

Morfología del sistema reproductor y del espermatóforo de *Litopenaeus vannamei*, camarón blanco del Pacífico

Morphology of the reproductive system and spermatophore of *Litopenaeus vannamei*, the Pacific white shrimp

María de los Ángeles Peralta Martínez¹, Imelda Martínez Morales², Marco Linné Unzueta Bustamante¹, Hugo H. Montaldo³ y Héctor Castillo-Juárez⁴

¹ Instituto Nacional de Pesca, Dirección General Adjunta de Investigación en Acuicultura. Pitágoras 1320. Col. Sta Cruz Atoyac, Del. Benito Juárez. México D.F., 03310. México

² Instituto de Ecología. A. C. Red de Ecoecología. Xalapa, 91070. Veracruz

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Genética y Bioestadística. México D.F., 04510. México

⁴ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal. México D.F., 04960. México
e-mail: angeles.peralta@inapesca.sagarpa.gob.mx

Peralta Martínez M. A., I. Martínez Morales, M. L. Unzueta Bustamante, H. H. Montaldo y H. Castillo-Juárez. 2013. Morfología del sistema reproductor y del espermatóforo de *Litopenaeus vannamei*, camarón blanco del Pacífico. *Hidrobiológica* 23 (3): 313-319.

RESUMEN

Con el objetivo de aportar información al conocimiento del sistema reproductor en machos de *Litopenaeus vannamei*, se elaboró la descripción anatómica de su sistema reproductor, empleando para ello machos sexualmente maduros, obtenidos de un laboratorio productor de larvas ubicado en Sinaloa, México. Para hacer la descripción, se obtuvieron por disección: a) los órganos reproductores completos de 8 machos; b) 10 espermatóforos compuestos que fueron extraídos de hembras inseminadas naturalmente; y c) 40 sacos espermáticos extraídos manualmente de las ámpulas derecha e izquierda. El sistema reproductor se asemeja al de otras especies del género *Penaeus*, sin embargo, posee diferencias en la forma de los testículos y del ámpula terminal, que lo hace característico de esta especie. También se localizó un área diferenciada entre el conducto deferente anterior y el conducto deferente medio que ha sido denominada en otras especies como saco ciego. El espermatóforo compuesto es una estructura que ha sido descrita anatómicamente, aunque su observación en fresco es difícil de realizar por el tipo de sustancias que lo forman y los cambios morfológicos que presenta al tener contacto con el agua. En cada uno de los sacos espermáticos del espermatóforo, la cámara espermática abarca desde la parte media hasta la parte distal del mismo, encontrándose la mayor concentración de espermatozoides en la región distal.

Palabras clave: Anatomía, camarón, *Peneidae*, sistema reproductor.

ABSTRACT

In order to advance in the knowledge of the male reproductive system of *Litopenaeus vannamei*, the anatomical description of its reproductive system in sexually mature animals was performed. Animals were obtained from a Mexican shrimp hatchery, located in Sinaloa, Mexico. To describe the anatomy, a) 8 male reproductive systems were removed; b) 10 spermatophores compounds were extracted from naturally inseminated females; and c) 40 sperm sacs derived from the right and the left ampulla were manually extracted. In general, the reproductive system was found similar to

the observed in other species of the genus *Penaeus*. However, differences in the shape of the testes and of the terminal ampulla that are characteristic of this species were observed. An area located between the anterior vas deferens and the middle duct, known in other species as blind pouch, was observed. The compound spermatophore is a structure that has been described anatomically, although when freshly extracted it is difficult to observe because the type of substances that compose it and because of the morphological changes introduced when it contacts water. In each sperm sac of the spermatophore, sperm chamber is located from its medial to its distal part, with the highest concentration of sperm in the distal region.

Key words: Anatomy, *Peneidae*, reproductive system, shrimp.

INTRODUCCIÓN

Para una mejor comprensión de los mecanismos fisiológicos que hacen posible la reproducción de los camarones peneidos, es necesario conocer la morfología y anatomía de sus estructuras reproductivas. La anatomía del sistema reproductor de los machos ha sido descrita para especies como *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) (King, 1948; Talbot *et al.*, 1989; Bauer & Cash, 1991; Chow *et al.*, 1991b), *Penaeus schmitti* (Burkenroad, 1938), *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante, 1969) (Guitart *et al.*, 1985) y en *Penaeus indicus* (H. Milne Edwards, 1837) (Champion, 1987) *Penaeus vannamei* (Boone 1931) (Chow *et al.*, 1991b). La estructura del sistema reproductor en machos, está conformada internamente por dos testículos, dos vasos deferentes y dos ámpulas terminales, y externamente, por un petasma y un apéndice masculino. La histología de los testículos, vaso deferente y ámpula terminal en organismos juveniles y maduros del género *Penaeus* ha sido estudiada por Bell y Lightner (1989).

En *Litopenaeus vannamei*, de acuerdo con Chow *et al.*, (1991b) y Garza-Torres *et al.* (2009), cada par de testículos posee ocho lóbulos unidos por el vaso deferente proximal. Los vasos deferentes medios están divididos en dos secciones, ascendente y descendente y, en su interior se encuentran dos ductos que corren paralelamente, el ducto accesorio y el ducto espermatofórico. El vaso deferente distal es el más delgado y por él pasa de forma discontinua el material proveniente del vaso deferente medio (Chow *et al.*, 1991a). El ámpula de *L. vannamei* posee internamente cuatro cámaras interconectadas. En las cámaras I y II desembocan los ductos espermatofórico y accesorio, respectivamente; en ellas se deposita la masa espermática rodeada por las primeras capas que forman el espermatóforo. En la cámara III aparecen los ductos blanquecinos que son característicos de esta especie. En esta capa se forma el material glutinoso que sirve para que el espermatóforo se adhiera a la hembra. Por último, la cámara IV es un largo espacio interno que va desde la región proximal hasta la región media del ámpula terminal, interconectada con la cámara II a través de una abertura estrecha (Chow *et al.*, 1991a).

El petasma, como una modificación de los endopoditos del primer par de pleópodos unidos por un borde interno membranoso, sirve para transferir el espermatóforo al tético de la hembra. El apéndice masculino es un anexo del segundo par de pleópodos

insertado a la altura del basidopodito, formado por dos ramas: una mayor espatulada y otra pequeña, delgada, con sedas en el borde interno (Fenucci, 1988). Bauer (1996) sugiere que el apéndice masculino junto con el petasma puede servir para estimular a la hembra. El petasma y el apéndice masculino han sido descritos con detalle debido a su importancia en la sistemática de camarones peneidos, ya que poseen una forma característica para cada especie (Pérez-Farfante, 1969; Pérez Farfante, 1988; Bauer & Cash, 1991). Por último, el espermatóforo, como un producto del ámpula terminal, fue descrito por primera vez por Pérez-Farfante (1975).

Por otro lado, cabe señalar que aunque existe similitud en el sistema reproductor de machos en las especies de este género, cada una posee características particulares que la distinguen de las demás.

El conocimiento anatómico del aparato reproductor en machos del camarón blanco permitirá mejorar las actuales técnicas de inseminación artificial y permitirá avanzar en la definición de criterios para escoger a los mejores reproductores utilizados en la industria (Morales-Ueno *et al.*, 2013). En la actualidad los criterios usados para seleccionar reproductores están enfocados en las hembras, dando poca importancia a los machos.

El objetivo de este trabajo fue hacer una descripción anatómica del sistema reproductor interno en machos de *Litopenaeus vannamei*, con la finalidad de esquematizar, comparar, recopilar y ampliar la información existente sobre el mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los órganos reproductores y espermatóforos de *Litopenaeus vannamei* utilizados fueron proporcionados por un laboratorio productor de larva de camarón, ubicado en el Rosario, Sinaloa, México, y provinieron de 2 muestreos realizados en abril y junio de 2010. La edad de los organismos analizados fue de 7 y 14 meses y el peso promedio de 37 y 55 g respectivamente. Se extrajeron ocho sistemas reproductores provenientes de individuos diferentes y sexualmente maduros, diez espermatóforos compuestos fueron extraídos de hembras apareadas naturalmente y 40 sacos espermáticos del ámpula derecha e izquierda, extraídos manualmente, aplicando una leve presión sobre la base de la esquina exterior

del espermátforo hasta ser expulsado por el poro genital ubicado en la base del quinto par de periópodos, obtenidos de 20 machos. Los órganos reproductores fueron fijados directamente en solución Bouin por un periodo de 48 horas, posteriormente se lavaron y guardaron en alcohol al 70% de acuerdo a Martínez (2002). Los diez espermátforos compuestos y los 40 sacos espermáticos, se colocaron en solución de Ringer para evitar la retracción de los tejidos (Langeron, 1969). Para observación de estructuras con la aplicación de técnicas *in toto*, se fijaron 20 sacos espermáticos en solución de AFATD, por 4 horas, lavados y guardados en alcohol al 96%. Otros 20 sacos espermáticos y 10 espermátforos compuestos extraídos de hembras inseminadas naturalmente fueron fijados con solución Bouin y posteriormente guardados en alcohol al 70% (Martínez, 2002). Para la observación anatómica se usaron cinco espermátforos compuestos extraídos de hembras inseminadas naturalmente y 15 sacos espermáticos. Para hacer los esquemas del sistema reproductor y del espermátforo, se utilizó un fotomicroscopio y con ayuda de la cámara clara fueron dibujados a escala. Para el estudio microanatómico del espermátforo se incluyeron en parafina o en parafina celoidina (Martínez, 2002) cinco espermátforos compuestos y cinco sacos espermáticos. Los cortes a 6 μm de grosor fueron teñidos con PAS- Hematoxilina y observados al microscopio óptico.

RESULTADOS

El sistema reproductor interno de *Litopenaeus vannamei*, está compuesto por dos testículos, dos conductos deferentes y dos ámpulas terminales (Fig. 1). Los dos testículos están situados entre el primer y tercer par de periópodos. Cada testículo se compone de seis lóbulos testiculares, que poseen una estructura frágil, lo que dificulta su observación. Cada lóbulo testicular desemboca en el conducto deferente proximal respectivo. El tamaño, color y grosor dependen de la edad; en los organismos más pequeños son más translúcidos y en los más grandes son de color blanquecino lechoso.

El conducto deferente presenta tres regiones bien marcadas: (a) El conducto deferente proximal, con diámetro pequeño, que recibe los conductos eferentes de cada testículo; (b) el conducto deferente medio que se ensancha ampliamente y constituye la parte más larga. En posición ventral, sus regiones ascendente y descendente se doblan quedando encima de los testículos ligeramente superpuestas una sobre las otras, la mitad descendente se continúa hasta la región distal (Fig. 1); (c) el conducto deferente distal tiene un diámetro menor y desemboca en el ámpula terminal.

Internamente se observó que el conducto deferente proximal se continúa en una región que se va ensanchando hacia la región del conducto deferente medio. Al hacer la observación en fresco (con el macho en posición dorso-ventral) esta estructura no fue fácil de observar porque se encuentra doblada bajo el conducto

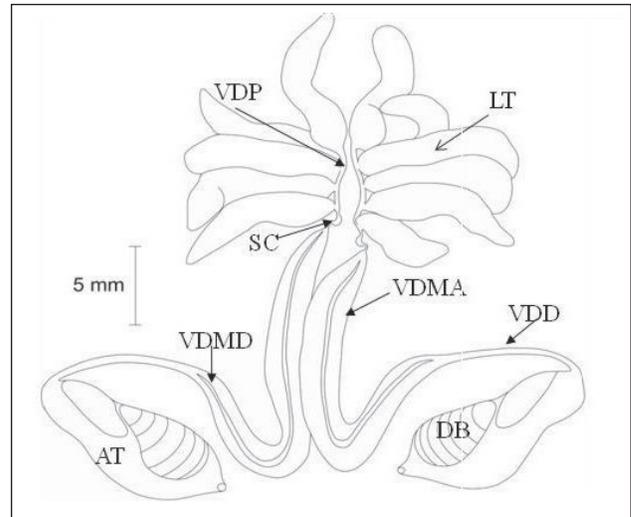
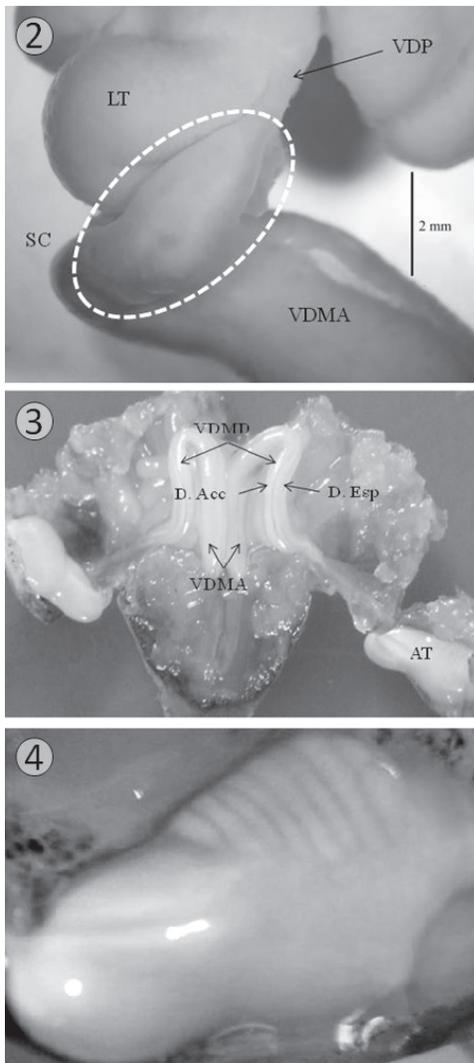


Figura 1. Esquema del sistema reproductor de *Litopenaeus vannamei* (LT Lóbulos testiculares; VDP=Vaso deferente proximal; SC=Saco ciego; VDMA=Vaso deferente medio ascendente; VDD=Vaso deferente medio descendente; VDD=Vaso deferente distal; AT=Ámpula terminal; DB=Ductos blanquecinos).

deferente medio aparentando ser una extensión del mismo (Fig. 2). El conducto deferente medio, contiene en su interior dos conductos que corren paralelamente en toda su longitud. El primero, llamado conducto espermático, es el de mayor diámetro, de color generalmente blanquecino y opaco. El otro es el conducto accesorio, delgado, de color lechoso, y casi envuelto por el conducto espermático (Fig. 3). El conducto deferente distal es el más delgado de todos, su estructura delgada lo hace extremadamente frágil. El ámpula terminal, es un órgano piriforme, blanquecino, voluminoso y complejo, en su parte proximal desemboca el conducto deferente distal y su parte distal termina con el gonoporo que se abre al exterior. Presenta tres regiones lobuladas, una región bilobulada de aspecto liso que corre dorsalmente a lo largo de toda el ámpula. La segunda se encuentra en posición ventral proximal, de consistencia más compacta y la tercera en posición ventral distal, con una serie de túbulos blanquecinos translúcidos (Fig. 4).

El espermátforo de *Litopenaeus vannamei* es una estructura compleja, constituido por dos sacos espermáticos simétricos que salen de las dos ámpulas durante la cópula. Cada unidad tiene forma ovalada, ligeramente más ancha en su parte distal que es la primera en salir del ámpula. Todo el espermátforo está rodeado de una masa glutinosa que le permite pegarse al tético de la hembra (Fig. 5). La posición ocupada por el espermátforo compuesto parchado en el tético de la hembra, está dirigido en su parte distal hacia la región anterior (cabeza) de la hembra y la parte proximal se dirige hacia la parte posterior (telson) de la misma (Fig. 6). En cada uno de los sacos espermáticos se observa



Figuras 2-4. 2. Vista estereoscópica dorsal del aparato reproductor masculino de *Litopenaeus vannamei* fijado en solución Bouin en donde se observa el saco ciego, que se encuentra entre el vaso deferente proximal (VDP) y el vaso deferente medio ascendente (VDMA), (LT=Lóbulo testicular). Objetivo 1.6X. 3. Fotografía vista ventral del aparato reproductor del macho de *Litopenaeus vannamei*, se observa el vaso deferente medio en su porción ascendente (VDMA) y descendente (VDMD), el ducto espermático (D Esp), el ducto accesorio (D Acc) y el ápula terminal (AT). 4. Fotografía vista dorsal del ápula terminal derecha del aparato reproductor del macho de *Litopenaeus vannamei*.

una placa dorsal aparentemente segmentada en dos partes, una va de la parte proximal a la parte media, y la otra de la región media a la distal, su observación no fue fácil dado que están cubiertas con material glutinoso difícil de remover, externamente solo se pudo distinguir la punta que sobresale de la región anterior (Fig. 7). Esa placa parece tener la función de soporte para formar el tronco principal del espermatóforo (Fig. 8).

El análisis del espermatóforo compuesto y sus unidades en cortes teñidos de 6 μ m, mostró que están formados por una gran cantidad de sustancias eosinófilas y PAS+, lo que indica que tienen un gran contenido de polisacáridos de diversos tipos, identificados principalmente en el material glutinoso (Fig. 9). Se distinguen dos tipos principales de sustancias, unas densas que son las más abundantes correspondientes a las placas (Fig. 10) y otras laxas ubicadas alrededor de esta placa que corresponden al material glutinoso (Fig. 11). La cámara espermática está ubicada en la región distal del espermatóforo en la parte más ancha, y abarca desde la parte media hasta la parte distal, en donde se concentra la mayor cantidad de espermatozoides (Fig. 8).

DISCUSIÓN

El sistema reproductor de *Litopenaeus vannamei* se asemeja al sistema reproductor de otras especies del mismo género. Sin embargo, posee características particulares (forma de los testículos, forma del ápula terminal) que pueden ser consideradas para la identificación y clasificación taxonómica de esta especie. Chow *et al.* (1991b) mencionan que este par de testículos en forma de U invertida, compuestos por múltiples lóbulos testiculares independientes son característicos del orden Dendrobranquiata.

En *Litopenaeus vannamei* distinguimos seis lóbulos testiculares, cada lóbulo con diferente tamaño, algunos ligeramente más pequeños que otros, pero no tan cortos como lo mencionado por King (1948) para *L. setiferus*, en donde también observó seis lóbulos testiculares en cada testículo y un solo lóbulo posterior corto.

El número de los lóbulos testiculares observados difirió de lo reportado por Chow *et al.* (1991b) y Garza-Torres *et al.* (2009), quienes registraron para esta especie 5 lóbulos largos y 3 más cortos y anchos. De acuerdo a Huq (1981) y Chow *et al.* (1991b), el número de lóbulos testiculares puede variar. Los individuos más pequeños tienden a poseer un menor número de lóbulos que los individuos más grandes, y el número de lóbulos también puede diferir entre los lados izquierdo y derecho en individuos de la misma especie y también en otras especies. En nuestro estudio utilizamos organismos de 7 meses de edad, lo que pudo marcar la diferencia en el número de lóbulos testiculares reportados.

Los conductos deferentes en *Litopenaeus vannamei* muestran la misma estructura general descrita para otras especies del género (King, 1948; Malek & Bawab, 1974; Ro *et al.*, 1990; Bauer & Cash, 1991). El conducto deferente medio en *Litopenaeus vannamei* fue descrito por Chow *et al.* (1991a), está compuesto por dos ductos independientes que corren paralelamente a lo largo de todo el conducto. El ducto espermático, transporta la masa espermática, y el ducto accesorio, de diámetro menor, secreta las primeras capas que envuelven la masa espermática en el espermatóforo. Durante la disección del aparato reproductor fue fácil observar el ducto espermático por ser el más ancho en

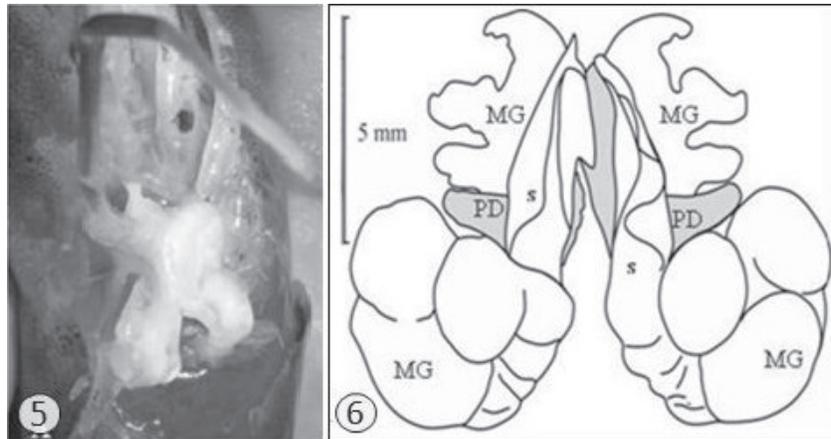


Figura 5-6. Vista dorsal del espermatóforo compuesto de *Litopenaeus vannamei* parchado en una hembra en posición longitudinal (5) Fotografía; (6) esquema (S solapa, MG material glutinoso, PD placa dorsal).

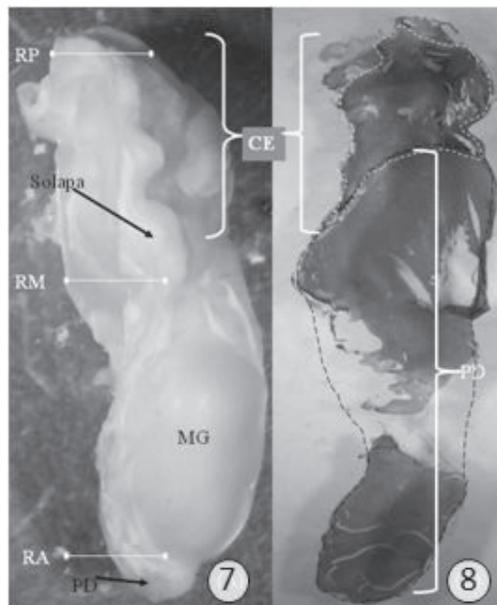


Figura 7-8. Saco espermático de *Litopenaeus vannamei*. (7) Vista estereoscópica ventro lateral del segmento derecho del espermatóforo compuesto fijado en solución Bouin 1.0X (RP región posterior, RM región media, RA región anterior, PD placa dorsal (segmento externo no cubierto por material glutinoso), CE cámara espermática, Solapa, MG material glutinoso). (8) Laminilla de corte a 6 µm del segmento derecho del espermatóforo compuesto en posición longitudinal, tinción PAS-Hematoxilina 1.2X.

su diámetro. Adicionalmente, al hacer la disección, también se identificó la división de las porciones ascendente y descendente por su posición anatómica. Por otro lado, la disección del conducto medio, permitió la fácil observación de los ductos espermático y accesorio, que pudieron distinguirse a simple vista. Tales

ductos, espermático y accesorio, también son observados en otras especies como *L. setiferus*, en donde se han descrito con mayor detalle las capas que los componen y la función de cada uno de ellos (Ro *et al.*, 1990).

El conducto deferente distal en *Litopenaeus vannamei* es semejante al de otras especies de camarones, es el más delgado y largo con respecto a las otras secciones del conducto. Los estudios de Ro *et al.* (1990) en *L. setiferus*, describen que por este conducto posterior pasa la masa espermática y otras sustancias hacia el ámpula terminal por medio de leves contracciones del tejido muscular. Este conducto en *L. vannamei* y en otras especies ha recibido poca atención, por lo que es necesario realizar estudios que permitan conocer bien la estructura histológica del mismo.

Por otro lado, en *L. vannamei* se encontró un área diferenciada por su forma, ubicada entre el conducto deferente proximal y el conducto deferente medio. Dicha región ha sido observada en especies como *L. kerathurus* (Malek & Bawab, 1974) y *L. setiferus* por Ro *et al.* (1990) y la denominaron saco ciego. Nosotros observamos que es difícil su identificación ya que parece ser una extensión del conducto deferente medio, sin embargo Ro *et al.* (1990) describen que este saco ciego tiene la función de retener, por un corto periodo, los espermatozoides para empaquetarlos en una masa pegajosa que pasa por los conductos deferentes.

El ámpula terminal tiene forma distinta en cada especie. En *Litopenaeus vannamei* es piriforme, con una porción lobulada de ductos blanquecinos en forma de rayas (Chow *et al.*, 1991a). La estructura y forma de esta ámpula terminal en las diferentes especies del género *Penaeus* (King, 1948; Chow *et al.*, 1991a; Bauer & Cash, 1991) puede ser utilizada para construir una clave taxonómica para la identificación de las especies (Bauer & Cash, 1991). La estructura interna del ámpula de *L. vannamei* fue descrita por

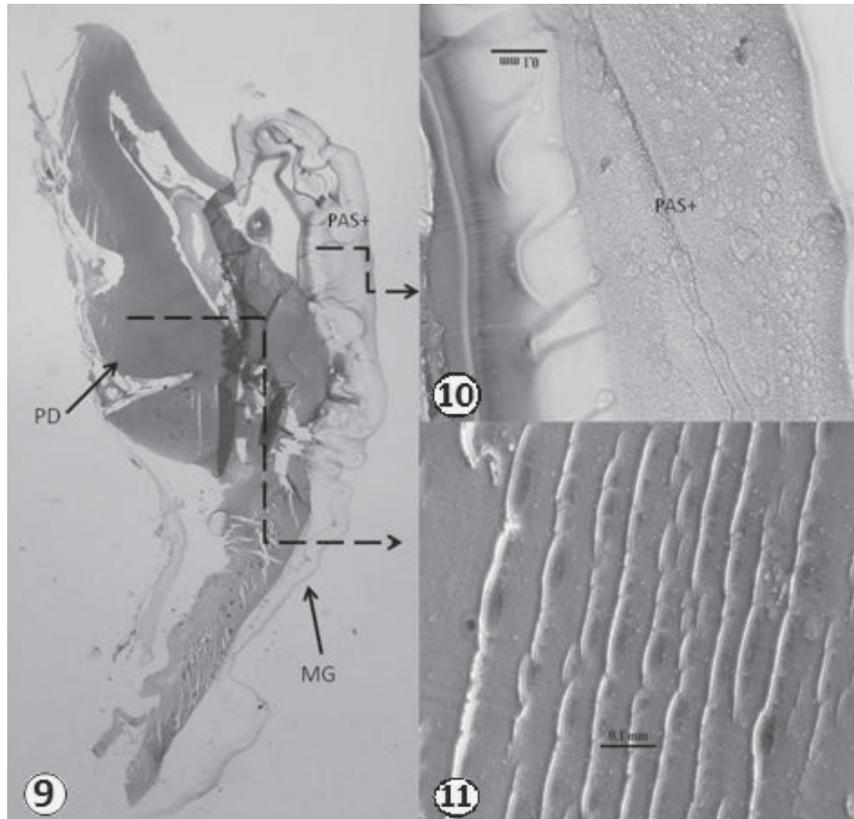


Figura 9-11. Laminilla de corte a 6 µm del segmento derecho de un espermatóforo compuesto en posición longitudinal. (9) Placa dorsal rodeada por material glutinoso 16X. Fotomicrografías de cortes a 6 µm. (10) Material glutinoso, (11) Sección de placa dorsal. Tinción PAS-Hematoxilina. Longitud de la barra 0.1 mm

Chow *et al.* (1991a), cada ámpula está compuesta de cuatro cámaras interconectadas que secretan las capas que componen cada saco espermático.

La primera descripción anatómica del espermatóforo de *Litopenaeus vannamei* fue realizada por Pérez-Farfante (1975), quien mencionó estar compuesto por dos sacos espermáticos liberados por su respectiva ámpula terminal y constituidos de material glutinoso, de una placa dorsal larga y solapas. Las paredes de estos sacos espermáticos a lo largo de sí mismos, presentan tres regiones distintas, una pared ventral espesa y opaca, otra lateral, delgada y translúcida; y una abundante pared dorsomedial. De acuerdo a ese autor, el espermatóforo en las especies del género *Penaeus*, difiere en la forma y el tamaño de las estructuras que lo componen. En *L. vannamei* observamos que estas estructuras son difíciles de identificar a simple vista en cada parte del espermatóforo, ya que el material glutinoso y las demás estructuras que lo conforman, presentan un color blanquecino y opaco que dificulta su observación. En las diferentes muestras obtenidas, lo más visible a simple vista fue el borde de la placa dorsal, debido a su estructura dura y su color amarillento, ligeramente más oscuro que el material que la rodea. También el material glutinoso

se identificó fácilmente por su consistencia pegajosa. Chow *et al.* (1991a) describen las estructuras del espermatóforo de *L. vannamei* con base en su formación dentro del ámpula terminal, y comparan la terminología usada por Pérez-Farfante (1975) y Talbot *et al.* (1989), con las capas que se forman y que rodean cada masa espermática dentro del ámpula. En los cortes a 6 micras de este saco espermático, observamos dos de las tres capas que lo componen, así como la placa dorsal y el material glutinoso.

Para *Litopenaeus vannamei*, la placa dorsal es la más larga de las cinco especies descritas por Pérez-Farfante (1975). En nuestro trabajo observamos que esta placa se secciona a la altura de la parte media del espermatóforo. Esta división permite que cada saco espermático del espermatóforo se doble ligeramente hacia la porción ventral de la hembra, una vez que el macho lo deposita sobre el tégico. En cada saco espermático se observó que la mayor concentración de espermatozoides se encuentra en la región distal y que esta masa espermática está rodeada por una segunda capa, que King (1948) denominó sustancia gelatinosa. Adicionalmente, esta masa está rodeada por una pared de material glutinoso, distribuido principalmente a lo largo de la parte proximal media de cada saco.

De acuerdo con nuestros resultados, para la evaluación de la calidad espermática y la inseminación artificial en esta especie, solo debería usarse la parte media distal del espermatóforo con la finalidad de tener una mayor concentración de espermatozoides. Por otro lado, con respecto a los testículos es necesario realizar más observaciones, orientadas a conocer cómo se van formando los lóbulos testiculares y en qué etapa de crecimiento se incrementa el número de ellos en cada par de testículos, así como conocer su relación con la calidad reproductiva de los machos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Maricultura del Pacífico por los organismos proporcionados para realizar el estudio. A CONACYT por la beca para estudios de maestría de la primera autora (no. registro 220146), y por los apoyos otorgados a través de Innovapyme 2011, Proyecto 158798. Al INECOL por permitir el uso de sus instalaciones y equipo. A Sebastián Cabrera Peralta por la edición de figuras y esquemas.

REFERENCIAS

- BAUER, R. T. 1996. Role of the petasma and appendices masculinae during copulation and insemination in the penaeoid shrimp, *Sicyonia dorsalis* (Crustacea: Decapoda: Dendobranchiata). *Invertebrate Reproduction and Development* 29 (3): 173-184.
- BAUER, R. T. & C. E. CASH. 1991. Spermatophore structure and anatomy of the ejaculatory duct in *Penaeus setiferus*, *P. aztecus* and *L. duorarum* (Crustacea: Decapoda); homologies and functional significance. *Transactions of the American Microscopical Society* 110: 144-162.
- BAUER, R. T. & L. J. MIN. 1993. Spermatophores and plug substance of the marine shrimp *Trachypenaeus similis* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) formation in the male reproductive tract and disposition in the inseminated female. *Biology Bulletin* 185: 174-185
- BELL, T. A. & D. V. LIGHTNER. 1989. A Handbook of Normal Penaeid shrimp Histology. Ed. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 114 p.
- CHAMPION, H. F. B. 1987. The functional anatomy of the male reproductive system in *Penaeus indicus*. *Journal of the Zoological Society of Southern Africa* 22 (1): 297-307.
- CHOW, S., M. M. DOUGHERTY, W. J. DOUGHERTY & P. A. SANDIFER. 1991a. Spermatophore formation in the white shrimps *Penaeus setiferus* and *L. vannamei*. *Journal of Crustacean Biology* 11:1-216.
- CHOW, S., M. M. DOUGHERTY, W. J. DOUGHERTY & P. A. SANDIFER. 1991b. Unusual testicular lobe system in the white shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1761) and *L. vannamei* Boone, 1931 (Decapoda, Penaeidae); a new character for dendobranchiata? *Crustaceana* 60: 304-318
- FENUCCI, J. L. 1988. Manual para la cría de camarones peneidos. Food and Agriculture Organization (FAO). *Documento de campo* 8: 1-88
- GARZA-TORRES, R., R. CAMPOS-RAMOS, A. M. MAEDA-MARTÍNEZ. 2009. Organogenesis and subsequent development of the genital organs in female and male Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. *Aquaculture* 296: 136-142.
- GUITART, B., E. GONZÁLEZ, R. REYES & I. FRAGA. 1985. Descripción del aparato reproductor masculino de *Penaeus notialis* y *Penaeus schmitti*. *Revista Cubana de Investigación Pesquera* 10: 41-58.
- HUO, A. 1981. Reproductive system of a species of *Penaeus* (Decapoda). *Bangladesh Journal Zoology* 8: 81-88.
- KING, J. E. 1948. A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus). *Biology Bulletin* 94: 244-262.
- LANGERON, M. 1969. *Précis de microscopie*. 7ème. édition. Masson et Cie. Paris. 1430 p.
- MALEK, S. R. A. & F. M. BAWAB. 1974. The formation of the spermatophore in *Penaeus kerathurus* (Forskál, 1775) (Decapoda, Penaeidae). II. The deposition of the main layers of the body and of the wing. *Crustaceana* 27: 73-83.
- MARTINEZ, M. I. 2002. Técnicas básicas de anatomía, microscopía y morfometría para estudiar los insectos. *Boletín. Sociedad Entomológica Aragonesa* 30: 187-195.
- MORALES-UENO, K., H. H. MONTALDO, A. MARTÍNEZ-ORTEGA, C. PANIAGUA-CHÁVEZ & H. CASTILLO-JUÁREZ. 2013. An extender solution for the short-term storage of *Litopenaeus vannamei* sperm to be used in artificial insemination. *Aquaculture Research* 44: 1254-1258.
- PÉREZ FARFANTE, I. 1969. Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus* U.S. Fish Wild Service. *Fishery Bulletin* 67: 461-470
- PÉREZ FARFANTE, I. 1975. Spermatophores and thelyca of the American white shrimps, genus *Penaeus*, subgenus *Litopenaeus*. *Fishery Bulletin* 73: 463-486.
- PÉREZ FARFANTE I. 1988. Illustrated key to the penaeoid shrimps of commerce in the Americas, NOAA Technical Report NMFS No. 64. 32 p.
- RO, S., P. TALBOT, J. LEUNG-TRUJILLO & A. L. LAWRENCE. 1990. Structure and function of the vas deferens in the shrimp *Penaeus setiferus*: segments 1-3. *Journal Biology Crustacea* 10: 455-468.
- TALBOT, P., D. HOWARD, J. LEUNG-TRUJILLO, T. W. LEE, W. Y. LI, H. RO & A. L. LAWRENCE. 1989. Characterization of male reproductive tract degenerative syndrome in captive penaeid shrimp (*Penaeus setiferus*). *Aquaculture* 78: 365-377.

Recibido: 24 de abril de 2012.

Aceptado: 21 de febrero de 2013.