

# Ensayo de Investigación

## Ablación en jaibas (*Callinectes*), una posible técnica para reproducción

Recibido: 12-10-2020 Aceptado: 30-06-2022 (Artículo Arbitrado)

### Resumen

En la acuicultura desde hace varias décadas se han utilizado técnicas para inducir la maduración ovárica en crustáceos en el que destaca la ablación, sin embargo, son pocos los estudios que hay del efecto de dicha técnica en el manejo de los reproductores de *Callinectes arcuatus*. El objetivo del estudio fue determinar, el impacto de la ablación ocular unilateral sobre el comportamiento de reproductores de *C. arcuatus* a nivel de laboratorio. Las jaibas capturadas se aclimataron durante 24 h y se alimentaron diariamente con trozos de tilapia. Se utilizaron 180 organismos en intermuda e inmaduros para los bioensayos. Los tratamientos fueron control (C), squash (TS) y ligación (TL) por triplicado, con una duración de 96 h. Previo a la ablación fueron anestesiados (Xilocaína 5 %). La observación mayormente presentada tanto en machos como hembras fue el reposo, seguido de la alimentación. En las hembras se observó la menor agresividad (<5 %). En los TS y TL, se mitigaron los indicadores de dolor y se observó mayor consumo de alimento.

### Abstract

Techniques have been used in aquaculture for several decades to induce ovarian maturation in crustaceans, in which eyestalk ablation stands out, nevertheless, there are few studies on the effect of this technique in the management of *Callinectes arcuatus* breeders. The objective of the study was to determine the impact of unilateral eyestalk ablation on the behavior of *C. arcuatus* breeders at the laboratory level. The captured crabs were acclimatized for 24 h and fed daily with pieces of tilapia. For the bioassays, 180 intermolt and immature organisms were used. The treatments were control (C), squash (TS) and ligation (TL) in triplicate, with a duration of 96 h. Prior to ablation, they were anesthetized (Xylocaine 5 %). The observation mostly presented in both males and females was rest, followed by feeding. The least aggressiveness (<5 %) was observed in females. In the TS and TL, pain indicators were mitigated, and higher food consumption was observed.

### Résumé

Des techniques sont utilisées en aquaculture depuis plusieurs décennies pour induire la maturation ovarienne chez les crustacés, dans lesquelles l'ablation se distingue, cependant, il existe peu d'études sur l'effet de cette technique dans la gestion des reproducteurs de *Callinectes arcuatus*. L'objectif de l'étude était de déterminer l'impact de l'ablation oculaire unilatérale sur le comportement des reproducteurs de *C. arcuatus* au niveau du laboratoire. Les crabes capturés ont été acclimatés pendant 24 h et nourris quotidiennement avec des morceaux de tilapia. 180 organismes intermues et immatures ont été utilisés pour les essais biologiques. Les traitements étaient le contrôle (C), le squash (TS) et la ligature (TL) en triple exemplaire, d'une durée de 96 h. Avant l'ablation, ils ont été anesthésiés (xylocaïne 5 %). L'observation principalement présentée chez les mâles et les femelles était le repos, suivi de l'alimentation. La moindre agressivité (<5 %) a été observée chez les femelles. Dans le TS et le TL, les indicateurs de douleur ont été atténués et une consommation alimentaire plus élevée a été observée.

Ruth Escamilla Montes<sup>3</sup>

Genaro Diarte Plata<sup>3\*\*</sup>

Irma Vargas Tellez<sup>2\*</sup>

Juan Francisco Arzola González<sup>1,2</sup>

José Cristobal Román Reyes<sup>1,2</sup>

Martín Ignacio Borrego<sup>1</sup>

Idalia Armenta Leal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Mar

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos  
Universidad Autónoma de Sinaloa

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional  
CIIDIR - Unidad Sinaloa

Correspondencia:

\*:irmatellez\_facimar@uas.edu.mx

\*\*gdiarte@ipn.mx

**Palabras clave:** Ablación unilateral, *Callinectes arcuatus*, Hormonas, Acuicultura

**Keywords:** Unilateral ablation, *Callinectes arcuatus*, Hormones, Aquaculture.

**Mots-clés:** Ablation unilatérale, *Callinectes arcuatus*, Hormones, Aquaculture.

### Introducción

Recientemente, se ha presentado un creciente interés en el cultivo de la jaiba (Vega-Villasante, 2014), pues constituye un recurso acuático importante por su calidad alimenticia. Particularmente *C. arcuatus* presenta un alto valor nutricional, es rica en proteínas, bajo contenido de colesterol y pocos carbohidratos (Escamilla-Montes et al., 2013). En el sur de México, el cultivo de jaiba está orientado a la obtención de jaiba suave con organismos capturados en estadios previos a la muda, y no a la reproducción de esta, como ocurre con otros crustáceos comerciales como el camarón. Sin embargo, recientemente en el noroeste del país, y en particular

en el estado de Sinaloa, se está llevando a cabo la obtención de jaiba suave o blanda.

Se conoce que el proceso de reproducción de la jaiba está íntimamente relacionado con la muda, pues las hembras pueden copular sólo e inmediatamente después de que han realizado el cambio de exoesqueleto (muda) y cuando éste se conserva aún suave (Vega-Villasante, 2014). Por lo que, comprender y controlar los procesos reproductivos, así como el manejo de los reproductores en cautiverio representaría una ventaja biológica y económica para el manejo de esta especie a nivel de cultivos (Ikhwannuddi, Adnan, Syahnnon, Abol-Munafi, 2019).

En la acuicultura se han utilizado técnicas para inducir la maduración ovárica en crustáceos que tienen reproducción estacional aplicando diversos métodos como 1) la modificación de las variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto del agua) (Hoang, Lee, Keenam, Marsden, 2002; Díaz, Souza, Cuartas, Petriella, 2003), así como 2) la implantación de ganglios (Yano, Tsukimura, Nweeney, Wyban, 1988), 3) la aplicación de hormonas y generalmente por 4) ablación del pedúnculo ocular (Oliveira y Correa, 1999).

La ablación del pedúnculo ocular es la eliminación o constricción de uno (unilateral) o dos tallos oculares (bilateral) mediante un corte, cauterización o atadura (Aguñaga, Sainz-Hernández, Fierro-Coronado, Diarte-Plata, 2012). La ablación permite retirar las neurohormonas que inhiben la maduración gonadal y la muda, ocasionando la aceleración de estos procesos, dependiendo de cuál de ambos domina en el momento de la extirpación (Sardá, 1987; Huberman, 2000). Al eliminar el pedúnculo ocular, se extrae la glándula sinusal del órgano "X" (XOSG), que se encarga de sintetizar diversas hormonas como: hormona inhibidora de la muda (MIH), hormona inhibidora de la vitelogénesis (VIH) y hormona inhibidora de órganos mandibulares (MOIH), entre otras, por lo que funciones muy importantes, como la muda, la vitelogénesis, madurez sexual, la regulación de la maduración ovárica, la reproducción y el crecimiento se ven afectados por la ablación (Swetha, Sainath, Reddy, Reddy, 2011; Bhaskar, 2016; Kamaruding, Ismail, Ikhwannuddin, 2018).

El importante papel del complejo XOSG se demostró mediante los experimentos de ablación en el cangrejo violinista de arena *Leptuca pugilator*, en el

camarón *Penaeus plebejus* y en el langostino común *Palaemon serratus*. Desde entonces, la ablación se ha realizado en diversas especies como el langostino de río *Orconectes virulis*, el camarón de la india *Penaeus indicus*, el cangrejo rojo *Procambarus clarkii*, el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* y de manera comercial principalmente en el camarón blanco *Penaeus vannamei*. Son pocos los estudios que hay del efecto de la ablación en el manejo de los reproductores de *Callinectes arcuatus*, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar el impacto de la ablación ocular unilateral sobre el acondicionamiento (comportamiento) de reproductores de la jaiba café *C. arcuatus*, en condiciones de laboratorio.

## Metodología

Las jaibas de *C. arcuatus* fueron capturados en la bahía de Ohuira, en el campo pesquero Paredones Ahome, Sinaloa, México, en febrero de 2019, utilizando trampas tipo aros jaiberos (30 en una línea de lance) con carnada de *Mugil spp*, se instalaron por la mañana a las 6:00 am y se recogieron 15 minutos después. Los organismos fueron transportados al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) en Guasave, Sinaloa, México.

Los organismos se aclimataron en tinas de 2000 L durante 24 h con una salinidad de 30 ups a una temperatura de 26 °C con oxígeno disuelto mayor a 5 mg/l. y se alimentaron con trozos de *Oreochromis spp* dos veces al día.

Se utilizaron un total de 180 organismos, de los cuales se utilizaron por bioensayo de la siguiente manera: machos (n= 45), hembras (n= 45), machos con hembras (n= 90) en estadio de intermuda e inmaduros. Se dividieron aleatoriamente en un grupo control (n = 5 org/tina y 10 org/tina), tratamiento squash (TS) (n = 5 org/tina y 10 org/tina) y tratamiento con ligación (TL) (n = 5 org/tina y 10 org/tina), cada uno de los bioensayos con tres réplicas por tratamiento, con una duración de 96 h (ver la Tabla 1).

Los organismos fueron anestesiados con Xylocaine en gel al 5 %, el cual fue aplicado alrededor del pedúnculo ocular, siendo los tratamientos como se mencionan en la tabla 2.

En cada uno de los tratamientos se observó de manera continua el comportamiento de los organismos después de la ablación ocular en cada uno de los bioensayos, para determinar el efecto causado

**Tabla 1.** Variables morfométricas de los organismos utilizados en los bioensayos de ablación de *Callinectes arcuatus* a nivel laboratorio.

| Bioensayo               | Ancho de caparazón (cm) | Largo de caparazón (cm) | Peso Total (g) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| I. Machos               | 9.72 ± 1.0              | 4.92 ± 0.45             | 73.78 ± 20.2   |
| II. Hembras             | 8.21 ± 0.78             | 4.43 ± 0.57             | 47.41 ± 10.1   |
| III. Machos con Hembras |                         |                         |                |
| • Macho                 | 10.22 ± 1.3             | 5.05 ± 0.5              | 72.15 ± 21.1   |
| • Hembra                | 9.1 ± 0.63              | 4.52 ± 0.60             | 48.32 ± 12.1   |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Tratamientos con los tipos de ablación aplicados a las jaibas de *Callinectes arcuatus* en los bioensayos a nivel laboratorio.

| Tratamiento        |   |
|--------------------|---|
| TI. Control (GC)   | Xilocaina (50 µL; 5 %)  |
| TH. Squash (TS)    | Xilocaina (50 µL; 5 %) + Ablación squash: incisión en la periferia del ojo derecho con un bisturí quirúrgico y se extrajo su contenido del área traumatizada. |
| THH. Ligación (TL) | Xilocaina (50 µL; 5 %) + Ablación con hilo: ligadura en la parte inferior del pedúnculo ocular derecho para detener el flujo hormonal.                        |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Comportamientos presentes en los bioensayos de ablación unilateral del pedúnculo ocular en reproductores de la jaiba *Callinectes arcuatus* en condiciones de laboratorio.

| Comportamiento | Actividad                                     | Descripción  |
|----------------|---|--|
| Alimentación   | 1. Movimiento de la quela derecha e izquierda | -Frotamiento de los maxilípedos con alguna de las quelas.  |
|                | 2. Comer                                      | -Tomar alimento con las quelas y dirigirlo a la boca e ingesta del alimento                        |
| Movimiento     | 1. Adelante y en retroceso                    | -Desplazamiento de la jaiba alrededor de la tina, hacia delante y/o atrás.                         |
|                | 2. Nadar ("normal")                           | Avanzar en el agua:<br>-Con movimientos naturales de las pleópodos, sin tocar el fondo de la tina. |
|                | 3. Nadar hacia arriba                         | -Con movimientos naturales de las pleópodos, en la columna de agua hacia la superficie de la tina. |
|                | 4. Nadar en forma circular                    | -Con movimientos naturales de las pleópodos, de manera periférica por la tina.                     |
| Desorientación | 1. Zigzag                                     | Movimiento errático de la jaiba:<br>-De un lado a otro en la tina.                                 |
|                | 2. Giro en su eje                             | -En su propio eje.   |
|                | 3. Barrido                                    | -De los apéndices natatorios de manera circular  |
|                | 4. Movimiento de apéndice natatorios          | -De los apéndices natatorios hacia arriba y debajo de manera constante.                            |
|                | 5. Replegarse en la tina                      | -Al replegarse a las paredes de la tina  |
| Inactividad    | 1. Reposo                                     | -Permanecer en la tina sin hacer algún movimiento  |
|                | 2. Refugio                                    | -Quedarse dentro de los refugios sin moverse   |
|                | 3. Aproximación a las piedras difusoras       | -Permanecer cerca de las piedras difusoras de aire sin moverse                                     |
| Agresividad    | 1. Escala 0                                   | -Enfrentamiento de las jaibas sin tocarse.   |
|                | 2. Escala 1                                   | -Pinchazo de las jaibas y soltarse de las quelas   |
|                | 3. Agresividad 2                              | -Sometimiento por un tiempo corto  |
|                | 4. Agresividad 3                              | -Mutilación de alguna parte de la jaiba  |
|                | 5. Agresividad 4                              | -Muerte de la jaiba por enfrentamiento   |

Fuente: Elaboración propia.

por el tratamiento en los organismos a través de las variables: alimentación, movimiento, desorientación, reposo y agresividad y porcentaje de ingesta de alimento (ver la Tabla 3).

## Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis para los grupos de comportamiento alimentación, movimiento, desorientación, y reposo. Para el comportamiento de agresividad se aplicaron pruebas de Chi-cuadrada ( $\chi^2$ ) en las escalas de agresividad (0, 1, 2, 3, 4) incluidas en los tratamientos (C, TS y TL) para machos, hembras y machos-hembras. Todas las pruebas con un intervalo de confianza de 0.05 (Zar, 2010).

## Resultados

### Bioensayo de machos de *C. arcuatus*

En el experimento de los machos después de la ablación se registraron un total 7,099 observaciones. De las cuales el estado de reposo presentó el mayor porcentaje con un 42 % de todas las actividades presentadas ( $P < 0.05$ ), con respecto a la alimentación (29 %) ( $P > 0.05$ ), desorientación (19 %) ( $P > 0.05$ ), movimiento (5 %) y agresividad (5 %) ( $P > 0.05$ ) (ver la Figura 1a).

La alimentación, se observó mayormente en los tratamientos con ablación de TL = 37.21 % ( $P < 0.05$ ) y TS = 36.53 % ( $P < 0.05$ ) con respecto al control (26.25 %) ( $P < 0.05$ ) (ver la Figura 1b). Para el movimiento, el

mayor número de repeticiones se presentó en el TS con un 49.09 % con respecto al TL y el control con un 25.45 % ( $P < 0.05$ ) (ver la Figura 1b).

En el comportamiento de desorientación el mayor número de frecuencias se observó en el TS (38.68 %) ( $P < 0.05$ ) y TL (34.83 %) ( $P < 0.05$ ) respecto al control (26.47 %) ( $P < 0.05$ ) (ver la Figura 2a). El control presentó la mayor inmovilidad (41.94 %) ( $P < 0.05$ ) con respecto al TL (31.64 %) ( $P > 0.05$ ) y TS (26.43 %,  $P > 0.05$ ) (ver la Figura 1b).

Con respecto a la agresividad el tratamiento control presentó un mayor porcentaje de frecuencias de este comportamiento con un 37.20 % ( $P < 0.05$ ) con respecto a los tratamientos con ablación con un 30.87 % para TS y un 31.92 % para TL (ver la Figura 1b).

### Bioensayo de hembras de *C. arcuatus*

En el caso de las hembras después de haber realizado la ablación se observaron 10,302 actividades. En donde la alimentación y reposo presentaron el mayor porcentaje de repeticiones con un 33 % ( $P < 0.05$ ), mientras que el movimiento y la agresividad fueron los grupos con menor actividad (5 %) (ver la Figura 2a).

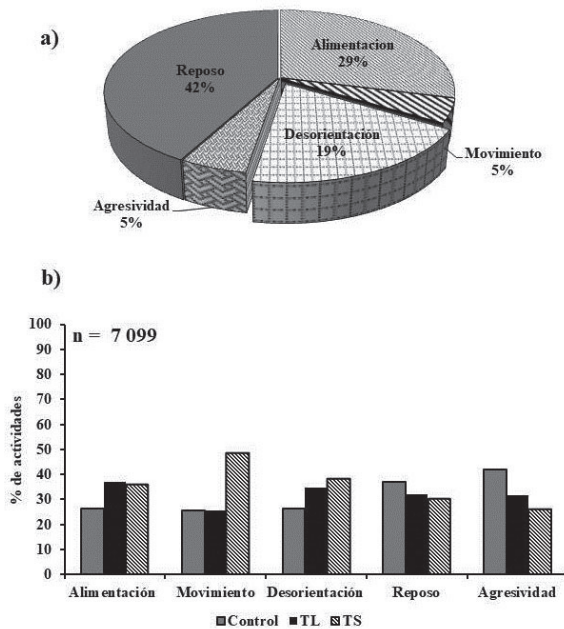
La alimentación del TL fue mayor (38.06 %) ( $P < 0.05$ ) en comparación al TS (33.37 %,  $P < 0.05$ ), y al control (28.56 %,  $P < 0.05$ ) (ver la Figura 2b).

En el TS se observó mayor movimiento con un 42.12 % ( $P < 0.05$ ), seguido del TL con 34.35 %, y el control con 23.51 % ( $P < 0.05$ ) (ver la Figura 2b). Las hembras del TL presentaron mayor desorientación (40.04 %,  $P < 0.05$ ) seguido de TS (39.44 %,  $P < 0.05$ ) en comparación al control (20.52 %,  $P > 0.05$ ) (ver la Figura 2b). La inactividad fue muy similar entre los tratamientos ( $C = 34.27$  %,  $TL = 33.34$  %,  $TS = 32.37$  %,  $P > 0.05$ ) (ver la Figura 2b).

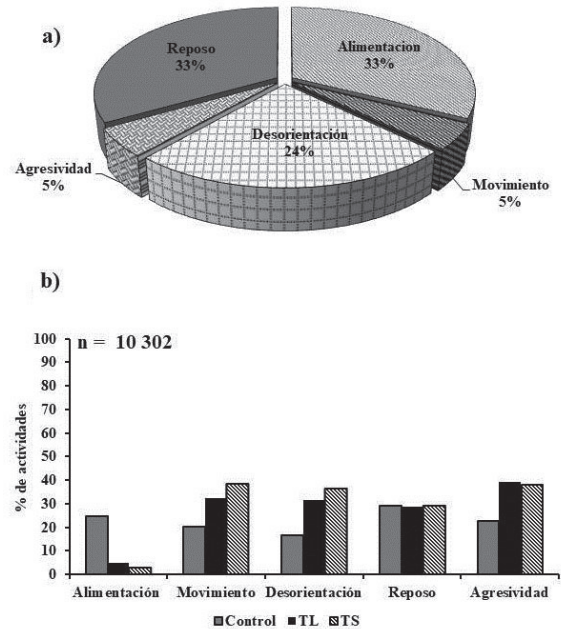
La mayor agresividad se registró en los tratamientos con ablación TL con 39.18 % ( $P < 0.05$ ), y TS con 38.26 % ( $P < 0.05$ ) con respecto al control que mostró un porcentaje menor de agresividad entre las hembras (22.55 %) ( $P > 0.05$ ) (ver la Figura 2b).

### Bioensayo de machos y hembras juntos de *C. arcuatus*

En el experimento de la interacción machos y hembras después de haber realizado la ablación se observaron 11,975 actividades. Para este bioensayo el reposo presentó el mayor porcentaje de repeticiones con un 48 % ( $P < 0.05$ ), mientras que el movimiento (2 %,  $P > 0.05$ ) y la agresividad (6 %,  $P > 0.05$ ) fueron los grupos con menor actividad (ver la Figura 3a). Para la alimentación en el bioensayo machos-hembras, mostraron una mayor actividad en el TS (45.23 %,  $P < 0.05$ ) (ver la Figura 3b).



**Figura 1.** Actividades que caracterizan el comportamiento en los machos de la jaiba *Callinectes arcuatus* en los tratamientos control (sin ablación) y tratamiento con ablación con ligación (TL) y squash (TS) en condiciones de laboratorio en condiciones de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.** Actividades que caracterizan el comportamiento en las hembras de la jaiba *Callinectes arcuatus* en los tratamientos control (sin ablación) y tratamiento con ablación con ligación (TL) y squash (TS) en condiciones de laboratorio en condiciones de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

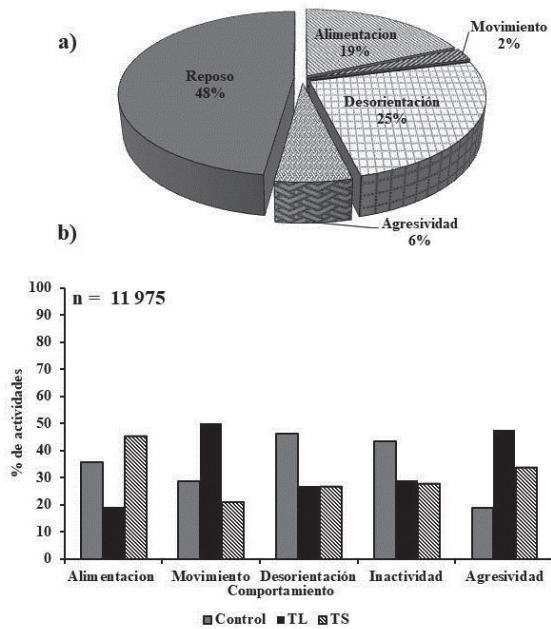


$P < 0.05$ ), seguido del control (35.64 %,  $P > 0.05$ ) y TL (19.12 %,  $P > 0.05$ ) (ver la Figura 3a).

En el movimiento para el grupo machos-hembra, se registró un máximo porcentaje en actividad en el TL con 50.17 % ( $P < 0.05$ ) y en una menor proporción en el control con 28.77 % ( $P > 0.05$ ), y TS con 21.10 % ( $P > 0.05$ ) (ver la Figura 3b). La mayor desorientación de la interacción machos-hembras se presentó en el control (46.21 %,  $P < 0.05$ ) con respecto al TS (26.77 %,  $P > 0.05$ ), y TL (27.00 %,  $P > 0.05$ ) (ver la Figura 3b).

Las jaibas mostraron inmovilidad después de haberseles realizado las ablaciones a organismos en el control con 43.37 % ( $P < 0.05$ ) con referencia al TL con 28.92 % y TS con 27.70 % ( $P > 0.05$ ) (ver la Figura 3b). La agresividad mostró un mayor número de repeticiones en TL con 47.61 % ( $P < 0.05$ ) con respecto a TS con 33.61 %, y el control con 18.76 % ( $P < 0.05$ ) (ver la Figura 3b).

En cuanto a la cantidad de alimento consumido por las jaibas ablacionadas (TS y TL) con respecto a las intactas se observó que en los machos se registró una menor ingesta de filete en el control (168 g,  $P > 0.05$ ) con respecto a TL (284 g) y TS (248 g). En las hembras el mayor consumo de alimento se presentó en la TL (314 g,  $P < 0.05$ ) mientras que en el control las jaibas tuvieron una menor ingesta (168 g), en la interacción



**Figura 3.** Actividades que caracterizan el comportamiento en machos-hembras de la jaiba *Callinectes arcuatus* en los tratamientos control (sin ablación) y tratamiento con ablación con ligación (TL) y squash (TS) en condiciones de laboratorio en condiciones de laboratorio. **Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.** Efecto de la técnica de ablación en el consumo de alimento de las jaibas de *Callinectes arcuatus* en condiciones de laboratorio.

| Bioensayo      | Tratamientos<br>(g de ingesta de alimento) |                       |                         |
|----------------|--|-----------------------|-------------------------|
|                | Control                                    | TS Tratamiento Squash | TL Tratamiento Ligación |
| Machos         | 168  | 248                   | 284                     |
| Hembras        | 168  | 278                   | 314                     |
| Machos-Hembras | 186  | 204                   | 308                     |

**Fuente:** Elaboración propia.

macho-hembra la ingesta de alimento de las jaibas intactas fue menor (186 g) con respecto a las ablacionadas en el TL con 308 g y TS con 204 g (ver la Tabla 4).

## Discusión

Existe información que nos indica que los crustáceos experimentan efectos sensoriales adversos causados por un estímulo que resulta en un daño tisular (Zimmerman, 1986; Sherwin, 2001; Dunlop y Laming, 2005). En este trabajo, se utilizaron dos técnicas de ablación: squash (TS) y ligación (TL), analizando el efecto en el comportamiento de reproductores de *C. arcuatus* a nivel de laboratorio, se observó que al ablacionar el pedúnculo ocular se presentaron comportamientos diferentes a los que normalmente realizan estando en cautiverio, sin ningún procedimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tres bioensayos se observó que la ablación con ligación (TL) causó un frotamiento activo del área traumatizada, incluso con el uso de Xilocaina, por lo que este tratamiento fue más estresante en los bioensayos que la ablación con squash (TS), además, fue el procedimiento que originó una mayor respuesta en las jaibas en actividades como alimentación, desorientación e inactividad con respecto al control. Se sugiere el uso de Xilocaina, como una buena alternativa de anestesia para *C. arcuatus* debido a que puede ser de utilidad para reducir el estrés y sufrimiento de los reproductores de jaiba, favoreciendo así el bienestar animal (Rollin, 2006).

La alimentación es una acción que depende de factores como la muda, reproducción y la disponibilidad del alimento. Cuando se combina con la asimilación de nutrientes, se convierte en un buen estimador de las necesidades energéticas de un organismo (Dame y Vernberg, 1982). En este trabajo se observó que los reproductores de *C. arcuatus* empezaron a ingerir inmediatamente el alimento después de la ablación en los tratamientos TS y TL, contrario a lo observado en

el control (no ablacionados) donde el proceso de alimentación empezó minutos después de ser colocados en las tinas.

En el bioensayo de machos y hembras en la ablación TL, durante las 96 h presentaron un mayor movimiento de los maxilípedos a través del frotamiento de las quelas derecha e izquierda, así como tomar alimento con las quelas y dirigirlo a la boca e ingesta del alimento, mientras que en el experimento de machos y hembras juntos se observó este comportamiento en la ablación TS. Las jaibas del control de los tres bioensayos mostraron una menor respuesta a la alimentación en comparación a las de los tratamientos ablacionados (ver la Figura 1). Maggioni, Edegar, Andreattab, Margherita, Barraccola (2004) explicaron que la ablación del pedúnculo ocular influye en la digestibilidad de los nutrientes y la energía disponible, además las necesidades energéticas asociadas con la ablación son determinadas por el sexo y están relacionados con la cantidad de energía que se canaliza hacia la reproducción.

En los bioensayos de machos y hembras ablacionados con TS (96 h) mostraron una mayor actividad para nadar (“normal”) con movimientos naturales de los pleópodos sin tocar el fondo de la tina, en la columna de agua hacia la superficie de la tina, así como en la periferia de esta. Primavera (1983) sugiere que las hembras sometidas a ablación del pedúnculo que muestran un patrón circular de natación es una indicación de trauma.

En el caso de machos y hembras en los tratamientos con ablación (TS y TL) las actividades más frecuentes fueron que las jaibas giraban en su propio eje, sus apéndices natatorios con movimientos de manera circular, hacia arriba y debajo de manera constante, así como replegarse a las paredes de la tina. Sin embargo, al colocar hembras y machos juntos los organismos no ablacionados (control) de *C. arcuatus* presentaron una mayor respuesta que en los ablacionados, este comportamiento presenta diferencias a lo señalado por Diarte Plata et al. (2012) en *M. americanum* donde observó que los grupos control de hembras y machos no exhibieron desorientación, frotamiento o movimiento de la cola, debido a que no fueron sometidos a estrés por dolor.

La falta de movimiento o inactividad, en las hembras y los machos a las 96 h fue muy similar en el

control y en los tratamientos con ablación. El comportamiento más frecuente fue el permanecer en la tina sin realizar ningún movimiento, lo cual difiere con lo reportado por Diarte Plata et al. (2012), donde los autores observaron que las hembras de *M. americanum* del grupo control y ablacionadas buscaron refugio después de la extirpación del pedúnculo ocular.

En la interacción de machos- hembras se observó un mayor número de organismos que en reposo en el grupo control, los cuales permanecieron en la tina sin realizar algún movimiento, así como quedarse dentro de los refugios sin actividad y cerca de las piedras difusoras de aire sin moverse a comparación en los tratamientos con ablación (TS y TL). Además, se observó que al ser depositadas las jaibas en las tinas después de ser ablacionadas, el macho busca a la hembra para montarla e iniciar las actividades de apareamiento provocando que los organismos permanecieran en reposo durante más tiempo a comparación de lo observado en los bioensayos de hembras y machos por separado. Christy (1987) menciona que el apareamiento se basa en las diferencias cualitativas en donde los machos compiten por las hembras, buscando refugios o sitios donde copular, lo que conlleva que las jaibas no presenten ningún movimiento por periodos prolongados.

La agresividad es un aspecto importante que se debe considerar en el manejo de reproductores en acondicionamiento para acuicultura, porque puede afectar de manera negativa la tasa de crecimiento y supervivencia (Taylor et al., 2004). En el presente estudio el comportamiento con mayor actividad de agresividad fue el enfrentamiento de las jaibas sin tocarse y agarrarse de las quelas unos segundos y después soltarlas, así como pincharse entre ellas y sometimiento por un tiempo corto, se presentó en los bioensayos de las hembras y la interacción de ambos sexos, en particular, en los tratamientos con organismos ablacionados (TS y TL), mientras que en el grupo control las actividades de agresividad en las hembras fueron menores. Lo cual pudo deberse a la aplicación de Xilocaína (anestesia) en el pedúnculo ocular antes de llevar a cabo la ablación, como ha sido reportado para otras especies de crustáceos en donde se han utilizado anestésicos para disminuir los indicadores de agresividad, que se conoce como comportamiento agonístico. En el bioensayo machos-hembras disminuye

la agresividad, debido a que permanecieron en mayor contacto entre ellos (copulación).

La ablación del pedúnculo ocular influye en la digestibilidad de los nutrientes de la dieta y la energía disponible se ve afectada por el nivel de componentes de la dieta, como es el caso de lípidos y/o carbohidratos (Koshio, Castell, O'Dor, 1992). En esta investigación se observó una ingesta rápida de los pedazos de filete de las jaibas en los tratamientos de ablación, similar a lo mencionado por Taylor et al. (2004) quienes observaron que los camarones de *L. vannamei* no presentaron estrés después de la ablación, el cual se reduce en organismos que son anestesiados antes de ser manipulados, permitiendo que las condiciones de alimentación sean normales y con ello mejorando condición nutricional.

En gran parte de las investigaciones que involucran ablación del pedúnculo ocular, se observó un aumento en la ingesta de alimento por parte de los organismos ablacionados con respecto a los no ablacionados con el propósito de satisfacer la demanda de energía que necesitan los organismos después de la extirpación del pedúnculo ocular. Sochasky, Aiken, McLeese (1973) y Castell, Covey, Aiken, Waddy (1976) demostraron que el estado nutricional de las dietas puede desempeñar un papel importante en el crecimiento y la supervivencia de los organismos ablacionados.

En este trabajo las hembras y en la interacción macho-hembra las jaibas presentaron un mayor consumo de alimento, principalmente en el tratamiento de la ablación col ligación (TL) en comparación con el grupo el control donde se registró una menor ingesta de alimento. Lo que no está claro aún es si el efecto de eliminar el XOSG es inmediato en los organismos después de ser ablacionados, lo cual provoca que se presente un consumo rápido de alimento por parte de los organismos ablacionados, lo que podría ayudar a explicar de cierta forma los resultados observados en la presente investigación con respecto al consumo de alimento.

## Conclusiones

El propósito de la investigación fue evaluar el impacto de la ablación ocular unilateral sobre el acondicionamiento (comportamiento) de reproductores de la jaiba café *C. arcuatus*, en condiciones de laboratorio. Se comprobó que el uso de dos técnicas de ablación por squash (TS) y ligación (TL) afectó en una mayor

proporción a la interacción entre machos y hembras presentado una mayor cantidad de actividades (comportamiento) en comparación a los bioensayos de los sexos por separado.

Se observó que el método de ablación por squash (TS) afectó de menor manera al comportamiento de los machos y en la interacción machos-hembras, mientras que en las hembras fue la ablación por ligación (TL).

La aplicación de anestésico Xilocaina en las jaibas de *C. arcuatus* en los métodos de ablación por squash (TS) y por ligación (TL) ayudaron a mitigar el dolor y la agresividad en las jaibas con respecto al control.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional, México (Proyecto SIP 20195593 y 20200310, dirigidos por el Dr. Genaro Diarte Plata). Irma Vargas Téllez por la beca de doctorado otorgada por CONACYT (CVU 822653).

## Bibliografía

- Aguñaga, C.J., Sainz-Hernández J.C., Fierro-Coronado J.A., Diarte-Plata, G. (2012). The effects of eyestalk ablation on the reproductive and immune function of female *Macrobrachium americanum*. *Journal of Aquaculture Research and Development*. 3(8): 1-7.
- Bhaskar, L.V.K. (2016). *Bioenergetics and energy metabolism in crustaceans*. First edition. Indie Digital Publishing. USA. 196p.
- Castell, J.D., Covey J.F., Aiken D.E., Waddy, S.L. (1976). The potential for eyestalk ablation as a technique for accelerating growth of lobsters (*Homarus americanus*) for commercial culture. *Proceeding of the World Mariculture Society*. 8: 895-914.
- Christy, J.H. (1987). Female choice and the breeding behavior of the fiddler crab *Uca beebei*. *Journal of Crustaceans Biology*, 7(4): 624-635.
- Dame, R. F. Vernberg F. L. (1982). Energetics of a population of mud crab *Panopesu herbstii* (Milne Edwards) in the North Inlet estuary, South Carolina. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 63:183-193.
- Diarte-Plata, G., Sainz-Hernández J.C., Aguiñaga-Cruz J.A., Fierro-Coronado J. A., Polanco-Torres, A., Puente-Palazuelos, C. (2012). Eyestalk ablation procedures to minimize pain in the freshwater prawn *Macrobrachium americanum*. *Applied Animal Behaviour Science*. 140 (3) 172-178.
- Díaz, A.C., Souza L.C., Cuartas E.I. Petriella A.M. (2003). Growth molt and survival of *Palaemonetes argentinus* (Decapoda, Caridea) under different light-dark condition. *Iheringia Série Zoologia*. 93 (3): 249-254.
- Dunlop, R., Laming, P. (2005). Mechanoreceptive and nociceptive responses in the central nervous system of goldfish (*Carassius auratus*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Pain*. 6: 561-568.

- Escamilla-Montes, R., Cruz-Agüero, G. D. Ia, Marcial Trinidad Villalejo-Fuerte, Diarte-Plata, G. (2013). Fecundidad de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859) (Decapoda: Brachyura: Portunidae) en la Ensenada de la Paz, Golfo de California, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 29(1), Article 1. <https://doi.org/10.19136/era.a29n1.42>
- Hoang, T., Lee S.Y., Keenam C.P. Marsden G.E. (2002). Effect of light intensity on maturation and spawning of ablated female *Penaeus merguensis*. *Aquaculture*. 209: 347- 358.
- Huberman, A. (2000). Shrimp endocrinology. A review. *Aquaculture*.191: 191-208.
- Ikhwanuddi, M., Adnan M.F., Syahnon M., Abol-Munafi, A. (2019). Effect of eyestalk ablation on the ovarian maturation stages of blue swimming crab, *Portunus pelagicus*. *Asian Journal of Biological Science*. 12; 437-441.
- Kamaruding, N.A., Ismail N., Ikhwanuddin, M. (2018). Physiological effect of eyestalk ablation on nutrient utilization and plasma protein expression in the female giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) during different molting cycles. *Journal of Shellfish Research*.
- Koshio, S., Castell, J.D., O'Dor, R.K. (1992). The effect of different dietary energy level in crab-protein-based diets on digestibility, oxygen consumption and ammonia excretion of bilateral eyestalk-ablated and intact juvenile lobster, *Homarus americanus*. *Aquaculture*. 108:185-297.
- Maggioni, D. S., Edemar R., Andreatta E. M., Margherita, H., Barracco, A. (2004). Evaluation of some hemato-immunological parameters in female shrimp *Litopenaeus vannamei* submitted to unilateral eyestalk ablation in association with a diet supplemented with superdoses of ascorbic acid as a form of immunostimulation. *Aquaculture*. 241: 501-515.
- Oliveira, P.S., Correa A.M. (1999). Avaliação do efeito de serotonina (5-HT) e da monoablação do pedúnculo ocular na indução da maturação avariana de *Penaeus penicillatus* (Alcock, 1905). *Revista Brasileira de Biologia*. 59 (2): 351-359.
- Primavera, J.H. (1983). A review of maturation and reproduction in closed thelycum penaeids. *Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps*, Iloilo City, Philippines.
- Rollin, B.E. (2006). The regulation of animal research and the emergence of animal ethics: a conceptual history. *Theoretical Medicine and Bioethics*. 27, 285–304.
- Sardá, F. (1987). La reproducción de los crustáceos. Fisiología: factores de regulación de la reproducción. Potencial reproductivo. En Espinoza J, Labarta U (Edit.). *Reproducción en acuicultura*. Edit. Industria Gráfica España, S.A. Madrid. 251-295.
- Sherwin, C.M. (2001). Can invertebrates suffer? Or how robust is argument-by-analogy? *Animal Welfare*. 10: S103–S118.
- Sochasky, J.B., Aiken D.E., McLeese, D.W. (1973). Does eyestalk ablation accelerate molting in the lobster *Lomarus americanus*? *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 30: 1600-1603.
- Swetha, C., Sainath S., Reddy P. Reddy, P. (2011). Reproductive Endocrinology of Female Crustaceans: Perspective and Prospective. *Journal of Marine Science: Research & Development*, s3. <https://doi.org/10.4172/2155-9910.S3-001>.
- Taylor, J., Vinatea L., Ozório R., Schuweitzer R., Andreatta, E. (2004). Minimizing the effects of stress during eyestalk ablation of *Litopenaeus vannamei* females with topical anesthetic and a coagulating agent. *Aquaculture*. 233:173–179.
- Yano I, Tsukimura B, Nweeney J.N. Wyban J.A. (1988). Induced ovarian maturation of *Penaeus vannamei* by implantation of lobster ganglion. *Journal of World Aquaculture Society*. 19 (4): 204-209.
- Vega-Villasante, F. (2014). *Manual técnico para la producción de jaiba suave en el Pacífico mexicano*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa, Puerto Vallarta, Jalisco.
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis*, Prentice Hall, New Jersey.
- Zimmerman, M. (1986). Physiological mechanism of pain and its treatment. *Klinische Anasthesiol Intensivther*. 32: 1-19.