

Short Communication

**Transferencia de espermátóforos en el camarón de roca *Rhynchocinetes typus*
(Caridea: Rhynchocinetidae)**

Rubí Martínez¹ & Enrique Dupré¹

¹Departamento de Biología Marina, Universidad Católica del Norte
Casilla 117, Coquimbo, Chile

RESUMEN. Se estableció la forma en que los machos del camarón *Rhynchocinetes typus* transfieren los espermátóforos durante la cópula. La fecundación es externa y durante el apareamiento, el primer y segundo par de pleópodos masculinos tienen una activa participación en la transferencia de espermátóforos al esternito de la hembra. La participación de estos pleópodos se determinó mediante el número de ovocitos fecundados que presentaron hembras que fueron apareadas con machos sexualmente maduros del tipo *robustus* con el 1° y/o 2° par de pleópodos amputado. Los resultados demostraron que las hembras apareadas con machos sin el primer y segundo par de pleópodos no fueron fecundadas y aquellas que fueron apareadas con machos sin el primer o el segundo par de pleópodos presentaron un 1,82% y 0,04% de ovocitos fecundados respectivamente, en relación a aquellas apareadas con machos sin amputación (100%). Estos resultados indican que ambos pares de pleópodos participan en la transferencia espermática.

Palabras clave: crustáceos, apareamiento, gonopodos, pleópodos, fecundación, *Rhynchocinetes typus*.

**Spermatophores transference in the rock shrimp *Rhynchocinetes typus*
(Caridea: Rhynchocinetidae)**

ABSTRACT. The manner in which males of the rock shrimp *Rhynchocinetes typus* transfer spermatophores during mating was determined. Fecundation is external. The first and second pair of male pleopods play an active role in the transfer of sperm to the female's sternite. The participation of these pleopods was determined by amputating the first, second, or both pairs of pleopods of sexually mature males of the type *robustus*. The number of fertilized eggs in the females was then counted. No fertilization was observed in the females that had mated with males lacking both the first and second pairs of pleopods. Females that had mated with males without either the first or second pair of pleopods presented (1.8% and 0.04%) fewer fertilized eggs than those females that had mated with intact males (100%). These results indicate that both pairs of pleopods participate in the transfer of sperm.

Keywords: crustaceans, mating, gonopods, pleopods, fecundation, *Rhynchocinetes typus*.

Corresponding author: Enrique Dupré (edupre@ucn.cl)

La fecundación en *Rhynchocinetes typus* es externa. El macho transfiere los espermátóforos hacia la región ventral del cefalotórax de la hembra o esternito posterior torácico, donde los ovocitos desovados pasan desde los gonopodos hacia el abdomen (Correa *et al.*, 2000). Los ovocitos fecundados quedan adheridos a las setas de los pleópodos y son portados por la hembra durante su desarrollo embrionario hasta la eclosión de la larva (Bauer & Abdalla, 2001). La duración del desarrollo embrionario varía de acuerdo a

la temperatura del agua (21 días a 19-21°C y 52 días a 13-14°C) (Dupré *et al.*, 1992). Luego de la eclosión de las larvas, las hembras mudan durante la noche o en la madrugada con escasa luminosidad (Correa *et al.*, 2000; Abadalla & Bauer, 2001; Hinojosa, 2001; Díaz, 2002). Doce horas después de la muda, la hembra está receptiva para el apareamiento por un período máximo de 36 h (Correa, 2001).

La transferencia de espermátóforos durante el apareamiento en carideos, consiste en movimientos

repetidos de la unión tórax-abdomen del macho hacia la parte ventral de la hembra. Este movimiento es muy rápido, lo cual dificulta la observación del mecanismo de transferencia de espermátóforos (Correa & Thiel, 2003).

Mediante análisis morfológicos y observaciones de apareamiento de las especies *Heptacarpus pictus*, *Atya innocous* y *Palaemonetes pugio*, se ha determinado que el 1° par de pleópodos y los apéndices masculinos del 2° par, participan en la transferencia de espermátóforos hacia el esternito posterior torácico de la hembra durante el apareamiento (Bauer, 1976; Felgenhauer & Abele, 1982; Berg & Sandifer, 1984). Un mecanismo sustancialmente diferente ha sido sugerido para *Crangon crangon*, que es otra especie de Caridea. Estos machos aparentemente transfieren sus productos sexuales directamente desde sus gonoporos hacia el oviducto de la hembra, resultando una fecundación interna de los ovocitos (Boddeke *et al.*, 1991).

Se ha establecido el comportamiento reproductivo de *R. typus* (Correa *et al.*, 2000), sin embargo, no hay antecedentes de la forma en que el macho transfiere los espermátóforos a la hembra durante el apareamiento y su entendimiento puede ser de gran importancia para posteriores estudios que relacionen las características de la transferencia espermática, con la adaptación a la conducta social reproductiva de esta especie.

Los machos y hembras del camarón de roca *R. typus* se obtuvieron mediante buceo autónomo, entre julio de 2007 y enero 2008, desde el submareal rocoso (profundidad media: 6 m) de la bahía La Herradura, Coquimbo (29°59'S, 71°22'W). Se seleccionó hembras ovígeras para obtener hembras maduras y receptivas para el apareamiento y machos sexualmente maduros del tipo *robustus* (Correa *et al.*, 2000). Para los experimentos se utilizaron 32 hembras y 32 machos los cuales fueron separados dentro de estanques de 100 L, con flujo continuo de aire y agua de mar filtrada a temperatura ambiente (14,5°-18°C), con una red de 5 µm de malla. Se alimentaron diariamente con trozos de pescado fresco.

Para obtener hembras receptivas para el apareamiento, diariamente se revisó la presencia de exuvias en el estanque de hembras y se identificó a aquellas mudadas según la textura blanda del exoesqueleto. Luego, se depositaron en un acuario de 20 L para aparearlas al día siguiente con los machos experimentales.

Para determinar la participación de los pleópodos en la transferencia espermática, se formaron tres

grupos experimentales de machos (G1, G2, G3) y un grupo control. Cada grupo estuvo constituido por ocho ejemplares entre 16 y 21 mm de longitud cefalotorácica. A cada grupo se le amputó el 1° y/o 2° par de pleópodos (Fig. 1) con una tijera incandescente que permite la cauterización inmediata. Posteriormente, los ejemplares amputados se depositaron individualmente en acuarios de 20 L con flujo de agua y aireación constante, sin alimentación durante los dos primeros días post-amputación para evitar infección. Desde el 3^{er} día fueron alimentados diariamente. Este proceso de recuperación fue por un período de siete días como mínimo.

Transcurrido el período de recuperación, cada macho amputado fue ubicado con una hembra receptiva en un acuario de 2 L con agua de mar sin recambio ni flujo de aire. Se observó cada apareamiento desde el inicio del cortejo hasta la liberación de la hembra que marca el final del cortejo. Luego, cada hembra fue depositada en un estanque individual para posteriormente contar los ovocitos fecundados. La masa total de huevos fue separada de la hembra y contada directamente bajo un microscopio estereoscópico Nikon con 20 aumentos. Previo al conteo de embriones, a cada hembra apareada se le midió la longitud del cefalotórax desde el margen post-orbital hasta el borde posterior medio del cefalotórax.

Se consideró como ovocito fecundado o embrión a aquel ovocito desovado que permaneció adherido por al menos 13 días post-apareamiento, ya que según experimentación previa, aquellos ovocitos que no son fecundados se desprenden antes de este tiempo.

Para comparar el número de ovocitos fecundados entre las hembras apareadas con machos de los distintos grupos experimentales, se realizó un test de ANOVA. Los resultados mostraron que las hembras que fueron apareadas con machos sin amputación o grupo control (C), presentaron un promedio de 1.677 embriones adheridos a los pleópodos, lo cual fue considerado como el 100% de embriones (Tabla 1). Las apareadas con machos a los cuales se les ablacionó tanto el primer como el 2° pleópodo, no presentaron huevos fecundados ni embriones. Aquellas hembras apareadas con machos sin el 1° ó 2° par de pleópodos presentaron, respectivamente, un 4,8% y 0,04% de embriones (los cuales son altamente significativos respecto al grupo control) (Tabla 1).

Cuando se determinó el número de hembras que presentaban al menos un ovocito fecundado en sus pleópodos (hembras fecundadas) después de ser apareadas con machos de cada uno de los grupos experimentales, se observó la misma tendencia señalada anteriormente (Fig. 2). De las hembras que

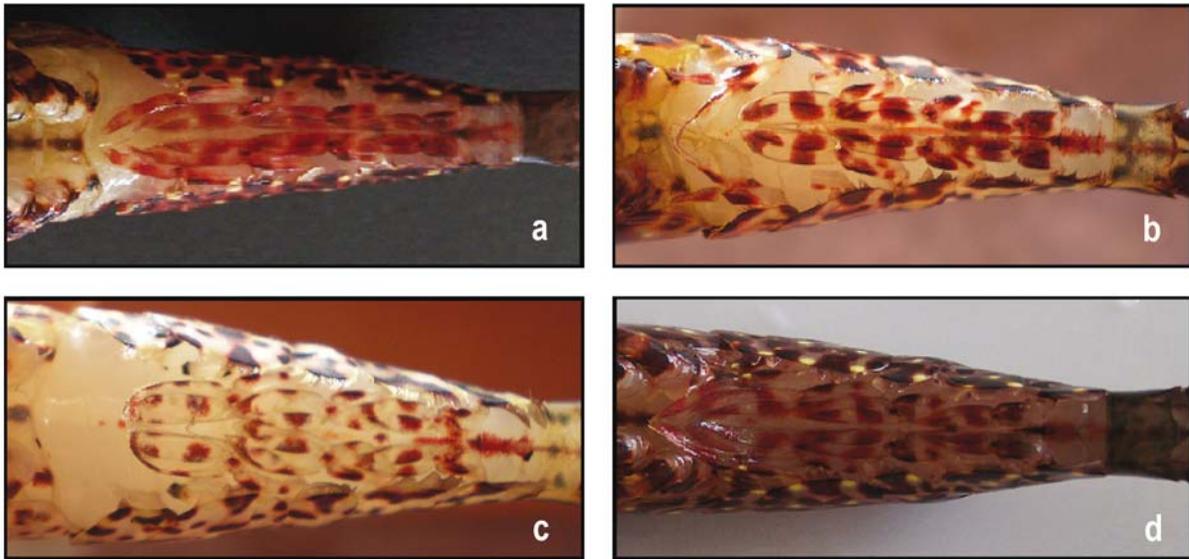


Figura 1. Vista ventral del abdomen de *Rhynchocinetes typus*. a) Gupo G1: primer par de pleópodos amputado, b) Grupo G2: segundo par de pleópodos amputado. c) Grupo G3: primer y segundo par de pleópodos amputado, d) Grupo control: machos sin amputación de pleópodos.

Figure 1. Ventral view of the abdomen of *Rhynchocinetes typus*. a) Group G1: first pair of pleopods amputee, b) Group G2: second pair of pleopods amputee. c) Group G3: first and second pair of pleopods amputee, d) Control group: males without amputation of pleopods.

Tabla 1. Porcentaje promedio, respecto al control y rango de ovocitos fecundados presentes en el abdomen de las hembras apareadas con los machos de los diferentes grupos experimentales.

Table 1. Average percentage regard to control and rank of oocytes fertilized who remain in the abdomen of females after mating with the males of different experimental groups.

Grupos experimentales	Pleópodos amputados	Embriones adheridos a los pleópodos		
		Número promedio y desviación estándar	Porcentaje respecto al control %	Rango
G1	1° par	30,6 ± 35,5	1,82	0 - 93
G2	2° par	0,75 ± 1,2	0,04	0 - 3
G3	1° y 2° par	0	0	0
Control	Sin amputación	1677 ± 102	100	1072 - 2497

fueron apareadas con machos del grupo control, el 100% fueron fecundadas, promediando 1.677 embriones por hembra. De las hembras apareadas con machos sin el primer par de pleópodos el 87,5% fueron fecundadas con un promedio de 30,6 embriones por hembra, en cambio sólo tres hembras (37,5%) de aquellas apareadas con machos sin 2° par fueron fecundadas con un promedio de 0,75% (entre 0 y 3%) embriones por hembra (Fig. 2).

La ausencia de pleópodos no alteró la conducta de apareamiento del macho amputado y todos ellos

realizaron eventos de transferencia de espermatóforos. Esto ha sido demostrado también para otras especies en que se han realizado experimentos de amputación (Bauer, 1976; Berg & Sandifer, 1984; Zhang & Lin, 2004).

Los resultados indican que los dos primeros pares de pleópodos participan en la transferencia espermática, actuando como gonopoditos durante el apareamiento. De acuerdo con lo establecido para otras especies de Caridea, como *Heptacarpus pictus*, *Atya innocous* y *Palaemonetes pugio* (Bauer, 1976;

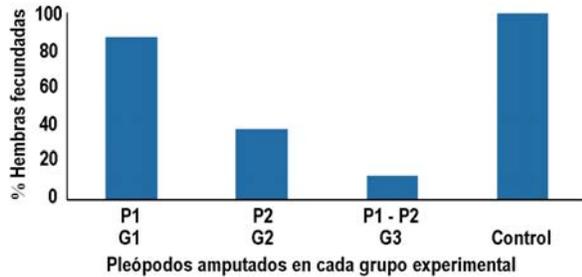


Figura 2. Porcentaje de hembras con huevos fecundados o embriones en sus pleópodos 13 días después de ser apareadas con machos con pleópodos amputados. P1, machos sin el primer par de pleópodos. P2, machos sin el segundo par de pleópodos. P1-P2, machos sin el primer y segundo par de pleópodos. G1, G2, G3, grupos experimentales 1, 2 y 3.

Figure 2. Percentage of females carried fertilized oocyte or embryos on the pleopods 13 days after mating with males with ablated pleopods. P1, P2, male devoid of first, second pleopods. P1-P2, males devoid of the first and the second pair of pleopods. G1, G2, G3, experimental groups 1, 2 and 3.

Felgenhauer & Abele, 1982; Berg & Sandifer, 1984) y la morfología de los dos primeros pares de pleópodos (Martínez & Dupré, 2010), se puede sugerir que probablemente el 1° par de pleópodos es el encargado de recibir los espermatozoides y los endopoditos del 2° par probablemente impulsan los espermatozoides desde el 1° par hacia el esternito de la hembra, principalmente a través del apéndice masculino.

El menor porcentaje de fecundación al amputar el segundo par de pleópodos se debió probablemente a que los espermatozoides no pueden ser empujados desde el 1° par de pleópodos hacia el cuerpo de la hembra, ya que falta la estructura especializada para empujar los espermatozoides y los tres casos en que algún ovocito quedó fecundado se debieron probablemente a que alguno de los adhesivos espermatozoides, que quedaron esparcidos en el agua, tomó contacto con el abdomen de la hembra por algún momento durante el apareamiento. En cambio, al amputar el 1° par de pleópodos los espermatozoides extruídos pueden quedar adheridos a los 2° endopoditos y ser empujados hacia la hembra.

Aún cuando el presente estudio evidenció que estos dos pares de pleópodos tienen una importante participación en la transferencia de los espermatozoides y, por lo tanto, en la fecundación de los ovocitos desovados, es necesario continuar con los experimentos de amputación para conocer la participación que tiene cada rama de ambos pares de gonopoditos, para conocer el completo funcionamiento de los pleópodos durante la transferencia de

espermatozoides y así poder asociar la adaptación morfológica-conductual de los gonopoditos como una respuesta a la conducta social sexual de la especie.

REFERENCIAS

- Bauer, R. 1976. Mating behavior and spermatophore transfer in the shrimp *Heptacarpus pictus* (Stimpson) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). *J. Nat. Hist.*, 10: 415-440.
- Bauer, R. & J. Abdalla. 2001. Male mating tactics in the shrimp *Palaemonetes pugio* (Decapoda: Caridea): precopulatory mate guarding vs. pure searching. *Ethology*, 107: 185-199.
- Berg, A. & P. Sandifer. 1984. Mating behavior of the grass shrimp *Palaemonetes pugio* Holthuis (Decapod: Caridea). *J. Crust. Biol.*, 4: 417- 424.
- Boddeke, R., J. Bosschieter & P. Goudswaard. 1991. Sex change, mating, and sperm transfer in *Crangon crangon* (L.). In: R. Bauer & J. Martin (eds.). *Crustacean sexual biology*. Columbia University Press, New York, pp.164-182.
- Correa, C., J. Baeza, E. Dupré, I. Hinojosa, & M. Thiel. 2000. Mating behavior and fertilization success of three ontogenetic stages of male rock shrimp *Rhynchocinetes typus* (Decapoda: Caridea). *J. Crust. Biol.*, 20: 628-640.
- Correa, C. 2001. Ecología del comportamiento en el camarón de roca *R. typus* Milne-Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Rhynchocinetidae): polimorfismo intrasexual. Tesis de Biología Marina. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 61 pp.
- Correa, C. & M. Thiel. 2003. Mating system in caridean shrimp (Decapoda: Caridea) and their evolutionary consequences for sexual dimorphism and reproductive biology. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 76: 187-203.
- Díaz, E. 2002. Comunicación sexual en el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* Milne-Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Rhynchocinetidae). Tesis de Biología Marina. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 36 pp.
- Dupré, E., G. Bellolio & K. Lohrmann. 1992. Desarrollo embrionario del camarón de roca (*Rhynchocinetes typus* H. Milne-Edwards, 1837), en condiciones de laboratorio. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 65: 435-442.
- Felgenhauer, B. & L. Abele. 1982. Aspects of mating behavior in the tropical freshwater shrimp *Atya innocuous* (Herbst). *Biotropica*, 14(4): 296-300.
- Hinojosa, I. 2001. Habilidad de apareamientos múltiples de los machos y elección críptica de la hembra en el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* Milne-Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Rhyncho-

- cinetidae). Tesis de Biología Marina. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 47 pp.
- Martínez, R. & E. Dupré. 2010. Morfología comparada de los pleópodos del macho de *Rhynchocinetes typus* (Caridea: Rhynchocinetidae). Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 41(1): 187-194.
- Zhang, D. & J. Lin. 2004. Fertilization succes without anterior pleopods in *Lysmata wurdemanni* (Decapoda: Caridea), a protandric simultaneous hermaphrodite. J. Crust. Biol., 20: 470-473.

Received: 01 August 2007; Accepted: 29 March 2010