

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Efecto de diferentes niveles de dureza del agua en la muda, crecimiento y supervivencia de adultos de “Camarón de río” *Cryphiops caementarius* en condiciones de laboratorio

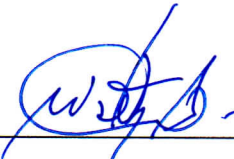
Tesis para optar el título de Biólogo Acuicultor

Sustentado por:

Fiorella Patricia Graciano León.

José Fernando Vásquez Mori.

Revisado y Aprobado por el Asesor:



Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos.

**Nuevo Chimbote – Perú
2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Efecto de diferentes niveles de dureza del agua en la muda, crecimiento y supervivencia de adultos de “Camarón de río” *Cryphiops caementarius* en condiciones de laboratorio

Tesis para optar el título de Biólogo Acuicultor

Sustentado por:

Fiorella Patricia Graciano León.

José Fernando Vásquez Mori.

Aprobado por el Jurado evaluador:



Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos.
Integrante



Blga. Acui. Carmen Yzásiga Barrera.
Integrante



Dr. Juan Fernando Merino Moya.
Presidente

**Nuevo Chimbote – Perú
2014**

DEDICATORIA

A Dios. Por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Haydee León Flores, por darme la vida, creer en mí y porque siempre me apoyaste.

A mi abuelita Catalina Flores Roque, por ser mi mejor ejemplo de trabajo y perseverancia.

A mi padre Luciano Graciano Roldán, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi hermoso bebe que será el motivo y fortaleza de todos mis logros.

Fiorella.

A Dios por todas las bendiciones en mi vida.

A mis padres Valentina y Fernando quienes con su apoyo y consejos me han brindado la educación en valores para la superación y logro de mis metas.

A mis hermanos, porque me han brindado su apoyo incondicional.

A mis amigos Fiorella, Sandra, Anghy, Maritza y Gustavo, por su apoyo y gran amistad que fue mi sustento durante toda la etapa universitaria.

José.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor el Dr. Walter Reyes Avalos, por su por su apoyo incondicional en la tarea de guiarnos en este tramo para la superación, formación y logro de nuestra tesis.

Al Blgo. Acui. Juan Carhuapoma Garay, por transmitirnos sus conocimientos teóricos y prácticos, y por compartir sus experiencias como amigo durante la realización del curso.

Al Dr. Guillermo Saldaña Rojas, por sus consejos y recomendaciones para la culminación del presente informe.

Al Ing. Daniel Sánchez, por su amistad y apoyo en el análisis de los resultados de la presente tesis.

A las profesoras Dr. Eliana Zelada Mázmela y a la Blga. Acui. Carmen Yzasiga Barrera por el apoyo y la confianza al brindarnos el laboratorio de Fisiología de los organismos acuáticos para el desarrollo de nuestra tesis.

Por último, agradecer a nuestros amigos, Maritza Eusebio Fernández, Sandra Vergara Díaz, Anghy Saletti Varas y Gustavo Olivos Ramírez, por su valiosa amistad, sincera e incondicional...

Los autores.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y METODOS	7
1. Material.....	10
1.1. Población.....	10
1.2. Muestra.....	10
1.3. Unidad de análisis.....	11
2. Métodos.....	11
2.1. Tipo de estudio.....	11
2.2. Diseño de la investigación.....	11
2.3. Variables y operativización de variables.....	12
2.3.1. Variable independiente.....	12
2.3.2. Variable dependiente.....	12
2.4. Instrumento de recolección de datos.....	12

2.5. Procedimiento	13
2.5.1. Transporte de camarones	13
2.5.2. Identificación y aclimatación de camarones.....	13
2.5.3. Selección y siembra de camarones	14
2.5.4. Características de los recipientes de crianza individual.....	15
2.5.5. Acondicionamiento de acuarios	16
2.5.6. Instalación de recipientes de crianza individual en acuarios.....	17
2.5.7. Alimento balanceado para camarón	18
2.5.8. Ración y Frecuencia alimentaria.....	18
2.5.9. Ensayo de la dureza total del agua para cada tratamiento	19
2.5.10 Limpieza de los acuarios de crianza	19
2.5.11. Calidad física y química del agua de crianza	20
2.5.12. Determinación de calcio en exoesqueletos de los camarones	20
2.5.13. Determinación del grosor de la cutícula de los camarones.....	21
2.5.14. Determinación de la muda de camarones	21
2.5.15 Determinación del crecimiento de camarones	21
2.5.16 Determinación de la supervivencia de camarones	22
2.5.17 Estimación de la producción de camarones	23
2.6 Análisis estadístico de datos.....	23
III. RESULTADOS.....	24
3.1. Calcio en los exoesqueletos	24

3.2. Grosor de exoesqueletos	24
3.3. Periodo entre mudas	25
3.4. Frecuencia de muda	25
3.5. Crecimiento en peso y longitud	27
3.6. Parámetros de crecimiento en peso y longitud	28
3.7. Variación de las tasas de crecimiento en peso y longitud	30
3.8. Supervivencia	33
3.9. Parámetros físicos y químicos de la calidad del agua	34
3.10. Producción estimada de adultos de <i>C. caementarius</i>	35
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1: Lugar de captura de adultos de <i>C. caementarius</i> , cerca del centro poblado Huayto al margen del río Pativilca.	10
Fig. 2: Tratamientos experimentales para la crianza de adultos de <i>C. caementarius</i>	11
Fig. 3: Sistema de transporte de adultos de <i>C. caementarius</i> . A) Vasos agujereados, B) Cajas de transporte conteniendo los vasos con camarones.....	13
Fig. 4: Aclimatación de adultos de <i>C. caementarius</i> A) en los vasos de transporte. B) dentro del laboratorio.	14
Fig. 5: Medición del A) peso y B) longitud de adultos de <i>C. caementarius</i>	15
Fig. 6: Recipientes de plástico instalados en tres niveles para la crianza individual de adultos de <i>C. caementarius</i>	16
Fig. 7: Acuarios con filtros biológicos y Sistemas air-water-lift. para la crianza de adultos de <i>C. caementarius</i>	17
Fig. 8: Sistema de acuarios para la crianza de adultos de <i>C. caementarius</i>	17
Fig. 9: A) Preparación de la solución stock. B) Acondicionamiento e incorporación de la solución stock dentro de los acuarios por goteo.....	19
Fig. 10: Contenido de calcio en los exoesqueletos de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	24

Fig. 11: Regresión Lineal entre el crecimiento en peso y la frecuencia de muda de adulto de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	26
Fig. 12: Regresión Lineal entre el crecimiento en longitud y la frecuencia de muda de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua, durante 90 días.....	26
Fig. 13: Variación del crecimiento en A) peso y B) longitud de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	27
Fig. 14: Tasa de crecimiento absoluta en (A) Peso y (B) Longitud de adultos de <i>C. caementarius</i> criados a diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	31
Fig. 15: Tasa de crecimiento específica en (A) peso y (B) longitud de adultos de <i>C. caementarius</i> criados a diferentes niveles de dureza de agua durante 90 días.....	33
Fig. 16: Porcentaje de supervivencia de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza de agua durante 90 días.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición porcentual y proximal del alimento balanceado para Camarones (Reyes, 2012).....	18
Tabla 2: Grosor de los exoesqueletos de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	25
Tabla 3: Parámetros de crecimiento en peso (Media \pm desviación estándar) de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	28
Tabla 4: Parámetros de crecimiento en longitud (Media \pm desviación estándar) de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días	30
Tabla 5: Parámetros físico y químicos del agua (Media \pm desviación estándar) de los acuarios de crianza de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días	34
Tabla 6: Resultados finales de densidad, peso promedio y producción estimada (Media \pm desviación estándar) de adultos de <i>C. caementarius</i> criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotografías de una laceración del exoesqueleto del cefalotórax, sobre las branquias de <i>C. caementarius</i>	54
Anexo 2: Pruebas estadísticas de Tukey y Duncan de los resultados obtenidos, con un 95 % de confiabilidad.....	54
Anexo3: Presupuesto.....	58

RESUMEN

Se determinó el efecto de diferentes niveles de dureza total del agua en la muda, crecimiento y supervivencia de adultos *Cryphiops caementarius*, empleando tres tratamientos (100, 300 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹) y un control (200 mg CaCO₃ L⁻¹), con tres repeticiones respectivamente. Los resultados indicaron que a 300 mg CaCO₃ L⁻¹ el periodo de muda se acorto (26,7 días) y la frecuencia de muda fue mayor (3 mudas), obteniéndose el mayor crecimiento en peso y longitud (3,74 g y 5,36 cm), con diferencia significativa ($p > 0,05$). Sin embargo, la máxima supervivencia (100 %) se alcanzó a durezas inferiores de 300 mg CaCO₃ L⁻¹, siendo menor significativamente ($p > 0,05$) con 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (77,8 %). Por tanto, el óptimo nivel de dureza para la crianza de adultos *C. caementarius* fue a 300 mg CaCO₃ L⁻¹.

ABSTRACT

The effect of various levels of total water hardness in molting, growth and survival of adult *Cryphiops caementarius* was determined using three treatments (100, 300 and 400 mg CaCO₃ L⁻¹) and a Control (200 mg CaCO₃ L⁻¹), with three replicates respectively. The results indicated that 300 mg CaCO₃ L⁻¹ the molting period was shortened (26,7 days) and molt frequency was higher (3 molt), yielding the highest growth in weight and length (3,74 g and 5,36 cm), with significant difference ($p > 0,05$). However, high survival (100%) was achieved at lower hardness of 300 mg CaCO₃ L⁻¹, with less significantly ($p > 0,05$) with 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (77,8 %). Therefore, the optimal level of hardness for breeding adults *C. caementarius* went to 300 mg CaCO₃ L⁻¹

INTRODUCCIÓN

Los organismos acuáticos son susceptibles de sufrir estrés cuando las condiciones ambientales no son adecuadas, y los altos niveles de estrés generan baja alimentación, tasas de crecimiento reducidas y promueven la aparición de enfermedades; siendo la temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza y salinidad, los que deben controlarse para evitar efectos negativos sobre las especies (Beltrame *et al.*, 2004; Feliu *et al.*, 2009).

El camarón requiere concentraciones específicas de los principales aniones como bicarbonatos, sulfatos y cloruros, así como de los principales cationes calcio, magnesio, sodio y potasio que permiten tener éxito en el cultivo de camarones, porque participan directamente sobre la osmoregulación, facilidad de la muda, formación de exoesqueletos y la supervivencia de los camarones (Boyd *et al.*, 2002). Bajo esta perspectiva surge la idea de emplear cloruro de calcio en su forma dihidratada ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para proporcionar una fuente de calcio en el medio de cultivo para adultos de *Cryphiops caementarius*, tal como lo hizo Rukke (2002) para evaluar el crecimiento de *Gammarus lacustris* y *Astacus Astacus*. De igual manera, se ha evaluado el cloruro de calcio en la supervivencia, crecimiento y muda en el cangrejo juvenil *Procambarus clarkii* (Cai *et al.*, 2006) y en el camarón gigante *Macrobrachium rosenbergii* (Adakari *et al.*, 2007). Además, Deshimaru *et al.* (1978) emplearon cloruro de calcio con un isotopo radioactivo de calcio para evaluar la absorción de este mineral en el langostino *Penaeus japonicus*.

El calcio y el magnesio son los cationes dominantes en casi todas las aguas utilizadas para acuicultura; siendo la dureza total (CaCO_3) la

concentración de todos los cationes divalentes presentes en el agua (Wurts, 1993; Boyd, 1998). De estos, el más importante es el calcio, al participar en el proceso de endurecimiento de los nuevos exoesqueletos de los crustáceos (Wurts, 2002); además influye en la permeabilidad de las membranas branquiales crucial para la osmorregulación y es un amortiguador de los súbitos cambios de salinidad, pH, temperatura y amonio (Boyd & Tucker, 1998), lo que beneficia a los organismos que experimentan un ciclo de muda (Neufeld & Cameron, 1993; Wheatly, 1999; Wheatly *et al.*, 2002; Ahearn *et al.*, 2004).

En algunos camarones, el transporte osmorregulatorio de iones se realiza en el órgano del cuello de los nauplios, los metapoditos y en el intestino de *Artemia salina* (Conte *et al.*, 1972; Croghan, 1957) y en los isópodos terrestres (Wägele, 1992); siendo las branquias el principal órgano osmorregulatorio de los crustáceos.

Dall (1965) describe en *Metapenaeus* sp que el 90 % de la absorción del calcio del medio exterior se realiza a través de las branquias, 7 % en el ano y 3 % en el abdomen, y el calcio expulsado es de 70 % en las branquias, 17 % en el abdomen y 13 % en el ano. En cangrejos marinos, la mayor parte de los iones de calcio y carbonatos son absorbidos por las branquias (Greenaway, 1985). La movilización de grandes cantidades de calcio del agua circundante durante la postmuda se realiza para calcificar la nueva cutícula, esto implica que las branquias participan en la entrada de calcio (del agua hacia la hemolinfa) y regula su transporte en *Carcinus maenas* (Flik *et al.*, 1994).

El epitelio branquial se ha estudiado lo más extensivamente posible con respecto a los procesos de osmorregulación en crustáceos acuáticos, así la

branquia se puede dividir en un epitelio fino (de alrededor de 0,5 μm de grosor) para la respiración y un epitelio grueso (de 10 μm de grosor aprox.), para la osmorregulación (Copeland & Fitzjarrell, 1968). El epitelio fino contiene escasos organelos y poca actividad celular, mientras que el epitelio más grueso contiene abundantes mitocondrias y una mayor superficie celular que permite el transporte epitelial (Berridge & Oschman, 1972).

Funcionalmente, la localización de la actividad de Na^+/K^+ -ATPasa en las células del epitelio grueso de *Callinectes sapidus*, sugieren que estas células son el sitio de los procesos de osmorregulación (Neufeld *et al.*, 1980). Un aumento de la actividad de Na^+/K^+ -ATPasa en el epitelio después de la muda son reportadas por Towle & Mangum (1985) en la misma especie.

Lucu & Siebers (1987) reportan que la enzima que transporta el calcio a través de las branquias y mantiene el nivel intracelular de Ca^{2+} en las células epiteliales en *C. maenas* es el Ca^{2+} -ATPasa. Otro transportador que interviene en los movimientos de calcio en el epitelio es la bomba de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ que funciona en los tejidos de algunos organismos (Flik *et al.*, 1990). Por su parte, Roer (1980) manifiesta que la bomba de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, y el Ca^{2+} -ATPasa, participan en el movimiento de calcio de la sangre hacia el caparazón en *C. maenas*; del mismo modo Morris & Greenaway (1992) han demostrado que existe una alta afinidad de la actividad Ca^{2+} -ATPasa en las branquias del cangrejo *Leptograpsus variegatus*.

La calcificación del exoesqueleto de los crustáceos tiene lugar en diferentes sitios de la cutícula como alrededor de las fibras de proteína de quitina, en el nivel interprismático de tabiques, alrededor y dentro de los poros

formados por extensiones citoplasmáticas de las células de la hipodermis (Roer & Dillaman, 1984; Giraud, 1984a; Giraud, 1984b; Compere *et al.*, 1993; Giraud *et al.*, 2004; Romano *et al.*, 2007). En la epicutícula se evidencian agregados de mineral cristalino que varían en forma y tamaño, que llegan hacia el borde exterior (Hegdahl *et al.*, 1977b). En la matriz de la exocutícula se produce la deposición del mineral dentro de los poros y canales, entre las fibras de proteína de quitina (Hegdahl *et al.*, 1977a) y la endocutícula está endurecida únicamente por sales de calcio (Travis, 1955).

En *Cherax quadricarinatus*, la mayor parte de calcio es inestable en la endocutícula y en la exocutícula durante la muda, mientras que en la epicutícula no experimenta la degradación y sigue mineralizándose a través del ciclo de la muda (Shechter *et al.*, 2008). En *H. americanus* hay digestión rápida de los gastrolitos, durante la postmuda debido a la calcificación de la nueva cutícula, sin embargo, los cambios en densidad de la cutícula no se pueden explicar solamente por la fuente de calcio de los gastrolitos, puesto que este último proporciona entre 4 % y 15 % del total necesario para la calcificación de la cutícula (Wheatly & Gannon, 1995). El calcio restante requerido para terminar la calcificación es tomado en forma exógena a través de la absorción branquial (Wheatly, 1999). A excepción de lo que sucede en la langosta de agua dulce *Procambarus clarkii* que utiliza efectivamente los gastrolitos, las sales de calcio del alimento y el calcio ligado al suelo como fuentes alternativas de este mineral para completar su ciclo de muda, cuando los niveles de calcio en estado iónico libre son bajos (Nelson & Dendy, 1978).

En los camarones al igual que en todos los crustáceos, el proceso de crecimiento se produce de forma discontinua y cíclica debido al proceso de la

muda; cada vez que el organismo está preparado para aumentar de talla y peso, el viejo exoesqueleto es liberado rápidamente y es producida una nueva cutícula que endurece hasta adquirir la consistencia y dureza del exoesqueleto anterior; durante este proceso el cuerpo del camarón ha absorbido agua y la división celular se ve favorecida provocando el incremento de volumen y peso del animal (Van Wormhoudt & Bellon, 1996).

Existen estudios referentes a la variabilidad y sensibilidad de los ciclos de muda con respecto a factores como son la temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento, donde cambios en estos factores pueden influir en la duración de los periodos de muda (Galindo, 2007), sin embargo, pocos son los alcances del efecto de la dureza total en la muda, crecimiento y supervivencia de los crustáceos, siendo este un factor que afecta significativamente.

El proceso del crecimiento en crustáceos ocurre mediante mudas, en algunos durante toda la vida del animal, mientras que en otras especies mudan solamente hasta alcanzar la madurez sexual (Hartnoll, 1982). El ciclo de muda en *C. caementarius* comprende las etapas de postmuda (A y B), intermuda (C), premuda (D) y ecdisis (E) (Reyes *et al.*, 2009). En este proceso es muy probable que haya movimiento de calcio como sucede en otros crustáceos que durante el período de intermuda, los flujos netos de calcio a través de la superficie del cuerpo del crustáceo son bajos, y el calcio filtrado por las glándulas antenales se reabsorbe junto con el magnesio (Wheatly *et al.*, 2002). Durante premuda, el calcio se reabsorbe del caparazón y se almacena como gastrolitos; el calcio restante se puede excretar por las branquias y/o los hepatopancreas. En postmuda, se calcifica la nueva cutícula, y el calcio es

recuperado de los gastrolitos, por la absorción branquial y por la ingestión dietética vía intestinal (Ahearn *et al.*, 2004).

Los sitios de almacenamiento de calcio, puede estar en forma de gastrolitos, como concreciones calcáreas debajo de la cutícula del estómago cardíaco en macruros y braquiuros terrestres, como concreciones en el intestino y ciego posterior en anfípodos; y en general como deposición de esférulas calcáreas en la hepatopáncreas y en la hemolinfa (Graf, 1975). En las langostas de agua dulce (*Cambarus* sp & *Astacus* sp) y ciertos cangrejos terrestres (*Gecarcinus* sp) almacenan en el estómago carbonato de calcio denominadas gastrolitos, las cuales son utilizadas posteriormente como fuentes de calcio en la formación del exoesqueleto (Passano, 1960). En algunos cangrejos como *Cancer pagurus*, *C. maenas*, *Callinectes sapidus* y *Paratelphusa hydrodomous* se ha encontrado en el hepatopáncreas gránulos de fosfato (Becker *et al.*, 1974; Guary y Negrel, 1981). El hepatopáncreas de *C. sapidus* contiene calcio, magnesio y fósforo inorgánico en cantidades de 260, 20 y 250 $\mu\text{m g-átomos/g}$ de tejido húmedo, respectivamente, lo que representa más del 10 % del peso seco de tejido (Sparkes & Greenaway, 1984).

Se sabe que el calcio tiene efectos significativos en la muda y en el crecimiento de los crustáceos (Molina *et al.*, 2000). Así, Abidin (2011) determina que la frecuencia de muda en *M. rosenbergii* fue de 3 veces con 50 mg de $\text{Ca (OH)}_2 \text{ L}^{-1}$ y de 2 veces con 0 y 75 mg de $\text{Ca (OH)}_2 \text{ L}^{-1}$, durante 30 días de crianza. También Cripps & Nakamura (1979) mencionan que a una dureza de 65 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ el periodo de muda es de 43,3 días, mientras que con una dureza de agua de 500 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ el periodo de muda aumenta a

50,7 días para camarones de 12 meses de edad, concluyendo que a mayor cantidad de dureza, mayor es el periodo de muda.

Por otro lado, Boyd & Tucker (1998) mencionan que bajas concentraciones de dureza total podría limitar el crecimiento de crustáceos. Un rango aceptable de dureza para acuicultura es de 63 - 250 mg CaCO₃ L⁻¹ (Wurts, 1993), aunque Wetzel, (2001) sugiere que los rangos ideales de dureza del agua es de 50 a 200 mg CaCO₃ L⁻¹. Para el cultivo de *M. rosenbergii*, en cambio New (2002) recomiendan niveles de dureza de 40 a 100 mg CaCO₃ L⁻¹. En los ríos donde abunda *C. caementarius*, IMARPE (2007) reporta que la dureza total del agua varía entre 154 a 564 g de CaCO₃ L⁻¹, siendo probablemente este parámetro ambiental el que influye en la muda, crecimiento y supervivencia de esta especie.

La tasa de supervivencia también es afectada por los niveles de dureza del agua. En *M. rosenbergii* un nivel de dureza de 92 mg CaCO₃ L⁻¹ no afecta la supervivencia, mientras que con 384 mg CaCO₃ L⁻¹ se obtiene 60 % de supervivencia (Adhikari *et al.*, 2007). En cambio durezas mayores de 316 mg CaCO₃ L⁻¹ ocasionan total mortalidad, mientras que entre 53 y 71 mg CaCO₃ L⁻¹ se logran 100 % de supervivencia.

El camarón *C. caementarius* es de gran importancia económica y sustenta la pesquería continental de la costa sur del Perú, con capturas de 707 a 907,4 t desde el 2005 al 2012 respectivamente (Robles, 2012), su comercialización, en la ciudad de Lima, en el 2011 tuvo un alcance de 95 560 kg, costando entre 20 - 55 soles el kilo en los principales mercados de la capital (IMARPE, 2012), pues posee una carne sabrosa, motivo por el que cuenta con un potencial muy

interesante en el mercado peruano. Además, la especie tiene amplia distribución latitudinal en la vertiente occidental de los andes, desde el río Taymí (Lambayeque) en el norte del Perú ($06^{\circ} 32' S$) (Amaya & Guerra, 1976) hasta el río Maipo en el norte de Chile ($33^{\circ} 26' S$) (Jara, 1997), pero abunda en los ríos de Arequipa - Perú ($16^{\circ} 23' S$), desde el nivel del mar hasta los 1400 msnm, contribuyendo con el 80 % del recurso existente en la costa peruana (Zacarías & Yépez, 2008).

En relación a los antecedentes, el presente estudio pretende dar un aporte en relación con el nivel de dureza total del agua para el cultivo de *C. caementarius* sin que pueda ocasionar riesgo en la producción, planteando el siguiente problema de investigación ¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de dureza del agua en la muda, crecimiento y supervivencia de adultos de *C. caementarius*, en condiciones de laboratorio? Además se formula la siguiente hipótesis: Si en condiciones de laboratorio, se crían a adultos de *C. caementarius* con durezas de 100, 200, 300 y 400 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ entonces con 300 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ se mejora la muda, el crecimiento y la supervivencia de la especie.

El objetivo general fue evaluar el efecto de diferentes niveles de dureza del agua en la muda, crecimiento y supervivencia de adultos de *C. caementarius*, en condiciones de laboratorio.

Los objetivos específicos fueron:

- Comparar la duración y frecuencia de muda de adultos de *C. caementarius* criados con diferentes niveles de dureza del agua.

- Comparar el contenido de calcio del exoesqueleto de adultos de *C. caementarius* criados con diferentes niveles de dureza del agua.
- Comparar los parámetros de crecimiento en peso y longitud de adultos de *C. caementarius* criados con diferentes niveles de dureza del agua.
- Comparar la supervivencia de adultos de *C. caementarius* criados con diferentes niveles de dureza del agua.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Material

1.1. Población

Camarones machos de la especie *C. caementarius* procedieron del río Pativilca cerca del Centro Poblado Huayto (10°9'50"S y 77°0'02"O) a 352 msnm, distrito de Pativilca, Provincia de Barranca, Región Lima (Fig. 1).



Fig 1: Lugar de captura de adultos de *C. caementarius*, cerca del centro poblado Huayto al margen del río Pativilca.

1.2. Muestra

La muestra fue 72 camarones machos de *C. caementarius* de entre 3,6 a 4,2 cm de longitud total, con apéndices cefalotorácicos completos, seleccionados al azar de un lote de 130 ejemplares transportados el 31 de Agosto del 2013, desde el río Pativilca cerca del Centro Poblado Huayto, Distrito de Pativilca, Provincia de Barranca, Región Lima.

1.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo formada por seis camarones por acuario. En los tratamientos experimentales y el control, los seis camarones fueron sembrados individualmente en seis recipientes de crianza, los mismos que estuvieron en dos grupos de tres niveles dentro de un acuario (Fig. 2).



Fig. 2: Tratamientos experimentales para la crianza de adultos de *C. caementarius*

2. Métodos

2.1. Tipo de estudio

Investigación experimental

2.2. Diseño de la investigación

Se empleó el diseño de estímulo creciente con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamientos, siendo estos los siguientes:

T1: Camarones criados a $100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ de dureza total.

T2: Camarones criados a $200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ de dureza total (Control).

T3: Camarones criados a 300 mg CaCO₃ L⁻¹ de dureza total.

T4: Camarones criados a 400 mg CaCO₃ L⁻¹ de dureza total.

2.3. Variables y operacionalización de variables

2.3.1. Variable independiente

Dureza total del agua (100, 200, 300 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹)

2.3.2. Variable dependiente

Muda, crecimiento y supervivencia de adultos del camarón de río *C. caementarius*. Además, el periodo y frecuencia de la muda de *C. caementarius* fue determinado mediante la recolección de exuvias durante la investigación. El crecimiento fue determinado mediante el peso (g), la longitud total (cm), el crecimiento absoluto, la ganancia porcentual (%), la tasa de crecimiento absoluto y tasa de crecimiento específica (% día⁻¹). La supervivencia se obtuvo el número de camarones vivos al inicio y al final de cada muestreo durante la experiencia, expresado en porcentaje (%).

2.4. Instrumento de recolección de datos

El peso total de los camarones fue determinado por una balanza digital ADAM AQT600 ($\pm 0,1$ gr). La longitud total (LT = Escotadura post orbital hasta el extremo posterior del telson) fue medido con un calibrador vernier ($\pm 0,05$ mm) con los camarones posicionados ventralmente.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Transporte de camarones

Los camarones capturados del río Pativilca fueron introducidos individualmente en vasos de plástico (200 ml) agujereados para permitir el flujo de agua (Fig. 3A). Los vasos fueron colocados dentro de cajas de plástico (0,60 m de largo, 0.40 m de ancho y 0,35 m de alto, con volumen efectivo de 45 L) con agua del mismo río y aireación intermitente (Fig. 3B). La densidad fue de 55 camarones por caja, y transportados durante 4 h vía terrestre hasta el Laboratorio de Fisiología de los Organismos Acuáticos de la Universidad Nacional del Santa.



Fig. 3: Sistema de transporte de adultos de *C. caementarius*. A) Vasos agujereados, B) Cajas de transporte conteniendo los vasos con camarones.

2.5.2. Identificación y aclimatación de camarones

En el Laboratorio, los camarones fueron identificados según Méndez (1981) y el sexo se determinó observando la separación de las coxas del quinto par de periópodos (Guerra, 1974), además los machos se diferenciaron por el tamaño de las quelas y la amplitud del abdomen. Los

camarones fueron aclimatados en los mismos vasos de transporte, colocados dentro de las cajas de transporte, durante 10 días (Fig. 4). Todos los camarones fueron alimentados *ad libitum* con alimento balanceado desde el tercer día de aclimatación. Además, cada dos días se realizó recambios del 30 % del agua, limpieza de los restos de alimento y de los desechos sólidos de excreción.

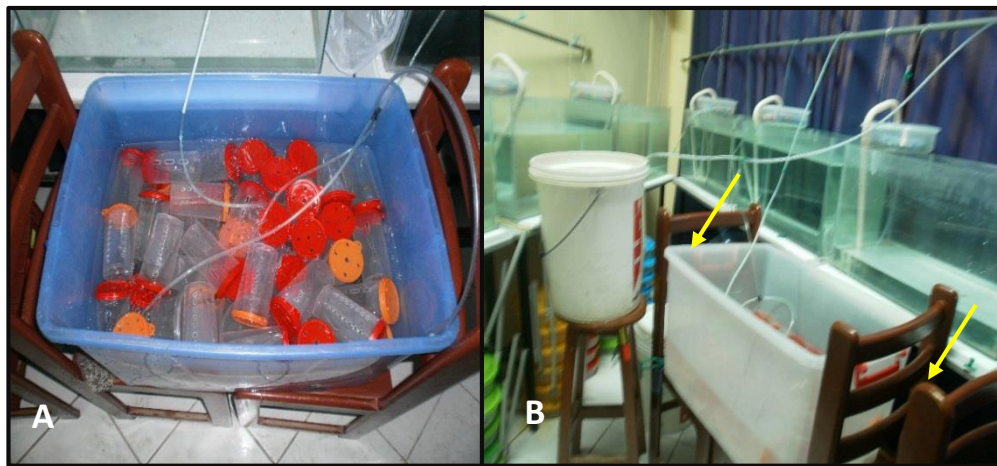


Fig. 4: Aclimatación de adultos de *C. caementarius* A) en los vasos de transporte. B) dentro del laboratorio.

2.5.3. Selección y siembra de camarones

Culminado el período de aclimatación, el sexo de los camarones se corroboró observando la separación de las coxas del quinto par de periópodos (Guerra, 1974) y fueron seleccionados aquellos con apéndices cefalotorácicos completos. Previo a la siembra, se registró el peso y talla inicial de los camarones para asignarlos al azar en cada recipiente de crianza en los tratamientos experimentales y el control (Fig. 5). Los recipientes se instalaron en dos grupos de tres niveles dentro de un acuario; lo que equivale a la densidad de 32,26 camarones. m⁻².

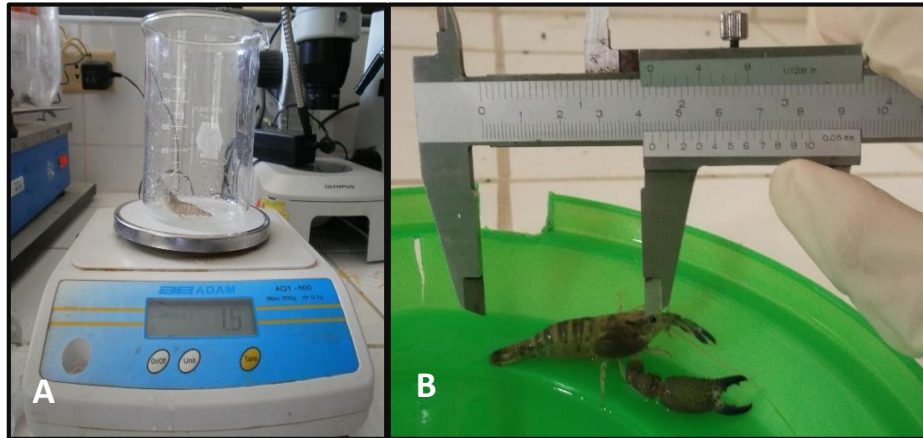


Fig. 5: Medición del A) peso y B) longitud de adultos de *C. caementarius*

2.5.4. Características de los recipientes de crianza individual

Los recipientes de crianza individual fueron de material plástico transparente con tapa de 19 cm de diámetro y de 8 cm de altura, las cuales tuvieron un área de 284 cm². Las paredes de los recipientes tuvieron aberturas (3 cm de largo por 0,5 cm de ancho) para permitir el flujo de agua.

Además en cada recipiente se colocó un tubo PVC de ½" de diámetro que sobresalió 15 cm sobre el nivel del agua, el cual se utilizó para introducir los pellets de alimento balanceado. Los recipientes fueron instalados en tres niveles (Fig. 6).

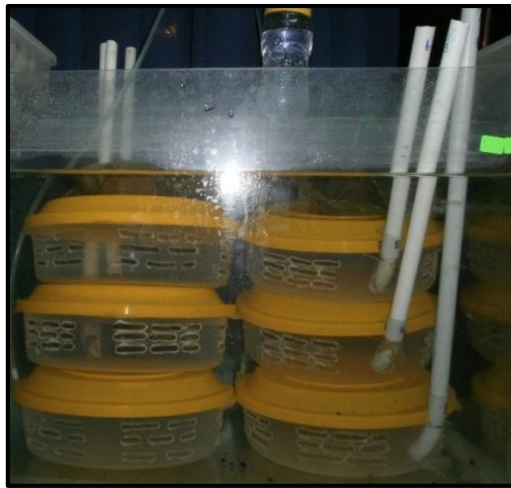


Fig. 6: Recipientes de plástico instalados en tres niveles para la crianza individual de adultos de *C. caementarius*

2.5.5. Acondicionamiento de acuarios

Se emplearon 12 acuarios de vidrio (0,60 m de largo, 0,31 m de ancho y 0,35 m de alto, con área de 0,186 m² y volumen efectivo de 60 L) cada uno con un filtro biológico percolador con flujo de agua de 1,5 L min⁻¹, instalado dentro de un sistema de recirculación de agua tipo air-water-lift (Fig. 7).

Cada filtro biológico fue constituido por un recipiente de plástico de 2,5 L conteniendo una capa de espuma de poliuretano (1 cm de espesor), una capa intermedia de tapas plásticas de gaseosa (3 cm de espesor) y una capa inferior de grava (1 a 2 cm de diámetro) aprox. 1 kg. La activación de los filtros biológicos se realizó con un Kit microbiano (Nutrafin). Además se instaló dos difusores de aire por acuario para la circulación y oxigenación del agua. Se empleó agua potable declorada. Para abastecer con aire al sistema se empleó un blower de 1 HP.



Fig. 7: Acuarios con filtros biológicos y Sistemas air-water-lift para la crianza de adultos de *C. caementarius*

2.5.6. Instalación de recipientes de crianza individual en acuarios

En cada acuario fueron instalados seis recipientes dispuestos en dos grupos de tres niveles cada uno (Fig. 8); sin embargo, debido a la baja densidad de los recipientes plásticos se tuvo que colocar una bolsa de malla plástica conteniendo grava para mantener fondeado los grupos de recipientes.



Fig. 8: Sistema de acuarios para la crianza de adultos de *C. caementarius*

2.5.7. Alimento balanceado para camarón

El alimento balanceado fue elaborado según la Tabla 1.

Tabla 1: Composición porcentual y proximal del alimento balanceado para Camarones (Reyes, 2012).

INSUMOS		%	
Harina de pescado		30,00	
Harina de soya		21,00	
Harina de maíz		16,70	
Aceite de pescado		2,00	
Aceite de soya		0,50	
Aceite de maíz		0,50	
Lecitina de soya ¹		1,00	
Polvillo de arroz		22,00	
Melaza		3,00	
Zeolita		2,00	
Sal común		1,00	
Complexvit ²		0,30	
Harina de paprika ³		0,025	
Proteína bruta	30,0	Ca (mn.)	1,00
Lípidos	8,1	Ca (máx.)	2,00
Fibra bruta	4,6	Cisteína	0,31
ELN (máx.)	30,0	Metionina	0,62
P disponible (mn.)	0,6	Lisina	1,62
P disponible (máx.)	1,0	W3	0,65
ED (Kcal Kg ⁻¹)	2600	W6	1,80

La composición proximal fue calculada con el programa informático de Pezzato (1996) teniendo en cuenta el porcentaje de insumos utilizados. 1. Lecitina de soya purificada comercial (Soya insípida en cápsulas blandas, contenido de fosfatdicos \geq 60%). 2. Comprende (kg⁻¹): Vitaminas A 8g; E 7g; B1 8g; B2 16g; B6 11,6g; B12 0,02g; C 5g; D3 5g; K3 1g; Nicotinamida 10g; Niacina 6g; Biotina 0,3g; DL Metionina 20g; Pantotenato de Ca 47g; Cloruro de sodio 2,7g; Cloruro de potasio 34g; Sulfato de magnesio 7g; Maca 5g; y Excipientes 1,000g. 3. La harina de paprika (*Capsicum annum*) fue empleada como complemento en la dieta.

2.5.8. Ración y Frecuencia alimentaria

El alimento se les suministró a una tasa de 5 % del peso húmedo del camarón, dividiéndolo en 2 raciones diarias en horarios de (09:00 y 16:00 h) de acuerdo a Velasco *et al.* (1999).

2.5.9. Ensayo de la dureza total del agua para cada tratamiento

En la preparación de la solución stock se destiló 1 L de agua, luego se pesó 4 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y se mezcló con ayuda de una varilla de vidrio hasta diluir completamente (Fig. 9A). Finalmente se determinó la dureza total de la solución stock (2200 ml de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ aprox.) mediante el método titulométrico de Fukushima *et al.* (1982). Luego se continuó con el acondicionamiento de cada tratamiento a la dureza total del agua que se requirió, mediante sistema de goteo usando botellas plásticas de 600 ml. de capacidad, para ello se realizó cálculos empleando la fórmula de Volumen – Concentración para mayor precisión (Fig.9B).

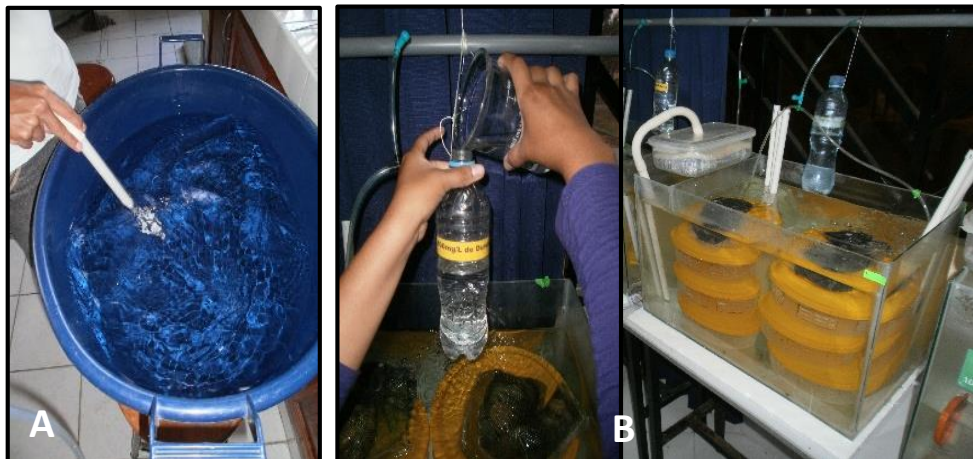


Fig. 9: A) Preparación de la solución stock. B) Acondicionamiento e incorporación de la solución stock dentro de los acuarios por goteo.

2.5.10. Limpieza de los acuarios de crianza

Los desechos sólidos que salieron de los recipientes de crianza y se acumularon en los acuarios fueron extraídos con sifón una vez por semana. La capa de espuma sintética del filtro biológico se limpió frecuentemente para evitar taponamientos. Los camarones muertos

fueron retirados de los recipientes individuales de crianza para evitar alteración de la calidad del agua, pero fueron reemplazados con otros de similar tamaño y del mismo sexo, a fin de mantener el número constante de animales en los acuarios, pero estos no se incluyeron en el análisis estadístico.

2.5.11. Calidad física y química del agua de crianza

El ambiente de laboratorio fue mantenido con calefacción (28 °C) mediante el uso de hornillas eléctricas de 1000 W. La medición de los parámetros físicos y químicos del agua se realizó quincenalmente de oxígeno disuelto, temperatura y pH, mediante un equipo multifuncional Hach Lange ($\pm 0,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\pm 0,01 \text{ }^\circ\text{C}$, $\pm 0,01$ unidades) respectivamente y el amonio total, nitritos a través del Test colorimétricos Nutrafin ($\pm 0,05 \text{ mg/L}$).

2.5.12. Determinación de calcio en exoesqueletos de los camarones

Al finalizar la experiencia se recolectó nueve exoesqueletos de los camarones en cada tratamiento, seguidamente las muestras se pusieron a 500 °C por 6 h hasta obtener ceniza (Oxido de calcio). Luego se pesó 0,1 g de ceniza y se diluyó en 3 ml de ácido clorhídrico aforándolo a 100 ml con agua destilada. De dicha solución, se extrajo 25 ml y se agregó 5 ml de hidróxido de sodio (2 M) para estabilizar el pH. Finalmente se aplicó el método titulométrico descrito por Felix *et al.* (2008) para determinar el contenido de calcio.

$$\text{mg Ca L}^{-1} = \frac{A \times B \times 400,8}{\text{ml de muestra}}$$

Dónde:

A: ml de reactivo de titulación para la muestra

B: ml de CaCO₃, equivalente a 1.00 ml de reactivo de titulación EDTA en el punto final de indicador para el Calcio.

2.5.13. Determinación del grosor de la cutícula de los camarones

Al finalizar la experiencia se eligió de cada tratamiento nueve camarones vivos para realizar cortes transversales en su exoesqueleto (cefalotórax y abdomen) usando un bisturí quirúrgico, luego se determinó el grosor de la cutícula con un microscopio Olympus con un ocular micrométrico a un objetivo de 4x.

2.5.14. Determinación de la muda de camarones

El estado de muda fue evaluado según Reyes y Luján (2003), además el período entre mudas y la frecuencia de mudas fue determinado observando, a través de los recipientes transparentes, los exoesqueletos expulsados después de la ecdisis de los camarones.

2.1.1. Determinación del crecimiento de camarones

Se realizó muestreos quincenales de toda la población de camarones sembrados en los tratamientos experimental y control. Con los datos

obtenidos se determinó el crecimiento en longitud y peso, crecimiento absoluto (CA), la ganancia porcentual (GP), la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE), según El - Sherif y Ali (2009).

$$CA = X2 - X1$$

$$GP (\%) = (CA/X1) \times 100$$

$$TCA = CA/t2 - t1$$

$$TCE (\% \text{ dia}^{-1}) = [\ln X2 - \ln X1] / t2 - t1] \times 100$$

Dónde:

X1 y X2: peso húmedo (g) o la longitud total (cm), inicial y final

t1 y t2: la duración en días

ln X1 y ln X2: el logaritmo natural del peso o la longitud inicial y final.

2.1.2. Determinación de la supervivencia de camarones

El porcentaje de supervivencia (S) se obtuvo contando a los camarones vivos de cada repetición por tratamiento, este dato se dividió por el número inicial de camarones sembrados y multiplicado por 100 (Isiordia y Puello, 2007).

$$S (\%) = (Nf/ Ni) \times 100$$

Dónde:

Ni = Número inicial de camarones

Nf = Número final de camarones

2.1.3. Estimación de la producción de camarones

La producción (P) de cada tratamiento fue estimada por:

$$P \text{ (Kg m}^{-2}\text{)} = \text{Biomasa} / \text{Área de crianza.}$$

2.2. Análisis estadístico de datos

Los datos fueron presentados en tablas estadísticas de entrada simple con resultados absolutos y relativos; además de sus respectivos gráficos. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron al 95 % de confiabilidad por análisis de varianza y la prueba de Duncan, usando el programa estadísticos SPSS versión 20 para Windows 8.

III. RESULTADOS

3.1. Calcio en los exoesqueletos

El contenido de calcio en los exoesqueletos presentó diferencia significativa ($p>0,05$) en todos los tratamientos después de 90 días de crianza, siendo de $25,3 \pm 0,5$ % en los camarones criados en $100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, de $27,9 \pm 0,4\%$ en los de $200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, de $28,6 \pm 0,3$ % en $300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ y de $31,2 \pm 0,3$ % en $400 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Fig. 10).

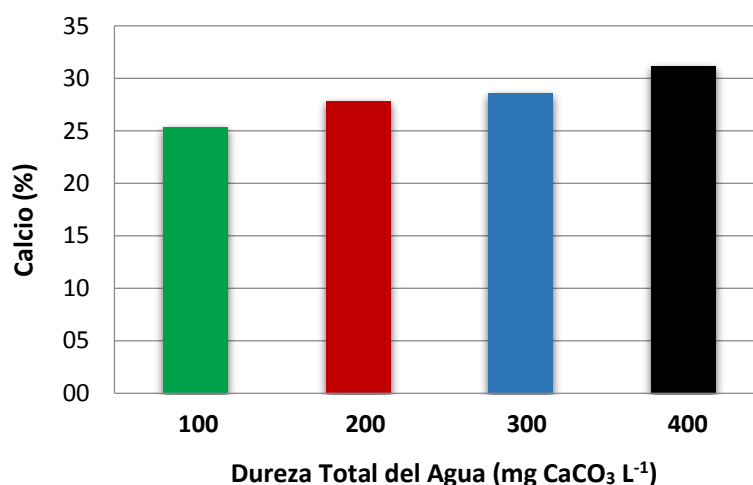


Fig. 10: Contenido de calcio en los exoesqueletos de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

3.2. Grosor de exoesqueletos

No se encontró diferencia significativa ($p>0,05$) en el grosor del exoesqueleto del cefalotórax de los camarones criados en 100 y $200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, pero si con los demás tratamientos; siendo el de mayor grosor los criados en $400 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. Respecto al grosor del exoesqueleto del abdomen, no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) en los camarones criados en 100 , 200 y $300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, pero si con los de $400 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, a

excepción del tratamiento de 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que no presentó diferencia significativa ($p>0,05$) con esté.

Tabla 2: Grosor de los exoesqueletos de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

GROSOR DEL EXOESQUELETO	DUREZA TOTAL DEL AGUA (mg CaCO ₃ L ⁻¹)			
	100	200	300	400
Cefalotórax (µm)	93,8 ^a	100 ^a	125,0 ^b	143,8 ^c
Abdomen (µm)	93,8 ^a	87,5 ^a	106,3 ^{ab}	131,3 ^b

Datos con letras iguales en superíndices en una misma fila indica que no hay diferencia significativa ($p>0,05$).

3.3. Periodo entre mudas

El período entre mudas de *C. caementarius* durante los 90 días de crianza fue más corto en los criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (26,7 días), seguido por el tratamiento de 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (27,9 días), 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (28,9 días) y 100 mg CaCO₃ L⁻¹ (29,7 días), mostrando diferencia significativa ($p>0,05$) entre los tratamientos.

3.4. Frecuencia de muda

La frecuencia de las mudas de adultos de *C. caementarius* durante los 90 días de crianza, revela que los camarones criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ existió un promedio de 3 mudas, siendo mayor significativamente ($p>0,05$) con los demás tratamientos; seguido por los de 200 mg CaCO₃ L⁻¹ con 2,7 mudas, mostrando diferencia significativa ($p>0,05$) con 100 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ los que alcanzaron una frecuencia de muda de 2,1 y 2,2 mudas, respectivamente.

La regresión lineal entre el crecimiento en peso y la frecuencia de muda de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días fue de $r = 0,7875$.

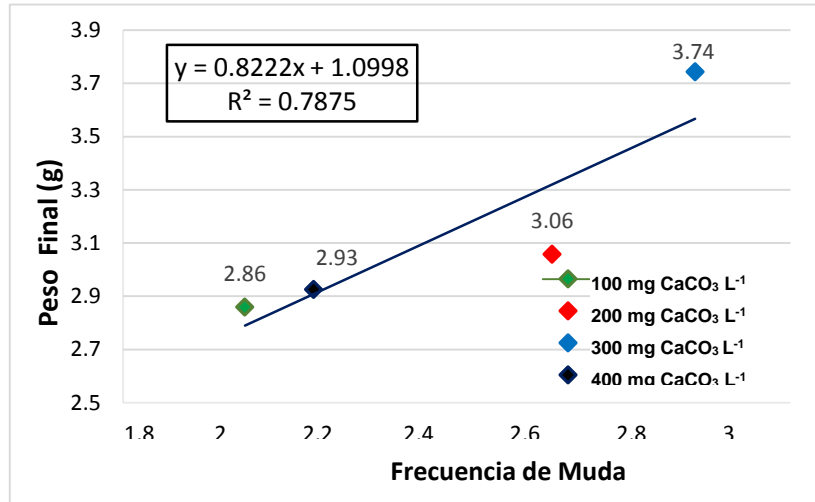


Fig. 11: Regresión Lineal entre el crecimiento en peso y la frecuencia de muda de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

La regresión lineal entre el crecimiento en longitud y la frecuencia de muda de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días fue de $r = 0,9484$.

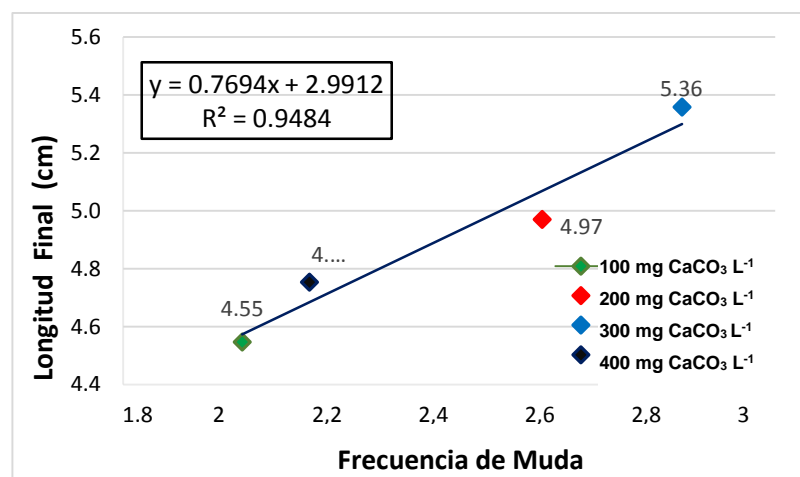


Fig. 12: Regresión Lineal entre el crecimiento en longitud y la frecuencia de muda de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

3.5. Variación del crecimiento en peso y longitud

El crecimiento en peso de adultos de *C. caementarius* fue lento en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ con 2,48 g, a excepción de los criados en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que fue ligeramente exponencial pesando 2,23 g, 2,52 g, 2,60 g respectivamente hasta los 30 días, posteriormente el crecimiento tiende a fluctuar en todos los tratamientos menos en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que se mantuvo exponencial alcanzando a los 90 días un peso de 3,74 g, mostrando diferencias significativas ($p > 0,05$) con los criados en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que pesaron 2,86, 3,06 y 2,93 g. respectivamente (Fig. 13 A, Tabla 3). El crecimiento en longitud de adultos de *C. caementarius* fue menor en 100 mg CaCO₃ L⁻¹ (4,24 cm) y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (4,52 cm). En 300 mg CaCO₃ L⁻¹ el crecimiento en longitud fue significativamente ($p > 0,05$) mayor a los 90 días (5,36 cm), que aquellos criados en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que alcanzaron 4,55, 4,97 y 4,75 cm, respectivamente (Fig. 13 B, Tabla 4).

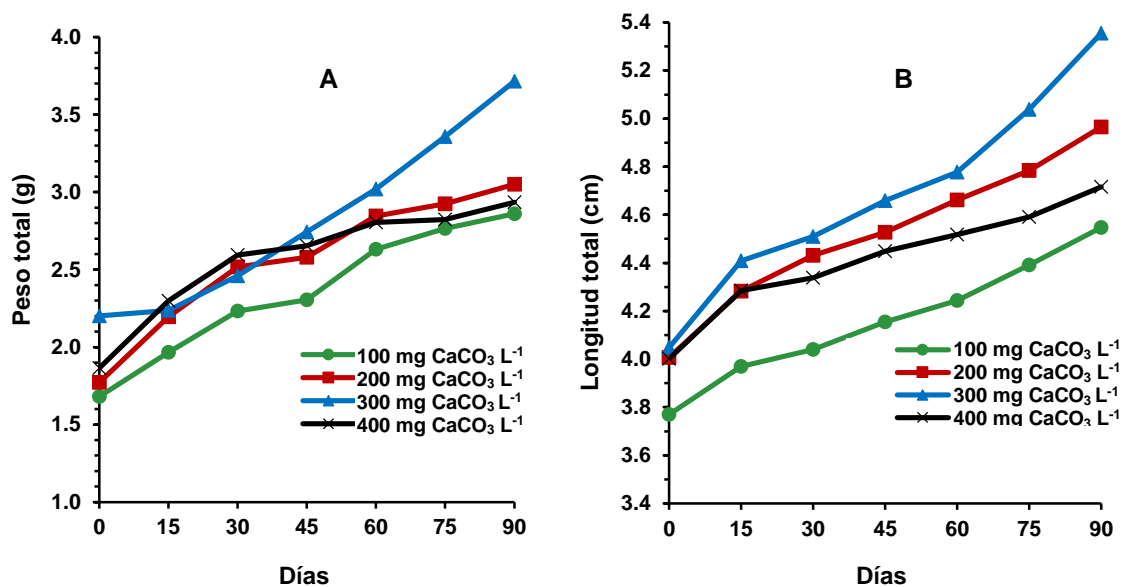


Fig. 13: Variación del crecimiento en A) peso y B) longitud de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

3.6. Parámetros de crecimiento en peso y longitud

Al final del experimento, el CA en peso de adultos de *C. caementarius* fue mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (1,50 g) y el menor en 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (1,11 g), mientras que en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) fue 1,27 g, sin diferencia significativa ($p>0,05$). La GP en peso fue mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (40,38 %) y el menor en 400 mg CaCO₃ L⁻¹, mientras que en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) fue (40,10 %) sin diferencia significativa ($p>0,05$). Para la TCA en peso, el mayor valor fue en aquellos criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,017 g día⁻¹) y el menor en 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,012 g día⁻¹), mientras que en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) fue 0,014 g día⁻¹ sin diferencia significativa ($p>0,05$). Sin embargo la TCE en peso fue mayor en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) (0,60 % día⁻¹) y el menor en 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,53 % día⁻¹), sin diferencia significativa ($p>0,05$) (Tabla 3).

Tabla 3: Parámetros de crecimiento en peso (Media \pm desviación estándar) de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

PARÁMETROS	DUREZA TOTAL DEL AGUA (mg CaCO ₃ L ⁻¹)			
	100	200	300	400
PT inicial (g)	1,68 \pm 0,16 ^a	1,79 \pm 0,21 ^a	2,20 \pm 0,18 ^a	1,86 \pm 0,50 ^a
PT final (g)	2,86 \pm 0,75 ^a	3,06 \pm 0,34 ^a	3,74 \pm 0,69 ^a	2,93 \pm 0,65 ^a
CA (g)	1,18 \pm 0,61 ^a	1,27 \pm 0,38 ^a	1,50 \pm 0,33 ^a	1,11 \pm 0,40 ^a
GP (%)	39,50 \pm 4,58 ^a	40,10 \pm 8,65 ^a	40,38 \pm 2,52 ^a	37,21 \pm 9,66 ^a
TCA (g día ⁻¹)	0,013 \pm 0,007 ^a	0,014 \pm 0,014 ^a	0,017 \pm 0,007 ^a	0,012 \pm 0,012 ^a
TCE (% día ⁻¹)	0,57 \pm 0,19 ^a	0,60 \pm 0,17 ^a	0,58 \pm 0,05 ^a	0,53 \pm 0,18 ^a

PT: Peso total. CA: Crecimiento absoluto. GP: Ganancia porcentual. TCA: Tasa de crecimiento absoluta. TCE: Tasa de crecimiento específica. Datos con letras iguales en superíndices en una fila indica que no hay diferencia significativa ($p>0,05$)

Por otro lado, el CA en longitud de adultos de *C. caementarius* fue mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (1,28 cm), los menores se obtuvieron en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) (0,96 cm) existiendo diferencia significativa con 100 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,78 cm). La GP en longitud fue significativamente mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (23,99 %), los menores se obtuvieron en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (Control) (19,36 %) existiendo diferencia significativa con 100 mg CaCO₃ L⁻¹ (16,97 %) y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (16,12 %). La TCA en longitud fue mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,014 cm día⁻¹), sin diferencia significativa con el tratamiento de 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,011 cm día⁻¹), pero si con los criados en 100 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ obteniendo 0,009 y 0,008 cm día⁻¹ respectivamente. La TCE en longitud fue significativamente mayor en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,31 % día⁻¹) y los valores menores se obtuvieron en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,24 % día⁻¹) difiriendo significativamente con 100 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,21 % día⁻¹) y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,18 % día⁻¹) (Tabla 4).

Tabla 4: Parámetros de crecimiento en longitud (Media \pm desviación estándar) de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

PARAMETROS	DUREZA TOTAL DEL AGUA (mg CaCO ₃ L ⁻¹)			
	100	200	300	400
LT inicial (cm)	3,77 \pm 0,19 ^a	4,01 \pm 0,16 ^a	4,05 \pm 0,39 ^a	4,00 \pm 0,18 ^a
LT final (cm)	4,55 \pm 0,35 ^a	4,97 \pm 0,19 ^{ab}	5,36 \pm 0,46 ^b	4,75 \pm 0,32 ^{ab}
CA (cm)	0,78 \pm 0,17 ^a	0,96 \pm 0,11 ^{ab}	1,28 \pm 0,18 ^b	0,78 \pm 0,22 ^a
GP (%)	16,97 \pm 2,27 ^a	19,36 \pm 1,88 ^{ab}	23,99 \pm 2,73 ^b	16,12 \pm 3,88 ^a
TCA (cm día ⁻¹)	0,009 \pm 0,002 ^a	0,011 \pm 0,001 ^{ab}	0,014 \pm 0,002 ^b	0,008 \pm 0,002 ^a
TCE (% día ⁻¹)	0,21 \pm 0,030 ^a	0,24 \pm 0,026 ^{ab}	0,310 \pm 0,040 ^b	0,18 \pm 0,051 ^a

LT: Longitud total. CA: Crecimiento absoluto. TCA: Tasa de crecimiento absoluta. GP: Ganancia porcentual. TCE: Tasa de crecimiento específica. Datos con letras iguales en superíndices en una fila indica que no hay diferencia significativa ($p > 0,05$).

3.7. Variación de las tasas de crecimiento en peso y longitud

La variación de la TCA en peso de los camarones se incrementó en los primeros 15 días en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ alcanzando 0,019, 0,027 y 0,029 g día⁻¹ respectivamente, mostrando diferencia significativa ($p > 0,05$) con 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,004 g día⁻¹). Posteriormente a los 45 días, las TCA en peso de 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ disminuyeron a 0,005, 0,004 y 0,004 g día⁻¹ respectivamente, mostrando diferencia significativa ($p > 0,05$) con 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que alcanzó 0,019 g día⁻¹, luego la curva de TCA en peso siguió variando con el tiempo a excepción de aquellos criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que mantuvieron un crecimiento progresivo pesando 0,024 g día⁻¹ al cabo de los 90 días, siendo mayor significativamente ($p > 0,05$) con las TCA en peso de 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que se incrementaron a 0,006, 0,009 y 0,007 g día⁻¹ respectivamente (Fig.14A, Tabla 3).

La variación de la TCA en longitud de los camarones se incrementó en los primeros 15 días en 100, 200, 300 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ con 0,013; 0,019; 0,025 y 0,019 cm día⁻¹ respectivamente, con diferencias significativas (p>0,05) entre ellos. Posteriormente a los 30 días, todas las TCA en peso de 100, 300 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ disminuyeron a 0,005; 0,007 y 0,004 cm día⁻¹; continuando este decremento en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ con 0,006 cm día⁻¹ hasta los 45 días, luego la curva de TCA en longitud siguió variando con el tiempo a excepción de aquellos criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que tuvieron un crecimiento exponencial a partir de los 60 días y al cabo de los 90 días alcanzaron 0,021 cm día⁻¹, siendo mayor significativamente (p>0,05) con las TCA en peso de 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que se incrementaron a 0,010, 0,012 y 0,008 cm día⁻¹ respectivamente (Fig.14B, Tabla 4).

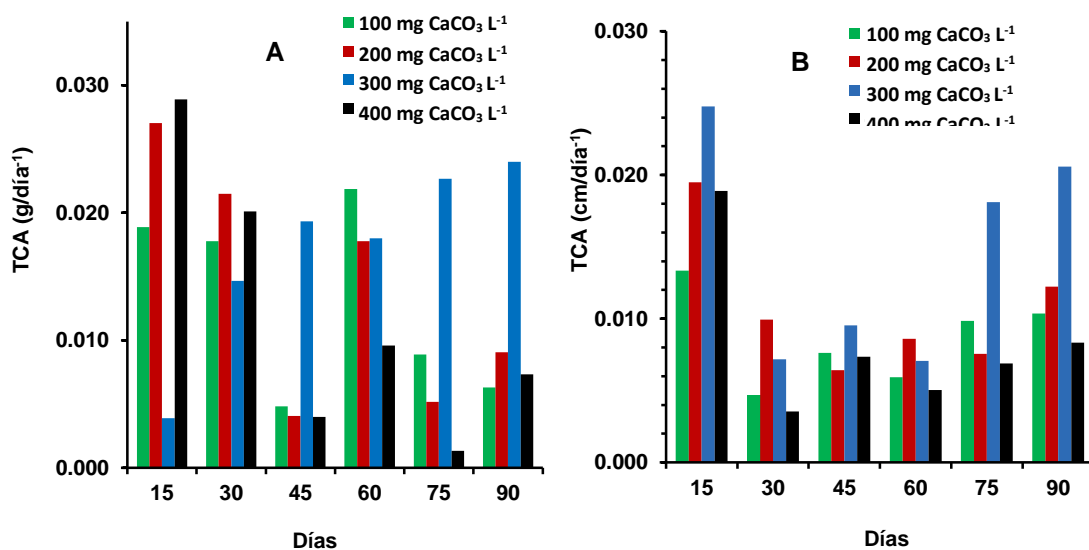


Fig. 14: Tasa de crecimiento absoluta en (A) Peso y (B) Longitud de adultos de *C. caementarius* criados a diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

La variación de la TCE en peso de los camarones se incrementó en los primeros 15 días en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ alcanzando 1,038; 1,361 y 1,393 % día⁻¹ respectivamente, mostrando diferencia significativa con 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,174 % día⁻¹). Posteriormente a los 45 días, las TCE en peso de 100, 200 y 400 disminuyeron a 0,212; 0,160 y 0,152 % día⁻¹ respectivamente, mostrando diferencias significativas (p>0,05) con 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que alcanzó 0,737 % día⁻¹, luego la curva de TCE en peso mostró un crecimiento zigzagueante a excepción de aquellos criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que tuvieron un crecimiento progresivo y al cabo de los 90 días alcanzaron 0,675 % día⁻¹, siendo mayor significativamente (p>0,05) con las TCE de 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que se incrementaron a 0,224; 0,303 y 0,255 % día⁻¹, respectivamente (Fig.15A, Tabla 4)

La TCE en longitud de los camarones se incrementó en los primeros 15 días en 100, 200, 300 y 400 con 0,345; 0,469; 0,585; 0,456 % día⁻¹, sin diferencias significativas (p>0,05). Posteriormente a los 30 días, las TCE en peso de 100 y 300 mg CaCO₃ L⁻¹ disminuyeron a 0,117, 0,160 % día⁻¹, mostrando diferencia significativa con 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,082 % día⁻¹), este decremento continuo en 200 mg CaCO₃ L⁻¹ con 0,143 % día⁻¹ hasta los 45 días, luego la curva de TCE en peso siguió variando con el tiempo y al cabo de los 90 días aquellos criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ alcanzaron 0,396 % día⁻¹, siendo mayor significativamente (p>0,05) con la TCE en peso de 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ que se incrementaron a 0,232; 0,251 y 0,178 % día⁻¹, respectivamente (Fig.14B, Tabla 4).

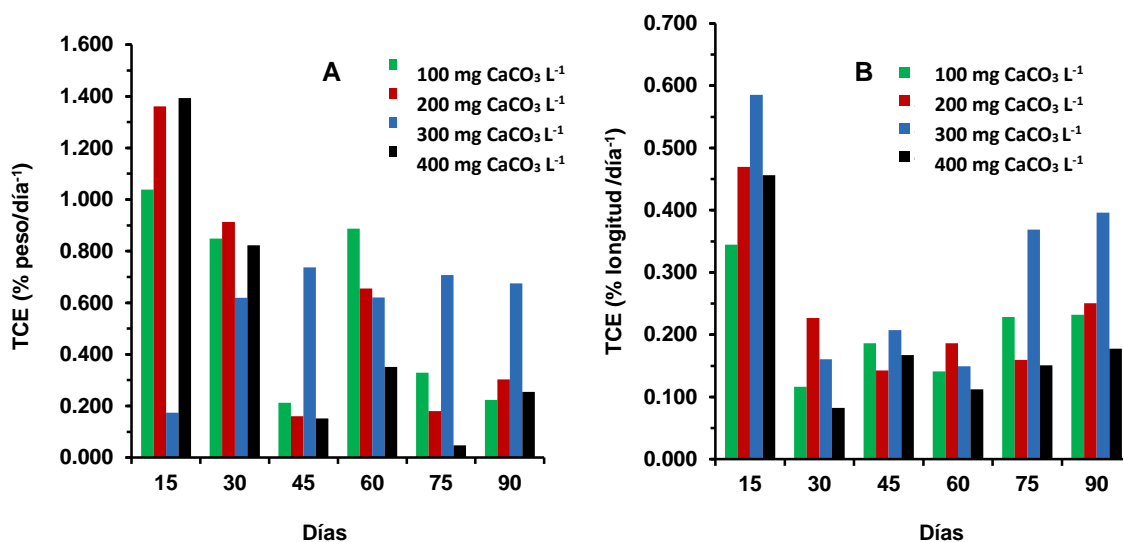


Fig. 15: Tasa de crecimiento específica en (A) peso y (B) longitud de adultos de *C. caementarius* criados a diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

3.8. Supervivencia

Durante la experiencia, la supervivencia de *C. caementarius* fue del 100% en 100 y 200 mg CaCO₃ L⁻¹ a diferencia de los criados en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ que se mantuvieron a 94,4% a partir de los 15 días. Por otro lado, los camarones criados a 400 mg CaCO₃ L⁻¹ obtuvieron la menor supervivencia a partir de los 45 días, disminuyéndose lentamente de 88,9 a 77,8 % al cabo de los 90 días, sin diferencia significativa ($p > 0,05$).

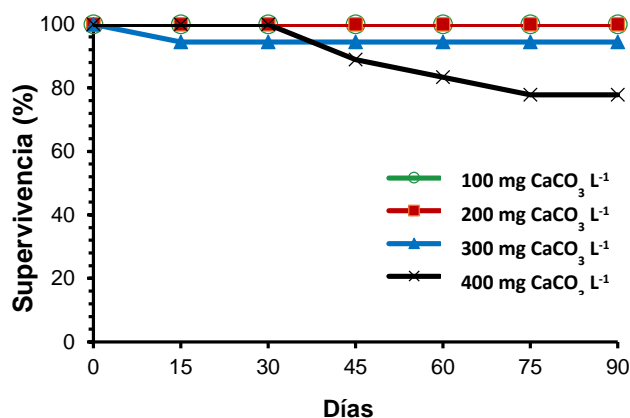


Fig. 16: Porcentaje de supervivencia de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

3.9. Parámetros físicos y químicos de la calidad del agua

Los parámetros físico y químicos del agua de los acuarios de crianza de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza total del agua durante 90 días no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$). La temperatura promedio del agua estuvo entre 25,37 °C y 25,50 °C, el oxígeno entre 5,09 y 5,38 mg L⁻¹, el amonio total entre 0,01 y 0,03 mg L⁻¹; los nitritos entre 0,10 y 0,15 mg L⁻¹ y el pH entre 7,34 y 7,97, obteniéndose solo en este último parámetro una tendencia a incrementar con el incremento de la dureza total del agua (Tabla 5).

Tabla 5: Parámetros físico y químicos del agua (Media \pm desviación estándar) de los acuarios de crianza de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

TRATAMIENTOS	PARAMETROS FISICOS Y QUIMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA				
	O2 (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	Nitritos (mg L ⁻¹)	Amonio total (mg L ⁻¹)
100 mg CaCO ₃ L ⁻¹	5,34 \pm 0,21 ^a	25,39 \pm 0,88 ^a	7,34 \pm 0,22 ^a	0,13 \pm 0,08 ^a	0,02 \pm 0,04 ^a
200 mg CaCO ₃ L ⁻¹	5,38 \pm 0,33 ^a	25,50 \pm 0,99 ^a	7,40 \pm 0,35 ^a	0,15 \pm 0,07 ^a	0,03 \pm 0,04 ^a
300 mg CaCO ₃ L ⁻¹	5,13 \pm 0,11 ^a	25,43 \pm 0,77 ^a	7,87 \pm 0,19 ^a	0,15 \pm 0,01 ^a	0,01 \pm 0,01 ^a
400 mg CaCO ₃ L ⁻¹	5,09 \pm 0,33 ^a	25,37 \pm 0,85 ^a	7,97 \pm 0,29 ^a	0,13 \pm 0,07 ^a	0,02 \pm 0,04 ^a

Datos con letras iguales en superíndices en una misma columna indica que no hay diferencia significativa ($p>0,05$).

3.10. Producción estimada de adultos de *C. caementarius*

Al finalizar la experiencia no hubo diferencia significativa ($p>0,05$) en la producción estimada de *C. caementarius*. Así, en 100 y 200 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ la producción fue de 0,092 y 0,099 Kg m^{-2} , respectivamente. En 300 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ la producción fue de 0,114 Kg m^{-2} ; en cambio a 400 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ la producción fue de 0,073 Kg m^{-2} , (Tabla 6).

Tabla 6: Resultados finales de densidad, peso promedio y producción estimada (Media \pm desviación estándar) de adultos de *C. caementarius* criados en diferentes niveles de dureza del agua durante 90 días.

Dureza Total del agua	Densidad final efectiva (cam.m^{-2})	Peso promedio final (g.)	Producción estimada (Kg.m^{-2})
100 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	32,26 \pm 0,00 ^a	2,86 \pm 0,75 ^a	0,092 \pm 0,024 ^a
200 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	32,26 \pm 0,00 ^a	3,06 \pm 0,34 ^a	0,099 \pm 0,011 ^a
300 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	30,47 \pm 3,10 ^a	3,70 \pm 0,69 ^a	0,114 \pm 0,031 ^a
400 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	25,09 \pm 8,21 ^a	2,98 \pm 0,65 ^a	0,073 \pm 0,026 ^a

Datos con letras iguales en superíndices en una misma columna indica que no hay diferencia significativa ($p>0,05$).

IV. DISCUSIÓN

Los adultos de *C. caementarius* criados durante 90 días en agua con dureza de 300 mg CaCO₃ L⁻¹ obtuvieron el más corto período entre mudas (26,7 días) y la mayor frecuencia de muda (3 mudas), que aquellos criados en 100, 200 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹. Estos resultados sugieren que el período y la frecuencia de muda en la especie son afectadas con durezas del agua mayor o menor de 300 mg CaCO₃ L⁻¹, lo cual es diferente a las reportadas en otras especies de crustáceos. Los adultos de *M. rosenbergii* mudan a los 25 días cuando son criados en 65 mg CaCO₃ L⁻¹ mientras que a 300 y 500 mg CaCO₃ L⁻¹ cada 37 y 31 días, respectivamente (Cripps & Nakamura, 1979).

La mayor dureza del agua (400 mg CaCO₃ L⁻¹) ocasionó mayor deposición de calcio en el exoesqueleto (31,2 %) y mayor grosor de la cutícula del cefalotórax y del abdomen que aquellos criados en 100, 200 y 300 mg CaCO₃ L⁻¹, siendo estos resultados los primeros reportes que se tiene del efecto de elevadas concentraciones de dureza del agua sobre la deposición de calcio y el grosor de la cutícula en el exoesqueleto de adultos de *C. caementarius*. En crustáceos decápodos el carbonato de calcio es el principal mineral que se encuentra en las capas calcificadas de la cutícula (Greenaway, 1985; Luquet & Marín, 2004), existiendo correlación entre el calcio del agua y el contenido de calcio en el exoesqueleto (Mills & Lake 1976; France 1987; Jussila, 1997). Diversos contenidos de calcio en el exoesqueleto es reportado en diferentes especies de crustáceos, como en *Chionoectes opilio* que contiene 9,3 % (Vilaso, 2008), *Callinectes sp* 22,18 % (Hernández, 1998), *Palaemonectes pugio* 10 % (Brannon & Ranga, 1979) y en *Peneus indicus* 16,8 % (Vijayan & Diwan, 1996).

En adultos de *C. caementarius* el mayor grosor del exoesqueleto (144 μm en el cefalotórax y 131 μm en el abdomen) fue obtenido con 400 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ y en menor proporción en 300 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (125 μm en el cefalotórax y 106 μm en el abdomen). Similar resultado se reportó en el grosor del cefalotorax de *Peneus* sp. con 126 μm , no obstante nuestros resultados difieren con otros crustáceos mayores como *Munida quadrispina* 170 μm , *Callinectes sapidicus* 363 μm , *Cycloes bardi* 650 μm (Amato *et al.*, 2008) y en crustáceos menores como *Idotea baltica* 57,8 μm y *Gammarus locusta* 47,6 μm (Piitz & Buchholz, 1991).

Sin embargo, la alta concentración de calcio en el agua (400 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) disminuyó la frecuencia de muda y afectó el crecimiento de adultos de *C. caementarius*, probablemente por la mayor energía que se requiere para romper el exoesqueleto durante la ecdisis. Wheatly *et al.* (2002) mencionan que los camarones utilizan energía para hacer funcionar las bombas de Ca^{2+} las cuales están encargadas del movimiento de calcio en la ecdisis y la postmuda. En cambio a 300 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ se logró la mayor frecuencia de muda que los criados en menores durezas del agua, lo cual sugiere que ésta concentración de dureza en el agua no afectaría el estado fisiológico de los camarones. En otros crustáceos la elevada dureza del agua es un problema (Adhikari *et al.*, 2007) pues afectan algunos procesos fisiológicos y biológicos, y las concentraciones de calcio pueden comprometer el control hormonal (Wheatly & Toop 1989), además de inhibir la actividad $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPasa}$ en las branquias de *Carcinus maena* (Winkler, 1986). Además, observamos que hubo alta correlación positiva entre la frecuencia de muda y el crecimiento en peso ($r = 0,7875$) y longitud ($r = 0,9484$) de adultos de *C. caementarius* criados en 300

mg CaCO₃ L⁻¹. Similares resultados son reportados en *P. shcmitti* y *P. notialis* (Fernández, 1998).

En nuestro estudio se determinó que con 300 mg CaCO₃ L⁻¹ se logró mayor TCA (0,017 g día⁻¹ y 0,014 cm día⁻¹); en cambio con 100 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹ la TCA fue menor (0,013 g día⁻¹; 0,012 g día⁻¹ y 0,009 cm día⁻¹; 0,008 cm día⁻¹) respectivamente, con diferencia significativa entre los tratamientos. Cripps & Nakamura (1979) observaron en adultos de *M. rosenbergii* que la reducción de crecimiento se da entre 300 a 500 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,68 mg día⁻¹ y 0,018 mm día⁻¹ a 0,40 mg día⁻¹ y 0,013 mm día⁻¹), mientras que con 65 CaCO₃ L⁻¹ el crecimiento es más elevado (2,05 mg día⁻¹ y 0,091 mm día⁻¹). No obstante, Wetzel (2001) recomienda durezas de 50 hasta 200 mg CaCO₃ L⁻¹, como ideal para la cría de *M. rosenbergii*, y New & Singholka (1985) de 40 a 100 mg CaCO₃ L⁻¹, lo cual difiere completamente a lo encontrado en *C. caementarius* lo que indicaría que la durezas del agua es específica para esta especie.

La supervivencia también fue afectada por altos niveles de dureza del agua, mas no por canibalismo dado a que fueron criados en recipientes individuales. Durante el período experimental ningún camarón murió cuando fueron criados en 100 y 200 mg CaCO₃ L⁻¹; y en 300 mg CaCO₃ L⁻¹ solo hubo leve disminución de supervivencia (94,4 %) a los 15 días manteniéndose así hasta el final de trabajo. En cambio, en 400 mg CaCO₃ L⁻¹ hubo baja supervivencia (77,8 %) significativamente menor que los demás tratamientos; además, se observó que los camarones presentaron deposiciones calcáreas en la parte interna y lateral del exoesqueleto, y hubo enrojecimiento de las

branquias (Anexo 1), lo cual sugiere que esta alteración de las branquias debe haber afectado la función de dicho órgano. En las células epiteliales de las branquias de *C. maenas* el transporte del calcio es realizado con la Ca^{2+} -ATPasa (Siebers *et al.*, 1982) y de igual manera en la del cangrejo *Leptograpsus variegatus* (Morris & Greenaway, 1992). La bomba de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ interviene en los movimientos de calcio en diferentes órganos (Flik *et al.*, 1990). Además, la bomba de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ y Ca^{2+} -ATPasa, participan en el movimiento de calcio de la sangre hacia el caparazón (Roer, 1980), del mismo modo han demostrado que existe una alta afinidad de la actividad Ca^{2+} -ATPasa.

La producción estimada de camarones no fue significativa entre tratamientos al final del experimento. Sin embargo, se observó que la mayor producción de camarones se obtuvo en la dureza de $300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ($0,114 \text{ Kg m}^{-2}$) y la mínima a $400 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ($0,073 \text{ Kg m}^{-2}$) e incluso en 100 y $200 \text{ CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ($0,092$ y $0,099 \text{ Kg m}^{-2}$, respectivamente), lo cual sugiere la importancia de mantener la dureza del agua en $300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ para mejorar el peso de los camarones. Nuestros resultados no son comparables con las de otros trabajos por cuanto empleamos camarones de entre 3 a 4 cm de LT y de 1 a 2 g de peso. En *C. caementarius*, Reyes (2012) emplea camarones de un promedio de 5 cm y de 10 g con el cual obtiene producciones entre $0,763$ a $1,049 \text{ Kg m}^{-2}$, durante seis meses en agua con dureza de $180 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ y en los mismos sistemas de crianza individual. En juveniles de *P. clarkii* se obtiene producción de $0,100 \text{ Kg m}^{-2}$ criados en $111 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Cai *et al.*, 2006), y en *M. rosenbergii* $0,011 \text{ Kg m}^{-2}$ en $132 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Adakari *et al.*, 2007).

Los niveles de durezas del agua entre 100 y 300 mg CaCO₃ L⁻¹ empleados en nuestro estudio son reportadas con mayor frecuencia para los ríos con mayor extracción *C. caementarius* (102 y 359 mg CaCO₃ L⁻¹) Cañete, Ocoña y Majes - Camaná; en cambio dureza mayor de 400 mg CaCO₃ L⁻¹ se encuentran en los ríos Tambo y Quilca donde hay menor extracción de camarón (Zacarías & Yépez, 2008). Nuestros resultados indicarían que la dureza del agua es uno de los factores ambientales que afectan el crecimiento y la supervivencia del camarón en el ambiente natural, lo cual reforzaría lo encontrado en nuestra investigación.

Los parámetros ambientales del agua de los acuarios de los tratamientos estuvieron dentro de los reportados para el ambiente natural de la especie (Zacarías & Yépez, 2008). Sin embargo, se observó una tendencia, aunque no significativa, del pH del agua de incrementar (de 7,34 a 7,97 unidades) conforme incrementó la dureza del agua (100 a 400 mg CaCO₃ L⁻¹), lo cual sugiere un ligero efecto de los iones de calcio en la fisiología de los camarones que sería conveniente evaluar posteriormente. Abidin (2011) menciona que pH por debajo de 5,75 afectan la transferencia de calcio y el contenido de carbonato de calcio en el exoesqueleto, situación que no se presentó en el agua de crianza de *C. caementarius*.

V. CONCLUSIONES

- El período y frecuencia de muda de machos de *C. caementarius* fue significativamente ($p < 0,05$) mejor criados con dureza de 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (26,7 días y 3 mudas respectivamente), en relación con los demás tratamientos.
- El contenido de calcio del exoesqueleto de machos de *C. caementarius* fue significativamente ($p > 0,05$) mayor con dureza de 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (31,2 %), en relación con los demás tratamientos.
- Los mayores parámetros de crecimiento en longitud de machos de *C. caementarius* fue obtenido con dureza de 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (0,014 cm día⁻¹, 23,99 % y 0,310 % día⁻¹), siendo significativamente diferente ($p > 0,05$) con los demás tratamientos a excepción de los criados en 200 mg CaCO₃ L⁻¹.
- Los parámetros de crecimiento en peso fueron significativamente iguales ($p < 0,05$) con dureza entre 100 y 400 mg CaCO₃ L⁻¹.
- La supervivencia de machos de *C. caementarius* fue significativamente alta ($p < 0,05$) con 100, 200 y 300 mg CaCO₃ L⁻¹ (100, 100 y 94,4 %, respectivamente), en relación con 400 mg CaCO₃ L⁻¹ (77,8 %).

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar el periodo de mineralización del exoesqueleto después de la muda en diferentes estadios de *C. caementarius* bajo diferentes niveles de dureza del agua.
- Determinar el análisis organoléptico de diferentes estadios de *C. caementarius* criados a una dureza de 300 mg de CaCO₃ L⁻¹.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abidin, J. 2011. Penambahan kalsium untuk meningkatkan Kelangsungan hidup dan pertumbuhan juvenil Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) pada Media bersalinitas. Institut Pertanian Bogor, 37pp.
- Adhikari, S., V. Chaurasia, A. Naqvi & B. Pillai. 2007. Survival and growth of *Macrobrachium rosenbergii* juvenile in relation to calcium hardness and bicarbonate alkalinity. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 7: 23-26.
- Ahearn, G., P. Mandal & A. Mandal. 2004. Calcium regulation in crustaceans during the molt cycle: a review and update. Comp. Biochem. Physiol. A, 137: 247–257.
- Amaya, J. & A. Guerra. 1976. Especies de camarones de los ríos norteños del Perú y su distribución. Ministerio de Pesquería. Dirección General Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Lima. Perú. 29 p.
- Amato, C., D. Waugh, R. Feldmann & C. Schweitzer. 2008. Effect of calcification on cuticle density in decapods: a key to lifestyle. Journal of Crustacean Biology, 28(4):587-595
- Becker, G., C. Chen, J. Greenawalt & A. Lenhinger. 1974. Calcium phosphate granules in the hepatopancreas of the blue crab *Callinectes sapidus*. The Journal of Cell Biology, 61: 316 – 326.
- Beltrame, E., C. Bonetti & J. Bonetti. 2004. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. J. Coast. Res, 39, 1838 – 1842.

- Berridge, M. & J. Oschman. 1972. Transporting Epithelia. New York: Academic Press. 91pp.
- Boyd, C. 1998. Water Quality for Pond Aquaculture. Research and Development Series N° 43, Auburn University, Alabama - EE.UU. 39pp.
- Boyd, C. & C. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, EE.UU. 685pp.
- Boyd, C., Thunjai, T. & Boonyaratpalin, M. 2002. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. *Global Aquacult. Advocate* 5 (3): 40 – 45.
- Brannon, A. & Ranga K. 1979. Barium, strontium and calcium levels in the exoskeleton, hepatopancreas and abdominal muscle of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*: relation to molting and exposure to barite. Faculty of Biology, University of West Florida, Pensacola. FL 32504, U.S.A. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 63. 261 - 274 pp.
- Cai, Y., Ting W., Yu W & P. Yu. 2006. Effect of combined photoperiod, water calcium concentration and pH on survival, growth, and moulting of juvenile crayfish (*Procambarus clarkii*) cultured under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 40: 1243 – 1250.
- Cauich, M. 2012. Determinación del efecto de acidificación acuática en camarones peneidos asociada al cambio climático en lagunas costeras mediante la alteración en la captación de calcio. Tesis de Post-grado. Universidad Autónoma de México.

- Cripps, C. & R. Nakamura 1979. Inhibition of growth of *Macrobrachium rosenbergii* by calcium carbonate water hardness. Proc. World Maricult. Soc., 10: 575-580.
- Compere, P., J. Morgan & G. Goffinet. 1993. Ultrastructural location of calcium and magnesium during mineralisation of the cuticle of the shore crab, as determined by the K-pyroantimonate method and X-ray microanalysis. Cell and Tissue Research, 274: 567 – 577.
- Conte, F., S. Hootman & P. Harris. 1972. Neck organ of *Artemia salina* nauplii. A larval salt gland. J. Comp. Physiol. 80, 239 – 246.
- Copeland, D. & A. Fitzjarrell. 1968. The salt absorbing cells in the gills of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun) with notes on modified mitochondria. Z. Zellforsch. mikrosk. Anat, 92:1 – 22.
- Croghan, P. 1957. The mechanism of osmotic regulation in *Artemia salina* (L.): the physiology of the gut. J. Exp. Biol, 35: 243–249.
- Dall, W. 1965. Studies on the physiology of a shrimp, *Metapenaeus* sp. (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). V. Calcium metabolism. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 16(2) 181 – 204.
- Deshimaru, O., K. Kuroki, S. Sakamoto & Y. Yone, 1978. Absorption of labelled calcium ⁴⁵Ca by Prawn from seawater. Bull. of the Japan Soc. of Sci. Fish., 44 (9) : 175-977.
- El-Sherif, M. & A. Ali. 2009. Effect of rearing systems (mono-and Poly-culture) on the performance of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) juveniles. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 4(3): 117-128.

- Fernández, I. 1998. Enzymes digestives, croissance et aquaculture des crevettes *Penaeus shcmitti* et *Penaeus notialis*. These de Docteur du Museum National d'Histoire Naturelle. 188 pp.
- Felix, J., J. Cruz & I. Valderrama. 2008. Prácticas de laboratorio en química analítica. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería Química. 40p.
- Feliu, V., R. Rivas & F. Castillo. 2009. Fractional order controller robust to time delay variations for water distribution in an irrigation main canal pool. *Comput. Electron. Agric. (Elsevier)*, 69: 185–197.
- Flik, G., J. Schoenmakers, J. Groot, H. Van Os & S. Andwendelaar. 1990. Calcium absorption by fish intestine: the involvement of ATP and sodium dependent calcium extrusion mechanisms. *J. Membr. Biol*, 113: 13–22.
- Flik G., P. Verbost & W. Atsma. 1994. Calcium transport in gill plasma membranes of the crab *Carcinus maenas*: evidence for carriers driven by ATP and a Na⁺ gradient. *J. Exp. Biol*, 195: 109 –122.
- France, R.L. 1987. Calcium and trace metal composition of crayfish (*Orconectes virilis*) in relation to experimental lake acidification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 44, 107–113.
- Fukushima, M., G. Sifuentes, G. Saldaña, G. Castillo, J. Reyes & L. Shimokawa. 1982. Métodos limnológicos. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Galindo, C. 2007. Parametrización y desarrollo del sub modelo del proceso fisiológico de muda *Litopenaeus vannamei* como parte de un modelo de

- crecimiento individual de camarones peneidos. Tesis de Maestría. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, Univ. Autono. Mex. 129p.
- Giraud-Guille, M. 1984a. Calcification initiation sites in the crab cuticle: the interprismatic septa. An ultrastructural cytochemical study. *Cell Tissue Res.* 236: 413-420.
- Giraud-Guille, M. 1984b. Fine structure of the chitin-protein system in the crab cuticle. *Tissue & Cell* 16: 75-92.
- Giraud-Guille, M., E. Belamie & G. Mosser. 2004. Organic and mineral network in carapaces, bones and biomimetic materials. *ComptesRendusPalevol* 3: 503 -513.
- Graf, F. 1975. Chronologie du développement et évolution du stockage de calcium et des cellules à urates chez *Niphargus schellenbergi* Karaman. *International Journal of Speleology* 7: 247-272.
- Greenaway, Peter. 1985. Calcium balance and moulting in the crustacea. *Biological Reviews*. Volume 60, Issue 3, pages 425–454
- Guerra, A. 1974. Biología reproductiva de *Macrobrachium gallus* Holthuis, 1952 (Decapoda, Palaemonidae). Trabajo de Habilitación. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Guary, J. & R. Negrel. 1981. Calcium phosphate granules: a trap for transuranic and hepatopancreas. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 68: 423 – 427.
- Hartnoll, R. 1982. Growth. Di dalam: *The Biology of Crustacean*. Vol 2. New York. Academic Press.

- Hegdahl, T., J. Silness, & F. Gustavsen. 1977a. The structure and mineralization of the carapace of the crab (*Cancer pagurus L.*). The endocuticle. Zool. Scripta, 6:89-99.
- Hegdahl, T., F. Gustavsen, & J. Silness. 1977b. The structure and mineralization of the carapace of the crab (*Cancer pagurus L.*). The exocuticle. Zool. Scripta, 6:101-105.
- Hernández, J. G. 1998. Estudio preliminar sobre el uso de desechos de las industrias procesadoras de jaiba de concha suave (soft Shell crabs) como fertilizante orgánico. Tesis para obtener el grado de maestro. Universidad veracruzana. Pp.75.
- IMARPE. 2007. Monitoreo poblacional de camarón de río estimación de abundancia de altos en ríos de la costa centro sur. 12pp
- IMARPE. 2012. Diagnóstico de las poblaciones de los recursos pesqueros para el ordenamiento como base para la seguridad alimentaria. Programa I. 7-10 pp.
- Isiordia, E. & A. Puello. 2007. Evaluación del crecimiento y supervivencia en larvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* usando como fuente de alimento microalgas vivas y congeladas. Revista electrónica de Veterinaria. 5: 3-4. Disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050706.pdf>
- Jara, C. 1997. Antecedentes sobre el desarrollo de la carcinología en Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 25: 245-254

- Jussila, J. 1997. Carapace mineralization and hepatopancreatic indices in natural and cultured populations of marron (*Cherax tenuimanus*) in Western Australia. Mar. Freshwater Res., 48, 67–72.
- Luquet, G. & F. Marin. 2004. Biomineralisations in crustaceans: storage strategies. C. R. Palevol 3 (2004) 515–534
- Lucu, C. & Siebers, D. (1987). Linkage of Cl⁻ fluxes with ouabain sensitive Na/K exchange through *Carcinus* gill epithelia. Comp. Biochem. Physiol. 87A, 807–811.
- Méndez, M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. Bol. Inst. Mar Perú, 5: 1 - 170. Disponible en : http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_detalle=000000000000000006707
- Mills, B. & Lakep, S. 1976. The amount and distribution of calcium in the exoskeleton of the intermoult crayfish *Parastacoides tasmanicus* (Erichson) and *Astacopsis jluwiatilis* (Gray). Comparative Biochemistry
- Morris, M. & P. Greenaway. 1992. High affinity, Ca²⁺ specific ATPase and Na⁺/K⁺-ATPase in the gills of a supralittoral crab *Leptograpsus variegatus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 102: 15 – 18
- Nelson, R. & J. Dendy. 1978. Effects of various culture conditions on survival and reproduction of Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*). Fresh water Crayfish, 4: 305 - 312.

- Neufeld, G. J., C. W. Holliday & J. B. Pritchard. 1980. Salinity adaptation of gill Na, K-ATPase in the blue crab, *Callinectes sapidus*. J. exp. Zool, 211: 215–224.
- Neufeld D. & J. Cameron. 1993. Transepithelial movement of calcium in crustaceans. J Exp Biol, 184:1 – 16.
- New, Michael. 2002. Freshwater prawn farming: a manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Fisheries Technical Paper 428 , FAO, Rome, Italy. 219 p.
- New, M. & S. Singholka. 1985. Freshwater prawn farming: a manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Fisheries Technical Paper 225 Rev.1, FAO, Rome, Italy. 118 p.
- Passano, L. M. 1960. Molting and its control. In T.H. Waterman (ed.), The physiology of the Crustacea. Academic Press, Inc, New York, 1: 473-536.
- Piitz, K. & E. Buchholz. 1991. Comparative ultrastructure of the cuticle of some pelagic, nektobenthic and benthic malacostracan crustaceans. Marine Biology 110, 49-58.
- Reyes, W. E. & M. Lujan. 2003. Estados y subestados del ciclo de muda del Camarón de Río (*Cryphiops caementarius*, Molina, 1872) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). Web electronic publication, disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/civa2003/coms/completo.asp?cod=111>
- Reyes, W., H. Luján, L. Moreno & M. Pesantes. 2009. Caracterización de estadios embrionarios de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae). Sciéndo, 12(1): 55 - 67.

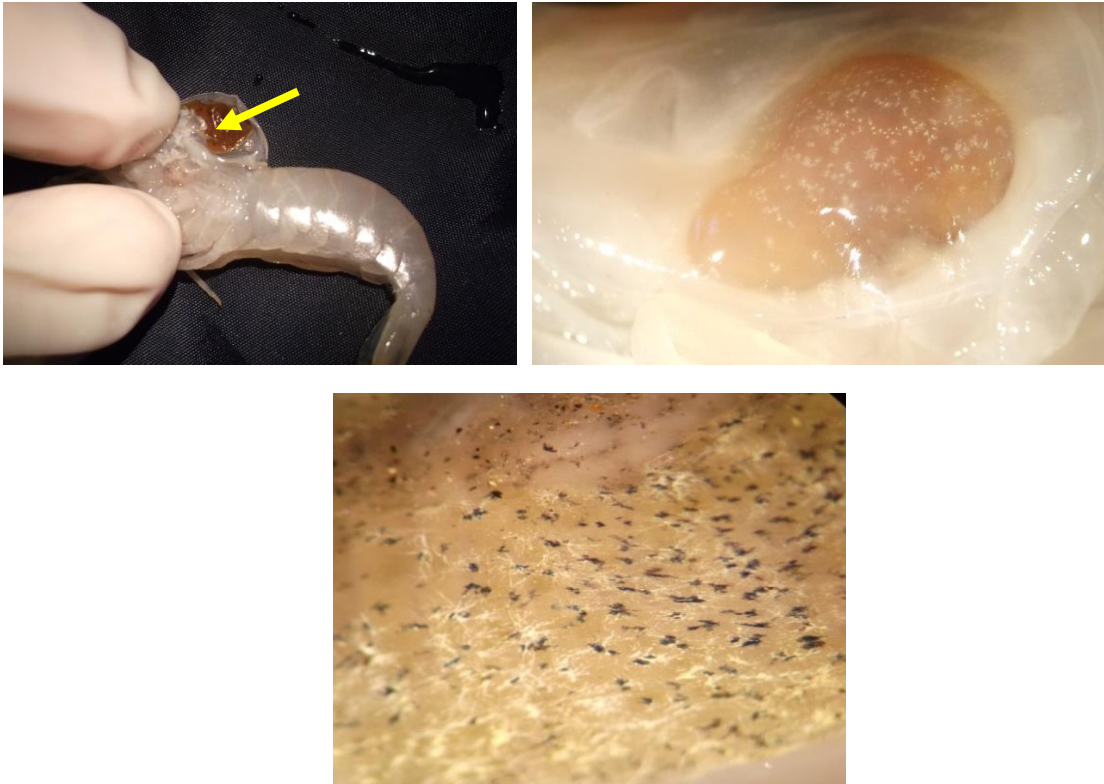
- Reyes, W. 2012. Crecimiento y Supervivencia de adultos del Camarón de río *Cryphiops Caementarius* criados en sistema de recipientes individuales con recirculación de agua. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Trujillo – Perú. 105pp.
- Robles, G. 2012. Producción. Recolección de Camarón de Río en Tm Enero. 6p.
- Roer, R. 1980. Mechanisms of resorption and deposition of calcium in the carapace of the crab *Carcinus maenas*. J. Exp. Biol. 88:205 - 218.
- Roer, R. & R. Dillaman. 1984. The Structure and Calcification of the Crustacean Cuticle. Amer. Zool. 24 (4): 893-909.
- Romano, P., H. Fabritius & D. Raabe. 2007. The exoskeleton of the lobster, *Homarus americanus*, as an example of a smart anisotropic biological material. Acta Biomaterialia, 3: 301 – 309.
- Rukke, N. A. 2002. Effects of low calcium concentrations on two common freshwater crustaceans, *Gammarus lacustris* and *Astacus astacus*. Functional Ecology:16, 357–366.
- Shechter, A., L. Glazer, S. Cheled, E. Mor, S. Weil, A. Berman, S. Bentov, E. D. Aflalo, I. Khalaila & A. Sagi. 2008. A gastrolith protein serving a dual role in the formation of an amorphous mineral containing extracellular matrix. Proceedings of the National Academy of Sciences 105, 7129-7134.
- Siebers, D., Leweck K., Markus H. & A. Winkler. 1982. Sodium regulation in the shore crab *Carcinus maenas* as related to ambient salinity. Mar. Biol. 69:37–43.

- Sparkes, S. & P. Greenaway. 1984. The haemolymph as a storage site for cuticular ions during pre-moult in the freshwater/landcrab *Hemigrapsus oregonensis*. *Journal of Experimental Biology*, 113: 43 - 54.
- Towle, D. W. & C. P. Mangum. 1985. Ionic regulation and transport ATPase activities during the molt cycle in the blue crab *Callinectes sapidus*. *J. Crust. Biol.*, 5:216–222.
- Van Wormhoudt, A. & C. Bellon-Humbert. 1996. Bases biológicas del cultivo de crustáceos: Muda. In: Barnabé, G. (ed.) Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Editorial Acribia. pp. 237-249.
- Velasco, M., A. Lawrence & F. Castille. 1999. Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture. *Rev. Aquaculture*, 179: 141–148
- Vijayan K. & A. Diwan. 1996. Fluctuations in Ca, Mg and P Levels in the Hemolymph, Muscle, Midgut Gland and Exoskeleton During the Moulting Cycle of the Indian White Prawn, *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae). *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 114A, No. 1, pp. 91-97.
- Vilaso M. 1998. Desarrollo de métodos analíticos para la valoración nutricional del cangrejo de las nieves, *Chionoecetes Opilio*. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Farmacia. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Área de Nutrición y Bromatología. 189pp.
- Wägele, J. 1992. *Antartic Isopoda* (crustacea: Peracarida) Stress in a polar environment. *Bielefelder Okologische Beitrage*, 6: 93 – 101.

- Wheatly, M. 1999. Calcium homeostasis in Crustacea: the evolving role of branchial, renal, digestive and hypodermal epithelia. *J. Exp. Zool.* 283: 620 – 640.
- Wheatly, M., & A. Gannon. 1995. Ion regulation in crayfish fresh-water adaptations and the problem of molting. *Am. Zool.* 35: 49 – 59.
- Wheatly, M.G. & Toop, T., 1989. Physiological responses of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) to environmental hyperoxia II. The role of the antennal gland. *J. Exp. Biol.* 143, 53–70
- Wheatly, M., F. Zanotto & M. Hubbard. 2002. Calcium homeostasis in crustaceans: subcellular Ca dynamics. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 132. 163–178
- Wetzel, J. 2001. A production methods for freshwater prawn in Illinois Ponds. Rural Enterprise and Alternative Development Initiative Report. Report 10: 13 Disponible en: <http://www.siu.edu/~readi/aqua/factsheets/prawns.pdf>
- Winkler, A. 1986. Effects of inorganic sea water constituents on branchial Na-K-ATPase activity in the shore crab *Carcinus maenas*. *Marine Biology*, Volume 92, Issue 4, pp 537-544
- Wurts, W. 1993. Understanding water hardness. *World Aquaculture*, 24 (1).
- Wurts, W.A. 2002. Alkalinity and hardness in production ponds. *World Aquaculture*, 33(1): 16-17.
- Zacarías, S. & V. Yépez. 2008. Monitoreo poblacional del camarón de río. Estimación de abundancia de adultos en ríos de la costa centro sur. Informe anual 2007.

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías de una laceración del exoesqueleto del cefalotórax, sobre las branquias de *C. caementarius*



Anexo 2: Pruebas estadísticas de Tukey y Duncan de los resultados obtenidos, con un 95 % de confiabilidad.

PTinicial			
	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
Duncan ^a	100	3	1,6833
	200	3	1,7900
	400	3	1,8667
	300	3	2,2000
	Sig.		,121

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

PTfinal

		N	Subconjunto para alfa = 0.05
DUREZAtotal			1
Duncan ^a	100	3	2,8567
	400	3	2,9767
	200	3	3,0600
	300	3	3,7000
	Sig.		,159

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

CApeso

		N	Subconjunto para alfa = 0.05
DUREZAtotal			1
Duncan ^a	400	3	1,1133
	100	3	1,1777
	200	3	1,2670
	300	3	1,4977
	Sig.		,350

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

TCApeso

		N	Subconjunto para alfa = 0.05
DUREZAtotal			1
Duncan ^a	400	3	,01200
	100	3	,01333
	200	3	,01400
	300	3	,01667
	Sig.		,314

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

TCEpeso

		N	Subconjunto para alfa = 0.05
DUREZAtotal			1
Duncan ^a	400	3	,5263
	100	3	,5697
	300	3	,5753
	200	3	,5943
	Sig.		,631

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

GPpeso

	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	
Duncan ^a	400	3	37,2085	
	100	3	39,5368	
	300	3	40,3758	
	200	3	40,9854	
	Sig.			,612

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

LTinicial

	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	
Duncan ^a	100	3	3,7700	
	400	3	4,0000	
	200	3	4,0067	
	300	3	4,0500	
	Sig.			,231

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

LTfinal

	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	100	3	4,5467	
	400	3	4,7767	4,7767
	200	3	4,9700	4,9700
	300	3		5,3267
	Sig.		,187	,098

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

CALongitd

	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	100	3	,7763	
	400	3	,7770	
	200	3	,9627	,9627
	300	3		1,2773
	Sig.		,243	,057

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

TCAlongitud

Duncan ^a	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
400		3	,00867	
100		3	,00867	
200		3	,01067	,01067
300		3		,01433
Sig.			,264	,051

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

TCElongitud

Duncan ^a	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
400		3	,1963	
100		3	,2067	
200		3	,2393	,2393
300		3		,3057
Sig.			,224	,067

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

GPlongitud

Duncan ^a	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
400		3	16,1233	
100		3	16,9699	
200		3	19,3635	19,3635
300		3		23,9946
Sig.			,210	,077

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

ProduccionKg

Duncan ^a	DUREZAtotal	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
400		3	,07333
100		3	,09233
200		3	,09867
300		3	,11400
Sig.			,092

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 3: Presupuesto

Presupuesto sobre el uso de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para aumentar la dureza de 200 a 300 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ para un estanque de 1000m^3 (1000000 L)

1kg $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 6 soles

4g para elevar la dureza de 200 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ a 300 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ en un acuario de 60 L

Usamos regla de 3 simples:

$$\frac{4\text{g CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{X} = \frac{60 \text{ L}}{1000000 \text{ L}}$$

$$X = 66666,6 \text{ g (66,66Kg)}$$

Se usaran 66,66 Kg de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para aumentar la dureza de 200 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ a 300 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, para un estanque de 1000m^3

Se gastará 399,96 soles.