiento de 30 litros y con filtro biológico interno, en proporción

- 1:3; es decir, 1 macho por cada 3 hembras. Los reproductores se alimentaron 2 veces al día con alimento concentrado para Cachamas de 28 % de proteínas. Al observarse la presencia de una hembra con huevos se hizo el seguimiento diario, por observación directa, de los cambios que ocurren en la coloración de los huevos durante el desarrollo embrionario a 28,5 C. (Este paso se aplicó en los dos ensayos).
2. Eclosión: Transcurridos 10 días de incubación, cuando el 80 % de la masa ovígera lució traslúcida y mostró manchas oculares en los embriones (Fig. 2), la hembra fue transferida al acuario de eclosión y desarrollo larval de 20 l de capacidad, previamente cubierto en las paredes laterales y posterior con polimanto negro, equipado con filtro biológico interno de fondo con lecho de arena fina de río, aireación continua activada a partir del sexto día de cultivo, sistema integrado para cambio de agua, calentador eléctrico de 50 vatios graduado a 28,5C, lámpara LED con regulador de intensidad lumínica y termómetro interno para acuarios (Fig. 3). A los 13 días de incubación en el primer ensayo, y 15 días para el segundo, se inició el proceso de eclosión con una duración de 2 horas en ambas pruebas, comenzando a las 7:15 pm en el primer ensayo y 10:00 pm en el segundo. Cuando el 95 % de la masa ovígera había desaparecido de la cámara incubadora, se procedió a retirar las hembras, y fueron transferidas al acuario de reproductores respectivo. Mediante el método volumétrico, se calculó un total de 534 zoeas, para una densidad de 26,7 zoeas/l en el primer ensayo y 525 zoeas con 26,3 zoeas/l en el segundo ensayo.

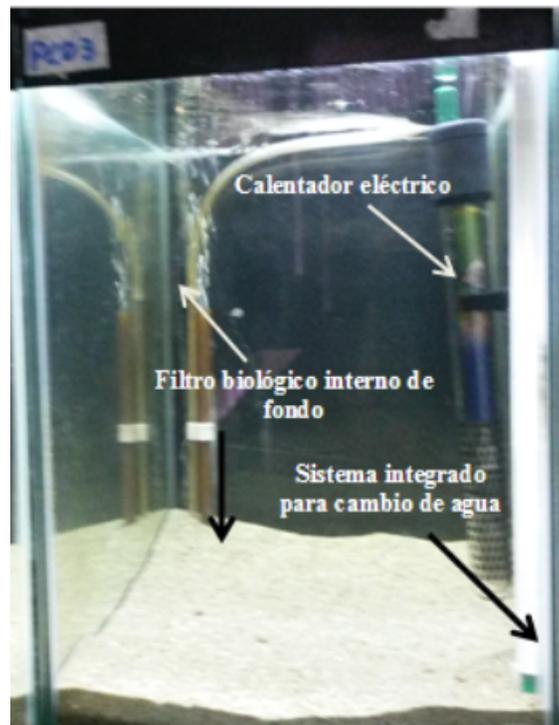
Figura 1: Reproductor macho de *Macrobrachium amazonicum*



Figura 2: Hembra de *Macrobrachium amazonicum* con masa ovígera en avanzado desarrollo embrionario. Pueden notarse las manchas oculares de los embriones.



Figura 3: Acuario para aclosión y desarrollo larval



3. Control de cultivo: Para el control de calidad del agua, se hicieron lecturas de pH y Temperatura dos veces al día. La primera lectura a las 7:00 am y la segunda a las 7:00 pm

en los dos ensayos respectivamente. Diariamente se tomaron muestras de 26 larvas para hacer observaciones de aspectos morfológicos de las principales estructuras corporales; tales como: a) escafocerito; b) antenas y anténulas; c) ojos; d) rostrum; e) exopoditos de apéndices torácicos; f) apéndices torácicos; g) pleópodos; h) telson; i) urópodos; j) condición general de las larvas, y posteriormente fueron regresadas al acuario. Este control sólo se aplicó en primer ensayo. También se realizaron observaciones de comportamiento y se hizo una descripción de: a) Distribución de las zoeas en la columna de agua durante el transcurso del día; b) Natación y tipo de desplazamiento; c) Respuesta fototáctica; d) Actividad de alimentación.

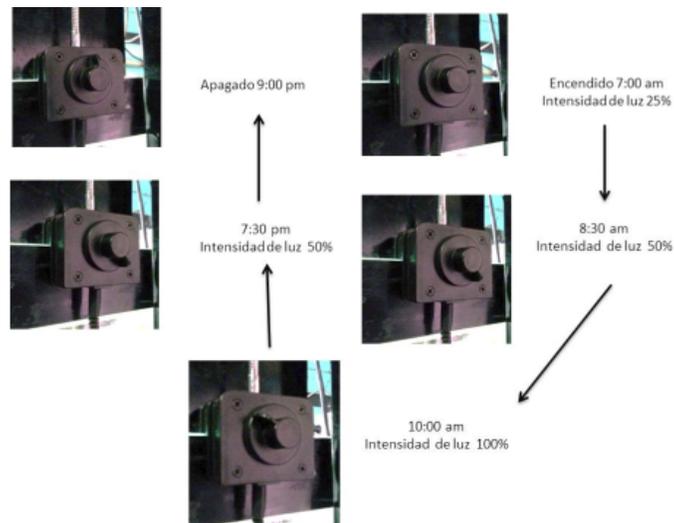
El modelo matemático para calcular el (ICZ) está basado en las observaciones realizadas de cambios en las estructuras del cuerpo y de comportamiento, ocurridos durante el desarrollo larval, estandarizando características deseables en las larvas como indicadores para determinar el Índice de Condición de Zoea (ICZ), el cual fue utilizado como herramienta para optimizar el protocolo de manejo y mejorar la sobrevivencia en el segundo ensayo; debido a que, con su aplicación se evitó el contacto directo con las larvas y se estimó fácil y oportunamente el estado de desarrollo y su comportamiento en cada fase, lo que permitió hacer ajustes al protocolo de alimentación cuando el valor del (ICZ) fue menor o igual a uno (≤ 1).

En la caracterización y posterior análisis de los indicadores, se establecieron tres valores 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, (Morales, M., Rivera, M., Meruane, J., Galleguillos, C. y Hosokawa, H., 2006)[19]. En ese sentido, de acuerdo a la ausencia o desarrollo de las estructuras corporales observadas en cada fase, fue asignado un Valor para el Desarrollo (VD) de 0 a 2; siendo: 0 = ausente; 1 = en desarrollo; 2 = desarrollado. Al conjunto de (VD), en cada fase de desarrollo se les calcula el promedio, dando como resultado el Valor Promedio de Desarrollo (VPD), el cual indica el grado de desarrollo de las larvas en cada fase.

En cuanto al comportamiento, se evaluaron los tipos de desplazamientos y la actividad de alimentación de las zoeas en cada fase de desarrollo, asignando un valor para el Comportamiento (VC) de 0 a 2; siendo: 0= ausente; 1= poco frecuente y 2= frecuente.

La observación de los aspectos morfológicos se realizó con un microscopio monocular con 10 X y se empleó una cámara fotográfica digital para hacer el registro de las características de las estructuras identificadas en el primer ensayo; mientras que en el segundo ensayo se utilizó una lupa manual. En los dos ensayos el comportamiento de los ejemplares fue evaluado en el mismo acuario, considerando la población completa de larvas. Todas las observaciones se realizaron diariamente y en el mismo horario sin haber interrumpido la aireación complementaria, que siempre presentó un flujo lento y constante sin causar efectos de resistencia o desplazamiento en las larvas por el movimiento del agua. Como estímulo luminoso se utilizó la luz natural y la artificial en el acuario, pues se quiso hacer la evaluación en condiciones de luminosidad normales de un cultivo. Diariamente se ajustó la intensidad de luz según la hora del día, siguiendo el patrón previsto (Fig.4).

Figura 4: Patrón para la regulación de la intensidad de luz de la lámpara LED



Además del alimento natural presente en el acuario, se tomó 15 cc de materia líquida del fondo de un tanque previamente preparado con agua y material vegetal, se pasó por un filtro y se suministró el material líquido (MTqL) dos veces al día (7:30 am y 3:25 pm), durante los primeros 6 días de cultivo, desechándose todo el sólido retenido por el filtro. A partir del segundo día, después de la eclosión, se agregó yema de huevo (YH) y (MTqL), en el mismo horario hasta el quinto día. Posteriormente, se suministró tres veces al día (9:15 am; 1:00 pm y 3:00 pm) alimento preparado en forma de flan (AP), todo desde el sexto día hasta el décimo día de cultivo “ad libitum”, luego del décimo día se continuó alimentando tres veces diaria y en el mismo horario con alimento preparado en forma de flan (AP) y alimento balanceado para peces 28 % de proteínas (AB) finamente molido, hasta su transformación en post-larva. (Se aplicó en los dos ensayos).

En el segundo ensayo no fue necesaria la toma de muestras para la determinación del estadio larval, ya que se utilizó el Patrón de Desarrollo Larval (PDL) como guía para determinar la fase correspondiente. Diariamente se calculó el Valor Ponderado Promedio de Comportamiento (VPPC) de la siguiente manera: se asignaron valores de comportamiento (VC) a cada criterio (desplazamientos y actividad de alimentación), registrando los (VC) en una tabla (Fig 4). Cada (VC), fue ponderado dándole un porcentaje no mayor de la unidad (1) según la frecuencia observada (ausente, poco frecuente o frecuente), los porcentajes se multiplicaron por el respectivo (VC), el conjunto de estos valores obtenidos se sumaron y el resultado se dividió entre la unidad (1), estos valores ponderados de comportamiento (VPC) diarios se promediaron para cada fase, dando lugar al Valor Ponderado Promedio (VPPC), el cual se multiplicó por el (VPD) correspondiente a cada fase y se dividió entre la constante 2 (VMA) para calcular el (ICZ) de la fase evaluada.

Resultados

En la Tabla 1, se presenta el Patrón del Desarrollo Larval (PDL), donde se identifican los días de inicio de cada fase de zoea.

Fecha de eclosión	Días de inicio de cada fase de desarrollo									
26/07/2014	Día 1	Día 2	Día 5	Día 10	Día 13	Día 20	Día 23	Día 26	Día 29	Día 31
Fase de desarrollo	Z I	Z II	Z III	Z IV	Z V	Z VI	Z VII	Z VIII	Z IX	Post-larvas

Tabla 1: Patrón de desarrollo larval (PDL) para *Macrobrachium amazonicum*, indicando los días de inicio de cada nueva fase de Zoea

En la Tabla 2 se presentan una definición y descripción básica de los aspectos relacionados con el comportamiento observado, y el concepto del (ICZ).

<p>Natación: Forma independiente de moverse que tienen las zoeas en la columna de agua durante su desarrollo larval. Puede ser lenta en posición vertical normal, o rápida en posición horizontal normal.</p>	<p>Natación en posición vertical normal: Las zoeas con Telson hacia arriba y cefalotórax hacia abajo en posición vertical, se mueven lentamente o se mantienen suspendida con flotabilidad neutra en la columna de agua, es de mayor frecuencia (Fig 5)</p>	<p>Natación en posición horizontal normal: Las zoeas en posición horizontal con apéndices torácicos hacia arriba, se mueven con el telson adelante y cefalotórax atrás (Fig 6).</p>	<p>Natación en posición horizontal invertida: Las zoeas en posición horizontal con apéndices torácicos hacia abajo, se mueven con el telson adelante y cefalotórax atrás o cefalotórax adelante y abdomen atrás (Fig. 7).</p>	<p>Actividad de alimentación: Comportamiento de las zoeas durante su alimentación, el cual consiste en atrapar alimento en el fondo, paredes del acuario, superficie y columna de agua. Con natación y desplazamientos constantes.</p>	
<p>Desplazamiento: Dirección y sentido de las zoeas durante la natación. Puede ser vertical, horizontal o diagonal, en posición vertical normal, en posición horizontal normal, posición invertida, o en posición inclinada.</p>	<p>Desplazamiento vertical en posición vertical normal: Las zoeas se desplazan en sentido vertical, desde el fondo hasta la superficie y viceversa, conservando la posición vertical normal.</p>	<p>Desplazamiento horizontal en posición vertical normal: Las zoeas se desplazan en sentido horizontal, conservando la posición vertical normal, frecuentemente lento.</p>	<p>Desplazamiento horizontal en posición horizontal normal: Las zoeas se desplazan en sentido horizontal con natación en posición horizontal normal, frecuentemente rápido.</p>	<p>Desplazamiento diagonal en posición inclinada: Las zoeas se desplazan en sentido diagonal en posición normal vertical ligeramente inclinada (Fig. 8).</p>	<p>Desplazamiento en posición invertida: Las zoeas pueden desplazarse en sentido vertical, horizontal o diagonal con los apéndices torácicos hacia abajo, posición de adultos.</p>
<p>El Índice de Condición de Zoea (ICZ): Es un indicador cuantitativo del grado de comportamiento activo de <i>Macrobrachium amazonicum</i>, durante el desarrollo larval bajo ambiente de cultivo. Se utiliza para evaluar la condición de desarrollo normal de las zoeas y su comportamiento en cada fase, como un indicador que refleja el bienestar de la especie y su interacción con los factores abióticos y bióticos que la rodea. Viene expresado por la fórmula:</p> $(ICZ) = \sum (VPD) * (VPPC) / 2$ <p>siendo:</p> <p>VPD= Valor Promedio para el desarrollo larval en cada fase. VPPC= Valor Ponderado Promedio para el comportamiento en cada fase. 2 = Constante Valor Máximo Asígnado (VMA) en la caracterización. El (ICZ) varía entre los valores de 0 a 2. Así: (< 1) = poco activas; (> 1; < 2) = medianamente activas; (=2) = muy activas.</p>					

Tabla 2: Definición y descripción de los aspectos relacionados con el comportamiento observado y el concepto del (ICZ)

Desde la Tabla 3 hasta la Tabla 12 se describen las estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y los valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, seguidos por la descripción del comportamiento observado en cada fase larval.

Fase	Escafoerito	Antenas y anténulas	Ojos	Rosorum	Exopoditos apéndices torácicos	Apéndices torácicos	Pleópodos	Telson	Urópodos
Z I Día 1	Formado con cerdas	antenas y anténulas de menor tamaño que escafoerito	Sésiles	Presente	Presentes	Presentes 3 últimos pares pereiópodos igual tamaño	Ausentes	Forma triangular con cerdas	Ausentes
VD	2	1	1	2	2	1	0	1	0

Tabla 3: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z I, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea II Día 2	Formado con cerdas	antenas < escafoerito anténulas = escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	Presentes 3 últimos pares pereiópodos igual tamaño	Ausentes	Forma triangular con cerdas	Ausentes
VD	2	1	2	2	2	1	0	1	0

Tabla 4: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z II, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea III Día 5	Formado con cerdas	antenas < escafoerito anténulas = escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	Pereiópodos más elongados 3 últimos pares de igual tamaño	Ausentes	Forma triangular con cerdas	Exopodito formado con cerdas, endopoditos en formación
VD	2	1	2	2	2	1	0	1	0

Tabla 5: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z III, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea IV Día 10	Formado con cerdas	antenas < escafoerito anténulas = escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	5to par de pereiópodos más largos que el resto. Con exopoditos	Ausentes	Forma de corazón con cerdas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	1	0	1	2

Tabla 6: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z IV, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea V Día 13	Formado con cerdas	antenas < escafoerito anténulas > escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	5to par de pereiópodos más largos que el resto. Con exopoditos	Ausentes	Forma de corazón con cerdas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	1	1	1	2

Tabla 7: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z V, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea VI Día 20	Formado con cerdas	antenas > escafoerito anténulas > escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	5to par de pereiópodos más largos que las del 2do par de pereiopodos formadas	endopodito rudimentario en los pleópodos	Forma rectangular con espinas en el margen terminal	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	2	1	1	2

Tabla 8: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z VI, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea VII Día 23	Formado con cerdas	antenas > escafoerito anténulas > escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes	5to par de pereiópodos más largos que sobrepasan cefalotorax quelas del 2do par de pereio podos más grandes	exopodito y endopodito con cerdas	Forma rectangular de espinas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	2	2	1	2

Tabla 9: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z VII, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea VIII Día 26	Formado con cerdas	antenas > escafoerito anténulas > escafoerito	Pedunculados	Presente	Presentes exopoditos de < tamaño	Quelas del 2do par de pereio podos más grandes	Presencia de exopodito y endopodito en cada pleópodos	Forma rectangular con 8 espinas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	2	2	2	2

Tabla 10: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z VIII, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoerito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
Zoea IX Día 29	Formado con cerdas	antenas y anténulas > escafoerito	Pedunculados	Presente	Desaparecen los exopoditos	Quelas de pereio podos formadas	Pleópodos biramificados de > tamaño	Forma angular con 8 espinas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	1	2	2	2	2	2	2	2

Tabla 11: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase larval Z IX, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

Fase	escafoцерito	antenas y anténulas	ojos	rosorum	exopoditos apéndices torácicos	apéndices torácicos	pleópodos	telson	urópodos
post-larvas Día 31	Formado con cerdas	antenas y anténulas > escafoцерito	Pedunculados y pigmentados	Presente	Desaparecen los exopoditos	Quelas de pereopodos formadas, desaparecen exopoditos	Pleópodos biramificados	Forma angular con 8 espinas	Exopodito y endopodito formados con cerdas
VD	2	2	2	2	0	2	2	2	2

Tabla 12: Estructuras observadas tomadas como indicadores asociados al estadio de desarrollo, y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase post-larvas, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

En la Tabla 13, se describen las posiciones, los desplazamientos, y la actividad de alimentación como indicadores asociados a la condición de actividad, así como también los valores de comportamiento (VC), asignados en cada fase larval de *M amazonicum* en condiciones de laboratorio.

Fase de desarrollo	Comportamiento								
	Posición vertical normal	Posición horizontal normal	Posición horizontal invertida	Desplazamiento en posición horizontal invertida	Desplazamiento vertical en posición vertical normal	Desplazamiento horizontal en posición vertical normal	Desplazamiento horizontal en posición horizontal normal	Desplazamiento diagonal en posición inclinada	Actividad de alimentación
Z I	2	1	0	0	2	2	1	0	0
Z II	2	1	0	0	2	2	1	1	1
Z III	2	2	1	0	2	2	2	1	2
Z IV	2	2	1	1	2	2	2	1	2
Z V	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Z VI	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Z VII	2	1	2	1	2	2	2	1	2
Z VIII	2	1	2	1	1	2	2	1	2
Z IX	1	0	2	2	2	1	2	1	2
Post-larvas	0	0	2	2	0	0	0	2	2

Tabla 13: Posiciones, desplazamientos, actividad de alimentación como indicadores de condición de actividad y valores de desarrollo (VD) asignados a *Macrobrachium amazonicum*, en fase post-larvas, mantenidos en condiciones de laboratorio, para (VD) igual: 0 = ausente; 1= en desarrollo; 2= Desarrollado

El desarrollo larval presentó un patrón análogo al descrito en Guest[9] y Vega[30] (Cuadro 14). A diario los datos obtenidos fueron introducidos en una hoja de cálculo Excel preparada con las fórmulas para determinar el (ICZ).

Estadio	Morfología Externa Particular de cada Estadio
Zoea I	Presencia de ojos sésiles
Zoea II	Presencia de ojos pedunculados, telson triangular y ausencia de urópodos
Zoea III	Telson triangular con exopodito en los urópodos
Zoea IV	Presencia de telson casi rectangular y más elongado y con exopodito y endopodito en los urópodos
Zoea V	Presencia de telson cuadrangular con exopodito y endopodito en los urópodos y aparecen los pleópodos rudimentarios (Botones)
Zoea VI	Presencia de endopodito rudimentario en el pleópodo
Zoea VII	Presencia de endopodito y exopodito en cada uno de los pleópodos
Zoea VIII	Presencia de cerdas en el endopodito y el exopodito de los pleópodos
Zoea IX	Presencia de 10-11 artículos en el endopodito de las antenas

Tabla 14: Características morfológicas externas particulares en cada estadio larval de *Macrobrachium amazonicum*, según Guest(1979) y Vega(1984).

Comportamiento de Z I: 7:15pm, Las zoeas recién eclosionadas presentaron la región torácica de color blanco, es señal de presencia de reservas alimenticias (vitelo). Abdomen translucido. Natación en posición vertical normal y lenta, algunas con desplazamiento horizontal en posición vertical. Mayor concentración de zoeas en el fondo, distribuidas en la columna 15 cm desde el fondo. Tocaban el lecho arenoso con los escafoceritos y vuelven a la columna cercana al fondo con desplazamiento vertical en posición vertical normal. No se ven en la superficie. Fototactismo positivo. Intensidad de luz 25 %. 3:00 am, después de la eclosión, continúa el mismo comportamiento. 7:30 am: Natación en posición vertical normal y lenta. Mayor concentración de zoeas en el fondo. Intensidad de luz 50 %; ahora distribuidas desde la columna hasta el fondo. Tocaban el suelo con los escafoceritos y vuelven a la columna con desplazamiento vertical en posición vertical normal, se agregó alimentación con Material del Tanque Filtrado (MTqF) 15 cc. No hubo reacción. 10:15 am, intensidad de luz 100 %. Algunas zoeas se ven en la superficie y tocan la lámina del agua con el telson, adoptando posición inclinada diagonal. Desplazamiento horizontal en posición horizontal normal en la superficie, telson adelante y cefalotórax detrás. Fototactismo positivo. Sin movimientos bruscos. Se ve desplazamiento horizontal en posición vertical en la columna de agua. 3:25 pm, se alimentó con 15 cc de (MTqF). Sin actividad de alimentación. 5:28 pm, menor concentración de zoeas en el fondo y mayor concentración de zoeas en la columna de agua cerca de la superficie y en la superficie. 6:15 pm, se reduce la intensidad de luz a 50 %. 8:00 pm, se reduce la intensidad de luz a 25 %. 9:15 pm, mayor concentración de zoeas en el fondo. Comienzan a verse movimientos bruscos Se apagó la lámpara. Esta fase tuvo una duración de 24 horas.

Comportamiento de Z II: 7:00 am, Intensidad de luz 25 %. Las zoeas en su mayoría

concentradas en el fondo y algunas dispersas con desplazamiento diagonal en posición inclinada en la columna de agua. Otras con desplazamiento horizontal en posición horizontal en la columna de agua. Algunas zoeas con movimientos bruscos. zoeas tocan el fondo con el escafoerito. Natación en posición normal vertical y lenta. 7:30 am. Intensidad de luz 50 %. Natación en posición normal vertical y lento. Algunas con desplazamiento diagonal en posición inclinada. Mayor concentración de zoeas en el fondo, distribuidas desde la columna cercana al fondo hasta el fondo. Tocaban el fondo con los escafoeritos y vuelven a la columna con desplazamiento vertical en posición vertical normal. Algunas zoeas se ven en la superficie y tocan la lámina del agua con el telson, adoptando posición inclinada (diagonal). Fototactismo positivo. Sin movimientos bruscos. Se ve desplazamiento horizontal en posición horizontal normal en la columna de agua. Se agregó alimento (MTqF) 15 cc + (YH). Actividad de alimentación. 10:00 am, intensidad de luz a 100 %. 2:00 pm, Zoeas distribuidas por toda la columna de agua, con luz 100 % de intensidad. 3:25 pm, se agregó (MTqF) 15 cc+ (YH), se observa que las zoeas atrapan alimento en la columna, otras del fondo y lo cargan hasta la columna de agua cercana al fondo. Mayor actividad de zoeas en el fondo. 6:15 pm. Zoeas distribuidas en toda la columna de agua, activas cerca de la superficie y pocas en el fondo. Intensidad de luz 50 %. 7:45 pm mayor concentración de las zoeas en el fondo y en la columna cercana al fondo, no se ven en la superficie. 8:15 pm, intensidad de luz 25 %. 8:45 pm zoeas dispersas por toda la columna de agua. Natación en posición normal vertical y lenta, siendo más concentradas las zoeas en el fondo que en la superficie. 9:15 pm, se apagó la luz. Esta Fase tuvo una duración de 3 días.

Comportamiento de Z III: 7:15 am, intensidad de luz en un 25 %. 7:30 am: intensidad de luz en 50 %. 9:15 am, se alimentó con (MTqF) + (YH). Natación en posición normal vertical y lenta, algunas con desplazamiento diagonal en posición inclinada y desplazamiento horizontal en posición horizontal normal en la columna de agua. Algunas adoptan posición de adultos por instantes en el fondo tocando el suelo con los apéndices torácicos. Actividad de alimentación. 10:10 am, se incrementó la intensidad de luz a 100 %. 1:00 pm: se alimentó con (MTqF) + (AP). Mayor concentración de zoeas en el fondo, reacción positiva al alimento. 3:00 pm, se alimentó con (MTqf) + (AP), reacción al alimento, atrapan el alimento cuando va cayendo en la columna de agua, otras toman el alimento del fondo y luego se dirigen hacia la columna de agua tomando el alimento con los pereiópodos unas con pequeños pedazos y en otros casos pedazos más grandes que el cefalotórax. Desplazamiento vertical en posición vertical normal lento en la columna de agua y cerca del fondo. 6:00 pm: en la columna se ven algunas con desplazamiento diagonal en posición inclinada y desplazamiento horizontal en posición horizontal normal rápidos. Intensidad de luz 50 %. 8:15 pm, se redujo la intensidad de luz a 25 %. 9:15 pm, zoeas dispersas en los primeros 15 cm desde el suelo hacia la columna de agua con mayor concentración de zoeas en el fondo. Se apagó la luz. La duración de esta fase fue de 5 días.

Comportamiento de Z IV: 6:25 am, mayor concentración de zoeas en el fondo; distribuida por toda la columna de agua en los primeros 15 cm desde el suelo hasta 1/2 agua. Natación

en posición normal vertical y lenta. Hacen contacto con el suelo con escafoceritos y apéndices torácicos. 6:50 am, intensidad de luz a 25 %. 7:30 am, se ajustó la intensidad de luz a 50 %. 9:15 am, se alimentó con (AP), reacción positiva al alimento. 10:00 am, se ajustó la intensidad de luz a 100 %. Zoeas más concentradas cerca del fondo, algunas en la columna de agua. 1:00 pm, se alimentó con (AP). Zoeas distribuidas cerca del fondo. Actividad de alimentación. 3:00 pm, se alimentó con (AP), reacción positiva al alimento. 4:25 pm, zoeas concentradas en la superficie. Se redujo la intensidad de luz a 50 %. Continúan en la superficie, pocas cerca del fondo. Natación en posición normal vertical y lenta, con desplazamientos horizontales, diagonales, verticales normales y rápidos. 4:35 pm, algunas zoeas se concentran cerca del fondo en actividad de alimentación. Con lupa se observan zoeas con cefalotorax blanco, abdomen traslucido, escafoceritos y apéndices torácicos visibles, telson y urópodos formando un abanico, ojos pedunculados separados grandes, le dan aspecto achatado dorso-ventralmente en la región anterior de las zoeas. 5:25 pm, zoeas distribuidas por toda la columna de agua, pero concentradas cerca de la superficie y en el fondo. 6:25 pm, zoeas con mayor concentración en el fondo y dispersas en la columna de agua, pocas en la superficie. Desplazamiento horizontal en posición horizontal normal muy frecuente. Otras presentan posición de adultos en la columna de agua. Algunas presentan nado horizontal en posición horizontal con apéndices hacia abajo. Esta fase tuvo una duración de 3 días. Se aclara que de esos 3 días de fase IV, sólo se alimentó el primer día (día 10); mientras que, los días 11 y 12 no se añadió alimento debido a que en la pecera se observó grandes cantidades de gusanos y microcrustáceos que sirvieron de alimento natural.

Comportamiento de Z V: 3:30 am: en la columna cerca del fondo se ven zoeas que, estando suspendidas, doblan el abdomen por unos instantes y luego con movimiento repentino se estiran y vuelven a su estado normal sin alejarse del sitio donde se encuentran. 3:45 am, las zoeas suben hacia la columna de agua cercana al fondo, luego bajan al fondo donde permanecen algunos instantes y luego vuelven a la columna, repitiéndose este comportamiento varias veces, con desplazamiento vertical en posición vertical normal lento. 7:30 am, se ajustó la intensidad de luz a 50 %. 8:00 am, se observa zoea con muda colgando. 9:15 am, se alimentó con (AB)+(AP). Zoeas concentradas en el fondo en actividad de alimentación. Toman el alimento del suelo y lo llevan a la columna para ingerirlo, otras lo toman e ingieren en el suelo. Natación normal, con desplazamientos horizontales, diagonales y verticales normales en la columna y cerca del fondo. 10:00 am, intensidad de luz 100 %. 10:29 am, se pueden ver movimientos bruscos. 1:00 pm, se alimentó con (AP)+(AB), algunas se están alimentando en la superficie, zoeas más concentradas en la columna y pocas en el fondo. 2:00 pm, las zoeas se acercan al vidrio frontal del acuario y comienzan a atrapar los pequeños gusanos que allí se encuentran adheridos. Muestran un nado en posición adulto cuando atrapan los gusanos. 3:00 pm, se alimentó con (AP)+(AB), continua la actividad de alimentación, atrapan trozos de alimento en el fondo y lo llevan a la columna de agua, también se ven algunos movimientos bruscos. Algunas zoeas se dejan caer al fondo pegando su dorso al suelo permaneciendo acostadas por espacios cortos, después de un corto período con movimientos bruscos suben a la

1/2 de la columna de agua y adoptan la posición vertical normal. 3:53 pm, poca actividad en el fondo, zoeas más concentradas en la columna de agua. 4:26 pm, distribuidas en la columna de agua y cerca de la superficie, pocas en el fondo. Están en actividad de alimentación. Otras zoeas tocan la lámina de la superficie del agua con los urópodos y luego se dirigen a la columna de agua. Natación en posición normal vertical y lenta, en su mayoría toman una posición diagonal con apéndices hacia abajo en la columna de agua. Se ven heces colgando en las zoeas. 6:00 pm, se redujo la intensidad de luz 50%. Se ven heces colgando en las zoeas. Vuelven las zoeas al fondo por algunos momentos, toman alimento y luego suben a la columna de agua. Zoeas con mayor distribución en los primeros 15 cm desde el fondo. Se ven heces colgando de zoeas. Zoeas con tonalidad amarillenta y de mayor tamaño. Algunas zoeas se dejan caer hasta llegar al suelo y después de un breve instante vuelven a la columna de agua con una fuerte contracción del abdomen. Zoeas distribuidas en la columna de agua cerca a la superficie. 6:15 pm, zoeas ampliamente distribuidas en toda la columna de agua. Algunas en posición de adultos en la columna y en el fondo. 6:45 pm, pocas zoeas en el fondo. Mayor concentración de zoeas en la columna y superficie. Se ven heces colgando en las zoeas. 9:00 pm, quinto par de pereiópodos visiblemente más largo, cefalotorax blanco, abdomen traslucido con intestino lleno. Pereiópodos visibles, escafoeritos visibles más largos, y ojos pedunculados grandes. Telson con urópodos formando abanico grande. Línea tenue donde se ubicarán los pleópodos. 9:15 pm, se apagó la luz. Esta fase tuvo una duración de 7 días.

Comportamiento de Z VI: 7:30 am, se ajustó la intensidad de luz a 50%. Mayor concentración de zoeas en el fondo en actividad de alimentación. No se ven zoeas en la superficie. Se mantienen en la columna cerca del fondo y en el fondo. 8:39 am. Zoea atrapa larva de zancudo y nada con ella en la columna de agua. 9:00 am, se alimentó con (AB)+(AP). 10:00 am, se ajustó la intensidad de luz a 100%. Se ven zoeas atrapar el alimento que ha caído en el suelo del acuario y luego se dirigen con natación en posición normal vertical y lenta hacia la columna de agua donde se dispersan cargando el pedazo de alimento. Se observa intestino lleno, heces colgando. Pocas zoeas en la superficie, mientras que en el fondo en mayor número. 11:51 am, zoeas que llegan al fondo se posan con apéndices hacia arriba y después de un tiempo prolongado en esa posición, con movimientos bruscos, se dirigen hacia la columna de agua donde se encuentra mayor concentración de zoeas suspendidas con natación en posición normal vertical y lenta. 1:00 pm, se alimentó con (AB)+(AP). Mayor concentración de zoeas en el fondo en actividad de alimentación. Es más visible la línea de pleópodos rudimentarios. Algunas zoeas permanecen suspendidas cerca de la superficie. 2:20 pm, se observan a las zoeas con desplazamientos rápidos en la columna de agua. Dispersas, algunas llegan a la superficie, otras al fondo que caen con los apéndices hacia arriba, y después de un tiempo prolongado se dirigen hacia la columna de agua. Este comportamiento se ha hecho más frecuente y se observa en un mayor número de zoeas. El número de gusanos en las paredes del acuario ha aumentado, aunque son ingeridos por las zoeas, otra zoea ha atrapado otra larva de zancudo. Las zoeas han pasado de una natación lenta, que mostraban hasta hoy, a una natación rápida y dinámica. Se alimentan con mayor voracidad, atrapan gusanos en la columna y en las paredes.

3:00 pm, no se alimentó. Zoeas distribuidas en toda la columna de agua, pocas en la superficie y en el fondo. Mayor dispersión en la columna de agua. Natación en posición normal vertical y lenta. 6:00 pm, se redujo la intensidad de luz en 50 %, cesó la natación rápida, ahora vuelve a ser en posición vertical normal y lenta. 9:00 pm, se ven zoeas en el fondo y en la columna de agua en actividad de alimentación. Es poco frecuente el desplazamiento horizontal en posición horizontal normal en la columna y en el fondo. Se apagó la luz. Esta fase tuvo una duración de 3 días.

Comportamiento de Z VII: 4:43 am, se observa zoea con muda colgando. Mayor concentración de zoeas en el fondo. Algunas zoeas caen al suelo con los apéndices para arriba y después de un tiempo prolongado estáticas comienzan a dar contracciones fuertes del abdomen y suben a la columna cercana al fondo, para continuar con ese comportamiento hasta que recobran los movimientos normales. 7:30 am, se incrementó la luz a un 50 %. 9:00 am, se alimentó con (AB). Presentan actividad de alimentación. 1:15 pm, se alimentó con (AP). Presentan actividad de alimentación. 3:09 pm, se alimentó con (AP). Presentan actividad de alimentación. 6:25 pm, se redujo la intensidad de luz a un 50 %. Zoeas en la columna de agua con natación en posición normal vertical y lenta. La ubicación de las zoeas en la columna de agua de acuerdo a la hora del día fue igual que la anterior fase. 9:00 pm, se apagó la luz. Esta fase tuvo una duración de 3 días.

Comportamiento de Z VIII: 6:00 am, zoeas distribuidas en la columna cerca del fondo en los primeros 15 cm de la columna de agua desde el suelo hasta 1/2 agua. Natación en posición vertical normal y lenta. En el fondo natación en posición vertical normal y horizontal normal. No hay zoeas en la superficie. 7:39 am, se aumentó la intensidad de luz en un 50 %. 7:45 am, mayor actividad alimenticia en el fondo y en la columna cerca del fondo. 9:00 am, se alimentó con (AP). 12:05 pm, se observan 3 zoeas posadas en el fondo haciendo contacto con los pereiópodos y manteniendo el abdomen hacia arriba inmóviles por un largo período, 20 minutos. 12:40 pm, se observan a más zoeas con el comportamiento antes descrito. Después se activan y van a la columna con su nado normal y lento. 1:06 pm, otras zoeas caen al suelo con los apéndices hacia arriba y se quedan inmóviles por espacio de tiempo prolongado y después de varias contracciones vuelven a la columna. 1:22 pm, las zoeas se alejan del fondo ubicándose en la 1/2 columna. Se alimentó con (AB). Las zoeas capturan e ingieren el alimento en la columna de agua, primeros 15 cm desde el fondo hacia la superficie. 1:47 pm, zoeas en la columna de agua, natación en posición normal vertical y lenta. Se observa con mayor frecuencia el nado horizontal con apéndices para abajo en posición de adultos. 3:15 pm, se alimentó con (AP). Toman el alimento del fondo y suben a la columna; zoeas mayor distribución en la columna primeros 15 cm del fondo hacia arriba. Mayor concentración de zoeas en la columna. 4:50 pm, zoeas con movimientos rápidos en el fondo. 6:00 pm, zoeas en el fondo con nado más rápido y frecuentemente horizontal. Zoeas distribuidas y dispersas en la columna de agua. Se ven en la superficie. Se redujo la intensidad de luz a 50 %. Las zoeas nadan más activamente y más independientemente de la corriente de agua en el acuario. Natación en posición normal

vertical y lenta frecuente. 9:00 pm, se apagó la luz. Esta fase tuvo una duración de 3 días.

Comportamiento de Z IX: 7:00 am, se ajustó la intensidad de luz de en un 50 %. Zoeas con desplazamiento horizontal en posición horizontal normal con mayor frecuencia, distribuidas en el fondo y en la columna cercana al fondo. 7:41 am, zoeas ahora en el fondo con natación en posición normal vertical y lenta en actividad de alimentación. Se ve mayor población de cladóceros. Siguen los gusanitos en las paredes del acuario. Algunas zoeas en la columna de agua ingiriendo gusanos que están pegados a la pared del acuario. Luz ajustada a 60 %. 8:04 am, se observan heces colgando de las zoeas. Se observa zoea atrapando larvas de zancudo. 9:00 am, no se alimentó. 10:00 am, se incrementó la intensidad de la luz a 100 %. 3:00 pm, se alimentó con (AP). Zoeas con natación en posición horizontal normal más independiente y muy frecuente en la columna de agua. Zoeas muy activas para la alimentación. 6:17 pm, se redujo la intensidad de luz en un 50 %. Se observan zoeas cerca del fondo con desplazamiento horizontal en posición horizontal en la columna. Se observan algunas zoeas con movimientos bruscos y caen posándose en el fondo. 7:45 pm, no es posible ver más zoeas, están desaparecidas. 9:00 pm, se apagó la luz. Esta fase tuvo una duración de 2 días.

Comportamiento de post-larvas: 6:30 am, se observa una larva con nado constante en posición de adulto, nada libremente en la columna, superficie y cerca del fondo del acuario con el cefalotorax adelante y el abdomen atrás, lo que indica que ha sufrido la metamorfosis a post-larva. También se observan 2 post-larvas pegadas al vidrio de la pared del fondo. Hay algunas zoeas en última fase de desarrollo larval. Se ajustó la intensidad de luz a un 30 %. 7:25 am, se ajustó la luz a un 60 %, la mayoría de los gusanos han desaparecido de las paredes del acuario. Han sido consumidos en su mayoría. 9:00 am, se alimentó con AP.+AB. 1:00 pm, se alimentó con AP + AB. 3:18 pm, se alimentó con AP, sólo se observan tres post-larvas, el resto son zoeas en avanzado estadio de desarrollo. Las Post-larvas nadan libremente por toda la columna de agua (Superficie, 1/2 agua y fondo). Post-larvas muy activas. 6:00 pm se ajustó la luz a 50 %. 9:00pm, se apagó la luz. La mayoría de las zoeas (85 %) sufrió metamorfosis a Post-larvas al cumplirse los 34 días del ensayo.

En el primer ensayo la eclosión comenzó en la noche (7:15 pm) y tuvo una duración de 2 horas; mientras que, en el segundo ensayo comenzó a las 10:00 pm con igual tiempo de duración, es importante señalar que se utilizaron hembras distintas para cada ensayo, las cuales se retiraron del acuario después de transcurridos 13 y 15 días de incubación respectivamente, cuando se observó que el 95 % de la masa de huevos había desaparecido de su cámara incubadora. En ambos ensayos el desarrollo larval tuvo una duración de 31 días, y la última etapa de desarrollo fue alcanzada en la fase Z IX, seguida 48 horas después por la metamorfosis a Post-larva (Fig. 13), que alcanzó el 85 % de transformación al tercer día de haberse iniciado. En el primer ensayo los valores promedios de temperatura y pH fueron 28,5 C y 7,57, respectivamente, mientras que en el segundo los valores fueron 28,5 C y 7,45. La sobrevivencia en el primer ensayo fue de 5,62 % (30 Post-larvas) y en el segundo ensayo fue del

10,10 % (53 Post-larvas). En el transcurso de los dos ensayos se fue observando una mortandad progresiva de zoeas a partir del día 8 de cultivo hasta el final de la prueba.

Discusión

Las investigaciones realizadas sobre el desarrollo larval de *Macrobrachium amazonicum*, sugieren que esta especie puede presentar variaciones en el número de fases larvales entre las diferentes poblaciones; en tal sentido, se ha señalado que “la última etapa de zoea puede ocurrir en la fase Z VIII ó Z IX en especímenes capturados en el noreste de Brasil” (Gamba, A.L., 1984[6], mientras “que especímenes capturados en Venezuela y la Amazonia central alcanzan la última etapa larval en la fase Z XI” (Magalhães, C., 1985)[15]. También se ha señalado que varios factores pueden influir en el desarrollo larval de la especie (Soares, C. M. A. y Barreto, do.V., 1981[27]; Moraes-Riodades, P., 2005[17]; Araujo, M. y Valenti, W, 2007[4]). Barreto, do V. y Soares, C.M. (1982)[5] han reportado que en pruebas realizadas con salinidades de 10 ‰, densidad de 10 larvas /l y 26,9 C de temperatura, la metamorfosis a post-larvas ocurre a partir del día 17 y termina el día 30, con un 44 % de sobrevivencia; mientras que, con una salinidad de 14 ‰, 25 larvas/l y 27C, la metamorfosis comienza a los 15 días y termina a los 36 días, con 45 % de sobrevivencia, sin embargo no encontraron correlación entre el factor de densidad poblacional, con la sobrevivencia y el inicio de la metamorfosis a post-larvas. Soares[27] señala que en trabajos sobre el desarrollo larval de *Macrobrachium amazonicum*, capturados en Pantanal de Miranda Mato Grosso Brasil, reportaron que, a 5 ‰ de salinidad y 29,9C de temperatura, las larvas alcanzaron la fase Z XI entre 25-28 días sin lograr la metamorfosis; mientras que, en agua dulce (0 ‰) y 29,9C de temperatura, alcanzaron la fase Z V entre los días 12-13 sin lograr pasar a la siguiente fase.

En la presente prueba la fase Z V se alcanzó a los 13 días, mientras que la última etapa larval ocurrió en fase Z IX, trabajando con agua dulce (0 ‰), 26 larvas/l y 28,5C, la metamorfosis se inició el día 31 y terminó el día 34, con 5,62 % de sobrevivencia en el primer ensayo y 10,10 % en el segundo.

El desarrollo larval mostró un patrón análogo al descrito por Vega[30], y se observó un periodo largo de 7 días desde Z V hasta Z VI, después de alcanzar esta fase, los cambios de fases siguientes ocurrieron cada tres días hasta el inicio de la metamorfosis, como se muestra en el (PDL).

Las larvas en fase Z I presentaron el hepatopáncreas con material de reserva, y las principales estructuras corporales observadas se encuentran en desarrollo, lo que explica el comportamiento durante las primeras 8 horas, en el cual predomina la posición vertical normal y la distribución de las zoeas en los 15 cm cercanos al fondo con desplazamientos verticales lentos; es por ello, que se debe tener en cuenta que la distribución cercana al fondo y la natación lenta están estrechamente relacionadas con el ciclo de mudas en esta corta fase de Z I. Transcurridas las primeras 11 horas (6:15 am), después de la eclosión, comienza a verse un comportamiento migratorio de la población hacia el fondo, con desplazamiento vertical, manteniendo posición vertical, concentrándose muy cerca del fondo, se observan los desplazamientos horizontales

lentos en posición vertical normal, se distribuyen por todo el fondo hasta media mañana, 10:30 am, cuando comienzan a ascender por la columna de agua con desplazamiento vertical lento en posición vertical, alcanzando la columna cercana a la superficie durante las horas de la tarde, descendiendo por la noche hasta los primeros 15 cm de fondo, manteniéndose allí hasta el amanecer cuando inicia un nuevo ciclo de migración vertical, comportamiento que se mantiene, con sus variables respecto a los distintos desplazamientos que se presentan a medida que las estructuras corporales evolucionan en su desarrollo y aparecen nuevas estructuras, como los urópodos y los pleópodos, hasta alcanzar la fase de Z VII, a partir allí el comportamiento de migración vertical se hace menos frecuente en las fases siguientes. Levine, J.D., Funes, P., Dowse, H.B. y Hall, J.C. (2002)[10] concluyen que la migración vertical está influenciada por la luz, la presión hidrostática y por los hábitos alimentarios de la especie. Se ha sugerido que la actividad de alimentación está relacionada con el comportamiento de migración vertical observado en *M. amazonicum*, lo que implica un ritmo circadiano de la especie (Maciel, C.R., Valenti, W.C., 2009)[14]; el cual, ha sido comprobado en el ambiente natural, en Lagos de Várzea del Amazonas Central en Brasil (Moreira, L., Odinetz, C., Collart, O., 1993).[20]

La fase de Z I es una etapa donde la orientación de las larvas en la columna de agua es controlada por estructuras como los escafoceritos, las antenas, anténulas y ojos, mientras que en su desplazamiento y flotación en el agua, los exopoditos de los 5 últimos pares de pereiópodos, con el telson, de forma triangular con cerdas, tienen un rol importante.

En este ensayo se pudo observar que las larvas en fase Z I no tuvieron reacción al agregar alimento, es decir no hubo actividad alimenticia en esta fase; pero, a partir de la fase de Z II la actividad de alimentación se manifestó manteniéndose durante toda la larvicultura, mostrando una alimentación de tipo omnívora. Este comportamiento puede ser explicado por el trabajo de Araujo, M. y Valenti, W. (2007)[4] donde analizaron los hábitos alimenticios de las larvas mantenidas en unidades de cultivo, encontrando que pueden sobrevivir sin alimento hasta zoea Z III. Al respecto en investigaciones sobre la ontogenia de la alimentación “se ha observado que se desarrollan con éxito desde la eclosión de Z I hasta Z III sin alimento, pero si se les da alimento el desarrollo es más rápido, lo que demostró que las larvas serían lecitotróficas facultativas” (Anger, K. y Hayd, L., 2009[2]; Anger, K. y Hayd, L., 2010[3]). Por su parte, Queiroz, L., Abrunhosa, F. y Maciel, C. (2011)[23], analizaron la ontogénesis del aparato digestivo y concluyeron que el intestino anterior de las larvas principalmente es un órgano de mezcla, debido a la ausencia de molinos gástricos o estructuras similares y además está sometido a diversos cambios morfológicos durante el desarrollo larval.

Se observó que a partir de Z III, al suministrar yema de huevo (YH) y preparado (AP) las larvas son capaces de atraparlos cuando éstos van cayendo por la columna de agua, y en algunos casos van directamente a los restos de alimento que caen al fondo, lo toman y nadan hasta media columna de agua para ingerirlo, utilizando los 3 últimos pares de pereiópodos para sostenerlo mientras se desplazan lentamente en posición vertical normal en el agua. A medida que crece el último par de pereiópodos, pueden atrapar y sostener pedazos de alimentos de mayor tamaño, en algunos casos más grandes que su cefalotórax; todos los pereiópodos presentan cerdas distribuidas en su superficie, las cuales pueden tener función sensorial e intervienen en

la retención del alimento. En las fases Z III; Z VI y Z VIII se observó que atrapan larvas de mosquitos, gusanos y *Dafnia*, a éstas últimas después las sueltan posiblemente por lo duro que es el exoesqueleto para sus mandíbulas.

Este comportamiento de búsqueda y localización del alimento, ha sido reportado en *Macrobrachium rosenbergii* y en *M amazonicum*, además se menciona la presencia de estructuras sensitivas que emplean en la localización de las partículas de alimento, y también se ha reportado que el movimiento de las partículas de alimento en el agua puede ser detectado por la larvas, así como pueden percibir algunas sustancias liberadas por el alimento suministrado (Anger, K., 2001)[1].

Por otro lado, se observó que los desplazamientos verticales en posición vertical normal fueron frecuentes desde la fase Z I hasta Z VI; mientras que desplazamientos horizontales en posición vertical normal, fueron frecuentes desde la fase de Z I hasta Z VIII, mientras que en Z IX se hicieron poco frecuentes. Los desplazamientos horizontales en posición horizontal normal, y el desplazamiento diagonal en posición inclinada fueron poco frecuentes hasta Z III, y frecuentes desde Z IV hasta Z VII. Este hecho puede estar relacionado con la aparición y desarrollo de nuevas estructuras corporales, como pleópodos, urópodos, además de la reducción de exopoditos en los pereiópodos y por la aparición de los estatocistos en la especie a partir de la fase de Z IV. Desde Z VI, comenzó a disminuir la actividad natatoria, como se refleja en el Valor Ponderado Promedio de Comportamiento (VPPC) y puede estar relacionado con el desarrollo normal de las larvas, cuando comienzan a sufrir cambios de estructuras corporales para su adaptación a los hábitos bentónicos, al sufrir la metamorfosis a post-larvas. A partir de la fase Z VI se observó un comportamiento “anormal” durante el día, donde las zoeas interrumpieron la natación y desplazamientos, dejándose caer hasta el piso del acuario con los apéndices torácicos hacia arriba y permaneciendo allí por largo tiempo (15 minutos), muchas de estas zoeas no lograron pasar a la siguiente fase correspondiente. Una posible explicación de este hecho puede ser el desequilibrio de la calidad del agua relacionado con valores de nitritos y nitratos, los cuales pudieron influir negativamente en la conclusión del proceso de ecdisis de las larvas. Aunque no se pudo hacer mediciones de estos factores químicos del agua de cultivo, se presume su influencia, ya que sólo se realizaron dos cambios de agua durante todo el ensayo y el periodo de preparación del acuario, antes de la eclosión, fue muy corto, lo cual no dio el tiempo suficiente para que el filtro biológico funcionara correctamente.

La observación de mudas en la mañana sugiere que el proceso de ecdisis ocurre durante la madrugada, lo que probablemente hace que las larvas no se alimenten durante la noche anterior a la ecdisis, de allí la poca actividad observada en ese período (Maciel, C.R, 2007)[13].

Indicadores asociados: los indicadores seleccionados, para asignarles el valor de desarrollo (VD) correspondiente, son: desarrollo de los ojos, exopoditos de los apéndices torácicos, pereiópodos, pleópodos, telson, urópodos, escafoceritos, rostrum, antenas y anténulas (Fig. 11).

Los indicadores determinados en la evaluación de la actividad de comportamiento en cada fase larval, para (VC) son: desplazamiento vertical en posición vertical, desplazamiento horizontal en posición vertical, desplazamiento horizontal en posición

Figura 5: Zona de *Macrobrachium amazonicum* fase ZII mostrando escafocerito, antena, rostrum, ojos pedunculados y pereipodos sosteniendo alimento.



horizontal, desplazamientos en posición invertida, desplazamiento horizontal en posición inclinada y actividad de alimentación. Los movimientos, desplazamientos y actividad de alimentación de las larvas son fáciles de observar a simple vista, por lo que el observador puede estimar la ocurrencia (ausente, poco frecuente o frecuente) de cada uno con observación diaria de la población completa.

La muda de la especie no es sincrónica, por lo tanto se ha sugerido tomar el primer día de cambio de fase larval para determinar el (PDL), por otro lado, la duración de cada fase en promedio es de tres días, con la excepción de la transición de ZV a ZVI, que es de 7 días, por lo que la mezcla de estadios, que es común en la especie, siempre será mínima, es por ello que se trabaja con valores promedios para el cálculo del (VPD) y el (VPPC); además, aquella larva que no pasa a la correspondiente fase pronto muere. Se debe tener presente que se evalúa el grado de actividad, y a medida que avanza el desarrollo las zoeas son más activas, lo que quiere decir que los diferentes tipos de desplazamientos son más frecuentes en avanzadas fases de desarrollo (ZIV-ZVII) cuando la mezcla de estadios es menor. Sin embargo, en un caso hipotético de alta mezcla de estadios se propone un muestreo y la aplicación del índice de estadio larval (IEL), el cual se calcula empleando la fórmula: $(IEL) = \frac{\sum niEi}{n}$, siendo ni = número de larvas en estadio Ei ; n = número de larvas analizadas; E = estadio de desarrollo larval; (IEL) varía de 1 a 9, para definir la fase de desarrollo que se tomará en cuenta en la asociación con el (VPPC) para la aplicación del (ICZ).

En el Cuadro 15, puede observarse que los Valores Ponderados Promedios para el Comportamiento (VPPC) se mostraron de forma ascendente desde (1,70) en ZI hasta (1,90) en Z III, cuando muestran mayor actividad natatoria, conservando este valor hasta Z VI.

Fase	(VPPC)	(VPD)	(ICZ)
ZI	1,70	1,1	0,9
ZII	1,85	1,2	1,1
ZIII	1,90	1,3	1,2
ZIV	1,90	1,6	1,5
ZV	1,90	1,7	1,6
ZVI	1,90	1,7	1,6
ZVII	1,89	1,8	1,7
ZVIII	1,89	1,9	1,8
ZIX	1,90	2,0	1,9
		ICZP	1,5

Tabla 15: Valor ponderado promedio (VPPC); Valor promedio para el desarrollo (VPD) e Índice de Condición de Zoea (ICZ), en cada fase de desarrollo. Siendo para el (ICZ): (< 1) = *pocoactivas*; (> 1; < 2) = *medianamenteactivas*; (= 2) = *muyactivas*

En las fases Z VII y Z VIII, se observó un leve descenso del valor (VPPC), registrándose (1,89) respectivamente, volviendo a registrarse (1,90) en la fase IX. Durante este comportamiento, entre las fases de Z VII y Z IX, los desplazamientos verticales en posición vertical y desplazamientos horizontales en posición vertical se hicieron poco frecuentes, lo cual pudiera relacionarse con la reducción en el tamaño de los exopoditos de los cinco pares de pereiópodos que son las estructuras fundamentales para estos desplazamientos, pero que al final se “pierden” y aparecen los pleópodos, a medida que las larvas se aproximan a la metamorfosis a post-larvas (Fig. 12), siendo el desplazamiento de mayor frecuencia horizontal y vertical en posición horizontal invertida. El valor de comportamiento (VC) de las post-larvas no se calcula debido a que la actividad larval cambia con la metamorfosis. Todos los valores de (VPPC) en el Cuadro 15, son valores ponderados promedios. Los valores de (VC), pueden variar, ya que dependen de las condiciones del cultivo, es decir, de factores bióticos y abióticos.

Figura 6: Zona de *Macrobrachium amazonicum* fase ZIX en el fondo antes de la metamorfosis a post-larva



En relación a los Valores Promedios para el Desarrollo (VPD), se observó que aumentan

desde (1,1) en las Fases Z I hasta (2) en Z IX, y representa el desarrollo normal de las larvas, caracterizado por la aparición y crecimiento de estructuras del cuerpo a partir de la Fase Z I, terminando su desarrollo en la Fase Z IX. Los valores del desarrollo (VD) y (VPD) pueden considerarse valores constantes, ya que corresponden a características que diferencian una fase de otra; es decir, su presencia y estado de desarrollo son específicos para cada fase.

Los valores del (ICZ) para cada fase de desarrollo presentaron una variación desde (0,9) en la fase Z I, hasta (1,9) en la fase Z IX, lo cual indica que el grado de actividad larval normal, para este cultivo, se califica como medianamente activa durante la larvicultura; el (ICZ) promedio se calculó en 1,5. Cabe destacar que a medida que los valores promedios ponderados de comportamiento (VPPC) se acercan al valor 2, el cual indica la mayor frecuencia de todos los desplazamientos, la curva del (ICZ) se aproximará a la curva de los valores de desarrollo (VPD), lo que refleja, gráficamente, la relación existente entre el comportamiento de las zoeas y su estado de desarrollo en cada fase (Fig.10).

Figura 7: Valor ponderado promedio de Comportamiento (VPPC). Valor Promedio de desarrollo (VPD) e Índice de condición de Zoea (ICZ), en cada fase del desarrollo larval de *Macrobrachium amazonicum*

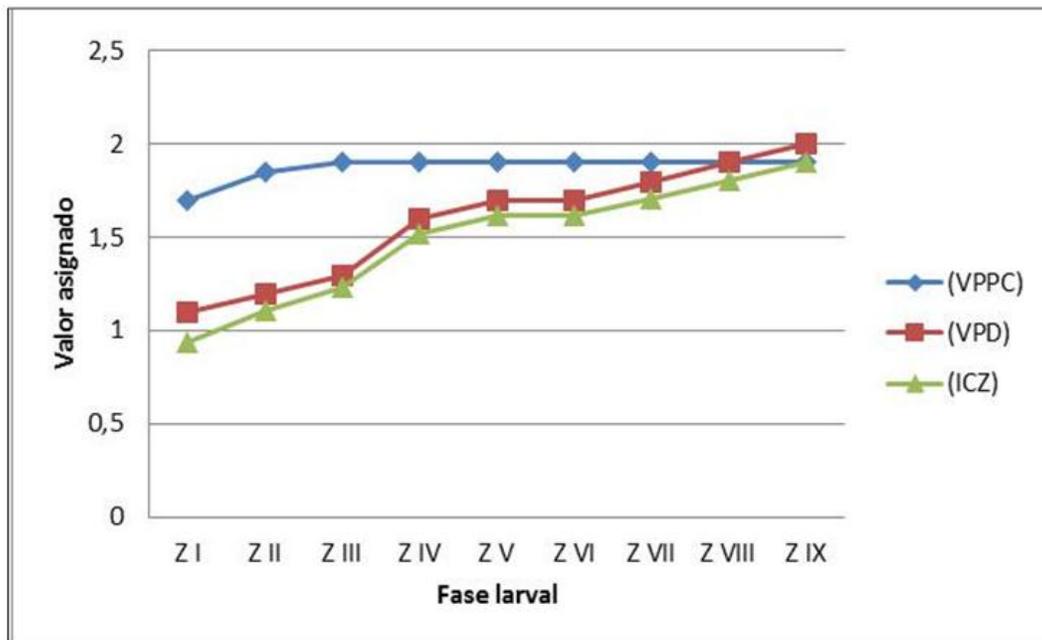


Fig. 10.- Valor Ponderado Promedio de Comportamiento (VPPC), Valor Promedio de Desarrollo (VPD), e Índice de Condición de Zoea (ICZ), en cada fase del desarrollo larval de *Macrobrachium amazonicum*

Es clave considerar el (VPD) y el (VPPC) en la fórmula para calcular el (ICZ), porque se determina de una manera práctica la relación que existe entre el (ICZ) con el desarrollo de las

larvas, en base al comportamiento observado en el transcurso del desarrollo larval. Las larvas de camarón cambian su comportamiento natatorio a medida que van apareciendo y desarrollando las estructuras del cuerpo. Si se considera solamente el (VPPC) para el cálculo del (ICZ), los valores resultantes reflejarían una curva distinta a la curva de desarrollo (VPD) y no se podría establecer una asociación grafica entre el (ICZ) y el (VPD).

Normalmente los índices para determinar la calidad o condición de las larvas en *Macrobrachium*, por la complejidad de su uso, se emplean cada dos días, con el apoyo del índice de estadio larval (IEL) que es utilizado para determinar el estadio de desarrollo larval en que se encuentran los camarones. Esta metodología de trabajo es poco practica y requiere del empleo de equipos costosos y un período de tiempo importante, es por ello que se ha propuesto el uso del índice de condición de zoea (ICZ), ya que por un lado su aplicación es sencilla, y por otro no se tiene contacto directo con las larvas, evitando el riesgo de contaminación del cultivo y evita causar estrés a las mismas; además, el empleo de la metodología propuesta y del (ICZ) suministrará información cualitativa y cuantitativa diaria del desarrollo y comportamiento de las zoeas, lo que permitirá la toma de decisiones para mejorar los protocolos de manejo del cultivo del momento y en los futuros ciclos; es decir, si se tiene un valor que indique el grado de la asociación que presentan las larvas entre su desarrollo y su comportamiento, el cual se refleja en la curva (Fig. 10) que va resultando de los valores (VPD) y (ICZ) obtenidos en cada fase, se puede hacer correctivos al protocolo de manejo utilizado hasta el momento y en los futuros, lo cual favorecerá la sobrevivencia final.

Por otro lado el origen de los reproductores pudo haber ocasionado en ellos un grado importante de endogamia, así como la poca frecuencia de los cambios de agua, pudieron tener un efecto negativo en muchas zoeas, cuando no pudieron completar el proceso de ecdisis durante el desarrollo de una fase a otra. Es decir que la baja sobrevivencia pudo deberse a estas condiciones establecidas; al respecto en Morales, M.C. y Meruane, J. (2012)[18] se menciona una metodología estándar apropiada que puede reducir significativamente la endogamia, pues se basa en la captura de los reproductores del medio natural para establecer un pie de cría confiable. Por otro lado, Tayamen, M. y Brown, J. (1999)[28] probaron diferentes métodos de larvicultura en *M amazonicum*, y concluyeron que la eficiencia del método de larvicultura para esta especie varía en función del estadio larval. Ellos sugieren que el método más eficiente para mantener larvas de *M amazonicum* a partir de la fase Z II, es el sifonado de restos de muda, de alimento y detritos con 2/3 de agua diario, un cambio total de agua cada 3 días y la reutilización del agua previamente pasada a través de filtros biológicos externos. Mientras que el método con filtro biológico interno es mejor cuando el cultivo se inicia a partir de la fase Z III y/o Z IV. Cabe destacar que a pesar de la baja sobrevivencia lograda en el presente ensayo, los resultados son mejores que los reportados por otros autores aplicando otros métodos, que incluyen cambios de aguas parciales y totales diarios con sifonado del fondo, por lo que se recomienda hacer ajustes al método aquí propuesto, ya que se considera importante disminuir el contacto directo con las larvas, para hacer más simple, eficiente y económica esta etapa de cultivo en *M amazonicum*.

Conclusiones

- Es factible obtener post-larvas del camarón de río *Macrobrachium amazonicum* aplicando el protocolo de manejo basado en la observación directa de las zoeas, apoyado en el Patrón de Desarrollo Larval (PDL) propuesto para la especie.
- Los criterios seleccionados para determinar el Valor para el Desarrollo (VD) y el Valor para el Comportamiento (VC), pueden ser utilizados como indicadores de la condición normal larval de *M. amazonicum*.
- El Índice de Condición de Zoea (ICZ) refleja de manera cuantitativa el comportamiento normal de las zoeas de *Macrobrachium amazonicum* en laboratorio, lo cual se considera útil para llevar a cabo estudios de la especie en esta importante etapa de desarrollo. Calcular el (ICZ) es práctico, fácil, y puede aplicarse para el control en larvicultura de la especie.
$$(ICZ) = \Sigma(VPD*VPPC)/2$$

Recomendaciones

La mortalidad ocurrida durante los dos ensayos sugiere mejorar las condiciones de cultivo, por medio de:

- a) preparación de los acuarios con mayor tiempo (mínimo 35 días), para lograr la estabilidad requerida en el filtro biológico de fondo antes de introducir a la hembra para la eclosión,
- b) ejecutar un programa de cambios de agua parciales lentos del (50%) 1 ó 2 días antes del inicio de cada proceso de muda a partir de la fase Z III, utilizando el sistema integrado para cambios de agua que descarta la introducción de mangueras cada vez que se vaya hacer el sifonado evitando la contaminación del cultivo, lo que ayudará a mantener el equilibrio en la calidad del agua al momento de llevarse a cabo la ecdisis,
- c) hacer mejoras al protocolo de alimentación, en cuanto a la cantidad de alimento a suministrar para reducir el efecto negativo de un exceso en la calidad del agua,
- d) establecer un protocolo para la selección de los reproductores que garantice una mayor y mejor fecundidad.

Bibliografía

- [1] Anger, K. 2001. The biology of decapod crustacean larvae. Crustacean issues 14. AA Balkema, Lisse
- [2] Anger, K. y Hayd, L. 2009. From lecitotrophy to planktotrophy: ontogeny of larval feeding in the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. Aquat. Biol.7: 19-30.
- [3] Anger, K. y Hayd, L. 2010. Feeding and growth in early larval shrimp *Macrobrachium amazonicum* from the Pantanal, southwestern Brazil. Aquat. Biol. 9: 251-261.

- [4] Araujo, M. y Valenti, W. 2007. Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. *Aquaculture*. 265: 187-193.
- [5] Barreto, do V. y Soares, C.M. 1982. Producción de postlarvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae), en condiciones controladas de laboratorio. *Revta bras. Zool.*, S Paulo. 1(1): 51-53. 30.
- [6] Gamba, A.L. 1984. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in a Venezuelan continental lagoon. *Int. J. Inver. Rep. Dev.* 7: 135-142.
- [7] Graziani, C. De Donatoy, M y Chung, K. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 41(3): 657-665.
- [8] Graziani, C. Moreno, C. Villarroel, E. Orta, T. Lodeiros, C y De Donato, M. 2003. Hybridization between the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M. carcinus* (L.). *Aquaculture*. 217 (1-4): 81-91.
- [9] Guest, W.c. 1979. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, Leiden. 37(2): 14 1-152.
- [10] Levine, J.D. Funes, P. Dowse, H.B. y Hall, J.C. 2002. Signal analysis of behavioral and molecular cycles. *BMC Neuroscience*. 3:(1), p. 1.
- [11] López, B. y Pereira, G. 1996. Inventario de los crustáceos decápodos de las zonas altas y media del delta del río Orinoco, Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 16 (3): 45-64.
- [12] López, B. y Pereira, G. 1998. Actualización del inventario de crustáceos decápodos del Delta del Orinoco. In: López, J. L. et al (eds), *El Río Orinoco. Aprovechamiento sustentable*, IMFFac. de Ingeniería, UCV. Caracas. pp. 76-85.
- [13] Maciel, C.R. . 2007. Alimentação do camarão da amazônia *Macrobrachium amazonicum* durante a fase larval. Tese de Doutorado em Aqüicultura; Universidade Estadual Paulista. 122 p..
- [14] Maciel, C.R. Valenti, W.C. 2009. Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. a review. *Nauplius* 17:61–79
- [15] Magalhães, C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemoídeos da região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea;Decapoda). *Amazoniana*. 9(2): 247-274.
- [16] Meruane, J. Morales, M. Galleguillos, C. Rivera, M. A. y Hosokawa, H. 2006. Experiencias y resultados de investigaciones sobre el camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina 1782) (Decapoda: Palaemonidae): historia natural y cultivo. *Gayana*. 70(2):280-292.
- [17] Moraes-Riodades, P. 2005. Cultivo do camarão-da amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em diferentes densidades: fatores

- ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica / 2005. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, p. 117.
- [18] Morales, M.C. y Meruane, J. 2012. Indicadores de condición larvaria aplicados al camarón de Río del Norte *Cryphiops caementarius* ((Molina, 1782), en condiciones de cultivo controlado. *Lat. Am. Aquat.Res.* 40(3):730-742.
- [19] Morales, M. Rivera, M. Meruane, J. Galleguillos, C. y Hosokawa, H. 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.
- [20] Moreira, L.Odinetz, C, Collart, O. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. *Amazoniana.* 12:385-398
- [21] Parra, J. M. García, Y. Ferrer, A. y Severeyn, H. 2008. Aspectos reproductivos del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller) en la zona de Nazaret, San Rafael de El Moján, Lago de Maracaibo, Venezuela. *Rev. CIENCIA.* 16(4), 402 - 408. Maracaibo, Venezuela
- [22] Pereira, G. 1982. Los camarones del género *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) de Venezuela. *Taxonomía y distribución.* Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. p. 227.
- [23] Queiroz, L. Abrunhosa, F. y Maciel, C. 2011. Ontogenesis and functional morphology of the digestive system of the freshwater prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). *Zoologia.* 28(3): 395-402.
- [24] Roberti, D. 2011. Cinética del secado convectivo del camarón dulceacuícola (*Macrobrachium jelskii*) a dos temperaturas y dos velocidades de aire. *Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment.* 2(1):158-172.
- [25] Roias, N.E.T. Lobão V.L y Barros, H.P. 1990. Métodos de manutenção de larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *BoI. Inst. Pesca, São Paulo.* 17: 15-26.
- [26] Short, J. A. 2004. Revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia.* 525(1):1-100.
- [27] Soares, C. M. A. y Barreto, do.V. 1981. Desenvolvimento larval de *M.amazonicum* (Heller, 1862) sob influência da salinidade. *Res. Congro bras.Zoo I.* 8(Brasília, D. F .): 218.
- [28] Tayamen, M. Brown, J. 1999. A condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879). *Aquacult. Res.* 30: 917-922.
- [29] Urbano, T. Silva, A. Medina, L. Moreno, C. Guevara, M. Graziani, C. 2010. Crecimiento del camarón de agua dulce *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), en lagunas de cultivo. *Zootecnia. Trop.* 28(2): 163-171.

- [30] Vega, L.A. 1984 Desenvolvimento larval de *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1839), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório. São Paulo, 277p. Tese de Doutorado. Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo.
- [31] Vergamini, F.G. Pileggi, L.G. Mantelatto, F.L. 2011. Genetic variability of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Contrib. Zool.* 80(1):67-83.
- [32] Welder, E. (1998). *Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos*. Santa Marta, Colombia.