

## Efecto de dietas con poliquetos en el desempeño reproductivo de hembras del camarón *Cryphiops caementarius* durante desoves sucesivos

Effect of diets with polychaetes on the reproductive performance of female shrimp *Cryphiops caementarius*, during successive spawning

Iliana Zavala-Zavaleta<sup>1,2</sup>, Edward Saldaña-Rodríguez<sup>1</sup>, Walter Reyes-Avalos<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dietas con poliquetos en el desempeño reproductivo de hembras del camarón *Cryphiops caementarius* durante desoves sucesivos. Los camarones procedieron del río Pativilca (Perú). El sistema de maduración consistió en nueve tanques de fibra de vidrio (100 L), cada uno con seis recipientes de cultivo individual. Los tratamientos fueron: dieta basal, dieta a base de poliquetos frescos y dieta basal suplementada con harina de poliquetos. Los poliquetos (*Neanthes succinea*, *Halosydna brevisetosa* y *Nereis pelagica*) procedieron de un sistema de cultivo de moluscos. El experimento duró 90 días. Las hembras alimentadas con poliquetos frescos y con la dieta basal suplementada con harina de poliquetos maduraron en 17.16

<sup>1</sup> Laboratorio de Acuicultura Ornamental, Departamento Académico de Biología, Microbiología y Biotecnología, Universidad Nacional del Santa, Perú

<sup>2</sup> E-mail: [ilianazavala.25@hotmail.com](mailto:ilianazavala.25@hotmail.com)

La publicación deriva de una tesis universitaria desarrollada por Iliana Zavala Zavaleta y Edward Saldaña Rodríguez, financiada mediante Resolución N.º 526-2019-CU-R-UNS, Contrato N.º 0318-2019-DAL-UNS

Recibido: 19 de mayo de 2021

Aceptado para publicación: 2 de diciembre de 2021

Publicado: 25 de febrero de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

y 19.61 días, respectivamente ( $p < 0.05$ ) y mantuvieron cuatro desoves sucesivos. En cambio, con la dieta basal maduraron en 24.45 días y solo hubo tres desoves sucesivos. La fecundidad fue alta ( $p < 0.05$ ) en el primer desove de las hembras alimentadas con poliquetos (4007 y 3472 huevos) y baja con la dieta basal (2165 huevos), pero disminuyeron en los desoves sucesivos. Ninguna dieta afectó el volumen de los huevos recién desovados, pero el contenido de ácido palmítico, esteárico y oleico fueron altos en las dietas con poliquetos. El esfuerzo reproductivo y el rendimiento reproductivo fueron altos en el primer desove de las hembras alimentadas con poliquetos, pero disminuyeron en los desoves sucesivos.

**Palabras clave:** poliquetos, fecundidad, maduración, camarón, Caridea

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of diets containing polychaetes on the reproductive performance of female *Cryphiops caementarius* shrimp during successive spawning. The shrimp came from the Pativilca river (Peru). The maturation system consisted of nine fiberglass tanks (100 L), each with six individual culture containers. The treatments were: basal diet, diet based on fresh polychaetes and basal diet supplemented with polychaete meal. The polychaetes (*Neanthes succinea*, *Halosydna brevisetosa* and *Nereis pelagica*) came from a mollusk culture system. The experiment lasted 90 days. Females fed fresh polychaetes and the basal diet supplemented with polychaete meal matured in 17.16 and 19.61 days, respectively ( $p < 0.05$ ) and maintained four successive spawning. In contrast, with the basal diet they matured in 24.45 days and there were only three successive spawning. Fecundity was high ( $p < 0.05$ ) in the first spawning of females fed polychaetes (4007 and 3472 eggs) and low with the basal diet (2165 eggs) but decreased in successive spawning. Neither diet affected the volume of newly spawned eggs, but palmitic, stearic, and oleic acid content were high in the polychaete diets. Reproductive effort and reproductive performance were high in the first spawning of polychaete-fed females but decreased in successive spawning.

**Key words:** polychaetes, fecundity, maturation, shrimp, Caridean

## INTRODUCCIÓN

El camarón *Cryphiops caementarius* habita en los ríos de la vertiente occidental de los Andes, desde Lambayeque en Perú (Méndez, 1981) hasta Valparaíso en Chile (Moscoso, 2012). En Perú, la especie se extrae de los ríos Pativilca, Cañete y Mala en Lima, así como en Ocoña, Majes-Camaná y Tambo en Arequipa (Zacarías y Yépez, 2015). El volumen de extracción en 2018 fue de 1141 t (PRODUCE, 2019), cantidad superior a los años previos, dada la importancia

de esta especie en la gastronomía. En estudios sobre nutrición se han utilizado dietas suplementadas con sal (Ramírez *et al.*, 2018), lecitina (Acosta *et al.*, 2018), ensilado (Terrones y Reyes, 2018), levadura (Cabrera *et al.*, 2019) y zeolita (Senmache y Reyes, 2020). Asimismo, se conoce el desarrollo embrionario y el efecto de la temperatura y salinidad (Reyes *et al.*, 2008, 2009; Fuentes *et al.*, 2010), la interrelación entre la muda, ovario y embrión (Reyes, 2014), los índices reproductivos (Medina *et al.*, 2019) y la condición reproductiva tanto en el laboratorio (Bazán *et al.*, 2009) como en el ambiente

natural (Incio *et al.*, 2020). El esfuerzo y el rendimiento reproductivo son estrategias de los crustáceos relacionados con la distribución de la energía para la reproducción (Clarke *et al.*, 1991), pero esto se desconoce en el camarón y menos aún con una dieta a base de poliquetos y durante desoves sucesivos. Sin embargo, se sabe que la especie posee gran potencial reproductivo cuando se mantienen condiciones ambientales y nutricionales adecuadas (Reyes, 2014).

Los poliquetos poseen ácidos grasos como el ácido eicosapentanoico (EPA), ácido docosahexanoico (DHA) y el ácido araquidónico (ARA), así como aminoácidos (Wang *et al.*, 2019; Wairata *et al.*, 2020). El EPA, DHA y ARA son esenciales para la reproducción (Palmer *et al.*, 2014). El ARA está involucrado en la síntesis de prostaglandinas que participan en la maduración y peso del huevo y la fecundidad de los crustáceos (Meunpol *et al.*, 2010; Kangpanich *et al.*, 2016). Además, el poliqueto *Nereis diversicolor* tiene altos niveles de  $17\beta$ -estradiol y progesterona (Mouneyrac *et al.*, 2006), que estimulan la reproducción de peces y crustáceos (Nguyen *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2019). Por ello, los poliquetos frescos en la dieta estimulan la maduración de *Penaeus monodon* (Hoa *et al.*, 2009) y de igual manera sucede con los extractos de poliquetos en la dieta de *P. japonicus* (Nguyen *et al.*, 2012). Las dietas artificiales a base de poliquetos, calamares y moluscos frescos también mejoran los índices de reproducción en peneidos, aunque su valor nutricional varía con las especies, la estación y los estados de vida (Chimsung, 2014).

El uso de poliquetos extraídos de sustratos naturales para una dieta comercial ocasionaría desequilibrio ambiental, ya que estos se alimentan de detritus y de pequeños bentos, o sirven de alimento para peces, crustáceos e incluso aves (Mandario, 2018). Además, cuando los poliquetos son importados se tiene el riesgo del ingreso de patógenos (Pombo *et al.*, 2020); por ello es mejor cultivarlos

(Asghari *et al.*, 2017), aunque es preferible los de sustratos de origen antrópico. Los poliquetos marinos son organismos bentónicos tanto de la infauna como de la epifauna (Elías *et al.*, 2021). En el mar, la fauna sedentaria y sésil coloniza rápidamente estructuras de todo tipo, como las del cultivo de moluscos bivalvos y que conforman el biofouling (Bannister *et al.*, 2019). Las empresas que cultivan concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Perú produjeron recientemente 31 890 t (PRODUCE, 2019) de los cuales entre el 10 y 20% es biofouling (Royer *et al.*, 2006) y de estos, los poliquetos representan alrededor del 1% pero con variaciones estacionales (Loayza y Tresierra, 2014). Sin embargo, el biofouling se desecha y se acumula cerca de las playas, donde contamina el ambiente.

Los poliquetos que habitan las estructuras de cultivos marinos en la zona litoral de Ancash (Perú) pertenecen a los géneros *Neanthes*, *Halosydna*, *Hydroides*, *Nereis*, *Polydora* y *Steggoa* (Loayza y Tresierra, 2014). Sus componentes nutricionales y hormonales no se conocen, pero de acuerdo con el conocido de otros poliquetos (Chimsung, 2014; Asghari *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019), es probable que estimulen la reproducción continua de todo organismo que lo consuma; además, de tener mayor preferencia que las dietas artificiales (Huang *et al.*, 2005). Por consiguiente, el objetivo fue evaluar el efecto de dietas con poliquetos en el desempeño reproductivo de hembras del camarón *C. caementarius* durante desoves sucesivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Camarones

Los camarones fueron colectados el 7 de diciembre de 2019 en el río Pativilca, cerca del centro poblado Huayto (10°39'50" S, 77°39'22" W) (Lima, Perú) y transportados en sistema individual (Reyes, 2016) durante 5 h hasta el laboratorio. La especie *Cryphiops caementarius* se reconoció mediante clave

taxonómica (Méndez, 1981). El sexo de la hembra se verificó por la presencia de un gonópodo en cada coxopodito del tercer par de periópodos. Los camarones fueron aclimatados durante 10 días y alimentados con dieta basal.

Los camarones seleccionados ( $n = 54$ ) no tenían masa embrionaria, presentaban los ovarios inmaduros (Ovario I o II) y los apéndices cefalotorácicos completos. Los camarones medían entre 5.70 a 6.10 cm de longitud total (desde la escotadura postorbital hasta el extremo posterior del telson) medidos con vernier digital Truper ( $\pm 0.01$  mm) y de 5.0 a 6.0 g de peso húmedo determinado en balanza digital ADAMAQT 600 ( $\pm 0.1$  g). En este estudio, se ha tenido en cuenta la legislación peruana vigente (Ley 27265, Ley de Protección a los Animales Domésticos y a los Animales Silvestres Mantenido en Cautiverio).

### Sistema de Maduración

El sistema de maduración del camarón consistió en nueve tanques de fibra de vidrio (0.60 x 0.40 x 0.45 m, 100 L) cada uno con seis recipientes de cultivo individual, instalados en dos grupos de tres niveles (Acosta *et al.*, 2018). En cada recipiente de cultivo hubo un camarón y en cada tanque seis camarones, y como cada tratamiento consistió en tres tanques (repeticiones) hubo 18 camarones por tratamiento. En este sistema, los camarones se mantuvieron durante 90 días. Los tratamientos dietarios fueron: una dieta basal, una dieta con solo poliquetos frescos y una dieta basal suplementada con harina de poliquetos.

### Dieta Basal

La dieta basal fue elaborada con insumos locales (Cuadro 1), cuya composición proximal fue de 30% de proteína total, 8.1% de lípidos totales y 4.6% de fibra, con 2600 kcal/g (Reyes, 2016). La dieta se preparó según el procedimiento de Guevara (2003).

### Dietas con Poliquetos

Los poliquetos fueron colectados dos veces por semana (noviembre 2019 a marzo 2020) durante la limpieza de las linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* de empresas y concesiones de la Bahía de Samanco (Ancash, Perú). Los poliquetos fueron transportados en cajas de poliestireno expandido (20 L) con gel pack congelado. En el laboratorio fueron reconocidos como *Neanthes succinea* (50%), *Halosydna brevisetosa* (30%) y *Nereis pelagica* (20%), según claves taxonómicas (Banse y Hobson, 1974; De León, 1999). Los poliquetos frescos fueron lavados con agua destilada, cortados en trozos ( $\sim 5$  mm<sup>2</sup>), envueltos en papel de aluminio y congelados ( $-2$  °C) hasta por tres días para uso como alimento fresco (Bazán *et al.*, 2009). Una parte de los poliquetos fueron

Cuadro 1. Composición de insumos de la dieta basal para *Cryphiops caementarius* (Reyes, 2016)

| Insumos                 | %    |
|-------------------------|------|
| Harina de pescado       | 30.0 |
| Harina de soya          | 21.0 |
| Harina de maíz          | 16.7 |
| Aceite de pescado       | 2.00 |
| Aceite de soya          | 0.5  |
| Aceite de maíz          | 0.5  |
| Lecitina de soya        | 1.0  |
| Polvillo de arroz       | 22.0 |
| Melaza                  | 3.0  |
| Zeolita                 | 2.0  |
| Sal común               | 1.0  |
| Complexvit <sup>1</sup> | 0.3  |

<sup>1</sup> Comprende ( $\text{kg}^{-1}$ ): Vitaminas A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11.6 g; B12 0.02 g; C 5 g; D3 5 g; K3 1 g; Nicotinamida 10 g; Niacina 6 g; Biotina 0.3 g; DL Metionina 20 g; Pantotenato de calcio 47 g; Cloruro de sodio 2.7 g; Cloruro de potasio 34 g; Sulfato de magnesio 7 g; Maca 5 g; y Excipientes 1000g.

secados (45 °C por 48 h) en estufa y la harina (18%) se mezcló con la dieta basal (Hoa *et al.*, 2009).

### Alimentación

El nivel de alimentación con la dieta basal y con la dieta suplementada con poliquetos fue del 8% del peso húmedo (Cornejo *et al.*, 2015) y con los poliquetos frescos fue del 15% del peso húmedo (Bazán *et al.*, 2009). En el primer mes, los camarones fueron alimentados dos veces al día (30% a las 07:30 y 70% a las 19:00 h), pero de acuerdo con el comportamiento alimentario diurno de las hembras, se decidió alimentar con una ración por día (19:00 h) durante los dos meses siguientes.

### Maduración y Desove

El desarrollo del ovario de los camarones se observó a través del cefalotórax y por razones prácticas se consideraron los estados de ovario inmaduro (ovario I o II), en maduración intermedia (ovario III) y ovario maduro (ovario IV) (Reyes, 2014). Para detectar la proximidad del desove, se verificó que los camarones estuviesen con ovario maduro y que haya muda reproductiva, en estas condiciones la hembra desova al día siguiente (Reyes, 2014). El peso de la hembra con y sin masa de huevos se determinó con balanza digital ADAM AQT 600 ( $\pm 0.1$  g). La masa de huevos recién desovados de camarón fue extraída con pinzas y colocada en una caja Petri. Una parte de los huevos ( $n=20$ ) fue extendido con agujas de punta roma para realiza la medición del eje mayor (L) y el eje menor (l) de los huevos con el uso de un ocular micrométrico instalado en el microscopio compuesto.

Se determinó el volumen (V) de los huevos:  $V \text{ (mm}^3\text{)} = (\delta * L * l^2) / 6$ . El índice somático de la masa de huevos (ISM) fue calculado según Shailender *et al.* (2012):  $ISM (\%) = (\text{Peso de masa de huevos} / \text{Peso total del camarón}) * 100$ . La tasa de desove (TD)

se determinó según Reyes (2011):  $TD = (\text{N.}^\circ \text{ hembras ovígeras} / \text{N.}^\circ \text{ total de hembras}) * 100$ . Además, se calculó el periodo entre desoves y la frecuencia de desoves.

### Fecundidad

La fecundidad para cada desove se calculó de tres submuestras de huevos, la que fue pesada en balanza analítica digital AG 221LX ( $\pm 0.001$  g), luego se extendió en una caja Petri y se fotografió (Huawei Y72018 de 13 megapíxeles). Se contaron los huevos en la foto digital y se calculó la fecundidad absoluta ( $\text{N.}^\circ \text{ de huevos/hembra}$ ) =  $[(W_o - W_{no}) * N_h] / W_h$  (Bazán *et al.*, 2009), donde  $N_h$  es el número de huevos en la muestra,  $W_o$  es el peso de la hembra con masa de huevos,  $W_{no}$  es el peso de la hembra sin masa de huevos y  $W_h$  es el peso de la muestra de huevos.

### Esfuerzo y Rendimiento Reproductivo

El esfuerzo reproductivo (ER) y el rendimiento reproductivo (RR) se estimaron para cada desove. El ER (la biomasa total de huevos producidos por una hembra) se calculó como el número de huevos multiplicado por el volumen de huevos (Kolding y Fenchel, 1981) y para expresarlo en miligramos se tuvo en cuenta que la densidad de los huevos recién desovados es aproximadamente igual a la del agua ( $1 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Janas y Maňkucka, 2010). El RR se calculó con la versión modificada de Janas y Maňkucka (2010) donde  $RR = (\text{ER} / \text{masa húmeda de la hembra}) * 100$ .

### Análisis Químico de Dietas y Huevos

El análisis químico proximal de las dietas comprendió proteína cruda (UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006 con factor de 6.25), grasa total (UNE 64021 1970), cenizas (UNE 64019 1971) y humedad (UNE 64015 1971). La composición de ácidos grasos de los huevos recién desovados colectados de manera acumulativa de cada camarón, según los tratamientos dietarios, se

determinó, por duplicado. Los huevos fueron inmediatamente secados (60 °C por 24 h) en estufa y luego refrigerados (~2 °C) hasta su análisis. El perfil de ácidos grasos se determinó con el Método de AOAC (2005) (991.39 Determinación de esteres de ácidos grasos) en un cromatógrafo de gases Shimadzu.

### Calidad del Agua

Los desechos sólidos acumulados en los tanques se extrajeron mediante sifón, antes de cada alimentación. La renovación del agua de cada tanque fue del 30% y dos veces por semana, previo análisis de los parámetros físicos y químicos. La temperatura del agua se registró con termómetro digital ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ), el oxígeno disuelto con Oxímetro digital YSI 500 ( $\pm 0.01$  mg/l) y el pH con pH-metro Phep 5 HANNA ( $\pm 0.1$  unidades) semanalmente. El amonio total y los nitritos se analizaron cada 15 días con el kit colorimétrico Sera GmbH ( $\pm 0.1$  mg/l).

### Análisis Estadístico

La normalidad de los datos se analizó con la prueba de Shapiro-Wilk. Además, se aplicó la prueba de Levene para conocer si hay igualdad de varianzas. Los datos se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron por análisis de varianzas de una vía y con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) y también con la prueba de Dunnett ( $p < 0.05$ ) para comparar los resultados del primer desove con los siguientes desoves. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS v. 25 para Windows.

## RESULTADOS

Las dietas con poliquetos tuvieron mayor concentración de proteínas y grasa, pero menor contenido de cenizas que la dieta basal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química proximal (%) de dietas empleadas en la alimentación de hembras de *Cryphiops caementarius*

| Composición    | Basal | Poliquetos frescos | Basal + poliquetos |
|----------------|-------|--------------------|--------------------|
| Proteína cruda | 29.52 | 32.21              | 31.16              |
| Grasa total    | 8.84  | 9.27               | 9.34               |
| Cenizas        | 19.73 | 11.31              | 11.48              |
| Humedad        | 7.00  | 9.00               | 8.70               |

Las hembras de *C. caementarius* supervivieron (100%) durante el periodo experimental. Las hembras con ovario inmaduro (ovario I-II) alimentadas con poliquetos frescos permanecieron menor tiempo ( $7.22 \pm 0.35$  días) en este estado de maduración, y fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) que aquellas alimentadas con la dieta basal suplementada con poliquetos ( $9.28 \pm 0.35$  días) y con el basal ( $10.39 \pm 0.51$  días) (Figura 1A). En cambio, cuando alcanzaron la maduración intermedia (ovario III) el tiempo de maduración disminuyó en aquellas alimentadas con poliquetos ( $5.83 \pm 0.44$  días y  $5.89 \pm 0.26$  días), las cuales fueron menores ( $p < 0.05$ ) que con el basal ( $8.11 \pm 0.59$  días). De manera similar sucedió con las hembras con ovarios maduros (ovario IV) donde el tiempo en completar la maduración cuando se alimentaron con poliquetos ( $4.11 \pm 0.26$  días y  $4.44 \pm 0.10$  días) fue menor ( $p < 0.05$ ) que con el basal ( $5.95 \pm 0.63$  días) (Figura 1A). Las hembras alimentadas con poliquetos frescos y con la dieta suplementada con poliquetos maduraron en solo  $17.16 \pm 1.38$  días y  $19.61 \pm 2.16$  días, respectivamente, siendo menor ( $p < 0.05$ ) que con el basal ( $24.44 \pm 1.99$  días) (Figura 1B).

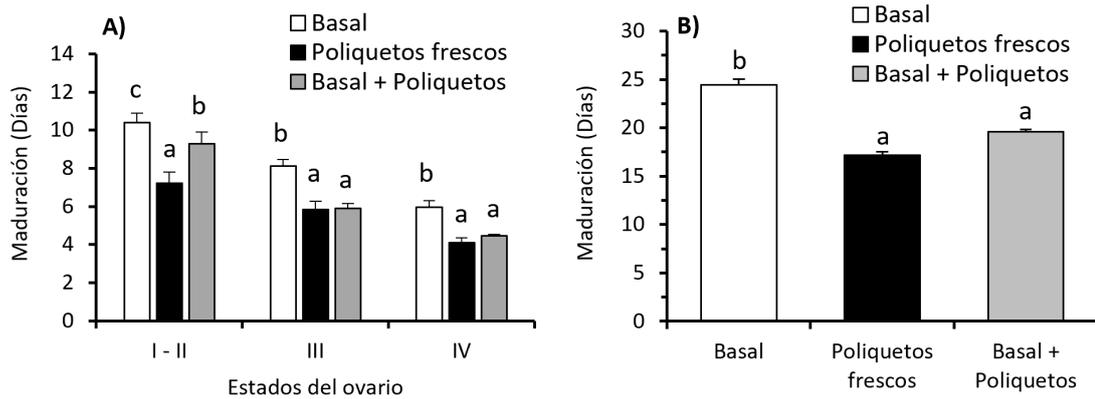


Figura 1. Maduración del ovario de *Cryphiops caementarius* alimentadas con tres dietas durante 90 días. A) Desarrollo de cada estado del ovario. B) Periodo de maduración del ovario

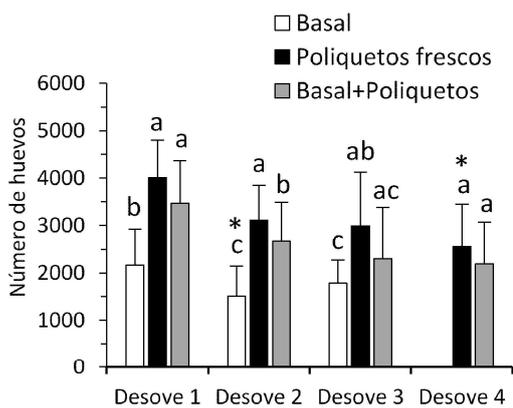


Figura 2. Fecundidad (N.º de huevos / hembra) durante desoves sucesivos de *Cryphiops caementarius* alimentadas con tres dietas durante 90 días. Letras diferentes sobre las columnas en un mismo desove indica diferencia significativa (Tukey  $p < 0.05$ ). El asterisco indica diferencia significativa con el primer desove (Dunnett  $p < 0.05$ )

Las hembras alimentadas con poliquetos frescos y con la dieta basal más poliquetos realizaron cuatro desoves sucesivos, de los cuales solo el último sucedió a una tasa de 55 y 38%, respectivamente. En cambio, con la dieta basal solo hubo tres desoves en el periodo en estudio, siendo el último el que ocurrió a una tasa de 22%.

La fecundidad en el primer desove fue alta y similar en las hembras alimentadas con poliquetos (4007 y 3472 huevos), pero diferentes ( $p < 0.05$ ) con el basal (2165 huevos). En los siguientes desoves, la fecundidad disminuyó en 25% en las hembras que se alimentaron con poliquetos y solo en el cuarto desove, la fecundidad de las hembras alimentadas con poliquetos frescos disminuyó a 36% y fue diferente ( $p < 0.05$ ) con el primer desove (Figura 2).

El volumen de los huevos recién desovados fue similar ( $p > 0.05$ ) en las hembras alimentadas con las tres dietas (0.069 - 0.072 mm<sup>3</sup>) (Figura 3A). El ISM fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el primer desove de las hembras alimentadas con poliquetos, en relación con las alimentadas con el basal. En cambio, en los siguientes desoves, el ISM fue similar entre tratamientos, aunque mayor tendencia se observó en las hembras alimentadas con poliquetos. Sin embargo, el ISM disminuyó cerca del 50 y 60% al cuarto desove en relación con el primer desove (Figura 3B).

El ER del primer desove de las hembras alimentadas con poliquetos fue alto (323.54 y 269.01 mg), en relación con el basal (180.08 mg), pero disminuyó en alrededor del

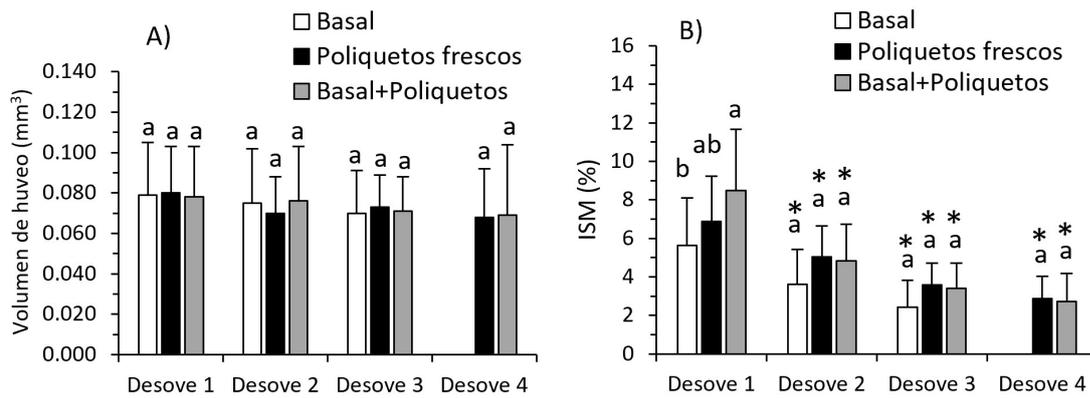


Figura 3. A) Volumen de huevo. B) Índice somático de la masa de huevos (ISM) durante desoves sucesivos de *Cryphiops caementarius* alimentadas con tres dietas durante 90 días. Letras diferentes sobre las columnas en un mismo desove indica diferencia significativa (Tukey  $p < 0.05$ ). El asterisco indica diferencia significativa con el primer desove (Dunnnett  $p < 0.05$ )

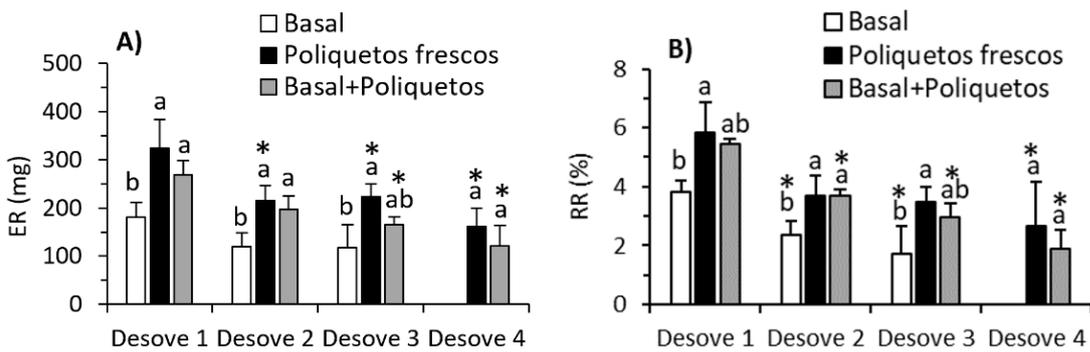


Figura 4. A) Esfuerzo reproductivo (ER). B) Rendimiento reproductivo (RR) durante desoves sucesivos de *Cryphiops caementarius* alimentadas con tres dietas durante 90 días. Letras diferentes sobre las columnas en un mismo desove indica diferencia significativa (Tukey  $p < 0.05$ ). El asterisco indica diferencia significativa con el primer desove (Dunnnett  $p < 0.05$ )

32% hasta el tercer desove sucesivo y en 50% en el cuarto desove (Figura 4A). El RR del primer desove de las alimentadas con poliquetos también fue alto (5.82 y 5.43%), pero las alimentadas con la dieta basal suplementada con poliquetos fue similar que con el basal (3.84%). El ER disminuyó en los si-

guientes desoves alrededor de 35, 50 y 60% en el segundo, tercer y cuarto desove, respectivamente (Figura 4B).

Los huevos recién desovados de las hembras alimentadas con poliquetos frescos tuvieron mayor contenido de ácidos grasos

Cuadro 3. Contenido de ácidos grasos (%) de huevos recién desovados de *Cryphiops caementarius* alimentadas con diferentes dietas

| Ácidos grasos |                 | Basal          | Poliquetos frescos | Basal + Poliquetos |
|---------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| C16:0         | Ácido palmítico | 36.092 ± 0.001 | 45.617 ± 0.001     | 43.705 ± 0.001     |
| C18:0         | Ácido esteárico | 27.456 ± 0.001 | 38.457 ± 0.001     | 27.949 ± 0.001     |
| C18:1n-9      | Ácido oleico    | 25.451 ± 0.001 | 28.839 ± 0.001     | 26.434 ± 0.001     |

con relación al de las otras dietas; excepto el ácido palmítico, que fue similar con aquellas alimentadas con la dieta basal suplementada con poliquetos (Cuadro 3).

Los parámetros de calidad del agua en el sistema de maduración del camarón fueron similares ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos. La temperatura se mantuvo entre 20.78 y 21.86 °C, la concentración de oxígeno varió entre 4.59 y 4.73 mg/l. El pH varió entre 6.80 a 6.91. El amonio total estuvo entre 0.005 y 0.008 mg/l y los nitritos entre 0.25 y 0.33 mg/l.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se demuestra que las hembras *C. caementarius* alimentadas con poliquetos frescos y con la dieta basal suplementada con harina de poliquetos aceleraron la maduración del ovario, ocasionaron mayor frecuencia y tasa de desove, produjeron mayor número de huevos, y tuvieron alto esfuerzo y rendimiento reproductivo, durante cuatro desoves sucesivos, en contraste con las que consumieron la dieta basal. Esto se debe a que las dietas con poliquetos tuvieron una mayor contribución nutricional en proteína y grasa que la dieta basal, con lo que incrementó el desempeño reproductivo del camarón, como sucede en *P. japonicus* (Binh *et al.*, 2008), aunque en *P. monodon* es debido a las hormonas sexuales de los poliquetos (Meunpol *et al.*, 2010).

La dieta con poliquetos frescos ocasionó que el ovario de *C. caementarius* se desarrollara desde el inicio de la maduración y en menor tiempo, en comparación con las otras dietas. Esto sugiere la participación de los componentes nutricionales (en proteína y grasa) de los poliquetos y probablemente de sus hormonas reproductivas que, aunque no fueron analizadas, inducen la reproducción en otras especies de crustáceos. *Nereis diversicolor* posee 17β-estradiol y progesterona (Mouneyrac *et al.*, 2006), *Perinereis* sp posee prostaglandina que induce la vitelogénesis y el desove en *P. monodon* (Meunpol *et al.*, 2010) y también contiene vitelogenina que aumenta con el desarrollo ovárico en *Litopenaeus vannamei* (Ruan *et al.*, 2020). En cambio, con la dieta basal suplementada con harina de poliquetos, el ovario de *C. caementarius* se desarrolló desde la maduración intermedia, similar a lo que sucede con la dieta con poliquetos frescos, lo que sugiere que la harina de poliquetos mezclada y procesada con otros insumos, debe haber reducido o atenuado a los nutrientes y probablemente también a las hormonas reproductivas. Los reproductores de *P. monodon* requieren dietas con más de 45% de proteína y con al menos 10% de lípidos (Chimsung, 2014), así como de hormonas para cada etapa del desarrollo ovárico (Meunpol *et al.*, 2010). Por otro lado, los poliquetos poseen ácidos grasos de cadena larga (ácido linolénico, ácido linoleico y DHA) necesarios para estimular la maduración del

ovario de *Scylla paramamosain* (Tantikitti *et al.*, 2015). Se desprende la conveniencia de realizar el análisis de las hormonas reproductivas y del perfil de ácidos grasos de las dietas para entender su contribución en el desempeño reproductivo del camarón.

En cambio, la dieta basal ocasionó demora en la maduración del ovario de *C. caementarius* en comparación con las dietas experimentales, aun cuando las condiciones ambientales fueron las del inicio de la estación reproductiva, cuyos parámetros de calidad del agua de los tratamientos fueron similares al del hábitat del camarón (Zacaría y Yépez, 2015) y a las de otras investigaciones previas (Ramírez *et al.*, 2018; Terrones y Reyes, 2018). Esto indica que los camarones estuvieron en buenas condiciones. Similares resultados se obtienen con *Pseudonereis* sp en *C. caementarius* (Bazán *et al.*, 2009) y con *Marphys amoribidii* en *Lysmataamboinensis* (Omar *et al.*, 2020). Sin embargo, la dieta basal debe ser reformulada o bien suplementada con más del 18% de harina de poliquetos y evaluar sus efectos en la reproducción del camarón. El reemplazo del 50% de las dietas naturales con pellets con *L. vannamei* mantienen los índices reproductivos deseables (Ghorbani *et al.*, 2017). También es recomendable emplear mayor contenido de proteínas y de ácidos grasos esenciales, como ha sido sugerido en *S. paramamosain* (Tantikitti *et al.*, 2015) y *Macrobrachium rosenbergii* (Kangpanich *et al.*, 2016).

El desove continuo ocurre en *M. rosenbergii* (Cavalli *et al.*, 2001), *M. acanthurus* (Tamburus *et al.*, 2012), *M. amazonicum* (Ventura *et al.*, 2019), entre otros. *C. caementarius* soporta dos procesos reproductivos sucesivos en laboratorio y en periodo de baja reproducción (abril-agosto) (Reyes, 2014), pero en la investigación, las dietas con poliquetos mantuvieron cuatro desoves sucesivos, y con la dieta basal hubo solo tres desoves durante la época reproductiva (diciembre-marzo). Estos resultados

constituyen otra evidencia del efecto positivo de los componentes nutricionales de los poliquetos (frescos o en harina) sobre la maduración y desove continuo del camarón, que permitirá incrementar la prole, previa evaluación de su calidad, toda vez que en *Neocaridina davidi*, los múltiples desoves afectan la composición bioquímica y el contenido de energía de los huevos (Tropea y López, 2015).

El volumen de los huevos recién desovados de *C. caementarius* (0.072 - 0.082 mm<sup>3</sup>) fue similar ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos y durante los desoves sucesivos, lo que indica que las dietas con poliquetos no influyeron en el tamaño de los huevos del camarón, como ha sido informado previamente cuando se alimenta con *Pseudonereis* sp (Bazán *et al.*, 2009) y fueron similares con las de las hembras ovígeras del ambiente natural (Reyes *et al.*, 2009) y con *M. acanthurus* (Tamburus *et al.*, 2012). Por otro lado, las hembras de *M. amazonicum* invierten más energía en la reproducción sin reducir el volumen de huevos para promover la fertilidad y lograr mayor capacidad de supervivencia (Meireles *et al.*, 2013). En cambio, el volumen del huevo en *N. davidi* es similar en desoves sucesivos, pero disminuye su calidad bioquímica (Tropea y López, 2015), lo que es necesario evaluar en el camarón.

Las hembras de *C. caementarius* alimentadas con las dietas con poliquetos produjeron huevos con alto contenido de ácidos palmítico, esteárico y oleico, en relación con aquellas con la dieta basal, lo que indica la importancia de estos nutrientes para el desarrollo embrionario. Aunque no se determinaron los ácidos grasos de los poliquetos, sin embargo, en *Perinereis helleri* el ácido palmítico (12.38%) es mayor que el ácido esteárico (3.48%) y el ácido oleico (1.15%) (Palmer *et al.*, 2014); lo contrario sucede en *P. nuntia* con los mismos ácidos grasos (6.41, 7.13 y 8.24%, respectivamente) (Asghari *et al.*, 2017). El contenido de ácidos grasos de estas especies de poliquetos fue bastante menor que el obtenido en los huevos recién

desovados del camarón, lo que sugiere la capacidad de los camarones de asimilar y acumular ácidos grasos para la maduración y el desarrollo embrionario. Los ácidos palmítico, esteárico y oleico son dominantes en todas las etapas ováricas de *S. olivacea*, y el primer ácido graso es rico en energía para el desarrollo de embriones y larvas (Ghazali *et al.*, 2017). Sin embargo, es necesario evaluar el contenido de los ácidos grasos altamente insaturados (EPA, DHA, ARA) de los poliquetos y de las dietas que permita entender la contribución de estos nutrientes en la calidad de los embriones y larvas del camarón.

La fecundidad de *C. caementarius* en el primer desove fue mayor ( $p < 0.05$ ) cuando se alimentaron con poliquetos, en relación con el basal, luego disminuyeron en los desoves sucesivos, pero se mantuvo dicha relación. Esto sugiere que las dietas con poliquetos contribuyeron con la proliferación de ovocitos en los procesos reproductivos continuos. En un estudio previo, la mayor fecundidad se obtiene con *Pseudonereis* sp (Bazán *et al.*, 2009). En la investigación, las dietas con poliquetos contribuyeron con mantener alta fecundidad, lo que es otra evidencia de los nutrientes y probablemente de hormonas reproductivas que estimulan y mantienen el proceso reproductivo, como en *P. monodon* con las prostaglandinas de *Perinereis* sp (Meunpol *et al.*, 2010) y con la vitelogenina (Ruan *et al.*, 2020), así como de los ácidos grasos esenciales en *M. rosenbergii* (Kangpanich *et al.*, 2016). Sin embargo, la disminución de la fecundidad con los desoves sucesivos indica agotamiento energético de la hembra, que no pudo ser compensada con ninguna de las dietas empleadas. Las hembras de *M. amazonicum* canalizan energía hacia el desarrollo gonadal y para la incubación de huevos, con un presupuesto energético de alrededor del 80% (Augusto y Masui, 2014).

En *M. rosenbergii*, el aporte de altos niveles de ácidos grasos saturados en la dieta es convertido en formas monoinsaturadas que se almacenan en el hepatopáncreas o se

transportan al ovario y finalmente a los huevos para proporcionar energía (Cavalli *et al.*, 1999). En *M. amazonicum*, la cantidad total de vitelo disponible para los huevos aumenta al mejorar la dieta (Ribeiro *et al.*, 2012), aunque en *N. davidi* el contenido de lípidos y, consecuentemente, el contenido de energía del huevo disminuye en el cuarto y quinto desove (Tropea y López, 2015). En el presente estudio, la disminución del ISM durante los desoves sucesivos de las hembras de todos los tratamientos fue indicador del agotamiento de nutrientes en el ovario y de la disminución la producción de huevos. El ISM inicial de *C. caementarius* fue cercano al de *M. rosenbergii* (10.9 a 11.5%) (Shailender *et al.*, 2012).

En especies de *Gammarus*, el ER es constante (Kolding y Fenchel, 1981) y también sucede en *Palaemon elegans* (Janas y Maňkucka, 2010). Sin embargo, el ER de las hembras de *C. caementarius* alimentadas con poliquetos fue alto durante los desoves sucesivos, en relación con la dieta basal, pero en todos disminuyó. Esto es otra evidencia de la acumulación de mayor cantidad de nutrientes en los huevos del camarón alimentados con poliquetos. Así mismo, el máximo RR (5.82 y 5.43%) obtenido en el primer desove es cercano al de *M. amazonicum* (7.4%, Pantaleão *et al.* 2018), aunque menor a otros palaemónidos (10-21%, Zimmermann *et al.*, 2015), lo que indica que es una especie dependiente. En cambio, la disminución del RR con los desoves sucesivos (hasta aprox. 2%) fue menor a *M. tenellum* quien destina entre 4 a 16% del peso corporal en la producción de huevos (Vargas-Ceballos *et al.*, 2012). Sin embargo, esta variación del RR indica la plasticidad que tiene *C. caementarius* para acumular nutrientes y energía en aras de producir prole de calidad. En *P. elegans* el alto valor del RR se relaciona con el mayor tamaño del huevo y con la calidad de la descendencia (Janas y Maňkucka, 2010), de igual manera sucede en *M. amazonicum* (Meireles *et al.*, 2013). Sin embargo, en *Nematopalaemon schmitti* el RR no varía con el tamaño de las hembras debido a características intrínsecas (Torres *et al.*, 2017).

Los poliquetos empleados en la investigación se encuentran en el biofouling marino y el empleo como alimento vivo o como harina es indispensable para incrementar el desempeño reproductivo de hembras *C. caementarius*. Esto significa que se ha generado una alternativa de aprovechamiento comercial de estos poliquetos que contribuirá a disminuir la contaminación ambiental en los lugares marinos donde se produce biofouling.

## CONCLUSIONES

- Las hembras de *C. caementarius* alimentadas durante 90 días con poliquetos frescos (*Neanthes succinea*, *Halosyd-na brevisetosa* y *Nereis pelagica*) o como harina en la dieta basal maduraron en 17.16 y 19.61 días, respectivamente, y lograron cuatro desoves sucesivos.
- La fecundidad en el primer desove es alta ( $p < 0.05$ ) en las hembras alimentadas con poliquetos (4007 y 3472 huevos), pero disminuye en los desoves sucesivos, al igual que con el esfuerzo y rendimiento reproductivo.

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Santa, por el financiamiento del trabajo de tesis mediante Resolución N.º 526-2019-CU-R-UNS y con el Contrato N.º 0318-2019-DAL-UNS. Al Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa (UNS) por el análisis de ácidos grasos de las muestras biológicas.

## LITERATURA CITADA

1. **AOAC. 2005.** Official Methods of Analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
2. **Acosta A, Quiñones D, Reyes W. 2018.** Efecto de dietas con lecitina de soya en el crecimiento, muda y supervivencia de machos del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Sci Agropecu* 9: 143-151. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.01.15
3. **Asghari S, Salarzadeh AR, Rohani K, Yahyavi M, Mohammadizadeh F. 2017.** Fatty acid profile of wild and farmed sandworms, *Perinereis nuntia*, in the coast of Bamdar Abbas, Iran. *Turk J Fish Aquat Sc* 17: 1049-1053. doi: 10.4194/1303-2712-v17\_5\_21
4. **Augusto A, Masui DC. 2014.** Sex and reproductive stage different in the growth, metabolism, feed, fecal production, excretion and energy budget in males and females of the Amazon River prawn (*Macrobrachium amazonicum*). *Mar Freshw Behav Phy* 47: 373-388. doi: 10.1080/10236244.2014.942547
5. **Bannister J, Sievers M, Bush F, Bloecher N. 2019.** Biofouling in marine aquaculture: a review of recent research and developments. *Biofouling* 35: 631-648. doi: 10.1080/08927014.2019.1640214
6. **Banse K, Hobson KD. 1974.** Benthic errantiate polychaetes of British Columbia and Washington. *B Fish Res Board Can* 185: 1-111.
7. **Bazán M, Gámez S, Reyes W. 2009.** Rendimiento reproductivo de hembras de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) mantenidas con alimento natural. *Rev Peru Biol* 16: 191-193. doi: 10.15381/rpb.v16i2.205
8. **Binh NT, Ishikawa M, Yokoyama S, Michael FR, Sakiyama K, Koshio S. 2008.** Effects of polychaete meal supplementation to the maturation feed on kuruma shrimp (*Penaeus japonicus*) female broodstocks. *Aquaculture Sci* 56: 523-530.
9. **Cavalli RO, Lavens P, Sorgeloos P. 2001.** Reproductive performance of *Macrobrachium rosenbergii* female in captivity. *J World Aquacult Soc* 32: 60-67. doi: 10.1111/j.1749-7345.2001.tb00922.x
10. **Cabrera E, Marcelo Z, Reyes W. 2019.** Efecto de dietas con alta concentración de *Saccharomyces cerevisiae*

- sobre la proliferación de hemocitos en camarones *Cryphiops caementarius* machos. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1057-1067. doi: 10.15381/rivep.v30i3.16733
11. **Cavalli RO, Lavens P, Sorgeloos P. 1999.** Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock fed diets with different fatty acid composition. *Aquaculture* 179: 387-402. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00173-8
  12. **Clarke A, Hopkins CCE, Nilssen EM. 1991.** Egg size and reproductive output in the deep-water prawn *Pandalus borealis* Kroyer, 1838. *Funct Ecol* 5: 724-730. doi: 10.2307/2389534
  13. **Chimsung N. 2014.** Maturation diets for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) broodstock: a review. *Warasan Songkhla Nakharin* 26: 265-273.
  14. **Cornejo J, Pérez L, Reyes W. 2015.** Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of male shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) on total and differential hemocytes count. *Rev Bio Cien* 3: 173-186. doi: 10.15741/revbio.03.03.04
  15. **De León JA. 1999.** Nereididae (Annelida: Polychaeta) de México. Informe final SNIB-CONABIO Proyecto No. H011. México DF. [Internet]. Disponible en: [http://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-H011&v=1.2&request\\_locale=pt](http://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-H011&v=1.2&request_locale=pt)
  16. **Elías R, Méndez N, Nuniz P, Cabanillas R, Gutiérrez-Rojas C, Rozbaczylo L, Londoó-Meza MH, et al. 2021.** Los poliquetos como indicadores biológicos en Latinoamérica y el Caribe. *Mar Fish Sci* 34: 37-107. doi: 10.47193/mafis.3412021010301
  17. **Fuentes AS, Mogollón AV, Reyes WE. 2010.** Efectos de la salinidad sobre el desarrollo de embriones de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) incubados *in vitro*. *Rev Peru Biol* 17: 215-218.
  18. **Ghazali A, Azra MN, Noordin NM, Abol-Munafi AB, Ikhwanuddin M. 2017.** Ovarian morphological development and fatty acids profile of mud crab (*Scylla olivacea*) fed with various diets. *Aquaculture* 468: 45-52. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.038
  19. **Ghorbani VR, Abolhasani MH, Matinfar A, Dagar Sh, Ghorbani R. 2017.** Production of artificial diets for female broodstock of western white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and study on their singular effect. *Iran J Fish Sci* 16: 1204-1213.
  20. **Guevara WN. 2003.** Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional José Basadre Grohmann. [Internet]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/7831193/formulaci%C3%B3n-y-elaboraci%C3%B3n-de-dietas-para-peces-y-crust%C3%A1ceos>
  21. **Hoa ND, Wouters R, Wille M, Thanh V, Dong TK, Hao NV, Sorgeloos P. 2009.** A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture* 297: 116-121. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.09.005
  22. **Huang G, Dong S, Wang F. 2005.** Effects of different diets on the attractability and selectivity of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *J Ocean U China* 4: 56-60.
  23. **Incio A, Campos S, Pinazo K, Quiroz M. 2020.** Camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782). Condición reproductiva durante diciembre 2017 - abril 2018 en ríos de Arequipa. *Bol Inst Mar Perú* 35: 49-59.
  24. **Janas U, Maňkucka, A. 2010.** Body size and reproductive traits of *Palaemon elegans* Rathke, 1837 (Crustacea, Decapoda), a recent colonizer of the Baltic Sea. *Oceanol Hydrobiol St* 39: 3-24. doi: 10.2478/v10009-010-0016-6
  25. **Kangpanich C, Pratoomyot J, Siranont-hana N, Senanan W. 2016.** Effects of arachidonic acid supplementation in maturation diet on female reproductive performance and larval

- quality of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Peer J 4: e2735. doi: 10.7717/peerj.2735
26. **Kolding S, Fenchel TM. 1981.** Patterns of reproduction in different populations of five species of the amphipod genus *Gammarus*. Oikos 37: 167-172. doi: 10.2307/3544461
  27. **Loayza R, Tresierra A. 2014.** Variación del «biofouling» en linternas de cultivo de «concha de abanico» *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Ancash, Perú. Cienc Tecnol 10: 19-34.
  28. **Mandario MAE. 2018.** Addressing gaps in the culture of pathogen-free polychaetes as feed in shrimp hatcheries. Fish People 16: 19-23.
  29. **Medina M, Espinoza Y, Reyes W. 2019.** Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). Rev Inv Vet Perú 30: 1018-1029. doi: 10.15381/rivep.v30i3.16613
  30. **Meireles AL, Valente WC, Mantelatto FL. 2013.** Reproductive variability of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae): influence of life cycle on egg production. Lat Am J Aquat Res 41: 718-731. doi: 103856/vol41-issue4-fulltext-8
  31. **Méndez M. 1981.** Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) del mar y ríos de la costa del Perú. Bol Inst Mar Perú 5: 1-170.
  32. **Meunpol O, Duangjai E, Yoonpun R, Piyatiratitivorakul S. 2010.** Detection of prostaglandin E<sub>2</sub> in polychaete *Perinereis* sp and its effect on *Penaeus monodon* oocyte development *in vitro*. Fisheries Sci 76: 281-286. doi: 10.1007/s12562-009-0208-8
  33. **Moscoso V. 2012.** Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú 27: 8-207.
  34. **Mouneyrac C, Pellerin J, Moukrim A, Alla AA, Durou C, Viault N. 2006.** *In situ* relationship between energy reserves and steroid hormone levels in *Nereis diversicolor* (OF Müller) from clean and contaminated sites. Ecotox Environ Safe 65: 181-187. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.07.002
  35. **Nguyen BT, Koshio S, Sakiyama K, Ishikawa M, Yokoyama S, Kader MA. 2012.** Effects of polychaete extracts on reproductive performance of kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* Bate-Part II. Ovarian maturation and tissue lipid compositions. Aquaculture 334-337: 65-72. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.11.038
  36. **Omar WNA, Archad A, Amin SMN, Christianus A. 2020.** Effect of different frozen fresh diets to broodstock growth, reproductive performance and larvae of cleaner shrimp, *Lysmata amboinensis*. J Environ Biol 41: 1249-1256. doi: 10.22438/jeb/41/5(SI)/MS\_17
  37. **Palmer PJ, Wang S, Houlihan A, Brock I. 2014.** Nutritional status of a nereidid polychaete cultures in sand filters of mariculture wastewater. Aquacult Nutr 20: 675-691. doi: 10.1111/anu.12129
  38. **Pantaleão JAF, Carvalho-Batista A, Teodoro SAA, Costa RC. 2018.** The influence of environmental variables in the reproductive performance of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) females in a continental population. An Acad Bras Ciênc 90: 1445-1458. doi: 10.1590/0001-3765201820170275
  39. **Pombo A, Baptista T, Granada L, Ferreira SMF, Gonçalves SC, Anjos C, Sá E, et al. 2020.** Insight into aquaculture's potential of marine annelid worms and ecological concerns: a review. Rev Aquacult 12: 107-121. doi: 10.1111/raq.12307
  40. **[PRODUCE] Ministerio de la Producción. 2019.** Anuario estadístico pesquero y acuícola 2018. [Internet]. Disponible en: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/901-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2018>

41. **Ramírez M, Cántaro R, Reyes W. 2018.** Growth and survival of males of *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae) with diets supplemented with common salt. *Lat Am J Aquat Res* 46: 469-474. doi: 10.3856/vol46-issue2-fulltext-22
42. **Reyes W, Gámez S, Luján H. 2008.** Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de embriones de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) incubados *in vitro*. *AquaTIC* 28: 1-7.
43. **Reyes W, Luján H, Moreno L, Pesantes S. 2009.** Caracterización de estadios embrionarios de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae). *Sciéndo* 12: 55-67.
44. **Reyes W. 2011.** Crecimiento, reproducción y supervivencia de hembras del camarón de río *Cryphiops caementarius* criados en recipientes individuales. *Sciéndo* 14: 75-86.
45. **Reyes W. 2014.** Interrelación del ciclo de muda, el ciclo ovárico y el desarrollo embrionario en hembras de *Cryphiops caementarius* Molina 1782 (Crustacea, Palaemonidae). *Rev Intropica* 9: 33-42.
46. **Reyes W. 2016.** Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados. *Biociencias* 3: 311-325. doi: 10.15741/revbio.03.04.06
47. **Ribeiro K, Franceschini-Vicentini IB, Papa LP, New MB, Valenti WC. 2012.** Effect of polyunsaturated fatty acids on the fecundity of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Aquac Res* 43: 1756-1763. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02980.x
48. **Royer J, Ropert M, Mathieu M, Costil K. 2006.** Presence of spionid worms and other epibionts in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in Normandy, France. *Aquaculture* 253: 461-474. doi: 10.1016/j.aquaculture.-2005.09.018
49. **Ruan Y, Wong NK, Zhang Z, Zhu C, Wu X, Ren C, Luo P, et al. 2020.** Vitellogenin receptor (VgR) Mediates oocyte maturation and ovarian development in the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Front Physiol* 11: 485. doi: 10.3389/fphys.2020.00485
50. **Senmache N, Reyes W. 2020.** Efecto de dietas con zeolita natural en el crecimiento y supervivencia del camarón de río *Cryphiops caementarius*. *Rebiol* 40: 30-38. doi: 10.17268/rebiol.2020.40.01.04
51. **Shailender M, Krishna PV, Suresh Ch, Srikanth B. 2012.** Reproductive performance and offspring quality of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* broodstock from different regions. *World J Fish Mar Sci* 4: 629-636. doi: 10.5829/idosi.wjfm.2012.04.-06.65160
52. **Tamburus AF, Mossolin EC, Mantelatto FL. 2012.** Populational and reproductive aspects of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea: Palaemonidae) from north coast of São Paulo State, Brazil. *Braz J Aquat Sci Technol* 16: 9-18. doi: 10.14210/bjast.v16n1.p9-18
53. **Tantikitti C, Kaonoona R, Pongma-nerat J. 2015.** Fatty acid profiles and carotenoids accumulation in hepatopancreas and ovary of wild female mud crab (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949). *Warasan Songkhla Nakharin* 37: 609-616.
54. **Terrones S, Reyes W. 2018.** Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en cocultivo intensivo. *Sci Agropecu* 9: 167-176. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.02.01
55. **Torres R, Almeida AC, Teixeira GM, Bueno AAP, Fransozo A. 2017.** Reproductive strategy of the shrimp *Nematopalaemon schmitti* (Decapoda, Caridea, Palaemonoidea) on the southeastern coast of Brazil. *Nauplius* 25: e2017003. doi: 10.1590/2358-2936e-2017003
56. **Tropea C, López LS. 2015.** Female growth and offspring quality over successive spawnings in a caridean shrimp *Neocaridina davidi* (Decapoda,

- Atyidae) with direct development. *Biol Bull* 229: 243-254. doi: 10.1086/bblv229n3p243
57. **Vargas-Ceballos MA, López-Urriarte E, García-Guerrero MU, Wehrtmann IS, Ríos-Jara E, Vega-Villsante F. 2018.** Fecundity, egg volume and reproductive output of *Macrobrachium tenellum* (Crustacea: Palaemonidae) from the northern coast Jalisco, México. *Lat Am J Aquat Res* 46(3): 502-511. doi: 10.3856/vol46-issue3-fulltext-2
58. **Ventura E, Winick-Silva A, Shinozaki-Mendes RA. 2019.** Ovarian development and spawning of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda). *Iheringia Ser Zool* 109: e2019026. doi: 10.1590/1678-4766e2019026
59. **Wairata J, Tutupary OFW, Mangimbulude JC. 2020.** Evaluation of fatty acid and amino acid in laor worms (Polychaetes) from Tobelo, Indonesia coastal water. *Asian J Biol Sci* 13: 127-133. doi: 10.3923/ajbs.2020.127.133
60. **Wang H, Seekamp I, Malzahn A, Hagemann A, Carvajal AK, Slizyte R, Standal IB, et al. 2019.** Growth and nutritional composition of the polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776) cultivated on waste from land-based salmon smolt aquaculture. *Aquaculture* 502: 232-241. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.12.047
61. **Zacarias S, Yépez V. 2015.** Camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en la costa centro-sur del Perú, 2007. *Inf Inst Mar Perú* 42: 398-415.
62. **Zimmermann U, Lopes F, Mantelatto FJ. 2015.** The reproductive performance of the red-algae shrimp *Leander paulensis* (Ortmann, 1897) (Decapoda, Palaemonidae) and the effect of post-spawning female weight gain on weight-dependent parameters. *Braz J Oceanogr* 63: 207-216. doi: 10.1590/S1679-87592015085806303